



RATP
ÉTUDES / PROJETS

91

octobre - novembre - décembre

Revue trimestrielle éditée
par la Régie Autonome
des Transports Parisiens

RATP

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

Abonnement pour l'année 1991
FRANCE et ÉTRANGER : 150 FRF

Contents

« ATTENTION FOCUSED ON PASSENGERS » : THE NEW ORGANIZATION OF THE RATP AND ITS ACCOMPANYING PEDAGOGY

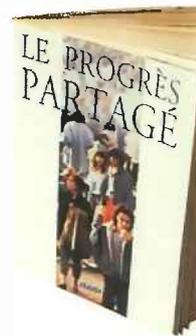
The RATP has learned from past experience to adapt to environmental evolution. At this European time, the future of a national company is both regional and international.

It is a new stage in the modernization of the company, committed to strengthening its right to act as the public transport service in the greater Paris area and to develop its systems within the framework of the Planning Scheme of the Ile-de-France region.

To succeed in moving on from the creation of the means of transport to the offering of services (that is, multimodal passenger transport) requires a vigorous decentralization policy.

In addition to the change in structures, this is an important evolution in the kind of qualifications and cultures to which the RATP is committed with a carefully adapted accompanying pedagogy at stake.

5



TESTS OF TRANSPORTATION POLICIES : THE « IMPACT » PROGRAMME

The growing complexity of travel problems in Ile-de-France has led to proposals for global management policies of the street network. To test these policies the RATP has developed a family of disaggregated models for traffic forecasting which are grouped in the « IMPACT » Programme. These are probabilistic models simulating individual behaviour.

IMPACT was used at the request of the Syndicat des Transports Parisiens (governing body of public transport in the greater Paris area) to simulate the effects of road pricing for car drivers and of reserved lanes for buses.

12



RESTORATION OF THE RUEIL BRIDGE

After more than 110 years in service, the Rueil Bridge, one of the oldest constructions of the RER's line A, will be extensively worked on.

While keeping its original aspect the bridge underwent important structural work, mainly on two of its three arches.

On this project one of the RATP's major concerns was to minimize difficulties for the Operations Department since 270 trains and 80,000 passengers use this section of the line daily.

Thanks to the construction of a temporary bridge, it was possible to maintain a good level of public service with double-track train operation for the entire work period, that is three years.

20



POLLUTION AND DIESEL ENGINES

Over the past few years the fight against pollution has become one of government's and industry's most important concerns. Automobile-caused air pollution is a key factor in general urban pollution.

Consequently public transport authorities test and implement different ways of reducing the amount of exhaust from their buses.

29



CORPORATE NEWS

- 41 ● The Security Training Base at Porte Maillot.
- 43 ● Double-Deck Rolling Stock on the RER: What Progress Has Been Made?
- 44 ● A Second Fresco at Chaussée d'Antin.
- 45 ● Rearrangement of the Means of Access at Rueil-Malmaison.
- 45 ● Running the Bus System.
- 47 ● Traffic and Service in 1991.
- 48 ● Overview of Work Under Way.



NEWS FROM FRANCE

- 50 ● Caen: Lowered Platform Buses and Raised Pavements.
- 51 ● Le Havre: Taxis for Handicapped Persons.



WORLD NEWS

- 52 ● London: The DLR in the Heart of the City.
- 53 ● Turin: Complementary Light Rail and VAL Systems.
- 54 ● Santiago: A Third Metro Line is Planned.
- 55 ● Mexico City: Commissioning the LRT Line A « Pantitlán-La Paz ».



Sommaire

« TOUS LES REGARDS Tournés Vers Les Voyageurs » : LA NOUVELLE ORGANISATION DE LA RATP ET SON ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUE

La RATP a su, par le passé, s'adapter aux évolutions de son environnement. À l'heure européenne, l'avenir de l'entreprise nationale est régional et international.

C'est une nouvelle étape de la modernisation de l'entreprise qui s'engage pour renforcer sa légitimité à exercer le service public des transports urbains en Ile-de-France et à développer ses réseaux dans le cadre du Schéma Directeur de la Région Ile-de-France.

Réussir le passage d'une culture de la production du transport à une culture des services (en l'occurrence, le déplacement multimodal de voyageurs) exige une vigoureuse politique de décentralisation.

Au-delà d'un changement de structures, c'est une importante évolution des compétences et des cultures dans laquelle la RATP s'est engagée, d'où l'enjeu d'un accompagnement pédagogique adapté.

5

TESTS DE POLITIQUES DE TRANSPORT : LE PROGRAMME « IMPACT »

La complexité croissante des problèmes de déplacement en Ile-de-France amène à proposer des politiques globales de gestion de la voirie. Pour tester ces politiques, la RATP a développé une famille de modèles désagrégés de prévision de trafic réunis dans le programme « IMPACT ». Il s'agit de modèles probabilistes simulant le comportement au niveau individuel.

IMPACT a été utilisé, à la demande du Syndicat des Transports Parisiens, pour simuler les effets du péage urbain pour les automobilistes et les effets de la réservation d'une part de voirie pour les autobus.

12

LA RÉHABILITATION DU PONT DE RUEIL

Après plus de 110 ans de bons et loyaux services, le Pont de Rueil, l'un des plus anciens ouvrages d'art de la ligne A du RER, retrouve une nouvelle jeunesse.

Tout en conservant son aspect originel, l'ouvrage a subi de très importants travaux touchant principalement deux des trois arches qui le composent.

Dans cette opération, l'un des soucis majeurs de la RATP a été de minimiser les contraintes apportées à l'exploitation : en effet, 270 trains et 80 000 voyageurs empruntent quotidiennement le tronçon.

Pour satisfaire aux exigences du service public, la circulation des trains a en conséquence été maintenue sur les deux voies pendant toute la durée du chantier, soit presque trois ans, grâce à la construction d'un pont provisoire.

20

POLLUTION ET MOTEURS DIESEL

La lutte contre la pollution est devenue au cours des dernières années l'une des préoccupations primordiales des pouvoirs publics et des industriels. La pollution d'origine automobile est l'un des facteurs clefs de la pollution urbaine.

Différents moyens sont testés ou mis en œuvre par les réseaux de transports urbains pour réduire les émissions de leurs autobus.

29

NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

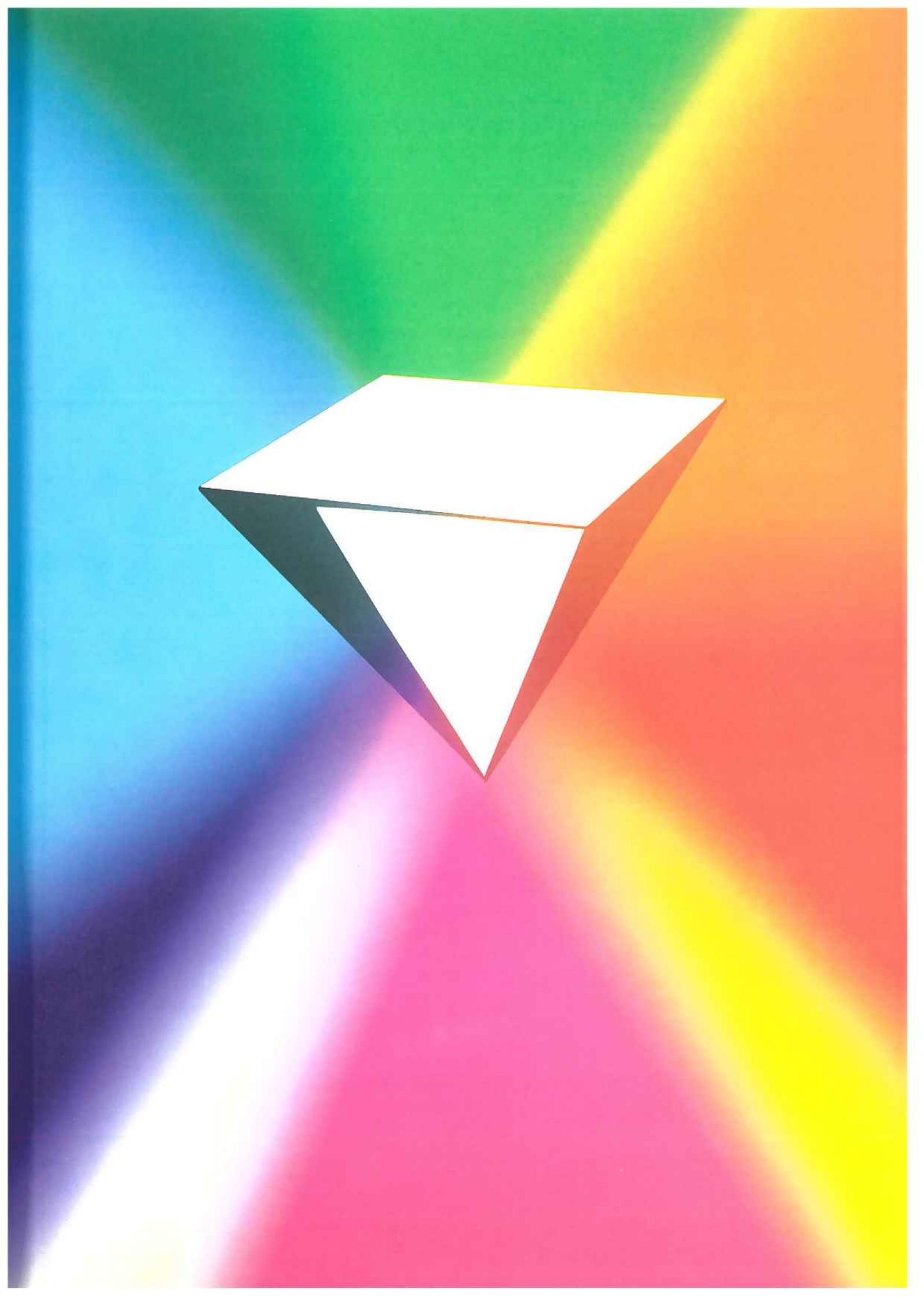
- La base de formation à la sécurité de Porte Maillot 41
- Matériel à étage sur le RER : où en est-on ? 43
- Une seconde fresque à Chaussée d'Antin 44
- Accès remaniés à Rueil-Malmaison 45
- Exploitation du réseau Bus 45
- Trafic et service de l'année 1991 47
- Vues des travaux en cours 48

NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE

- Caen : autobus à plancher surbaissé et trottoirs surélevés 50
- Le Havre : des taxis pour les personnes à mobilité réduite 51

NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

- Londres : le DLR au cœur de la City 52
- Turin : métro léger et VAL complémentaires 53
- Santiago : une troisième ligne de métro en projet 54
- Mexico : ouverture de la ligne A du métro léger « Pantitlán-La Paz » 55



“Tous les regards tournés vers les voyageurs” :

LA NOUVELLE ORGANISATION DE LA RATP ET SON ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUE

par Edith Heurgon,

Responsable de l'Unité Spécialisée Formation et Management au Département Potentiel Humain et Formation.

DANS les années 60, la RATP a lancé une forte modernisation technique. La décennie 70 a introduit la réflexion stratégique, la promotion commerciale, l'idée de gestion. Au cours des années 80 [1], elle connaît une période de stabilisation et de contradictions durant laquelle elle prend conscience des exigences accrues, quantitatives et qualitatives, des usagers et des agents de l'entreprise, de l'évolution rapide de son environnement urbain en Ile-de-France, au plan institutionnel, économique et socio-culturel, du caractère nécessairement limité des ressources publiques, bref de la **crise multiforme** qui affecte ses services (apparition de nouveaux comportements sociaux dans l'espace de transport), son système de production (malaise de l'agent au travail : absentéisme, inaptitude, grèves sauvages), son dialogue social marqué par certains clivages (terrain/encadrement, réseau routier/réseau ferré, agents/syndicats...). Elle s'aperçoit du risque d'inadaptation de l'entreprise, monolithique, dotée d'une fonction réglementaire hypertrophiée et d'un management lent, rigide, centralisé. Parallèlement, elle a l'intuition d'un fort **enjeu de développement** en région Ile-de-France si elle parvient à se moderniser, à développer ses compétences commerciales et économiques, à s'ouvrir davantage sur son environnement, à établir les partenariats nécessaires.

Des démarches de progrès

À partir d'analyses prospectives [2] [3] [4], des démarches de progrès, expérimentales, ont été lancées au milieu des années 80, visant soit à faire évoluer les relations que la RATP entretient avec les divers acteurs de la ville et des transports, soit à transformer ses fonctionnements internes pour instaurer un management décentralisé et participatif stimulant l'initiative et la responsabilité.

Ces démarches, à l'origine notamment des projets « Autrement Bus » et « Nouveau Service en Station », mettent en avant une approche différenciée des territoires urbains, une dimension commerciale plus forte, une organisation plus décentralisée permettant au personnel d'exploitation d'exercer la relation de service sur le terrain dans ses aspects complexes et parfois contradictoires.

Mais ces démarches ont rencontré, à l'époque, des difficultés de mise en œuvre dues à l'intégration des contraintes des nombreux systèmes techniques ou réglementaires, au jeu des pouvoirs en place, mais aussi à la faiblesse des compétences capables d'appréhender globalement des situations complexes, de négocier avec des partenaires aux intérêts parfois divergents, de développer les métiers du territoire qui, à côté des

métiers de la régulation du transport, permettent d'assurer les diverses dimensions du déplacement et de la maîtrise des espaces publics.

La RATP, service public, décide d'« être son propre recours » [5]

À la suite d'un événement déclencheur significatif — les grèves de l'automne 1988 — et de l'arrivée d'un nouveau Président en février 1989, une évolution radicale de l'organisation de la RATP est décidée en février 1990 qui, prenant acte d'une crise du système plus que d'une défaillance des hommes, traite à la fois les structures, les modes de management et les identités. Sa réussite suppose une forte évolution des cultures, d'où l'enjeu d'un accompagnement pédagogique adapté.

Cette réforme vise à **moderniser l'entreprise** sous tous ses aspects, notamment sociaux et organisationnels, pour qu'elle soit en mesure d'exercer avec efficacité sa mission de service public de transport urbain, en s'appuyant sur ses atouts, principalement les hommes et les femmes qui constituent la RATP, afin, premièrement, de renforcer sa **légitimité** auprès des voyageurs, de l'opinion et des pouvoirs publics, par l'amélioration de la **qualité du service** au

quotidien et la **maîtrise des coûts**, et, deuxièmement, de pouvoir bien conduire son **développement**.

On admet aujourd'hui de façon générale que le transport collectif urbain est une **activité de service public** : ses enjeux économiques et sociaux, ses modes de structuration de l'espace et des rythmes de vie, l'accessibilité qu'il offre aux fonctions de la ville, sa contribution à la protection de l'environnement et à la civilisation urbaine, suffisent à convaincre [6]. Toutefois, la répartition des rôles et des responsabilités d'organisation et de réalisation des transports collectifs entre les partenaires publics et privés, dans un contexte donné, peut varier en fonction des arbitrages des collectivités publiques territoriales et de l'efficacité des divers systèmes en éventuelle concurrence. C'est dans cette perspective que la RATP inscrit sa réforme même si, pour l'instant, l'organisation des transports en Ile-de-France est distincte de celle des autres régions.

Les grands objectifs de la réforme visant à faire la preuve de la **légitimité** de la RATP à exercer le service public des transports en commun dans la région Ile-de-France sont donc :

— **améliorer la qualité de service au quotidien et maîtriser les espaces publics**, c'est-à-dire mettre les voyageurs au centre des préoccupations de l'entreprise, prendre en charge la totalité de leur **déplacement multimodal**, être plus présent auprès des communes, des élus, de l'environnement institutionnel ;

— concilier **service public et saine gestion économique** en maîtrisant les coûts par référence, chaque fois que possible, à la concurrence, en mettant en place un **management contractuel par objectifs** favorisant la responsabilité des divers acteurs ;

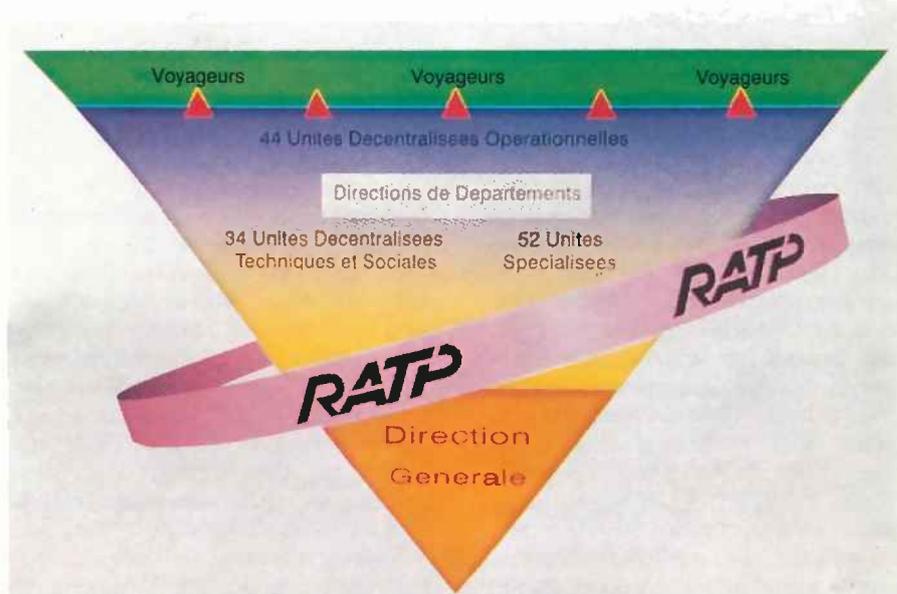
— s'organiser en une **communauté humaine, compétente et solidaire**, dotée d'une culture fondée sur l'écoute, l'engagement personnel et le sens de la mission collective, dans la perspective d'un contrat renouvelé de l'entreprise et de ses

agents, basé sur une redéfinition **des droits et des obligations du service public**.

C'est seulement dans la mesure où la RATP aura réussi son plein redressement, aux plans de la qualité de service et de la performance économique, que sa légitimité d'acteur principal des transports en Ile-de-France sera reconnue par les voyageurs, les élus et l'opinion publique, et qu'elle sera en mesure de bien conduire son **développement**.

Les agents en contact avec le public

La métaphore utilisée, la « **pyramide inversée** » [7], signifie que, dans une entreprise de services, les activités des agents directement en contact avec le public sont déterminantes. Ces activités, qui s'exercent sur le lieu même de la production et de la consommation du transport, dans un environnement parfois conflictuel, variable selon les lieux du réseau et les



La décentralisation

Pour atteindre ces objectifs, la modalité choisie est une politique vigoureuse de **décentralisation** (en fait, dans une entreprise, il s'agit plutôt de déconcentration, dès lors qu'on réfère ce terme aux lois de décentralisation territoriale : en effet, dans le premier cas, la légitimité du pouvoir émane d'une délégation hiérarchique tandis que, dans l'autre cas, elle ressortit à une élection) : une structure simple permettant de responsabiliser chacun sur des objectifs et des résultats, au sein d'unités à taille humaine, de prendre les décisions au plus près du terrain et d'être capables de trouver rapidement des solutions adaptées aux différents contextes.

heures de la journée, sont complexes, imposent au personnel des horaires décalés, et exigent des compétences diversifiées (techniques certes, mais aussi commerciales, civiques et contractuelles comme le précise Isaac Joseph) [2] [3].

En effet, à leurs éventuelles **fonctions techniques** (de conduite, de vente...), elles associent des **rôles commerciaux** d'accueil et d'information du public. Mais, au-delà de ces fonctions, l'agent est redevable vis-à-vis de l'utilisateur, non seulement de la qualité du service qu'il fournit personnellement, mais de toute la chaîne organisationnelle qui détermine la **prestation finale fournie par l'entreprise**.

Enfin, parallèlement à la prestation offerte, l'agent doit veiller à la propreté et à la sécurité des espaces publics, c'est-à-dire garan-

tir l'usage raisonné de **biens communs** [8], contribuer à leur entretien, empêcher certains comportements déviants, voire même amener le voyageur à être partie prenante de la conservation du patrimoine. Dans l'exercice de son métier, l'agent de contact peut se trouver pris dans des situations risquées et doit s'assurer le concours de services spécialisés.

Les unités décentralisées

Or, l'organisation d'hier, plutôt que d'aider ces agents en contact à exercer pleinement la relation de service et à assurer la gestion des biens publics, avait tendance, par toutes sortes de réglementations et de systèmes techniques, à les mettre dans des situations multicontraintes, particulièrement inconfortables, à l'origine de comportements de repli, voire de fuite, suscitant pour beaucoup, parfois les meilleurs, le désir de s'en sortir pour accéder à des emplois à la fois plus faciles et plus valorisants. C'est donc à partir de cette constatation qu'une nouvelle architecture des pouvoirs a été mise en place à la RATP, afin de permettre aux agents de terrain d'exercer leurs métiers dans leurs diverses dimensions, soutenus par un management de proximité capable d'orienter leurs actions en leur apportant les compétences et les ressources nécessaires, au sein d'**unités décentralisées opérationnelles** à taille humaine (par exemple, la ligne de métro, ou le dépôt d'autobus), dirigées par un « patron » disposant de marges de manœuvre suffisantes et d'un réel pouvoir de décision.

C'est à partir de ce principe que l'ensemble de l'organisation de l'entreprise se reconstruit progressivement pour améliorer la qualité de service tout au long de la chaîne de déplacements et assurer la maîtrise des territoires. À côté des unités décentralisées opérationnelles mentionnées ci-dessus (la ligne de métro, le dépôt d'autobus...), il convient de disposer d'**unités décentralisées, techniques ou sociales**, qui assurent la concep-

tion, la mise à disposition et la maintenance des équipements et des systèmes socio-techniques nécessaires (tunnel, voie, systèmes électroniques, formation...) nécessaires au bon fonctionnement de l'exploitation commerciale. Entre les unités opérationnelles et les unités techniques ou sociales, des **relations clients-fournisseurs** doivent s'instaurer au plus près du terrain afin d'éviter les lenteurs des arbitrages multiples et l'affrontement des logiques contradictoires. En outre, avec la création récente d'un Département Environnement et Sécurité, les agents en contact avec le public trouvent, dans les situations les plus conflictuelles, les soutiens nécessaires au maintien de l'ordre public.

En résumé, il s'agit d'une organisation caractérisée par une **ligne hiérarchique courte** à trois niveaux : l'unité, le département, la Direction générale, l'ensemble des autres secteurs de l'entreprise étant spécifié — groupes de soutien et unités spécialisées — pour apporter les **cohérences** et les **soutiens nécessaires**, en termes de politiques, d'éclairages prospectifs, de recherches, d'études, de méthodes, d'outils, aux trois niveaux de cette structure hiérarchique, afin qu'ils soient capables de définir, de mettre en œuvre et de contrôler les stratégies de la RATP, en les adaptant aux divers environnements, avec une bonne efficacité au triple plan économique, technique et social.

La relation de soutien

Dans cette organisation, les **groupes de soutien** (au sein des unités et des départements) et les **unités spécialisées** (dans les départements fonctionnels) n'ont évidemment pas d'autorité hiérarchique sur les structures opérationnelles mais exercent une **fonction d'aide à la décision** à l'égard des unités décentralisées : en effet, si l'un des objectifs de la réforme est de permettre une prise de décision plus rapide, par leurs choix, les responsables d'unités décentrali-

sées engageant toute l'entreprise. C'est dire qu'à partir d'une analyse du problème dans sa complexité, ils doivent être capables d'anticiper les conséquences et de mesurer les effets sur les autres secteurs de la RATP des solutions qu'ils envisagent. Nul doute à cet égard que, pour assumer toute leur responsabilité, il ne leur soit bien utile de disposer d'éclairages transversaux, d'études et d'outils que, selon les cas, les groupes de soutien ou les unités spécialisées peuvent leur apporter.

L'exercice de la **relation de soutien** n'est donc ni plus ni moins noble que la relation hiérarchique ; elle est seulement différente, se fonde sur une **autorité de compétences**, exige des capacités pédagogiques et un fort pouvoir de conviction, est appréciée surtout par la **valeur ajoutée** qu'on lui reconnaît. Les activités de soutien assurent trois fonctions principales :

- une **fonction de cohérence** (de quels équilibres transversaux sont-elles garantes au sein de l'unité, du département, de la Direction générale ?) ;
- une **fonction d'expertise** (quelles compétences spécialisées détiennent-elles qu'il faut maintenir centralisées par souci économique ou impératif organisationnel ?) ;
- une **fonction de prestataire de services** (quels services, quels outils apportent-elles aux unités, du fait de leur existence, prestations qui pourraient être assurées par d'autres acteurs internes ou externes ?).

Cette position de soutien implique un changement d'attitude important de la part des services d'études ou des secteurs fonctionnels : admettre que les savoirs de terrain sont déterminants et qu'au lieu de prescrire des solutions générales à des opérationnels supposés incompetents, il convient d'abord de les écouter pour bien comprendre leurs besoins, puis de leur apporter les informations, les méthodes, les outils, les contacts qui vont leur permettre de résoudre eux-mêmes leurs problèmes. Dans le contexte actuel de changement organisationnel profond, leur rôle est, en proposant des politi-



RATP - Josif Thibaut

ques transversales, en diffusant des compétences, en adaptant les outils, en simplifiant les réglementations, en mettant en place les régulations nécessaires, d'aider les unités décentralisées à devenir de véritables **centres de résultats**, maîtres de leurs moyens, responsables de tous les paramètres qui conditionnent la production du transport, la qualité de service et la compétitivité économique.

Mais les unités spécialisées exercent aussi, dans leur domaine propre de compétences, une **fonction de veille et de prospective** visant, à partir d'une observation vigilante des évolutions de l'environnement, à préparer l'avenir à moyen et long terme de l'entreprise, en alimentant la réflexion de la Direction générale pour le choix des stratégies à privilégier et en initiant certains projets transversaux que les unités décentralisées ne seraient pas en mesure de concevoir.

La cohérence

Pour éviter qu'une trop forte différenciation ne se mette en place entre les diverses unités, quatre principaux facteurs d'intégration ont été distingués :

— une forte **intégration stratégique**, caractérisée par un renforce-

ment de la Direction générale réunissant autour du Président-Directeur général cinq Directeurs généraux adjoints : elle définit la stratégie de l'entreprise, décide des rythmes d'évolution, procède aux arbitrages globaux et pilote les grands projets, en s'appuyant sur les propositions des divers départements concernés ;

— le **contrôle de gestion**, chargé de veiller à l'efficacité économique globale de l'entreprise, de définir les outils de gestion nécessaires à la mise en place d'un **management par objectif**, d'effectuer les consolidations et contrôles transversaux ;

— la **communication**, pour renforcer l'image et l'identité de l'entreprise face aux partenaires externes et internes, faciliter la transversalité, ouvrir des perspectives communes, affirmer des valeurs partagées ;

— enfin la **formation**, pour disposer de références, de savoirs, de méthodes et d'outils communs et faire évoluer les compétences, les comportements et les cultures vers davantage de responsabilité, d'ouverture, de solidarité, d'efficacité : à côté du renforcement des compétences managériales de l'encadrement, nécessaire à l'instauration d'un management par objectif et d'organisations du travail qualifiantes, il convient d'enrichir les

métiers de base des compétences relationnelles et de gestion territoriale permettant d'exercer efficacement la relation de service et de s'adapter aux évolutions de l'environnement.

Ces trois derniers facteurs d'intégration choisis comme essentiels pour la modernisation de la RATP se fondent sur des fonctionnements en **réseaux de compétences**, animés et professionnalisés par les départements fonctionnels en charge de ces domaines, et irriguant l'ensemble de l'entreprise pour assurer une efficace gestion des ressources : financières, informationnelles, humaines.

En résumé, la nouvelle organisation décentralisée devrait donc permettre aux agents en contact avec le public réunis au sein d'une même unité :

— de prendre davantage d'initiative et de responsabilité, de bénéficier de l'aide de leur encadrement de proximité et de leur « patron », responsable de l'unité décentralisée opérationnelle, ce qui implique une évolution significative du management, de la gestion du personnel et un allègement de la réglementation ;

— des relations clients-fournisseurs plus proches avec les unités de maintenance et de sécurité, permettant d'intervenir en chaîne de valeurs ajoutées pour accroître la qualité du déplacement perçue par le voyageur ;

— des relations de services avec les groupes de soutien ou les unités spécialisées, pour disposer d'éclairages prospectifs et transversaux, connaître les stratégies et politiques, disposer des informations, des études et des outils nécessaires...

Une organisation par grande fonction

Une fois posés les principes de la micro-organisation, les unités décentralisées et spécialisées, une vingtaine de départements ont été définis, regroupant les unités par type de métier ou par système technique, et ayant pour fonction,

en définissant des objectifs opérationnels et en allouant les ressources nécessaires, de permettre aux unités de mettre en œuvre le plus efficacement possible les stratégies de l'entreprise.

Ces départements sont réunis en secteurs, placés chacun sous la compétence d'un Directeur général adjoint. Ces secteurs correspondent aux principales fonctions de l'entreprise : exploitation-commercial ; maintenance, travaux et politique industrielle ; développement et finances ; politique sociale et potentiel humain ; international.

Cette organisation en départements et en secteurs rompt avec la structuration précédente de la RATP qui, depuis sa création, comportait un réseau routier et un réseau ferré, fonctionnant comme des autarcies, de cultures différentes, n'ayant guère permis l'instauration de fonctions à caractère transversal (la fonction commerciale, par exemple).

Le secteur **Exploitation-Commercial** regroupe aujourd'hui les Départements Bus, Métro, RER et Commercial. Directement tourné vers les voyageurs, il peut mettre en place un « **management des services** » et développer la **multimodalité** qui, paradoxalement, constitue pour la RATP un atout majeur (elle est théoriquement capable de prendre en charge les voyageurs pendant la totalité d'un déplacement multimodal) et une difficulté réelle (elle ne sait pas bien organiser et gérer les connexions entre ses différents modes). Sans une politique forte impulsée par la Direction générale et pilotée par le Département Commercial, l'organisation actuelle ne nous semble pas pouvoir faire progresser beaucoup cet aspect déterminant du service.

Le secteur **Maintenance, Travaux et Politique Industrielle** relève plutôt d'un « **management industriel** », tel qu'on le pratique couramment dans les entreprises de ce type. Il réunit les services de maintenance et d'ingénierie concernant le matériel roulant, les infrastructures, les systèmes électroniques, électriques



RATP - Charles Ardailon

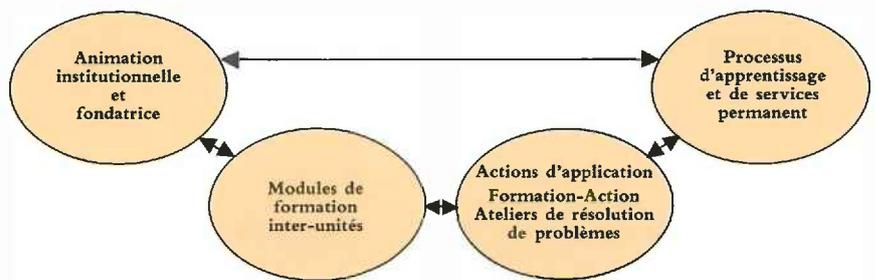
et informatiques, la logistique... C'est dire l'ampleur des enjeux économiques et industriels qui le caractérise. Ses partenaires externes sont notamment ses divers **fournisseurs industriels**. Bien que plus loin du voyageur, il contribue à la qualité du service en se situant dans la chaîne de valeur ajoutée au sein de laquelle il identifie son client principal (l'exploitant, un autre département technique). Dans la production des services, on le sait, la maintenance a un rôle crucial et l'on voit de plus en plus la maintenance « sur le site » se rapprocher de l'exploitation. Le technicien de maintenance qui se trouve dans les lieux d'échange n'a-t-il pas lui aussi à assumer une fonction de contact avec le public ?

Deux autres secteurs regroupent des activités d'études, de projets et de gestion des ressources.

Le secteur **Développement et Finances** est en relation étroite avec les **pouvoirs publics** centraux et locaux (transport, finances, justice, recherche...) et les divers acteurs de la ville et des transports, pour concevoir ses projets, monter des partenariats, négocier des ressources, valoriser son patrimoine. Il intervient en soutien des départements en cas d'incident (service juridique), les aide à concevoir et

à conduire leurs projets de changements, prépare le développement de l'offre, activité essentielle en ce qu'elle détermine pour une bonne part la qualité du service de demain, anime et coordonne les politiques de Recherche et Développement, conduit les études prospectives.

Le secteur **Politique Sociale et Potentiel Humain**, constitué à partir de l'ancienne Direction du personnel, a pour interlocuteurs principaux les **agents**, les **départements** et les **partenaires sociaux**. Il est composé de trois départements permettant de distinguer ce qui relève des relations sociales et des grands équilibres collectifs en matière de réglementation et de rémunération, ce qui relève de l'aspect plus individuel et organisationnel de la gestion des ressources humaines en situation professionnelle (recrutement, mobilité, promotion sociale, formation), enfin ce qui relève de la prévention et de la protection sociales comme des prestations familiales. C'est dire toute l'importance que revêt pour la réussite de la réforme la mise en place d'une effective politique de gestion des ressources humaines, considérée non plus seulement comme un facteur de paix sociale, mais surtout comme un levier de performance



pour une entreprise à fort niveau de main-d'œuvre.

Enfin, le secteur **International** est chargé de coordonner les activités internationales des départements en harmonie avec les activités d'ingénierie externe de SO-FRETU, afin de renforcer le rayonnement de la RATP à travers le monde dans le domaine du transport public urbain, d'enrichir son savoir-faire et de favoriser son insertion dans l'Europe.

Le dialogue social

Pour achever l'édifice visant à permettre un fonctionnement décentralisé et unitaire de la RATP, une étape majeure a consisté en la **décentralisation des instances représentatives du personnel**, afin que le dialogue social puisse s'établir au bon niveau avec des partenaires au courant des problèmes relatifs aux différents métiers. Ainsi, le Comité d'entreprise d'hier a-t-il laissé la place, à la suite de négociations difficiles et tumultueuses, à dix Comités Départementaux Économiques et Professionnels (les huit départements opérationnels, les départements fonctionnels formant les deux autres CDEP) et à un Comité Régie d'Entreprise se consacrant aux aspects stratégiques et transversaux, assurant en outre la gestion centralisée des œuvres sociales.

Afin de permettre la réussite de la décentralisation, d'offrir des perspectives de carrière et de formation aux agents, d'améliorer leur vie au travail, d'assouplir certaines règles de gestion du personnel, de favoriser la mobilité professionnelle, la politique sociale pour les trois prochaines années a été définie dans un document intitulé « **Le Progrès partagé** » qui, après avoir donné lieu à de multiples consultations des partenaires sociaux, a été distribué à l'ensemble du personnel de l'entreprise. Ses modalités de mise en œuvre sont négociées dans chaque cas au niveau pertinent (au niveau de l'entreprise pour les accords col-

SAVOIRS DE BASE DU RESPONSABLE
— contrôle de gestion
— droit du travail
— connaissance des syndicats
— ...

ÊTRE MANAGER À LA RATP
— être manager de son unité
— piloter son unité
— lire et comprendre l'unité face à son environnement

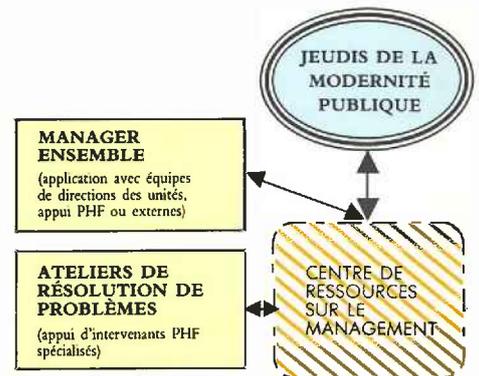
EXERCER UNE RELATION DE SOUTIEN

MAÎTRISER LES TENSIONS SOCIALES
— détecter et prévenir les tensions
— vivre les situations conflictuelles

ACCROÎTRE SES CAPACITÉS RELATIONNELLES
— écouter pour décider.
— savoir dire et faire passer le message

OUVERTURE sur environnement et transports urbains (séminaires, voyages)

Itinéraire à la carte parmi divers modules thématiques



Pédagogie d'Accompagnement de la Réforme : Apprentissage de la Décentralisation et de l'Intégration Stratégique (Programme PARADIS)

lectifs sur la politique de gestion des cadres et sur la formation, au niveau local en ce qui concerne l'évolution des métiers spécifiques à tel ou tel département).

L'accompagnement pédagogique

Dès septembre 1990, un programme de formation (*voir schéma*) destiné aux principaux responsables de la nouvelle organisation a été lancé : le programme PARADIS (Pédagogie d'Accompagnement de la Réforme : Apprentissage de la Décentralisation et de l'Intégration Stratégique). Quarante cent vingt responsables d'unités, de groupes de soutien, directeurs de départements, directeurs généraux suivront, dans les deux ans, une moyenne de dix jours de formation. Ce programme s'efforcera de leur apporter des connaissances et des méthodes susceptibles de les aider à tenir efficacement leur rôle dans la nouvelle organisation, de promouvoir l'évolution des comportements et des cultures vers davantage de responsabilité, d'engagement contractuel



et d'ouverture, de constituer des communautés capables de conduire le changement sur le terrain. Il comporte un ensemble de modules de formation inter-unités réunis en tronc commun, nécessaire ciment de la communauté des responsables, et des actions de formation à la carte, en réponse à des demandes spécifiques ou à des attentes individuelles. Ce programme ambitieux s'accompagne de différents dispositifs qui relient la formation et l'action : interventions *ad hoc* sur le terrain, ateliers de résolution de problèmes, mais aussi club d'échanges et création d'un centre de ressources sur le management. Le pari a été fait de partir de la base de la pyramide inversée et de confier aux responsables ainsi formés le soin, avec le soutien des équipes spécialisées, de la démultiplication à l'encadrement concerné, soit environ 7 000 cadres et agents de maîtrise. Des nouveaux outils d'animation sont nécessaires pour l'aider dans sa tâche. Au bout de deux ans, ce programme s'intégrera dans un système général de formation de l'encadrement en cours de définition, associé à la gestion des parcours professionnels des responsables.

Le pilotage du changement

Ce qui différencie la réforme lancée à la RATP en 1990 du mouvement de modernisation du secteur public engagé en France depuis plusieurs années [9], ce sont peut-être moins les objectifs ni même la modalité choisie — la décentralisation — que la démarche utilisée pour conduire ce changement [10].

Considérant l'entreprise comme un organisme vivant, la conduite du changement, à la fois politique et culturel, emprunte ses modèles davantage à la biologie qu'à la mécanique et vise une évolution des comportements et des cultures plus qu'une simple transformation des modes de gestion. C'est dire que la méthode planificatrice classique consistant, pour atteindre une situation cible prédéfinie, à découper le temps en étapes successives selon un planning précis, laisse la place au choix d'une vision souhaitable, à la spécification d'une ligne de conduite et à une structuration partielle, laissant les hommes, le temps et les expériences faire le reste, selon une

démarche expérimentale faisant une large place aux **apprentissages**. L'essentiel dans cette perspective est d'abord de **choisir les hommes**, pour leur capacité d'engagement autant que pour leurs compétences prouvées, de leur faire confiance, de les aider en leur assurant, dès qu'ils en ressentent le besoin, tous les soutiens nécessaires. Mais non moins important est le **cadencement des rythmes** marquant les priorités et considérant le temps non pas tant comme ce qui s'écoule inéluctablement que comme une ressource, exigeant des ralentissements propices à la maturation et des accélérations nécessaires aux avancées définitives. Nul doute que ce mode de **gestion rigoureuse des priorités successives**, qui braque les projecteurs sur certains (d'abord les exploitants puisqu'ils assurent la relation de service, puis les mainteneurs qui permettent le fonctionnement du système, puis, à terme, sans doute, l'ensemble des fonctions de l'entreprise) ne soit à l'origine de certaines incompréhensions de la part de ceux qui se sentent mis à l'ombre et jugent un peu courte ce qui n'est, à un moment donné, que la face visible de la stratégie de l'entreprise.

Il faut le temps pour que, progressivement, selon toutes sortes de trajectoires imbriquées, toute l'organisation dispose, en solidarité nécessaire, ses divers organes, fonctions, projets et compétences, afin que la nouvelle entreprise, à l'image et l'identité affermisses dans la Maison de la RATP et des Transports Urbains, sache relever le défi du service public des transports urbains au XXI^e siècle en Île-de-France que, déjà, préfigure MÉTEOR. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MARGAIRAZ Michel : « Histoire de la RATP » — Albin Michel (1989).
- [2] AMAR Georges : « Jalons pour une prospective » — RATP-Études/Projets (avril-mai-juin 1986).
- [3] AMAR Georges : « L'action prospective I » — RATP-Études/Projets (juillet-août-septembre 1987).
- [4] AMAR Georges : « La prospective II » — RATP-Études/Projets (avril-mai-juin 1990).
- [5] DE LA VERGNE François : « Vers un service public flexible » — in *Métamorphoses de la Ville, Crise de l'Urbain, Futur de la Ville-Colloque de Cerisy* — Economica (1987).
- [6] Table ronde « Réseaux de transport et territoires : le cas des villes moyennes » — in *Métamorphoses de la Ville, Crise de l'Urbain, Futur de la Ville-Colloque de Cerisy* — Economica (1987).
- [7] CARLSTON Jan : « Renversons la pyramide ! » Inter-éditions (1986).
- [8] JEANNOT Gilles : Actes du colloque « À quoi servent les usagers ? » (janvier 1990).
- [9] DE CLOSETS François : « Le pari de la responsabilité » — La Documentation Française (1989).
- [10] DAVID Albert : « Histoire et processus de la modernisation de la RATP » — Rapport CGS École des Mines de Paris (février 1989 - mai 1990).

TESTS DE POLITIQUES DE TRANSPORT : LE PROGRAMME « IMPACT »

par Jacqueline Rousseau et Catherine Saut,
Département du Développement.

SI le Département du Développement utilise depuis longtemps, pour ses études de modification d'infrastructure lourde en région Ile-de-France, un modèle de prévision de trafic dit modèle global (1), il lui est également nécessaire de disposer d'un outil lui permettant de tester des politiques de transport pour s'adapter aux nouveaux types d'interrogation apparus, en mesurant l'impact sur le système de transport des actions envisagées (à titre d'exemple : politique de gestion de la voirie par un meilleur partage entre autobus et automobilistes, ou par le biais de mesures de stationnement).

L'outil correspondant est un programme appelé « IMPACT ». Il a été conçu par la RATP avec l'aide du bureau d'études Cambridge Systematics (en liaison avec le Massachusetts Institute of Technology - USA). Les premières réflexions ont débuté en 1980 et il a été achevé en 1984.

Le programme IMPACT

Les caractéristiques

1. IMPACT traite les déplacements effectués un jour de semaine pour les motifs domicile-travail, domicile-achats, domicile-affaires personnelles, et domicile-loisirs, qui sont en volume les plus



importants (les deux sens aller et retour étant pris en compte).

2. Il est basé sur l'utilisation de modèles dits *désagrégés*, reconstituant le comportement de choix de l'individu face à différentes alternatives de mode de transport pour les déplacements domicile-travail, ou face à des alternatives de mode et de destination, pour les déplacements relatifs aux trois autres motifs, modélisés séparément.

Le Syndicat des Transports Parisiens (STP), autorité organisatrice des transports en commun de la région Ile-de-France, s'est vu confier par le Ministre de l'Équipement, des Transports et de la Mer, en août 1989, l'élaboration d'un **Plan Stratégique des Déplacements (PSD)**.

Établi dans une perspective à moyen et long terme, le PSD traite non seulement des transports en commun, mais inclut aussi les modes individuels, les échanges entre modes et le stationnement.

Dans ce cadre, l'examen des politiques de déplacements comporte l'analyse de grandes options stratégiques en matière de maîtrise de l'usage de la voiture particulière, pour certaines desquelles le STP a fait appel à la RATP afin de procéder à des simulations avec son programme IMPACT :

— le partage de la voirie entre automobiles et autobus examiné dans cet article en est un exemple ;

— un autre exemple est celui du péage urbain que les pays étrangers étudient (Royaume-Uni, Suède, Pays-Bas) ou pratiquent (Singapour, Norvège).

Périodiquement déjà, et sans doute de plus en plus à l'avenir, les décideurs politiques français se verront interrogés à ces propos. Les simulations effectuées permettent ainsi d'apporter des éléments de fond et des ordres de grandeur à leurs réflexions et à leurs prises de position. Elles ne sont le préambule à aucune décision. Elles visent simplement à fournir, à la veille de 1993, un éclairage dans un cas français, à mettre en parallèle avec d'autres cas.

L'utilisation de modèles désagrégés de prévision, qui sont au cœur même du programme IMPACT, apporte dans ces études un éclairage précieux. De tels modèles peuvent prendre en compte des phénomènes qualitatifs susceptibles d'influencer le comportement des gens. Ils peuvent être adaptés, par la méthode récente des enquêtes de préférence déclarée, à la simulation de problèmes autrement inaccessibles. D'où l'intérêt que leur porte le STP.

R.A.T.P

EN DIRECT

E.S.E

SEANCE DU 18 DECEMBRE 1991

C.H.S.C.T

4 AR



SOMMAIRE

- Accidents du travail
- Chaussures de sécurité
- Redistribution des locaux d'ESE/ER et ESE/CT
- Remplacement des manches de marteau en bois par des manches en fibre de verre
- Statut des pompiers volontaires
- Mât d'éclairage du dépôt d'Aubervilliers

ACCIDENTS DU TRAVAIL

ALARMANT LES CHIFFRES PARLENT :

(AT, DM, DR, EV) (ex. TE) :

175 accidents en 1991

157 accidents en 1990

AE (ex. TS) :

37 accidents en 1991

27 accidents en 1990.

Ces premiers chiffres nous montrent un accroissement très préoccupant des accidents du travail de près de 20 %.

Une étude devra être menée très rapidement afin de déterminer les actions correctives à mettre en oeuvre.

CHAUSSURES DE SECURITE

Le catalogue sera diffusé prochainement dans les attachements. Certains modèles existent en case au Département LOG et seront donc plus rapidement disponibles.

L'attention des Unités est attirée d'une part sur les problèmes liés à la gestion d'un grand nombre de modèles et d'autre part sur le fait qu'il leur appartiendra de déterminer, en liaison si nécessaire avec la médecine du travail qui n'écarte aucun modèle a priori, les chaussures les mieux adaptées à leurs activités.

ACCIDENT DE NORDLING

Suite à la chute d'une charge manipulée avec un palant dans le poste de ventilation "NORDLING" et après les conclusions du laboratoire du Département LOG, le CEA AT/Défense a décidé, de poser des butées d'arrêt sur la chaîne porteuse de l'appareil et, indépendamment de la visite annuelle réalisée par l'AIF, d'effectuer une visite d'entretien du palan en fonction de son utilisation. Ces mesures devraient être étendues à l'ensemble du Département.

STATUT POMPIERS VOLONTAIRES

Le Président a demandé à chaque Responsable d'Unité de recenser les pompiers volontaires et de régler avec bienveillance les problèmes au cas par cas.

ANNEAUX D'ANCRAGE SCELLES DANS LA MACONNERIE AU DESSUS DES ESCALIERS MECANIQUES DES VENTILATEURS ET POSTES D'EPUISEMENT

Au cours d'un groupe d'expression direct à AT/Duquesne, au mois de mars 1991, la question de la vérification de ces anneaux avait été soulevée.

Réponse de la direction : "des contacts seront pris avec ITA pour voir la procédure".

Fin novembre au poste d'épuisement de Reuilly Diderot au cours du soulèvement d'une pompe, l'anneau d'ancrage a cédé, il a été pris pour analyse.

A ce jour au CHSCT, il n'y a pas d'information en ce qui concerne la vérification de ces anneaux d'ancrage.

COMPOSITION DU CHSCT-ESE		
PRESIDENT M. BISIAU	Délégué auprès du Directeur du Département ESE	(480) 41103
REPRESENTANTS DU PERSONNEL		
SECRETAIRE M. ALONSO	CT-ESMC - STALINGRAD SIEGE CHSCT-ESE - 54, Rue des Petites Ecuries - 75010 PARIS	(492) 56484
M. DESMET	DR - BOURG LA REINE	(46.61.33.55) 88035
M. MIQUEROLLE	AT - DEFENSE	(492) 55045
M. PARGON	AE - TOUL	(404) 87149
M. JICQUEL	DM - RENNES	(43.22.07.48) 88170
M. CRIMET	AT - GARE DE LYON	(400) 23887
M. CHEZAUD	CT - CHATELET	(40.39.97.11) 35761
M. MONNOT	AT - GARE DE LYON	(400) 23887
M. BRUN	ER - NOISY LE GRAND	(430) 39651
INGENIEUR D'HYGIENE, DE SECURITE ET DES CONDITIONS DE TRAVAIL		
M. DECOURRIERE	HS - Bureau 321 - 127 Avenue Ledru-Rollin - 75011 PARIS	(480) 41164
ANIMATEURS DE SECURITE		
M. RAYMOND	AE - TOUL	(404) 87593
M. COUSIN	DM - Square Nadar - Bât. C - VINCENNES	(495) 78002
M. HURTEAUD	DR - Square Nadar - Bât. C - VINCENNES	(495) 78220
M. MOINE	AT - Square Nadar - Bât. C - VINCENNES	(495) 78061
M. TREMEAU	EV - Square Nadar - Bât. C - VINCENNES	(495) 78444
M. GIORGI	CT - Square Nadar - Bât. C - VINCENNES	(495) 78558
M. LE BOURNOT	ER - 3ème étage - NOISY LE GRAND	(430) 39612

MODÈLES DÉSAGRÉGÉS

Soient t un individu, et $A(t)$ son univers de choix, c'est-à-dire l'ensemble des alternatives à sa disposition.

Si $a \in A(t)$, soit $U(a,t)$ l'utilité de l'alternative a pour t .

On suppose que les individus choisissent l'alternative qui maximise leur utilité, donc a est choisie par t si :

$$U(a,t) > U(a',t), \forall a' \in A(t), a' \neq a$$

Mais U n'est pas connue avec certitude ; aussi l'on suppose que U est une variable aléatoire s'écrivant :

$$U(a,t) = V(a,t) + \varepsilon(a,t)$$

avec V composante déterministe et ε composante aléatoire.

Alors la probabilité que a soit choisie par t parmi $A(t)$ s'écrit :

$$P(a,t) = P[U(a,t) > U(a',t), \forall a' \in A(t), a' \neq a]$$

Si ε suit une loi de Weibull [$P(\varepsilon \leq \omega) = \text{Exp}(-\text{Exp}(-\omega))$], le modèle est dit **LOGIT multinomial** et l'on a :

$$P(a,t) = \frac{\text{Exp}(V(a,t))}{\sum_{a' \in A(t)} \text{Exp}(V(a',t))}$$

Cas du choix du mode pour domicile-travail

$V(a,t)$ s'exprime en fonction de variables explicatives X_k^{ia} , variables socio-économiques de t , et variables de niveau de service de a pour t :

$$V(a,t) = \sum_{k=1}^n \Theta_k X_k^{ia}$$

où les Θ_k sont des paramètres estimés par la méthode du **maximum de vraisemblance** à l'aide des choix observés.

Extension au choix de la destination pour « autres motifs »

Les alternatives sont des couples (mode, destination) et l'utilité s'écrit :

$$V(m,d) = \sum_k \Theta_k X_k^t(m,d) + \mu \text{Log} \left(\sum_i \lambda_i S_i(d) \right)$$

avec	m	: mode
	d	: destination
	$S_i(d)$: variable de « taille » caractéristique de d
	$\text{Log} \left(\sum_i \lambda_i S_i(d) \right)$: mesure de l'utilité de d

$$\mu \in [0,1]$$

$$\lambda_i \geq 0$$

(Les valeurs de μ et de λ_i sont estimées en même temps que les Θ_k .)

Ces modèles sont des modèles **probabilistes** de type **LOGIT (2)** (voir l'encadré « Modèles désagrégés ») qui ont été établis à partir d'une enquête-ménage sur les déplacements des individus — l'Enquête Globale de Transport — réalisée périodiquement par l'INSEE, la DREIF et la RATP, et à partir d'une description particulièrement détaillée de l'offre de transport en région Ile-de-France.

Ces modèles traitent, en tenant compte de la **disponibilité** des modes de transport qu'un individu a pour effectuer un déplacement, du **choix simultané** entre marche à pied (MAP), deux-roues (2R), voiture particulière (VP) et transport en commun (TC) (éventuellement subdivisé lui-même en trois sous-modes : bus pur, rail pur et mixte). Cela permet d'observer, lors de tests de politiques, en dehors des classiques reports de flux de la voiture vers les transports en commun (ou inversement), des reports éventuels de la marche à

(1) Voir « RATP Documentation/Information », numéros de janvier-février-mars 1975 et d'octobre-novembre-décembre 1980.

(2) Les modèles « autres motifs » établis pour la région Ile-de-France sont indiqués, à titre d'exemple de la technique d'échantillonnage des alternatives, dans le manuel de référence de M. Ben-Akiva et S. Lerman (cf. bibliographie [1], p. 269-272).

EXEMPLES D'UNIVERS DE CHOIX

Domicile-Travail

L'univers de choix $A(t)$ d'un individu t est constitué des modes qui lui sont disponibles pour effectuer son déplacement.

Si t effectue un déplacement trop long pour la MAP, s'il a un 2R (immatriculé), pas de VP, s'il a la possibilité d'utiliser soit uniquement le rail, soit le bus + le rail (et pas le bus seulement), alors :

$$A(t) = \left\{ 2R, \text{TC-rail pur}, \text{TC-mixte} \right\}$$

Domicile-Achats

Si t a une VP à sa disposition et pas de 2R, son univers de choix peut être constitué des alternatives suivantes :

- la MAP dans la commune de domicile (petit commerce) ;
- la VP dans la commune de domicile (petit commerce) ;
- la VP vers une commune du voisinage (hypermarché) ;
- la VP vers une zone de Paris (grand magasin) ;
- le TC vers une zone de Paris (grand magasin).



pied vers l'autobus (ou vice versa), ainsi que des reports d'un réseau à un autre à l'intérieur même des transports en commun.

3. IMPACT comprend un module de recherche d'équilibre à l'heure de pointe entre offre et demande sur voirie.

4. Enfin, IMPACT utilise, pour mesurer les effets d'une politique de transport et les comparer à ceux de la situation de référence,

une technique particulière des *méthodes désagrégées* : l'énumération d'échantillon. Cette technique permet, en appliquant les modèles établis, et en sommant sur l'échantillon les probabilités de choix qui s'en déduisent, d'obtenir des *estimations* de différents indicateurs tels que les parts modales, les voyageurs \times kilomètres, etc., et ceci dans la situation de base et dans la situation testée.

Les données

De l'Enquête Globale de Transport, a été tiré un échantillon représentatif pour la région Ile-de-France de 1 100 ménages, concernant 2 250 individus et 5 150 déplacements observés pour l'un ou l'autre des quatre motifs étudiés (c'est cet échantillon qui sera « énuméré »).

On a retenu : les caractéristiques socio-économiques des ménages (résidence connue dans un carroyage de 300 mètres de côté, nombre de deux roues possédés, nombre de voitures disponibles, classe de revenu, nombre d'actifs), ainsi que celles des personnes le composant (sexe, âge, lien avec le chef de ménage, profession et lieu de travail s'il y a lieu), caractéristiques qui interviennent dans les choix des individus.

De même, les caractéristiques des déplacements observés et de chacune de leurs alternatives modales (3) (niveau de service) ont été retenues :

— pour les TC, le temps de rabattement vers et depuis le point d'arrêt ou la station, le temps d'attente, le temps de roulement, le temps de correspondance (4) éventuel, le coût ;

— pour les modes individuels (MAP, 2R, VP), le temps de trajet, le coût du trajet s'il y a lieu et, pour la voiture particulière, le temps et le coût de recherche d'une place de stationnement (estimés à l'aide d'un modèle annexe de simulation du stationnement : « STATIO »).

Enfin, pour caractériser les destinations observées ou pouvant être choisies (conjointement avec le mode de transport pour s'y rendre) pour les motifs domicile-achats, domicile-affaires personnelles, ou domicile-loisirs, la région a été découpée en 600 zones environ (dont près

Modèle Domicile-Travail (D-T)

Le tableau suivant donne la spécification de l'utilité de chaque mode. Pour chacun d'eux, on retient les variables et paramètres quand, dans la colonne « mode », celui-ci est indiqué.

	Mode	Paramètre
Constante MAP	MAP	2,67
Constante 2R	2R	- 0,45
Constante VP destination Paris	VP	- 2,00
Constante VP destination Banlieue	VP	- 1,03
Constante Bus pur	TC	- 0,07
Constante Mixte	TC	- 0,32
Sexe masculin	2R	1,27
Chef de ménage	VP	1,19
Nombre de VP/Nombre d'actifs	VP	1,64
Temps de trajet MAP	MAP	- 0,16
Temps de trajet 2R	2R	- 0,095
Temps de trajet VP	VP	- 0,067
Temps de parking CSP 5	VP	- 0,34
Temps de parking CSP 6-7-8	VP	- 0,16
Temps de roulement bus Paris	TC	- 0,075
Temps de roulement TC sauf bus Paris		- 0,032
Temps de rabattement < 10 minutes	TC	- 0,071
Temps de rabattement > 10 minutes	TC	- 0,161
Temps attente + rupture de charge	TC	- 0,115
Coût 2R	2R	- 2,19
Coût VP/Revenu	VP	- 9,05
Coût Parking/ Revenu CSP 1-3	VP	- 26,8
Coût Parking/ Revenu CSP 2-4	VP	- 13,8
Coût TC/ (Revenu \times distance)	TC	- 18,4

Exemple :

L'utilité du 2R (immatriculé) sur une liaison D-T donnée s'écrit, pour un homme :

$$V(2R) = - 0,45 + 1,27 - 0,095 \text{ Temps}(2R) - 2,19 \text{ Coût}(2R)$$

(pour une femme, la valeur 1,27 n'apparaît pas).

Ainsi :

- l'utilité du 2R est plus grande pour l'homme que pour la femme ;
- plus le temps (resp. le coût) du 2R augmente, plus l'utilité de ce mode diminue.

Remarque :

La comparaison des paramètres du modèle fournit des enseignements sur la perception relative des diverses variables par les individus.

Ainsi — cf. (*) ci-dessus —, pour effectuer un déplacement D-T, l'autobus de Paris est ressenti (du point de vue du temps de roulement) comme plus « désutile » que les autres sous-modes TC ($\Theta = - 0,075$ contre $\Theta = - 0,032$).

(3) Pour chacun des trois « autres motifs », il s'agit en fait d'alternatives de mode et de destination.

(4) Appelé également temps de rupture de charge.



de la moitié à Paris), pour lesquelles, outre la surface et la population, on a retenu les nombres d'établissements (hôpitaux, supermarchés, cinémas, ...) et d'employés répartis en dix-huit postes correspondant aux motifs étudiés (source APUR).

Le test d'une politique

Avec IMPACT, on peut tester les politiques se traduisant par une modification des variables explicatives des modèles : variables **socio-économiques** des individus, varia-

bles de **niveau de service** des différents modes de transport, variables caractéristiques des zones d'**attraction**. On pourrait ainsi tester, par exemple, l'impact sur le système de transport d'une modification de la répartition des revenus, mais les tests les plus couramment opérés concernent évidemment directement les modes de transport.

Quand on veut prévoir les changements de comportement des usagers liés à la mise en place d'une politique de transport (par exemple le péage urbain), il suffit de modifier, dans la description des déplacements concernés par la politique envisagée, ainsi que dans celle de leurs alternatives (appartenant à la base de données d'IMPACT), les valeurs de la (ou des) variable(s) permettant de traduire la politique envisagée (par exemple le coût VP).

On applique ensuite à chaque individu de l'échantillon les *modèles désagrégés* de choix du mode pour les déplacements domicile-travail et de choix du mode et de la destination pour les autres motifs. En *sommant* sur l'échantillon les *probabilités* de choix individuelles qui en découlent, on obtient les nouvelles répartitions modales.

Les flux VP induits par ces résultats modifient les possibilités de circulation et de stationnement et conduisent à de nouvelles caractéristiques de niveaux de service pour les autobus et les voitures (vitesses, temps de recherche d'une place de stationnement...). À l'heure de pointe, ces nouvelles valeurs sont prises en compte pour recalculer les répartitions modales. Quand l'équilibre entre offre et demande sur voirie est atteint, le processus s'arrête et fournit les répartitions modales retenues.

Modèle Domicile-Achats (D-A)

Ce tableau permet de lire l'*utilité* d'une alternative (mode, destination) d'une façon similaire à celle du modèle D-T.

	Mode	Paramètre
Constante MAP	MAP	4,47
Constante 2R	2R	0,38
Constante VP	VP	0,77
Âge < 18 ans	MAP	0,74
Sexe masculin	2R	1,46
Actif	VP	1,12
Nombre de VP	VP	1,07
Temps de trajet MAP	MAP	- 0,21
Temps de trajet 2R	2R	- 0,36
Temps de trajet VP < 10 minutes	VP	- 0,28
Temps de trajet VP > 10 minutes	VP	- 0,15
Temps de parking	VP	- 0,59
Temps de roulement	TC	- 0,077
Temps de rabattement		- 0,116
Temps d'attente		- 0,138
Temps de correspondance		- 0,190
Coût VP/ (Revenu × distance)	VP	- 24,3
Coût Parking/Revenu	VP	- 14,8
Coût TC/(Revenu × distance)	TC	- 11,3
Quartier des Affaires	TC	0,57
Constante Paris	tous	- 1,04
Constante Banlieue	tous	- 1,94
Constante Zones voisines du domicile	tous	- 0,75
Variable de taille	tous	$\lambda_i \begin{cases} \mu = 0,59 \\ e^{6,49} = 659 \\ e^{4,34} = 77 \\ 1 \end{cases}$
Nombre de grands magasins et hypermarchés	tous	
Nombre de supermarchés	tous	
Nombre de commerces de détail	tous	

Exemple :

L'*utilité* d'un déplacement effectué en MAP pour se rendre dans une zone « d » proche du domicile s'écrit, si l'individu a moins de 18 ans (les nombres des divers types de commerces étant ceux de d) :

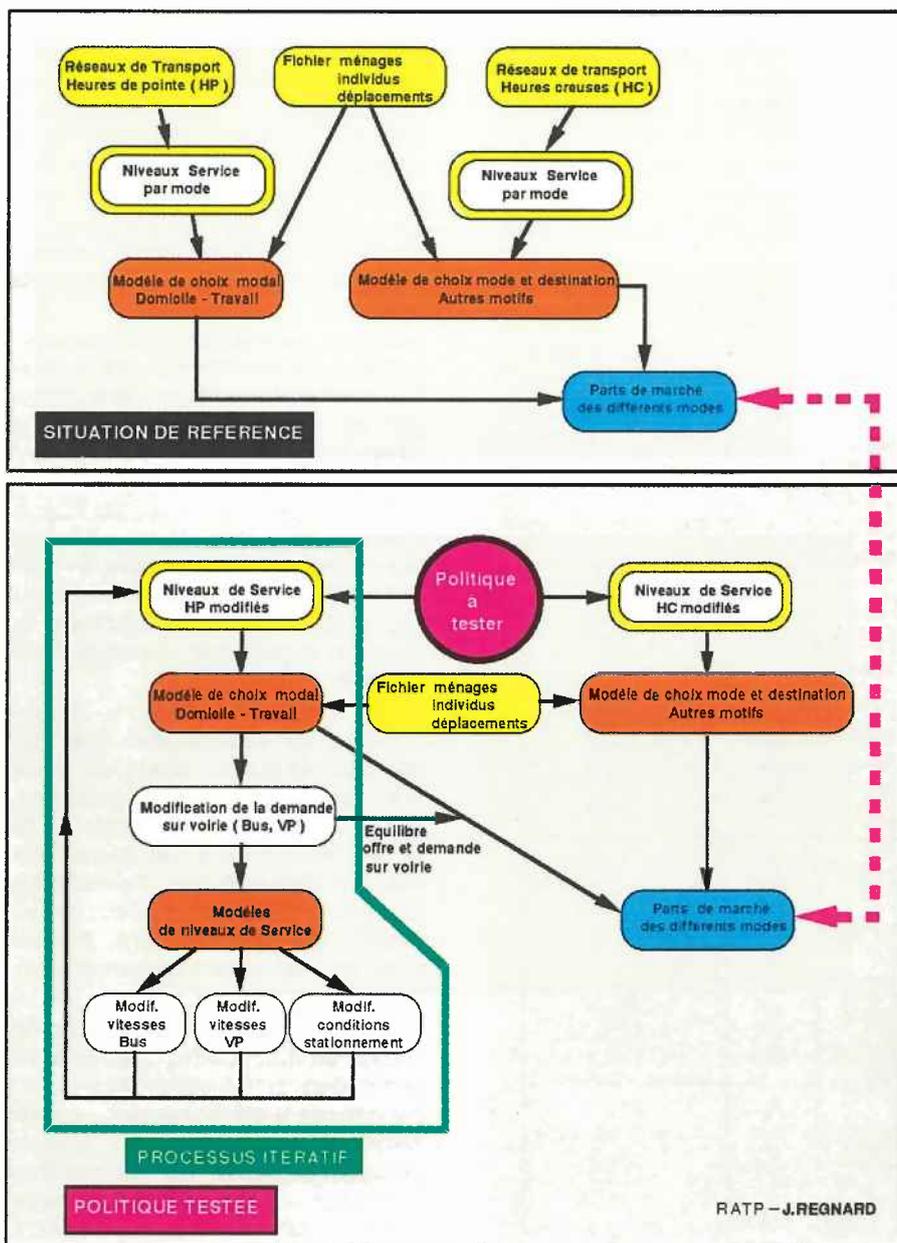
$$V(\text{MAP}, d) = 4,47 + 0,74 - 0,75 - 0,21 \text{ Temps}(\text{MAP}) + 0,59 \text{ Log} (e^{6,49} \text{Nb}(\text{grd mag+hyper}) + e^{4,34} \text{Nb super} + \text{Nb comm})$$

(*) Remarque :

Pour les TC, une minute de temps passée dans le véhicule (temps de roulement) est jugée moins « désutile » qu'une minute passée hors véhicule (temps de rabattement, attente, correspondance) ; de plus, les individus préfèrent marcher plutôt qu'attendre et attendre plutôt que correspondre.

Quelques particularités intéressantes

Certaines particularités d'IMPACT sont à remarquer :
— la modélisation non seulement des déplacements domicile-travail



IMPACT : test de politique.

effectués principalement en heures de pointe mais aussi des déplacements pour achats, loisirs et affaires personnelles, réalisés pour une grande part en heures creuses ;
 — la possibilité pour le motif domicile-travail de changer de mode en cas de congestion de la voirie ;
 — la possibilité pour les « autres motifs » de changer de destination si une meilleure opportunité leur est offerte ;
 — la présence éventuelle dans l'univers de choix de chaque indi-

vidu de diverses alternatives de mode TC (bus pur, bus + rail ou rail pur), permettant d'étudier les effets de certaines politiques n'influant que légèrement sur le choix modal TC/modes individuels mais entraînant des reports entre modes TC.

Les résultats

En dehors des répartitions des déplacements entre modes de

transport (MAP, 2R, VP, TC), IMPACT fournit la charge des différents réseaux TC (SNCF, RER, métro, autobus de Paris et de banlieue). En revanche, il n'y a pas d'affectation des flux sur les lignes des réseaux. On parle ici de « parts de marché ». Par ailleurs, IMPACT permet d'obtenir d'autres résultats : les temps de trajet, les distances parcourues (qui peuvent varier entre la situation de base et la situation testée puisque les personnes se déplaçant pour « autres motifs » peuvent choisir par exemple de changer de destination si une meilleure opportunité modale se présente), les nombres de correspondances effectuées sur le réseau TC, ou les voyageurs × km.

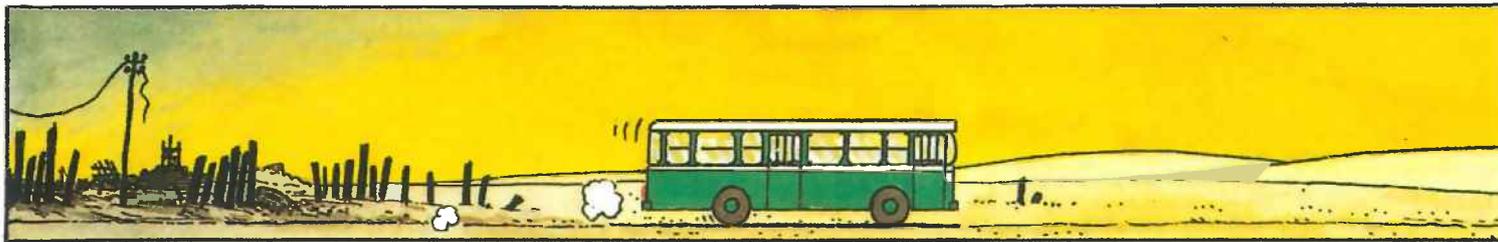
De plus, la méthode d'énumération de l'échantillon (appliquée à la situation de référence et à la politique testée) peut l'être sur des sous-ensembles et fournir les résultats par sous-région, type de liaison, catégorie socio-professionnelle, tranche horaire, ou suivant toute segmentation induite par les variables incluses dans la base de données.

Les améliorations envisagées

IMPACT effectuée pour l'instant les tests de politiques sous l'hypothèse de mobilité constante, alors que la mise en place d'une politique de transport peut avoir de l'influence sur le choix fait, par chaque individu, de se déplacer ou non pour un motif qui n'a pas de caractère obligé. Des modèles de génération des déplacements, de type LOGIT (5), ont été mis au point pour chacun des « autres motifs » traités par IMPACT ; il s'agit maintenant de les implanter dans le programme.

Les résultats de la nouvelle Enquête Globale de Transport, en cours actuellement, seront l'occasion d'une réestimation des différents modèles : choix modal pour domicile-travail, choix de mode et

(5) Modèles « ordered logistic » : cf. bibliographie [1], p. 125-126.



de destination et génération pour domicile-autres motifs.

Enfin, les techniques d'enquête de « préférence déclarée » permettent maintenant d'enrichir les modèles de choix constituant le cœur d'IMPACT, en prenant en compte la perception que les individus ont de variables de type plus qualitatif que celles introduites actuellement (telles que l'irrégularité des autobus), ou même de variables impossibles à mesurer dans la réalité faute de possibilité d'observation (variables caractérisant un mode nouveau par exemple). C'est dans cette voie que les travaux s'orientent aujourd'hui.

À titre d'exemples

En 1990, dans le cadre du Plan Stratégique des Déplacements, le Syndicat des Transports Parisiens (STP) a demandé à la RATP de déterminer, à l'aide du programme IMPACT, l'ordre de grandeur des effets de différentes politiques de transport (rapport RATP/STP 91 : « Choix contrastés de politiques de transport »). Il s'agit entre autres de mesures de péage et de partage de la voirie entre voitures particulières et autobus. Les résultats ont été donnés sur la base des déplacements recensés en 1983.

Péage urbain

Il s'agit d'un péage à acquitter par les automobilistes lorsqu'ils franchissent une certaine limite (péage sur cordon). Il a été supposé que le tarif était identique à toute heure de la journée, que le péage ne faisait pas perdre de temps et que l'utilisation du cordon sans le franchir était gratuite. Aucune prise en charge par l'employeur n'était prise en compte.

Trois cordons ont été considérés :

- un cordon entourant le « Quartier Des Affaires » de Paris (pratiquement les dix premiers arrondissements) : QDA ;
- le Boulevard Périphérique : BP ;
- l'A 86.

Cinq séries de mesures ont été testées, chacune avec divers niveaux de tarification :

- QDA** : tarifs de 5 à 50 francs (avec un pas de 5 francs) ;
- BP** : tarifs de 5 à 50 francs (avec un pas de 5 francs) ;
- A 86** : tarifs de 5 à 50 francs (avec un pas de 5 francs) ;
- A 86 + B** : tarifs identiques aux deux péages : de 5 à 50 francs pour BP et pour A 86 ;
- A 86 + BP** : tarifs différents aux deux péages : de 3,75 à 37,50 francs pour A 86 et deux fois plus élevé pour BP.

Les tarifs extrêmes, très élevés, seraient susceptibles d'entraîner des changements de comportement (changement de domicile par exemple) ou des surcharges de lignes de transport en commun qu'IMPACT ne prend pas en compte. Il s'agit donc d'hypothèses d'école.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

On peut remarquer au préalable que l'effet du péage urbain est apparent dès les premiers francs, et progresse ensuite plus lentement avec l'augmentation du coût, ce qui paraît indiquer une bonne sensibilité des usagers en situation de choix, mais aussi qu'une part des

automobilistes est en fait captive de ce mode.

Usage de la VP

Les résultats font apparaître un effet différent par type de liaison suivant la formule de péage envisagée :

• Liaisons Paris-Paris

Le péage QDA est le seul à provoquer une diminution de l'usage de l'automobile sur les liaisons Paris-Paris. Ainsi, pour un péage à 15 francs, le pourcentage de déplacements effectués en VP est de 27,6 % pour 32,5 % sans péage (soit 5 points de moins). En outre, on constate que les autres formules testées, diminuant le nombre de déplacements en provenance de la banlieue, induisent une légère augmentation (2 points) des utilisations de la VP pour les liaisons intra-muros du fait de la fluidité retrouvée à Paris.

• Liaisons Paris-banlieue

Toutes les formules testées ont un effet dissuasif de l'usage de la VP sur les liaisons Paris-banlieue mais c'est bien évidemment les formes de péage incluant le Boulevard Périphérique qui présentent les impacts les plus importants (de l'ordre de 16 points pour le tarif de 7,50 francs sur A 86 et 15 francs sur BP).

• Liaisons banlieue-banlieue

Seules les mesures où A 86 intervient ont un effet dissuasif de l'usage de la VP sur les liaisons banlieue-banlieue (6 points) : cf. schéma 1. À noter une très légère augmentation pour les péages QDA et BP sur ce type de liaison, en raison à la fois de la diminution de la congestion de la voirie de banlieue et d'un changement de destination possible des déplacements pour « autres motifs ».

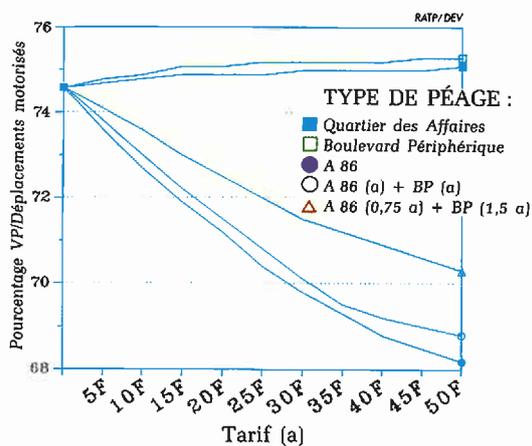
Décongestion de la voirie

Les différents tests ont été analysés en fonction de la décongestion procurée à la voirie de Paris et de banlieue.

On a ainsi noté un effet certain sur la congestion de la voirie parisienne en heure de pointe, puisqu'à l'exception du péage situé au niveau de l'A 86, la diminution relative du nombre d'utilisations de

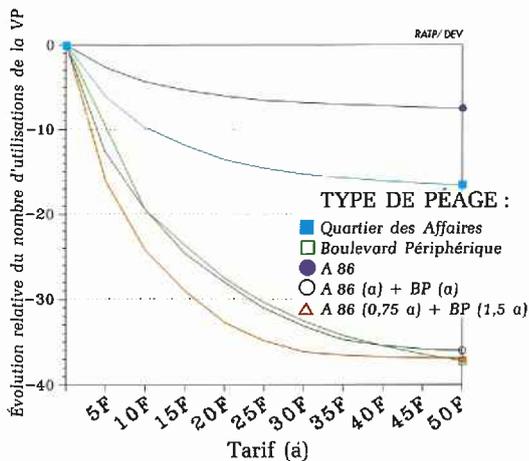


Illustrations BD extraites de l'album « Félix et le Bus », reproduites avec l'aimable autorisation de l'Union des Transports Publics.

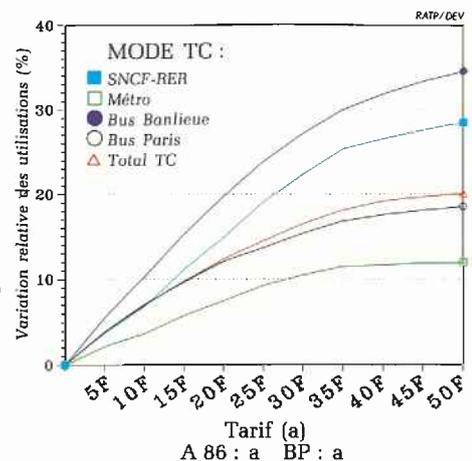


1. TESTS DE PÉAGES URBAINS : INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DE LA VP

Liaisons Banlieue-Banlieue / Ensemble de la journée.



2. TESTS DE PÉAGES URBAINS : DÉCONGESTION DE LA VOIRIE DE PARIS. Heures de pointe du soir : 17 h - 19 h.



3. TESTS DE PÉAGES URBAINS : Boulevard Périphérique + A 86. INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DES TC. Ensemble de la journée.

la VP à Paris atteint, dans tous les cas, 10 % au moins, à partir d'une tarification de 10 francs (cf. schéma 2). Pour l'heure de pointe également, l'effet moyen sur la voirie de banlieue est moindre à l'exception des formules de double-péage (qui cependant n'atteignent les 15 % que pour la tarification maximum).

Utilisations des modes TC

Ce sont les péages incluant A 86 qui apportent le plus de voyageurs aux TC dans leur ensemble (jusqu'à 20 % de variation relative des utilisations TC pour le tarif maximum) et plus particulièrement aux bus de banlieue (jusqu'à 34 %) et au rail grand gabarit (jusqu'à 28 %) : cf. schéma 3.

Partage de la voirie

Toute mesure tendant à réserver une part de la voirie aux autobus se traduit par une amélioration de la circulation des autobus mais aussi, en l'absence de réaménagement du stationnement, par une baisse de la vitesse moyenne des VP. Douze tests ont ainsi été effectués à la demande du STP :

— mesures **BBx** : vitesse des Bus de Banlieue accrue de x % (x = 10 à 40), sans baisse de la vitesse de la VP ;

— mesures **BBxVPBy** : vitesse des Bus de Banlieue accrue de x % et

baisse de y % de la vitesse des VP en Banlieue (y = 10 à 30) ;
— mesures **BPBxVPPBy** : vitesse des Bus de Paris et des Bus de Banlieue accrue de x % et vitesse des VP à Paris et en Banlieue diminuée de y %.



Les hypothèses de variation des vitesses des bus se sont traduites par la modification des temps de trajet en bus mais aussi, comme l'étude a été réalisée à nombre d'autobus constant, par la diminution des intervalles et donc des temps d'attente des voyageurs.

On a supposé que les variations relatives de vitesse testées étaient valables quelle que soit la période horaire, et qu'elles étaient obtenues après équilibre entre offre et demande sur voirie.

L'hypothèse maximum d'amélioration de 40 % de la vitesse des autobus conduirait aux heures de

pointe à environ 15 km/h pour Paris et 21 km/h pour la banlieue. Ce sont évidemment des chiffres correspondant à un maximum idéal, mais qui ne sont pas théoriquement hors de portée. Cependant, les accroissements maximaux de trafic obtenus avec de telles vitesses (cf. ci-après) sont parfois très élevés et ne pourraient être réalisés avec les réseaux de bus actuels, phénomène non pris en compte par IMPACT qui fonctionne sans contrainte de capacité pour les réseaux TC.

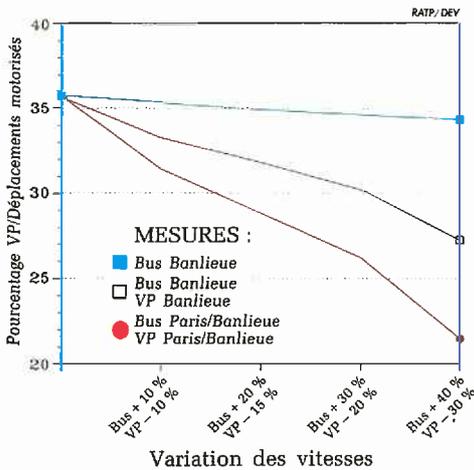
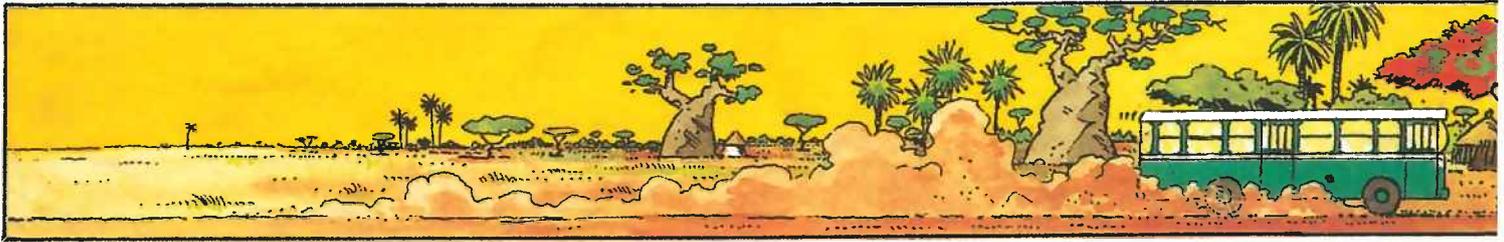
PRINCIPAUX RÉSULTATS

Usage de la VP

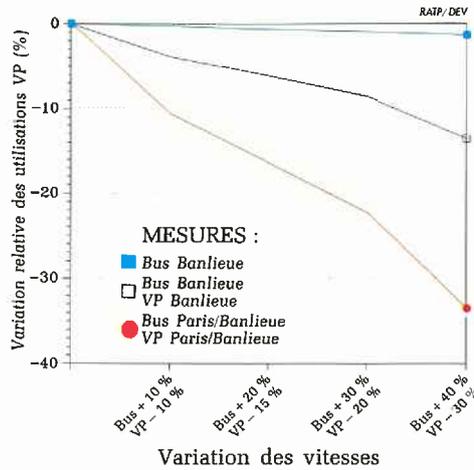
On observe globalement un effet quasiment nul des mesures **BBx** (bus banlieue seulement) sur le choix de la VP pour tous types de liaison (le rapport déplacements VP/déplacements motorisés ne varie au mieux que de 2 points).

Sur les liaisons Paris-Paris, seules sont actives les mesures touchant directement la voirie parisienne (**BPBxVPPBy**) : 7 points en moins.

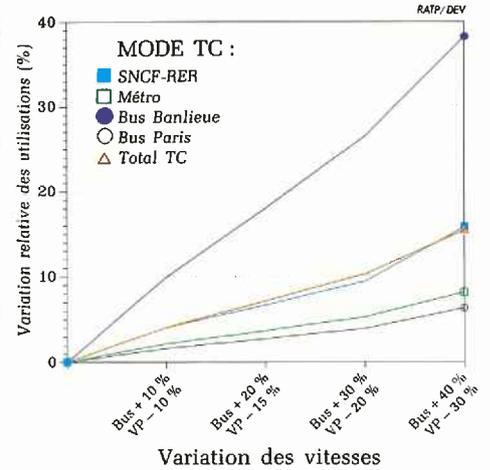
Sur les liaisons Paris-banlieue, les mesures concernant la voirie parisienne et la voirie de banlieue (mesures **BPBxVPPBy**) ont évidemment un impact plus important que les mesures ne touchant que la voirie de banlieue (mesures **BBxVPBy**) : 14 points contre 8 (cf. schéma 4).



4. TESTS DE MODIFICATION DES VITESSES BUS ET VP : INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DE LA VP Liaisons Paris-Banlieue / Ensemble de la journée.



5. TESTS SUR VITESSES BUS ET VP : DÉCONGESTION DE LA VOIRIE DE PARIS Heures de pointe du soir : 17 h - 19 h.



6. TESTS SUR VITESSES BUS ET VP en Banlieue : INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DES TC Ensemble de la journée.

Sur les liaisons banlieue-banlieue, les deux types de mesure jouant sur le bus banlieue et la VP en banlieue (BBxVPBy et BPBxVPPBy) ont le même effet (7 points), que la mesure soit étendue à Paris ou non.

Décongestion de la voirie

Les mesures ne concernant que les bus banlieue ne diminuent quasiment pas la congestion de la voirie de Paris ou de banlieue (moins de 2 % d'évolution relative du nombre d'utilisations de la VP).

Les mesures influant sur le bus et la VP, uniquement en banlieue, ont un impact à peu près identique sur les voiries de Paris et de banlieue en variation relative du nombre de voitures en circulation (environ 13 % de mieux pour la variation maximum).

Les mesures touchant bus et VP à la fois à Paris et en banlieue ont, quant à elles, un im-

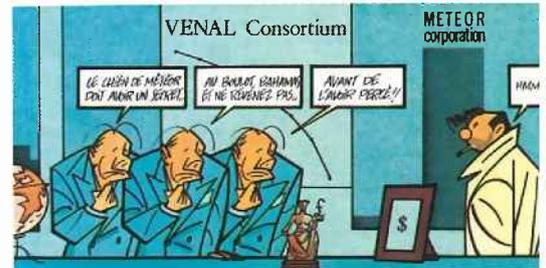
pact deux fois plus fort sur la congestion de Paris que sur celle de banlieue (33 % contre 14 % pour la variation maximum) : cf. schéma 5.

Ces effets sont identiques à la pointe ou sur l'ensemble de la journée.

Utilisations des modes TC

Les utilisations des bus banlieue se trouvent augmentées quelles que soient les mesures choisies (cf. schéma 6), mais à des degrés divers (au maximum 23 % de variation relative pour les mesures restreintes aux bus banlieue, mais ce maximum est de 38 % si l'on suppose en outre une baisse de la vitesse des VP en banlieue et atteint même 43 % si l'on étend l'ensemble des mesures à Paris).

Les utilisations des bus de Paris se trouvent très notablement augmentées dans le cas du test le plus fort sur Paris et la banlieue



(plus de 60 %). Les influences sur le métro sont faibles mais, en revanche, sur le rail grand gabarit (RER, SNCF), les mesures de banlieue incluant la VP génèrent jusqu'à 15 % d'accroissement, allant même jusqu'à 22 % si elles sont étendues à Paris.

En conclusion

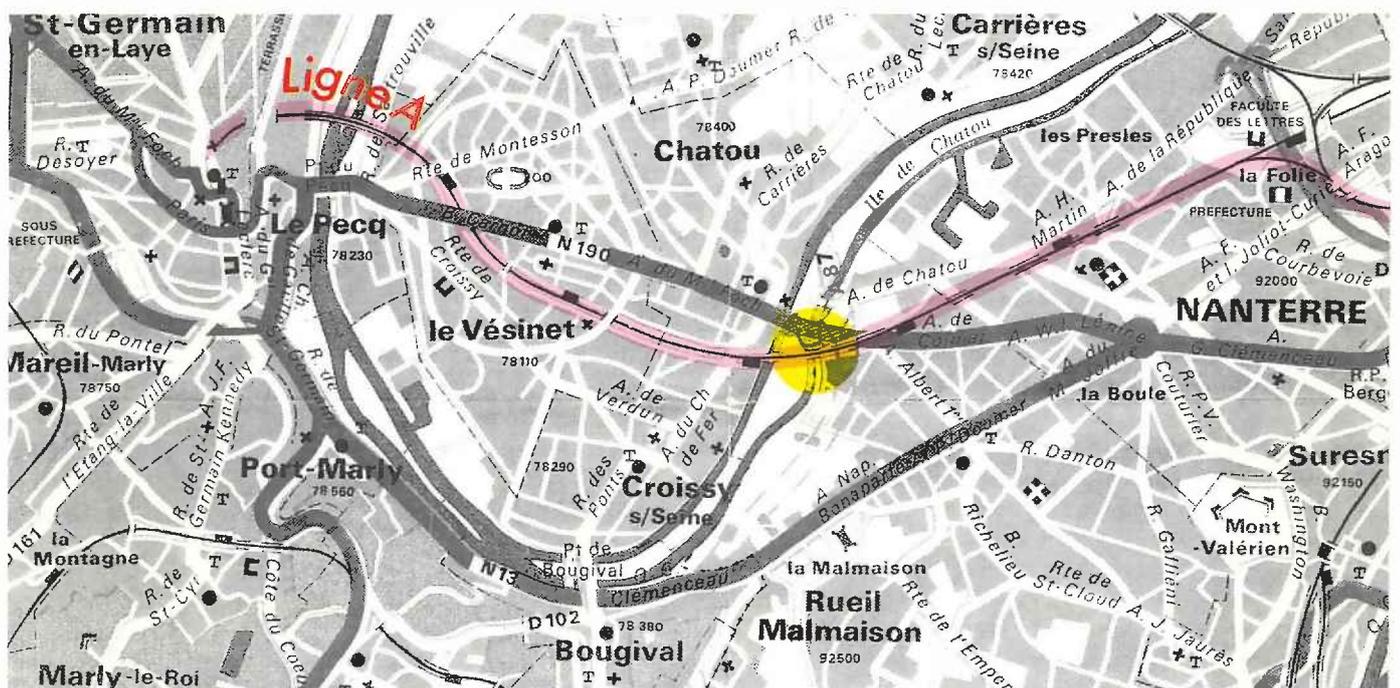
Avec les modèles désagrégés et son programme IMPACT, le Département du Développement de la RATP, seul en région Ile-de-France à assurer l'exploitation de ce type de modèles, dispose d'un outil performant d'aide à la décision en matière de politiques de transport. La mise à jour des modèles avec l'Enquête Globale de Transport 91/92 permettra de prendre en compte prochainement toutes les évolutions de comportement des dernières années, et donc d'améliorer la qualité des résultats. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Discrete choice analysis : theory and application to travel demand » - M. Ben-Akiva / S.R. Lerman - The MIT Press, 1985.
- [2] « Études de politiques de transport en Région Ile-de-France : mise au point de modèles désagrégés de choix modal » - Cambridge-Systematics / RATP, 1982.
- [3] « Estimation et application de modèles désagrégés de choix de mode et de destination pour les déplacements « autres motifs » basés sur le domicile » - Cambridge-Systematics / RATP, 1985.
- [4] « Le programme IMPACT » - RATP, 1985.

LA RÉHABILITATION DU PONT DE RUEIL

par Bernard Hourseau et Jean-Pierre Ollivier
Département des Infrastructures et Aménagements.



Introduction

Situation de l'ouvrage

Le Pont de Rueil permet à la ligne A du RER le franchissement du bras rive gauche de la Seine entre Rueil-Malmaison et l'île des Impressionnistes (ou île du Chiard) au point kilométrique 6,158 (intergare « Chatou-Croissy - Rueil-Malmaison »).

Un peu d'histoire

Sur ce tronçon, l'actuelle ligne A emprunte le tracé d'origine de la ligne de chemin de fer de Paris-Saint-Lazare à Saint-Germain-en-Laye.

La ligne fut inaugurée le 24 août 1837 par la reine Marie-Amélie, épouse de Louis-Philippe.

Première ligne de chemin de fer ouverte au trafic voyageurs en France, elle connaît aussitôt un grand succès et elle atteint rapidement le million de passagers annuels. Aujourd'hui, ce chiffre est atteint en une seule journée.

À l'origine, le pont était en bois et, en 1848 au cours d'émeutes, une des arches est détruite par un incendie. Reconstitué hâtivement pour rétablir les circulations ferroviaires, le pont nécessite d'importantes consolidations en 1859.

En 1870, ce sont les Prussiens qui le font sauter et ce n'est qu'en 1876 qu'est entreprise la construction de l'ouvrage métallique définitif, ou presque : juin 1940,

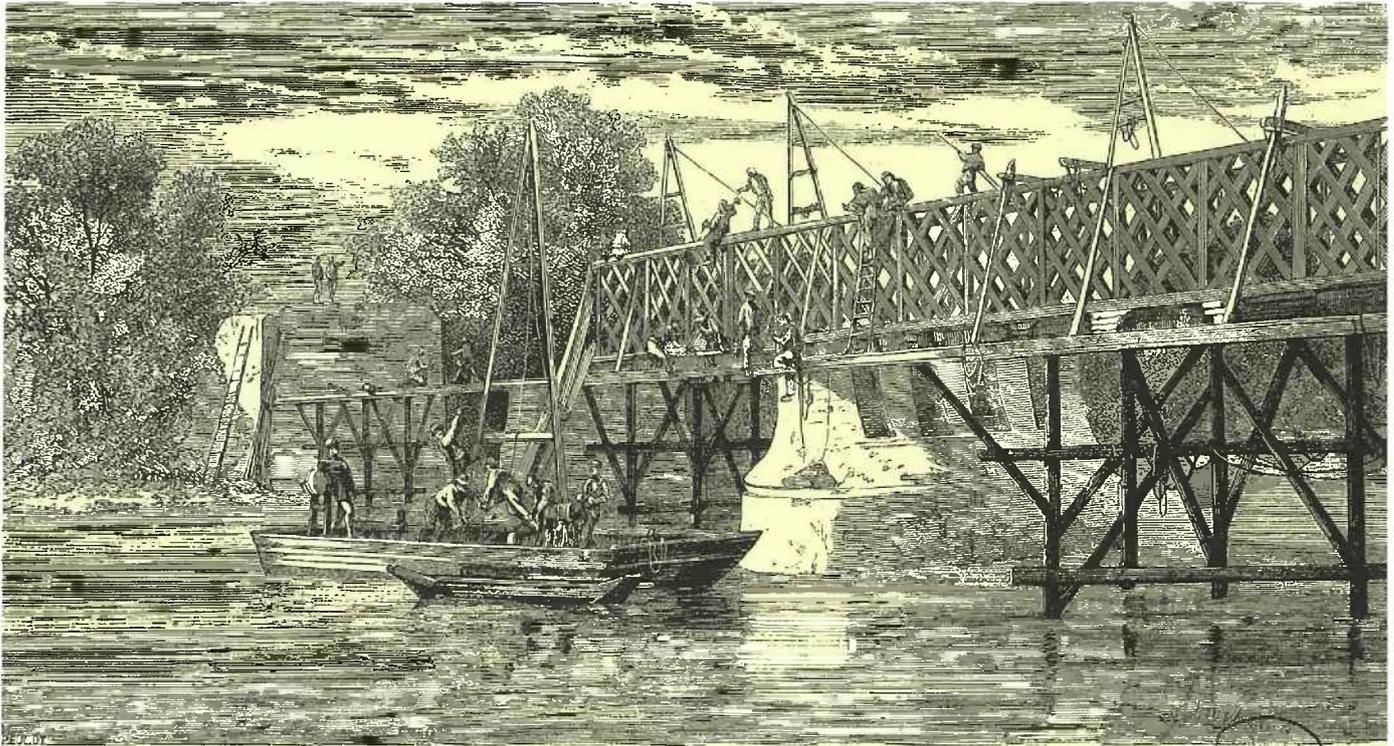
l'arche centrale périt sous les bombardements. Elle sera reconstruite l'année suivante.

Présentation générale de la structure

Le pont est constitué de trois arches de 27 mètres d'ouverture dont les tabliers reposent sur quatre arcs sous voie (un sous chaque file de rails), lesquels prennent eux-mêmes appui sur deux piles en Seine et deux culées sur rive. Ces tabliers ont une largeur totale de 7,60 mètres et portent deux voies sur ballast.

Avant les travaux de réhabilitation, les voies étaient soutenues par l'intermédiaire de voûtains en maçonnerie de briques et sur

Pont de Rueil



Document Bibliothèque Nationale

Reconstruction du pont en 1871 avec charpente bois provisoire.

l'arche centrale, reconstruite en 1941, chaque voie était déjà portée par un tablier indépendant en béton armé.

Inspection détaillée de l'ouvrage et origine des désordres constatés

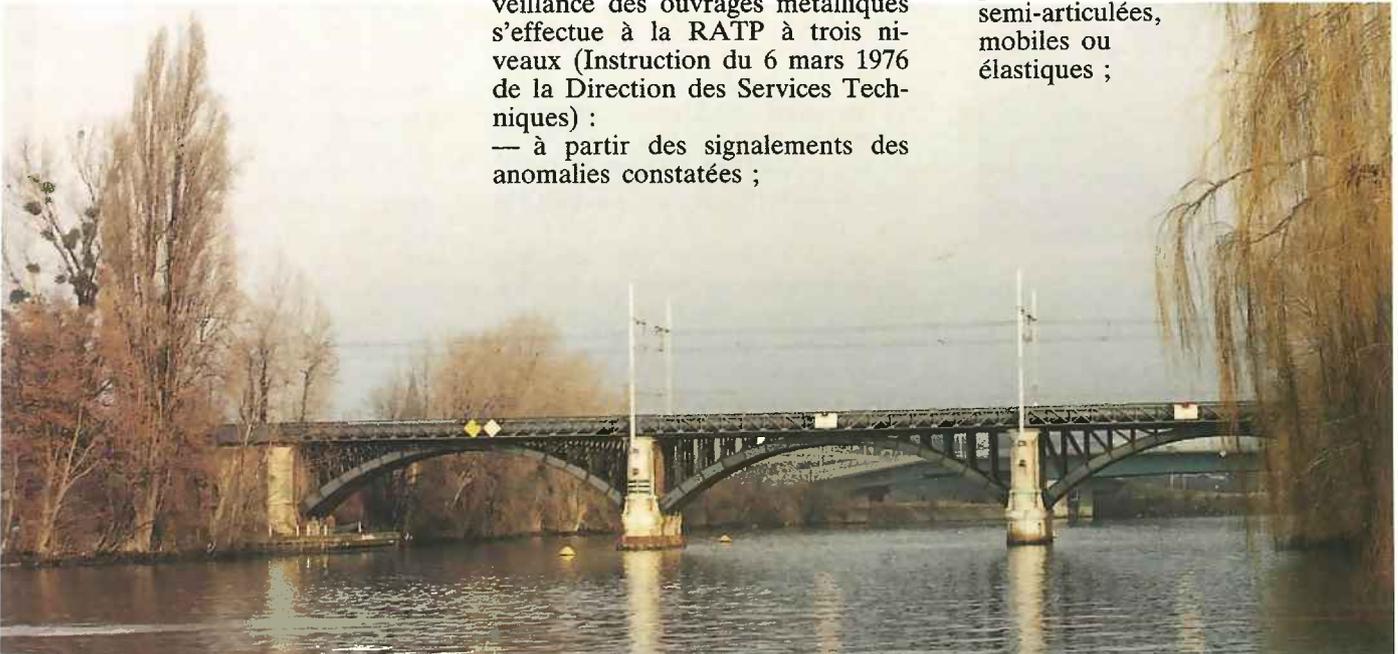
D'une manière générale, la surveillance des ouvrages métalliques s'effectue à la RATP à trois niveaux (Instruction du 6 mars 1976 de la Direction des Services Techniques) :

- à partir des signalements des anomalies constatées ;

- par des visites annuelles effectuées par un personnel spécialisé ;
- par des inspections détaillées tous les cinq ans où doivent être vérifiés en outre :

- l'état et le jeu de toutes les parties articulées, semi-articulées, mobiles ou élastiques ;

Les études



RATP - Jean-Marie Carner

Pont vu côté aval avant travaux de réhabilitation.

- la position des appareils de dilatation par rapport aux maçonneries ;

- le nivellement des appuis ;

- les flèches permanentes, tout au moins pour les ouvrages dont l'ouverture dépasse quinze mètres.

Ainsi, l'inspection détaillée du point de Rueil effectuée en 1985 a révélé que les arches de rive présentaient des défauts importants, à savoir :

- la rupture de cornières et montants par fatigue au droit des assemblages ;

- une corrosion importante des pièces situées au contact de la maçonnerie des tabliers ;

- une déformation longitudinale des poutres latérales formant garde-ballast ;

- un mauvais fonctionnement mécanique de l'arche côté Chatou (battement d'un des arcs).

Ces désordres avaient pour principales causes :

- la mauvaise technologie des assemblages (cornières dévoyées, absence de fourrures, lignes de rivage trop espacées...) ;



Détail d'assemblage (arche de rive).

- la présence de nombreux encastremements (montants sur arc et longeron, appui des arcs...) conduisant à un mauvais comportement vis-à-vis des déplacements discordants amenés par les surcharges, les tassements différentiels d'appuis et, surtout, les effets thermiques ;

- les défauts d'étanchéité des tabliers, générateurs de corrosion ;

- l'accroissement du trafic.

L'arche centrale, quant à elle, ne présentait aucune faiblesse et

ne nécessitait que quelques travaux d'entretien au niveau des tabliers en béton armé.

En fonction de ces diverses constatations, il s'avérait nécessaire de procéder au moins au remplacement complet des deux travées de rive et à la réfection de l'étanchéité de l'arche centrale.

Compte tenu de l'environnement de l'ouvrage et de la conservation de l'arche centrale, une reconstruction ayant même aspect extérieur fut immédiatement envisagée mais avec tous les tabliers en béton armé, indépendants pour chaque voie, en vue de faciliter les opérations de maintenance ultérieures.

Relevé détaillé de l'ouvrage et du site

Afin de pouvoir commencer les études de réhabilitation, il a été procédé à un relevé complet de l'ouvrage et du site. Celui-ci a principalement été composé :

- d'un levé précis des pièces constitutives de la structure et de l'établissement des plans correspondants (car il manquait les plans d'origine) ;

- de l'établissement de la liste exhaustive des désordres, accompagnée de photographies ;

- d'un levé bathymétrique du fleuve au droit et de part et d'autre du pont selon un maillage de 2,50 m × 2,50 m ;

- des levés topographiques des abords (plate-forme de voies et talus, voirie) ;

- de la réalisation de sondages géotechniques en Seine et sur les rives qui ont permis de reconnaître les terrains en place et d'en déterminer les caractéristiques mécaniques (carottages avec enregistrement des paramètres et prélèvements d'échantillons, essais pressiométriques, « Standard Penetration Test ») ;

- de l'expertise du métal des arches avec prélèvement d'échantillons pour essais en laboratoire (analyses chimiques, traction, résilience, dureté Brinell).

C'est ainsi que l'on a pu consta-

ter que les arches de rive présentaient une forte teneur en phosphore, élément fragilisant (0,35 % au lieu des 0,07 % selon la norme NF A 35-501), ainsi qu'une teneur en carbone très faible (0,02 %) situant ce métal à la limite du fer. L'allongement à la rupture était aussi très faible (14,2 %), contrairement à l'arche centrale où les caractéristiques correspondaient globalement à un acier de construction type E 24. De multiples essais de billage réalisés *in situ* ont permis de contrôler l'homogénéité des structures.

Modes de réparation étudiés

Il n'était pas envisageable de réaliser les travaux en interrompant le trafic ferroviaire et, par ailleurs, la nature des travaux ne se prêtait pas à une organisation de chantiers de nuit même avec un allongement du temps de travail par une fin de service anticipée de l'exploitation.

En conséquence, seuls ont été étudiés des modes de réparation ou de reconstruction totale (pour les comparer financièrement) assurant en permanence la circulation des trains sur une ou deux voies (avec ralentissement). Toutefois, pour certaines opérations, une interruption totale du trafic n'excédant pas un week-end pouvait être nécessaire.

Au nombre de six, les différentes solutions ont été regroupées en trois groupes offrant dans chaque cas la possibilité d'une exploitation en cours de travaux à une ou deux voies :

- **trafic maintenu sur l'ouvrage actuel** : exploitation alternative à une voie après pose d'un appareil de communication sur l'île (*mode 1*) ou à deux voies après mise en place de six tabliers auxiliaires (*mode 2*) ;

- **construction, en amont, d'un pont provisoire d'une voie à l'aide de tabliers auxiliaires** : exploitation alternative à une voie sur le pont provisoire après pose d'un appareil sur l'île, le pont

étant alors libre de toute circulation (*mode 3*), ou exploitation à deux voies, l'une d'elles étant maintenue sur le pont en travaux comme pour le mode 1 (*mode 3 bis*);

— **construction, en aval, d'un demi-tablier définitif** : exploitation alternative à une voie sur le demi-pont neuf après pose d'un appareil sur l'île et en sortie de la gare de Rueil puis démolition de l'ouvrage existant et construction du deuxième demi-tablier neuf (*mode 4*), ou exploitation à deux voies, l'une d'elles étant maintenue sur le pont en travaux comme pour le mode 1 (*mode 4 bis*).

La construction d'un ouvrage neuf entièrement indépendant a aussi été étudiée. Celle-ci conduisait à un tracé de voies définitif inacceptable et a donc été abandonnée. Il en a été de même pour le mode 2 qui, en imposant un relevage du plan de voies de 1,40 mètre, conduisait à des remaniements considérables pour les équipements fixes.

Après estimation, en coût et délais, et évaluation des incidences sur le trafic, le choix définitif a été décidé conjointement avec les Services de l'Exploitation et s'est porté sur le *mode 3 bis* qui présentait le meilleur compromis.

Les travaux

Le pont provisoire : description et réalisation

Implanté en amont du pont existant avec un axe situé à 6,80 mètres de la voie 1, le tablier était constitué de cinq travées réalisées à l'aide de tabliers auxiliaires loués à la SNCF : trois de 28 mètres (1,40 m de haut et 64 t) et deux de 12,50 mètres (0,50 m de haut et 16 t). Il comportait deux piles en Seine, protégées par des ducs-d'Albe, et deux piles sur rive réalisées chacune à l'aide de quatre tubes métalliques battus de 711 millimètres de diamètre et de 12,7 millimètres d'épaisseur (tubes de rebut de l'industrie pétrolière dont les exigences sont draconiennes).

Afin de vérifier la faisabilité du battage de tels tubes à proximité immédiate des piles actuelles, il a été procédé à une étude de vibrations au cours d'un essai de battage. Des capteurs ont ainsi été placés en tête et pied des piles ainsi que sur la conduite d'eau et

Les tubes des piles ont été battus jusqu'à atteindre le niveau de la craie compacte, ce qui a conduit à une longueur moyenne de 30 mètres. Les ducs-d'Albe ont été dimensionnés pour résister à un effort statique de 2 500 kN appliqué au niveau des plus hautes



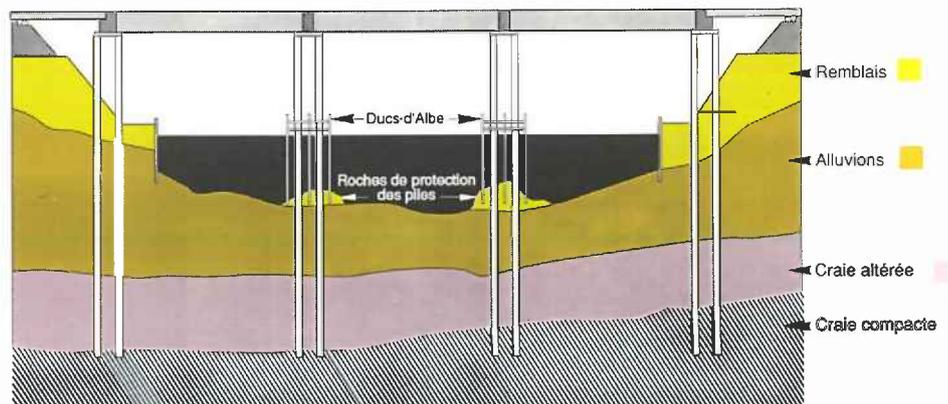
Essai de battage à proximité d'une pile.

la passerelle chemin de câbles qui encadrent le pont existant. Deux types de moutons de battage Diesel ont été utilisés : D12 et D30.

La faisabilité a été validée sous réserve d'effectuer des mesures de contrôle lors du battage des autres pieux les plus proches et de compléter cette surveillance par des nivellements de précision.

eaux navigables (en déformation élastique) ; la fiche était de 18 mètres pour les pieux les plus exposés et de 15 mètres pour les autres. Il a été ainsi mis en œuvre 493 mètres de tubes pour les 16 pieux des piles et 196 mètres pour les ducs-d'Albe, soit un poids total de 176 tonnes.

Les tabliers auxiliaires, livrés



Implantation du pont provisoire : coupe géologique.



RATP - René Roy

Mise en place des tabliers auxiliaires.

par train au Port de Gennevilliers, ont été acheminés ensuite sur ponton. Ils ont été mis en place le dimanche, avec arrêt de la circulation des trains, à l'aide d'une bique flottante à vapeur de 200 tonnes pour ceux de 28 mètres et d'une grue routière de 120 tonnes pour ceux de 12,50 mètres.

Les travaux ont duré cinq mois, de septembre 1988 à février 1989.

En ce qui concerne les talus, c'est le procédé « Texsol » (brevet du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) qui a été choisi pour réaliser les murs de soutènement ainsi que les culées recevant les tabliers auxiliaires. Il s'agit d'un mélange intime, réalisé *in situ*, de fil continu synthétique et de sable. Ce procédé a permis, dans le cas présent, d'obtenir d'emblée des talus dont le parement extérieur était incliné de 65° sur la verticale et ayant entre autres qualités une grande capacité de déformation et donc d'adaptabilité à des sols instables et une excellente perméabilité propice à un très bon drainage de la plate-forme de voies.

Les conditions de mise en œuvre et de compactage ont été définies de façon à obtenir une densité sèche au moins égale à 95 % de la densité optimale mesurée en laboratoire (essai Proctor). Les plates-formes ferroviaires ainsi constituées ont été livrées à la cote - 0,50 mètre par rapport au niveau supérieur du rail adjacent, afin que le Service de la Voie puisse

procéder à une pose ballastée traditionnelle. Les points singuliers tels que les massifs des supports de caténaire ou d'équipements électriques ont fait l'objet de réservations.

La mise en place, dans le corps des remblais, de tasso-inclinomètres à bagues magnétiques et de repères de nivellement en surface a permis de suivre en permanence



Photos RATP - René Roy

Mise en œuvre du procédé TEXSOL.

les mouvements horizontaux et verticaux des plates-formes. Ceux-ci, après une période de stabilisation, n'ont pas dépassé respectivement 19 millimètres et 35 millimè-

tres dans les zones d'épaisseur maximale, soit 8 mètres environ.

Il a été réalisé au total 1 900 mètres cubes de soutènement et de culées avec le procédé Texsol et 1 800 mètres cubes de remblais.

Ces terrassements ont été réalisés simultanément avec les travaux d'établissement du pont provisoire, de septembre 1988 à février 1989.

Caractéristiques de l'ouvrage réhabilité

Tant du point de vue architectural que pour ce qui est de la structure, les travées de rive se rapprochent de la travée centrale qui a été conservée.

Chaque voie est désormais portée sur toute la longueur du pont par un tablier indépendant. Un joint longitudinal est implanté dans l'entr'axe des voies.

La plate-forme de chaque tablier est constituée d'une dalle en béton armé de 30 centimètres d'épaisseur moyenne, appuyée et



bloquée transversalement en tête des appuis. Ce blocage transversal assure le contreventement horizontal de toute la partie supérieure du tablier.

Les charges sont ramenées sur les arcs à profil constant en profilés reconstitués soudés, au moyen de poteaux métalliques articulés en pied qui reçoivent en tête les charges du tablier par l'intermédiaire de plaques néoprène ; ces poteaux sont contreventés dans leur plan vertical et leur conception générale est assez similaire à celle de la travée centrale d'origine, hormis la parfaite articulation.

Les arcs sont d'une hauteur constante, avec une section transversale identique à celle de la clef de l'arche centrale (hauteur 0,75 m).

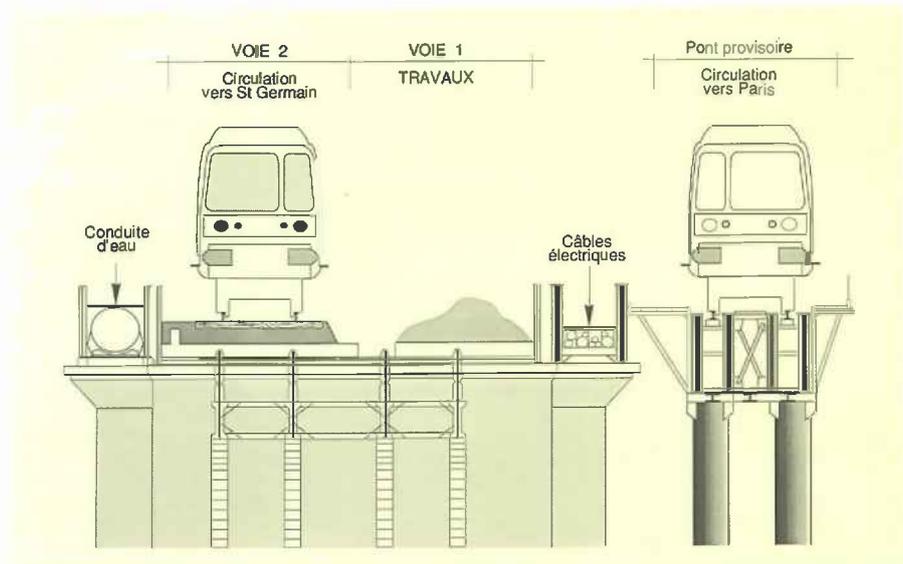
L'implantation des appareils d'appui des arcs sur piles et culées n'a pas été modifiée, les arcs conservant donc deux à deux l'entr'axe de 1,50 mètre.

Ces nouveaux arcs sont raidis et entretoisés deux à deux à chaque articulation arc-poteau. Ils sont de plus contreventés horizontalement toujours deux à deux pour assurer leur stabilité.

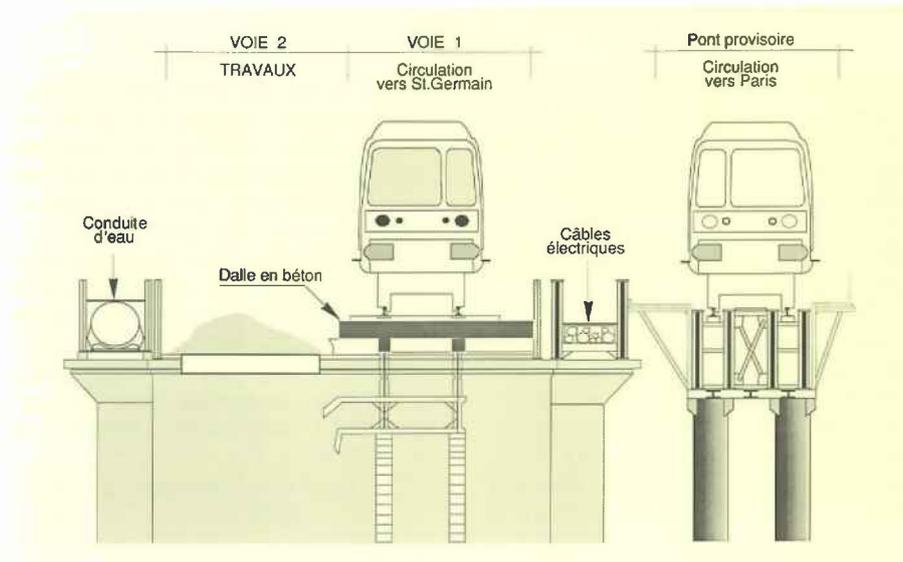
Les parties métalliques neuves (acier E 355R) ont fait l'objet d'une métallisation par projection de zinc d'une épaisseur moyenne de 120 microns et sont protégées par une peinture primaire réactive (appliquée la même journée que le revêtement métallique). Après sablage des parties métalliques de l'arche centrale conservée, l'ensemble de l'ouvrage a été protégé par un système de peinture bicouche dénommé « peinture époxydique modifiée par des résines de pétrole ».

Phasage des travaux

Le mode opératoire choisi conduisait, à un moment donné, à la démolition par moitié des tabliers, les trains continuant à circuler sur l'autre. Or, pour les arches de rive, le demi-tablier restant, qui ne portait plus que sur



Phase I



Phase II

deux arcs espacés de 1,50 mètre, n'était plus stable au vent. C'est pourquoi la reprise des efforts horizontaux a été assurée par une dalle de contreventement en béton armé, coulée en lieu et place du ballast, et bloquée transversalement en tête des appuis.

La nécessité de mettre en œuvre cette dalle provisoire a déterminé les différentes phases d'intervention ci-après, correspondant à un schéma de circulation des trains.

En ce qui concerne les talus, une importante augmentation de la largeur des plates-formes de voies était à réaliser afin de raccorder la voie provisoire.

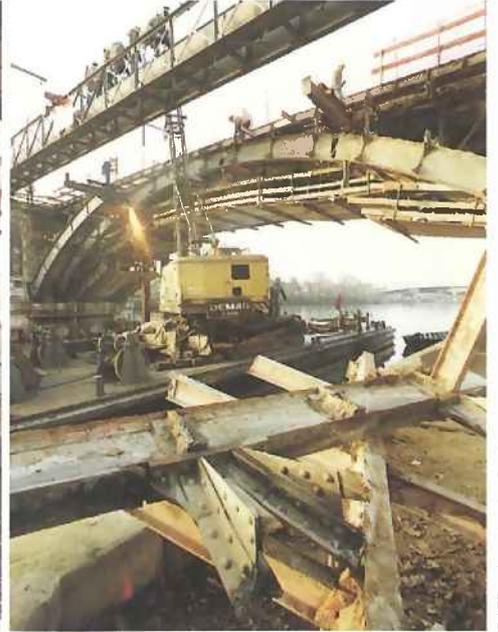
En ce qui concerne les travaux de voie tels que mise en place du ballast, dépose de la voie ferrée,

et les travaux électriques tels que mise en place de caténaires et signaux, ils ont été conduits conjointement par les services spécialisés de la RATP.

Renforcement du tablier voie 1 (phase 1)

Après dépose du rail et des traverses, il a été procédé au déballage des tabliers I et III et au dégarnissage des têtes longerons ainsi que des abouts des tabliers I et III pour couler la dalle de contreventement. La dalle en béton armée de 0,36 mètre d'épaisseur a été coulée en deux temps pour permettre le blocage des traverses.

Remplacement des arches I et III sous voie 2 (phase 2)



Dépose des arcs anciens.

Après rétablissement de la circulation des trains sur la voie 1 et le pont provisoire, la voie 2 a été déposée, puis le déballastage a été effectué sur l'ensemble de l'ouvrage. Les tabliers I et III ont été démolis et l'étanchéité de l'arche centrale a été enlevée.

Des forages ont été réalisés pour ausculter l'état de la maçonnerie des piles et des culées et il a été nécessaire d'injecter un coulis de ciment pour reconstituer parfaitement la maçonnerie. Les têtes des piles et culées ont été reprises sous l'appui des anciens longerons

pour créer un sommier continu recevant les nouveaux tabliers en béton armé (appui en néoprène et anticheminement). Les anciens arcs métalliques ont été déposés après la mise en place de chevêtres destinés à leur maintien pendant les phases de découpage. Les travaux de dépose des arcs ont été réalisés au moyen d'une grue sur ponton avec arrêts du trafic voyageurs les dimanches pour les déposes des arcs les plus proches de la voie 1.

La pose des nouveaux arcs a été réalisée également le dimanche

avec arrêt du trafic. Les ensembles de deux demi-arcs ont été acheminés par barge de l'atelier du constructeur au chantier, puis repris depuis le pont à l'aide d'une plate-forme autonome « bigrue », pour être pendulés sous les chevêtres et assemblés avec une clé provisoire.

La clé définitive a été soudée sur place après un premier réglage des arcs et des montants. Un second contrôle et un réglage ont ensuite été effectués pour compenser les tensions dues au soudage.

Les tabliers en béton armé



Mise en place des nouveaux arcs à l'aide de la « bigrue ».



Photos RATP ITA/Audiovisuel

Réalisation des tabliers définitifs : à gauche, ferrailage voie 1 ; à droite, bétonnage voie 2.

d'une épaisseur de 0,30 mètre ont été coffrés, ferrillés et coulés en place. L'étanchéité, du type « Mistral B », avec protection en asphalte porphyré, a été appliquée sur les dalles en béton et leurs relevés sur tout l'ouvrage. Des joints en T inoxydables ont été réservés entre tabliers et piles ou culées pour permettre les mouvements et la dilatation.

Après achèvement des travaux de génie civil sur la totalité de l'ouvrage sous voie 2, la voie et la caténaire ont été réinstallées ; seules les zones de raccordement en amont et en aval du pont ont rendu nécessaire l'interruption du service voyageurs au cours d'une

même nuit, ce qui a permis de limiter au strict minimum la gêne à l'exploitation de la ligne.

Remplacement des arches I et III sous voie 1 (phase 3)

La circulation des trains établie sur voie 2 et pont provisoire, les travaux ont été exécutés sur l'ouvrage voie 1 de la même manière que sous la voie 2, la seule différence portant sur les opérations de dépose des arcs métalliques effectuées à l'aide de la bigrue.

Dépose du pont provisoire (phase 4)

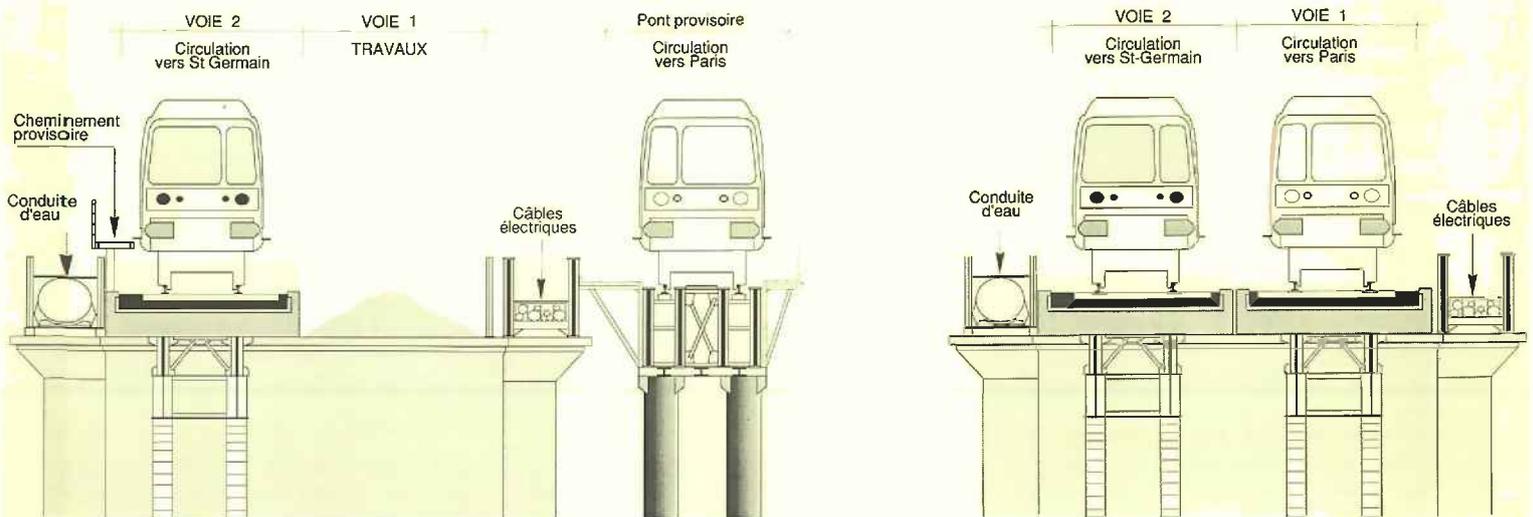
Les mêmes moyens que pour la pose ont été employés. Les tabliers ont été déposés les 3 et 17

février 1991 et déséquipés pour restitution à la SNCF. Les piles ont ensuite été recépées à un niveau de - 5 mètres sous le niveau des plus basses eaux navigables.

Mise en service et épreuves des tabliers neufs voie 1 et voie 2

Après pose de la voie et des équipements caténaires, le tablier neuf voie 2 a été mis en service dans le courant de mai 1990 et le tablier voie 1 courant décembre 1990.

L'ouvrage a été soumis aux charges d'essais réglementaires constituées par un convoi comprenant un tracteur dont la charge à



Phase III

Phase IV



RATP - Jean-Marie Carrier

Le pont avec ses nouvelles arches et nouveaux tabliers.

l'essieu est de 17 tonnes et un wagon de 20 tonnes de charge par essieu avec mesure des flèches verticales au droit de quelques sections singulières et mesure par extensométrie des contraintes réelles dans la structure.

Quatre sections ont été instrumentées ;
 — une section près de l'appui de l'arc sur la culée rive Rueil-Malmaison ;
 — une section à proximité du quart de la portée de cet arc ;
 — une section pratiquement à mi-portée ;
 — une section pour vérifier les contraintes ponctuelles qui existent sur l'aile supérieure de la poutre de part et d'autre de la liaison avec le quatrième poteau.

Après déchargement de l'ou-

vrage, le retour à zéro des mesures a traduit un fonctionnement élastique correct de la structure.

Le comportement des arcs s'est donc avéré particulièrement satisfaisant.

Des mesures de contrôle après six mois d'exploitation ont été réalisées sur les arcs et elles ont confirmé les précédents résultats.

Conclusion

Le chantier du Pont de Rueil s'inscrit parfaitement dans la logique du service public puisqu'un souci permanent de maintenir l'exploitation de la ligne A dans les meilleures conditions possibles a animé les acteurs de cette réhabilitation.

En effet, malgré une durée totale de travaux de presque trois ans, le chantier s'est déroulé sans aucun incident.

Les interruptions de trafic, strictement limitées à quelques dimanches (avec bien sûr un service de remplacement par autobus), n'ont été programmées que dans le but d'assurer, lors des phases les plus délicates de manutention, la parfaite sécurité des voyageurs.

Après plus d'un siècle de bons et loyaux services, le pont de Rueil a retrouvé une nouvelle jeunesse.

Souhaitons que les soins attentifs dont il a fait l'objet le conduisent au moins maintenant jusqu'en 2090. ■

POLLUTION ET MOTEURS DIESEL

par Michel Oustric et Xavier Hutet
Département du Matériel Roulant Bus

Transports, carburants et pollution

Au cours de la dernière décennie, la pollution due aux foyers fixes de combustion a sensiblement diminué en France grâce à

phénomène est particulièrement sensible le long des axes très fréquentés ou dans les rues « canyons », très nombreuses à Paris, en raison de la topographie peu favorable à la dilution des polluants.

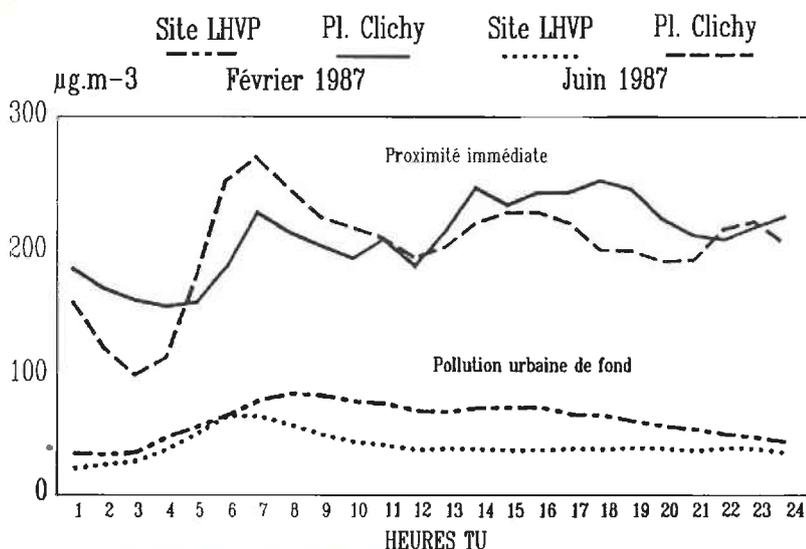
Contribuant à la pollution des villes, les réseaux de transport en commun se doivent de participer

aux différentes actions visant à la diminuer. À l'instar des constructeurs, ils apportent leurs connaissances techniques dans le domaine autocar-autobus, mais bénéficient de plus de l'expérience du « terrain » et disposent donc d'un banc d'essais inestimable de 12 000 autobus.

La pollution

La pollution atmosphérique est le résultat d'une multitude de petits foyers spécifiques de pollution : industries, foyers domestiques, transports... La pollution automobile est caractérisée principalement par le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures imbrûlés (HC), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules.

À Paris, des stations de mesures permettent de suivre en permanence ces polluants. Les figures 1 et 2 représentent l'évolution des émissions de fumées noires sur une journée et sur une année.

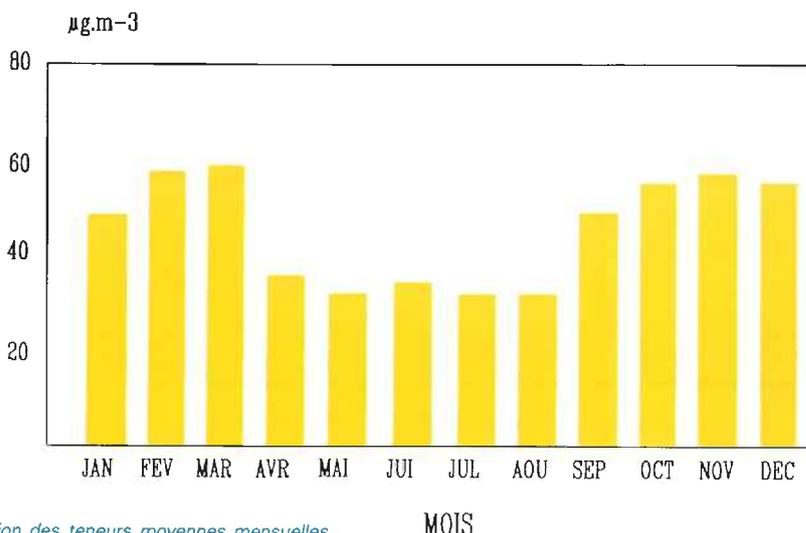


1. Cycle moyen journalier des teneurs en fumées noires (site LHVP : site « Hôtel-de-Ville/Saint-Paul » du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris ; Pl. Clichy : site du Laboratoire Central de la Préfecture de Police).

des mesures réglementaires, à une politique énergétique volontaire, à l'extension des réseaux collectifs de chauffage et au redéploiement industriel. La pollution d'origine automobile apparaît, elle, bien moins maîtrisée.

Certes, les travaux des constructeurs ont entraîné une diminution des émissions de polluants, mais l'augmentation du parc automobile et du trafic sur des voiries et un réseau routier mal adaptés, n'a pas permis de bénéficier de ces efforts.

De ce fait, l'automobile reste une nuisance atmosphérique essentielle dans les zones urbaines. Ce



2. Évolution des teneurs moyennes mensuelles en fumées noires entre 1983 et 1987 sur 13 sites de mesure parisiens.

Part des transports dans les émissions de polluants

Avant toute chose, il faut rappeler que la plus grande partie des substances émises par un moteur sont inoffensives (azote, oxygène, vapeur d'eau) et différencier les émissions des moteurs Diesel et des moteurs à essence. En effet, les émissions d'un moteur Diesel sont par rapport à un moteur essence de même puissance :

- pour le CO, de 10 à 30 fois plus faibles ;
- pour les HC, de 3 à 5 fois plus faibles ;
- pour les NOx, du même ordre de grandeur à deux fois plus faibles ;
- pour les particules, de 30 à 100 fois supérieures (de nouvelles études tendraient à minimiser cette valeur).

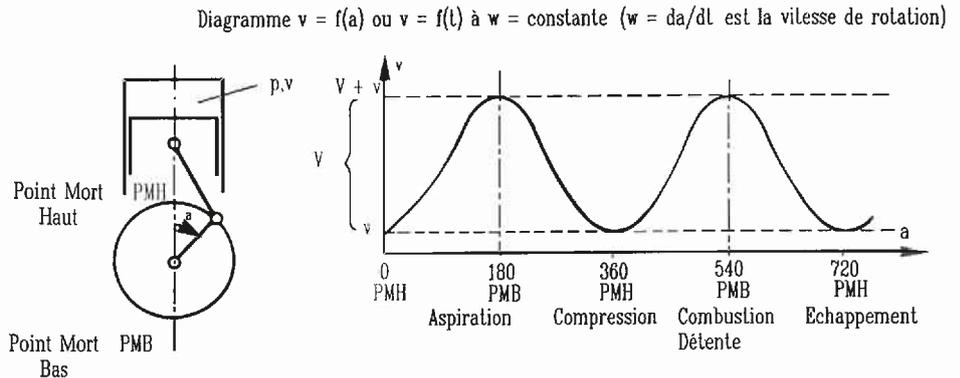
Ainsi, alors que le trafic automobile est responsable de 90 % du CO et de 50 à 70 % des NOx en ville, les moteurs Diesel ne sont impliqués qu'à hauteur de quelques pour-cent pour le CO et un tiers des NOx mesurés.

Examinons sur une ville comme Paris l'influence des transports en commun sur la pollution atmosphérique.

Une estimation du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris impute la pollution dans la région parisienne pour :

- 52 % aux foyers domestiques ;
- 23 % aux foyers industriels ;
- 25 % aux transports en général.

Si l'on considère qu'il circule en même temps 3 200 autobus et



3 et 4. Variation du volume v et de la pression p

250 000 voitures particulières (10 % du parc), la pollution émise par les autobus représente, compte tenu des puissances respectives des différents moteurs, moins de 3 % de la pollution des transports, soit moins de 1 % de la pollution en région parisienne.

La RATP ne contribue donc que pour une très faible part à la pollution atmosphérique de la région parisienne. Cependant, elle se doit de s'associer à toute démarche visant à diminuer les émissions de ses autobus.

Réglementation

Pour lutter contre les émissions excessives de polluants, les gouvernements ont imposé des limites pour les différents types de moteur.

Dans un premier temps pour les moteurs Diesel, seule l'opacité des gaz d'échappement (fumées noires) était mesurée. À la suite des États-Unis, la France et le Japon ont adopté des réglementations sur les émissions gazeuses (CO, HC, NOx) et sur les particules.

	Règlement R 49	Directive 88/77/CEE	Directive 91/542/CEE au 1-7-92	Directive 91/542/CEE au 1-10-95
CO	14	11.2	4.5	4
HC	3.5	2.4	1.1	1.1
NOx	18	14.4	8	7
Particules moteur > 85 kW			0.36	0.15

Évolution des valeurs limites (normes européennes) en g/kW.h

Le tableau ci-dessous permet de mesurer les évolutions de la réglementation. Un effort important sera nécessaire pour satisfaire les projets en cours d'élaboration. Ainsi, dans le but de rapprocher les législations des États membres de la Communauté Économique Européenne, relatives aux mesures contre les émissions de gaz polluants provenant des moteurs Diesel destinés à la propulsion des véhicules, la directive 91/542/CEE, parue le 25 octobre 1991, modifie, en les rendant plus sévères, les termes de la directive 88/77/CEE.

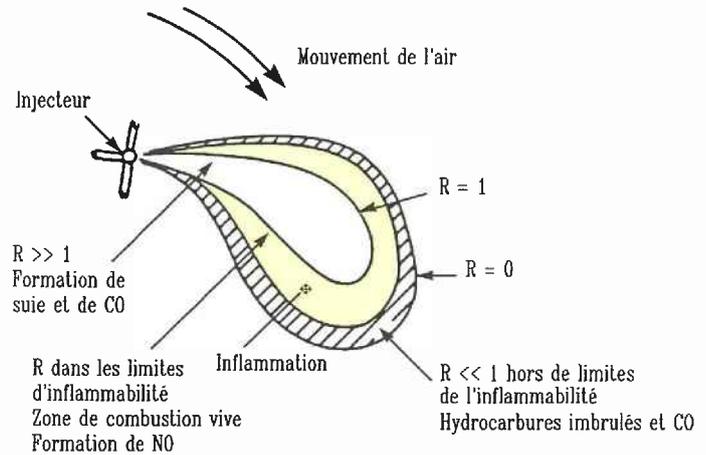
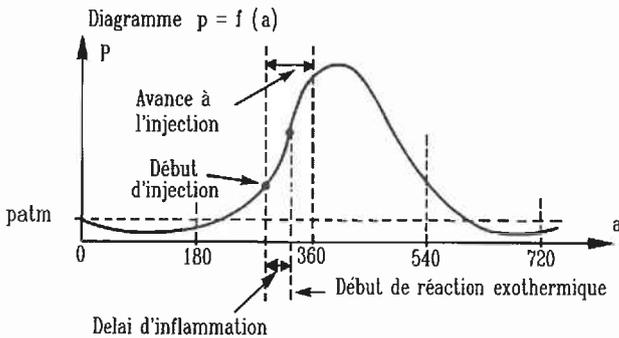
Combustion Diesel et formation des polluants

Avant d'examiner les moyens de lutte contre la pollution spécifique des moteurs Diesel, il est nécessaire de présenter rapidement la combustion Diesel et la formation des polluants.

Le principe de fonctionnement d'un moteur Diesel, représenté sur les figures 3 et 4, repose sur le processus suivant :

1. admission d'air frais ;
2. début de compression ;
3. injection de carburant ;
4. allumage résultant de l'élévation de température ;
5. détente puis échappement.

À l'opposé du moteur à allumage commandé, le processus de combustion est hétérogène et le terme de richesse « carburant-air » n'a de sens que localement et instantanément. En effet, l'injection de carburant dans l'air chaud en mouvement s'accompagne d'une



des gaz dans la chambre de combustion.

5. Formation des polluants en fonction de la richesse R.

vaporisation et de la formation d'un nuage non homogène. De plus, par rapport aux moteurs à allumage commandé, le dessin de la chambre de combustion, les mouvements internes de l'air et la procédure d'injection ont une importance fondamentale sur le déroulement de la combustion.

Chaque polluant se forme à la suite de conditions très particulières ; la figure 5 permet de distinguer plusieurs zones :

1. zone centrale : le manque d'oxygène se traduit surtout par la formation de CO et de fines particules de suie qui s'agglomèrent pour former ensuite les fumées noires ;
2. zone intermédiaire : la richesse est inférieure mais proche de l'unité tout en restant dans les limites d'inflammabilité. La combustion est optimale et la température élevée conduit à la formation de NOx en grandes quantités ;
3. zone extérieure : la richesse est très faible et inférieure à la limite basse d'inflammabilité. La température peu élevée et l'oxydation incomplète se traduisent par la formation de CO et de HC et parfois de particules.

Examinons le problème des particules ; elles représentent avec les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre la pollution principale du moteur Diesel. Un moteur d'autobus émet environ 100 kilogrammes de particules pour 100 000 kilomètres, soit 1 gramme par kilomètre.

La composition d'une particule « type » est décrite par la figure 6.

Influence des réglages moteurs

Les paramètres moteurs interviennent directement sur la formation et les émissions des polluants : loi d'injection, tarage et forme des injecteurs, géométrie de la chambre de combustion...

Les deux principales émissions polluantes du moteur Diesel (NOx et particules) étant interdépendantes, toute réduction de l'une se traduit naturellement par une augmentation de l'autre.

Actuellement, il ne semble pas possible d'atteindre les valeurs limites annoncées dans les projets de réglementation sans avoir recours à un post-traitement des gaz d'échappement (filtre à particules ou pot catalytique).

Il sera ainsi possible de diminuer les polluants en associant une modification de certains paramètres moteurs (turbo refroidi, gestion électronique de l'injection...) à un post-traitement des gaz d'échappement.

Influence du carburant

Les carburants jouent un rôle essentiel dans la formation des polluants car la modification de leurs caractéristiques physico-chimiques n'est pas toujours compensée par un réajustement des paramètres moteur.

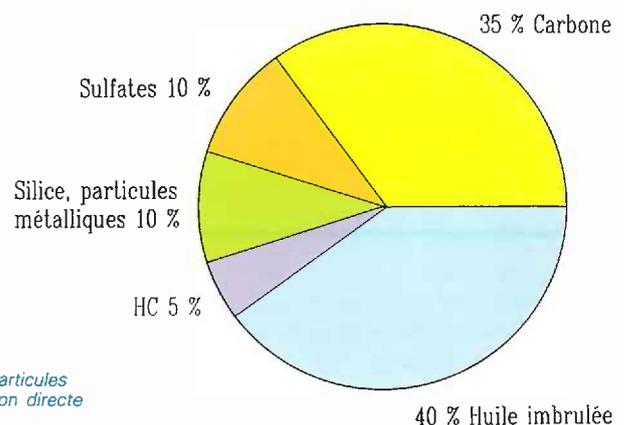
Cette influence s'exerce à deux niveaux :

- **physique** : densité, viscosité, qui modifient le processus de pulvérisation dans la chambre de combustion ;
- **chimique** : teneur en aromatiques, indice de cétane, qui modifient le processus de combustion, en particulier le délai d'inflammation caractérisant la combustion et par suite les émissions et le rendement.

Sur le moteur RVI 620-45, qui équipe les autobus R 312, PR 100.2 et PR 180.2, une diminution de 1 point de l'indice de cétane (49 au lieu de 50), entraîne une augmentation de 1 % des NOx, 5 % des fumées et 10 % pour les HC.

Influence des lubrifiants

À côté des carburants, les lubrifiants influent également sur les émissions de particules et d'hydrocarbures. Sur un moteur Diesel, la consommation d'huile représente une fraction des particules émises.



6. Exemple de composition de particules sur un moteur Diesel à injection directe (moteur poids lourds).

Cette part tend à augmenter à mesure que les paramètres moteur sont mieux contrôlés pour satisfaire les futures normes de plus en plus sévères : la part du lubrifiant estimée à 15 % en 1988 représentera 35 % des particules en 1994 si les consommations d'huile ne sont pas réduites.

Moyens de dépollution

Dans le cas du moteur Diesel, chaque maillon de la chaîne qui va du carburant à l'échappement du moteur peut être amélioré.

On peut agir sur :

- le carburant lui-même (gazole à faible teneur de soufre) ;
- la réduction de la consommation de carburant (diminution du Cx et du poids, optimisation de la transmission...) ;
- la réduction de la consommation de lubrifiant (qualité du lubrifiant, chemises, pistons et configurations des segments optimisés...) ;
- la maîtrise de la combustion (chambre de combustion, mouvement de charge et de diffusion, compression...) et de l'injection (nombre de trous, angle d'injection, diamètre de l'orifice de giclage, pression, volume et début d'injection, volume en phase d'exploitation transitoire...) ;
- la modification de la combustion (recirculation des gaz d'échappement...) ;
- la régulation électronique de l'injection, qui apporte plus de souplesse quant au début et au volume d'injection et permet la prise en compte de différents paramètres, des plages de réglages réduites et une stabilité de plus grande durée ;
- la suralimentation, avec ou sans refroidisseur d'air, propice aux comportements transitoires ;
- l'élimination des particules (filtres, catalyseur...) ;
- l'utilisation du moteur dans des zones de pollution minimale (désolidariser le moteur des roues à l'aide de transmissions hydrauliques ou électriques...) ;

- la recherche de moteurs moins polluants (turbines, moteurs Stirling, trolleybus, traction Diesel électrique...) ;
- la recherche de carburants de substitution (gaz de pétrole liquéfié, gaz naturel, éthanol, diesel...) ;
- l'amélioration de la logistique transport.

Les constructeurs de véhicules industriels contribuent depuis longtemps par leurs recherches à offrir des produits limitant les émissions polluantes.

Pour les entreprises de transport en commun, il convient de distinguer parmi les différentes solutions celles pour lesquelles :

- la probabilité d'aboutir, à court ou à moyen terme, à un produit industriel, est importante ;
- les coûts d'acquisition, de mise en œuvre et de maintenance du système restent modestes vis-à-vis du coût du véhicule ;
- l'exploitation ne risque pas d'être pénalisée par le système.

Expérimentation dans les réseaux de transport en commun

Les carburants

Utilisation du Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)

Cette technologie conduit à transformer les moteurs :

- soit en dual fioul avec possibilité de retour au gazole seul à tout instant, cette transformation permettant au moyen de kits d'adaptation de traiter le parc en service au meilleur coût ;
- soit en allumage commandé (cycle Beau de Rochas), avec substitution totale du gazole, mais cette opération est coûteuse et délicate.

Diverses expérimentations ont été menées en France depuis de nombreuses années, notamment à Paris par conversion d'un autobus RATP SC 10 et d'un autobus RVI S 105 au GPL, et à Nancy sur 16 autobus RVI SC 10 fonctionnant en mode dual gazole-GPL depuis 1985.

Des résultats d'exploitation, il ressort que :

- l'adaptation au dual gazole-GPL sur moteur Diesel ne pose pas de problème particulier, tant du point de vue du montage des équipements que de leur fiabilité de fonctionnement ;
- l'exploitation de ces autobus est comparable, au niveau de la conduite, à celle des bus en Diesel pur ;
- les consommations d'énergie en dual ou en 100 % gazole sont pratiquement équivalentes ;
- l'opacité des gaz d'échappement est très nettement réduite.

Il convient toutefois de noter la sujétion très forte que constitue l'infrastructure au sol (poste de charge particulier, volume de sécurité notamment).

Utilisation du Gaz Naturel Comprimé (GNC)

Des expérimentations utilisant le biogaz ou le gaz naturel sont en cours de préparation.

Les véhicules ainsi modifiés seront équipés de réservoirs de gaz sous pression pour lesquels sont attendues d'une part leur homologation par le service des appareils à pression, d'autre part l'autorisation de circuler de la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Équipement).

Utilisation de l'éthanol

Une expérimentation est menée depuis trois ans à Tours sur quatre autobus. Le principe d'utilisation est le suivant :

- le système d'alimentation (réservoir, canalisation, filtre, pompe d'alimentation, pompe d'injection et injecteurs) est modifié pour être compatible avec l'éthanol ;
- un additif est ajouté à l'éthanol dans la proportion de 4 à 5 % pour lui conférer un indice de pseudo-cétane équivalent à celui du gazole et lui permettre de s'auto-inflammer, comme ce dernier, par compression dans un mélange d'air ;
- deux dénaturants imposés par le service des Douanes et des Droits Indirects rendent impropre à la consommation l'alcool utilisé.

Toutefois, divers problèmes se posent encore :

- réduction des aldéhydes ;
- réduction du volume de carburant à embarquer (1,8 fois le volume de gazole pour une autonomie équivalente) ;
- assurance de l'absence de risques provoqués par la présence d'un agent chimique nitré ;
- réduction du coût des circuits d'alimentation, lesquels ne peuvent actuellement être constitués avec des matériaux traditionnels de l'automobile ;
- réduction du coût du carburant, très taxé, et pour lequel un aménagement de la TIPP (Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers) est attendue.

Utilisation de gazole à faible teneur en soufre

La teneur en soufre fait partie des caractéristiques réglementées pour les carburants Diesel. Actuellement, le gazole du commerce a une teneur en soufre maximale de 0,3 %. Le projet de directive du Conseil de la Commission des Communautés Européennes du 10 juin 1991 fixe les teneurs maximales en soufre du gazole utilisé pour les moteurs Diesel à 0,2 % au 1^{er} octobre 1994 et à 0,05 % au 1^{er} octobre 1996.

Ce gazole offre les avantages suivants :

- prolifération limitée des bactéries ;
- action favorable sur le moteur (limitation des actions corrosives) ;
- réduction des particules (sulfates) ;
- diminution de la nocivité des gaz d'échappement sur l'environnement.

De plus, il est une condition indispensable au montage d'un pot catalytique.

Les trolleybus

Le parc français de trolleybus et de bus bimode est actuellement de 400 véhicules. Il se situe au deuxième rang en Europe occidentale, derrière la Suisse, à égalité avec l'Italie. Un récent colloque international tenu sur ce thème a rappelé tout l'intérêt que présente ce véhicule « aux vertus écologi-

ques et énergétiques reconnues ».

Il n'en demeure pas moins que l'implantation des trolleybus en site urbanisé n'est pas sans difficulté.

Les transmissions nouvelles

Elles visent à rendre indépendantes les vitesses des roues et celle du moteur. Associées ou non à des dispositifs de récupération-restitution d'énergie, hydrauliques ou électriques, elles devraient permettre le fonctionnement des moteurs thermiques à régime constant, facilitant grandement les compromis de conception et la limitation des émissions.

Les transmissions hydrostatiques

Ces transmissions ont fait, depuis de nombreuses années, l'objet de plusieurs expérimentations (projets Auroch, Secmafer, Rexroth, Thémis), mais des difficultés de mise au point sont apparues et, par suite, ces études ont dû être abandonnées. D'autres projets ont vu le jour, notamment Hydrobus en Allemagne et HYDROLABO mené par la RATP et CCM-SULZER. Ce dernier met en œuvre des moteurs-roues hydrauliques et un dispositif de récupération-restitution d'énergie. Il a reçu le soutien de la Commission des Communautés Européennes pour la réalisation, à partir de la fin de l'année 1991, de 10 autobus RVI R 312.

Les transmissions électriques

Conjointement avec la société MAGNETMOTOR et les services techniques de la Ville de Munich, le constructeur allemand MAN a démarré, en avril 1989, la phase

d'essai d'un projet d'autobus urbain à propulsion électrique et Diesel avec accumulateur d'énergie, projet soutenu par le Ministère fédéral de la recherche et de la technologie et par la Ville de Munich.

Le principe repose sur un moteur Diesel qui entraîne à une vitesse constante, au régime le plus favorable, un alternateur, un volant (accumulateur d'énergie) et un moteur électrique de traction.

Les filtres à particules

Depuis plusieurs années, des équipementiers nord-américains, allemands et grecs, ont développé des systèmes de post-traitement des gaz d'échappement, permettant de réduire les émissions de particules. Ces systèmes, appelés filtres à particules, ont fait appel à différentes techniques.

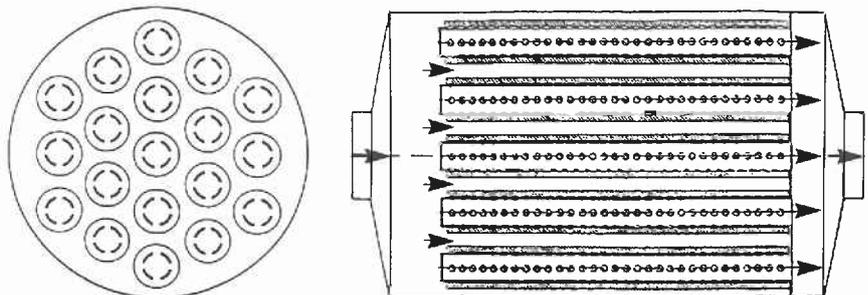
Les différents type de filtres

Filtre bougie ou à enroulement

Un fil céramique est enroulé, en plusieurs couches, sur des tubes perforés en inox. Les tubes qui composent le faisceau sont logés dans une enveloppe en inox, d'une taille voisine de celle du silencieux de l'échappement conventionnel. Effet séparateur : de 70 à 85 % (figure 7).

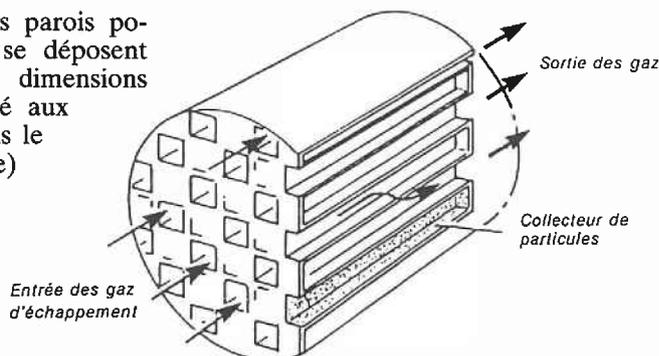
Filtre « WALL FLOW » en céramique

Les gaz d'échappement sont contraints d'emprunter des canaux alternativement ouverts et fermés ;



7. Coupes d'un filtre à bougies : tubes en matériau réfractaire percés et revêtus d'enroulement en fibre de céramique (pouvant être enduite d'oxyde de cuivre, coopérant avec un additif acétylacétone pour faciliter la combustion à basse température).

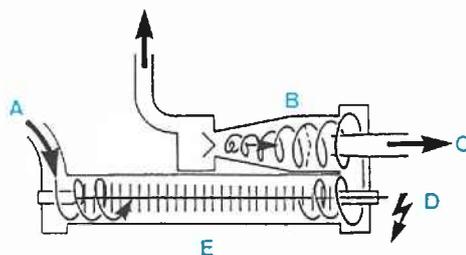
ils traversent ainsi des parois poreuses sur lesquelles se déposent les particules. Leurs dimensions ainsi que leur fragilité aux chocs thermiques (dans le temps et dans l'espace) rendent très délicates l'installation et l'exploitation sur un véhicule. Effet séparateur : de 70 à 95 % (figure 8).



8. Coupe d'un filtre « Wall flow » (matrice en céramique).

Filtre électrostatique

Les gaz brûlés traversent un champ électrique qui les « coagule ». Les particules agglomérées sont extraites par un séparateur cyclone. Il n'existe pas actuellement d'expérience de ce type en cours sur autobus. Effet séparateur : de 50 à 75 % (figure 9).



9. Filtre électrostatique à cyclone :
A. Échappement du moteur ;
B. Séparateur cyclonique ;
C. Échappement épuré ;
D. Électrode haute tension ;
E. Coalesceur électrostatique.

Régénération des filtres à particules

Une filtration efficace des particules de très faible diamètre (0,05 μm) nécessite une grande finesse des pores. En contrepartie, il ne faut pas augmenter les pertes de charge du moteur. La surface filtrante doit donc être très importante. Cependant, l'augmentation de la contrepression à l'échappement, par accumulation des particules, oblige à nettoyer le filtre régulièrement. La combustion des suies semble, actuellement, la solution la plus appropriée. La température des gaz d'échappement, en sortie moteur, oscille, sur un autobus en exploitation, entre 150 et 350 °C. Elle ne suffit donc pas à amorcer la régénération (température d'auto-inflammation des parti-

cules : 500 à 600 °C). Des enduits catalytiques sur les surfaces céramiques ou des additifs dans le combustible ont permis de ramener la température d'amorçage des régénérations entre 200 et 450 °C. Cependant, ces produits ne sont pas toujours compatibles avec la protection de l'environnement et les conditions de sécurité à respecter sur un véhicule de transport en commun. Il faut souvent avoir recours à des dispositifs auxiliaires : des brûleurs gazole à hautes performances, pilotés par une unité de contrôle intégrant les paramètres du filtre et du moteur. Ils permettent la régénération automatique du filtre durant la marche du véhicule sans intervention du conducteur dans le processus ni modification de sa conduite.

Programmes des constructeurs et des réseaux

Filtre à catalyse MERCEDES

MERCEDES a équipé certains de ses véhicules de filtres bougies, la régénération du filtre étant activée par un catalyseur (acétylacéto-

À l'arrêt du moteur, lorsque la température du filtre est inférieure à 160 °C, l'agent d'activation est injecté dans le filtre. Lorsque le moteur atteint de nouveau sa température de service et que la température de l'échappement se situe aux environ de 250 °C, les particules sont brûlées et transformées par oxydation en gaz carbonique et en vapeur d'eau.

Ce filtre devait équiper plusieurs centaines de véhicules en Alle-

magne. Mais ce projet est maintenant abandonné en raison d'incendies répétés sur des autobus et de plaintes d'agents de dépôt.

Filtre à pyrolyse ZEUNA-STARKER

Ce filtre utilise le principe « WALL FLOW ». La régénération du filtre fait appel à un brûleur placé directement dans le flux des gaz d'échappement du moteur en amont du filtre. Il utilise l'oxygène contenu dans les gaz d'échappement. La régénération est stoppée lorsque la charge moteur dépasse 50 % de la charge maximale, la quantité d'oxygène présente dans les gaz d'échappement étant alors insuffisante.

Ce filtre a été monté, fin 1989, sur un R 312 de la RATP, mais a été déposé, pour mise au point complémentaire, en octobre 1990. Une nouvelle version a été montée en septembre sur deux autobus R 312 destinés au réseau de Genève.

Filtre à pyrolyse WEBASTO

Semblable au filtre décrit précédemment, il se distingue notamment par la présence d'un compresseur d'air de taille réduite qui permet de régénérer même lorsque le moteur fonctionne à charge élevée, c'est-à-dire dès que la quantité d'oxygène présente dans les gaz d'échappement n'est plus suffisante pour assurer une combustion normale du brûleur.

Ce filtre a été testé en 1990 à la RATP sur un autobus RVI SC 10, équipé d'un moteur à aspiration naturelle. De nombreuses difficultés de mise au point ont amené le fournisseur à renoncer au développement d'un tel dispositif.

Filtre à pyrolyse MANN et HUMEL

Monté par MERCEDES sur quelques autobus en Allemagne (en particulier à Wiesbaden), ce filtre à bougies est régénéré électriquement au moyen d'un enroulement autour de chaque bougie. Un inconvénient majeur est la consommation de courant nécessaire (160 A pendant 2 minutes), laquelle impose notamment un alternateur de forte puissance.

Filtre à catalyse ELBO

Le filtre ELBO utilise lui aussi un filtre « WALL FLOW ». Les

monolithes céramiques sont plus petits mais au nombre de quatre. Ce filtre, mis en place initialement sur dix autobus IKARUS à Athènes, se caractérise par la présence d'un by-pass utilisé lorsque la température de la cartouche filtrante, pendant une régénération, devient trop importante.

ELBO utilise un additif à base de cérium développé par RHÔNE-POULENC qui est mélangé au gazole.

Dans l'état actuel, ce filtre ne s'adapte que sur moteurs à aspiration naturelle. Une expérimentation est en préparation pour permettre un montage sur moteurs turbocompressés.

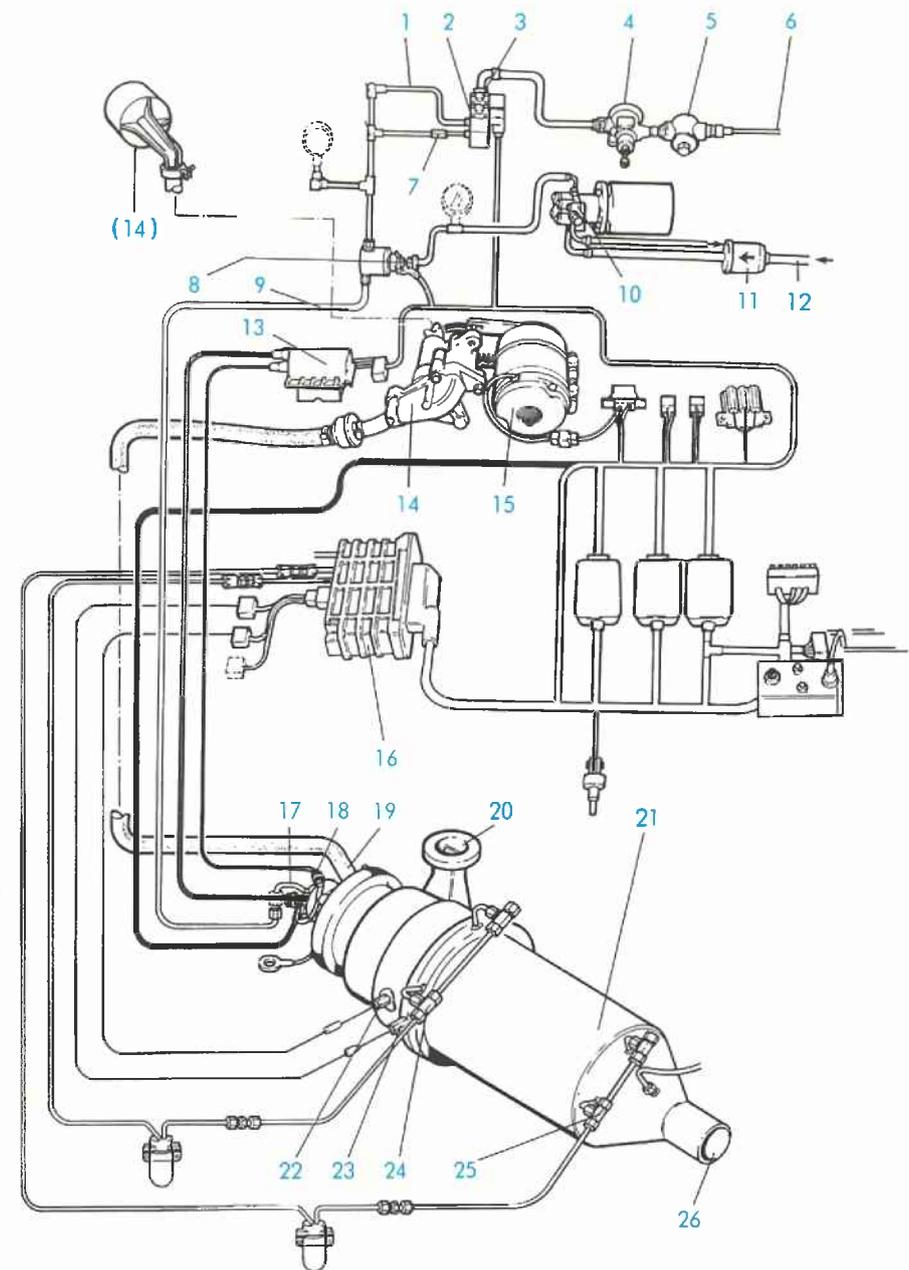
Expérimentation d'un filtre à particules sur SC 10

La première étape en vue de l'équipement d'une « ligne verte », était d'évaluer les possibilités de montage d'un filtre à particules sur un autobus et d'exploitation de ce véhicule.

Cette phase a été réalisée entre juin 1989 et janvier 1991.

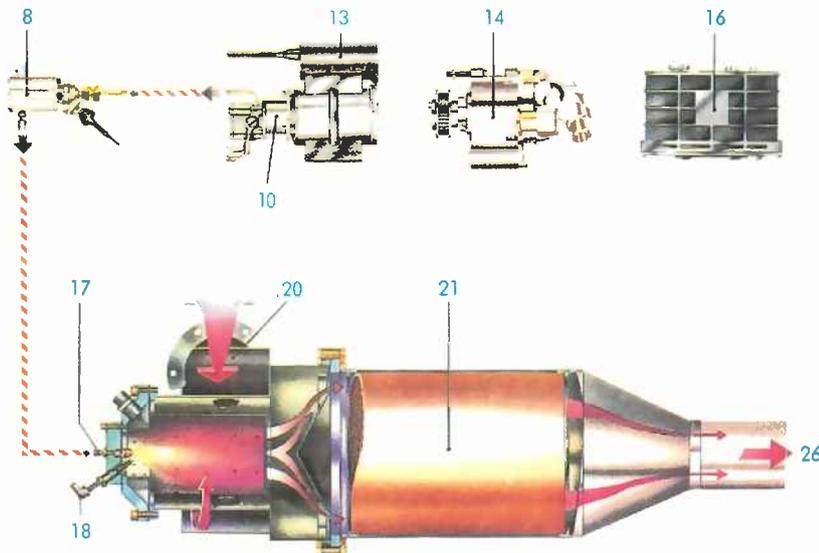
Le Bureau d'Études du Département du Matériel Roulant Bus (MRB) s'est chargé de définir l'adaptation du filtre WEBASTO sur SC 10.

Le filtre a été installé dans la ligne d'échappement entre la sor-



tie du moteur et l'entrée de l'échangeur air/air par l'équipe Essais Prototypes de MRB (figures 10 et 11).

10 et 11. Représentation du filtre Webasto et de ses périphériques :



- 1 - Circuit d'alimentation d'air.
- 2 - Valve d'air de rinçage.
- 3 - Valve d'atomisation d'air.
- 4 - Régulateur de pression.
- 5 - Filtre à air.
- 6 - Arrivée de l'air comprimé.
- 7 - Régulateur de l'air de rinçage.
- 8 - Valve de mélange air/gazole.
- 9 - Tubulure d'admission du mélange.
- 10 - Pompe gazole avec moteur électrique.
- 11 - Filtre gazole.
- 12 - Alimentation gazole.
- 13 - Générateur d'étincelles.
- 14 - Compresseur avec son filtre à air.
- 15 - Moteur du compresseur.
- 16 - Unité de contrôle SRC 01.
- 17 - Connexion de l'air de rinçage et du gazole sur le filtre.
- 18 - Connexion des électrodes.
- 19 - Connexion de l'air compresseur.
- 20 - Entrée des gaz d'échappement.
- 21 - Emplacement de la céramique.
- 22 - Thermocouple 1 (au niveau du brûleur).
- 23 - Thermocouple 2 (avant la céramique).
- 24 - Prise de pression (avant le filtre).
- 25 - Prise de pression (après le filtre).
- 26 - Sortie des gaz d'échappement.

Son implantation et celle de ses périphériques ont nécessité de profondes modifications du véhicule (déplacement de réservoirs, nouveaux circuits d'air et de gazole...). Le montage du filtre prototype a débuté en novembre 1989 et s'est achevé à la fin du mois de janvier 1990.

Le planning d'essais suivant a alors été retenu :

1. mesure de l'efficacité du filtre sur bancs UTAC ;
2. essais en exploitation simulée sur la ligne 21 ;
3. bilan électrique du système ;
4. mise en exploitation avec suivi de la consommation et du nombre de régénérations, en vue de modifications éventuelles des paramètres de gestion du filtre.

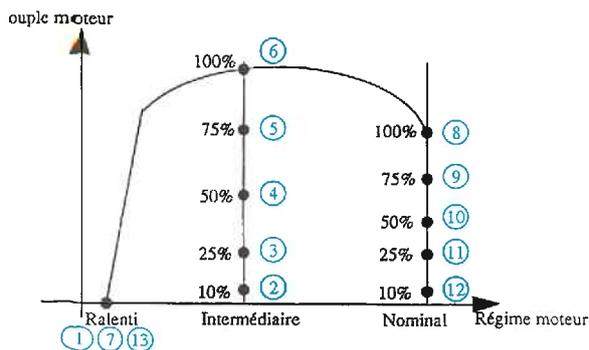
Les quatre phases se sont échelonnées du mois de mars 1990 au mois de janvier 1991.

Essais UTAC

Différents essais ont été réalisés dans le but de mesurer l'influence du filtre par rapport à un échappement de série : cycle « AQA/RATP », cycle normalisé 13 modes (figure 12) utilisé pour l'homologation des moteurs, démarrage à froid...

Ces essais ont permis de constater :

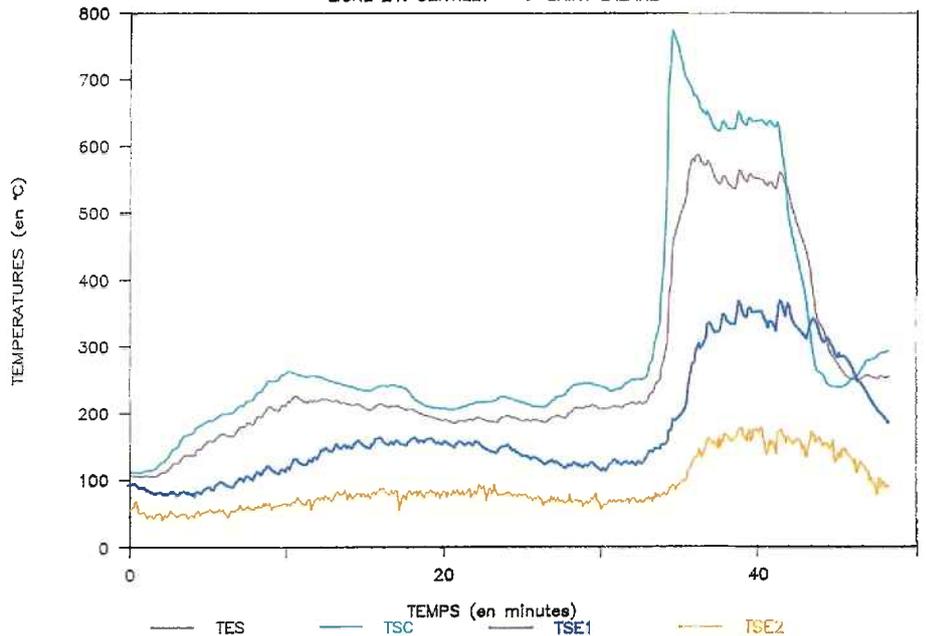
- une diminution de l'ordre de 70 % de la masse de particules émise et de 92 à 99 % des polluants visibles (fumées), suivant le type d'essais (accélération libre ou moteur en charge) ;
- une augmentation du CO, sur



12. Cycle 13 modes.

FILTRE A PARTICULES WEBASTO SUR SC10

LIGNE 21: GENTILLY --> SAINT LAZARE

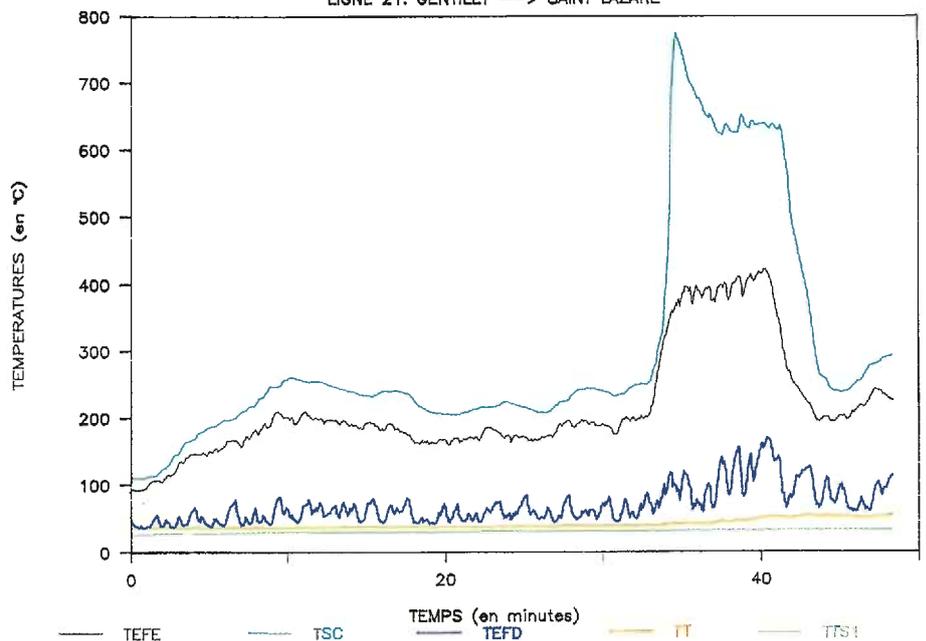


13 et 14. Courbes de températures relevées en exploitation simulée :

- TES : Température Entrée Schneebeli (échangeur thermique).
- TSC : Température Sortie Céramique (sortie du filtre).
- TSE1 : Température Sortie Échappement (ras du tube).
- TSE2 : Température Sortie Échappement (10 cm dans l'axe).
- TEFE : Température Entrée Filtre Extérieur (contact avec l'inox).
- TEFD : Température Entrée Filtre Défecteur (au-dessus du déflecteur).
- TT : Température Tacalu (milieu du filtre au-dessus de l'écran thermique Tacalu).
- TTS1 : Température Tapis de Sol (côté brûleur).

FILTRE A PARTICULES WEBASTO SUR SC10

LIGNE 21: GENTILLY --> SAINT LAZARE



tout sensible lors d'une régénération ;

- une stabilisation des NOx ;
- une diminution des HC en phase de régénération (stable sinon).

L'influence du filtre est, de plus, très intéressante sur les polluants non réglementés. Suivant les essais, on observe, par rapport à l'échappement de série, une très forte diminution de l'émission des principaux polluants non réglementés (de 2 à 30 fois).

Essais en exploitation simulée

- Ils nous ont permis de vérifier :
 - le comportement du véhicule en exploitation ;
 - l'influence des protections thermiques ;
 - la fréquence des régénérations en exploitation.

Tous les essais ont été réalisés à mi-charge sur la ligne 21.

La mise en vitesse et le comportement sont tout à fait comparables à ceux de l'autobus de série.

Durant chaque parcours, les températures des gaz d'échappement en divers points de la ligne d'échappement, de l'environnement direct du filtre, à l'intérieur du véhicule, ainsi que la température ambiante, ont été relevées toutes les 5 secondes (courbes 13 et 14).

La température en sortie du tube d'échappement est certes élevée (pointe à 450 °C au ras du tube et 200 °C à 10 centimètres) mais elle décroît très rapidement lorsqu'on éloigne le point de mesure vers l'extérieur du véhicule.

Les diverses protections thermiques autour du filtre jouent pleinement leur rôle. On ne note pas d'élévation de la température sous le tapis de sol.

Ces résultats ne remettent pas en cause l'équipement des véhicules.

Ces essais ont permis d'évaluer l'intervalle entre deux régénérations lorsque le véhicule est en exploitation, avec une charge moyenne (12 tonnes). Suivant les

conditions de circulation, la fréquence s'est échelonnée entre 35 et 50 kilomètres.

Des essais sur piste ont permis de confirmer les observations faites sur le comportement de l'autobus.

Bilan électrique d'une régénération

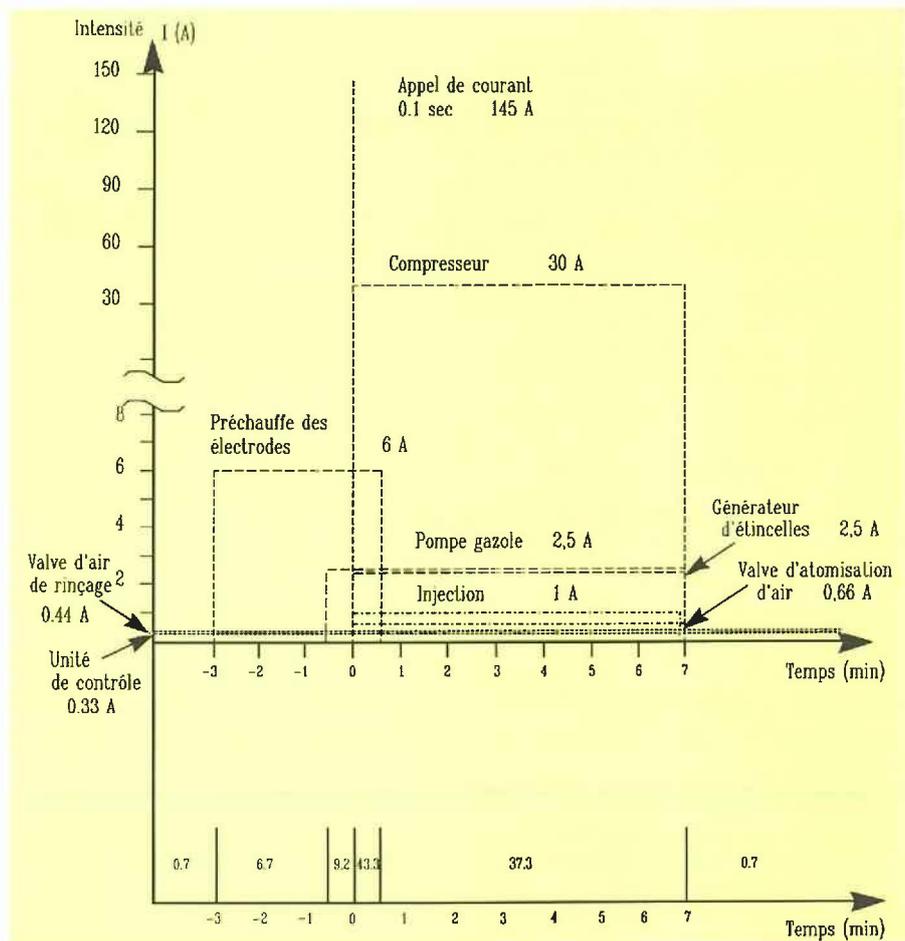
Pour son fonctionnement, le filtre à particules WEBASTO nécessite un apport de courant (unité de contrôle, préchauffe des électrodes, alimentation en air et en gazole...). Un bilan électrique d'une régénération a été effectué sur les bases des consommations mesurées des différents périphériques et sur l'hypothèse que l'autobus parcourt sur une journée 120 kilomètres en 10 heures, 3 régéné-

rations étant effectuées pendant cette journée (figure 15).

On constate que la consommation électrique est négligeable en phase d'encrassement (moins de 3,5 % de la puissance électrique disponible au ralenti), mais se monte à 10,5 % de la puissance au ralenti lorsque le filtre est en phase de régénération (2,7 % si l'alternateur débite au maximum). Le circuit de charge permet actuellement de répondre aux besoins du filtre ; il ne faudrait pas cependant que la durée ou la fréquence des régénérations augmentent sensiblement.

Mise en exploitation réelle

Au terme de ces essais, le SC 10 a été mis en exploitation réelle au cours du mois d'août 1990.



15. Bilan électrique d'une régénération.

Les réserves formulées au cours des essais en exploitation simulée ont été vérifiées lors de la mise en exploitation réelle de l'autobus.

On peut noter que pendant cette première phase, la consommation du bus, brûleur compris, ne s'élève qu'à 46,3 litres aux 100 kilomètres.

Les émissions de fumées, apparues lors de la deuxième mise en exploitation (à partir du mois de novembre 1990), sont vraisemblablement le reflet de la rupture ou de la fonte de la céramique. Le faible nombre des régénérations amène un surencrassement de la céramique. Dans ce cas, lors de l'allumage du brûleur, la température monte au-delà des 1 000 °C admissibles par le monolithe céramique ; un choc thermique se produit localement, entraînant une destruction de la cartouche filtrante. Les paramètres de fonctionnement du filtre n'ayant pas été modifiés par Webasto comme demandé en octobre 1990, le 17 janvier 1991, le filtre est débranché dans l'attente du remplacement de la céramique par WEBASTO.

Conclusion

L'expérience menée par la RATP, depuis 1989, avec le filtre à particules WEBASTO et dans une moindre mesure l'expérimentation du filtre ZEUNA-STÄR-

KER, permettent de formuler, aujourd'hui, les observations suivantes :

— le filtre à particules est, assurément, le moyen le plus efficace pour réduire les émissions de fumées noires ;

— le système de régénération idéal n'est pas actuellement déterminé ; les brûleurs manquent encore de fiabilité et les effets secondaires des catalyseurs ne sont pas tous connus avec précision ;

— la mise en exploitation de tels équipements reste, au vu de la fiabilité de la céramique et de ses périphériques, encore très délicate ; une mauvaise adaptation des paramètres de gestion du filtre, aux conditions d'exploitation, peut très rapidement entraîner des dysfonctionnements du système, voire une détérioration de certains organes ;

— les filtres n'ont pas encore franchi le « cap du prototype » : leur coût d'acquisition, de montage et de maintenance, la fiabilité du système, la disponibilité des pièces détachées et l'organisation des services après-vente des sociétés proposant ce type d'équipement ne permettent pas d'envisager, à très court terme, une extension de l'équipement.

De l'avis des spécialistes, les actions menées au niveau du moteur ne permettront pas, à elles seules, de satisfaire les réglementations futures.

Des interventions en amont et en aval du moteur seront nécessaires. Aujourd'hui, le gazole à faible teneur en soufre et les filtres à particules apparaissent comme les deux moyens de dépollution dont les recherches sont les plus avancées.

Partout dans le monde, des filtres à particules sont à l'essai mais à ce jour, aucun n'est proposé par un constructeur en série. Des expérimentations prolongées, comme les mènent actuellement la RATP et différents réseaux, sont nécessaires pour s'assurer de la durabilité des filtres ainsi que de la fiabilité de leur système de régénération. ■

RÉFÉRENCES

Documents internes RATP.

Documents TOTALGAZ, SEMITRAT, AQA, INRETS, MERCEDES-BENZ, VOITH, WEBASTO, ZEUNA-STARKER.

Étude de l'Institut Français du Pétrole (IFP) sur les carburants.

Dossier de presse Renault-Véhicules Industriels - 1990.

Rapports de l'Union Technique de l'Automobile, du Motocycle et du Cycle (UTAC).

Le cas d'Athènes - RHÔNE-POULENC - Pollutec - 1990.

Travaux du Comité des Sages de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie (AFME) sur l'évaluation de la filière Gaz Naturel pour Véhicules (GNV) - 1991.

Congrès de l'Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux (AGHTM) - Annecy - 1991.

VOICI LE NOUVEAU VISAGE DES TRANSPORTS PUBLICS EN ILE-DE-FRANCE.



Depuis sa création en 1949, la RATP n'a cessé d'évoluer, s'adaptant en permanence aux réalités économiques, technologiques et sociales de son environnement.

Les années 1990 marquent une importante étape de son histoire : engagée depuis deux ans sur la voie d'une meilleure adaptation à sa mission de Service Public, la RATP place désormais au cœur de ses préoccupations les exigences des voyageurs.

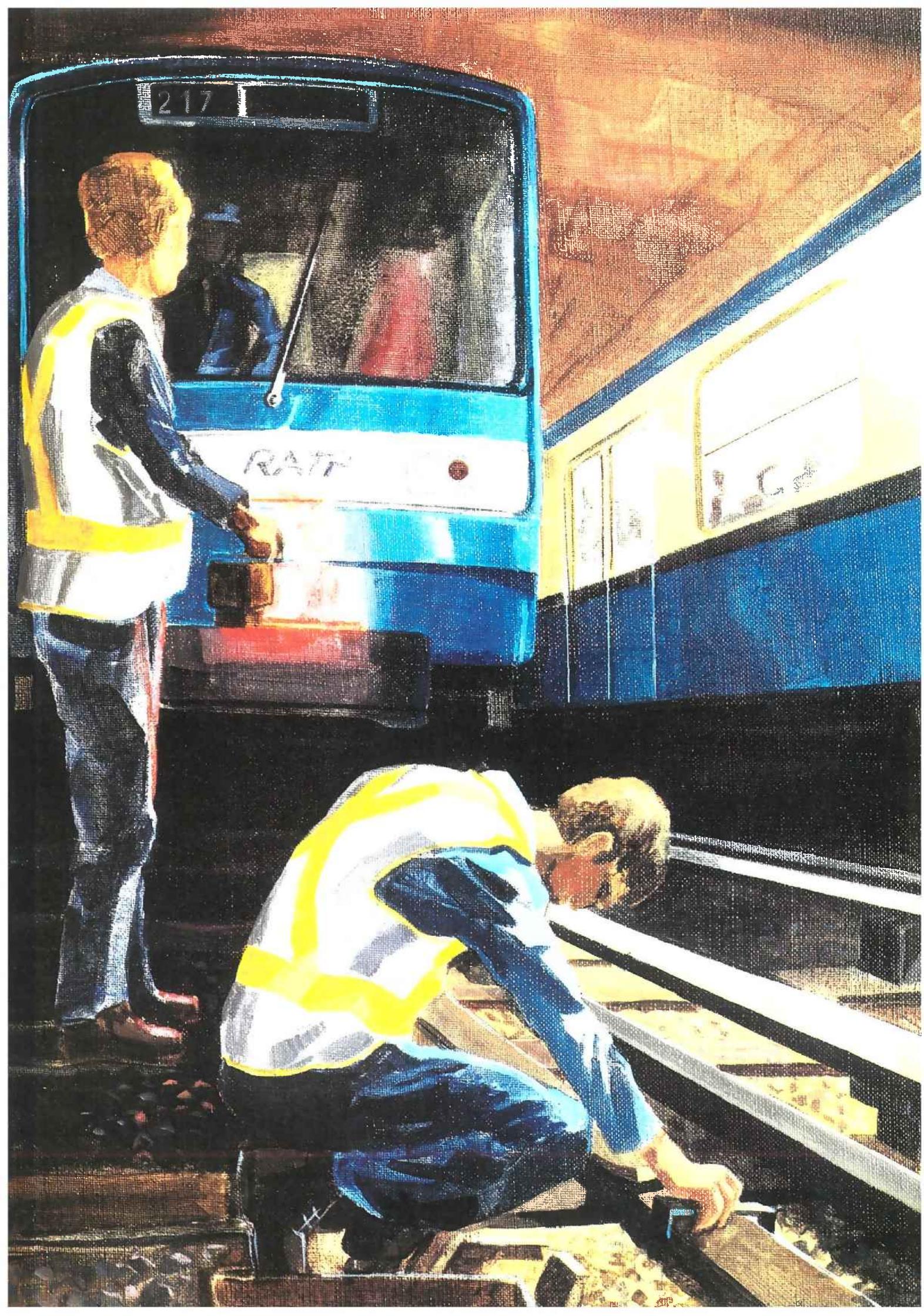
Le nouveau logotype que vous découvrez ci-dessus – un profil humain symbolisant la Seine et ses méandres s'inscrivant dans un cercle symbolisant Paris et sa région – est le reflet de la nouvelle image que l'entreprise veut donner d'elle-même : une image plus conviviale, plus chaleureuse et plus humaine, en rupture avec le concept essentiellement technique qu'impliquait le dessin du sigle RATP créé précédemment.

Les couleurs choisies, bleu comme la profondeur du ciel et vert jade évoquant l'eau, expriment la fluidité.

Cette identité graphique a été élaborée par une équipe de RSCG-SOPHA, à l'issue d'une compétition entre cinq grandes agences européennes. Seule à présenter un projet global, SOPHA a particulièrement tenu à souligner l'unicité de l'entreprise.

La RATP est en marche,

L'ESPRIT LIBRE, *vers le troisième millénaire...*



NOUVELLES DE LA RATP

LA BASE DE FORMATION À LA SÉCURITÉ DE PORTE MAILLOT



RATP - Joël Thibaut

LA sécurité des équipes de maintenance qui interviennent dans les tunnels du métro, vis-à-vis des risques électriques ou des dangers liés à la circulation des trains, dépend non seulement de la qualité des installations mais également, et pour beaucoup, du niveau de formation des agents.

En effet, sur un chantier, ceux-ci sont d'une part confrontés à des équipements modernes dont le fonctionnement est nécessairement complexe, et d'autre part tenus de respecter des consignes extrêmement strictes, notamment pour la mise et le maintien hors tension du rail d'alimentation en courant de traction 750 V (échanges de messages avec le PCC pour la demande de consignation du rail de traction, pose d'agrès de sécurité...).

Le personnel concerné, qu'il appartienne à la RATP ou aux entreprises extérieures titulaires de marchés, doit donc acquérir un certain nombre de connaissances avant d'être habilité à travailler sur les voies.

Précédemment, l'habilitation, attribuée par le Département des Équipements et Systèmes Électriques (ESE), faisait suite à une formation assurée en deux temps :

- formation théorique d'une matinée en salle ;
- puis formation pratique de nuit sur le réseau.

Mais cette formation ne donnait pas entièrement satisfaction, en ce sens que la seconde partie ayant lieu sur une section de ligne en exploitation, les opérations à effectuer ne pouvaient être réalisées que par l'animateur, les participants ne faisant alors que les reprendre en les simulant.

La partie pratique devait donc être améliorée pour faire acquérir de façon concrète aux intéressés les réflexes essentiels devant leur permettre par la suite d'avoir une réaction optimale, dans le respect des procédures, face aux différentes situations rencontrées, normales ou perturbées.

Par ailleurs, l'augmentation du nombre des agents à former et la nécessité, dans le but d'une plus grande rigueur, d'instaurer des sessions de recyclage, avaient fait naître des difficultés au niveau de la disponibilité des salles de formation et des sites de chantiers significatifs.

Aussi, le Département ESE a-t-il réalisé une installation spécifique aux besoins de formation à la sécurité, laquelle d'une part offre la disponibi-

lité requise, et d'autre part répond au niveau de qualité souhaité.

Cette installation, dite « base de formation à la sécurité », a été implantée à la station « Porte Maillot », dans l'ancienne boucle terminale de la ligne 1 du métro, abandonnée en 1936 lors de la mise en service de la nouvelle station construite dans le cadre du prolongement de la ligne à Pont de Neuilly. Elle fonctionne depuis la mi-septembre, après un an d'études et un an de travaux.

La boucle proprement dite a été complètement réaménagée. Elle comprend :

- 145 mètres de voie double reproduisant de façon fidèle et en vraie grandeur les différents types de pose de voie rencontrés sur le métro (pose pneu, pose ballast sur traverses bois ou béton, pose STEDEF), avec un appareil de voie en extrémité ;
- les divers équipements électriques d'alimentation traction du métro (troisième rail, sectionneurs, disjoncteurs, interrupteurs) ;
- la signalétique appropriée apposée sur les piédroits du tunnel (délimitation des sous-sections...).

Sur l'ancien quai « départ », ont été implantés :

- la salle de formation théorique, d'une vingtaine de places ;
- un mini-PCC local avec son tableau de contrôle optique, pour simuler le rôle du chef de régulation ;
- des locaux vestiaires, sanitaires, de rangement... ;

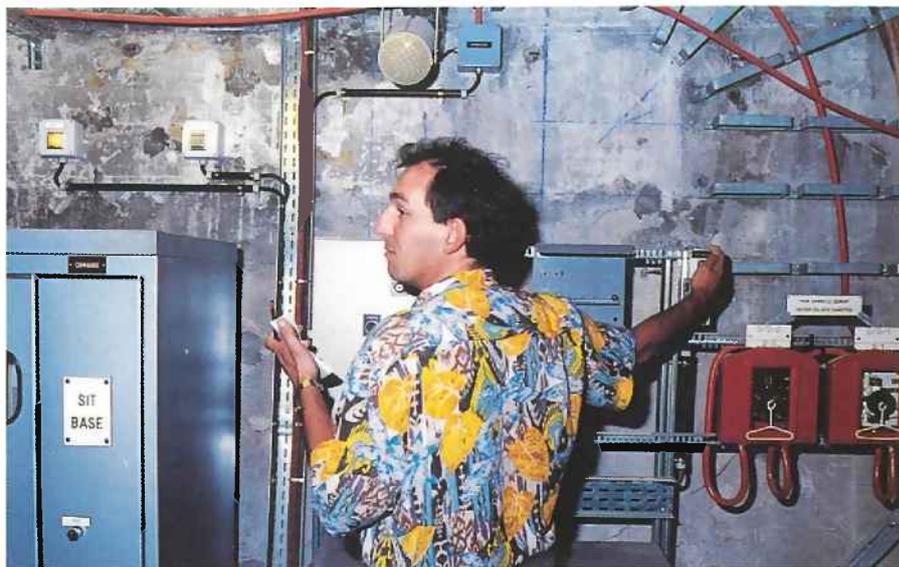
— une centrale de ventilation-climatisation.

Le tout est complété par un « espace gestuel » comprenant une plate-forme, un escalier et des locaux de stockage de matériel, destiné à dispenser une formation à la manutention de charges.

Des caméras vidéo ont par ailleurs été installées aux différents points « stratégiques » de la boucle afin de permettre une visualisation sur écrans, depuis le mini-PCC, des réactions des élèves.

Le coût de réalisation de la base s'est établi à 5,2 millions de francs.

Cette nouvelle installation, véritable « simulateur », n'est bien évidemment pas alimentée en courant réel mais



RATP - Denis Sulton



RATP - Denis Sulton

Rappelons que chaque nuit, 300 chantiers se déroulent dans l'enceinte du métro, et qu'une cinquantaine d'entreprises ont du personnel habilité par la RATP, après la formation ESE, à demander la mise hors tension du rail de traction selon les consignes édictées. Il était donc utile que la RATP se dote dans ce domaine de moyens de formation à la hauteur de ses exigences. ■

en basse tension, ce qui autorise toutes les manipulations, celles à faire et à ne pas faire, sans aucun danger pour le personnel et sans risque de détérioration du matériel.

La formation s'effectue maintenant en une journée complète. Rien n'a changé pour ce qui concerne la formation théorique mais la formation pratique suit immédiatement, et elle place les intéressés en situation réelle, ce qui permet, sous l'œil vigilant d'un formateur :

- un entraînement rapide au fonctionnement normal des divers équipements et aux procédures de sécurité à mettre en œuvre ;
- la reproduction de toutes sortes d'incidents sans perturber l'exploitation ;
- l'analyse critique des situations à risque et des comportements des élèves face à ces situations.



RATP - Denis Sulton

MATÉRIEL À ÉTAGE SUR LE RER : OÙ EN EST-ON ?

LES pouvoirs publics ayant demandé à la RATP et à la SNCF d'envisager la circulation de trains à étage sur les lignes RER de leurs réseaux, une expérimentation de matériel à 2 niveaux a eu lieu sur la ligne A du RER au cours du premier semestre 1991.

L'expérimentation a consisté à faire circuler, pendant les heures d'affluence du matin et du soir, une voiture à 2 niveaux/3 portes, représentant ce que serait une voiture intermédiaire, et une voiture à 2 niveaux/2 portes, représentant une motrice. Chacune de ces voitures était introduite au milieu d'un train MS 61 de 9 voitures.

L'expérimentation a comporté les volets ci-après :

- observation du comportement des voyageurs dans les principales gares du tronçon central et à l'intérieur des voitures à 2 niveaux ;
- comptage des voyageurs montants et descendants à Gare de Lyon, Châtelet-Les Halles et Auber ;
- comptage des voyageurs dans les voitures à 2 niveaux au départ des gares ci-dessus ;
- mesure des temps de stationnement ;
- prises de vue vidéo dans les gares du tronçon central et à l'intérieur des voitures ;
- enquête d'opinion confiée à un organisme spécialisé.

Des observations visuelles, il ressort que les voyageurs ont eu les comportements suivants :

- peu de phénomènes de « surprise » par rapport aux voitures habituelles sur la ligne ;
- bon accueil des voyageurs pour les voitures à étage ;
- utilisation des places assises sur les deux niveaux ;
- occupation par les voyageurs debout des plates-formes, des escaliers d'accès aux deux niveaux et d'environ 60 % des couloirs de circulation entre les places assises ;
- remplissage important des plates-formes.

La charge de la voiture à 2 niveaux et 3 portes a été proche de sa capacité nominale à 6 voyageurs/m² (344 voyageurs assis et debout) ; une voiture MS 61 à 4 portes a une capacité de 290 voyageurs avec 6 voyageurs/m².



Les temps moyens de stationnement ont été du même ordre de grandeur qu'avec les voitures à un seul niveau.

L'enquête d'opinion a montré que la majorité des voyageurs pensent que les prototypes (2 portes et 3 portes) constituent une nette amélioration par rapport au matériel existant en raison, notamment, du nombre plus important de places offertes. Les principales appréciations émises par les voyageurs concernant les voitures à 2 niveaux sont :

- facilité d'accès aux deux niveaux (montée et descente) ;
- agrément du transport au niveau haut où l'on peut jouir du paysage ;

- sensation d'étouffement au niveau bas et difficulté pour lire le nom des gares (toutefois, ces deux points ne remettent pas en cause le principe du véhicule) ;

- nombre insuffisant de points d'appui sur les plates-formes ;
- bon confort à l'intérieur des voitures (luminosité, espace, esthétique) mais les sièges devraient être plus confortables et plus larges.

La comparaison entre le matériel existant à 1 niveau et le matériel à 2 niveaux, relativement à leur capacité d'échange, fait ressortir un avantage pour **la voiture à 3 portes**.

Le tableau ci-dessous résume les perceptions des voyageurs.

CRITÈRES DE COMPARAISON ENTRE LE MATÉRIEL 2 NIVEAUX (MI 2N) ET 1 NIVEAU (1N)	MI 2N	MI 2N
	2 portes	3 portes
— Montée plus facile dans la voiture MI 2N que dans une voiture 1N.	45 %	52 %
— Descente plus facile d'une voiture MI 2N que d'une voiture 1N.	31 %	48 %
— Circulation plus facile à l'intérieur d'une voiture MI 2N que dans une voiture 1N.	24 %	38 %
— Circulation moins facile à l'intérieur d'une voiture MI 2N que dans une voiture 1N.	35 %	28 %

Par ailleurs, les interviews réalisées dans les voitures adjacentes aux remorques MI 2N confirment la meilleure performance de la voiture à 3 portes (77 % de satisfaction pour la 3 portes contre 57 % pour la 2 portes).

En conclusion de cette expérimentation, il apparaît que la voiture à

3 portes présente plus d'avantages (plus grande capacité, meilleures possibilités d'échanges) que la voiture à 2 portes. De nouvelles études ont montré qu'il était possible de réaliser des motrices à 3 portes et de constituer ainsi des trains de 224 mètres avec 10 voitures à 3 portes. La

décision de compléter le parc de la ligne A, avec des trains comportant des voitures à 2 niveaux, reste à prendre. ■

UNE SECONDE FRESQUE À CHAUSSÉE D'ANTIN



APRÈS la voûte de Chaussée d'Antin - ligne 7, c'est celle de Chaussée d'Antin - ligne 9 qui a été revêtue d'une immense fresque de 75 mètres de long sur 8 mètres de large, sur le thème de « La Fayette et la Révolution » (la station a d'ailleurs été rebaptisée « Chaussée d'Antin-La Fayette »).

Cœuvré de Jean-Paul Chambas, peintre réalisateur de nombreux décors de théâtre et d'opéras, cette fresque, inaugurée le 15 octobre 1991, évoque l'histoire des cultures

française et américaine par un ensemble d'images, essentiellement des portraits, empruntées aux domaines de la littérature, de la poésie, de la musique, de la peinture, du cinéma, des sciences, de la bande dessinée, etc., qui se côtoient sur fond de couleur ocre.

L'ensemble est particulièrement mis en valeur par l'éclairage, jeu de lumières d'intensité variable dirigées vers la voûte, réalisé avec le concours de Laurent Fachard, formé lui aussi au domaine du spectacle,

éclairage qui non seulement fait ressortir telle ou telle partie de l'œuvre selon les heures de la journée, mais répond également aux besoins fonctionnels de la station.

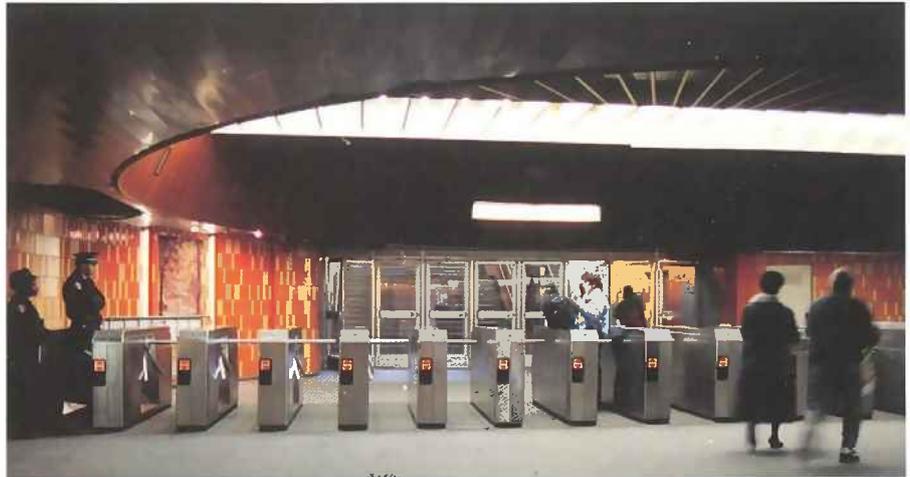
Comme la précédente, cette seconde fresque a été financée en totalité par le grand magasin des Galeries Lafayette. ■

ACCÈS REMANIÉS À RUEIL-MALMAISON

La gare de Rueil-Malmaison, sur la ligne A du RER, a subi dernièrement un remaniement de ses accès, démarré mi-septembre 1990 et réalisé en deux temps : — tout d'abord, création d'un accès supplémentaire, mis en service le 17 mai 1991 ; — ensuite, modification de l'accès principal, réouvert le 21 octobre 1991.

L'accès supplémentaire a été implanté en extrémité de quai côté « Saint-Germain-en-Laye ». Il comprend une ligne de quatre contrôles protégée par un édicule et est relié par un escalier de neuf marches à la passerelle qui enjambe les avenues Albert-1^{er} et de Colmar. Il débouche donc de part et d'autre de ces deux avenues.

Le nouvel accès principal, situé avenue de Colmar, est de type cadre de 4,5 mètres de largeur et 15 mètres environ de longueur. Il conduit à la salle des billets, dans laquelle ligne de contrôle, appareils distributeurs de titres de transport, locaux techniques



RATP - Denis Sufton

et boutique « Relais Hachette » ont été déplacés.

L'opération, d'un coût total de 6,12 millions de francs (5,1 millions pour l'accès principal et 1,02 pour l'accès supplémentaire), a été entièrement financée par la commune, qui a par ailleurs engagé d'autres travaux sur

le site (notamment la construction d'un passage piétons souterrain) pour améliorer les liaisons avec le centre commercial proche. ■

EXPLOITATION DU RÉSEAU BUS

Créations de lignes

- Le 1^{er} octobre 1991, une nouvelle ligne, d'indice 139, s'est ajoutée au nombre des dessertes de la banlieue nord-est de la capitale.

Longue de 5 kilomètres, cette ligne assure tous les jours la liaison entre la station « Porte de la Villette » de la ligne 7 du métro et la gare RER de

« Saint-Denis-La Plaine voyageurs » (ligne B SNCF), en traversant le sud-ouest de la commune d'Aubervilliers.

- C'est aussi le 1^{er} octobre 1991 qu'a fait son apparition dans les rues de Charenton-le-Pont le « Liberté Bus » (ou ligne 380).

Il s'agit d'un nouveau service urbain qui relie, du lundi au samedi (sauf jours fériés), la station « Liberté » de la ligne 8 du métro au centre commercial de Bercy II, par un itinéraire de 1,7 kilomètre de longueur. Les départs ont lieu toutes les vingt minutes de 7 h 15 à 19 h 45.



Photos RATP - A. Barouin

Le Liberté Bus, en désenclavant les quartiers sud de la commune, complète la desserte effectuée par la ligne 24, dont le service a par ailleurs été renforcé.

● Le 30 septembre 1991, est né à Puteaux un second circuit du « Buséolien » (ligne 341).

D'orientation est-ouest entre les rues de Bellini et Georges Pompidou, ce second circuit, en forme de double boucle de 2,7 kilomètres centrée sur la place Stalingrad, complète le premier circuit nord-sud mis en service en avril 1987 (*), avec lequel il est en correspondance à l'arrêt « Mairie-Église ».

Le nouveau circuit est exploité du lundi au samedi (sauf jours fériés) avec départs toutes les vingt minutes de 8 h à 17 h 45 (une interruption est toutefois marquée entre 12 et 15 h).



RATP - Ali Barouni

Prolongements d'itinéraires/ Extension de service

● Depuis le 10 septembre 1991, l'itinéraire de la ligne 148 est modifié dans Le Blanc-Mesnil et prolongé tous les jours jusqu'à l'église Saint-Charles (+ 0,7 km).

● Depuis le 1^{er} octobre 1991, la ligne 436 est, dans la ville nouvelle de Cergy-Pontoise, prolongée du lundi au vendredi aux heures de pointe du matin et du soir (sauf les jours fériés et en période de vacances scolaires) jusqu'au nouveau lycée des Croizettes à Courdimanche (+ 3 km).

● Depuis le 1^{er} octobre 1991 également, le service de soirée de la ligne 347, limité auparavant à Montfermeil (Les Bosquets), est étendu à Montfermeil (Hôtel-de-Ville), avec desserte de tous les points d'arrêt depuis Bobigny-Pablo Picasso (Préfecture-Métro).

● Depuis le 21 octobre 1991, la ligne 419, exploitée du lundi au vendredi sauf jours fériés dans la ville nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines, est prolongée de Voisins-le-Bretonneux (La Bretonnière) à Magny-les-Hameaux (Mérantais).

Couloirs réservés

De juin à décembre 1991, dix nouveaux couloirs dans le sens de la circulation générale ont été mis en service dans Paris. Ils se situent :

— rue Étienne Marcel côté impair (1^{er} arrondissement), de la rue de Turbigo au boulevard de Sébastopol (150 m), sur l'itinéraire de la ligne 29 ;

— rue Dauphine côté impair (6^e arrondissement), de la rue Saint-André des Arts au numéro 9 de la rue (270 m), sur le trajet des lignes 58 et 70 ;

— rue Guénégaud côté impair (6^e arrondissement), sur une longueur de 20 mètres à partir du quai de Conti, sur le trajet des mêmes lignes 58 et 70 ;

— rues Oberkampf et de Ménilmontant dans les deux sens, chacun sur une longueur de 10 mètres à hauteur du carrefour formé avec les boulevards de Belleville et de Ménilmontant, sur le parcours de la ligne 96 ;

— boulevard Arago côté pair (13^e arrondissement), de la rue Broca à la rue de la Glacière (80 m), sur le parcours de la ligne 83 ;

— boulevard Brune côté impair (14^e arrondissement), entre la rue Didot et la Porte de Vanves (530 m), sur l'itinéraire des lignes 58 et PC intérieure ;

— boulevard Lefebvre côté impair (15^e arrondissement), entre la rue Olivier-de-Serres et la rue de Vaugirard (310 m), sur le parcours de la ligne PC intérieure ;

— boulevard Berthier côté pair (17^e arrondissement), entre l'avenue de la Porte d'Asnières et la rue de l'Abbé Rousselot (200 m), sur l'itinéraire de la ligne PC extérieure ;

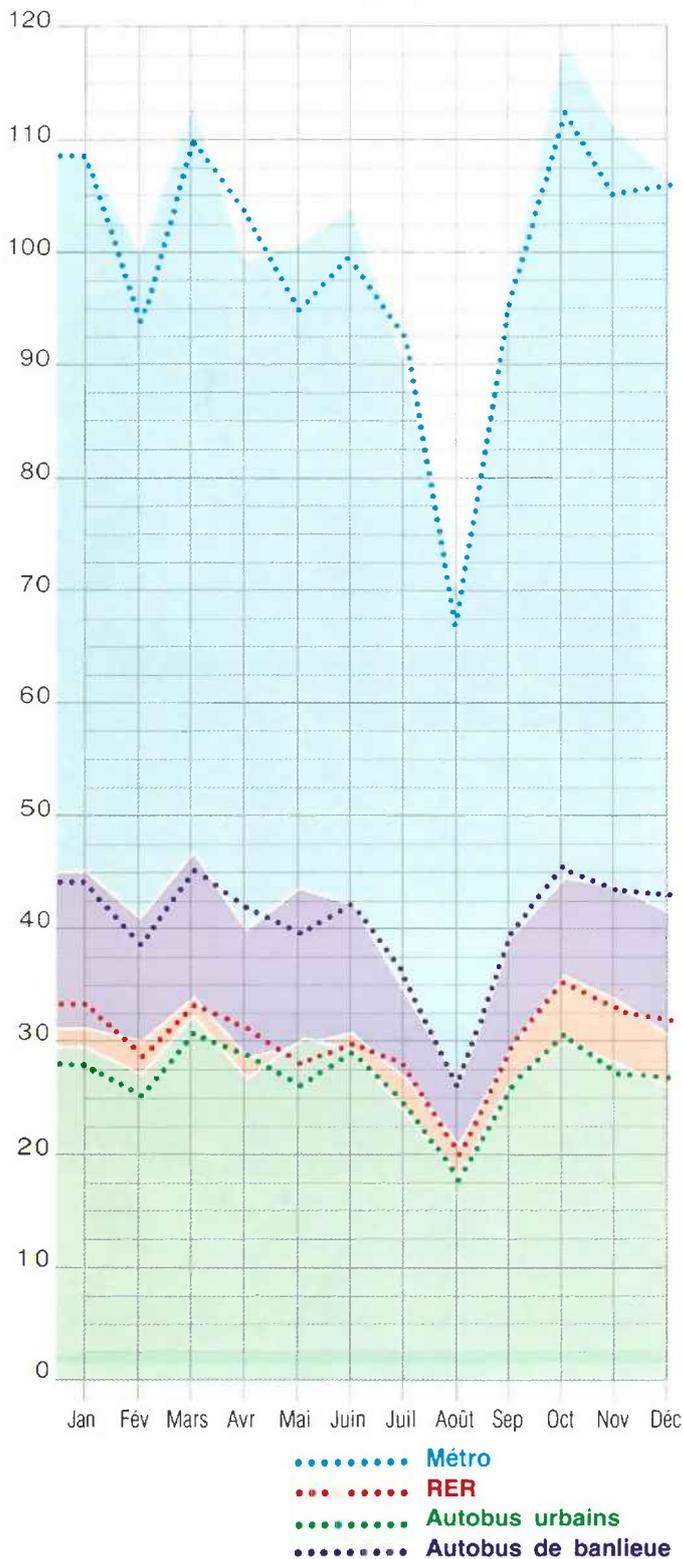
— enfin, rue Curial côté pair (19^e arrondissement), sur une longueur de 20 mètres à partir de la rue Riquet, sur le trajet de la ligne 60.

En banlieue, un couloir dans le sens de la circulation générale a été créé en novembre 1991 sur la RN 301 dans la commune de Stains (Seine-Saint-Denis). Long de 690 mètres entre le carrefour du Globe et la limite de Saint-Denis, ce couloir est emprunté par les lignes 150, 153 B, 250 A et 250 B. ■

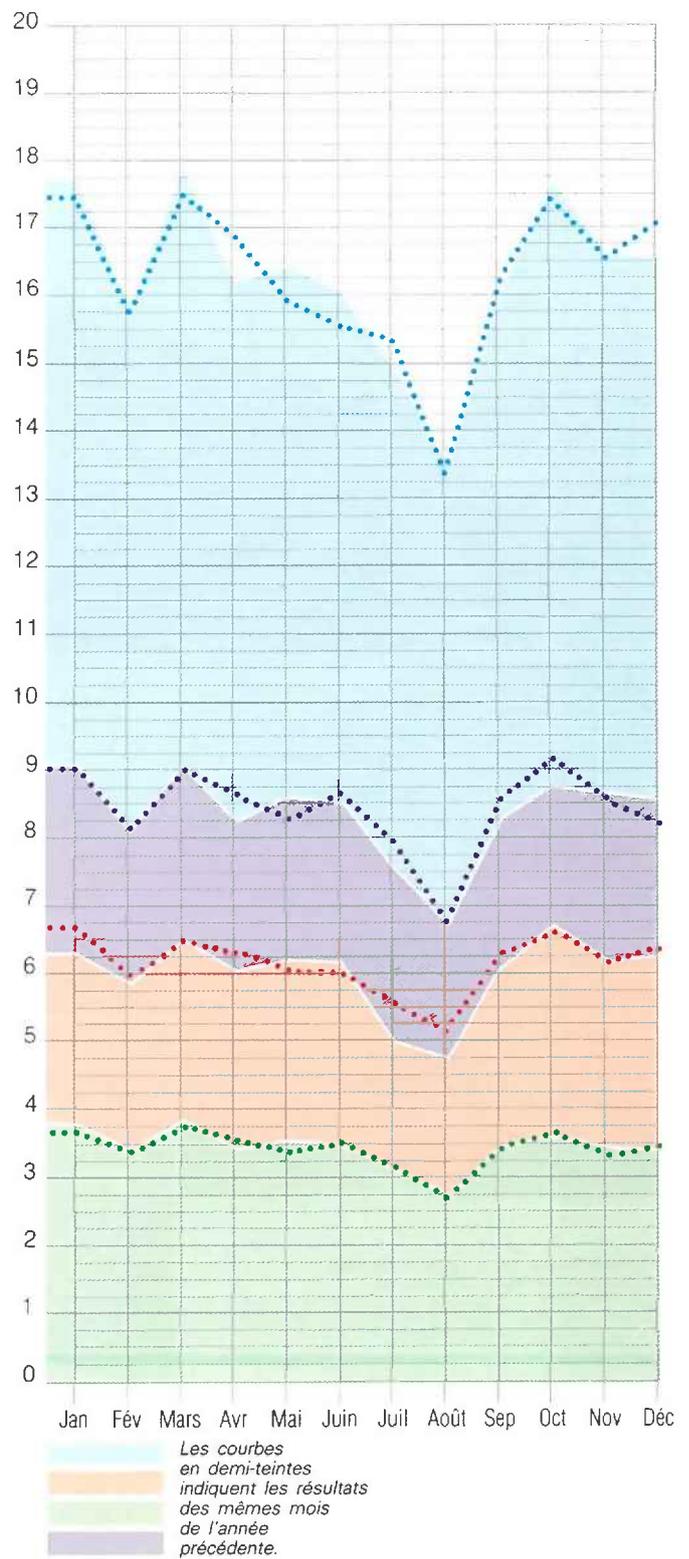
(*) Voir le numéro de juillet-août-septembre 1987 de notre revue.

TRAFIC ET SERVICE DE L'ANNÉE 1991

Millions de voyages effectués



Millions de km-voitures

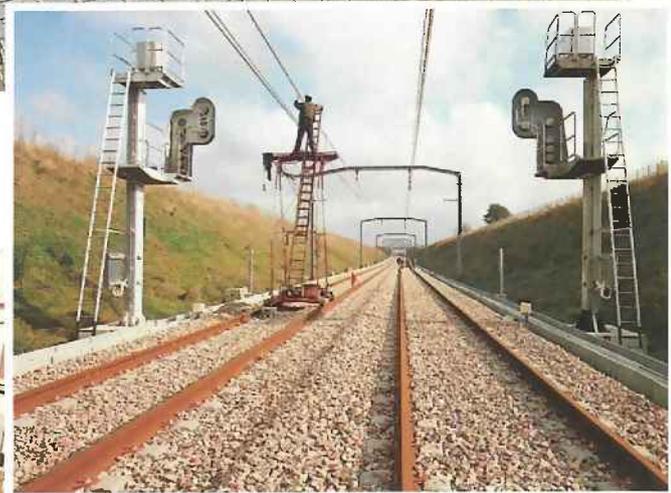




①



②



③



④



⑤

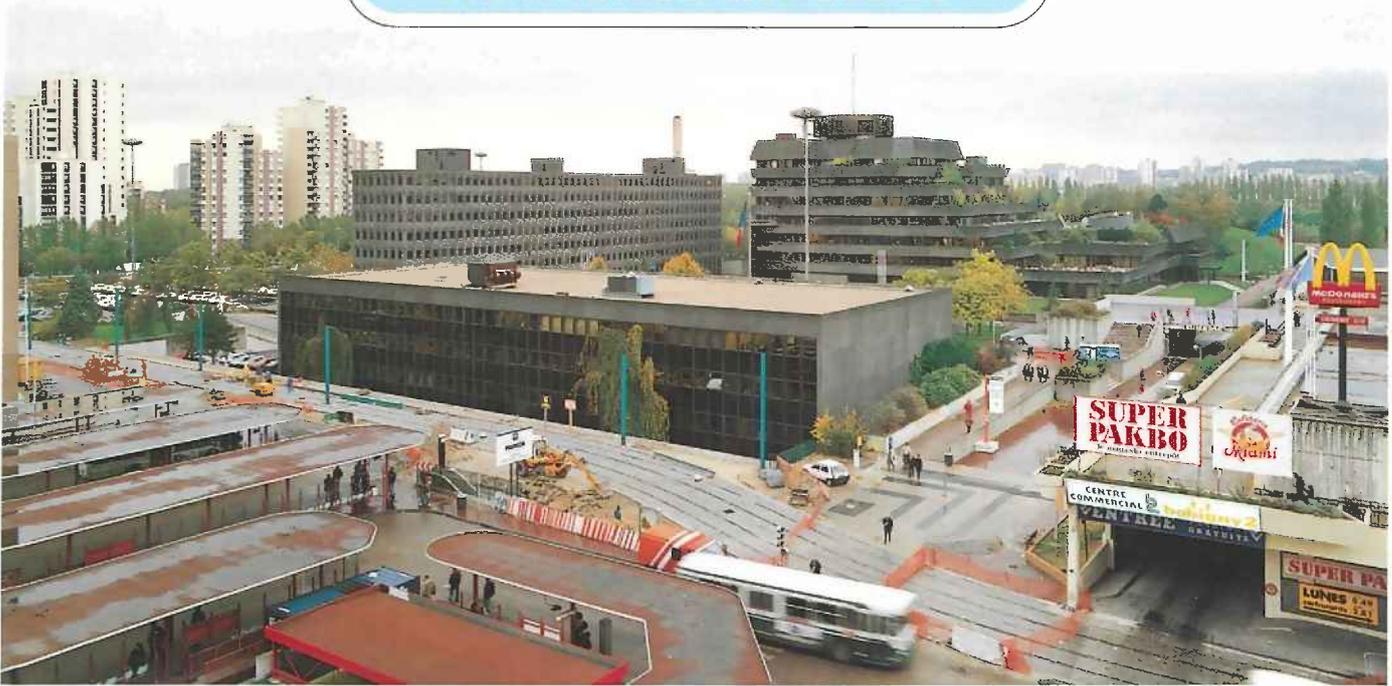
Prolongement de la ligne A du RER à Chessy/Parc Euro-Disneyland

- ① Le bâtiment voyageurs de la gare terminale de « Marnes-la-Vallée/Chessy ».
- ② Travaux de voie et de caténaires dans le secteur de Bussy-Saint-Georges.

Prolongement de la ligne 1 du métro à la Défense

- ④ Réalisation du parc de stationnement de la ville de Neuilly-sur-Seine.
- ⑤ Aménagement de la station intermédiaire « Esplanade de la Défense ».

Nouvelles diverses



6



7



8

VUES DES TRAVAUX EN COURS

RATP - Gérard Dumox



9



10

- Tramway « Saint-Denis-Bobigny »**
- 6 La voie dans le secteur de la Préfecture de Bobigny.
 - 7 Pose de la voie le long de la rue de Strasbourg à Saint-Denis.
 - 8 Bétonnage de la plate-forme de franchissement de l'autoroute A1.
 - 9 Pose de caténaires.
 - 10 Construction du hall diagnostic du matériel roulant aux ateliers de Bobigny.

Photos RATP - ITA/Audiovisuel

NOUVELLES DE FRANCE



CAEN

Autobus à plancher surbaissé et trottoirs surélevés

Début février 1992, cinq autobus à plancher surbaissé — des SETRA S 300 NC, fabriqués en France par la société Kässbohrer — seront livrés à la ville de Caen. La cité normande disputera ainsi à Rouen, qui a également passé commande de cinq de ces autobus, l'honneur d'être la première ville de France à s'équiper de ce type de véhicules. Elle sera, en tout cas, la première à pousser la logique de l'accessibilité jusqu'au bout, en surélevant le trottoir devant les arrêts pour les mettre à la hauteur du plancher des bus.

Avec un plancher à 320 millimètres du sol, abaissable à l'arrêt jusqu'à 280 millimètres grâce à un système d'« agenouillement » pneumatique, aucune marche à l'intérieur sauf dans la partie arrière, et un plancher plat de la porte avant à la porte médiane, ces autobus à plancher surbaissé offrent une accessibilité maximale aux personnes ayant des difficultés à se déplacer et pas seulement aux handicapés en fauteuil roulant. Pour le premier adjoint au maire de Caen, l'avenir de l'autobus est au plancher bas : « *Le mouvement est irréversible. Le métro, les nouveaux tramways, offrent une accessibilité totale. Il n'est pas imaginable que l'autobus, moyen de rabattement idéal vers ces transports lourds, n'offre pas la même accessibilité. Cela ne se fera pas du jour au lendemain ; il nous faudra une dizaine d'années, peut-être moins si nous y mettons les moyens, mais nous y parviendrons.* »

Des moyens financiers non négligeables puisque, outre le prix du véhicule (10 % plus cher qu'un autobus standard), des aménagements de voirie seront nécessaires pour rehausser les trottoirs. Tous les arrêts de la ligne 13, où circuleront les cinq autobus, verront, en effet, leur trottoir d'accostage surélevé d'une dizaine de centimètres pour atteindre 28 cen-



Photo CTAC

timètres. Chaque aménagement d'arrêt coûtera de 20 à 30 000 francs, ce qui donne pour une ligne environ 25 % du prix d'un autobus.

La mise en place d'autobus à plancher surbaissé ne supprimera pas pour autant les services spécifiques mis à la disposition des handicapés lourds. Mais, techniquement, les personnes en fauteuil roulant, disposant d'une certaine autonomie, pourront sans difficulté accéder aux autobus de la ligne 13, si ceux-ci peuvent s'approcher suffisamment près des « quais ». Les services techniques de la CTAC (*Compagnie des Transports de l'Agglomération Caennaise*), qui exploite le réseau de Caen, étudient actuellement un système de rail de guidage pour bus, similaire à celui

que l'on voit dans les stations de lavage, pour permettre aux bus de se positionner parallèlement au trottoir et à une distance maximum de 5 à 8 centimètres. ■

(Transport public, octobre 1991)



LE HAVRE

Des taxis pour les personnes à mobilité réduite

Depuis 1980, une concertation entre les élus de la ville du Havre et les représentants des associations de handicapés a permis la réalisation d'un service de transport pour personnes à mobilité réduite, dont la gestion a été confiée à la CTPO (*Compagnie de Transport de la Porte Océane*).

L'utilisation de deux minibus, spécialement aménagés, répondait aux

demandes de déplacements de trottoir à trottoir. En 1990, sur 529 personnes accréditées, 320 ont au moins utilisé une fois le service et 15 300 voyages ont été réalisés cette année-là.

La quasi-saturation d'utilisation des deux minibus, notamment aux heures de pointe, ne permettant pas de satisfaire un grand nombre des demandes, a incité la ville du Havre et les partenaires concernés à la mise en œuvre d'un système adapté et élargi de déplacement des personnes à mobilité réduite.

Après plusieurs hypothèses, la CTPO a proposé d'avoir recours, en sous-traitance, aux taxis, qui, en tant que mode complémentaire aux moyens actuels, assureront une réponse efficace et souple à l'ensemble des besoins. Cette solution acceptée par la ville du Havre, après avis des différentes associations, se rapprochera au maximum des mesures existantes sur le réseau de bus, tant pour l'amplitude du service que pour la tarification.

Avec cette nouvelle organisation, la CTPO attend près de 35 000

voyages par an à l'horizon 1995. Le coût à la charge de la ville du Havre atteindrait environ 1 500 000 francs hors taxes par an.

Ce nouveau service devrait mieux répondre à l'évolution prévue de la typologie de la clientèle : à savoir une diminution en pourcentage du nombre des personnes en fauteuil roulant par rapport au nombre total d'accrédités (le plus souvent, des personnes âgées à mobilité lente). ■

(Transport public, juillet-août 1991)



Photo CTPO

NOUVELLES DE L'ÉTRANGER



LONDRES

Le DLR au cœur de la City

Le 29 juillet 1991, soit environ dix-huit mois au-delà de la date initialement prévue, le prolongement au nouveau terminus ouest « Bank » du mini-métro automatique DLR (Docklands Light Railway) a été mis en service. Ce sont, essentiellement, des problèmes dus à la proximité des fondations de la « Mansion House » — bâtiment historique où réside le Lord Maire de la City — qui ont causé un important retard à l'exécution des travaux de percement des tunnels.

Ce prolongement de ligne, entièrement souterrain (contrairement au reste du réseau), a une longueur de 1,2 kilomètre et est constitué de deux

tunnels à voie unique ; mais seul l'un d'eux est ouvert à l'exploitation, le second devant l'être, en principe, avant la fin de l'année. Le diamètre des tunnels est de 4,9 mètres, donc supérieur à celui des tunnels du métro londonien du type « Tube », en raison du gabarit plus important des voitures du DLR et de la présence d'une piste de cheminement continue, à hauteur du quai, pour l'évacuation des voyageurs en cas d'urgence. Jusqu'à l'ouverture du second tunnel, l'intervalle entre les rames qui desservent « Bank » est limitée à dix minutes. Ultérieurement, l'intervalle passera à deux minutes, en période d'affluence. Toutes les rames allant à « Bank » sont composées de nouvelles voitures du type B 90, construites en Belgique, qui viennent d'être livrées.

La mise en service du prolongement à « Bank » va faire perdre de l'importance à « Tower Gateway », l'ancien terminus, ce qui entraînera une réduction de la fréquence des rames qui le desservent (probablement, quatre rames par heure seulement).

Il faut rappeler que deux autres prolongements du réseau DLR sont prévus : l'un vers Beckton, à l'est, ac-

tuellement en construction, et dont la mise en service aura lieu en 1992, et l'autre vers Lewisham au sud, encore au stade des études, et qui devrait être ouvert à l'exploitation en 1995. Par rapport à 1987, année de sa mise en service, la longueur totale du réseau passerait ainsi de 12 à près de 25 kilomètres, et le parc de matériel roulant, de 11 à 80 voitures. ■

(Modern Railways, septembre 1991)



Photo Modern Railways

Nouvelles voitures type B 90 au nouveau terminus « Bank ».



Document Modern Tramway



TURIN

Métro léger et VAL complémentaires

Le VAL part à la conquête de la capitale italienne de l'automobile. Le 23 juillet 1991, le conseil municipal de Turin a décidé de choisir le projet



Nouvelle rame articulée du métro léger de Turin.

présenté par Transfima, filiale de Matra Transport et de Fiat Impresit, pour réaliser la ligne 1 du métro. Cette victoire a été remportée face à des concurrents européens, japonais et nord-américains, dont certains sont liés à des partenaires italiens. Elle se traduit pour l'instant par un contrat d'études de 5,5 milliards de lire (*) qui marque toutefois un premier pas décisif pour l'implantation du système VAL dans un pays de la CEE.

Le cas turinois ne manque pas d'originalité : le VAL arrive dans la capitale piémontaise comme un outil supplémentaire dans un ensemble complexe associant à terme au futur métro le RER, les lignes de banlieue des Chemins de fer italiens FS (Ferrovie dello Stato), les tramways modernes et classiques, et les autobus.

Le futur RER turinois est en cours de construction, notamment avec des quadruplements de lignes FS aux abords de l'agglomération : il consistera à « brancher » les banlieues FS avec un réseau local, celui du « Turin - Ceres », par l'intermédiaire d'un tunnel traversant le centre-ville.

(*) 1 000 lire (ITL) = 4,60 FRF.

Le réseau des tramways de l'ATM-TT (Azienda Tranvie Municipali- Trasporti Torinesi) transporte annuellement plus de 90 millions de voyageurs. Il comporte actuellement 9 lignes à voie normale se développant sur près de 110 kilomètres. Un réseau desservi par 369 rames dont 105 unités très récentes de deux séries différentes construites par Fiat Ferroviaria (51 rames de la série 7000 et 54 rames de la série 5000 à plancher bas) mises en service pour le « métro léger ». Sous cette dénomination, depuis 1985, l'ATM a entrepris de moderniser trois lignes, les plus importantes du réseau (50 km au total), pour leur faire jouer un rôle de tram-

way express en site propre affranchi au maximum des aléas de la circulation automobile avec, par exemple, des traversées de carrefours en souterrain et des sections en tunnel au centre-ville. Les nouvelles lignes du métro léger devraient ainsi, selon leurs concepteurs, offrir une capacité maximale de 8 à 12 000 voyageurs à l'heure de pointe avec un intervalle de cinq minutes entre chaque tram. Dans un avenir plus lointain, une dernière ligne, dite ligne 2, devrait boucler sur plus de 15 kilomètres tout l'ouest de la ville de Piazza Castello à Piazza Bengasi.

En 1987, la ligne 3, qui se développe d'ouest en est sur 10 kilomètres au nord de la ville avec 27 stations, du quartier de Valette à Hermada, fut la première à être modernisée, avec la mise en place d'un tracé en site propre ou protégé sur les deux tiers de son parcours et l'introduction des nouvelles rames articulées doubles de la série 7000 offrant 290 places. En 1988/89, les rames de la série 5000 à plancher bas commencèrent aussi à être mises en service sur la ligne 3 et d'autres lignes. La partie de la ligne 3 située



de infographie : L'Alagna

Le métro léger de Turin.

Photo La Vie du Rail

Document La Vie du Rail

au centre-ville devrait ultérieurement être mise en souterrain.

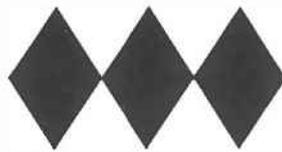
Le second axe de tramway destiné à être transformé en métro léger serait l'actuelle ligne 4 au tracé nord-sud sur 16,2 kilomètres de La Falchera à Mirafiori (usines Fiat) et Piazza Caio Mario avec un prolongement éventuel au-delà vers Mirafiori sud et le quartier dit de Borgaretto : elle serait en correspondance avec la ligne 3 à Piazza Castello et avec la ligne 1 à la gare de Porta Nuova.

Cette dernière ligne 1 est actuellement un axe de tramway classique : elle se développe de l'ouest au sud de la ville sur une douzaine de kilomètres allant des abords du faubourg de Rivoli à Piazza Bengazi près de la gare FS de Lingotto. La ligne 1 devait être prolongée d'une dizaine de kilomètres jusqu'à Rivoli et incluse dans le système du métro léger avec une longue section en tunnel de 4,5 kilomètres dans le centre-ville qui aurait desservi les gares FS de Porta Susa et Porta Nuova. Les édiles turinois ont donc décidé d'adopter le VAL, totalement en souterrain ou en tranchée couverte, pour moderniser cette ligne sur 14 kilomètres avec 26 stations. Dans une première étape, le VAL ne devrait concerner que la section occidentale de la ligne 1 sur près de 8 kilomètres avec 16 stations, entre la gare de Porta Nuova et le quartier de Collegno où serait édifié le dépôt. Cette première section serait desservie par 34 rames doubles semblables à celles de Lille et sa capacité maximale atteindrait 17 000 voyageurs par heure. Cette première section du VAL de Turin pourrait être prolongée de 5,5 kilomètres jusqu'à Piazza Bengasi, terminus de la ligne 1. Le coût de la première phase atteindrait 1 000 milliards de liras.

Reste le prolongement de la ligne 1 sur 10 kilomètres vers l'ouest, un prolongement prévu à l'origine dans les projets de métro léger : le choix n'est pas encore fait pour la réutilisation de la plate-forme de l'ancienne ligne de tram suburbain de Rivoli. Sert-elle réutilisée pour implanter un métro léger comparable à la ligne 3 ou pour un éventuel prolongement du VAL ?

Mais l'avenir immédiat concerne le premier tronçon de la ligne 1 : d'ici 1995/96, les premières rames du VAL rouleront à Turin. ■

(La Vie du Rail, 22 août 1991)



SANTIAGO

Une troisième ligne de métro en projet

La construction d'une troisième ligne (sur pneus comme les deux premières) du métro de Santiago constitue un élément essentiel du très important programme triennal de travaux publics annoncé par le Président chilien le 31 août 1991. Ce programme d'investissements, d'un montant de 835 milliards de pesos (*), est dominé par les améliorations prévues pour les infrastructures de transport et comprend, notamment, 100 milliards pour l'extension du métro de la capitale.

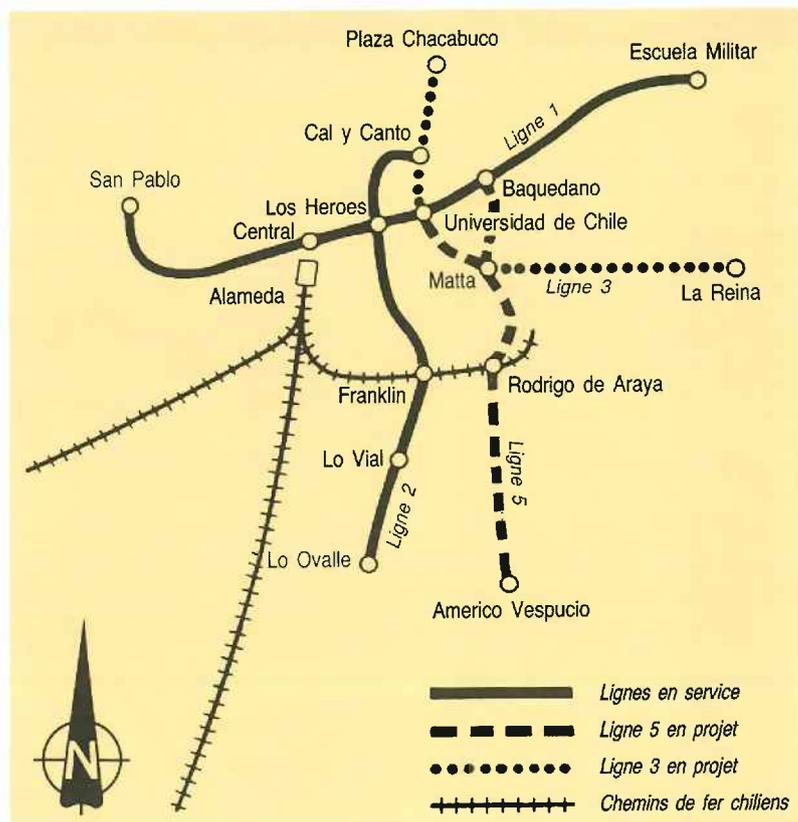
Cette nouvelle ligne de métro sur

(*) 100 pesos chiliens (CLP) = 1,60 FRF.

pneus — dénommée ligne 5 — partira du centre-ville en direction de « La Florida », dans la banlieue sud, en longeant l'avenue Vicuna Mackenna jusqu'au terminus « Americo Vespuccio ». Pour la section nord de la ligne, qui rejoindra la ligne 1 à partir de « Matta », deux variantes de tracés, dont le choix sera décidé très prochainement, sont encore à l'étude : la jonction se fera soit à « Universidad de Chile », soit à « Baquedano ». Selon l'option choisie, la longueur de la ligne 5 sera de 11,1 ou de 12,2 kilomètres, le coût prévu allant de 71 à 100 milliards de pesos. Les travaux de génie civil devraient commencer au second semestre de 1993.

Une autre ligne — dite ligne 3 — est également envisagée dans une phase ultérieure : reliant « Plaza Chacabuco », au nord, à « La Reina », à l'est, elle pourrait, le cas échéant, emprunter le même tracé que celui de la ligne 5 dans le centre-ville, entre « Matta » et « Universidad de Chile ». ■

(Railway Gazette International, octobre 1991)



Le réseau de métro de Santiago.



MEXICO

Ouverture de la ligne A du métro léger « Pantitlán-La Paz »

Avec l'inauguration, le 12 août 1991, de la ligne A, le métro de Mexico vient de s'étendre de 17 kilomètres dont 4 hors du District Fédéral, dans l'État de Mexico qui entoure l'agglomération. Cette ligne part de la station « Pantitlán », terminus des lignes 1, 5 et 9 et, après un kilomètre et demi en tranchée couverte, suit sur environ 11 kilomètres le terre-plein central de la chaussée du Général Zaragoza puis, sur les quatre derniers kilomètres, la ligne de chemin de fer « Mexico-Puebla », pour aboutir enfin à la gare de la commune de La Paz. La voie est donc à l'extérieur sur 85 % de la ligne, les seules zones souterraines, outre le départ de Pantitlán, correspondant au passage sous des voies routières d'importance majeure.

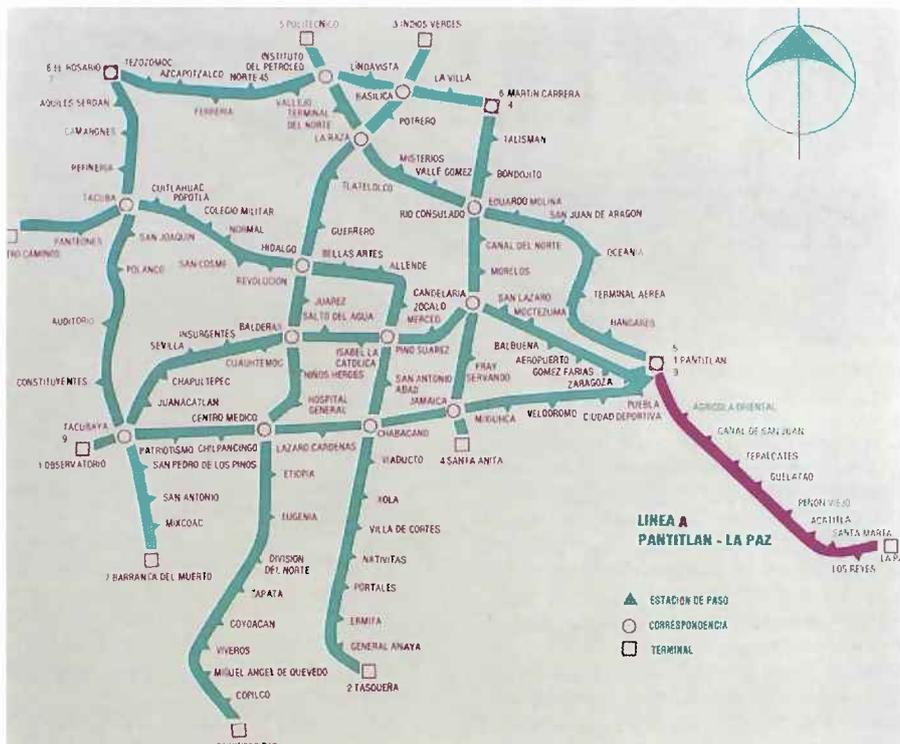
La ligne comprend dix stations dont seule « Pantitlán » est souterraine. Ces stations sont longues de 150 mètres pour accueillir des trains de 9 voitures en phase finale. Trois de ces stations deviendront ultérieurement des stations de correspondance quand des lignes de métro existantes auront été prolongées.

La voie est une voie « fer » classique sur traverses béton en pleine voie et traverses en bois dans les zones d'appareils de voie. Elle est posée sur ballast.

L'électrification est assurée en courant continu 750 V avec distribution par une caténaire divisée en cinq secteurs et dix sections alimentées par seize sous-stations de 2 500 kW chacune reliées au réseau public 23 kV. Chaque station possède deux postes « éclairage-force » reliés à un réseau public spécialisé 23 kV en boucle. La signalisation est assurée par des signaux latéraux. Le pilotage automatique permet de respecter un intervalle de 105 secondes en toute sécurité ; celui-ci est basé sur le SA-

CEM, déjà en service à Paris sur la ligne A du RER. Mexico est donc la deuxième ville au monde à bénéficier de ce système.

La ligne a son propre poste de commande centralisée, situé à la station « Guelatao » à peu près au milieu de la ligne, qui commande le mouvement des trains en ligne et aux



Le réseau de métro de Mexico.

ateliers de La Paz ainsi que l'alimentation en énergie de traction.

Le matériel roulant a été construit au Mexique par « Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril » (« Concarril »). Il ressemble à celui des autres lignes du métro de Mexico avec toutefois un roulement sur fer et non sur pneumatiques et une captation du courant par pantographe et non par frotteur. Avec une vitesse maximale de 100 km/h, les trains peuvent atteindre une vitesse commerciale de 40 km/h sur cette ligne.

Le trafic attendu au début est de 250 000 voyageurs par jour ; au fur et à mesure de l'augmentation du trafic, l'augmentation du nombre de trains et du nombre de voitures par train devrait permettre de passer du débit initial de 15 000 voyageurs par heure et par sens à 60 000 voyageurs par heure et par sens avec 1 800 voyageurs par train de 9 voitures.

Des ateliers ont été construits à l'est du terminus de « La Paz ». D'une surface de 17 500 mètres carrés, ils permettent le garage de 20 trains, en phase initiale, et disposent pour le petit entretien de cinq voies sur fosses. Ils possèdent également une voie d'essai, un tour en fosse au défilé, une presse à monter/démonter les essieux, un vérin en fosse, une machine à laver les trains. Le site abrite également un atelier de la voie et un atelier de caténaires. Un atelier de grandes révisions pourra y être construit ultérieurement mais, dans l'immédiat, celles-ci se font aux ateliers de Zaragoza qui effectuent déjà des grandes révisions pour le matériel roulant du métro. Une voie de raccordement a été construite entre ces ateliers et le terminus de « Pantitlán ». Enfin, à Pantitlán, une halle de garage pour six trains a été construite.

La construction de la ligne A sur le terre-plein central de la chaussée du



Photo STC

Rame FM 86 à la station « Pantitlán ».

Général Zaragoza s'est accompagnée d'une réhabilitation complète de cette artère sur les onze kilomètres de parcours commun avec la ligne. Par ailleurs, deux gares routières ont été réalisées, à Santa Marta et à La Paz. La réalisation de la ligne a également été l'occasion de la reconstruction ou de la création de 21 passerelles pour piétons au-dessus de la chaussée. Six carrefours ont également été supprimés par franchissement de la chaussée et de la ligne par des ponts suspendus de 55 mètres de portée moyenne (480 m de longueur moyenne avec les accès). Enfin, 507 000 mètres carrés d'espaces verts et 24 750 arbres ont été plantés.

L'objectif de la construction de cette ligne est, bien sûr, de réduire la pollution en incitant les migrants en provenance de l'État de Mexico à utiliser les transports publics. C'est ainsi qu'on estime que 60 % des voyageurs auront comme origine ou destination l'État de Mexico, les 40 % restants ayant comme origine ou destination le District Fédéral. Avec cette nouvelle ligne, les autorités attendent la création directe de 16 000 emplois, auxquels viendraient s'ajouter un nombre égal d'emplois induits.

Le choix du type de matériel roulant a correspondu au désir de créer un mode de transport intermédiaire entre le métro classique et un chemin de fer de banlieue, les interstations de cette ligne A étant comprises entre 1 200 mètres et 2 200 mètres (moyenne 1 888 m).

**

Le réseau du métro de Mexico, exploité par le STC (*Sistema de Transporte Colectivo*), comporte maintenant 9 lignes qui totalisent 157 kilomètres de voie double et transportent quelque 5,5 millions de voyageurs par jour. Il sera complété par la ligne 8 fin 1994, dont les travaux viennent de démarrer.

Ce réseau est né de l'imagination et de la volonté d'un groupe d'ingénieurs de la RATP (à travers sa filiale d'ingénierie la SOFRETU), ainsi que d'industriels et de financiers français et mexicains. Dans les premières étapes de sa construction, les fournitures d'équipements, de matériel roulant, ainsi que l'ingénierie, étaient en presque totalité d'origine française. Au fur et à mesure de la réalisation des différentes lignes, le transfert de technologie qui s'est opéré a permis au Mexique d'assurer une part croissante des fournitures et des prestations. L'entreprise mexicaine Concaril par exemple, construit le matériel roulant, en utilisant des licences d'origine française, mais également des composants d'origine japonaise (motorisation) ou allemande (bogies). Des fournisseurs français comme GEC ALSTHOM, MATRA TRANSPORT, SYSECA, etc., ont créé des implantations locales qui assurent une partie des fournitures, ainsi que des prestations d'installation et de maintenance.

Pour la ligne A, SOFRETU a assuré

les études et le suivi de réalisation de la voie, de l'alimentation traction, de la commande centralisée d'exploitation, du pilotage automatique (SACEM).

À travers sa filiale SOFRETU, la RATP participe donc depuis près de vingt-cinq ans, et de manière quasi-continue, à la création et à l'extension du métro de Mexico. Cette participation manifeste concrètement l'implication officielle de la France dans un projet ; au-delà de son rôle strict d'assistance au maître d'ouvrage, la SOFRETU apporte en effet au gouvernement mexicain l'assurance que des conflits d'intérêts entre industriels français ne seront jamais traités aux dépens du client, et au gouvernement français la garantie d'une utilisation optimale des fonds publics français affectés à l'opération. La SOFRETU est présente à Mexico auprès de la COVITUR (Comisión de Vialidad y Transportes Urbanos), organisme qui supervise les travaux du métro, avec une mission permanente d'une dizaine d'ingénieurs ; cette mission est renforcée lors des périodes critiques, notamment lors des mises en service, où l'effectif est pratiquement doublé. La SOFRETU est intervenue également au Mexique à Mexico même pour d'autres moyens de transport (tramway, autobus), et dans d'autres villes importantes (Monterrey, Guadalajara...).

La formation de nombreux ingénieurs et techniciens, tant de l'organisme constructeur COVITUR que de l'exploitant STC, a été assurée par la SOFRETU. Enfin, des contacts étroits sont maintenus entre le STC et la RATP, notamment lors de séminaires d'échanges d'expériences qui ont lieu annuellement, alternativement à Mexico et à Paris. ■

(D'après documents SOFRETU)

POUR compléter votre information, vous trouverez dans la Revue Générale des Chemins de Fer :

numéro d'octobre 1991 :

- **Spécial TGV** (10 ans).

numéro de novembre 1991 :

- « **Identification automatique des véhicules : le déroulement de l'expérimentation à la SNCF** », par Daniel Lancien, Denis Gourguillon et Claude Rouvier.
- « **RATP : le système de pesée dynamique des rames de métro** », par Marc Lassaigne.
- « **Les enquêtes d'opinion auprès du personnel de la RATP** », par Yves Schwartz, Brigitte Itturalde et Pascale Valette.

numéro de décembre 1991 :

- « **Le centre de documentation de la SNCF : nouvelles perspectives** », par Maurice Constant et Daniel Bazin.
- « **L'utilisation de la CAO pour l'élaboration des tableaux de roulement des conducteurs à la RATP : le logiciel CATAR** », par René Bertocchi, Jean-Marc Chouvaeff et Jean-François Lemoine.
- « **La mise en œuvre de la gestion par activité à la SNCF** », par Pascal Lupo.

RATP
ÉTUDES/PROJETS

ISSN 0760-2456

Directeur de la Rédaction :
Jean-Paul Perrin
(Département du Développement)

Secrétariat de la Rédaction :
Jean-Jacques Aubrun
(Département Communication Publique)

Maquette et mise en page :
Michel Joly

Imprimerie
Laboureur et Cie, Paris-Rosny

Dépôt légal n° 4016
4^e trimestre 1991

Tirage : 11 700 exemplaires

