



RATP
ÉTUDES · PROJETS

85

juillet-août-septembre

**Revue éditée par
la Régie Autonome des
Transports Parisiens**



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

Abonnement pour l'année 1983
FRANCE et ÉTRANGER : 99 F



LA RATP S'INSTALLE À MARNE-LA-VALLÉE

La conception, la réalisation et la mise en service du nouvel immeuble administratif de Noisy-le-Grand-Mont d'Est, dans le cadre des projets immobiliers de la RATP.

5



ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR (EAO)

Qu'est-ce que l'EAO ? L'EAO pour quoi faire ? Le point sur cette méthode en pleine évolution et la démarche suivie par la RATP en la matière.

18



LE MATÉRIEL MI 84 : UNE IMPORTANTE ÉTAPE TECHNOLOGIQUE

Les enseignements tirés des premiers matériels interconnexion MI 79 mis en service sur la ligne B et leur prise en compte pour les nouvelles séries MI 84 destinées à équiper la ligne A du RER.

26



LA SUPPRESSION DES PASSAGES À NIVEAU N°s 24 ET 28 DE LA LIGNE B

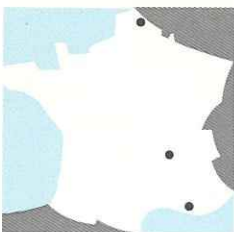
Grâce à la technique du coussin d'air, deux jours ont suffi pour mettre en place complètement trois ouvrages préfabriqués de franchissement inférieur.

34



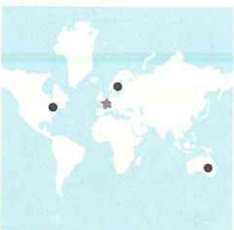
NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

- | | |
|--|----|
| ● Ligne B du RER : l'interconnexion devient une réalité. | 43 |
| ● Exploitation du réseau d'autobus. | 45 |
| ● Trafic et service de l'année 1983. | 47 |
| ● Vues des travaux en cours. | 48 |



NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE

- | | |
|---|----|
| ● Lille : le premier métro entièrement automatique. | 50 |
| ● Marseille : Planibus, un nouveau système d'information. | 61 |
| ● Saint-Étienne : mise en service d'un prolongement du tramway. | 62 |



NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

- | | |
|--|----|
| ● Stockholm : mise en service expérimental de deux autobus à batteries. | 63 |
| ● Pittsburgh : un second site propre pour autobus en service. | 63 |
| ● Adélaïde : ouverture du premier tronçon de site propre pour autobus guidé. | 64 |



Déjà présente dans la ville nouvelle de Marne-la-Vallée, grâce à la ligne A du RER et à plusieurs lignes d'autobus, la RATP vient d'achever une importante opération immobilière sur le site de Noisy-le-Grand-Mont d'Est où elle a installé 500 emplois d'administration et d'études. Pour comprendre les raisons d'une implantation hors Paris de la part d'une entreprise à vocation essentiellement parisienne, il faut dresser un historique des problèmes immobiliers et des différents projets élaborés pour les résoudre, au cours des vingt dernières années. Cet historique constituera la première partie du présent article.

La seconde partie sera consacrée à la présentation de l'immeuble et des études nécessaires à sa réalisation. L'installation du personnel dans le nouveau bâtiment fait l'objet de la troisième partie.

LA RATP S'INSTALLE À MARNE-LA-VALLÉE

par René Chaux, Chef de bureau principal à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation.

L'historique des problèmes immobiliers à la RATP

Deux objectifs ont incité la RATP à entreprendre dès 1953 l'étude de solutions visant à utiliser le terrain de Bercy-Rapée pour construire de nouvelles surfaces de bureaux. Il s'agissait tout d'abord pour elle de regrouper ses services d'administration et d'études disséminés dans une trentaine d'établissements dispersés dans Paris. Une trop grande dispersion est en effet génératrice de pertes de temps et de dépenses supplémentaires, alors que le regroupement des services en un petit nombre de pôles permettrait une meilleure organisation et des économies de fonctionnement. D'autre part, la RATP avait le souci de mettre en œuvre des mesures destinées à améliorer les conditions de travail des agents de ces services dont les effectifs étaient appelés à s'accroître, ce qui devait poser rapidement le problème du desserrement.

Ces études ont conduit à envisager la réalisation d'une série de projets :

— en 1954, un premier projet donna lieu, côté rue de Bercy, à une première tranche de réalisation représentée par un immeuble de huit étages appelé bâtiment F dont la mise en service, en 1961, permit le logement de la centrale médicale et des services juridiques ; toutefois, à la demande des pouvoirs publics, la RATP devait suspendre la poursuite du projet afin d'intégrer ses

futures réalisations dans un plan d'urbanisme intéressant tout le secteur ;

— la RATP présenta alors en 1965 puis en 1969 deux nouveaux projets qui ne reçurent pas l'accord des responsables de l'Urbanisme ; cependant, elle fut autorisée à construire, entre la rue de Bercy et le bâtiment F, un second bâtiment de deux niveaux sur rez-de-chaussée ; mis en service en 1971, ce bâtiment accueillit :

- le service de l'informatique,
- un restaurant d'entreprise en remplacement du restaurant aménagé précédemment dans un local loué à la Compagnie parisienne du chauffage urbain (CPCU),
- l'autocommutateur téléphonique mis en service pour remplacer les centraux de la Rapée et des Grands-Augustins trop vétustes et ne répondant plus aux besoins de l'entreprise ;

— un quatrième projet étudié en 1971 et en 1972 ne put recueillir les autorisations administratives nécessaires et en particulier celle du Comité de décentralisation qui refusait de reconduire l'agrément qu'il avait accordé à la RATP en 1969 ;

— un cinquième projet fut alors mis au point en 1973 et la demande de permis de construire reçut un avis favorable en juillet 1974, le Comité de décentralisation ayant également accordé son agrément.

Ce cinquième projet prévoyait la construction d'un bâtiment-tour de 17 niveaux et d'un bâtiment bas de 3 niveaux offrant une surface développée de planchers de 67 000 m², soit 30 500 m² de bureaux, ce qui permettait d'accueillir environ 2 500 personnes installées dans des bureaux paysages.

L'accord donné par le Comité de décentralisation à la réalisation de ce projet était subordonné à la triple condition :

- que la RATP abandonne environ 30 000 m² de surfaces de bureaux dans Paris, l'opération nouvelle étant destinée au seul regroupement des services;
- qu'elle réalise dans la ville nouvelle de Marne-la-Vallée une opération de desserrement dont l'importance avait été fixée à l'origine à 2 000 emplois, ce chiffre ayant été ramené après négociation à 500 emplois;
- que toutes surfaces supplémentaires soient recherchées en ville nouvelle et de préférence à Marne-la-Vallée.

Toutefois, la mise en construction du nouvel ensemble de Rapée-Bercy nécessitait la démolition immédiate des bâtiments du 50 au 56 quai de la Rapée abritant la Direction du réseau ferré et quelques autres services. Pour reloger provisoirement ces organismes, la RATP était autorisée à louer, pendant la durée des travaux, un immeuble de 7 500 m² environ, situé rue de Charonne et rue Jules Vallès, et environ 1 200 m² de bureaux dans la tour Paris-Lyon, située 209 rue de Bercy.

Le personnel représenté par une Commission spécialisée du Comité d'entreprise, créée en 1975 et présidée par le Secrétaire du Comité d'entreprise, reçut communication de tous les documents relatifs au projet. Les membres de la Commission purent accompagner les responsables du projet dans des visites d'installation de bureaux modernes en Suède et en Allemagne.

Toutefois, alors que la RATP venait d'obtenir le financement de l'opération, ses partenaires sociaux allaient s'opposer au projet pour les principaux motifs suivants :

- bureaux-paysages;
- climatisation interdisant l'ouverture des fenêtres;
- hauteur sous-plafond insuffisante (2,60 m);
- nécessité d'abandonner certains bâtiments existants, notamment celui des Grands-Augustins;
- obligation de construire à

Marne-la-Vallée pour réaliser un desserrement;

- réduction d'effectif qui devait résulter des regroupements d'activités identiques jusqu'alors disséminées dans les anciens bâtiments.

A la suite des réunions intersyndicales tenues en 1976 et en 1977, la RATP décida d'ajourner le projet et d'étudier des solutions de remplacement.

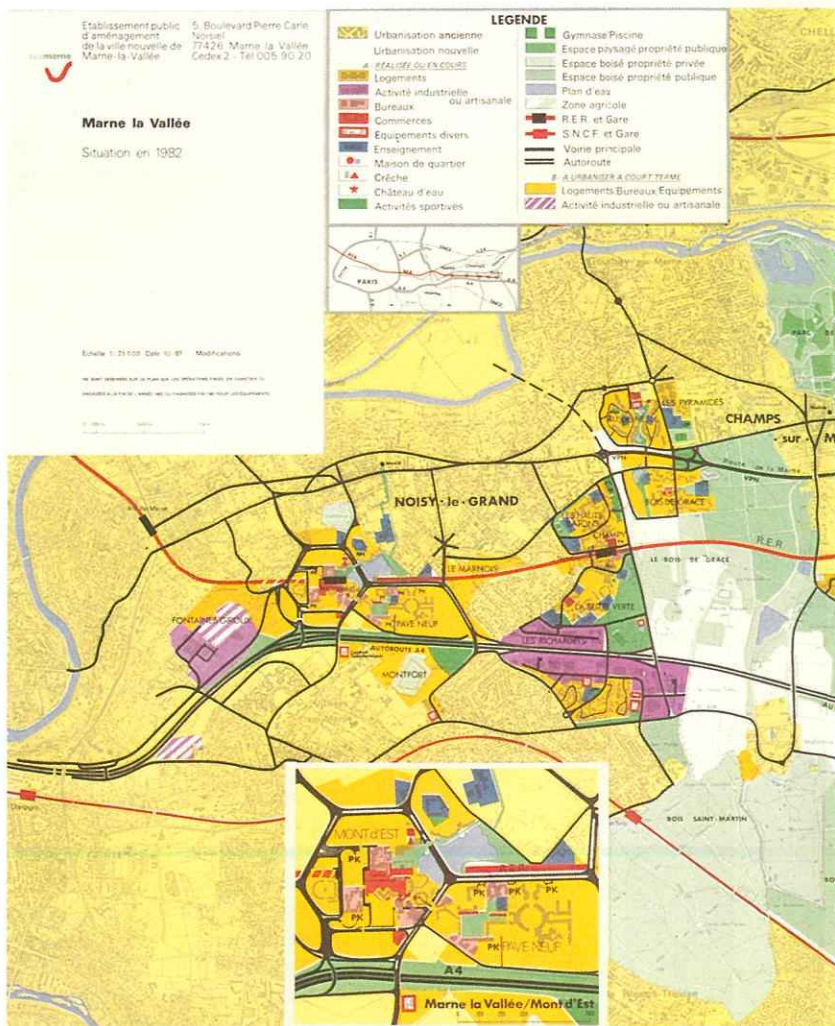
Cependant, la nécessité pour la RATP de résoudre à court terme ses problèmes de locaux l'amena à rechercher avec le Comité de décentralisation une solution en attendant la mise au point et la réalisation d'un nouveau projet sur le terrain de la Rapée.

C'est ainsi qu'elle fut notamment autorisée en mars 1979 à conserver

le bâtiment de la rue de Charonne et à réoccuper, après rénovation, une partie des bâtiments abandonnés à la Rapée, évitant ainsi de poursuivre la location dans la tour Paris-Lyon. Ces accords étaient toujours subordonnés par le Comité de décentralisation à la construction d'un bâtiment de 500 personnes à Marne-la-Vallée pour y réaliser le desserrement des immeubles de bureaux de la RATP.

Ainsi se trouvait confirmé l'intérêt des négociations précédemment engagées avec l'Établissement Public d'Aménagement de Marne-la-Vallée (EPAMARNE), en vue de trouver dans la ville nouvelle un site répondant aux besoins de la RATP et notamment bien desservi par le RER.

Schéma général de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée.



Ces négociations avaient abouti, en octobre 1978, à la signature entre la RATP et l'EPAMARNE d'une convention portant bail à construction sur un terrain de 2 000 m² environ situé au cœur même du centre urbain régional de Noisy-le-Grand-Mont d'Est, pôle de l'activité de la ville nouvelle, et à proximité immédiate de la gare RER et de la gare d'autobus.

La ville nouvelle de Marne-la-Vallée

Située à l'est de Paris, Marne-la-Vallée est, de toutes les villes nouvelles en cours de développement (Cergy-Pontoise, Melun-

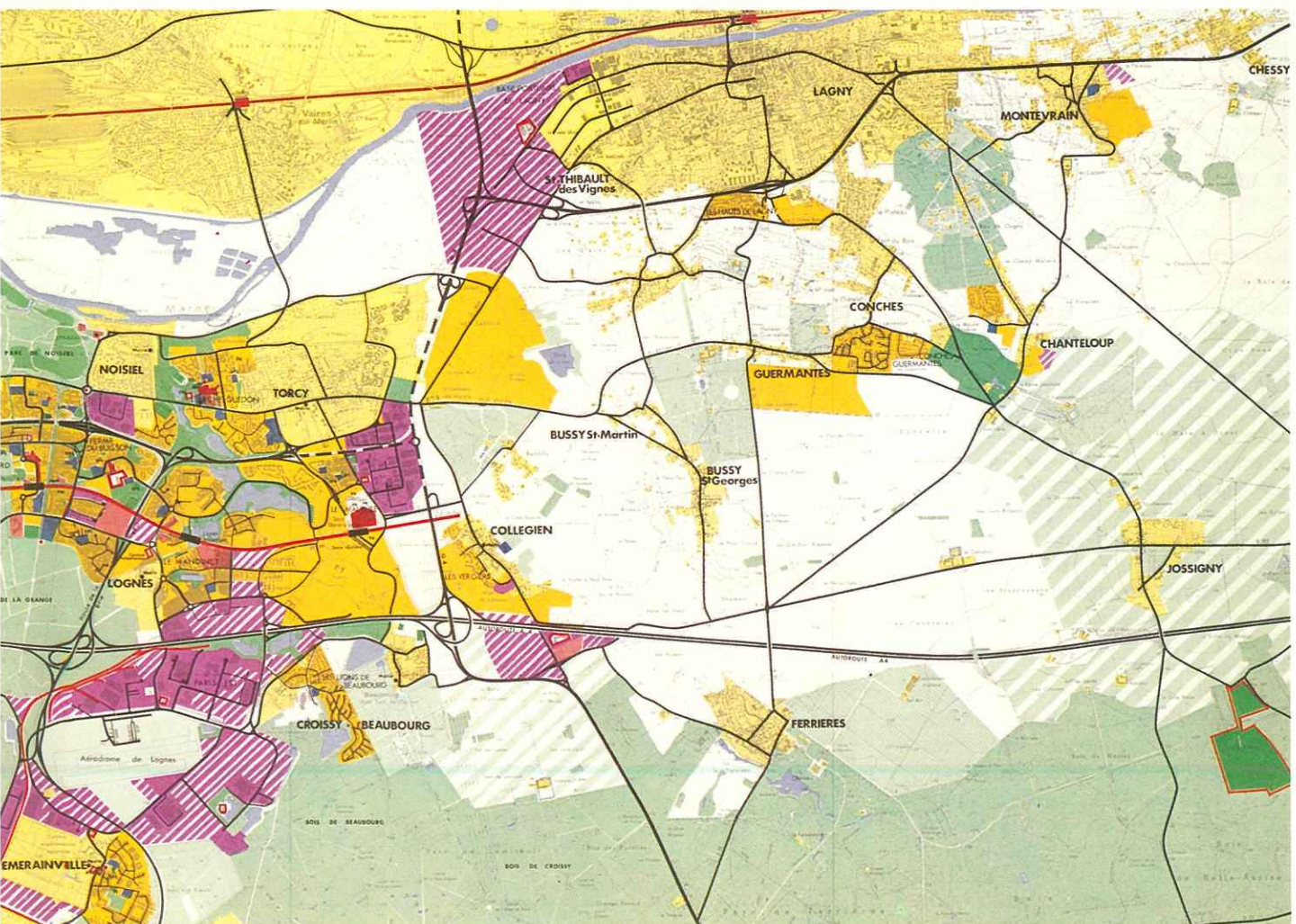
Sénart, Saint-Quentin-en-Yvelines et Évry), la plus proche de la capitale.

Marne-la-Vallée s'étend sur un plateau orienté d'est en ouest et bordé au nord par la Marne et au sud par des massifs boisés dont la forêt d'Armainvilliers. Le développement de la ville nouvelle s'articule linéairement le long des infrastructures de transport que constituent la ligne A du RER et l'autoroute A 4.

Dans sa partie ouest, à 10 km du boulevard périphérique, la ville nouvelle prend racine dans la première couronne de la proche banlieue parisienne, sur le territoire des communes de Noisy-le-Grand, en Seine-Saint-Denis, de Bry-sur-Marne et de Villiers-sur-Marne

dans le Val-de-Marne qui ont constitué le premier secteur de la ville nouvelle, l'urbanisation nouvelle concernant essentiellement Noisy-le-Grand (35 000 habitants) où est implanté le centre urbain régional et où ont été développées les activités tertiaires.

Le second secteur se développe sur le territoire de six communes de Seine-et-Marne — Champs-sur-Marne, Noisiel, Torcy, Lognes, Emerainville, Croissy-Beaubourg — regroupées dans l'agglomération nouvelle de Val-Maubuée et comportant environ 35 000 habitants. Il se caractérise par la place importante accordée aux activités d'enseignement. Il faut à ce sujet rappeler que la reconstruction de l'école technique de la RATP est en



cours à Noisiel. C'est dans ce secteur, ainsi que dans celui de Noisy, qu'ont été réalisés les principaux programmes de logement.

Plus à l'est, un troisième secteur constitué de seize communes avoisinant la ville de Lagny regroupe une population de près de 30 000 habitants.

Bien que l'objectif visant à localiser au moins un emploi par logement nouveau ne soit pas encore atteint, Marne-la-Vallée devrait s'affirmer comme un pôle d'emplois important de l'est parisien avec l'arrivée dans le secteur de Noisy-Mont d'Est de plusieurs grandes entreprises.

Les équipements publics, établissements scolaires, hospitaliers ou sportifs nécessaires à la vie quotidienne des nouveaux habitants ont fait l'objet d'une attention particulière de la part des responsables de l'EPAMARNE.

La circulation, les transports et les relations avec l'agglomération parisienne ont été privilégiés dans le développement de la ville nouvelle :

- sur le plan routier, Marne-la-Vallée est depuis 1976 reliée au boulevard périphérique et à l'est de la France par l'autoroute A 4 dont la mise en service a aidé à l'essor de la ville nouvelle ; soulignons également les liaisons de rocade notamment avec l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle et avec Melun, grâce à l'autoroute A 4 et à son raccordement aux voies existantes ;
- en ce qui concerne les transports en commun, le RER (ligne A) a été mis en service en 1977 jusqu'à Noisy-le-Grand - Mont d'Est puis prolongé jusqu'à Torcy fin 1980 contribuant largement au développement des nouveaux quartiers de la ville nouvelle ; d'autre part, les réseaux d'autobus de la RATP et de l'APTR assurent les liaisons de desserte locale et les rabattements vers les gares des lignes ferroviaires.

Dans cet ensemble ambitieux, c'est sur le territoire de la commune de Noisy-le-Grand, encore occupé par des exploitations agricoles vers les années 60, que l'EPAMARNE a réalisé son opération la plus importante et la plus complexe en y

développant le centre régional comportant un pôle d'activités tertiaires et d'équipements capables de rayonner sur une large partie de l'est de l'agglomération parisienne.

Les atouts dont bénéficie Noisy-le-Grand consistent tout d'abord dans son excellente desserte tant par le RER que par l'autoroute. Un autre atout a été la possibilité d'aménager des parcs de stationnement permettant d'accueillir 4 000 véhicules.

Les premières réalisations en matière d'aménagement du centre urbain régional de Noisy-le-Grand ont concerné les zones dites « Noisy-Mont d'Est », « le Pavé-Neuf » et « la Piazza ». Dès 1978, le centre commercial « des Arcades » accueillait ses premiers occupants.

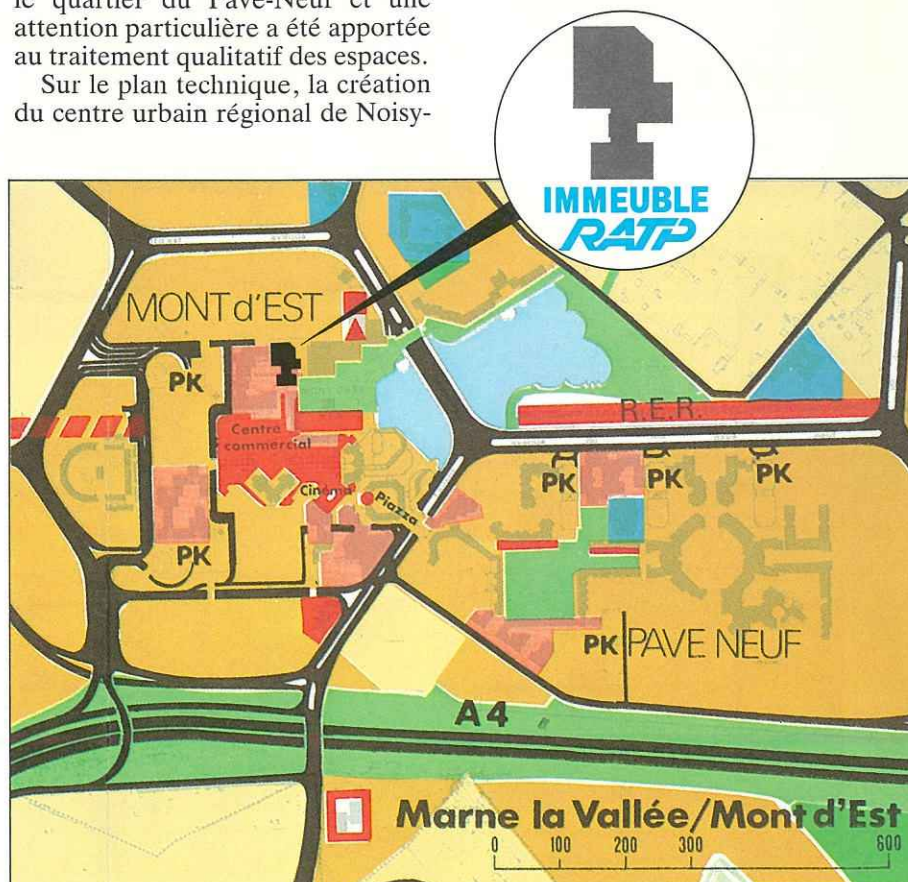
C'est plus particulièrement la maille hexagonale du Mont d'Est qui est appelée à constituer le pôle privilégié du nouveau centre urbain avec ses prolongements vers le centre ancien de Noisy-le-Grand et le quartier du Pavé-Neuf et une attention particulière a été apportée au traitement qualitatif des espaces.

Sur le plan technique, la création du centre urbain régional de Noisy-

le-Grand-Mont d'Est a entraîné d'importants investissements en raison notamment de l'imbrication des constructions et de leurs superposition au-dessus de la gare du RER et de la gare routière qui ont nécessité des travaux d'infrastructures préalables considérables.

C'est dans ce centre urbain de Noisy-Mont d'Est qui constitue le cœur de la ville nouvelle que la RATP a retenu de réaliser l'implantation de son immeuble administratif.

Ce centre se situe effectivement, par le RER, à 17 mn de la station Gare de Lyon à proximité de laquelle se trouvent les immeubles RATP de Diderot et Rapée-Bercy et à 20 mn de la station Châtelet située non loin du bâtiment sis quai des Grands-Augustins.



Situation du bâtiment RATP dans la « maille hexagonale » de Noisy-le-Grand - Mont d'Est.

L'immeuble administratif de la RATP

Implanter un nouvel immeuble administratif destiné à accueillir 500 agents dans un site extérieur à la capitale ne devait pas se révéler une tâche aisée pour les responsables de la RATP.

Hors les difficultés administratives évoquées dans l'historique des problèmes immobiliers, la réalisation du bâtiment allait, dès 1978, entraîner des études longues et importantes pour le promoteur, la Direction des études générales, et pour le réalisateur, la Direction des travaux neufs, chargé de suivre les travaux.

Ces études ont porté sur :
— la définition du programme à réaliser ;
— le choix du parti architectural ;
— les options techniques à retenir pour la construction du bâtiment.

Le programme de construction

La définition des besoins de surfaces et du programme fonctionnel a été confiée à la Direction des études générales (G) et plus précisément au Service de l'organisation et des investissements (GO) (*). Une équipe de trois cadres de ce service a procédé, avec l'aide d'un cabinet spécialisé, aux études préalables et a ensuite suivi le développement de l'opération pendant trois années qui ont précédé la mise en service du bâtiment.

Cette équipe a travaillé en étroite liaison avec le Service des bâtiments de la Direction des travaux neufs (NB), tant en ce qui concerne la conception du projet que le choix du parti architectural, ce dernier service assurant par ailleurs le suivi des travaux.

(*) Depuis le 1^{er} août 1982, la Direction des études générales a été scindée en une Direction des systèmes d'information et de l'organisation (S) et une Direction du développement (G), le Service GO devenant le Service des études et de l'organisation (SE).

L'élaboration du programme a reposé sur deux principes :

— réalisation d'un bâtiment traditionnel destiné uniquement à recevoir des *activités d'administration et d'études*, ce bâtiment devant intégrer tous les équipements collectifs permettant d'offrir au personnel les meilleures conditions de vie au travail possibles ;

— *application de normes d'occupation des bureaux* permettant de loger 500 personnes sur la base d'une surface moyenne de 8 m² par personne.

Le respect de ces deux principes n'excluait pas un certain nombre d'autres contraintes et notamment :

— *contraintes architecturales* imposées par l'EPAMARNE soucieux de la bonne intégration du futur bâtiment dans le site de Noisy-le-Grand déjà largement aménagé ;

— *contraintes d'ordre financier* tant en ce qui concerne le coût de réalisation de l'immeuble qu'en ce qui concerne son coût de fonctionnement ; en particulier les économies d'énergie ont été une préoccupation importante.

Partant des principes précédents, la surface de bureaux nécessaire pour accueillir 500 agents a été estimée à 4 000 m² environ, ce qui correspond à une moyenne individuelle de 8 m², toutes catégories ou fonctions confondues, objectif retenu par la RATP en la matière.

Par ailleurs, le bâtiment en projet étant situé en dehors des pôles administratifs importants que constituent des ensembles tels que Grands-Augustins, Râpée-Bercy-Diderot, Charonne ou Championnet, il convenait de prévoir les équipements nécessaires à son fonctionnement autonome notamment en ce qui concerne les moyens communs : archives, courrier, reprographie, salles de réunions, etc.

Un schéma fonctionnel a été établi afin de déterminer, d'une part les surfaces à réserver pour ce type de locaux, sur la base des normes habituellement admises, d'autre part leur meilleure localisation par rapport aux bureaux ou par rapport aux accès de l'immeuble.

À ces surfaces, il fallait enfin ajouter celles réservées aux circula-

tions, aux locaux sanitaires et sociaux ainsi qu'aux locaux techniques, ce qui a conduit à une surface totale hors œuvre de 12 500 m² environ.

Le programme fonctionnel précisait également que la profondeur des locaux de bureaux ne devait pas dépasser 5 m, les locaux plus profonds étant d'une utilisation difficile.

Le programme fonctionnel fixait enfin un certain nombre d'éléments tels que le module utilisé pour le cloisonnement des bureaux et la réalisation des façades : le choix qui résulte d'un compromis entre l'exigence d'une grande souplesse d'aménagement et le souci d'un coût de réalisation raisonnable s'est porté sur une trame de 0,90 m.

Les besoins de surfaces et le programme fonctionnel ainsi élaborés ont alors servi de base à un concours d'idées proposé à sept architectes de renom en vue de définir le parti architectural du futur immeuble.

Le choix du parti architectural

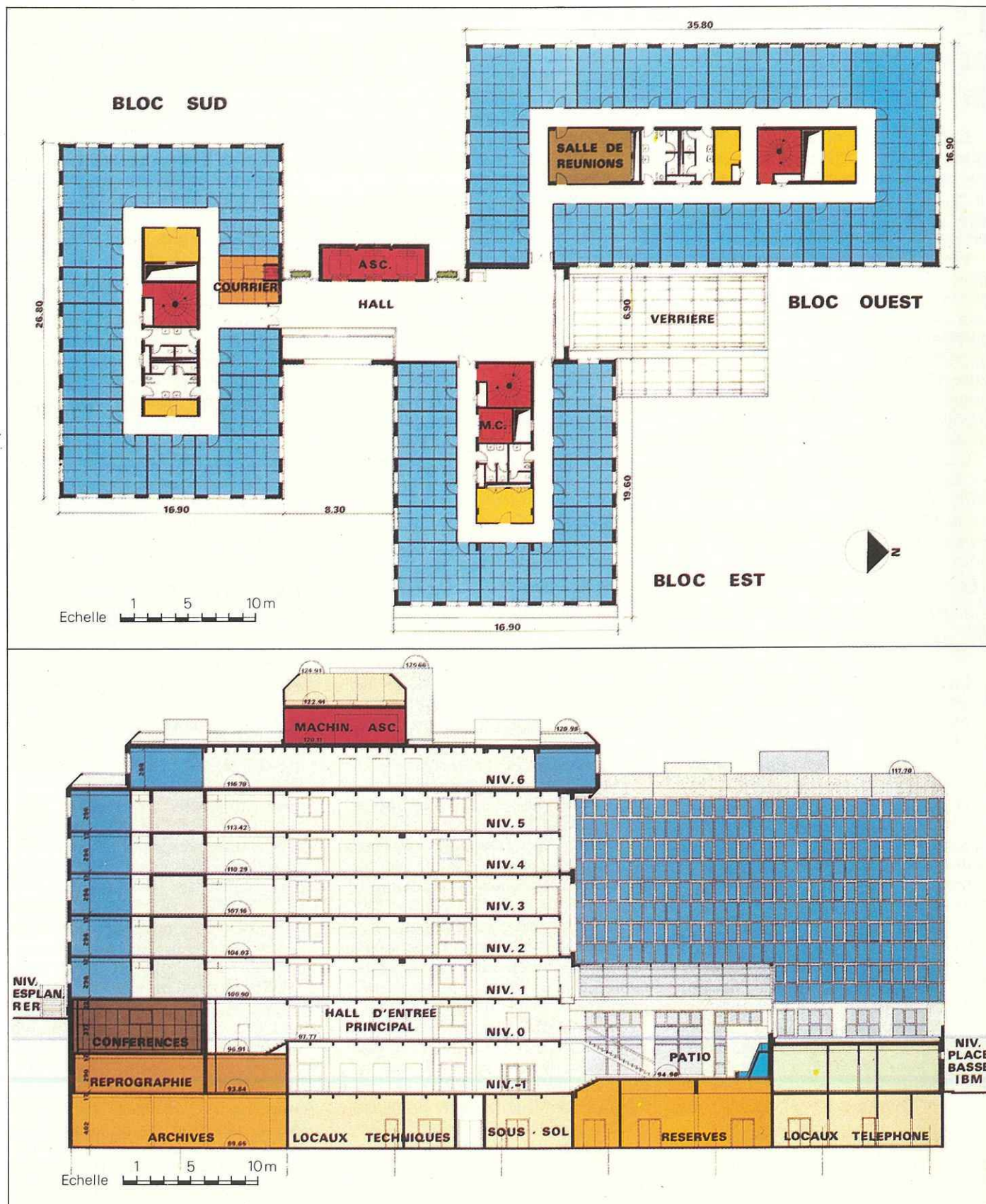
Les projets élaborés par les sept architectes participant au concours ont été examinés et comparés à partir de plusieurs critères : originalité, rapport surface construite/surface utile, fonctionnalité, esthétique, coûts, etc.

Le choix définitif a été fait après avis d'une commission constituée pour la circonstance et à laquelle participaient les services concernés de la RATP ainsi que les représentants de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée et de la Direction départementale de l'équipement.

Le projet retenu fut celui présenté par M. Blanchet, architecte en chef des bâtiments civils et palais nationaux, qui répondait le mieux aux besoins formulés dans le programme, en particulier en ce qui concerne les diverses surfaces et leur localisation, et qui satisfaisait par ailleurs aux contraintes imposées par l'EPAMARNE aux constructions du secteur Noisy-Mont d'Est.

Plan du niveau courant.

Coupe longitudinale Sud-Nord.



Implanté de telle sorte qu'il occupe la totalité du terrain faisant l'objet de la convention précitée entre la RATP et l'EPAMARNE, le projet prévoyait la construction d'un socle assurant la transition entre le niveau du sol naturel et celui de l'esplanade construite à l'est du terrain, socle sur lequel reposaient six niveaux de bureaux organisés en trois volumes distincts reliés par un noyau central regroupant les ascenseurs. A noter que ce projet n'entrant pas dans la catégorie des immeubles de grande hauteur (IGH), il n'était donc pas soumis aux normes de construction et d'exploitation de ces derniers dont le respect alourdit les coûts.

Sur la base du projet ainsi retenu, le permis de construire a été accordé par le Préfet de la Seine-Saint-Denis le 5 novembre 1979 et la construction a démarré le 10 juillet 1980 sous la responsabilité du Service des bâtiments de la Direction des travaux neufs (NB).

Description du bâtiment

DESCRIPTION D'ENSEMBLE

Le bâtiment repose sur un sous-sol occupant la quasi-totalité du terrain.

Ce sous-sol supporte tout d'abord un socle de deux niveaux auquel on accède par la façade est (côté Esplanade de la commune de Paris) en ce qui concerne le niveau le plus élevé et par les façades est et ouest pour le niveau inférieur situé au niveau du sol naturel.

Au-dessus du sous-sol le bâtiment se répartit, ainsi qu'il vient d'être dit, en trois blocs distincts orientés respectivement vers l'est (bloc A), vers le sud (bloc B) et vers le nord-ouest (bloc C).

L'ensemble des niveaux a été réparti comme suit :

- sous-sol (cote 89-80) : locaux techniques, archives;
- niveau - 1 (cote 93-80) : services généraux, accès au niveau du sol naturel, reprographie, courrier, patio;
- niveau 0 (cote 99-40) : accès piétons par l'esplanade, hall princi-



La façade Est de l'immeuble.

RATP - Chabrol

pal, salles de conférences, locaux sociaux;

— niveau 1 à 6 : bureaux.

L'articulation entre les 3 blocs est réalisée par un noyau central dans lequel sont aménagés les halls d'accueil de chaque niveau et sur lequel débouche la batterie de 3 ascenseurs qui desservent les niveaux 0 à 6.

Pour respecter les règles de prospect, des retraits d'étages ont été ménagés :

- sur la façade ouest, retrait du dernier niveau côté ouest;
- sur la façade est, retrait successif de cinq niveaux pour offrir un meilleur prospect au bâtiment d'habitation situé en vis-à-vis.

On notera encore que le niveau 5 supporte certains locaux techniques en superstructures : centrale de traitement d'air, machinerie des ascenseurs et du monte-charge. Au sixième étage, les locaux de bureaux ont de ce fait des dimensions plus réduites que celles des étages inférieurs et ne couvrent qu'une partie du bâtiment.

GROS ŒUVRE ET ARCHITECTURE EXTÉRIEURE

Les travaux de gros œuvre ont été confiés à trois entreprises spécialisées sélectionnées par la Direction des travaux neufs à la suite d'un appel d'offres et chargées respectivement sous le contrôle de cette dernière :

- des études préalables, des travaux de démolition et de terrassement, de la réalisation des fondations sur pieux et des canalisations, et de la construction des structures porteuses;
- de l'exécution des murs rideaux;
- de l'étanchéité des terrasses.

Le chantier de gros œuvre ouvert le 10 juillet 1980 s'est achevé en avril 1982, voirie et finitions comprises.

Les dispositions constructives ont été les suivantes :

- *fondations* : ancrage sur pieux pour tenir compte de la mauvaise qualité du terrain (couche de calcaire de Brie mince et hétérogène reposant sur des glaises) et des enseignements tirés de la construction de la gare RER de Noisy-le-Grand-Mont d'Est;
- *structure* : murs de façades, po-



Le chantier de construction en juin 1981.

RATP - Travaux neufs

teaux, voiles intérieurs, planchers en béton armé;

— *façades extérieures constituées* : d'un sous-rideau plaqué en produits verriers teintés bleu et avec interposition d'une couche de laine de roche et d'éléments en béton moulé préfabriqués.

Le chantier a dû surmonter un grand nombre de difficultés résultant, outre de la mauvaise qualité du terrain :

— de la proximité de la nappe phréatique qui a nécessité le drainage à la périphérie du bâtiment et la réalisation de puisards pour la collecte des eaux de pluie et de renouvellement jusqu'à la réalisation du sous-sol;

— de la présence très proche d'ouvrages déjà construits (immeubles, galeries techniques, fondations de l'esplanade) obligeant à des précautions particulières et réduisant l'emprise du chantier;

— du choix d'éléments de façade en béton nervuré éclaté dont la préfabrication, le transport et la pose présentaient de grandes difficultés.

SECOND ŒUVRE : ARCHITECTURE ET AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS

Les contraintes de financement ont conduit la RATP à étudier la possibilité de phaser les travaux d'architecture et d'aménagement intérieurs en différant ceux du bloc C.

Une étude économique effectuée par le Service des bâtiments a fait apparaître le surcoût important de cette solution s'ajoutant à ses difficultés techniques et à ses nuisances; celle-ci a donc été rejetée.

Architecture intérieure

Les travaux d'architecture intérieure ont donc été poursuivis dans l'ensemble des trois blocs avec toutefois un léger retard pour le bloc C résultant du délai nécessaire à une décision sur le phasage.

La plus grande attention a été apportée aux coûts de réalisation de l'ensemble des travaux de second œuvre. Une analyse de la valeur a permis de réduire sensiblement certains de ces coûts sans compromettre ni l'aspect général du bâtiment et son esthétique, ni la qualité des prestations offertes.

Les staffs et plâtres et la pose des

revêtements ont été réalisés de mai 1982 à avril 1983.

Équipements

Les équipements les plus importants dont les études avaient été lancées dès janvier 1981 ont été également achevés en avril 1983.

Les équipements essentiels sont :

Le chauffage :

Il est assuré par l'électricité, seule forme d'énergie autorisée par l'EPAMARNE pour l'ensemble du centre urbain de Noisy-le-Grand. Les locaux sont chauffés par convecteurs avec régulation d'ensemble par le bâtiment et commande individuelle. La bonne isolation thermique de l'immeuble permet de maintenir dans des limites acceptables les frais de chauffage.

La ventilation :

L'ensemble n'est pas climatisé et les fenêtres sont ouvrantes. Un système de ventilation double-flux assure le renouvellement de l'air des bureaux et permet un léger rafraîchissement de cet air en été et son réchauffement en hiver.

L'ensemble des équipements de ventilation et de chauffage a été étudié pour tenir compte des dispositions en matière d'économie d'énergie.

Certains locaux (reprographie, zone informatique au niveau 1 du bloc C, zone restauration) ont été cependant climatisés et sont équipés d'un système de ventilation particulier lié à la spécificité des activités exercées dans ces locaux.

L'éclairage :

L'éclairage est fourni par des tubes fluorescents disposés dans des appareils fixés aux poutres, soit une rangée d'appareils tous les 0,90 m. Ces appareils, d'un type particulier, permettent un éclairage commandé de chaque bureau et sa modification en cas de déplacement de cloison ne nécessite aucune intervention dans les sous-plafonds.

Appareils élévateurs :

Tous les niveaux, sauf le sous-sol, sont desservis par une batterie de 3 ascenseurs (cabines de 12 personnes) accessibles aux handicapés.

D'autre part, un monte-charge dessert tous les niveaux, et un monte-plis permet d'acheminer les

dossiers entre la salle d'archives du niveau -1 et le niveau 6.

Circulation et accès :

Un escalier de secours dessert chaque bloc du bâtiment. L'accueil des handicapés n'a pas été négligé tant en ce qui concerne les accès que les circulations ou les installations sanitaires.

L'architecture et l'aménagement intérieurs ont été étudiés pour satisfaire au confort et à l'esthétique sans sacrifier au luxe.

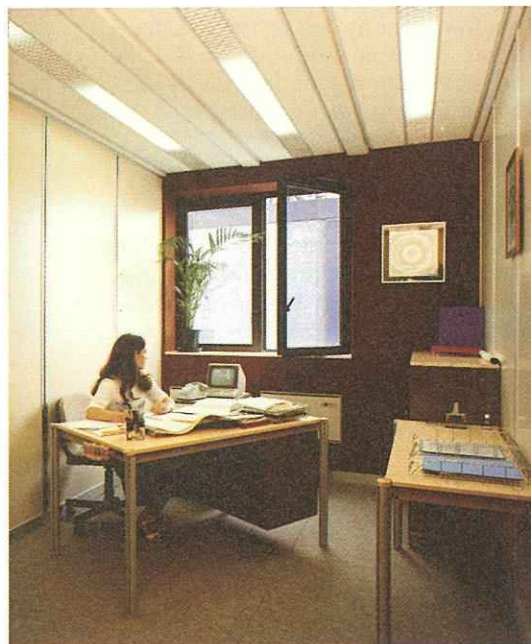
Les 3 blocs du bâtiment débouchent sur des halls, celui du niveau 0 constituant le hall d'entrée principal de l'immeuble qui, d'une part, communique par un escalier

avec l'esplanade de la commune de Paris située 1,70 m plus haut, et, d'autre part, donne accès à un complexe de 2 salles de conférences.

Le hall du niveau — 1 débouche sur un patio comportant une cascade et surmonté d'une verrière. Il donne également accès à la place



Le hall d'entrée principal, au niveau 0.



Aménagement et équipement d'un bureau avec l'un des types de mobilier retenus.



Le patio du niveau - 1 avec, au fond, la cascade.

piétonne sur la façade ouest du bâtiment et, par la façade est, à la voirie de service et à la gare d'autobus.

Le patio du niveau — 1 constitue la zone de détente principale pour le personnel de l'immeuble.

Décoration intérieure

La décoration intérieure a été étudiée par l'architecte. Elle fait appel à des matériaux offrant une bonne esthétique :

Faux plafonds :

Dalles dans tous les locaux à l'exception des sous-sols :

- staff dans les circulations des niveaux 0 à 6 ;
- faux plafonds en boiserie pour les halls des niveaux 0 et — 1.

Revêtements :

En ce qui concerne les revêtements de sol, la moquette a été retenue pour les bureaux et le marbre pour les halls.

Les revêtements muraux des bureaux sont constitués de moquette sur les parois extérieures tandis que les parois intérieures séparant les locaux sont constituées de cloisons mobiles en aggloméré émaillé de teinte uniforme ivoire. Ces cloisons peuvent être facilement déplacées et autorisent des configurations de bureaux très variées; elles peuvent donc être adaptées aux exigences de fonctionnement des services. L'harmonie entre la moquette de sol, la moquette murale et les portes diffère d'un bloc à un autre.

LE FONCTIONNEMENT DE L'IMMEUBLE

Prévu dès l'origine pour accueillir uniquement des activités d'administration et d'études, le nouveau bâtiment a été aménagé pour un fonctionnement autonome. Il dispose notamment des équipements fonctionnels suivants :

Archives :

Deux vastes salles situées au niveau — 1 sont en cours d'aménagement en rayonnages mobiles. A l'intérieur de ces salles, un local a été isolé pour servir de réserve pour les mobiliers.

Reprographie :

L'arrivée de services d'études a nécessité la création d'un vaste atelier de reprographie répondant aux différents besoins des occupants de l'immeuble. Cet atelier géré par la Direction des travaux neufs assure les travaux de gélatinographie, duplication stencil, tirage de plans, offset et photocopie. Il dispose également de tous les matériels complémentaires nécessaires à l'enlissage, à la reliure, à l'agrafage et au pliage des documents qu'il produit.

Courrier :

Un local de courrier général est installé au niveau — 1, à proximité de l'entrée donnant sur la voie de service, pour la réception et l'expédition du courrier de l'ensemble des services. A chaque étage de bureaux, un local est à la disposition du service intérieur pour le courrier des services occupant ce niveau. L'acheminement vertical du courrier est assuré par le monte-plis.



Le réfectoire.



La salle de conférences et de projection dite « auditorium ».

Photocopie :

En plus de l'équipement de l'atelier de reprographie, les services disposent à chaque niveau de 2 appareils en libre-service pour les tirages de faible importance.

Salles de conférences :

Les deux salles aménagées au niveau 0 peuvent accueillir respectivement 20 et 40 personnes autour

d'une table de réunion. Aménagé en salle de conférences ou de projection, le plus grand local peut accueillir 120 personnes. Il est équipé d'un écran de grandes dimensions et d'une salle de projection. Il a été sonorisé à cet effet.

De plus, des salles de réunions de 25 m² sont aménagées à tous les niveaux de bureaux du bloc C pour

les besoins des services installés aux niveaux correspondants.

Locaux sociaux :

Le niveau 0 (bloc C) regroupe tous les locaux sociaux et notamment :

- le réfectoire ;
- le bureau et la salle d'attente de l'assistante sociale ;
- le local syndical ;
- la bibliothèque.

Restaurant :

Une partie du niveau -1 a été réservée à l'origine pour y réaliser une salle de restaurant et les installations de cuisine correspondantes. L'équipement de cette zone a été différé en attendant qu'un choix définitif intervienne entre la solution consistant à installer un restaurant RATP dans le bâtiment et celle consistant à participer à un restaurant interentreprises situé à proximité immédiate du bâtiment. C'est d'ailleurs cette seconde formule qui a finalement été retenue après avoir dans une premier temps permis, en l'attente d'une décision, d'assurer la restauration du personnel de l'immeuble. A ce même niveau et dans la même zone est installé l'autocommutateur provisoire qui sera appelé à disparaître lors de la mise en service du centre nodal de la Rapée.

Locaux de détente :

En plus du patio, les agents peuvent se retrouver à chaque niveau dans une zone du hall isolée par un paravent en verre teinté où ont été installés les distributeurs de boissons.

Zones d'accueil :

Elles sont aménagées dans les halls du niveau 0 à 6 et comprennent un poste de travail pour l'agent du service intérieur chargé de renseigner les visiteurs et un coin attente équipé de fauteuils.

D'autre part, la signalisation a été mise au point pour faciliter l'orientation dans l'immeuble : signalétique de secours, signalétique des locaux.

Installations de sécurité :

Les responsables de la sécurité dans les immeubles ont été associés aux réalisations touchant ce domaine : pose d'extincteurs, signalisation, mise en service d'un circuit téléphonique isolé de l'installation



Le poste central de sécurité.

générale qui met immédiatement en relation l'utilisateur avec le poste central de sécurité.

Le poste central de sécurité :

Installé à l'entrée du niveau 0, ce poste dispose de tous les dispositifs de contrôle optique nécessaires à la surveillance permanente dans l'immeuble. Toute anomalie dans le fonctionnement des installations de l'immeuble est signalée immédiatement. Les parties basses de l'immeuble (niveaux 0 et -1) sont équipées de systèmes d'alarme anti-effraction.

Les transferts à Marne-la-Vallée

Dès 1976, le Service de l'organisation et des investissements avait cherché à réunir les éléments d'information nécessaires à la réalisation des transferts de personnel entre les bâtiments existants appelés à être abandonnés, d'une part, et les futurs bâtiments de Rapée-Bercy et de Marne-la-Vallée, d'autre part. En particulier l'opération de transfert dans l'immeuble de Noisy-Mont d'Est devait satisfaire les objectifs de la direction du point de vue organisationnel et ceux du personnel concernant leur temps de

trajet domicile-travail. Une analyse multicritères avait permis de dégager plusieurs scénarios.

Choix des services à transférer

Les critères pris en compte étaient les suivants :

Les critères organisationnels.

L'enquête réalisée en 1976 auprès de toutes les cellules administratives de l'entreprise (la cellule correspond sensiblement à la division) avait fait apparaître :

- des besoins de proximité de cellule à cellule ou de service à service plus ou moins impératifs, souvent mal satisfaits, auxquels les futures implantations devaient répondre ;
- des coupures dues à la dispersion géographique à l'intérieur des directions, des services et même des divisions ; ces coupures, causes de lenteur et de perturbations dans le fonctionnement des services administratifs, devaient être supprimées à la faveur de la mise en service de nouveaux bâtiments.

Les critères relatifs aux conditions de travail.

— Il s'agissait en premier lieu de l'allongement éventuel du temps de

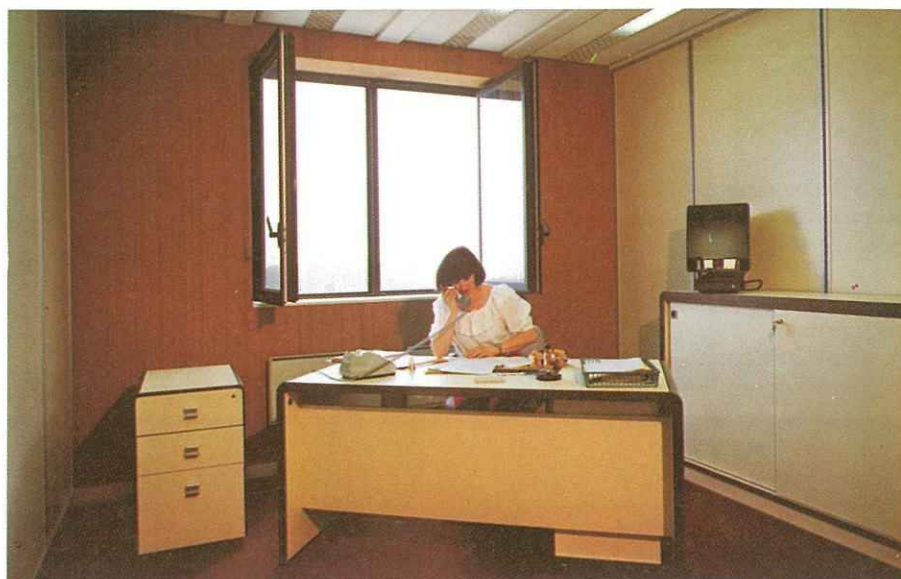
déplacement domicile - lieu de travail. En effet, l'implantation à Marne-la-Vallée de services installés dans Paris entraînait pour les agents de ces services des modifications — réductions ou augmentations — des durées de trajet domicile-travail. Afin de mieux apprécier ces conséquences, une étude a été faite à partir d'un modèle mis au point pour l'analyse des déplacements de la population de la région parisienne. Ce modèle a permis, avec l'aide du Service de l'informatique et à partir du fichier général du personnel, d'évaluer, pour chaque agent susceptible d'être concerné par le transfert à Marne-la-Vallée, la différence, positive ou négative, entre son temps de parcours initial et son temps de parcours dans l'hypothèse d'une implantation à Marne-la-Vallée.

— Il s'agissait d'autre part de tenir compte de la date du dernier déménagement subi par les services ou cellules concernées. Les responsables de l'étude sur le transfert souhaitaient, en effet, éviter à ces organismes l'inconvénient d'un nouveau déplacement trop proche du précédent dans le temps.

Outre la prise en compte des critères précédents, le choix des organismes destinés à s'installer dans le nouvel immeuble de Marne-la-Vallée a été effectué en privilégiant l'implantation en ville nouvelle d'activités nouvelles de la RATP.

C'est ainsi que le choix s'est finalement porté sur les équipes chargées des études relatives au métro d'Alger, récemment mises en place et déjà logées dans des locaux loués à Noisy-Mont d'Est, sur les services d'études de la Direction des systèmes d'information et de l'organisation créée à la mi-82 et dont les diverses cellules d'études se trouvaient très dispersées et devaient de surcroît se développer, et enfin, sur le Service des équipements électriques de la Direction des travaux neufs installé précédemment rue du Saint-Gothard.

Afin de faciliter au maximum la mise en œuvre de ces décisions, un certain nombre de mesures d'ac-



Un second type de mobilier proposé au personnel.

compagnement avaient été décidées et une très importante opération d'échanges interservices envisagée afin de favoriser, d'une part, l'affectation aux organismes ou services précités d'agents habitant dans le secteur de Marne-la-Vallée, d'autre part, la mutation dans des services restant à Paris des personnes que le transfert à Marne-la-Vallée risquait de pénaliser.

C'est ainsi, en ce qui concerne les mesures d'accompagnement, qu'ont été décidés pour les agents devant être installés à Noisy-Mont d'Est, l'octroi d'une allocation de transition, la possibilité de bénéficier d'un second prêt pour l'accession à la propriété ou la possibilité de se loger à Marne-la-Vallée dans des appartements ou des pavillons en location réservés par les services juridiques dans des programmes situés à proximité du RER.

Par ailleurs, afin de faciliter l'adaptation du personnel à son nouveau cadre de travail, il fut décidé, d'une part, d'appliquer dès 1983 la semaine de 37 heures, d'autre part, de doter le nouvel immeuble d'un système d'horaires variables afin que les agents puissent opter entre ce système et le principe classique des horaires fixes.

Quant à l'opération d'échanges entre agents volontaires pour venir à Marne-la-Vallée et agents désireux de rester dans Paris, sa mise au point détaillée fut confiée à la Direction du personnel. Afin d'en favoriser la réalisation, il avait également été prévu que les agents concernés pourraient bénéficier des actions de formation nécessaires.

D'autre part, il était indispensable que le personnel soit largement informé avant de s'engager dans une démarche de demande de mutation; aussi une vaste opération de présentation de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée et de l'immeuble RATP a-t-elle été organisée à cet effet. Au total, 500 demandes de mutations ont été enregistrées dont environ 400 de la part de personnes volontaires pour venir travailler dans les services destinés à s'installer à Marne-la-Vallée et une centaine de la part d'agent désireux d'être mutés dans des services restant à Paris.

L'organisation du transfert

L'INFORMATION DU PERSONNEL

Les responsables de l'opération Marne-la-Vallée ont tenu à y associer très tôt le personnel administratif de la RATP et leur premier souci a été la diffusion de l'information la plus large.

En particulier, de mai à août 1982, 2 500 agents environ ont finalement participé au programme de visites commentées de l'immeuble et de la ville nouvelle. Cette campagne d'information avait été précédée de l'installation d'une série de bureaux-témoins meublés au 3^e niveau du bloc B du nouvel immeuble. Le service d'information de Marne-la-Vallée a apporté son concours à l'opération en se chargeant de commenter chacune des visites de la ville nouvelle effectuées

à bord d'autobus du dépôt de La Maltournée. Les visiteurs se voyaient, d'autre part, remettre toute la documentation relative aux possibilités de logement à Marne-la-Vallée.

Dès qu'ont été connus les services destinés à être transférés, le Service SE a également organisé pour le personnel de ces services une série de visites avec présentation de plusieurs types de mobilier de bureau, de mobilier de dessin et de postes de travail informatique, afin qu'ils aient la possibilité de choisir, en le personnalisant, l'aménagement de leur futur bureau.

Trois fournisseurs de mobilier ont été sélectionnés, permettant le choix entre plusieurs modèles de bureaux, meubles de rangement et sièges, eux-mêmes proposés en plusieurs dimensions et divers coloris.

L'OPÉRATION DE TRANSFERT

Le déplacement de 500 personnes exigeait une planification rigoureuse des opérations en raison de la brièveté des délais de réalisation de l'opération de transfert. Les opérations de répartition des surfaces entre les services affectés dans l'immeuble et l'affectation détaillée de ces surfaces dans le respect des normes retenues se révélèrent longues et difficiles. Sur ces bases, les plans de cloisonnement furent ensuite mis au point en liaison avec les services concernés et réalisés dans des délais très brefs par la Direction des travaux neufs. Parallèlement s'élaborait le calendrier de déménagement dont la réalisation était assurée par la Direction des services techniques.

Dès le 14 mars 1983, la Direction des systèmes d'information commençait à s'installer dans les nouveaux locaux (cellules d'études des Services SE et ST), suivie par la mission Sofretu-métro d'Alger et les équipes de la Direction des travaux neufs chargées de ce projet. Ensuite, les divisions d'études du Service de l'informatique ont commencé à emménager et, enfin, le Service des équipements électriques s'est installé dans le courant du mois de mai.

Conclusion

A la lecture des pages précédentes qui constituent un rapide survol de l'opération Marne-la-Vallée et de son contexte, le lecteur aura pu discerner la complexité des études relatives aux opérations immobilières, les difficultés — d'ordre administratif notamment — qui doivent être surmontées avant de lancer un projet, et enfin les problèmes multiples et de natures très diverses qui doivent être résolus dans les phases de réalisation puis de mise en service. Il convient cependant de ne pas perdre de vue que la réalisation et la mise en service de l'immeuble de Marne-la-Vallée n'ont constitué qu'une étape du pro-

gramme immobilier envisagé par la RATP.

Depuis, la RATP a également obtenu un accord de principe pour l'implantation dans Paris de 500 emplois de bureau ; elle a également été autorisée à louer dans le secteur de la gare de Lyon des locaux complémentaires afin de pouvoir faire face au développement des activités de recrutement intervenu en 1982.

Enfin, le desserrement et le regroupement dont ont bénéficié jusqu'alors les services transférés à Marne-la-Vallée seront étendus dans toute la mesure du possible aux services installés dans les bâtiments administratifs où des surfaces ont été libérées grâce à l'opération Marne-la-Vallée. ■

Vue de l'immeuble au niveau esplanade.



Les dix dernières années ont montré que les besoins de formation dans l'entreprise étaient suffisamment spécifiques pour que l'on cesse de copier un modèle qui fut longtemps celui de l'Éducation nationale.

La formation devient une véritable fonction de l'entreprise, aux enjeux considérables, avec tout ce qu'elle implique de technicité. Dans l'entreprise, la formation doit être efficace, performante ; et ceci n'est pas incompatible avec le développement de la personnalité et des ressources humaines.

A l'heure où l'on ne peut plus imaginer de gros services de gestion sans ordinateur, à l'heure où les moyens de communication font l'objet d'énormes développements, il paraît bien naturel de penser à des formations rationnelles et organisées.

L'ordinateur apparaît chaque jour plus proche des travailleurs dans l'environnement professionnel, plus proche des enfants dans leur monde, plus proche des citoyens dans leur univers quotidien.

L'EAO a toutes les qualités pour être l'outil de la formation professionnelle continue, à condition qu'on lui donne les moyens et que tous les utilisateurs potentiels soient associés à son développement. Ce n'est pas un hasard si les plus grandes entreprises, dont la RATP fait partie, sont déjà à l'avant-garde.

ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR (EAO)

par **Christian Cardona**,

*Chef de bureau principal à la Direction du personnel,
avec la collaboration de*

Jean-Yves Beguec,

Inspecteur principal au groupement formation continue.

Introduction

L'enseignement assisté par ordinateur a été l'objet de recherches dans les universités dès l'apparition des premiers ordinateurs performants, c'est-à-dire il y a environ vingt ans. Mais son application au monde du travail est si récente que très peu d'expériences ont apporté à l'heure actuelle des résultats significatifs.

S'il est actuellement reconnu que la simple transcription sur machine de cours ou exercices inspirés de l'enseignement programmé ou orientés vers le contrôle automatique de connaissances ne présente un intérêt que dans le cas, certes étendu (sécurité : conduite de trains, de processus...) de l'acquisition de comportements rendus instinctifs par l'habitude, peu d'applications ont été réalisées en entreprise et aucune méthode pédagogique n'intègre vraiment l'enseignement assisté par ordinateur.

A ceci, plusieurs raisons dont celles-ci :

— les matériels étaient coûteux, rares, centralisés, et leur utilisation réservée en priorité aux tâches scientifiques ou de gestion ;

— la formation n'était pas considérée comme un enjeu vital pour les entreprises ;

— la diffusion, la rédaction de cours étaient surtout, en l'absence de langage de création simple, l'affaire des informaticiens seuls aptes à manipuler des langages-auteurs inspirés des langages informatiques, et

leur contenu centré sur les domaines directement liés à la technique informatique (langages de programmation, initiation à l'informatique, anglais...).

Mais la situation est depuis peu en évolution rapide :

— l'apparition de la micro-informatique et, plus généralement, la banalisation des outils informatiques, ont élargi le champ d'application de l'automatisation : les préoccupations ne sont plus seulement de perfectionner les matériels, les logiciels, les méthodes dédiées à la gestion, au calcul scientifique, au contrôle de processus, mais aussi dans un avenir proche de trouver le plus grand nombre d'utilisations de ces techniques ;

— la formation apparaît de plus en plus être une condition nécessaire au changement, dans les entreprises comme au niveau national, et ses domaines s'étendent de jour en jour.

C'est dans ce contexte que le lancement d'une action de recherches sur l'utilisation de l'enseignement assisté par ordinateur à la RATP, portant sur les années 1982-1983, a été décidée en 1981. Le groupement formation continue de la Direction du personnel a pu piloter cette action de recherche, bénéficiant d'un crédit de 1,2 million de francs, avec le concours de sept cadres concernés par la formation de six services de la RATP (PF, PM, PC, R, FE, FR).

Prévu initialement pour la décentralisation de la formation dans le



RATP - Ardillon

temps et dans l'espace au sein de l'entreprise, l'axe de recherche a été élargi à tous les domaines et toutes les méthodes de la formation : opérations de sensibilisation, simulation d'installations, jeux d'entreprise et, de manière étendue, enseignement de toute matière, mais également information et gestion de la formation.

L'objectif principal à long terme est de mettre à la disposition de tous les acteurs de la formation un moyen interactif accessible et adapté à leurs besoins :

- pour le formé, une bibliothèque de leçons ou d'exercices, l'accès à des informations sur les stages, concours et examens, la possibilité éventuelle de s'inscrire à des cours, voire à des concours...;
- du côté formateur, un outil de création de cours ou d'exercices, de suivi des élèves;
- pour l'institution, la gestion des ressources de formation.

Mais qu'est-ce que l'EAO ?

L'enseignement assisté par ordinateur (EAO) est un mode d'enseignement qui utilise un ordinateur comme moyen de communication modifiant la relation formateur-élève.

Si, dans l'acte de formation, le principal acteur est l'élève (celui qui s'apprend), le formateur initialise l'acte en écrivant un cours qui prend

souvent l'allure d'un *dialogue* dans lequel il a prévu un certain nombre de *textes*, de *dessins*, de *questions* dont les réponses ont été anticipées.

Les questions prévues par le formateur (*auteur du dialogue*) ont deux objectifs :

- s'assurer que l'élève comprend bien le sens des phrases, des textes, des graphismes qui lui sont présentés sur un ou plusieurs *écrans*;
- mesurer l'*assimilation* par l'élève de la notion étudiée.

La chaîne des messages de l'auteur et des *actions* de l'élève constitue une *arborescence* qui doit permettre d'*analyser le raisonnement* de l'élève.

Dans cet article, nous n'étudions donc exclusivement que l'EAO qui utilise toutes les possibilités de l'ordinateur et qui débouche sur une approche pédagogique particulière. Nous excluons tous les cas où l'ordinateur n'est utilisé qu'en tant que *tourne-page automatique* d'un cours d'*enseignement programmé* ou non.

L'EAO pour quoi faire ?

Actuellement deux façons de considérer l'EAO s'affrontent sur le marché. Plus qu'une opposition formelle, elles reflètent un certain état d'esprit plus ou moins conservateur. En réalité elles ne s'excluent pas forcément.

L'EAO peut d'abord être utilisé dans le cadre d'une pédagogie de soutien où les dialogues présentés ont souvent la forme d'exercices.

Ceci suppose que la présentation de la notion nouvelle ait été faite antérieurement à la séance d'EAO soit par un cours traditionnel, soit par un manuel ou tout autre moyen.

L'EAO peut également supporter la totalité de l'acte d'apprentissage c'est-à-dire faire la présentation de la notion nouvelle, puis vérifier la compréhension des termes, puis vérifier l'assimilation de cette notion par les exercices appropriés.

C'est dans ce cadre que l'EAO prend tout son sens car il permet la mesure d'un transfert de connais-

sance par un dialogue interactif individualisé.

Notons cependant que bien souvent l'utilisation de l'EAO est liée à son environnement. Lorsque celui-ci est dangereux comme dans le cas des centrales atomiques, ou coûteux dans le domaine de l'aéronautique, ou complexe comme dans le cas d'une simulation d'une ligne de métro, l'EAO trouve naturellement sa place.

Le contexte informatique ou la prise en compte d'un grand nombre d'informations, de paramètres ou de flux imposent l'utilisation d'un ordinateur.

Quelquefois c'est le formé qui rend nécessaire l'EAO : pour certains handicapés, l'usage d'un clavier ou d'un écran tactile est supérieur aux méthodes traditionnelles.

L'organisation de la formation joue son rôle également quand il s'agit de la rendre plus proche physiquement des formés et d'intégrer des périodes horaires spéciales, voire des temps morts.

L'EAO par les possibilités de l'ordinateur apparaît comme l'auxiliaire d'application idéal pour les transferts de la théorie à la pratique.

Mais la réflexion pédagogique qu'il suppose est capitale.

L'EAO, instrument de recherche pédagogique

Concevoir un cours en enseignement assisté par ordinateur, c'est essayer de répondre à beaucoup de questions dont celles-ci :

A qui s'adresse mon cours ? Quel est le public exact ? Quel est son niveau dans ma matière ? Quel est son niveau d'expression, de lecture, d'assimilation ? Quelle est sa progression ; mon cours vient après quel autre ? Par quel cours sera-t-il suivi ? De combien de temps « l'élève moyen » disposera-t-il pour ma séquence ? Et surtout quelles *mesures* me prouveront que mon objectif de formation est atteint.

Pour ce qui concerne la matière elle-même, supposons qu'il s'agisse

de vérifier la connaissance de la règle de l'accord du participe passé et de son application.

Le simple énoncé de la règle peut poser problème dans le cas où l'on permet à l'élève de disposer d'un lexique, il faut nécessairement prévoir des « traductions » pour tous les mots. Et l'auteur de s'apercevoir que lui-même n'avait jamais songé à « traduire » le mot « participe » qui pourtant à l'usage apparaît comme un monstre. Plusieurs professeurs de français à cette occasion, en prévoyant des traductions, ont découvert que leur propre façon d'énoncer la règle faisait problème et que bien souvent elle induisait une application erronée.

Lorsque le problème de l'énoncé de la règle est résolu d'une façon relativement satisfaisante (car en ce domaine la perfection n'existe pas), il faut s'attaquer au texte d'application lui-même. Là aussi, que de découvertes ! Si le texte émane de l'environnement professionnel (d'une note générale par exemple), les questions posées par les élèves montrent toute l'ambiguïté du discours administratif. Si l'on peut dans une salle de classe se contenter d'un niveau de compréhension moyen où l'ambiguïté ne gêne pas trop apparemment, devant un écran on s'aperçoit du poids des mots, des difficultés dues à la lecture et des différences considérables d'un élève à l'autre en matière de temps de réaction.

Le formateur quand il prévoit des questions doit anticiper les réponses et donc se mettre à la place de l'élève.

Reprenons l'exemple de l'accord du participe passé, soit la phrase : « les pièces mécaniques, manufacturées, ont été triées ». Pour vérifier que l'élève accorde bien « trier », l'auteur dispose de plusieurs stratégies. Il peut tout d'abord demander à l'élève de reconnaître parmi trois phrases (avec trié, triés, triées) laquelle est la bonne, avec des messages spécifiques à chaque mauvaise réponse et un nombre d'essais limité.

Il peut également demander à l'élève de choisir parmi une série de terminaisons (é, er, ait, ée, ées, és,

ée...) dans un tableau en faisant correspondre un numéro à la réponse choisie (n° 1 é, n° 5 ées).

Il peut également présenter ainsi la phrase type « les machines ont été tri(er) » et demander à l'élève d'écrire avec le clavier la terminaison exacte (notons au passage que sur beaucoup de systèmes « faire un accent aigu » n'est pas chose simple et induit donc un renforcement). L'auteur peut également rendre inactives les touches « mauvaises » ou leur associer un bruit désagréable (pourquoi pas une décharge de courant électrique ?).

Peu importe finalement la façon retenue, ce qu'il faut savoir c'est que rien n'est neutre, tel élève obtiendra de meilleurs résultats avec tel type de questionnement et tel type de réponse. Ici la forme dépend étroitement du fond et d'une manière « visible ».

L'ordinateur permet cette richesse de présentation et d'exploiter les résultats, mais c'est à l'auteur de se poser toutes les questions et de faire le travail de préparation.

L'EAO nécessite donc de la part du formateur un travail préparatoire indispensable d'adaptation de la matière du cours.

Il faut que l'auteur du dialogue définisse nettement les objectifs de son cours, la population qu'il vise et les moyens de vérification, de compréhension et de l'assimilation.

Le contenu du cours doit être structuré en matières, leçons, chapitres puis en modules ou unités de dialogue dans le cadre d'une véritable stratégie pédagogique.

De même que l'objectif pédagogique, au sens de Mager (spécialiste des problèmes pédagogiques), représente la plus petite unité de découpage du contenu, l'unité de dialogue sera la plus petite unité de découpage du dialogue. Elle pourra prendre la forme d'un texte, d'un dessin ou graphisme, d'une question ou d'une action de l'élève (comme revenir à l'écran précédent ou consulter un lexique).

On distingue généralement quatre modes d'EAO :

— *le tutoriel simple* : après l'exposé d'un concept, d'une notion, d'une idée, généralement sous la forme

d'un texte, une question est posée à l'élève ; la réponse détermine alors soit la répétition du message, de la question, ou entraîne un nouveau message suivi d'une question et ainsi de suite ;

— *le tutoriel branché* : il représente une version améliorée du précédent dans la mesure où il permet de dépasser l'interaction linéaire du cycle « question-réponse » ; l'élève a la possibilité de faire appel à des séquences d'aide, de revenir à des questions antérieures, voire d'en sauter quelques-unes ou d'aller consulter une banque de données, voire de poser des questions au système ; dans ce cas, l'analyse du cheminement de l'élève est très intéressante ;

— *le mode exercice ou test* : il consiste à « entrer en machine » des exercices ou des tests et à les faire faire par l'élève en prévoyant, par exemple, un nombre d'essais par réponse, d'ajouter des compteurs pour établir des scores ou de limiter le temps ;

— *le mode simulation* : sans aller jusqu'au simulateur dont nous avons dit qu'il représentait la limite de l'EAO, il peut « faire tourner un modèle » de gestion ou de procédures techniques où l'élève est assez proche de la réalité professionnelle.

Il est évident que ces modes ne s'excluent pas mutuellement et l'on peut fort bien les panacher dans un dialogue en fonction des objectifs pédagogiques à atteindre.

On peut varier les modes de présentation à loisir en jouant sur les textes ou les graphismes, on peut utiliser des modes de questionnement les plus divers (questionnaires à choix multiples, questionnaires à choix croisé, question ouverte, exercices lacunaires) et réaliser une véritable *pédagogie de la découverte* en permettant, par exemple, une *confrontation expérimentale d'une représentation individuelle de connaissances à un modèle*.

Ce qui importe, c'est de mettre l'élève dans des conditions optimales d'activité et de participation de façon à « profiter » des *instants privilégiés* où l'élève a envie de « s'apprendre ».

Par opposition au système tradi-

tionnel où l'élève ne maîtrise ni le temps ni le rythme d'apprentissage, on peut rêver d'un système d'EAO extrêmement riche dans lequel l'élève pourrait profiter d'« échappées » dans le domaine de la connaissance. En reprenant l'exemple du participe passé et de son accord... si au lieu de pièces mécaniques manufacturées nous avions trié des lentilles, on peut imaginer qu'un élève puisse poser au système la question suivante : pourquoi était-il nécessaire de trier les lentilles ? On peut même concevoir que l'esprit de l'élève souhaite passer de la légumineuse à la lentille optique et dans ce cas, le professeur de français devra demander à un collègue physicien d'établir une petite leçon.

Il sera peut-être difficile de revenir ensuite à l'accord du participe passé, mais si l'on a pu à l'instant choisi par l'élève, c'est-à-dire au moment de motivation maximum, répondre à sa demande, on aura fait acte puissant de formation.

Actuellement, si la plupart des systèmes ne permettent pas des « écarts » aussi importants dans le cheminement de l'apprentissage, ils autorisent souvent plusieurs possibilités pour aller d'un point du graphe de formation à un autre point.

L'ensemble des traces laissées par les élèves après un dialogue est à intégrer dans la méthode pédagogique car il doit être analysé ; les questions ou leur chronologie, les modes de présentation ou les branchements peuvent être revus.

L'ordinateur permet un suivi statistique très poussé et le formateur doit en tenir compte. Il n'existe pas de bons dialogues figés ; ils doivent être constamment revus et enrichis en fonction des réactions des élèves.

A l'usage, on peut s'apercevoir que telle question donne un pourcentage très élevé de mauvaises réponses dans ce cas, soit la question est mal formulée, soit elle ne figure pas à la bonne place. Il suffit quelquefois d'y remédier pour constater que le pourcentage de mauvaises réponses change radicalement.

En somme, nous pouvons dire

que le travail du formateur, auteur du dialogue donc du didacticiel (1), est comparable à celui du gestionnaire qui se propose d'informatiser son service. Il doit analyser l'existant, recenser les documents, constituer les fichiers, représenter les flux...

Cette phase est extrêmement riche car elle oblige le gestionnaire comme le formateur à faire un bilan précis et objectif de son environnement, d'en faire éventuellement la critique, d'envisager des améliorations en fonction des objectifs (nouveaux ou anciens) et d'étudier par quels moyens techniques les réaliser au mieux.

Ce travail demeure même si le service n'est pas informatisé. Ce travail reste même si le formateur reprend ses feutres et son tableau papier.

Intérêts de l'EAO

POUR L'AUTEUR DE DIDACTICIEL

Il s'agit essentiellement de doter l'auteur d'une panoplie d'outils qui lui permet, entre autres, de :

- disposer (après l'analyse pédagogique) d'un contenu organisé facilement adaptable et modifiable ;
- disposer de plusieurs mesures de la compréhension du message qu'il souhaite faire passer et de son assimilation ;
- disposer d'un retour d'informations constitué à partir des réactions des élèves et des chemins qu'ils ont utilisés.

Ce retour d'informations direct ou sous forme de statistiques permettra à l'auteur d'améliorer sa technique pédagogique en agissant, par exemple, sur la présentation des unités de dialogues, sur leur chronologie ou simplement sur le mode de questionnement.

L'analyse fine des différentes arborescences définies par le parcours d'un élève peut permettre une véritable analyse du raisonnement. Elle détectera le moment de décrochage de l'élève et le formateur saura où faire porter son effort.

Par ailleurs, l'ordinateur est un robot qui ne se fatigue pas de

corriger les copies et il peut adresser des commentaires extrêmement copieux, variés et précis et calculer toutes les statistiques que l'on peut imaginer.

Pour l'instant, il manque à l'EAO un modèle d'analyse pédagogique qui permettrait au formateur d'être conseillé dans sa démarche pédagogique. En fonction de la population cible, des objectifs de formation et certains autres paramètres dont des critères de cohérence par exemple, l'ordinateur pourrait proposer au formateur, après l'analyse du problème, une sorte de *bilan pédagogique* conseillant, pour telle partie de la leçon, un mode tutoriel simple ou une simulation pour telle autre.

Il va de soi que l'auteur pourrait refuser une telle « ordonnance » mais, actuellement, il se trouve plutôt devant l'embarras du choix et n'utilise que très rarement toutes les ressources du système.

Mais pour l'auteur/formateur on peut craindre que :

Dans la plupart des cas [sauf éditeur en langage naturel comme le LIA (2)] le formateur doit se familiariser avec un certain langage, au sens large, informatique quand ce n'est pas au sens strict.

De plus, le formateur doit consacrer énormément de temps à la conception de son cours, beaucoup de temps à son écriture et pas mal de temps à la validation par l'examen des résultats-élèves.

Mais tout ce temps n'est pas du temps perdu.

Enfin, le formateur peut se sentir exclu d'une relation affective et se sentir floué du côté « spectaculaire » de sa prestation personnelle. Son activité risque de manquer de chaleur humaine.

INTÉRÊTS DE L'EAO POUR L'ÉLÈVE

L'intérêt principal de l'EAO pour l'élève réside certainement dans l'impression (plus ou moins réelle) de suivre un cours avec un précepteur, un cours individualisé, adapté

(1) Contenu pédagogique supporté par le programme.

(2) Voir définition plus loin, page 23.

à son rythme et à sa vitesse, à son propre niveau, voire à son propre goût. A ce propos, on peut imaginer des débuts de leçon dont l'intérêt principal (sous des dehors divers) est de tester le goût de l'élève montrant que l'élève est sensible aux graphiques, ou préfère l'écran tactile, ou le clavier et, ainsi, de déterminer, à la carte, un type de « conditionnement » du cours.

Outre cette impression de cours individualisé qui confère à l'élève le rôle du véritable sujet de la formation en déterminant son propre cheminement, l'élève est nécessairement actif pendant le dialogue faute de quoi le programme s'arrête.

L'élève seul devant son poste de travail n'a plus de fausse pudeur et tente, pour peu qu'on lui en offre la possibilité, des choses impossibles pour lui dans l'enseignement traditionnel.

De plus, on peut toujours assortir les dialogues de formes ludiques et des compteurs de performances ou de scores qui agissent directement sur la motivation de l'élève.

Celui-ci peut véritablement « s'amuser » à se former et valoriser son rôle puisqu'il dispose d'un certain « pouvoir » sur sa formation.

Mais, outre l'aspect « ergonomique », clavier-écran, absence de son ou son magnétique, le poste EAO peut rebuter un élève sensible à la douce ambiance des cours traditionnels. En EAO, si l'on regarde les mouches voler, le programme attendra que l'élève devienne à nouveau actif.

Pour l'instant, les expériences menées à l'extérieur (Crédit agricole) ou à la RATP au réseau routier montrent que l'EAO est bien accepté par les élèves. En tout cas, l'aspect « matérialisé » de la formation (clavier, écran) ne rebute personne.

INTÉRÊTS DE L'EAO POUR L'INSTITUTION

Le rôle de l'institution peut être joué soit directement par l'entreprise, soit par les centres de formations.

L'EAO peut facilement s'inscrire dans une organisation de formation

gérée elle-même comme une fonction de l'entreprise.

A partir de la gestion des ressources humaines (objectifs institutionnels) jusqu'au suivi des résultats d'un élève (objectifs pédagogiques) en passant par le choix des matières (objectifs de formation), toute une chaîne peut être constituée.

Le centre de formation peut, à partir de l'EAO, exercer toutes sortes de contrôles (il peut également s'en exclure) soit concernant l'aspect quantitatif (nombre d'élèves, durées, fréquences, dates...), soit l'aspect qualitatif (efficacité, performances, rendement...).

Mais surtout le centre de formation doit se poser la question de *l'intégration de l'EAO dans l'ensemble des moyens pédagogiques* dont il dispose.

Les formateurs, auteurs de didacticiels, constituent un potentiel pédagogique indispensable à une institution de formation : ils peuvent servir de base à une véritable unité de réflexion pédagogique.

Par ailleurs, et pour ce qui concerne le CPTA, ainsi qu'il était indiqué sur la fiche de lancement, l'EAO peut apparaître comme un très bon moyen de décentralisation de la formation.

Toutefois, on peut admettre deux types de réserves.

Les coûts : le matériel, les logiciels et plus encore les temps de conception, d'élaboration, de programmation sont élevés.

Il faudrait, pour amortir ces coûts, « faire passer » beaucoup d'élèves sur un même programme. C'est possible à la RATP mais il faut éviter des cours trop standard ou pas assez renouvelés qui gêneraient la qualité première de l'EAO qui est un enseignement individualisé.

La gestion de l'EAO

Si l'EAO apparaît comme un excellent moyen de décentraliser la formation, on ne peut pas se contenter d'installer dans tous les dépôts, tous les terminus, tous les ateliers, tous les immeubles admi-

nistratifs ou même dans une partie de ceux-ci des « stations » ou des postes d'EAO avec des cours sur disquettes et puis s'en désintéresser.

Il faut prévoir des groupes qui, localement, assureront la gestion de la formation (heures d'accès, temps d'accès, populations prioritaires, heures de regroupement, validation, suivi, statistiques, maintenance...).

Ces groupes seront-ils hiérarchiques, ou constitués à partir d'un besoin ou d'un thème de formation ? Prendront-ils la forme de groupe d'utilisateurs ou de club ? Devront-ils être du même type d'un atelier à un autre ? Seront-ils autonomes ou dépendants d'un centre de regroupement ? Autant de questions auxquelles il faudra répondre avec l'aide de tous.

Nous savons donc que l'on ne peut pas tout faire avec l'EAO et surtout pas n'importe comment (mais il en est de même avec n'importe quel moyen pédagogique).

Cependant, nous savons qu'au niveau institutionnel l'ordinateur peut aider à la détection d'un besoin et aider à la décision d'une action de formation. Au niveau du responsable de formation, l'EAO participe à la gestion des ressources humaines et matérielles. Au niveau du cours, l'EAO permet de déterminer, dans le cadre d'un modèle d'analyse pédagogique, le moyen le plus adapté pour atteindre nos objectifs de formation et ceci est riche d'espoir...

Quelle a été la démarche RATP ?

Pour « faire » de l'EAO, il faut des hommes et du matériel. Le matériel ne pose pas vraiment de problème dans la mesure où il évolue tous les jours et que déjà les performances dont il est capable sont largement satisfaisantes.

Pour ce qui concerne les hommes, le problème est plus délicat : devons-nous rechercher des formateurs informaticiens ou des informaticiens formateurs ?

Actuellement, lorsqu'il s'agit de

« rentrer un dialogue dans la machine » deux solutions sont utilisées :

— soit le formateur s'adresse à un programmeur qui connaît le langage de programmation de la machine ; ceci suppose un découpage précis et parfait, avec le risque de privilégier la technique au détriment de la pédagogie ;

— soit le formateur décide d'apprendre lui-même un langage de programmation ; cet apprentissage est souvent long et fastidieux s'il consiste à dominer un langage comme le Pascal, le Basic ou le Tutor... mais il est plus facile quand il ne s'agit que d'apprendre quelques fonctionnalités d'un système codé assez sommaire...

De toute façon, il est évident que l'auteur du dialogue doit être présent dans la phase d'écriture du dialogue ; l'idéal est qu'il puisse entrer lui-même son dialogue.

C'est pourquoi la RATP a décidé de mettre au point un langage auteur, propre, en langage naturel, et qui fut baptisé « LIA » (3).

Le LIA

Il est apparu lors de l'analyse des moyens à mettre en œuvre qu'au moins deux conditions étaient nécessaires à l'expérimentation en vraie grandeur de l'EAO :

— une sensibilisation des formateurs et des directions sur l'EAO et son intérêt potentiel ;
— l'existence d'un langage-auteur simple.

Comme il convenait, dans l'optique d'une application à moyen ou long terme, de faire des choix technologiques (systèmes centralisés, réseaux, micro-ordinateurs) et qu'aucun langage-auteur d'usage simple n'était disponible sur les matériels informatiques moyens ou lourds, la sensibilisation des directions et la création d'un langage-auteur sur ce type de matériel ont été menées conjointement : un groupe de travail comprenant des représentants des Directions du personnel [MM. Sepierre (PC), Martin (PM), Cardona, Beguec (PF)], du réseau ferré [MM. Nicol-

ni (FE), Silvestre (FR)] et du réseau routier [M. Gorse, Mme Finet (RP)] a été constitué et l'une de ses principales activités pour 1982 a été l'élaboration du cahier des charges d'un langage-auteur, le LIA, dont la réalisation a été confiée à l'entreprise ASI, qui dispose du logiciel SIMPLER (4) sur ordinateur MODCOMP (5). Cette même entreprise a mis à la disposition des membres du groupe six terminaux de type PLATO (6).

Ce langage est la synthèse des situations pédagogiques les plus courantes et se présente comme un canevas aidant l'écriture du cours.

Si les six terminaux installés en 1982 ont permis aux formateurs d'approfondir leur connaissance de l'outil qu'ils avaient conçu, divers contretemps dus, pour l'essentiel, à des problèmes matériels (difficultés pour obtenir des lignes sur réseau commuté, difficultés d'utilisation des lignes spécialisées dont le fonctionnement, encore aléatoire à l'heure actuelle, n'a été assuré qu'en septembre), ont empêché la réalisation de cours sur ce matériel et l'essai auprès des élèves : la rédaction de didacticiels sera effectuée en 1983 (voir perspectives 1983).

On peut cependant conclure que le LIA est un bon produit puisqu'il fait l'objet d'un contrat de commercialisation intéressant de nombreux utilisateurs du langage SIMPLER [GFPC (7), OLIVETTI...], ce qui permettra à la RATP de percevoir des royalties. Par ailleurs, il est également envisagé de porter le LIA sur d'autres matériels.

Signalons toutefois que le projet « Diane » au niveau national qui devrait être opérationnel à l'automne 1983, reprend toutes les fonctionnalités du LIA et en ajoute d'autres dont une transportabilité totale sur différents matériels. Ce qui nous incite à rester modeste, à ne pas chercher à développer le LIA et à attendre pour tester le système « Diane », sans doute supérieur.

De toute façon, le bilan qualitatif de l'opération est satisfaisant et cet aspect est actuellement le plus riche. Les réunions du groupe de

travail ont été l'occasion, pour les directions concernées, d'une approche approfondie de l'EAO. Les débats entre les membres du groupe, l'ASI, les divers conseillers et invités, portant sur ce que doivent et peuvent attendre de l'EAO l'élève et l'enseignant, l'examen détaillé des progiciels existant sur le marché (CAN 8 de CII, EVE d'Education, PEN de Nathan, mais surtout EGO) et la participation à l'élaboration du LIA ont fondé la conviction que l'EAO est un outil majeur du développement en qualité et en quantité de la formation dans les années à venir. Toutes les directions participantes ont inscrit l'EAO comme axe de recherche pour 1983, qu'il s'agisse de l'assimilation de connaissances (exercices, tests sur des matières générales), de l'apprentissage de procédures ou de l'acquisition de comportements (il est à noter que ce domaine a déjà été largement défriché par le réseau ferré avec le simulateur SOSIE).

Mais le LIA a permis de connaître d'autres systèmes.

Dans le cadre de cette action de sensibilisation, des spécialistes ont par ailleurs été mis à contribution : M. Peuchot, spécialiste mondial, créateur du langage-auteur EGO, implanté sur micro-ordinateur, a assuré, outre une formation à son langage, une formation pédagogique sur l'utilisation de l'EAO.

Le logiciel EGO, fonctionnant sur micro-ordinateur APPLE II, a été utilisé de façon intensive par le réseau routier : ce dernier a rédigé des didacticiels qui ont été présentés à une cinquantaine de personnes qui ont manifesté, à l'égard du système, un vif intérêt.

Actuellement, ce logiciel est disponible sur MICRAL 90.

Une recherche sur les formes possibles que peuvent prendre les didacticiels a parallèlement été menée par M. Berloquin, connu pour

(3) Langage interface auteur.

(4) System for reformation management and program logic for education and research.

(5) Type de mini-ordinateur.

(6) Program logic for automatic teaching operation.

(7) GFPC : groupement de formation du personnel communal.

ses activités dans le domaine des jeux et de la créativité.

Enfin des contacts avec d'autres entreprises [groupe PRET (8), GFPC, TÉLÉCOM] ont été développés tout au long de l'année 1982 en vue d'une mise en commun d'expériences et de résultats divers.

Les contacts avec les entreprises extérieures ont montré que la RATP était à la pointe de la recherche dans ce domaine, un corollaire un peu « angoissant », mais exaltant de cette situation étant qu'il existe peu de modèles à suivre : règles, méthodes ne sont pas encore établies et les questions sont plus nombreuses que les réponses.

Il faut, par ailleurs, signaler que la RATP fait partie d'un groupe d'utilisateurs de l'EAO au sein du Ministère de l'industrie et de la recherche où elle est associée au projet national d'enseignement assisté par ordinateur.

De plus, la RATP en la personne de M. Rouy, sous-Directeur adjoint au Directeur du personnel, a obtenu la vice-présidence de l'ADITE (Association pour le développement de l'informatique et des technologies d'enseignement), qui regroupe les plus grandes entreprises et administrations françaises, utilisatrices d'EAO.

Un premier bilan pour l'année 1982

Les résultats provisoires de cette action de recherche ont été présentés à des groupes de responsable de la recherche de la RATP, à la Commission des systèmes d'information, ainsi qu'à diverses directions ou services.

Le bilan peut s'exprimer en termes qualitatifs et quantitatifs.

Pour le quantitatif, nous pouvons nous réjouir de posséder le descriptif du langage interface auteur, le langage EGO et d'avoir vécu des heures d'expériences de matériels et de terminaux riches d'enseignement.

Pour le qualitatif, nous avons acquis une conviction sur l'intérêt de l'EAO appliqué à la pédagogie (soutien, exercices, tests, apprentissage), mais aussi au monde du travail (apprentissage de procédure) et à cet égard, l'expérience et les réalisations faites au réseau routier par André Gorse et Claire Finet en langage EGO sont extrêmement intéressantes.

Perspectives

Les objectifs principaux sont, pour 1983, la mise au point de règles de conception pédagogiques et la mesure de l'intérêt de l'EAO auprès des élèves.

En ce qui concerne les méthodes pédagogiques, les capacités de simulation de l'ordinateur permettent non seulement la connaissance de la manipulation d'objets soit concrets (simulation d'installations), soit abstraits (nombres, théories, règles administratives, procédures...), mais également une meilleure compréhension des disciplines expérimentales en amenant, par exemple, l'élève à construire lui-même des modèles que l'appareil mettra en action.

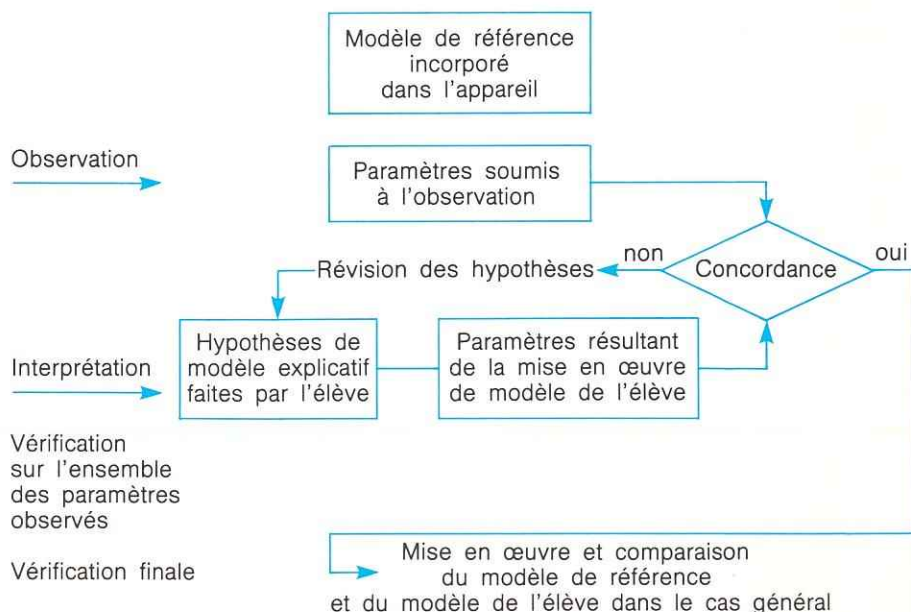
Ainsi l'ordinateur pourra, à partir d'un modèle enregistré, proposer un ensemble de paramètres à l'observation de l'élève. Celui-ci peut

formuler des hypothèses sur un modèle explicatif qui est mis en œuvre par l'ordinateur. Les paramètres ainsi calculés sont comparés à ceux proposés à l'observation : en cas de discordance, l'élève peut réviser ses hypothèses jusqu'à ce qu'il y ait concordance des deux ensembles de paramètres. La simulation conjointe des deux modèles pour des paramètres quelconques permet une vérification finale (schéma ci-dessous). Et ceci peut s'avérer particulièrement riche en auto-évaluation de besoins de formation.

Au-delà de l'acquisition de connaissances, une telle démarche, et d'autres encore à découvrir, pourraient donner à l'élève le goût de la réflexion. L'apport du formateur se situerait alors très en amont de son rôle actuel et porterait plus sur la méthodologie que sur le contenu lui-même.

Il semble donc important, dès maintenant, d'intégrer dans les objectifs pédagogiques une réflexion sur les rapports qui existeront entre la demande de formation, la création du dialogue, l'animation de la formation et la gestion de l'ensemble.

Les objectifs secondaires, l'essai de logiciels de rédaction et l'essai de matériels permettront de voir dans quelle mesure les objectifs principaux peuvent être atteints.



(8) Groupe PRET : groupe constitué d'utilisateurs de l'EAO : PTT, Renault, EDF, TÉLÉCOM, RATP.

L'exploitation du LIA et d'EGO sera poursuivie en 1983 : un de nos souhaits est la mise à disposition au cours de l'année de 20 heures de didacticiels (10 en LIA, 10 en EGO) et l'essai auprès de 100 élèves (LIA : 50; EGO : 50). Les domaines concernés seront la réglementation au réseau routier (commande du service), l'enseignement général au CPTA, la formation technique au réseau ferré (FR).

D'autres applications pourront être intégrées, comme la formation à la comptabilité et à la gestion à la Direction financière, le perfectionnement à la réglementation du personnel de la CCAS, mais également l'information (congé-formation). Cette liste n'est pas exhaustive et un questionnaire est destiné à l'enrichir.

La location de terminaux à la société ASI (LIA) ainsi que l'acquisition de deux micro-ordinateurs MICRAL 90-50 (EGO) viendront compléter les matériels disponibles actuellement (un APPLE II à PF, deux MICRAL 90-50 au réseau routier).

De manière générale, les didacticiels seront rédigés par des auteurs de la RATP, seuls ou assistés d'entreprises extérieures : mais divers échanges sont par ailleurs envisageables avec des organismes extérieurs comme le GFPC.

L'effort portera également sur la commercialisation du LIA et sa standardisation sur divers matériels.

Enfin, l'évolution du système TELETEL sera attentivement étudiée : si, dans l'immédiat, son application à l'EAO est improbable car trop de questions (matériel, lignes téléphoniques, logiciels...) restent en suspens dont la résolution absorberait des ressources déjà sollicitées, par ailleurs, il convient de se préparer à son éventuelle généralisation dans les années à venir.

Comme nous l'écrivions plus haut, depuis le début du mois de janvier, la RATP est présente dans un groupe de travail du Ministère de la recherche animé par l'Agence pour le développement de l'informatique.

De cette façon, l'entreprise est

associée au plan national à la définition d'un standard français aux niveaux des matériels et des logiciels.

Nous souhaitons également renforcer nos liens avec l'université et, c'est ainsi qu'à la suite de l'organisation d'une journée recherche à la Faculté d'Orsay nous essaierons de mettre au point les termes d'une collaboration université-entreprise sur les systèmes experts et l'EAO.

A l'intérieur de l'entreprise, plusieurs pistes apparaissent notamment à la Direction financière et à la CCAS encore que, dans ce dernier cas, les moyens envisagés ne soient pas à la mesure des ambitions.

Mais nous comptons beaucoup sur un questionnaire adressé à 300 personnes de la RATP à l'occasion d'un rapport intitulé : « EAO, compte rendu d'une action de recherche », pour développer encore l'EAO à la RATP.

Ce questionnaire pose les questions suivantes :

- Êtes-vous intéressé par une information, une démonstration d'enseignement assisté par ordinateur ?
- Avez-vous une application ou un sujet qui seraient concernés par l'EAO ?

Lesquels, dans quel domaine ? Avec quel calendrier ?

- Souhaitez-vous participer à une action d'EAO ?

Quand, laquelle et dans quelles conditions ?

- Remarques personnelles concernant les groupes d'utilisation d'EAO implantés dans l'environnement professionnel.

Pensez-vous que cela est souhaitable ?

Comment imaginez-vous la gestion d'une formation EAO dans ce cas ?

Le lecteur intéressé peut renvoyer ses réponses au :

SERVICE FORMATION
ET DÉVELOPPEMENT
107, boulevard de Sébastopol
75002 Paris

Conclusions sur l'avenir de l'EAO à la RATP

EAO représentation d'une réalité professionnelle et EAO instrument de recherche pédagogique.

A Air France et à Air Inter, dans les centres de formation du personnel navigant, la représentation de la réalité professionnelle est évidente : elle ne l'est pas moins à la RATP avec le simulateur SOSIE.

Elle est à peine moins nette au Crédit agricole où l'on profite de temps morts pour réviser, au poste EAO, les règles de l'épargne-logement.

A la RATP, CCAS, réseau routier ou réseau ferré, des pistes sont actuellement étudiées.

Il appartiendra désormais aux responsables de la formation et aux divers décideurs de définir des besoins de formation en intégrant l'EAO comme support de la réalité professionnelle.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'EAO oblige à une démarche pédagogique complète, rigoureuse, structurée et structurante en imposant systématiquement un travail de réflexion sur elle-même.

Ces qualités doivent nécessairement avoir une influence sur le profil du pédagogue de demain.

L'entreprise ne pourra plus se contenter du professeur « artiste » capable d'improvisations « géniales », mais où la mesure de la transmission des connaissances n'est pas possible.

Certains diront que l'EAO est un enseignement mécanique pragmatique : « mais est-ce vraiment une critique dans la mesure où c'est actuellement le domaine des sciences qui est le mieux enseigné car ses disciplines imposent justement une approche très structurée.

L'entreprise intégrant la formation comme une impérieuse nécessité doit trouver les moyens les plus puissants pour permettre à ses agents de « mieux faire » et de « mieux être ».

Ceci passe sans doute par une nouvelle prise de conscience de tous ceux qui sont concernés par la formation à la RATP. ■

LE MATÉRIEL MI 84 : UNE IMPORTANTE ÉTAPE TECHNOLOGIQUE

par Francis Boschat, Inspecteur à la Direction du réseau ferré.

Le nouveau matériel roulant, en cours d'étude, destiné à la ligne A du RER, dérive directement du MI 79, en service sur la ligne B. Dénommé MI 84, il se distingue de son prédécesseur par de nombreuses innovations technologiques qui ont permis d'en diminuer sensiblement le coût de construction, et qui marquent une étape dans la conception des matériels roulants futurs (« métro 2000 »).

Les objectifs visés pour ce nouveau matériel

Un premier bilan concernant le matériel MI 79

Fruit de la collaboration entre la SNCF et la RATP, « le matériel MI 79 » (fig. 1) est doté d'équipement de haute technicité.

Agréable pour le voyageur, ses performances en exploitation sont satisfaisantes, malgré quelques dé-

fauts de jeunesse en cours de correction.

Néanmoins, le nombre des fonctions à réaliser pour répondre aux particularités des deux réseaux a conduit à augmenter notablement la complexité des équipements mécaniques et électriques. C'est ainsi, par exemple, que les éléments sont bicourants (25 kV ca / 1 500 V cc) et comportent des emmarchements mobiles pour s'adapter aux différentes hauteurs des quais SNCF et RATP. Il en résulte que le coût de construction est très élevé et que le volume du câblage, la connectique, le nombre de composants électroniques rendent le MI 79 plus sensible aux aléas, parasites et autres pertur-



Fig. 1 — Le premier élément MI 79 (élément prototype) lors des premiers essais en ligne.

bations que les matériels plus rustiques des générations précédentes (1).

Par prudence, des surveillances et des protections accrues avaient été imaginées. Elles ont, elles aussi, contribué parfois à dégrader la disponibilité du matériel et ont fait l'objet, depuis la mise en service du MI 79, de nombreux ajustements.

A partir de ce premier constat, et compte tenu des retards pris dans la livraison des matériels MI pour la ligne B dus à la faillite de la Société franco-belge et qui rendaient ainsi possible la remise en cause de certaines options, une réflexion a été engagée avec les constructeurs pour définir un matériel de deuxième génération pour les tranches ultérieures du marché du matériel roulant de l'interconnexion restant à commander.

Les objectifs visés pour le matériel MI de deuxième génération

Les principaux objectifs suivants ont été définis :

- maintenir le même niveau de confort et les mêmes performances de traction/freinage ;
- diminuer le coût de fabrication, tout en gardant une totale compatibilité entre le MI 79 d'origine et le MI « simplifié », de façon que ces matériels puissent être couplés entre eux pour former des rames à deux ou trois éléments, et que les modes de conduite et d'exploitation soient identiques ;
- utiliser les opportunités technologiques au mieux dans le cadre de l'objectif précédent, pour permettre aux industriels d'expérimenter des solutions techniques viables pour l'exportation et les matériels de l'avenir ;
- améliorer et simplifier ce qui peut l'être, dans la limite des trois objectifs précédents.

Toutefois, les simplifications envisagées restent dans le cadre fonctionnel défini pour l'interconnexion, et la structure, tant mécanique qu'électrique, du matériel reste inchangée.

Les résultats atteints : le MI 79 B et le MI 84

De l'ensemble des propositions de simplification qui ont été collectées, deux grandes classes ont pu être dégagées.

La première classe regroupe des simplifications pour lesquelles le délai d'étude permet d'envisager leur mise en œuvre sur les éléments de série rapidement. Il s'agit de modifications mineures, qui ont conduit à définir le matériel MI 79 B, construit en série, du 83^e au 120^e élément du marché de l'interconnexion.

Le MI 79 B est destiné à compléter le parc de matériel de la ligne B.

La deuxième classe de simplification regroupe des modifications plus profondes, marquant une étape technologique importante et nécessitant des délais d'étude plus longs. Ce sera véritablement un matériel de « deuxième génération », dénommé MI 84, qui sera fabriqué à partir du 121^e élément, pour la ligne A du RER dans la chaîne de construction du matériel d'interconnexion.

Le MI 79 B présente, au plan électrique, des simplifications mineures (suppression de redondances inutiles, choix de matériaux moins nobles pour certaines fonctions, armoires électriques et électroniques réalisées en profilés assemblés plutôt qu'en tôle mécano-soudée...) et une simplification majeure, le remplacement des 4 batteries d'accumulateurs de 70 Ah par 2 batteries de 85 Ah, avec la modification des chargeurs de batteries associés.

Au plan mécanique, de nombreuses simplifications sont apportées au MI 79 B (suppression de la fonction compartiment à bagages, chauffage défini pour une température minimale de — 10 °C au lieu de — 20 °C, suppression du frein de dépannage pneumatique...). L'aspect, extérieur et intérieur, reste quasiment inchangé par rapport au MI 79 A (c'est-à-dire le MI 79 actuel).

Le MI 84, quant à lui, présente au plan électrique des différences notables avec le MI 79 (A ou B) :

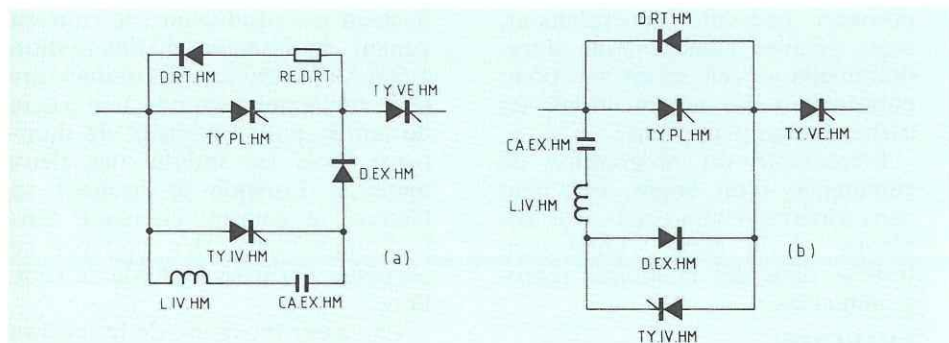
l'utilisation d'un nouveau mode de refroidissement des semi-conducteurs de puissance permet de supprimer une source importante de nuisance pour les voyageurs : le bruit des ventilateurs, par suppression de la ventilation forcée. L'utilisation de microprocesseurs dans la commande électronique permet de diminuer sensiblement le volume de l'électronique embarquée tout en augmentant sa souplesse d'utilisation.

Au plan mécanique, en plus des simplifications apportées dès le MI 79 B, un aménagement nouveau du plafond intérieur des voitures (suppression des portebagages, redistribution de l'éclairage...), la suppression de l'intercirculation entre voitures utilisable par les voyageurs, et quelques autres différences d'aménagement, modifient sensiblement l'aspect intérieur des voitures, sans changer l'harmonie des couleurs.

Du point de vue économique, si l'on regarde en détail la part liée aux équipements électriques du MI 84, on observe que l'utilisation de nouvelles technologies pour réaliser des fonctions et un service rigoureusement identiques, permet de diminuer d'environ 12 % les coûts de construction de ces équipements.

D'une façon plus globale, les économies de coût de fabrication de série pour un élément MI 79 B sont d'environ 2,7 %, et pour un élément MI 84, d'environ 9 %. En tenant compte des frais liés à l'étude de ces simplifications, cette économie, multipliée par le nombre d'éléments qu'il est prévu de commander, revient à obtenir gratuitement plus de cinq éléments de quatre voitures.

(1) Le MI 79, c'est, par exemple, pour un élément mesurant 104 m de long, plus de 130 km de câbles électriques, 500 cartes électroniques en dehors de celles du pilotage automatique, 80 000 points de connexion...



Désignation	(a) : sur le MI 79	(b) : sur le MI 84	Nom
TY.PL.HM	4 thyristors en série	3 thyristors en série	Thyristor principal hacheur moteur
TY.IV.HM	5 thyristors en série	3 thyristors en série	Thyristor d'inversion — —
TY.VE.HM	2 thyristors en série	2 thyristors en série	Thyristor vernier — —
D.RT.HM	2 diodes en série	3 diodes en série	Diode de retour — —
D.EX.HM	3 diodes en série	3 diodes en série	Diode d'extinction — —
L.IV.HM	35 μ H	30 μ H	Self d'inversion — —
CA.EX.HM	35 μ F	40 μ F	Condensateur d'extinction — —
RE.D.RT	35 m Ω	—	Résistance de diode de retour

Fig. 3 — Schéma de l'interrupteur du hacheur de commande des moteurs.

et fournissent de l'énergie en produisant un effort retardateur, l'appoint éventuel de freinage, en particulier aux basses vitesses, étant réalisé par le frein pneumatique. Sur le matériel MI 79, cette énergie électrique est soit renvoyée sur la caténaire d'alimentation de la ligne lorsque la rame est dans une zone alimentée en 1 500 Volts (courant continu) et que d'autres trains sont à même de consommer cette énergie, ce qui est le cas quasi-général à la RATP (2), soit dissipée dans une résistance dans tous les autres cas, en particulier lorsque la rame se situe dans une zone alimentée en 25 000 Volts (courant alternatif). Pour le matériel MI 84, cette deuxième possibilité a été éliminée, ce qui permet d'économiser la résistance, appelée rhéostat, et de simplifier la commande électronique du système. Il n'y aura donc plus de freinage rhéostatique sur les zones alimentées en 25 kV, mais un freinage pneumatique seul, tandis que sur les zones alimentées en 1 500 Volts, le freinage électrique se fera par récupération d'énergie, et sera, comme le MI 79, conjugué à un frein pneumatique.

De plus, alors que sur le MI 79, les inducteurs des moteurs branchés en génératrices pour le freinage électrique sont alimentés séparément (« excitation séparée ») par un petit hacheur spécialisé, sur le

MI 84, comme cela se fait déjà sur le MF 77, les génératrices sont « auto-excitées », comme cela sera décrit plus loin, au paragraphe relatif au fonctionnement du hacheur. Cette disposition conduit à des améliorations sensibles : le convertisseur qui devait, en plus du reste, fournir le courant nécessaire à l'excitation des moteurs en freinage, voit sa puissance divisée par deux (voir paragraphe relatif au convertisseur d'alimentation), et le hacheur d'excitation disparaît. Toutefois, cette disposition est nettement plus critique et nécessite un asservissement électronique d'une haute précision et des dispositifs de protection adaptés (la simulation a montré que dans certains cas de pannes, le courant traversant le hacheur peut atteindre plus de 30 000 ampères en quelques millisecondes, ce qui est, bien évidemment, destructif).

Toujours en motrice, pour la partie « puissance », et sans parler de modifications de détail qui pour tant apportent chacune leur contribution à l'objectif, la technologie de montage et de refroidissement des composants de puissance du hacheur de commande des moteurs est nouvelle. Déjà expérimentée par la RATP, mais avec un autre constructeur, sur un prototype (expérimentation d'une motrice à moteur asynchrone), l'utilisation de

- 1 — Condenseur à ailettes.
- 2 — Cuve remplie aux 3/4 de fréon sous vide.
- 3 — Flasque amovible portant les semi-conducteurs de puissance.
- 4 — Connecteurs de raccordement.
- 5 — Échappement du fréon vapeur.
- 6 — Collecteur du fréon liquide.
- 7 — Châssis grillagé.
- 8 — Hublot de vérification du niveau.
- 9 — Paroi latérale de la motrice.

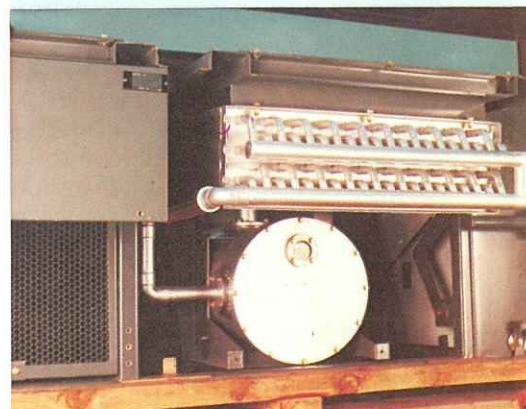
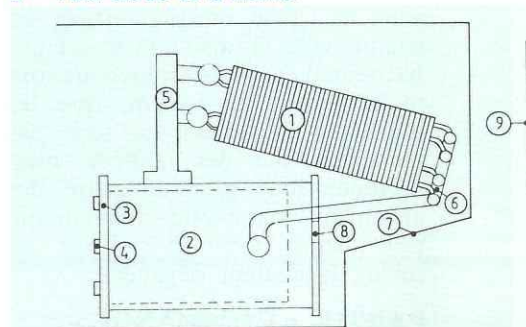


Fig. 4 et 5 — Schéma et photo de l'ensemble cuve-condenseur.

cuves à fluide caloporteur (fréon, flugène ou forane, suivant les fournisseurs), présente de nombreux avantages : la suppression du refroidissement par ventilation forcée permet d'éliminer le bruit et la consommation des motoventilateurs ; les qualités diélectriques du liquide utilisé permettent de réduire les distances entre les divers composants et d'éliminer la plupart des self-inductances et capacités parasites de câblage, essentielles sur un hacheur de forte puissance.

Dans le cas du MI 84, les semi-conducteurs de puissance d'un hacheur, avec leurs réseaux de protection et leurs transformateurs d'impulsions associés, sont répartis dans deux ensembles cuve-condenseur (3), tel que celui représenté sur les figures 4 et 5. Ces ensembles sont montés côte à côte

(2) Toutefois, par crainte de détériorer les moteurs du vieux matériel « Z 2300 » encore en service sur la ligne B, ce dispositif est provisoirement inhibé.

(3) Toutefois, les essais thermiques sur la rame prototype permettront peut-être de remplacer les ensembles cuve-condenseur par de simples cuves à ailettes de dissipation.

sous la caisse de la motrice, de chaque côté, à raison d'un côté par hacheur. Les semi-conducteurs sont montés nus, c'est-à-dire que les pastilles de silicium ne sont pas protégées par des boîtiers, mais montées sous pression entre des ensembles masselotte-radiateur qui permettent ainsi d'extirper au mieux la chaleur dégagée.

PARTIE « COMMANDE »

Du côté de la commande, l'innovation essentielle tient au mode de réalisation de la commande électronique des hacheurs, donc de la traction et du freinage. D'asservissements et surveillances réalisés en logique câblée et par des dispositifs analogiques (amplificateurs opérationnels...), comme sur le MI 79, on passe sur le MI 84 à la réalisation des mêmes fonctions avec un microprocesseur par bogie.

Ce microprocesseur 16 bits (un « 68 000 » travaillant à une fréquence d'horloge de 8 MHz) réalise de façon programmée les mêmes fonctions d'asservissements et de surveillances que celles mises au point sur le MI 79, et intègrent aussi des fonctions traitées à part jusqu'à présent, comme la réception de la consigne d'effort (fig. 2) ou le dispositif d'antipatinage (en traction) et d'anti-enrayage (en freinage) qui permet d'adapter au mieux la consigne d'effort au coefficient d'adhérence instantanée de la roue au rail.

Outre son caractère de nouveauté sur une série de rames, la commande du hacheur et des fonctions associées à microprocesseur présente de nombreux avantages : la réduction du coût d'une telle commande est importante. Elle est parfaitement illustrée par la réduction du volume d'électronique de commande correspondant : pour la commande d'un bogie, les 53 cartes à circuit imprimé, nécessaires pour le MI 79, sont remplacées sur le MI 84 par 9 cartes d'un format double. Cette constatation permet d'escompter une amélioration de la fiabilité. De plus, étant par nature programmable, le microprocesseur se prête bien aux modifications que la mise en service d'un système

nouveau nécessite généralement, alors qu'avec l'électronique « traditionnelle », ces mises au point entraînaient des modifications des cartes à circuit imprimé.

L'ensemble du programme de commande d'un bogie, qui tient dans environ 7 kilo-octets, est implanté sur la carte « unité centrale », dans des mémoires reprogrammables.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU HACHEUR

Le schéma de principe général du hacheur de commande des moteurs est décrit sur la figure 6. L'ouverture ou la fermeture de contacteurs permet la configuration de ce schéma (a), soit en traction (b), soit en freinage (c). L'électronique de commande rend cycliquement le hacheur conducteur ou bloqué.

En traction (fig. 7), lorsque le

hacheur est conducteur, le courant venant de la ligne d'alimentation 1 500 Volts traverse les inducteurs (éventuellement shuntés, une partie du temps, par le thyristor de shuntage), puis les induits des deux moteurs. Lorsque le hacheur se bloque, le courant circulant dans l'auto-inductance des moteurs se perpétue à travers la diode de roue libre.

La valeur moyenne de la tension et du courant ainsi contrôlés pour les moteurs est fonction du rapport entre le temps de conduction et le temps de blocage du hacheur, rapport que l'on fait varier pour ajuster l'effort de traction.

En freinage (fig. 8), deux phases distinctes sont nécessaires, et dans chacune d'elles, le hacheur est tantôt conducteur, tantôt bloqué.

La première phase (a et b de la fig. 8), d'une durée d'une dizaine de cycles du hacheur, soit environ

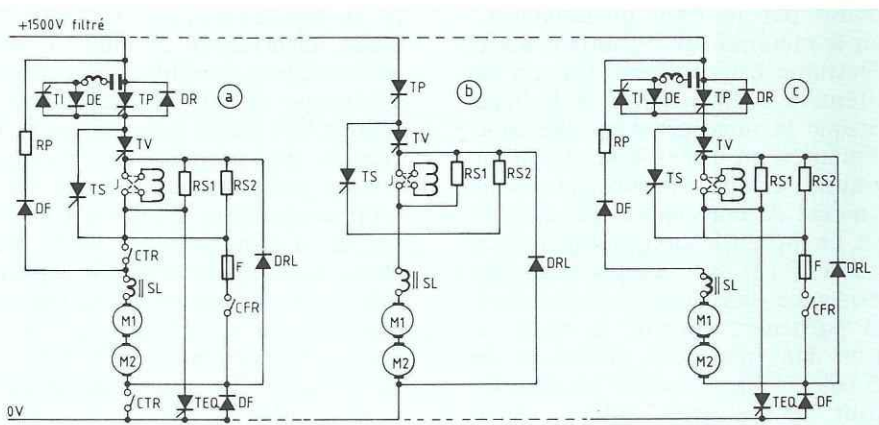


Fig. 6 — Schéma de principe du hacheur de commande des moteurs d'un bogie.

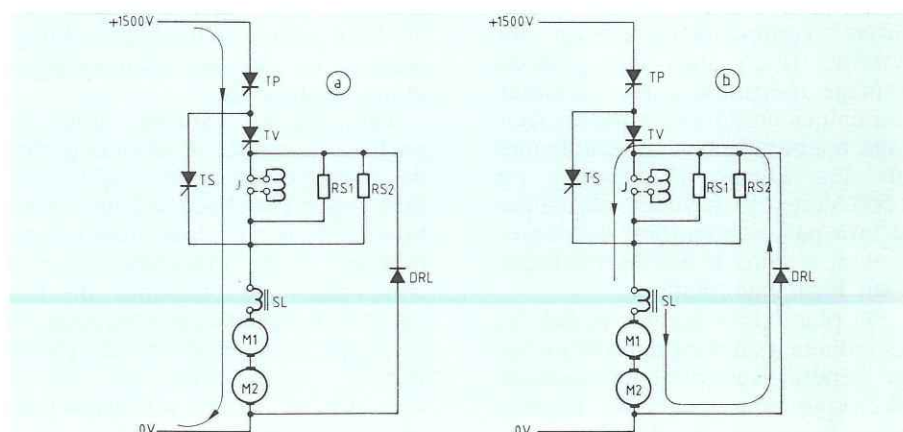


Fig. 7 — Fonctionnement du hacheur en traction — (a) : hacheur conducteur ; (b) : hacheur bloqué.

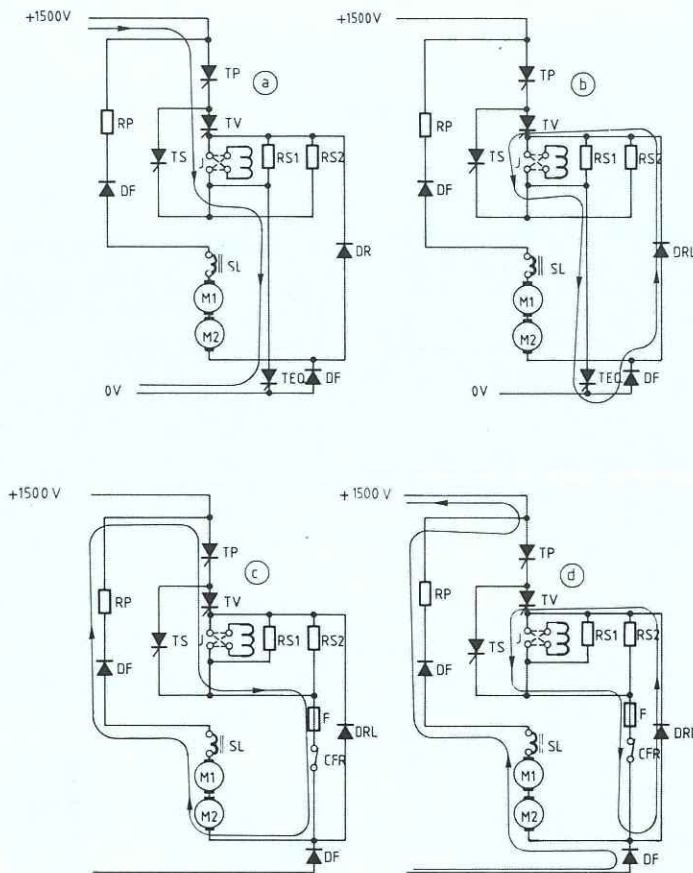


Fig. 8 — Fonctionnement du hacheur en freinage.

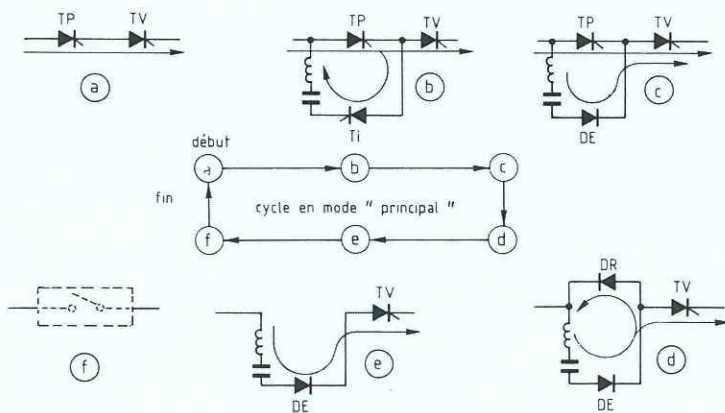


Fig. 9 — Diagramme simplifié du cycle de fonctionnement de l'interrupteur du hacheur en « mode principal ».

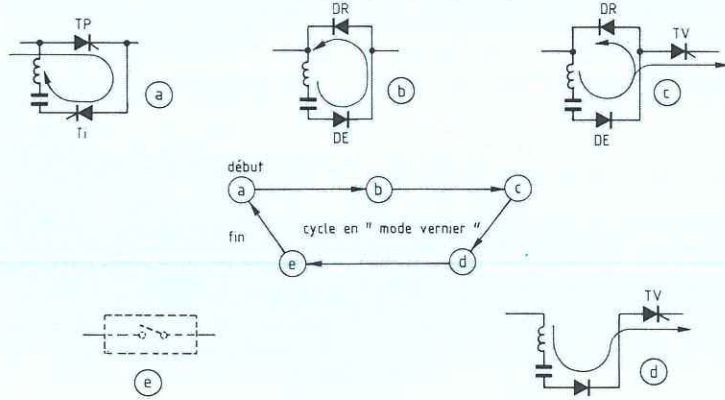


Fig. 10 — Diagramme simplifié du cycle de fonctionnement de l'interrupteur du hacheur en « mode vernier ».

30 millisecondes, correspond à la phase de préexcitation, permettant d'amorcer les génératrices que constituent les moteurs en freinage, tandis que dans la deuxième phase (c et d de la fig. 8), l'amorçage étant obtenu, on éteint le thyristor TEQ de préexcitation et on ferme le contacteur CFR (fig. 6). On remarque dans cette phase (fig. 8 c) que les moteurs, inducteurs et induits en série, sont mis en court-circuit par la hacheur lors de sa conduction, la ligne d'alimentation à 1 500 Volts étant protégée du court-circuit par une diode de freinage, afin de faire croître le courant dans les auto-inductances du circuit, puis, lors du blocage du hacheur (fig. 8 d), le courant se perpétue dans l'induit et les auto-inductances branchées en série, dont la tension aux bornes devient alors supérieure à la tension de la ligne (c'est le principe du hacheur « élévateur de tension », permettant de renvoyer en ligne le courant fourni par l'énergie de freinage), tandis que dans les inducteurs, alors séparés des induits, le courant se perpétue à travers la diode de roue libre.

S'il est relativement aisé de rendre conducteurs les thyristors du hacheur, il est toujours difficile de les bloquer. C'est pour cette raison que l'interrupteur du hacheur, décrit précédemment à la figure 3, comporte de nombreux composants complémentaires. Le principe général retenu pour éteindre les thyristors consiste à utiliser un thyristor oscillant mis en action par le thyristor d'inversion, pour « souffler » le courant passant dans le thyristor principal, ce qui permet de le bloquer.

Toutefois, le temps nécessaire à l'inversion de phase du circuit oscillant est trop long pour permettre de faibles angles d'ouverture (rapport du temps de conduction à la période totale) du hacheur. On est alors obligé d'utiliser un autre mode de fonctionnement, appelé « mode vernier », dans lequel le thyristor principal n'est jamais mis en conduction en même temps que le thyristor vernier. Les figures 9 et 10 décrivent schématiquement ces deux modes de fonctionnement.

En remorque

PONT REDRESSEUR

La partie puissance du pont redresseur qui permet, sur les lignes SNCF alimentées en 25 000 Volts (courant alternatif), de fournir aux équipements une tension continue équivalente à celle de la caténaire 1 500 Volts, est inchangée par rapport au MI 79 : le pont mixte de redressement, constitué de thyristors et de diodes, est refroidi par une ventilation forcée qui ne sera active, par simplification et pour supprimer une cause de bruit, par rapport au MI 79, qu'au-delà d'une certaine vitesse et sur les voies alimentées en 25 kV uniquement.

La partie commande, elle, est réalisée, comme en motrice sur MI 84, par un microprocesseur qui reproduit l'asservissement déjà mis au point sur le MI 79, et intègre aussi des fonctions réalisées par ailleurs sur MI 79 : la réception et le traitement de la consigne d'effort en freinage, l'anti-enrayage. Les avantages de cette solution sont ici les mêmes qu'en motrice.

LE CONVERTISSEUR D'ALIMENTATION

Le convertisseur statique (« CVS ») fournit, à partir de la tension continue de 1 500 Volts, toutes les tensions nécessaires au fonctionnement des équipements du train : basse tension destinée au relaiage, à l'électronique et à la charge des batteries, tension alternative d'alimentation des moteurs auxiliaires. Sur le MI 84, une seule tension alternative (220 Volts, 50 Hz) est fournie (sur le MI 79, en plus de celle-ci, une tension de 210 Volts, 300 Hz était nécessaire), et le courant continu débité par la sortie basse tension est diminué de façon importante par la suppression de l'excitation séparée des moteurs en freinage. Ces dispositions ont permis une redéfinition du dimensionnement du CVS permettant de ramener sa puissance de 95 kVA, sur MI 79, à 40 kVA sur MI 84. Ceci a rendu possible l'introduction, sur ce nouveau CVS, de thyristors asymétriques à la pointe

de la technologie, et d'un mode de réalisation à panneaux radiants qui permet, là encore, de supprimer la ventilation forcée pour le refroidissement, lequel se fait maintenant par convection naturelle.

Un aménagement intérieur remodelé

Au plan mécanique, les modifications apportées au MI 79 B sont reconduites sur le MI 84. Beaucoup sont des aménagements ou des simplifications invisibles pour le voyageur (suppression du frein de dépannage par conduite générale pneumatique, suppression de manomètres de suspension, simplification du dispositif d'attelage entre demi-éléments, suppression d'extracteurs d'air...). D'autres peuvent être perçues par les voyageurs, comme l'adjonction d'une barre verticale dans l'emplacement qui était initialement aménagé comme compartiment à bagages.

Sur le MI 84, l'aménagement intérieur est davantage modifié : le plafond des voitures est redessiné, permettant la suppression des porte-bagages peu utilisés à la RATP, une disposition plus simple de l'éclairage, le passage en plafond des gaines de chauffage-ventilation. Sur les plates-formes, face aux portes, les appuis-troncs sont remplacés par des barres verticales, tandis qu'en bout de voiture, la porte d'accès aux voitures adjacentes (porte d'intercirculation) accessible aux voyageurs est remplacée par une simple porte de service, comparable à celle du MF 77, non utilisable par le public. Notons enfin la suppression des stores pare-soleil sur les vitres latérales.

Conséquences des modifications techniques

Il n'est pas possible en quelques pages de décrire sous tous ses aspects un matériel de la complexité du MI 84. Néanmoins, les lignes qui précèdent ont montré combien le MI 84 comporte d'innovations, en particulier au plan de l'électronique de commande et de puissance. De ce point de vue, le MI 84 constitue véritablement une nouvelle série de matériel, nettement différente des précédentes.

Des moyens d'essais adaptés

Comme pour toute nouvelle série de matériel, des moyens d'essais importants sont mis en œuvre pour le MI 84. Les principaux sont les suivants :

- simulation du fonctionnement et des conséquences des défauts survenant sur le circuit de puissance (simulation sur calculateur chez le constructeur de l'équipement : la Société TCO);

- mise au point provisoire des asservissements, vérification fonctionnelle des programmes et test aux limites, sur simulateur analogique, chez le constructeur et en parallèle, à la RATP; ces essais permettent en outre de déceler les anomalies survenant sur les cartes de commande à microprocesseurs, et de valider les modifications retenues;

- vérification des asservissements, du fonctionnement de l'interrupteur, du dimensionnement des divers composants sur un banc d'essais en vraie grandeur; ce banc d'essais, réalisé par le constructeur, comporte les moteurs, un volant d'inertie et une génératrice permettant de simuler la charge; il regroupe, sur une même ligne d'arbre de transmission, l'équivalent d'un bogie d'une motrice; il est commandé par un ensemble de régulation électronique et le relaiage associé

et permet donc une simulation très proche de la réalité du train ; — enfin, le demi-élément prototype MI 84, mis en essais sur la ligne B à partir du mois d'avril 1983 pour une durée de l'ordre d'un an, doit permettre de découvrir les points critiques restants, d'y remédier et de régler définitivement les asservissements.

De nouvelles difficultés à surmonter

LA MUTATION TECHNOLOGIQUE

Le passage aux microprocesseurs, et, dans une moindre proportion, au refroidissement par fréon, constitue une mutation qui fait surgir des problèmes nouveaux. A titre d'exemple, les spécifications jusqu'alors applicables aux équipements électriques et électroniques du matériel roulant ne sont pas adaptées à la micro-informatique et, compte tenu de la brièveté du délai d'étude, ne peuvent être adaptées dans l'immédiat. Dans ces conditions, une « improvisation raisonnable » a été menée avec le constructeur. Un autre exemple est lié à l'écriture et à la vérification du logiciel : le constructeur utilise un « banc de développement » du système à microprocesseur d'un autre fournisseur que celui dont dispose le Service d'études du matériel roulant à la RATP. Ce problème, anodin en apparence, conduit à des difficultés de vérification et de suivi de l'étude, lié à un défaut de transposabilité des programmes.

DES PROBLÈMES DE FORMATION ET DE MAINTENANCE

En plus de la formation du personnel d'étude, le passage à la micro-informatique dans les trains nécessite une préparation des équipes chargées de l'entretien de ces systèmes. Outre une formation de base, il faut mettre à la disposition de l'entretien des outils nouveaux permettant de faciliter la localisation des pannes. Il est donc prévu d'incorporer au MI 84, sui-

vant un processus qui reste à définir, des systèmes d'aide au dépannage utilisant les ressources de microprocesseurs pour fournir, à partir des paramètres mémorisés lors d'un incident, et d'un algorithme de traitement, un diagnostic concernant le système et une indication précise concernant le sous-ensemble à échanger.

DES RISQUES NOUVEAUX

Certains problèmes nouveaux sont déjà apparus lors de l'étude de la commande à microprocesseur, ou lors des essais préalables de dimensionnement thermique de l'ensemble cuve-condenseur, essais qui ont eu lieu en février et mars 1982, sur les lignes A et B, avec un ensemble prototype.

Néanmoins, l'expérience du MI 79 montre qu'il faut parfois attendre que plusieurs trains de série circulent en ligne pour découvrir d'autres difficultés qui n'apparaissent pas toujours aux essais préliminaires. Pour le MI 84, il est encore trop tôt pour savoir si nous avons résolu tous les problèmes, car les technologies nouvelles recèlent souvent bien des surprises.

Mais les constructeurs et le Service du matériel roulant savent que les progrès techniques sont à ce prix. Pour innover, il faut savoir prendre des risques qu'il convient, certes, de limiter, mais les difficultés sont le prix de l'innovation.

UNE ÉTAPE VERS LE « MÉTRO 2000 »

Sans préfigurer le « métro 2000 », pour lequel le Service du matériel roulant (FR) a lancé plusieurs actions de recherche, le MI 84 constitue néanmoins une étape marquante : l'introduction de la micro-informatique. Dans les matériels roulants futurs, il est probable que celle-ci sera développée jusqu'à devenir un véritable système. Le MI 84 contribue pour sa part à valider certaines recherches, et donc à préparer l'avenir. ■

Bibliographie

« Le matériel d'interconnexion SNCF/RATP MI 79 »
par G. Coget et M. Olivier
Revue générale des chemins de fer,
janvier 1982

« La RATP et Alsthom Atlantique expérimentent le moteur asynchrone sur une rame de métro »
par J. Sofer et A. Pascal
Revue générale des chemins de fer,
septembre 1982 (refroidissement par fluide caloporteur)

LA SUPPRESSION DES PASSAGES À NIVEAU N^{os} 24 et 28 DE LA LIGNE B :

Une utilisation originale de la technique du coussin d'air

par André Taillebois,

Ingénieur Chef de division à la Direction des travaux neufs.

Le programme de suppression des passages à niveau

Un précédent article de cette revue (*) avait dressé un historique, ancien pour la section Luxembourg-Massy-Palaiseau, récent pour la section Massy-Palaiseau-Saint-Rémy-lès-Chevreuse, de la suppression des passages à niveau. Rappelons seulement qu'après de longues tractations, un accord a pu être trouvé avec les collectivités locales et le Syndicat des transports parisiens (STP) pour le financement de cette opération sur la deuxième section et qu'un programme pluriannuel en permet depuis 1980 la réalisation progressive. L'année 1982 a vu ainsi l'achèvement de la suppression des PN 22 et 26 et le lancement de celui des PN 18, 21 et 28, le PN 24 devant suivre en 1983.

Les opérations en cours

Au milieu de l'année 1983, seules les opérations relatives aux PN 24 et 28 font encore l'objet de travaux complémentaires. En effet, la suppression du PN 18 n'a pu être engagée par suite de la remise en cause du projet qui, bien qu'approuvé par les autorités compétentes après d'importantes difficultés de mise au point, rencontrait une vive opposition des riverains. Quant au PN 21, sa fermeture est intervenue à la fin du mois de mai 1983, les travaux s'étant limités à l'établissement d'un cheminement piétonnier franchissant les voies par l'intermédiaire d'un passage inférieur existant.

Le projet de suppression du PN 24

Le PN 24, situé rue du Royaume à Bures-sur-Yvette, est un passage réservé aux piétons. Le projet (fig. 1) prévoit son remplacement par un passage inférieur implanté à environ 60 m à l'ouest du franchissement actuel; la situation en rem-

blai du RER à cet emplacement est en effet favorable à la construction d'un ouvrage de ce type qui s'intègre convenablement à l'environnement. Le cheminement piétonnier qui se raccorde sur ce passage assure la liaison avec la rue du Royaume de part et d'autre du RER, mais également au sud avec l'avenue Édouard Herriot, s'insérant ainsi dans un projet plus général de la commune entre un quartier résidentiel et un groupe scolaire.

L'ouvrage sous voies est constitué d'un cadre en béton armé de 2,50 m d'ouverture, de 2,50 m de hauteur libre et d'environ 10 m de longueur, prolongé à chaque extrémité par des murs en aile.

Le projet de suppression du PN 28

Le PN 28, situé sur la commune de Gif-sur-Yvette, à proximité de la gare de Courcelle-sur-Yvette, assure la liaison entre la rue Fernand Léger au nord et la rue de Madrid au sud. Sa suppression nécessite la construction de deux passages inférieurs, l'un pour piétons à proximité immédiate de la gare pour maintenir des conditions d'accès normales

(*) Numéro d'avril-mai-juin 1982.

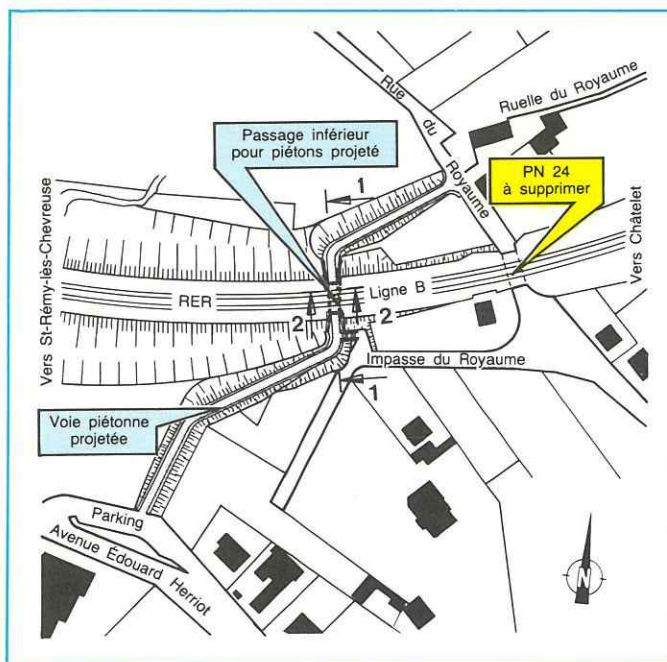


Fig. 1 — Le projet de suppression du PN 24 à Bures-sur-Yvette.

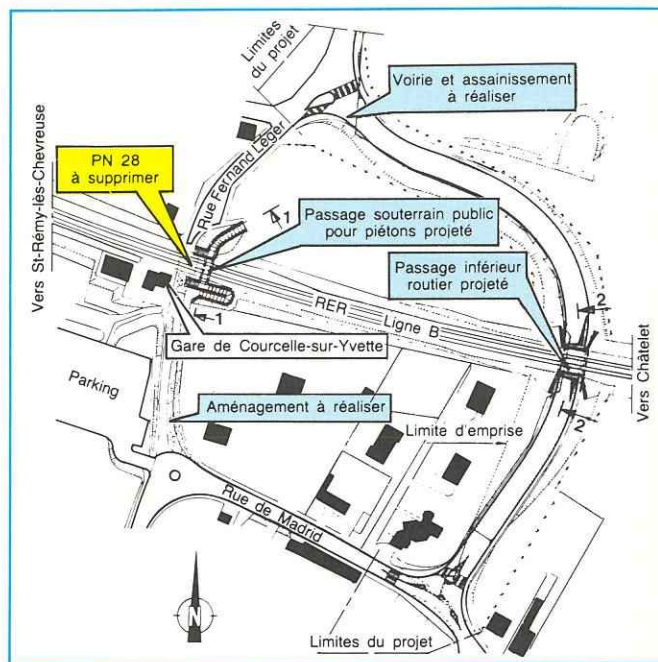


Fig. 2 — Le projet de suppression du PN 28 à Gif-sur-Yvette.

à celle-ci, l'autre pour voitures, à 1,50 m environ du PN actuel (fig. 2).

Le passage pour piétons est un cadre en béton armé de caractéristiques voisines de celui du PN 24, relié au niveau de la voirie existante, de part et d'autre du RER par un escalier et une rampe accessible aux handicapés légers.

Le passage routier est un cadre en béton armé d'environ 10 m de longueur, d'une ouverture de 10,50 m permettant le passage d'une chaussée de 8,50 m et d'une hauteur libre de 4,80 m autorisant un gabarit de circulation de 3,90 m. Une voie routière nouvelle rétablit la liaison entre les rues Fernand Léger et de Madrid, les parties abandonnées de ces deux voies faisant l'objet d'un aménagement piétonnier.

Le choix de la méthode d'exécution

Le nombre important d'ouvrages à réaliser dans le cadre de la suppression des PN a conduit la Direction des travaux neufs à rechercher l'amélioration des méthodes d'exécution en vue de réduire le coût de la construction et de limiter la gêne apportée à l'exploitation.

La méthode classique et ses inconvénients

La méthode classique consiste à établir, de part et d'autre de l'emplacement de l'ouvrage à construire, deux appuis en béton en maintenant les voies à l'aide de raidisseurs ou de tabliers auxiliaires de dimensions réduites, puis à placer sur ces appuis sur toute la largeur de la brèche dans laquelle on réalise alors l'ouvrage.

En bref, on réalise d'abord un ouvrage provisoire à l'abri duquel on construit l'ouvrage définitif. Ce processus comporte divers inconvénients importants :

- les dispositifs provisoires sont d'un coût élevé et leur présence impose un ralentissement des trains ;

- la construction de l'ouvrage sous les voies est malaisée, entraînant une augmentation du prix des travaux ainsi que du délai d'exécution et donc de la durée des ralentissements ;

- l'épaisseur des tabliers auxiliaires augmente avec leur portée et nécessite l'abaissement du niveau de l'ouvrage à construire ; il en résulte, soit une augmentation de la pente des voies routières de raccordement qui sont déjà souvent au maximum admissible compte tenu de la configuration des lieux et un allongement démesuré des rampes accessibles aux handicapés, soit l'obligation de procéder à un relevage provisoire du niveau des voies entraînant celui des caténaires et parfois des quais d'une gare voisine ou même du PN à supprimer !

Les solutions envisagées

La réflexion, menée en étroite collaboration avec le Service de la voie, a porté sur les moyens de réduire la durée d'utilisation des tabliers auxiliaires, ou mieux, de la

supprimer. Diverses solutions ont été envisagées.

PRÉFABRICATION ET RIPAGE DU TABLIER

Cette méthode, qui s'apparente à celle utilisée par le Service de la voie pour le remplacement de tabliers existants, consiste à préfabriquer en dehors de l'assiette des voies le tablier qui est ensuite ripé à son emplacement définitif de nuit, pendant les heures d'interruption de trafic. Pour un ouvrage nouveau, il faut bien sûr avoir réalisé préalablement les appuis du tablier en maintenant les voies à l'aide des raidisseurs ou de petits tabliers auxiliaires dont la présence est ainsi limitée. Toutefois, ce procédé, utilisé en 1965 pour la construction du passage inférieur de la voie F 18 sous la gare du Guichet, voit son intérêt limité par deux difficultés : — si le sol de fondation est de qualité médiocre, on ne peut dans des conditions acceptables ni réaliser de fondations profondes pour les appuis situés sous les voies, ni réaliser un cadre en béton armé qui s'accommoderait du faible travail admissible par le sol ; — au-delà d'une certaine portée, les opérations à réaliser au moment du ripage sont trop importantes pour se limiter aux heures d'interruption du service voyageurs.

FONÇAGE HORIZONTAL

Dans ce procédé, l'ouvrage est constitué par un cadre fermé en béton armé, préfabriqué à côté de la plate-forme des voies et au niveau de son emplacement définitif. Il est mis en place par fonçage horizontal, c'est-à-dire qu'il est poussé sous les voies à l'aide de vérins hydrauliques prenant appui sur un massif de butée, l'excavation de la terre située à l'intérieur de l'ouvrage préfabriqué étant menée simultanément. Pendant l'opération de poussage, les voies reposent, par l'intermédiaire de raidisseurs, sur des poutres transversales ; ce dispositif, qui suffit pour supporter les voies à vide, prend appui sur l'ouvrage nouveau au moment du passage des trains pendant lequel le poussage est interrompu.

Cette méthode, utilisée à plusieurs reprises par la SNCF et d'autres réseaux ferroviaires étrangers, est d'une application délicate et les premiers études entreprises ont montré qu'elle n'était économiquement intéressante que pour des franchissements de plates-formes comportant un nombre important de voies.

PRÉFABRICATION ET RIPAGE DE L'OUVRAGE COMPLET

Depuis longtemps, on sait déplacer des masses très importantes par

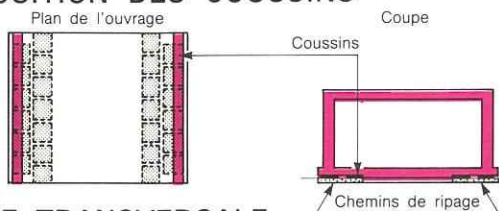
roulement ou par glissement sur un chemin adapté. Des améliorations ont été régulièrement apportées aux organes de roulement ou aux revêtements des surfaces de glissement, mais la technologie du coussin d'air a apporté une modification radicale dans ce domaine en supprimant tout contact direct entre la masse à déplacer et son support. Ceux-ci sont séparés par un film d'air sous pression qui rend négligeable les frottements : la charge « flotte » et son déplacement est possible dans toutes les directions en exerçant un effort très faible (voir encadré).

PRINCIPE DU RIPAGE SUR COUSSINS D'AIR

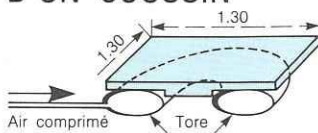
Lorsqu'un film d'air sépare une charge du sol, le frottement entre eux devient négligeable. La charge « flotte » et son déplacement est possible dans toutes les directions avec un effort très faible. La réalisation du film d'air est obtenue à l'aide d'éléments appelés coussins d'air.

Ce principe permet le déplacement de charges importantes (650 t pour l'ouvrage routier du PN 28).

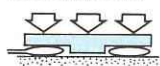
DISPOSITION DES COUSSINS



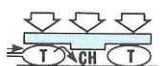
COUPE TRANSVERSALE D'UN COUSSIN



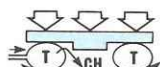
FONCTIONNEMENT D'UN COUSSIN



Phase 1 : au repos, la charge repose sur le radier de l'ouvrage.



Phase 2 : l'air comprimé est admis. Le tore (T) se gonfle et soulève la charge. La chambre (CH) se remplit.



Phase 3 : on augmente la pression dans la chambre (CH) jusqu'à ce que l'air s'échappe entre le tore et le sol, formant un film continu sur lequel flotte la charge.



Fig. A — Un coussin d'air au repos.



Fig. B — Un coussin d'air en fonctionnement.

La SNCF avait déjà utilisé cette technique pour mettre en place des ouvrages d'art sous voies ferrées mais en général après avoir construit les appuis et réalisé l'excavation à l'abri des tabliers auxiliaires. La rapidité du déplacement proprement dit, de l'ordre de quelques minutes, a conduit à envisager de réaliser pendant une interruption de l'exploitation de deux jours non seulement la mise en place de l'ouvrage, mais aussi l'excavation et le remblaiement (fig. 3).

Les premières études menées avec les Directions du réseau ferré et du réseau routier ont montré la faisabilité, dans de bonnes conditions, de la fermeture pendant un samedi et un dimanche de la section Orsay/Saint-Rémy-lès-Chevreuse et de la mise en place d'un service d'autobus de remplacement. Dans ces conditions, la méthode paraissait d'un grand intérêt puisqu'elle permettait non seulement une économie importante sur le coût de l'opération, mais également une réduction substantielle de la durée des ralentissements et du délai d'exécution et elle fut retenue pour la suppression du PN 28 qui comportait deux ouvrages à mettre en place. Il était tentant de profiter de l'interruption du trafic depuis Orsay pour étendre la méthode à l'ouvrage du PN 24 à Bures et il fut décidé que si les résultats de l'appel d'offres confirmaient les prévisions, les économies réalisées sur le PN 28 seraient utilisées pour préfinancer l'ouvrage du PN 24. Ces hypothèses s'étant révélées exactes, ce sont donc les trois passages inférieurs permettant la suppression des PN 24 et 28 qui ont été réalisés par ce procédé.

La réalisation des travaux

Les travaux de suppression du PN 28 ont débuté en octobre 1982 et ceux du PN 24 en janvier 1983, de manière à permettre la mise en place des ouvrages à la mi-avril 1983 et la fermeture définitive des passages à niveau au début de septembre 1983.

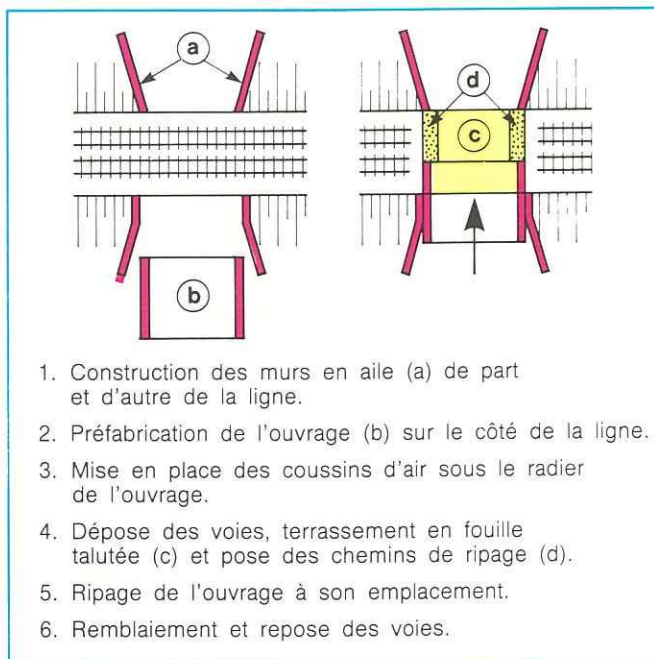


Fig. 3 — Méthode d'exécution par préfabrication et ripage de l'ouvrage complet.

La préfabrication des ouvrages et les travaux préparatoires

Les travaux préparatoires ont consisté à effectuer les terrassements nécessaires à l'établissement, à proximité des voies et au niveau convenable, d'une aire de préfabrication accessible aux camions et engins de chantier, et à construire à l'aide de fouilles blindées tradition-

nelles les murs de soutènement destinés à tenir le talus des voies ferrées de part et d'autre de l'ouvrage proprement dit (fig. 4).

Pour le PN 28, la principale difficulté de cette phase de travaux est provenue de la présence d'une nappe phréatique très proche du sol qui a nécessité pendant toute la durée un rabattement à l'aide de pointes filtrantes, établies successivement à plusieurs niveaux depuis la périphérie jusqu'au fond des



Fig. 4 — Les travaux préparatoires du PN 24 côté Nord.

excavations de manière à obtenir un assèchement aussi complet que possible.

La préfabrication des ouvrages-cadres, y compris les revêtements d'étanchéité et les dispositifs latéraux de drainage, s'est déroulée sans problème particulier, suivant un programme permettant au béton d'avoir atteint la résistance adéquate au moment de sa mise en place (fig. 5 et 6).

Mais pendant toute cette période, la préoccupation majeure de tous les responsables a été la préparation minutieuse de l'opération de mise en place des trois cadres, tout d'abord par l'observation de ripages d'ouvrages d'art sur coussins d'air par la SNCF, suivie de l'étude critique des problèmes rencontrés, de la recherche de solutions adaptées aux conditions locales ; ensuite, par une analyse soignée de toutes les tâches à réaliser pendant l'interruption du trafic, pour construire un planning détaillé heure par heure et déterminer les moyens en personnel et en matériel, avec la redondance indispensable à une opération où l'échec n'est pas permis.

D'autre part, avec la participation active de la cellule « promotion » de la Direction du réseau ferré, une double campagne d'information a été lancée en direction des riverains par une lettre personnalisée pour chaque commune et distribuée à plusieurs centaines d'exemplaires, les avertissant des buts de l'opération et de la gêne passagère qu'elle apporterait ; à l'intention des usagers du RER, par voie de dépliants, affiches, affichettes donnant tous les renseignements pratiques nécessaires.

Il ne faut pas oublier non plus les dispositions provisoires prises par la Direction des services techniques en ce qui concerne les caténaires ainsi que les câbles de courant fort ou faible, par le réseau routier pour le service de remplacement par autobus, notamment la mise en place et le balisage des points d'arrêt et la reconnaissance des itinéraires, par les services techniques communaux pour l'installation de la signalisation routière liée aux déviations provisoires de circulation.



Fig. 5 — Le cadre préfabriqué du PN 24.



Fig. 6 — Le cadre préfabriqué du passage routier du PN 28.

La mise en place des ouvrages

En fonction des divers impératifs, celle-ci avait été fixée aux 16 et 17 avril 1983. Dans la semaine précédente, il avait été procédé à des essais de levage et de déplacement des ouvrages à l'aide des coussins d'air, qui avaient donné toute satisfaction. Le souci majeur restait donc le respect du planning prévisionnel dont les points principaux étaient les suivants :

Samedi 16

- 1 h à 3 h : Dépose des voies.
- 3 h à 17 h : Terrassement dans la plate-forme du RER (2 000 m³) (fig. 7).
- 17 h à 22 h : Exécution d'une tranchée en fond de fouille et mise en place de collecteur de drainage.
- 22 h à 24 h : Réglage et nivellement du fond de fouille.

Dimanche 17

- 0 h à 3 h : Mise en place des longrines préfabriquées en béton constituant le chemin de ripage (fig. 8).
- 3 h à 5 h : Exécution et réglage fini, entre ces longrines, de l'assise définitive du cadre.
- 5 h à 9 h : Ripage, réglage et calage du cadre (660 t) (fig. 9).
- 9 h à 22 h : Remblaiement entre le cadre et la plate-forme du RER, injections de blocage sous le radier (100 m³).
- 22 h à lundi 5 h : Repose des voies.

Ce planning concerne le passage routier du PN 28; ceux des deux passages pour piétons étaient similaires, mais avec des tâches de



Fig. 7 — Le terrassement du passage routier du PN 28 (samedi 16 avril - 14 h)



Fig. 8 — La mise en place des longrines de ripage du passage piétons du PN 28 (samedi 16 avril - 15 h).



Fig. 9 — Le ripage du passage routier du PN 28 (dimanche 17 avril - 7 h).



Fig. 10 — Le ripage du passage piétons du PN 28 (samedi 16 avril - 17 h).

RATP - Travaux neufs

durées plus courtes car de moindre volume, et décalées dans le temps pour permettre un échelonnement des interventions des équipes chargées de la dépose et de la repose des voies, d'une part, et du ripage sur coussin d'air, d'autre part.

En fait, ces programmes n'ont pas été respectés tâche par tâche, certaines s'étant révélées plus longues et d'autres plus courtes que prévu, mais les heures d'achèvement des opérations-clefs qui constituaient les ripages n'ont jamais été dépassées et la remise en service du RER le lundi matin a pu s'effectuer dans les conditions prévues.

Sur le plan purement technique, le résultat obtenu est également satisfaisant, puisque malgré quelques difficultés rencontrées au cours du ripage du passage routier, le positionnement des ouvrages par rapport à leur implantation théorique respecte les tolérances requises.

Par ailleurs, les campagnes d'information ont pleinement joué leur rôle puisque non seulement aucune plainte n'a été recueillie ni chez les voyageurs, ni chez les riverains, mais qu'en outre l'opération a rencontré un réel succès, les spectateurs étant particulièrement nombreux le samedi après-midi (fig. 10).

Le bilan provisoire

A l'heure actuelle, il est encore trop tôt pour dresser un bilan définitif puisque les travaux d'aménagement des accès s'achèvent, mais un certain nombre de points positifs peuvent être déjà relevés, notamment les économies importantes sur l'ensemble de l'opération (de l'ordre de 3 millions de francs), le raccourcissement significatif du délai d'exécution et des périodes de

ralentissement, c'est-à-dire que les objectifs ayant déterminé le choix de la méthode d'exécution ont été atteints. Certes, des points peuvent encore être améliorés et il est sûr que cette expérience sera profitable à la RATP et à d'autres.

Plus généralement, il apparaît qu'au prix d'une coordination active et d'une préparation minutieuse, il est possible de pratiquer dans des conditions acceptables une interruption de deux jours du service sur une section de ligne assez éloignée du centre, ce qui ne manque pas d'ouvrir des horizons intéressants pour les ouvrages d'art qui restent à réaliser sur la ligne B, pour la suppression des passages à niveau ou pour d'autres opérations. ■



NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

LIGNE B DU RER : L'INTERCONNEXION DEVIENT UNE RÉALITÉ

La création progressive du RER, la nécessité de desservir par des moyens rapides et confortables les villes nouvelles, les aéroports et les pôles d'attraction de l'agglomération parisienne et le souci d'utiliser au maximum les infrastructures existantes ou en projet ont abouti en 1971 à l'idée d'interconnecter les réseaux de la RATP et de la SNCF. Le projet consiste à assurer la continuité entre certaines lignes des deux entreprises et à exploiter ces lignes interconnectées, sans rupture de charge pour les voyageurs, avec des trains composés de matériels adaptés aux caractéristiques des deux réseaux (matériel MI 79).

La première application de ce principe avait été décidée sur l'axe nord-sud en réalisant la jonction de l'ancienne ligne de Sceaux au sud et des lignes SNCF de Mitry-Claye et de Roissy au nord. Ce choix se justifiait par les problèmes de plus en plus aigus de capacité rencontrés à la Gare du Nord tant sur les lignes SNCF y aboutissant que sur les lignes de métro desservant cette gare, tout particulièrement sur la ligne 4 assurant les liaisons nord-sud de la capitale.

La construction des infrastructures nécessaires s'est faite en plusieurs étapes : mise en service en septembre 1981 d'une moitié de la gare souterraine du RER à Gare du Nord; ouverture, en décembre 1981, de la jonction Châtelet-Gare du Nord des branches RATP et SNCF de la ligne B (*); achèvement en octobre 1982 de la seconde moitié des installations souterraines de la Gare du Nord.

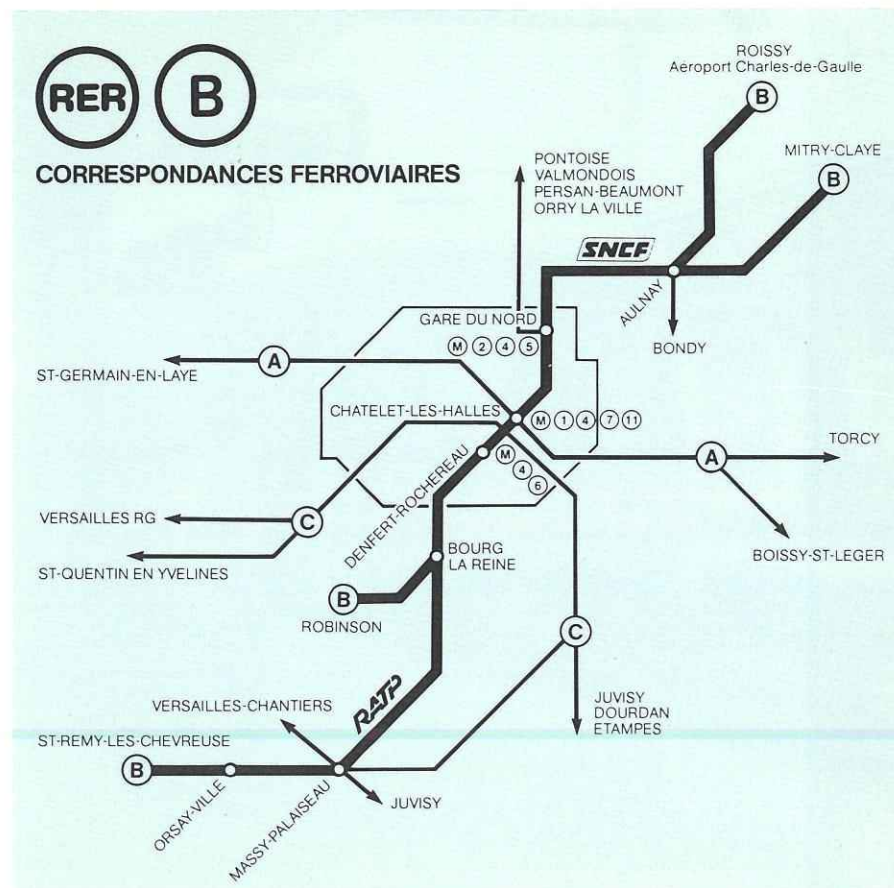
Dans une première phase, les trains venant du sud ou du nord s'arrêtaient à Gare du Nord; depuis le 7 juin 1983, une nouvelle étape a été franchie. En effet, l'accroissement du parc de matériel roulant (MI 79) de la RATP et de la SNCF permet de réaliser effectivement l'interconnexion des deux réseaux pour

une partie des trains de la ligne B : 8 trains dans l'heure assurent désormais une liaison ininterrompue entre les terminus situés au sud de la ligne (Robinson, Massy-Palaiseau, Orsayville, Saint-Rémy-lès-Chevreuse) et les terminus situés au nord (Roissy-aéroport Charles-de-Gaulle, Aulnay, Mitry-Claye).

Les livraisons de matériel à venir permettront d'interconnecter 12 trains à l'heure à partir de mai 1984, puis tous les trains — soit 20 trains à l'heure — à partir du début 1985.

Ainsi pour de nombreux utilisateurs de la ligne B se trouve désormais supprimée la rupture de charge à Gare du Nord.

Afin de permettre aux voyageurs d'identifier rapidement les différentes missions des trains, maintenant plus nombreuses, des « codes missions » de quatre lettres ont été créés (ex. : ERIK, KEPI,...), la première lettre correspondant à la destination du train (ex. : E correspond à un train à destination de Roissy, K correspond à un train à destination de Massy-Palaiseau,...).



(*) Voir le numéro de janvier-février-mars 1982 de notre revue.

Les mots-codes sont portés sur les affiches et les indicateurs horaires ainsi qu'à l'avant des rames de matériel interconnexion (MI 79) et sur certains quais de gares.

Par ailleurs, un renforcement notable du service a été réalisé aux heures de pointe sur les tronçons les plus chargés, entre Gare du Nord et Orsay. Il en résulte une modification du type de desserte : en heure de pointe, il n'y a plus d'omnibus et tous les trains sont semi-directs.

Si les premières semaines de l'interconnexion ont été marquées par quel-

ques difficultés de fonctionnement, il n'en demeure pas moins que les évolutions importantes dont la ligne B vient d'être l'objet ainsi que celles prévues d'ici le début 1985, bénéficieront déjà pour l'essentiel et bénéficieront à près d'un demi-million d'habitants de la banlieue nord et 350 000 habitants de la banlieue sud, ainsi qu'à près de 650 000 emplois de Paris directement desservis par le RER, dont 75 000 dans le seul secteur de la Gare du Nord.

Il faut également noter que l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle qui reçoit plus de 13 millions de voyageurs par an

et regroupe 23 000 emplois est désormais desservi par des trains interconnectés.

De nouvelles facilités seront offertes dans quelques années aux usagers de la ligne B avec la réalisation, début 87, de la gare Saint-Michel qui permettra une desserte directe de ce quartier très actif et donnera une correspondance avec la ligne C du RER.

Une nouvelle interconnexion devrait également intervenir à l'horizon 1987, sous réserve que les crédits nécessaires à sa réalisation et à l'acquisition du matériel roulant nécessaire puissent être dégagés rapidement, avec le raccordement à Nanterre-Préfecture des lignes SNCF de Roissy et de Cergy à la ligne A du RER.

Enfin, le schéma de l'interconnexion prévoit la création d'une liaison directe — constituant la ligne D du RER — entre Orry-la-Ville au nord de Melun et Corbeil au sud-est, via Gare du Nord, Châtelet-Les Halles et Gare de Lyon. Une première étape sera réalisée en 1986 avec le report de Gare du Nord à Châtelet-Les Halles du terminus des trains en provenance d'Orry. ■



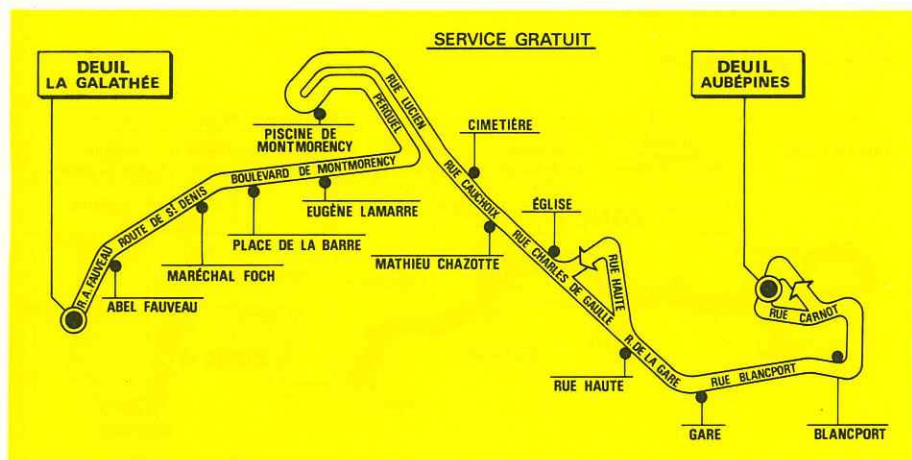
RATP - Chabrol

EXPLOITATION DU RÉSEAU D'AUTOBUS

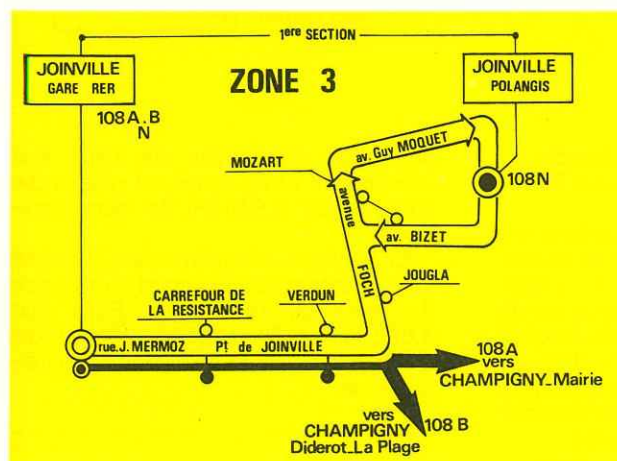
Création du service urbain de Deuil-la-Barre

Le 2 mai 1983, un nouveau service urbain a été créé dans la banlieue nord de Paris, dans la commune de Deuil-la-Barre.

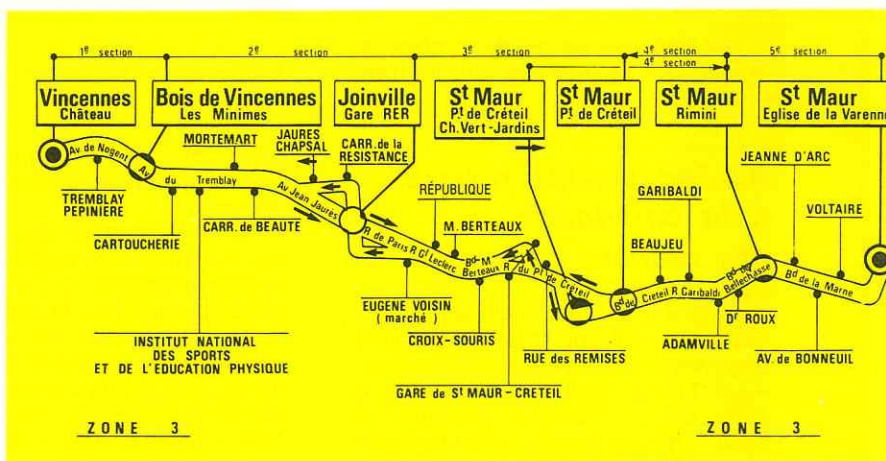
Exploité du lundi au samedi aux heures creuses de la journée sous l'indice 256 N, ce service relie le quartier des Aubépines à celui de la Galathée en desservant notamment la gare SNCF, le centre-ville et la piscine intercommunale située sur le territoire de la ville de Montmorency (voir plan). Les voyageurs sont transportés gratuitement sur la ligne, les coûts d'exploitation étant à la charge de la municipalité.



Itinéraire du service urbain de Deuil-la-Barre.



L'antenne d'indice 108 N.



La nouvelle ligne 112.

Modification de l'exploitation de la ligne 108

Le 1^{er} mai 1983, parallèlement à la scission en deux indices de la ligne 108 : 108 A « Joinville (Gare RER) -

Champigny (Mairie-Rue A. Trait) » et 108 B « Joinville (Gare RER) - Champigny (Diderot-La Plage) », une nouvelle antenne a été mise en service sous l'indice 108 N sur cette ligne, et fonctionne tous les jours de la semaine, entre Joinville (Gare RER) et Joinville (Polangis). L'itinéraire de cette antenne comporte une seule section située en zone 3 de la carte orange (voir plan).

Fusion des lignes 112 et 306

Le 1^{er} mai 1983, les lignes 112 : « Joinville (Gare RER) - Saint-Maur (Église de la Varenne) » et 306 : « Vincennes (Château) - Joinville (Gare RER) » ont été fusionnées en une



RATP - Carrier

seule, portant l'indice 112, et reliant le Château de Vincennes à l'Église de la Varenne à Saint-Maur.

L'itinéraire de cette nouvelle ligne comporte cinq sections et est entièrement situé en zone 3 de la carte orange (voir plan).

Prolongement des lignes 402 et 618

Ligne 402 : « Le Coudray-Montceaux (Mairie) - Morsang-sur-Orge (Marché) ».

Depuis le 2 mai 1983, la ligne est prolongée tous les jours de la semaine pendant toute la durée du service jusqu'à la gare RER d'Épinay-sur-Orge. Ce prolongement pénètre en zone 4 de la carte orange et porte de douze à quinze, le nombre de sections sur la ligne.

Ligne 618 : « Aulnay-sous-Bois (RER) - Sevrans (Sportiss) ».

Depuis le 13 juin 1983, parallèlement à la suppression de la ligne 639, cette ligne, affrétée à la Société TRA (Transports Rapides Automobiles), est prolongée du lundi au samedi jusqu'à Sevrans (Général-de-Gaulle).

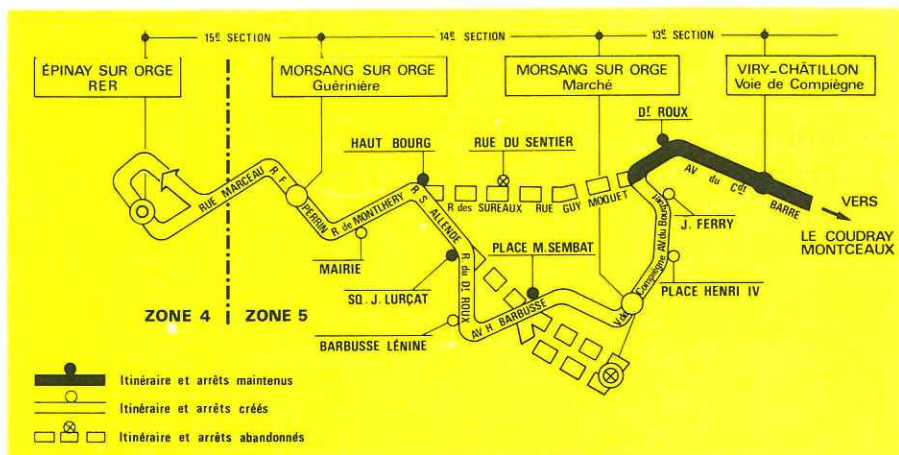
Le prolongement, qui reste situé en zone 4 de la carte orange, porte de quatre à six le nombre de sections sur la ligne.

Les itinéraires de ces deux prolongements sont représentés sur les plans ci-contre.

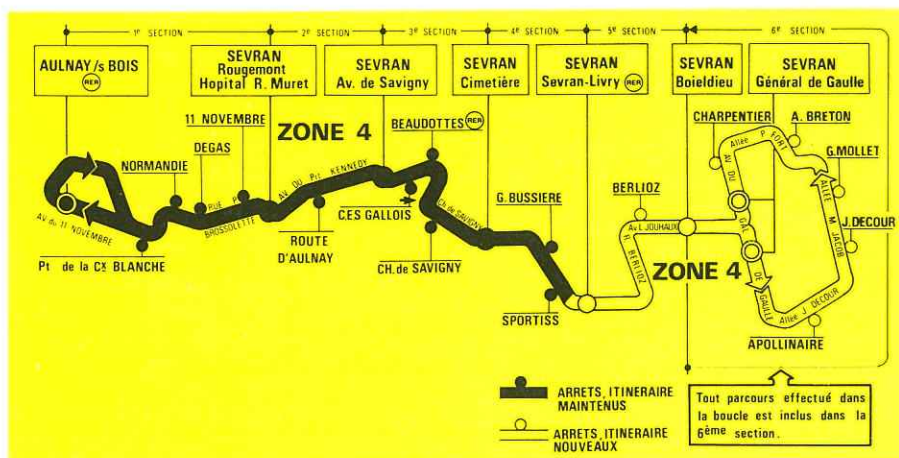
Aménagements réservés à la circulation des autobus

Dans Paris, les modifications suivantes ont été apportées aux couloirs réservés à la circulation des autobus : — le 17 mai 1983, le couloir dans le sens de la circulation générale en service rue de Sèvres, entre le boulevard des Invalides et l'avenue de Breteuil, et emprunté par les lignes 28 (sur 200 m), 39, 70 et 89 (sur 350 m), a été remplacé par un couloir à contresens, du boulevard Pasteur au boulevard du Montparnasse ; ce dernier est emprunté par les lignes 28 (sur 250 m), 39 et 70 (sur 350 m) ;

— le 25 mai 1983, dans le cadre des opérations relatives au plan de circulation dans le XVIII^e arrondissement, un couloir dans le sens de la circulation générale a été créé rue Tourlaque, de la



Prolongement de la ligne 402.



Prolongement de la ligne 618.

rue Damrémont à la rue Joseph de Maistre ; il est utilisé par la ligne 95 sur 100 m ;

— le 1^{er} juillet 1983, deux couloirs ont été mis en service rue Étienne Marcel, le premier dans le sens de la circulation générale sur 80 m, du droit de la rue de la Jussienne à la rue Jean-Jacques Rousseau, le second à contresens sur 40 m, de la rue du Louvre au droit de la rue de la Jussienne ; ces deux couloirs sont empruntés par la ligne 29.

En banlieue, le 16 juin 1983, à Montreuil, dans la Seine-Saint-Denis, un couloir a été créé dans le sens de la circulation générale rue du Général Gallieni (CD 37), de la gare d'autobus à l'avenue Franklin (CD 40). D'une longueur de 70 m, il intéresse les lignes 121, 122, 129, 301 et 355.

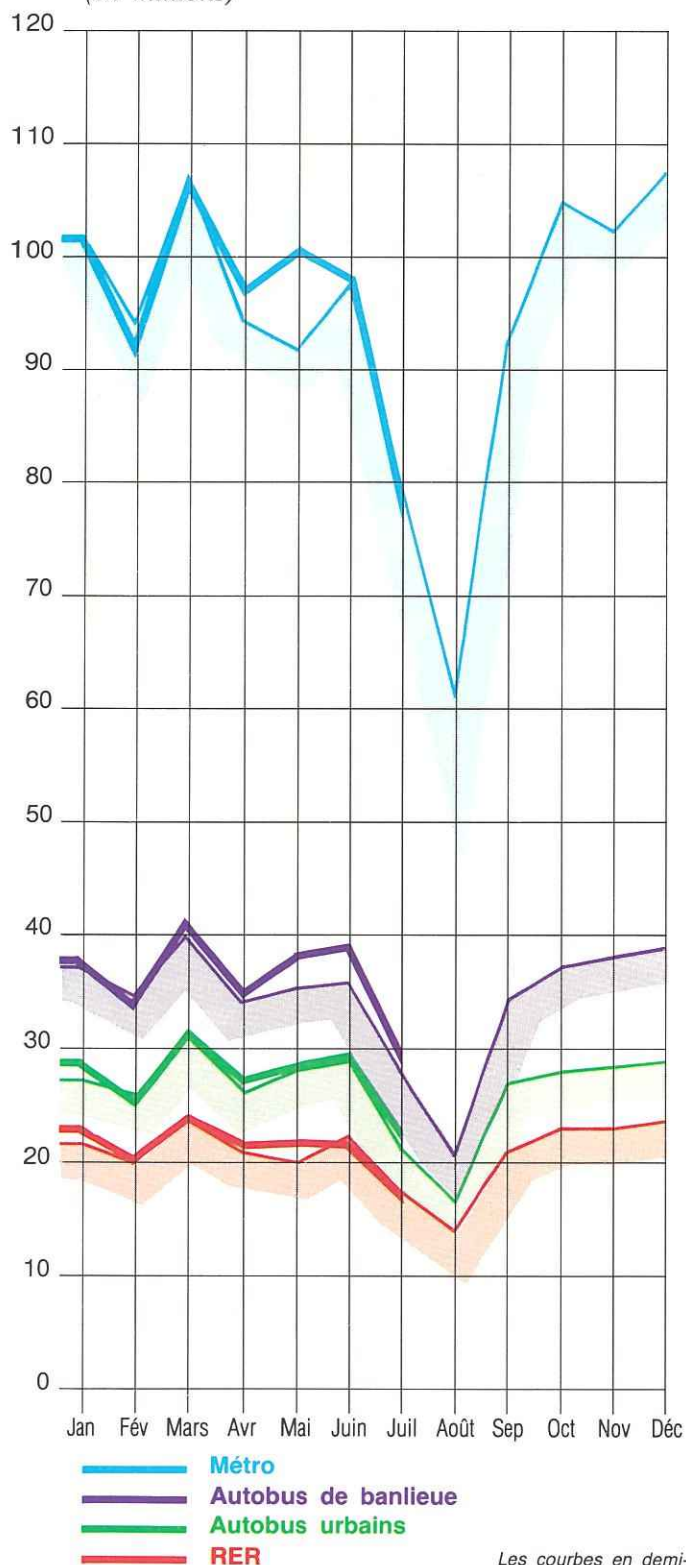
Le nombre des aménagements réservés à la circulation des autobus s'établit donc, au 31 juillet 1983, à 253 dans Paris, représentant une longueur totale de 106,980 km et utilisés par les

55 lignes du réseau de Paris sur 275,080 km et 23 lignes du réseau de banlieue sur 8,640 km de leurs itinéraires.

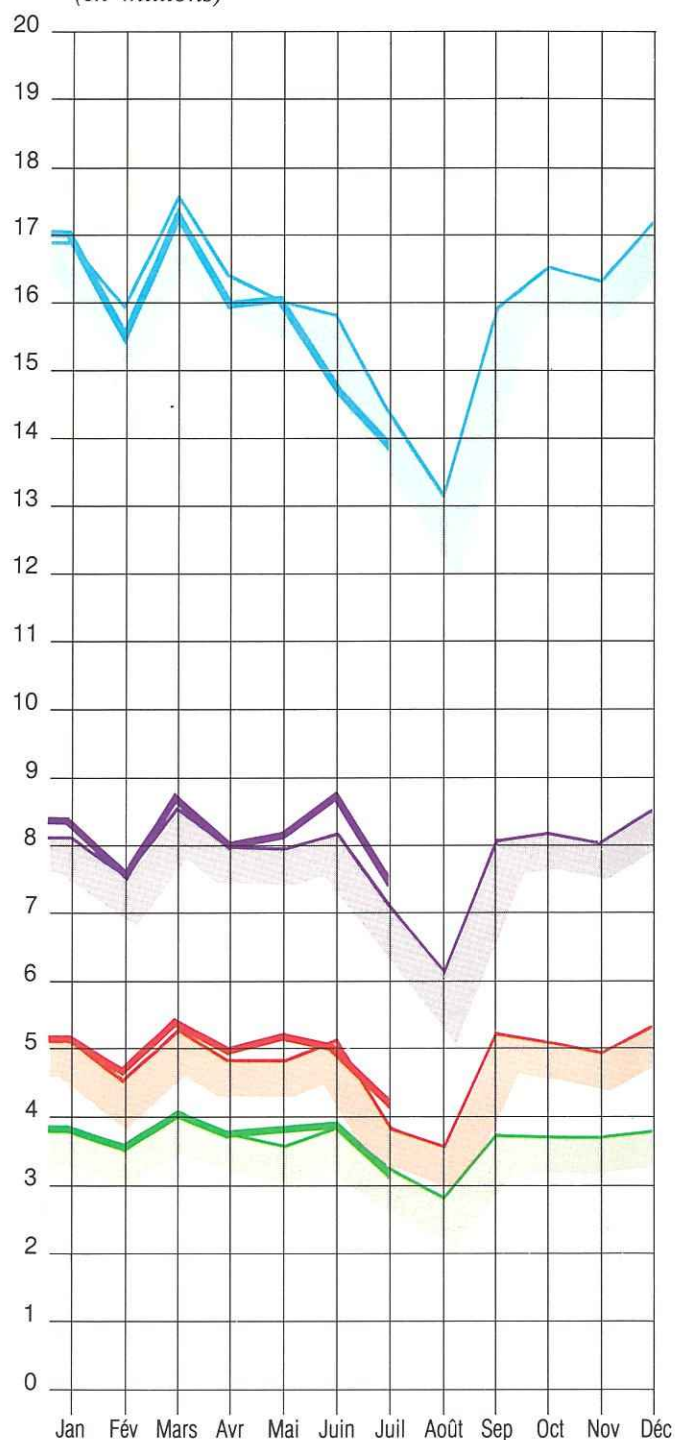
En banlieue, à la même date, il est de 105, totalisant 55,200 km et utilisés par 9 lignes du réseau de Paris sur 4,670 km et 83 lignes du réseau de banlieue sur 134,950 km de leurs itinéraires. ■

TRAFIC ET SERVICE DE L'ANNÉE 1983

Nombre de voyages effectués
(en millions)



Nombre de km × voitures effectués
(en millions)



Les courbes en demi-teintes indiquent les résultats des mêmes mois de 1982.

Méto - Ligne 5 :

Prolongement à la Préfecture de Bobigny.

① Raccordement du tunnel avec l'ouvrage de traversée du Canal de l'Ourcq (vue vers Bobigny).

② Plate-forme terminée aux abords de l'ouvrage de franchissement des voies SNCF de grande ceinture avec, au milieu, les supports d'écrans antibruit (vue vers Paris).

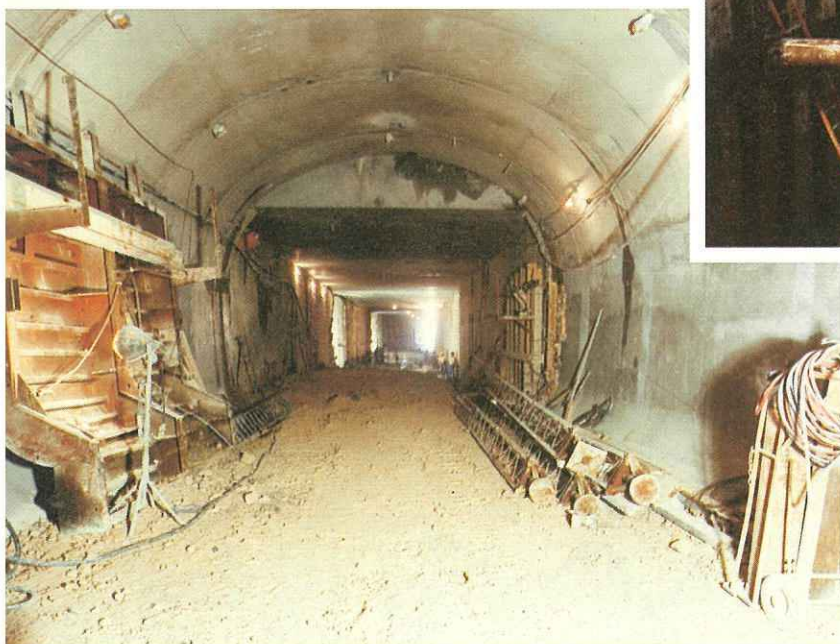
Méto - Ligne 7 :

Prolongement au sud, à Villejuif.

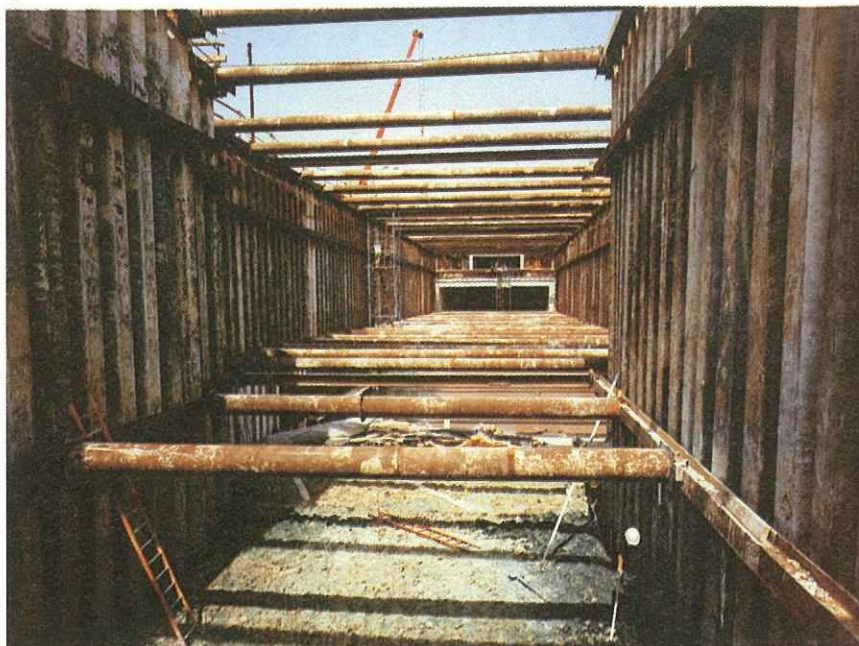
③ Vue de la fouille dans la partie nord de la station « Villejuif III ».

④ Travaux de creusement du souterrain d'arrière-gare de la station « Villejuif III », avec multitubulaire PTT suspendue.

①



③



②



④



Métro - Ligne 7 :
Prolongement au nord, à La Courneuve.
⑤ Ferrailage du radier du souterrain de garage à l'extrémité du prolongement.

RER - Ligne B :
Construction de la gare « Saint-Michel ».
⑥ Fouilles archéologiques rue de la Harpe.

RER - Ligne B :
Extension de l'aire de lavage de Massy-Palaiseau.
⑦ Vue générale du chantier.

Transfert de l'École Technique à Noisiel (Marne-la-Vallée).
⑧ Montage des poteaux.



NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE



LILLE : LE PREMIER MÉTRO ENTIÈREMENT AUTOMATIQUE

Historique du VAL

L'inauguration officielle du métro de l'agglomération lilloise — premier métro urbain entièrement automatique dans le monde — a eu lieu le 25 avril 1983 en présence du Président de la République, la mise en service réelle de cette première section — d'une longueur de 9,5 km, avec 13 stations — devant commencer deux semaines plus tard.

La Communauté urbaine de Lille (CUDL) créée en 1967 regroupe 86 communes — dont les trois plus importantes sont Lille, Roubaix et Tourcoing — sur une superficie de plus de 600 km², avec une population qui dépasse le million d'habitants. Dans le cadre du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme, qui prévoyait un important développement des transports collectifs, la CUDL confia à l'EPALE (Établissement public d'aménagement de Lille-Est), en 1970, l'étude d'un nouveau moyen de transport devant relier Villeneuve d'Ascq — ville nouvelle en cours de construction dans la banlieue est — à la gare de Lille. Un an plus tard, l'EPALE lançait un concours pour la réalisation d'une ligne en site propre, avec un matériel roulant à petit gabarit et entièrement automatique; cette ligne d'une longueur de 7 km entièrement en viaduc, avec 8 stations, devait avoir un trafic de 6 000 voyageurs par heure, dans chaque sens, et l'intervalle entre les rames ne devait pas dépasser une minute aux heures d'affluence.

En février 1972, la Société MATRA fut choisie comme lauréat du concours et se vit confier le rôle d'ensemblier pour la réalisation de deux véhicules prototypes sur pneumatiques, d'une voie d'essais et des équipements fixes correspondants. Sur la base du système d'automatisme conçu par le laboratoire du professeur Gabillard de l'Université de Lille, MATRA mit au point le système VAL (Villeneuve d'Ascq-Lille), dont deux prototypes effectuèrent chacun plus de 30 000 km en pilotage automatique intégral sur la voie d'essais en 1973.

Ces essais s'étant révélés satisfaisants, la CUDL décida, en mars 1974, la

création d'un réseau de métro équipé du système VAL (sigle dont la signification devenait : Véhicule Automatique Léger), dont la première des quatre lignes desservirait Villeneuve d'Ascq.

Il est alors apparu nécessaire d'effectuer des études pour examiner la compatibilité du matériel VAL avec ce nouveau programme en raison, d'une part, d'un trafic dont on estimait qu'il serait deux fois supérieur au début du siècle prochain (12 000 à 15 000 voyageurs par heure, dans chaque sens) et, d'autre part, de la longueur des lignes et de leur implantation en grande partie en souterrain, ce qui imposerait une construction en plusieurs étapes et, en conséquence, une modularité des équipements fixes.

Les objectifs impartis au métro de Lille, réalisables grâce à l'adoption de l'automatisme intégral et d'un matériel roulant à petit gabarit, restaient les mêmes que ceux du projet initial de liaison Villeneuve d'Ascq/gare de Lille, à savoir :

- une qualité de service élevée pour attirer non seulement la clientèle des voyageurs « captifs », mais également celle des automobilistes [des intervalles entre les rames réduits à une minute aux heures d'affluence et à cinq minutes aux heures les plus creuses; un pourcentage important de places assises (55 %); une vitesse commerciale de 35 km/h];

- une réduction du coût des investissements grâce à l'utilisation d'infrastructures de dimensions réduites;

- une diminution des coûts d'exploitation tout en respectant le haut niveau de la qualité de service, grâce à la réduction des dépenses de personnel.

C'est en juillet 1977, lorsque les études furent achevées, que la CUDL confirma la réalisation du projet de métro et en fixa les modalités pratiques et en novembre 1978 que furent lancés les travaux de génie civil; la livraison des rames de série commença en avril 1981 et, à partir d'avril 1982, soit à peu près une année avant la mise en service du métro, au cours de journées « Portes ouvertes », le public était admis gratuitement, trois après-midi par semaine, à parcourir les trois premiers kilomètres de la ligne et à visiter les

quatre stations de ce tronçon situé dans Villeneuve d'Ascq. L'exploitation expérimentale précommerciale a permis de rôder les matériels et les procédures d'exploitation et de former le personnel.

La CUDL, qui a la maîtrise d'ouvrage générale de l'opération, a délégué à l'EPALE, qui avait réalisé les premières études, la maîtrise d'ouvrage de tout ce qui concernait le système VAL ou pouvait mettre en cause sa fiabilité (matériel roulant, automatismes, télécommandes, alimentation électrique, pose de voie, etc.) et tout ce qui relevait de la maîtrise d'ouvrage déléguée à l'EPALE a été construit sous la responsabilité de MATRA, ensemblier. Par ailleurs, la CUDL a confié la maîtrise d'œuvre de toutes les parties spécifiquement métro à la SOFRETU, filiale de la RATP; la maîtrise d'œuvre de la SOFRETU, qui avait commencé en 1974 avec l'établissement des avant-projets sommaires, devait s'exercer jusqu'à la réception des travaux et a concerné principalement la construction et l'aménagement des sections souterraines (tunnels, tranchées couvertes, stations), les services techniques de la CUDL assurant directement la maîtrise d'œuvre du gros œuvre en tranchée ouverte ou en viaduc.

Quant à l'exploitation du métro, elle est assurée par la COMELI (Compagnie du métro de Lille), créée en 1978, qui est une filiale commune du constructeur MATRA, qui s'est engagé à exploiter le métro pendant les cinq premières années, et de la Société TRANSEXEL, spécialiste de l'exploitation de réseaux de transports en commun, dont le réseau actuel de la CUDL.

Tracé de la ligne et infrastructure

Reliant le domaine universitaire scientifique de Villeneuve d'Ascq au centre hospitalier de Lille, la ligne de métro — lorsqu'elle sera entièrement en service, c'est-à-dire au printemps 1984 — aura 13,5 km de longueur et comportera 18 stations. Quatre types de profils ont été adoptés en fonction des possibilités d'exploitation et des caractéristiques du sous-sol.

La ligne est en viaduc pour la traversée du domaine universitaire, du terminus « Quatre-Cantons » jusqu'à la station « Triolo »; ensuite, elle passe au niveau du sol jusqu'au franchissement de la rocade est pour s'enfoncer progressivement de la station « Hôtel de Ville » à la station « Fives », se développant essentiellement en tranchée cou-

verte dans la traversée d'Hellemmes ; le centre de Lille est franchi en tunnel profond et la ligne s'achève en viaduc au centre hospitalier régional, après la traversée du boulevard périphérique sud. Au total, la ligne est en viaduc sur 2,5 km, au niveau du sol ou en tranchée ouverte sur 2 km, en tranchée couverte sur 4 km et en tunnel profond sur 5 km.

Implantés aux deux extrémités de la ligne, les viaducs ont fait l'objet de recherches particulières portant sur l'esthétique et également sur la protection de l'environnement (bruit, vibrations, perturbations électromagnétiques) compte tenu, notamment, de la proximité des laboratoires de l'université. L'ouvrage est composé d'éléments en béton indépendants de 110 à 170 m de longueur comportant chacun de quatre à six travées. La hauteur moyenne des piles — à cannelures antigraffiti — est de 4,50 m. L'ossature porteuse du tablier est constituée d'une structure creuse en caisson, en béton précontraint, ayant une largeur utile de 6,70 m.

Dans le quartier de Triolo — l'un des premiers secteurs de Villeneuve d'Ascq à avoir été urbanisé — la ligne est établie en tranchée ouverte à très faible



Le viaduc dans le centre universitaire de Villeneuve d'Ascq.

profondeur, sous forme d'une structure en U en béton, de 6,10 à 6,55 m de largeur et de 2,20 m de hauteur, avec des clôtures de protection. Pour assurer la protection phonique des immeubles adjacents, des glaces ont été posées sur un tronçon d'une cinquantaine de mètres et une « boîte » en béton semi-enterrée, dans laquelle circulent les

rames, a été construite sur une autre section de 80 m de longueur. Cette section de la ligne se termine par un pont franchissant la rocade est, dont le tablier — long de 55 m et large de 6,10 m — a été préfabriqué puis poussé sur ses appuis définitifs, pour ne pas perturber la circulation sur cette importante voie internationale.

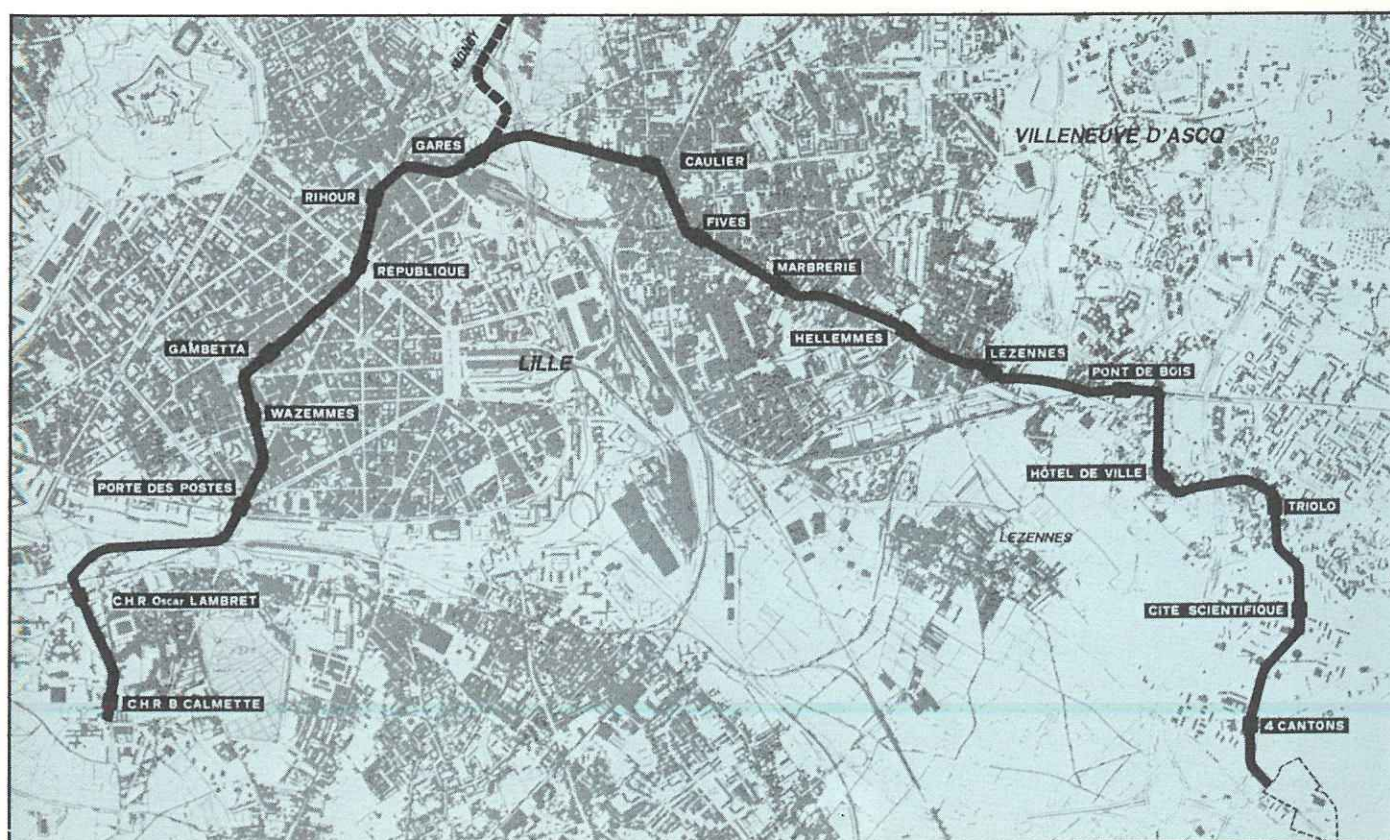


Schéma de la ligne 1.

Photo CUDL - Walet

Document CUDL

Ensuite, dans le secteur des stations « Hôtel de Ville » et « Pont de Bois », la ligne est réalisée en tranchée couverte dans les alluvions et la craie : d'abord, en fouille talutée dans une zone non construite, puis par la méthode berlinoise après la station « Hôtel de Ville ». Dans la traversée d'Hellemmes et jusqu'à la station « Fives », l'existence d'une voie suffisamment large et rectiligne — l'ancienne route nationale reliant Lille à Bruxelles — a permis d'exécuter les travaux en tranchée couverte aussi près que possible du sol, c'est-à-dire au-dessus de la nappe phréatique, ce qui a facilité la construc-

tion et, donc, réduit le coût des travaux.

Dans le centre de Lille, entre les stations « Fives » et « Porte des Postes », la ligne, située en tréfonds, est construite en tunnel à une profondeur de 20 m en moyenne. La ville de Lille est bâtie sur de la craie — recouverte de limon ou d'alluvions et de remblais hétérogènes — et la craie baigne dans une nappe phréatique très puissante qui peut affleurer à moins de deux mètres de la surface du sol. Il a donc fallu injecter un mélange de bentonite et de ciment puis un gel de silice pour consolider et imperméabiliser le terrain, en colmatant les fissures du

calcaire autour de l'ouvrage. Une fois le terrain ainsi préparé, la voûte du tunnel était creusée à l'aide d'une fraise chargeuse du type « blaireau » ; au fur et à mesure de l'avancement, le soutènement par cintres était mis en place, puis la voûte était bétonnée grâce à un coffrage télescopique. Ensuite, la partie inférieure était creusée à l'aide d'une chargeuse sur pneus, puis par abattage des piédroits en ligne, le bétonnage du radier et des piédroits étant réalisé à l'aide d'un même coffrage. A partir de la station « République », on a utilisé une technique de construction différente comportant, notamment, le prédécoupage de la voûte par une haveuse, avec une saignée de 14 cm d'épaisseur et de 3 m de profondeur, la projection de béton à prise rapide formant la pré-voûte.

Le profil en long adopté pour les stations souterraines se déroule en « chaînette », les stations étant au point haut et le tunnel plongeant au maximum entre les stations, pour se rapprocher des couches géologiques de bonne qualité, ce qui s'accompagne d'une économie d'énergie puisque les trains accélèrent en descendant et freinent en montant.



Exécution de la tranchée couverte.



Machine « blaireau » à attaque ponctuelle.



Foreuse pour injections dans le calcaire fissuré.



Machine « haveuse » à prédécoupage de la voûte.



Un métro accessible à tous.

Photos CUDL - Métro - Direction de la Voirie

Les stations

L'aménagement des dix-huit stations a été confié à huit architectes qui ont pu faire des propositions très variées en formes et en matériaux. Cependant, toutes les stations répondent à un même objectif qui est de simplifier le parcours des voyageurs : par des cheminements directs, par une mécanisation importante des déplacements, par des puits de lumière facilitant les échanges visuels entre les différents niveaux des stations. Leur structure a donc été simplifiée au maximum et, sauf exception, développée sur deux

niveaux : le hall d'accès, où sont installés les distributeurs automatiques et les composteurs de titres de transport, et les quais.

Les stations ont toutes des quais (latéraux, sauf dans les stations « Gares » et « Hôtel de Ville ») de 52 m de longueur qui permettront ultérieurement la circulation de rames de quatre voitures, mais, dans la phase initiale, les quais ne sont équipés que pour accueillir des rames de deux voitures. Les portes palières automatiques — au nombre de douze — installées en bordure des quais, évitent tout risque de chute sur la voie ; d'une largeur de 1,60 m, elles ne s'ouvrent que lorsque

les portes des voitures sont positionnées en face.

Les stations sont équipées d'escaliers mécaniques pour toute montée supérieure à 4 m et pour toute descente supérieure à 6 m. En outre, des ascenseurs relient le niveau de la surface aux quais, permettant ainsi l'accès du métro aux personnes à mobilité réduite : handicapés en fauteuil roulant, personnes âgées, mères de famille avec landaus, etc.

Les quatre stations en viaduc, aux deux extrémités de la ligne, se présentent comme des volumes qui enveloppent le viaduc avec des parois constituées de grands vitrages. Les stations

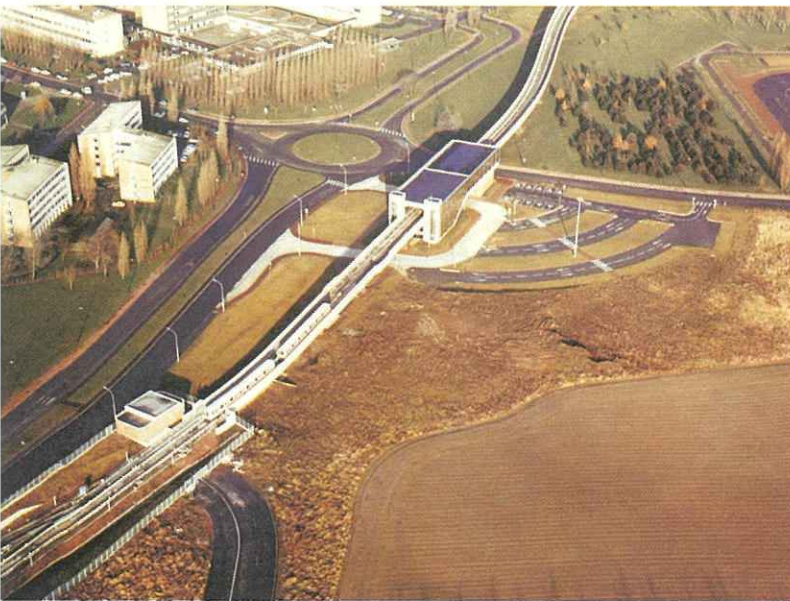


Station « Gares » : niveau des quais.



Quai de station avec portes palières.

Photo CUDL - Métro - Direction de la Voirie



Vue aérienne du terminus « Quatre Cantons ».



Terminus « Quatre Cantons » : la salle des billets.

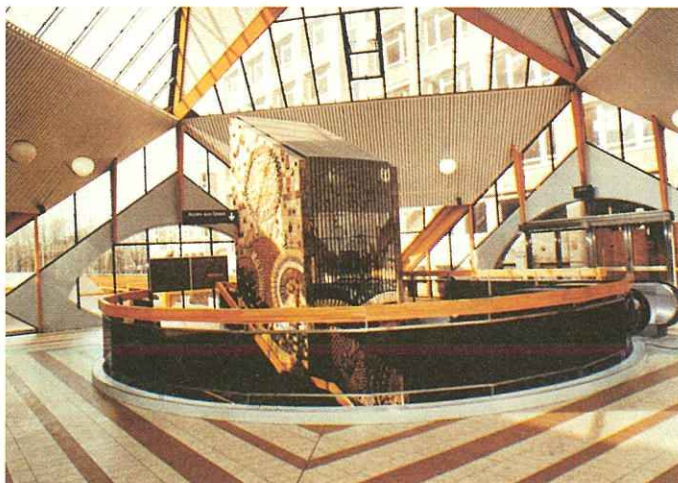
Photo CUDL - Métro - Direction de la voirie

Photo CUDL

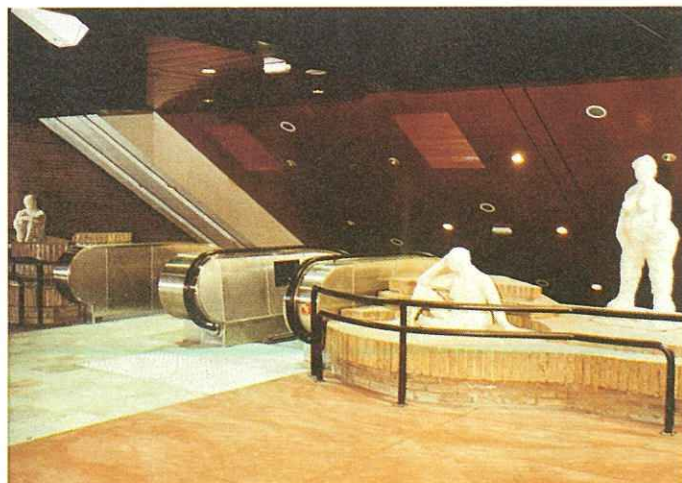


Vue extérieure de la station « Triolo ».

semi-enterrés de la ville nouvelle (Triolo, Hôtel de Ville et Pont de Bois) sont caractérisées, à l'extérieur, par un pavillon établi sur un plan carré avec éclairage latéral et zénithal. La station « Hôtel de Ville » comporte trois niveaux, du fait de la présence d'un quai central qui simplifie les échanges métro-autobus superposés. Quatre des stations du centre (Fives, Caulier, Richour et République) ont également un niveau intermédiaire en raison des contraintes géologiques. La station « République » se présente en surface comme un cratère de 26 m de diamètre et de 6 m de profondeur, équipé de gradins avec, au centre, une scène circulaire : grâce à de grands vitrages, la lumière du jour pénètre dans la salle des billets et descend jusqu'au niveau des quais. La station « Gares », située entre le quartier de Fives et le centre-ville, est un important complexe de



Station « Hôtel de Ville » : hall d'accès.



Station « Caulier » : hall d'accès.

Photos CUDL - Métro - Direction de la Voirie



Cratère de la station « République ».



Station « République » : niveau intermédiaire.

transports en commun : gare SNCF, gare d'autobus urbains, gare d'autocars ; cette station de métro abrite également le nouveau terminus du tramway : les deux quais centraux y permettent la correspondance quai à quai entre les rames du métro, sur les côtés, et celles du tramway, au centre.

La voie

La voie, directement posée sur béton, comprend des pistes de roulement, des barres de guidage et des appareils de voie, outre les équipements spécifiques aux automatismes.

Les pistes de roulement sont constituées de longrines préfabriquées en béton armé, fixées au radier par boulonnage. Le choix du béton a été fait pour obtenir une adhérence élevée des pneus permettant un franchissement de

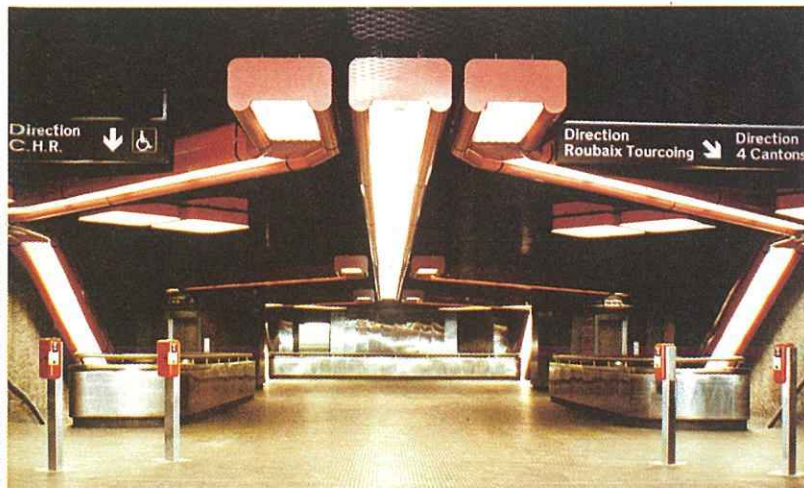
pentes de 7 % ; dans la partie aérienne, les pistes sont revêtues d'une chape spéciale permettant de conserver une adhérence suffisante en cas de pluie. L'écartement de la voie est de 1,75 m à partir des axes de roulement.

Le guidage latéral est assuré par deux profilés en acier en forme de H, fixés par l'intermédiaire de supports isolants en polyester moulé. En effet, l'alimentation en courant de traction 750 Volts continu, assurée par six sous-stations, s'effectue par les deux barres de guidage, dont l'une joue le rôle de rail positif et l'autre, de rail négatif ; la barre positive est recouverte d'une gaine isolante sur ses faces extérieure et intérieure, pour renforcer la sécurité du personnel et limiter les risques de courts-circuits pouvant résulter de la présence d'objets métalliques.

Le climat de la région lilloise a conduit à prévoir, sur les sections aériennes de

la ligne, un chauffage des pistes de roulement et des barres de guidage, afin de conserver une bonne adhérence et une bonne captation du courant en cas de verglas ou de givre ; ce chauffage est assuré par des câbles noyés dans le béton, pour les longrines, et fixés derrière la face de roulement, pour les barres de guidage.

Les appareils de voie, qui permettent le rebroussement des rames dans les



Station « Gares » : salle des billets.



Tranchée à ciel ouvert dans le quartier de Triolo : la voie.

terminus en « tiroir », sont d'une conception encore plus simple que les aiguillages classiques. Chacun des essieux est doté de deux galets métalliques situés dans l'axe des voitures ; au niveau des appareils de voie, ces galets s'engagent dans une ornière constituée par deux rails et munie d'une aiguille — réalisée à l'aide d'une lame flexible — qui oriente la rame dans la direction voulue.

Les équipements de voie spécifiques aux automatismes comprennent, notamment, un tapis de 17 cm de largeur contenant les différentes lignes de transmission et des plots (plaques d'aluminium) servant au pilotage des rames et à la régulation du trafic.

Sur toute la longueur de la ligne et de chaque côté, un trottoir de circulation permet l'évacuation éventuelle des voyageurs en cas d'incident.

Le matériel roulant

Le parc est composé de 38 éléments réversibles de deux voitures, scindables uniquement en atelier, dont les dimensions extérieures sont de 26,14 m pour la longueur, 2,06 m pour la largeur et 3,25 m pour la hauteur. La masse totale d'un élément à vide est de 27,76 tonnes.



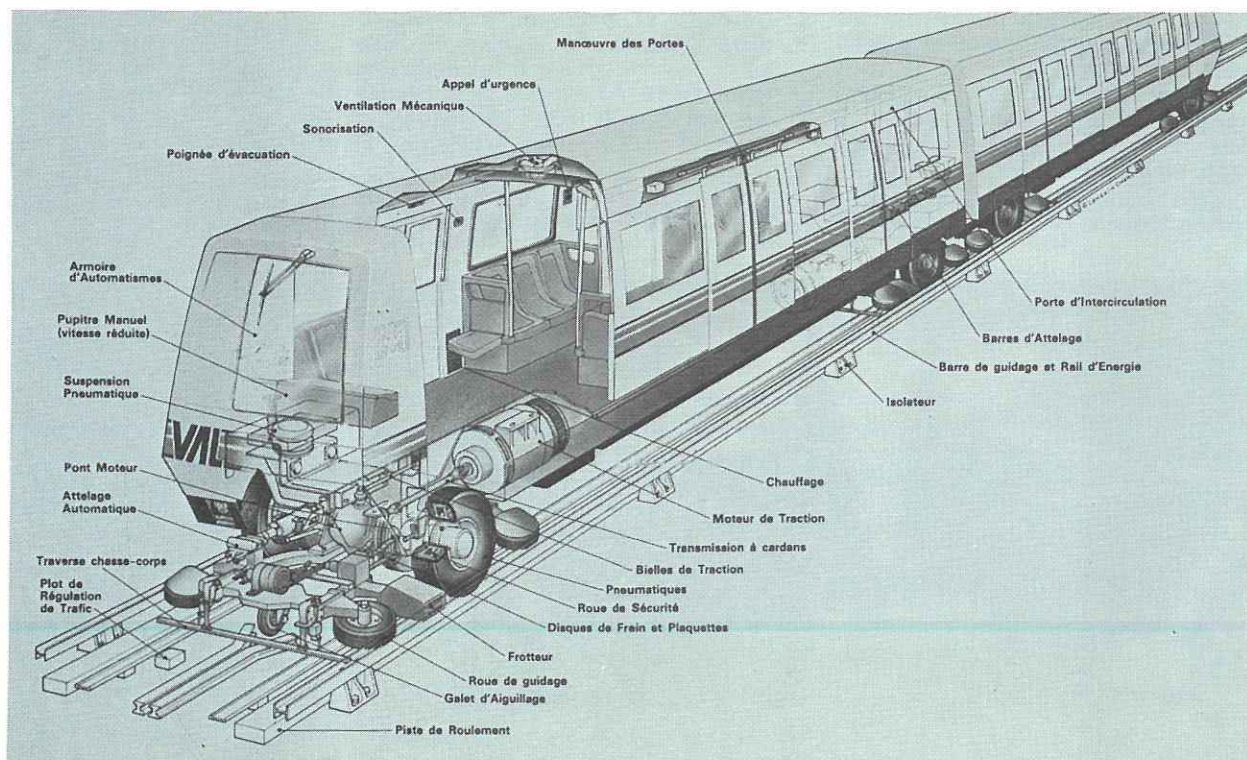
Une rame en tunnel.

Photo CUDL

L'ensemble châssis-caisse autoportant est réalisé en alliage léger. Les faces latérales, galbées, le châssis et le pavillon sont constitués de larges profilés extrudés et assemblés par soudage. Les extrémités de l'élément sont en polyester moulé, renforcé de fibre de verre, de même que les garnitures et les sièges. Chaque voiture comporte, sur chaque face, trois portes coulissantes de 1,30 m de largeur. L'espace entre le quai et la voiture ne dépasse pas 35 mm et le plancher est situé au même niveau que le quai, ce qui, outre la largeur des portes et la disposition des plates-formes des voitures, permet l'embarquement des fauteuils roulants des handicapés.

Les sièges — au nombre de 22 — galbés et disposés longitudinalement,

sur chaque face, trois portes coulissantes de 1,30 m de largeur. L'espace entre le quai et la voiture ne dépasse pas 35 mm et le plancher est situé au même niveau que le quai, ce qui, outre la largeur des portes et la disposition des plates-formes des voitures, permet l'embarquement des fauteuils roulants des handicapés.



Vue écorchée d'une rame du métro de Lille.

Document CUDL



Vue intérieure d'une voiture.

Photo CUDL - Walet

sont complétés par 12 strapontins, dont l'utilisation est possible en charge normale. On dispose ainsi, en charge normale — c'est-à-dire avec quatre voyageurs debout par mètre carré — d'une capacité totale de 62 voyageurs, dont 55 % sont assis, et de 80 voyageurs si les strapontins sont relevés. En charge exceptionnelle, la capacité d'une voiture s'élève à 104 voyageurs — soit six voyageurs debout par mètre carré — ce qui permet facilement de faire face aux surpointes.

La ventilation assure au maximum un débit de 120 renouvellements par heure, ce qui permet de conserver des vitres fixes; les ventilateurs sont installés dans le pavillon. Le chauffage est réalisé avec des radiateurs électriques situés au niveau des plinthes.

Le roulement sur pneumatiques, qui a été adopté pour ses qualités d'adhérence (on a déjà mentionné l'existence de rampes de 7 %) et de réduction du niveau du bruit, surtout en viaduc, et des vibrations, notamment dans les souterrains peu profonds, a permis l'utilisation d'essieux guidés plus légers que les bogies classiques. Les deux roues porteuses de chaque essieu sont équipées de pneus à carcasse radiale, à l'intérieur desquels se trouve un anneau métallique limitant l'affaissement en cas de dégonflement et permettant ainsi de rejoindre le terminus à vitesse normale.

L'ensemble roulement-guidage comprend un pont, un cadre de guidage et une traverse danseuse. Le pont, muni d'un différentiel, est similaire à celui d'un autobus mais prévu pour les couples plus importants et répétitifs

rencontrés par un métro; il est équipé de freins à disques de type ferroviaire largement dimensionnés. Le pont est solidaire du cadre de guidage approximativement rectangulaire supportant quatre roues de guidage ainsi que deux galets d'aiguillage. Le mouvement du cadre d'aiguillage et du pont autour de son axe vertical se fait par glissement sur la traverse danseuse qui reprend les efforts verticaux et les transmet à la caisse par des coussins pneumatiques de suspension, qui sont munis d'un dispositif de nivellement automatique

permettant de conserver constantes la hauteur et la fréquence propre de la suspension.

Chaque voiture est équipée de deux moteurs série à courant continu de 120 kW (puissance continue) qui sont fixés sur la caisse. Chaque paire de moteurs est alimentée en courant 750 Volts capté par des patins frotteurs sur les barres de guidage. Les moteurs à shuntage variable sont commandés par un hacheur fonctionnant à fréquence fixe, ce qui facilite le filtrage et en conséquence, la réduction des bruits acoustiques et des interférences avec les dispositifs de transmission. Le freinage électrique à récupération est complété par les freins à disques, actionnés par des ressorts commandés pneumatiquement, qui n'interviennent normalement qu'à basse vitesse; le freinage d'urgence est réalisé à l'aide des freins à disques.

Les performances obtenues avec cette motorisation sont les suivantes :

- vitesse normale : 60 km/h;
- vitesse maximale (de rattrapage) : 80 km/h;
- accélération maximale : $1,3 \text{ m/s}^2$, maintenue jusqu'à 35 km/h en charge normale;
- décélération normale : $1,3 \text{ m/s}^2$ (décélération en freinage d'urgence : $1,8 \text{ m/s}^2$ à $2,4 \text{ m/s}^2$).

Le matériel roulant est entretenu dans le garage-atelier situé à proximité du terminus « Quatre Cantons » à Villeneuve d'Ascq. L'atelier proprement dit



Vue aérienne du garage-atelier de Villeneuve d'Ascq.

Photo CUDL

est équipé de six ensembles de huit vérins synchronisés, permettant chacun le levage d'un élément complet sans découplage; outre l'outillage classique, il y a plusieurs bancs de tests automatiques pour les équipements électroniques et une voie d'essais (700 m de voie double) permet de compléter les tests, si c'est nécessaire. Un garage fermé abrite les rames aux heures creuses; des quais situés le long des voies permettent d'assurer le nettoyage intérieur des voitures. Située sur une dérivation du faisceau d'accès au garage, une machine à laver au défilé effectue le lavage automatique des caisses.

Les automatismes

La conception des automatismes du système VAL résulte d'une étude approfondie, qui a bénéficié d'aides spéciales de l'État (Ministère des transports et DGRST); elle a pris en compte un certain nombre d'objectifs et de contraintes :

- l'intervalle entre les rames doit pouvoir être au moins égal à une minute, pour un temps d'arrêt en station de trente secondes;
- la précision d'arrêt en station doit être meilleure que 30 cm en raison de l'existence des portes palières des quais;
- l'absence de personnel à bord des trains impose un haut niveau de fiabilité et de sécurité;
- l'absence de voie ferrée interdit, pour la détection des trains, l'emploi de circuits de voie de type classique.

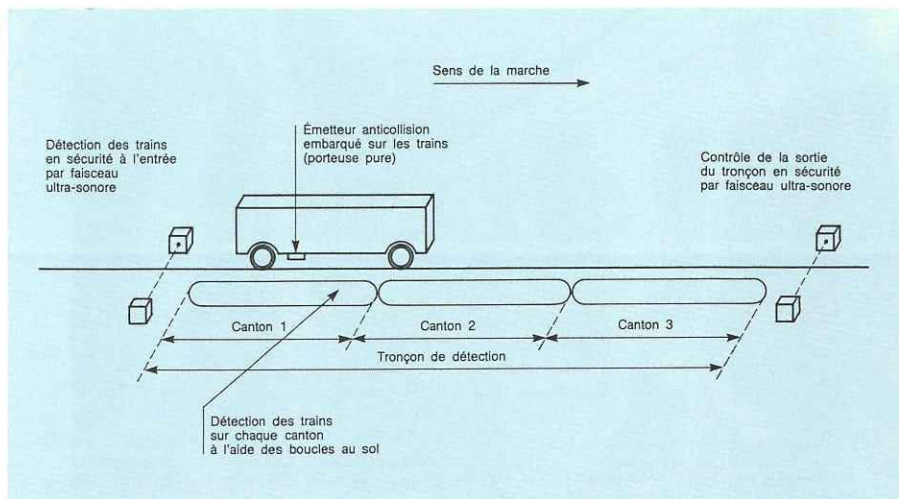
Ces contraintes ont conduit à la conception suivante :

DÉTECTION DE LA POSITION DES TRAINS

La voie est découpée en cantons regroupés en tronçons autonomes correspondant généralement à une ou deux interstations. La présence des trains sur les cantons est contrôlée en sécurité, grâce à une logique au sol placée dans les locaux techniques des stations.

La logique de contrôle (logique de canton) utilise les informations délivrées par :

- un dispositif de détection négative placé à l'entrée et à la sortie de chaque tronçon; ce dispositif comprend un couple émetteur-récepteur d'ondes ultrasonores situé de part et d'autre de la voie (le passage d'un véhicule dans le faisceau d'ondes ultrasonores provoque à la sortie du détecteur négatif une absence de signal);



Détection des trains.

— un dispositif de détection positive utilisant les signaux émis par les véhicules dans les boucles placées sur la voie (une boucle principale par canton); le passage d'un véhicule sur une boucle provoque à la sortie du détecteur positif une présence de signal.

Cette logique tient compte du sens de passage des rames en entrée et en sortie de chaque canton.

Les anomalies pouvant mettre en cause la sécurité anticollision sont détectées par cette logique qui provoque la coupure de la haute tension (courant de traction) et d'une fréquence (dite fréquence de sécurité) dans une ligne de transmission placée sur la longueur des cantons. La coupure de la fréquence de sécurité est détectée à bord des véhicules et provoque l'arrêt de ceux-ci en freinage d'urgence.

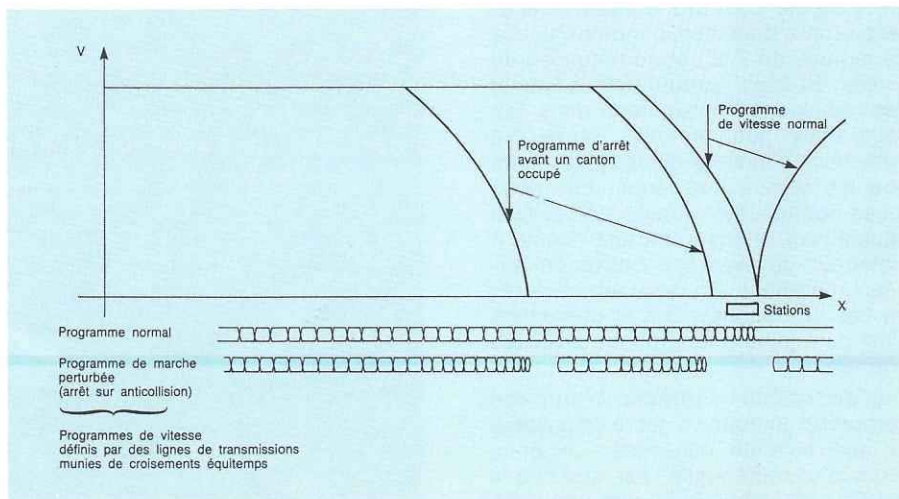
CONTRÔLE DE LA VITESSE

Ce contrôle utilise deux lignes de transmission bifilaires croisées, placées dans le même « tapis » que les boucles de détection d'occupation de canton :

- la première, munie de croisements équitemps, correspond au diagramme de vitesse normale;

- la seconde, également munie de croisements équitemps, correspond à un programme de vitesse avec arrêt à la fin du canton.

Dans le cas où le canton suivant est occupé, la rame reçoit en sécurité l'ordre de respecter ce programme de vitesse d'arrêt (ou programme perturbé) par l'intermédiaire d'une modulation de la fréquence de sécurité transmise depuis la logique de canton jusqu'aux véhicules par l'intermédiaire de la première ligne de transmission.



Contrôle de la vitesse des trains.

Le choix d'un intervalle de temps de référence de l'ordre de 0,3 s permet d'assurer avec une très grande précision le contrôle de la vitesse grâce aux dispositifs de sécurité embarqués.

D'éventuelles télécommandes provenant du poste central de contrôle (PCC) peuvent modifier la consigne calculée à partir des programmes de vitesse (normaux ou perturbés). La vitesse réelle du véhicule est alors asservie à la plus petite vitesse de consigne. Cet asservissement de vitesse assure une marche conforme au programme inscrit sur la voie, en respectant les contraintes de confort (accélération limitée à plus ou moins $1,3 \text{ m/s}^2$ et dérivée d'accélération limitée à plus ou moins $0,65 \text{ m/s}^3$). Un asservissement de position en fin d'arrêt en station assure une précision d'arrêt de plus ou moins 30 cm.

SÉCURITÉ SURVITESSE

Comme il a été dit plus haut, un véhicule suivant idéalement le programme de marche normal ou perturbé détecte un croisement de la ligne de transmission correspondante toutes les 0,3 s. Le véhicule contrôle que le temps de parcours entre deux croisements est supérieur à 0,27 s. Dans le cas contraire, il y a survitesse et le frein d'urgence est commandé.

RÉGULATION DU TRAFIC

Le programme d'exploitation pour une journée donnée est introduit dans le calculateur du PCC sous la forme d'un horaire donnant les instants de départ des terminus. En outre, le calculateur a en mémoire les programmes de marche nominaux sur les différentes interstations, ainsi que le temps d'arrêt en station.

A partir de ces données, le PCC peut transmettre à chaque station, entre les passages des rames, l'heure théorique d'arrivée du prochain train. L'équipement de station mesure l'avance ou le retard du train par rapport à cet horaire théorique et intervient pour résorber les écarts :

- d'abord, en allongeant ou en raccourcissant les temps d'arrêt;
- ensuite, si l'écart dépasse les possibilités de modulation du temps d'arrêt, en adressant au train une consigne de vitesse limite particulière pour l'interstation suivante; par rapport à la valeur nominale (60 km/h), cette consigne est supérieure (80 km/h) ou inférieure (40 km/h) suivant que le train est en retard ou en avance;
- enfin, si l'écart est important, c'est-à-dire supérieur à quelques minutes,

l'équipement des stations transmet cette information au PCC qui procède à un décalage d'horaire dans toutes les stations afin de maintenir l'intervalle entre les trains.

Le poste central de contrôle

Le PCC est le centre opérationnel d'exploitation de la ligne. En fonctionnement normal, les opérateurs n'interviennent pas; ils ont essentiellement un rôle de surveillance, sauf en ce qui concerne la mise en route et l'arrêt de l'exploitation, matin et soir, ainsi que l'adaptation de l'offre de transport à la demande, en jouant sur la fréquence de passage des rames. Un tel système permet donc une grande souplesse d'adaptation de l'offre de service. Les phases transitoires (garage et dégarage, injection en ligne et retrait des rames) sont gérées par télécommande depuis le PCC, la marche des trains étant automatisée y compris dans les terminus et le garage.

En cas d'incident, les agents du PCC peuvent intervenir dans l'exploitation de manière active. A cette fin, ils disposent :

- d'informations périodiques, sous forme de télémesures — au nombre d'environ 8 000 — actualisées toutes les deux secondes, sur l'état des différents sous-systèmes (équipements d'alimentation en énergie, équipements des stations et des tunnels, rames, etc.);
- d'une logique de traitement permettant de faire la synthèse de ces informations et de préciser la procédure d'intervention;

— de télécommandes — environ 2 000 — leur donnant la possibilité de se substituer à certains automatismes de pilotage, de commander la commutation d'équipements en redondance ou de donner l'ordre d'accostage et de poussage de la rame en panne par la rame qui suit.

L'exploitation du PCC est assurée, sous la direction d'un responsable, par un à cinq opérateurs selon le trafic. Ces opérateurs disposent de cinq postes de travail : trois pupitres de gestion de la ligne et des stations, un pupitre de gestion des terminus et du garage-atelier et un pupitre de gestion de la distribution d'énergie et des servitudes de la voie (sous-stations, chauffage des voies, époussetage et ventilation, etc.). Un tableau de contrôle optique offre une vue d'ensemble sur l'écoulement du trafic. Chaque opérateur dispose d'un terminal de dialogue équipé d'un écran de télévision couleurs associé à un clavier. Le PCC est doté au total de 24 écrans de télévision reliés à un réseau de 250 caméras de surveillance des stations; le choix des images se fait par les claviers de sélection. Les rames et les stations sont équipées d'installations d'interphonie et de sonorisation et le PCC peut, en outre, être appelé en urgence à partir des bornes installées le long de la ligne.

Sécurité et disponibilité

En ce qui concerne la sécurité, l'automatisme intégral ne pose pas de problèmes d'une nature nouvelle par rapport aux métros existants où la plupart des fonctions de sécurité sont déjà



Poste central de contrôle.

réalisées, partiellement ou entièrement, de façon automatique.

En fait, au métro de Lille, les seules fonctions de sécurité nouvelles sont relatives :

- au mouvement des trains au départ des stations qui, classiquement, est contrôlé par l'agent d'accompagnement; la solution adoptée à Lille a consisté à fermer le bord des quais par des portes palières;

- à la coupure du courant de traction en cas d'évacuation d'urgence des trains qui, sur un métro classique, lorsque les liaisons sont interrompues avec le PCC, est effectuée par l'agent d'accompagnement, descendant du train pour actionner un des rupteurs situés sur la voie; au métro de Lille, on a prévu la possibilité de coupure par les voyageurs du train à l'aide d'un dispositif placé au-dessus de chacune des portes et protégé (vitres à briser et plombage), qui provoque l'arrêt de tous les trains sur le tronçon intéressé et le déverrouillage des portes.

Les autres fonctions de sécurité sont plus proches de celles qui existent sur les métros classiques. Une analyse des incidents et accidents survenus sur les métros en service a permis de définir les dispositifs de sécurité, procédures d'exploitation et dispositions constructives aptes à les éviter.

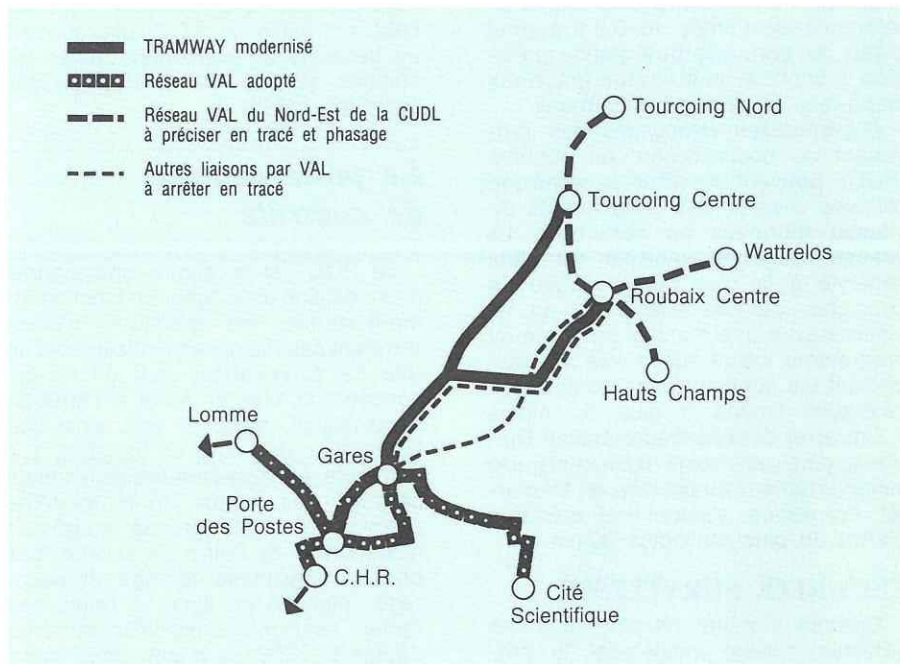
Pour ce qui est de la fiabilité (probabilité d'absence de panne) et de la disponibilité (probabilité pour les voyageurs de ne pas attendre un train au-delà d'un délai normal), le pilotage automatique intégral présente des difficultés particulières puisqu'il n'y a pas d'agent d'accompagnement pour reprendre la conduite manuelle en cas d'incident.

Ceci a conduit, d'une part, à effectuer une étude très poussée de la fiabilité de chaque équipement et, d'autre part, à prévoir un certain nombre de dispositions permettant de limiter la durée des incidents :

- mise en redondance de la quasi-totalité des équipements nécessaires au mouvement des trains; la commutation d'un équipement à l'autre est effectuée par télécommande depuis le PCC;

- pour le cas, rare, où la commutation sur un équipement redondant est impossible ou inefficace, il est possible de pousser une rame à l'aide de la suivante, l'opération étant entièrement télécommandée;

- des dispositifs de commandes manuelles simplifiées permettent, en dernier recours, de reprendre localement le contrôle des véhicules, des stations



Projets d'extension du réseau.

(commande des portes palières et ordre de départ) et des terminus (commande des itinéraires et des aiguilles);

- enfin, suivant une disposition courante sur les métros, des communications de voies permettent une exploitation provisoire partielle de la ligne qui est découpée en trois tronçons pouvant être exploités individuellement.

Coût et financement des investissements

A la fin de 1982, la ligne étant pratiquement terminée, le montant des dépenses s'élevait à un total de 2,439 milliards de francs, dont 0,011 milliard pour les acquisitions foncières, 1,501 milliard pour le génie civil — y compris les études et la déviation des réseaux — et 0,927 milliard pour le matériel roulant et le système VAL.

Le financement en a été réalisé à 20 % par une subvention de l'État, à 20 % par l'autofinancement et à 60 % par des emprunts auprès de caisses de crédit publiques, l'autofinancement et le remboursement des emprunts étant couverts par moins de la moitié du produit du versement transport.

La mise en service

Après l'inauguration officielle, le métro a été ouvert au public qui a pu l'emprunter gratuitement, de 14 h à 20 h, du 27 avril au 11 mai et le 16 mai, il est entré en service commercial.

Le métro fonctionne tous les jours de 5 h 15 à 0 h 30, les trains — 38 éléments de deux voitures — circulant à la vitesse commerciale de 36 km/h, avec des intervalles de deux minutes aux heures d'affluence et de cinq minutes en période creuse, entre le terminus « Quatre-Cantons » et « République ».

L'effectif total de la COMELI — exploitation, maintenance et administration — est de 160 agents environ. Les « agents techniques d'opération » assurent la gestion technique de la ligne, soit à partir du PCC, soit, pour un tiers de leur temps, en interventions en ligne ou aux terminus. Les « agents d'opération en ligne », qui parcourent en permanence les stations et les trains, ont pour mission essentielle d'assurer l'accueil des voyageurs et de contrôler les titres de transport.

A l'occasion de la mise en service du métro, les lignes d'autobus qui desservent l'est de l'agglomération lilloise ont été restructurées pour se rabattre sur les stations du métro et, surtout, la ligne de tramway — le « Mongy », du nom de



MARSEILLE

« Planibus » : un nouveau système d'information automatique pour les voyageurs

Le 22 février 1983, la Régie des Transports de Marseille (RTM) a mis en service un « Planibus » à la station de métro « Vieux-Port ».

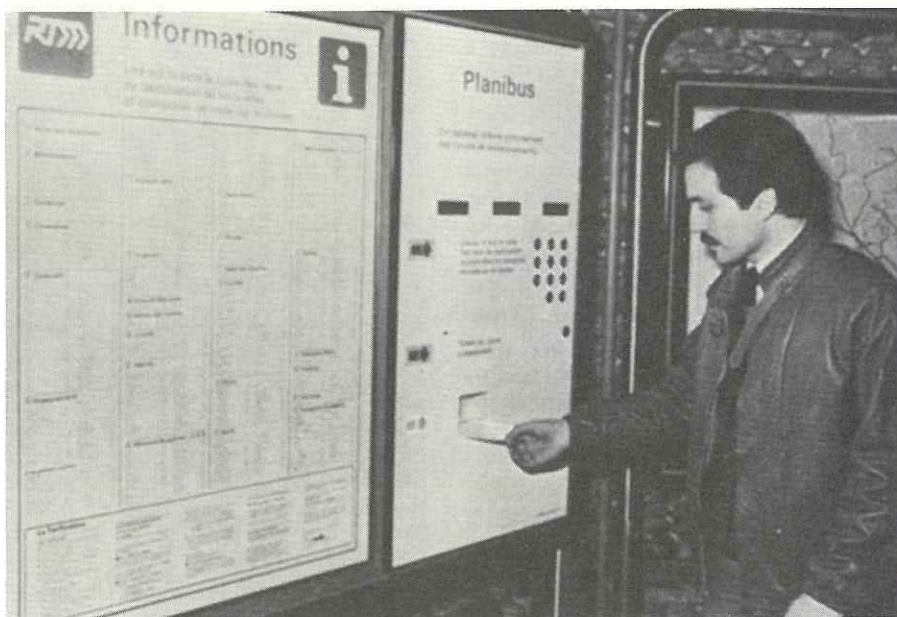
Cet appareil expérimental, qui fait appel aux techniques informatiques les

plus modernes, doit permettre à l'utilisateur du réseau RTM de connaître rapidement, et avec précision, l'itinéraire à emprunter s'il veut se rendre à tel ou tel point d'intérêt ou lieu public de Marseille. Le « Planibus » lui propose une liste de 450 noms classés par rubriques et par ordre alphabétique avec, pour chacun, son repérage sur le plan du réseau RTM installé juste à côté, le nom de l'arrêt qui le dessert et le numéro de code correspondant. En composant ce numéro de code, le voyageur obtient les renseignements désirés — avec, le cas échéant, les correspondances métro/bus ou bus/bus — inscrits sur un ticket délivré par l'appareil.

son fondateur — qui relie Lille à Roubaix et Tourcoing, avec un matériel roulant en cours de complète modernisation, a abandonné son ancien terminus, Place du Théâtre, pour rejoindre en souterrain la station de métro « Gares », où la correspondance entre les deux modes de transport s'effectue quai à quai. En outre, l'intégration du métro et des réseaux de transports publics de surface est favorisée par une tarification commune.

La prochaine étape du métro lillois sera l'ouverture, au printemps 1984, de la seconde section de la ligne, de la station « République » au terminus « C.H.R. B. Calmette » mais ce ne sera pas la dernière. En effet, en juin 1982, le conseil de la CUDL a voté le principe et l'étude d'une nouvelle ligne de 9 km de longueur, avec 14 stations, reliant Lomme à la station « Gares » en longeant Lille par le sud. Les études de cette seconde ligne, en correspondance avec la ligne 1 aux stations « Porte des Postes » et « Gares », ont été confiées à la SOFRETU, associée à MATRA : les travaux de gros œuvre devraient commencer en 1984. L'extension du réseau pour la desserte du nord de l'agglomération, c'est-à-dire Roubaix et Tourcoing et leurs banlieues, est également envisagée par la CUDL, mais aucune décision n'a encore été prise.

L'ouverture à l'exploitation du métro de Lille est un événement qui fera date dans l'histoire des transports en commun puisque c'est bien le premier métro urbain entièrement automatique dans le monde. Sans doute, des systèmes de transport automatiques avaient déjà été mis en service, notamment aux États-Unis, mais il s'agissait de lignes assez courtes assurant la desserte d'aéroports, de parcs d'attraction ou de campus universitaires, donc dans des conditions différentes du transport collectif en milieu urbain proprement dit. Par ailleurs, deux systèmes de transport automatiques, d'une conception proche de celle du VAL, ont été mis en exploitation au Japon — à Osaka et Kobe — au début de 1981, mais, d'une part, dans la phase initiale, un agent a été maintenu à bord et, d'autre part, le type de desserte qu'ils assurent offre un caractère particulier puisque, dans ces deux villes, les nouvelles lignes, entièrement en viaduc, relient le centre-ville à une île artificielle. ■



Marseille : le « Planibus ».

```
DESTINATION DEMANDEE
ARRET:
LA PLAGE
CODE: 1752
```

```
-----
SORTIR DU METRO COTE:
QUAI DES BELGES
ALLER A PIED A
L'ARRET:
VIEUX PORT
PRENDRE LA LIGNE
83
VERS RD PT DU PRADO
```

```
-----
ARRIVEE:
LA PLAGE
-----
LA RTM VOUS SOUHAITE
SON VOYAGE
```

Ticket délivré par le « Planibus ».

En tant que support d'information, le « Planibus » présente les avantages suivants :

- l'usager peut l'utiliser facilement et à sa guise (formule de libre-service);
- l'usager conserve l'intégralité de l'information obtenue grâce au ticket délivré par l'appareil;
- non seulement celui-ci fournit à l'usager une information détaillée lui permettant de mieux utiliser le réseau RTM, mais il lui fait également découvrir les multiples possibilités — culturelles, de loisirs, de santé, etc. — qui lui sont offertes à Marseille.

La mise à la disposition du public du « Planibus » s'inscrit dans l'effort systématique d'information entrepris par la RTM au cours des dernières années, avec le souci de faciliter toujours d'avantage l'utilisation des transports collectifs à Marseille. ■

(Transport public, mai 1983.)

SAINT-ÉTIENNE

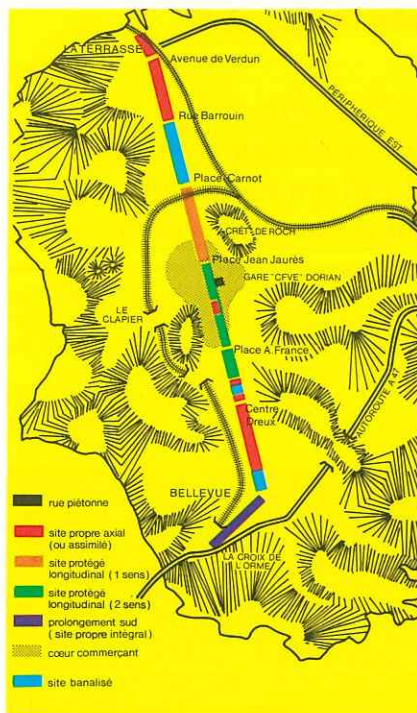
Mise en service d'un prolongement du tramway

Le 17 février 1983, une cérémonie officielle a marqué la mise en service du prolongement sud de la ligne de tramway, de Bellevue à Solaure, sur une longueur de 1,5 km en site propre. Cela faisait plus de trente ans qu'une inauguration de ce type avait eu lieu en France, avec la mise en service, en 1951, d'une courte antenne sur le réseau de tramway lillois.

D'un coût de 42 millions de francs et construit en un an seulement, ce prolongement est un élément du projet « axe lourd » qui vise à placer le tramway en site propre ou privilégié sur la totalité de la ligne.

Pratiquement en ligne droite de Terrasse, au nord, jusqu'à Bellevue, au sud, et empruntant, sur toute sa longueur, l'artère principale de la ville, avec une très forte densité commerciale dans la traversée du cœur urbain, la ligne de tramway de Saint-Étienne a vu ses conditions d'exploitation considérablement évoluer avec la réalisation progressive, depuis 1974, d'aménagements destinés à isoler sa plate-forme de la circulation automobile.

Grâce à l'ouverture du prolongement



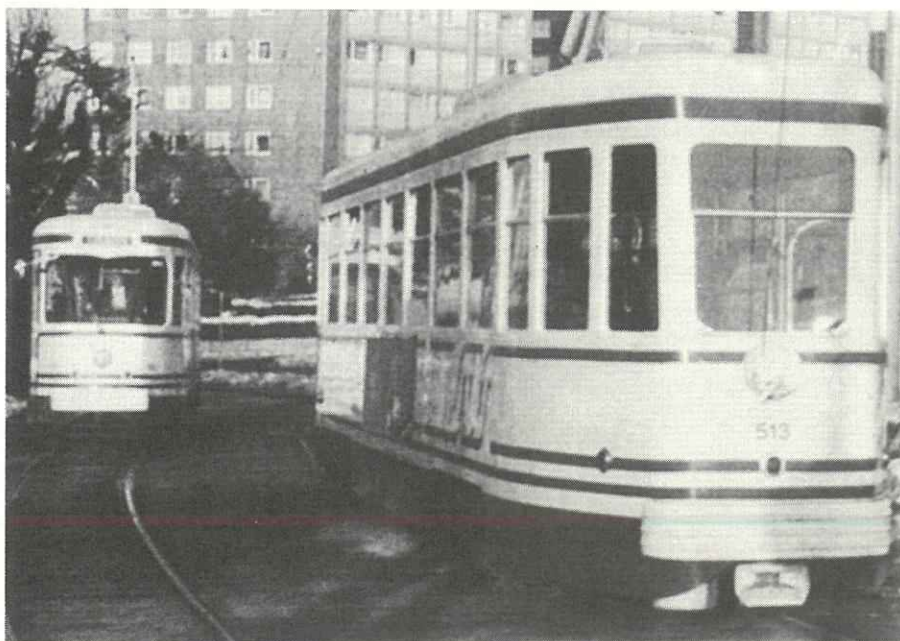
La ligne de tramway de Saint-Étienne.

sud, entièrement en site protégé, et à la transformation en site protégé axial des parties rénovées de la ligne, presque la moitié du parcours se fait maintenant indépendamment de la circulation automobile. Le kilométrage des couloirs a peu augmenté en valeur absolue (700 m en plus). En revanche, le par-

cours en site banalisé a régressé de plus de 3,5 km et ne représente plus que le tiers de la longueur totale de la ligne, qui s'élève à environ 14,5 km.

Le tramway assure à lui seul, avec 70 000 voyageurs par jour, plus du tiers du trafic total du réseau de transports en commun de Saint-Étienne, agglomération peuplée de 300 000 habitants environ; il se pose d'ores et déjà un problème de saturation, malgré une fréquence de passage de deux minutes aux heures d'affluence rendant difficile l'espacement des véhicules. Plutôt que d'acheter du matériel articulé neuf, l'exploitant envisage la rénovation des motrices PCC simples — le parc est constitué de 30 motrices simples livrées en 1958 et 1959, auxquelles s'ajoutent 5 motrices doubles, livrées en 1970 — et leur transformation en éléments doubles, pour un coût moitié moindre. ■

(La Vie du Rail, 7 avril 1983.)



Saint-Étienne : croisement de deux voitures sur le nouveau prolongement du tramway entre Bellevue et Solaure.

NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER



STOCKHOLM

Mise en service expérimentale de deux autobus à batteries



Stockholm : vue du côté gauche de l'autobus à batteries.

En septembre 1982, le premier des deux autobus à batteries commandés par la Régie des transports de Stockholm lui a été livré. D'une longueur de 10,8 m, c'est-à-dire un peu plus court qu'un autobus à moteur Diesel, cet autobus, qui peut transporter 64 personnes, dont 39 assises, a un poids en ordre de marche de 12,6 tonnes, dont 4 tonnes pour les batteries, et sa vitesse maximale est de 65 km/h. Il est équipé de deux moteurs d'une puissance de 50 kW, de deux dispositifs de commande à transistors et de deux groupes de batteries, ces deux groupes de batteries étant subdivisés chacun en deux, de sorte que les batteries sont

placées de côté en quatre endroits différents du châssis. Au freinage, l'énergie est récupérée dans les batteries.

Au printemps 1983, ces deux autobus à batteries devaient être mis en exploitation sur la ligne urbaine 41, aux heures d'affluence du matin et du soir. On estimait qu'ils pourraient être en service pendant quatre heures, après quoi une période d'environ huit heures serait nécessaire pour recharger les batteries.

Le coût d'un autobus à batteries s'élève à peu près à 1,5 million de couronnes suédoises, soit le double du prix d'un autobus à moteur Diesel. Les batteries, dont le coût s'élève à 200 000 couronnes par autobus, devraient avoir une longévité d'un an et demi à deux ans.

Les essais dureront deux ans ; selon les résultats, la Régie des transports de Stockholm décidera, soit de commander deux autobus supplémentaires, soit d'essayer d'autres batteries, soit de revoir le projet dans son ensemble. ■

(Der Stadtverkehr, mars 1983.)



PITTSBURGH

Un second site propre pour autobus en service

En décembre 1977, une ligne en site propre pour autobus avait été ouverte à l'exploitation. Dénommée « South Busway », elle relie la banlieue sud de South Hills au centre de Pittsburgh. Depuis février 1983, une seconde ligne en site propre, de 11 km de longueur environ, assure la liaison entre Pittsburgh et Wilkensburg, dans la banlieue est. De même que le « South Busway », l'« East Busway » est un site propre intégral, à deux voies de circulation, construit en partie sur une emprise ferroviaire, qui comporte cinq points d'arrêt intermédiaires. Soixant-quinze autobus — dont 30 voitures articulées — de construction récente effectuent le trajet en service omnibus en 13 mn. En outre, plusieurs lignes d'autobus express de banlieue ont été rabattues sur l'« East Busway » : ces autobus express assurent la liaison directe entre Wilkensburg et Pittsburgh en neuf minutes grâce au site propre.

Le coût de ce nouveau site propre, qui dessert des zones résidentielles et d'emplois à forte densité de population, s'est élevé à 113 millions de dollars, le financement ayant été assuré pour 80 % par des subventions fédérales et, pour le restant, par des subventions de l'État de Pennsylvanie et du Comté d'Allegheny.

Dès les premiers jours de l'exploitation, le trafic de l'« East Busway » s'élevait à 9 000 voyageurs en moyenne par jour, auxquels s'ajoutaient 5 000 voyageurs utilisant les autobus des lignes suburbaines express. ■

(Passenger Transport, 4 mars 1983.)

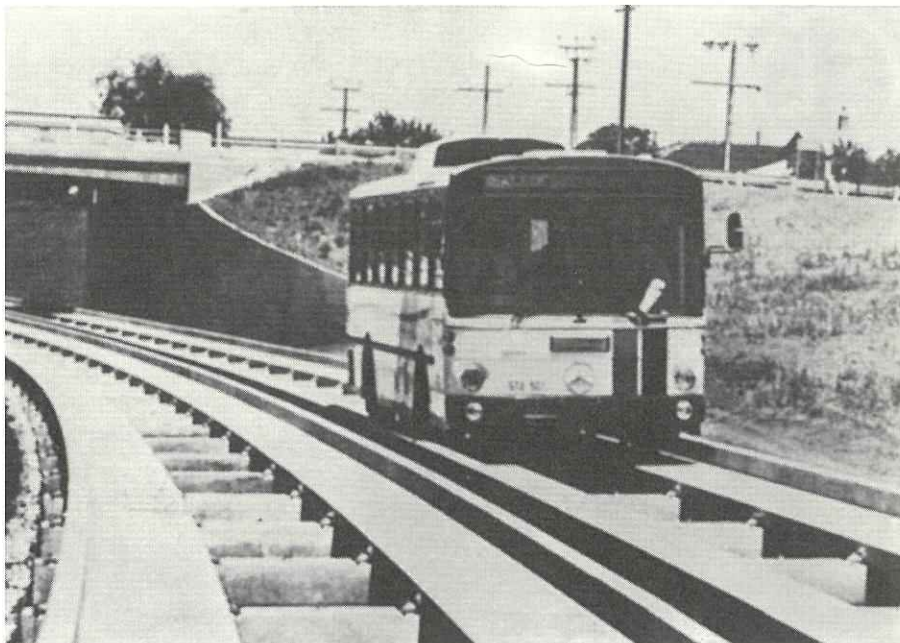


ADÉLAÏDE

Ouverture du premier tronçon du site propre pour autobus guidés

Le système d'autobus guidés O-BAHN, mis au point par un constructeur d'Allemagne fédérale et expérimenté sur une ligne en site propre à Essen depuis septembre 1980, a été adopté par la ville d'Adélaïde, située dans le sud de l'Australie, pour assurer la liaison entre le centre-ville et la banlieue nord-est.

Au début de 1983, un premier tronçon de cette ligne en site propre, qui, lorsqu'elle sera entièrement en service — en 1986 — aura une longueur d'environ 12 km, a été mis en service à titre expérimental. Les autobus qui, ultérieurement, seront au nombre de quatre-vingt-dix, sont équipés du système de guidage mécanique qui a déjà fait ses preuves à Essen et pourront également circuler sur la voirie ordinaire, quatre points de sortie — ou d'entrée — étant prévus le long du site propre. Grâce à cette bimodalité, 80 % des voyageurs pourront atteindre leur lieu de destination sans rupture de charge, alors que cela n'aurait été possible que pour 13 % d'entre eux, si c'était une ligne de tramway qui avait



Adélaïde : le site propre pour autobus guidés.

été construite, comme il en avait été également question à l'origine.

D'autres critères ont joué en faveur du site propre pour autobus guidés : qualité de la voie, constituée d'éléments en béton préfabriqués, et faible coût d'entretien, sécurité maximale même avec une vitesse de 100 km/h, confort de marche élevé, faible niveau sonore, intégration dans l'environnement et dimensions restreintes des ponts à construire. ■

(Nahverkehrs-Praxis, mars 1983.)

Revue éditée par
la Direction des Systèmes d'Information
et de l'Organisation

