



RATP
ÉTUDES · PROJETS

85

avril-mai-juin

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

RATP

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

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

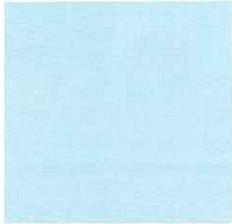
SOMMAIRE



LA GENÈSE DE L'AUTOBUS FUTUR

*Les raisons qui ont présidé à la définition d'un nouvel autobus ;
les différentes étapes de sa conception ;
ses principales caractéristiques.*

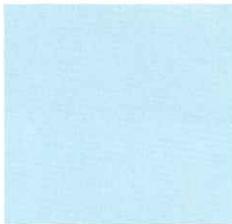
5



LA RELANCE DE LA RECHERCHE A LA RATP LE PROJET DE RECHERCHE « RÉSEAU 2000 »

*Le point sur le processus de relance de la recherche engagé à la
RATP dans le cadre des orientations définies par les pouvoirs
publics.*

18



L'INFORMATION MINIMALE A RECUEILLIR EN SUIVI DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE

*Les conclusions de la réflexion menée au sein de la Commission
« Composants électroniques » sur les problèmes de suivi des
composants.*

24



L'AIR EXTRAIT DU MÉTRO : UNE RESSOURCE NOUVELLE D'ÉNERGIE EXPLOITABLE

Une nouvelle et originale expérience de récupération d'énergie.

32



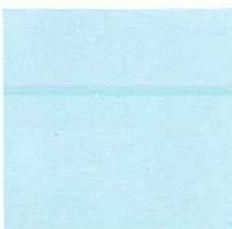
NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

- *Retrait des derniers matériels SPRAGUE.* 39
- *Mise en service de l'autobus articulé PR 180.* 40
- *Exploitation du réseau d'autobus.* 41
- *Vues des travaux en cours.* 44
- *Trafic et service de l'année 1983.* 46



NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE

- *Bordeaux : expériences d'autobus à la carte.* 47
- *Nancy : dernière étape de la mise en service des trolleybus
bimode sur le réseau.* 47



NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

- *Londres : début de la construction de la boucle de métro
desservant l'aéroport d'Heathrow.* 49
- *Le Caire : construction de la jonction ferroviaire souterraine.* 49
- *Caracas : inauguration du métro.* 50
- *Yukarigaoka : mise en service d'un système de transport
automatique.* 51



LA GENÈSE DE L'AUTOBUS FUTUR

par **Georges Vassart**, Ingénieur en Chef honoraire RATP,
ancien chef de projet « Autobus futur »
de l'Union des Transports Publics Urbains et Régionaux (UTPUR) (1).

Un colloque ayant pour thème « Travailleurs du transport et changements technologiques » s'est tenu au Palais des Congrès, à Versailles, du 1^{er} au 3 juin 1982, sous l'égide du Ministère des transports, du Ministère de la recherche et de la technologie et du Ministère de la mer.

La majeure partie du colloque était consacrée à la contribution des chercheurs en sciences humaines dans le domaine des transports aériens, ferroviaires, routiers, maritimes et fluviaux. Pour compléter et illustrer ces travaux, l'exemple de l'autobus avait été retenu faisant l'objet de quatre exposés, dont celui de Monsieur Vassart portant sur « le processus de conception de l'autobus futur ».

Il nous a semblé intéressant de publier ce texte qui précise la démarche suivie jusqu'à la définition de l'autobus futur et reprend, en l'actualisant, la communication sur « le programme français d'autobus futur » que Monsieur Vassart avait présenté au Symposium international des techniques de communications et technologies des transports, à Hambourg, en juin 1979.

AVANT de rappeler le processus qui a conduit à la conception d'un autobus nouveau — qualifié un peu abusivement sans doute de « futur » — et d'évoquer quelques-uns des problèmes qui se sont présentés, il ne semble pas inutile de répondre d'abord à la question :

« Mais pourquoi un autobus futur ? »

Quel besoin subit se serait donc manifesté laissant supposer que, depuis leur apparition, vers les années 1905, ces véhicules n'ont fait l'objet d'aucune recherche sérieuse ? Ce serait faire preuve d'une belle ingratitude envers nos prédécesseurs — ou d'une touchante naïveté — de laisser croire que, pendant près de 70 ans, ces matériels n'ont pas bénéficié des progrès techniques de l'automobile et du poids lourd.

Néanmoins, c'est vraiment à partir des années 60 que la spécificité de l'autobus — véhicule de transport de personnes et non plus poids lourd aménagé — a été enfin reconnue et qu'un sérieux effort d'innovation a été entrepris sous l'impulsion de l'UTPUR (1) et de la RATP. Leurs travaux ont abouti, en 1965, à la conception de l'autobus « standard », excellent compromis entre les exigences contradictoires des contraintes d'exploitation, de qualité de service et de coût. Actuellement encore, ce matériel reste compétitif par rapport à des modèles plus récents, français ou étrangers.

Mais alors, et à plus forte raison, pourquoi avoir précipité la succession d'un véhicule qui donnait satisfaction ?

L'historique du projet

La cause initiale de déclenchement du processus est à rechercher dans l'évolution considérable de l'environnement du transport public à partir des années 70, évolution qui se traduisait par une désaffection progressive des transports en commun dont la fréquentation — notamment celle des autobus — baissait de façon inquiétante et continue.

Parmi les différents aspects de cette modification de l'environnement, trois paraissent plus particulièrement significatifs :

- On constatait tout d'abord une tendance générale de la population vers une *amélioration de la qualité de la vie*, du cadre de vie. Le domaine des transports ne pouvait échapper à cette évolution qui incitait, en particulier, à une réflexion critique sur quelques-unes des caractéristiques de l'autobus : accessibilité, confort, nuisances...

- En second lieu, par suite du *développement anarchique du transport individuel*, l'autobus était devenu un « gêneur » dans la circulation urbaine et, si certains s'interrogeaient sur son avenir, c'était surtout pour contester son utilité ; il était temps de sortir de l'ambiguïté en revalorisant l'image de marque de l'autobus pour mieux affirmer sa place dans la cité.

- Enfin, le renchérissement du *prix des produits pétroliers* poussait à

(1) Union des Transports Publics Urbains et Régionaux, devenue Union des Transports Publics (UTP) depuis janvier 1981.

rechercher les solutions énergétiques les plus économiques du point de vue général, en définissant une politique volontariste de développement des transports publics.

Il paraissait d'autant plus urgent de réagir que cette évolution se révélait profonde, durable et irréversible.

Certes, les propos et les écrits n'ont pas manqué, à cette époque, sur la réhabilitation des transports publics, allant des belles phrases floues aux images percutantes, mais sans que l'on perçoive un véritable alignement du discours et de l'action.

Devant la dégradation de la situation, l'UTPUR (c'est-à-dire la quasi-totalité des exploitants français, dont la RATP) ne cachait pas son inquiétude et, en 1974, proposait au Directeur des transports terrestres de lancer l'étude d'une nouvelle génération d'autobus répondant aux souhaits exprimés par la clientèle et la profession.

La Direction des transports terrestres (DTT) décida alors de s'attaquer au problème avec une détermination qui ne devait pas se relâcher par la suite. Après avoir constitué un « Comité directeur de l'autobus futur », elle suscita la création de groupes de réflexion réunissant des représentants des ministères intéressés (Transports, Environnement et Cadre de vie, Industrie), des collectivités locales (Association des maires de France), des transporteurs (UTPUR) et des chercheurs de l'Institut de Recherche des Transports (IRT).

Quatre groupes furent ainsi constitués chargés de différents thèmes de réflexion :

- attentes du public (usagers et non-usagers);
- normes en matière d'environnement;
- contraintes d'exploitation;
- études à caractère technique.

Les pouvoirs publics fixèrent les orientations, les limites et le calendrier des travaux à entreprendre par les groupes : il ne s'agissait en aucune manière d'inventer un véhicule « futuriste » de conception radicalement nouvelle, mais de rassembler des idées pour préciser les

points fondamentaux sur lesquels devaient porter les progrès les plus sensibles : confort, sécurité, accessibilité, nuisances, facilité d'entretien, conditions de travail du personnel de conduite...

Cette première phase, terminée en 1975 par l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnel, a permis au Ministère des transports de lancer un concours d'idées à l'échelon international. Les réponses devaient être remises en octobre 1976 et les solutions retenues par le jury du concours pouvaient servir de base à la rédaction de cahiers des charges à partir desquels seraient réalisés des prototypes. La mise en essai de ces prototypes était souhaitée pour 1978 afin que la construction en série du matériel débute en 1980, délai qui excluait la recherche de solution révolutionnaires.

Parallèlement à cet apport d'idées, les pouvoirs publics procédaient au lancement d'études techniques sur des thèmes précis dans le cadre d'Actions Thématiques Programmées (ATP) pilotées par l'IRT. Elles devaient permettre d'apprécier le coût et la difficulté technique d'amélioration de certains composants critiques afin de trier le souhaitable et le possible. Par la suite, les ATP furent complétées par des propositions des constructeurs portant sur les problèmes d'architecture d'ensemble.

Ainsi, à l'achèvement de ces travaux fin 1976, se trouvait rassemblé un foisonnement d'idées, de propositions, de souhaits, tous intéressants certes, mais dont quelques-uns relevaient du vœu pieux ou de l'illusion lyrique. D'évidence, il fallait procéder à une sélection, à une mise en cohérence des éléments ainsi recueillis en les appréciant au quintuple point de vue du respect du calendrier, de la faisabilité, de la fiabilité, du coût et de l'opportunité.

Ce dernier aspect devait intégrer les attentes de la clientèle, les besoins du personnel, les souhaits des exploitants et les contraintes techniques. Pour cela, la DTT demanda à l'UTPUR de créer un groupe « projet autobus futur » dont la mission se trouvait dès lors définie.

Mise en place progressivement au cours du printemps 1977, l'équipe projet était constituée de quelques ingénieurs de l'UTPUR (3 au moment de son activité maximale, en 1978-79) choisis en tenant compte de leur formation et de leur expérience. Ils étaient assistés, en tant que de besoin, par des experts de l'IRT (ergonomes notamment) et pouvaient faire appel, pour des problèmes particuliers, aux différents réseaux de transport de l'UTPUR.

Placé à la confluence des travaux antérieurs, le groupe projet a dû procéder à des choix, à des élagages, à quelques éliminations et à des compromis entre des exigences souvent contradictoires ou des points de vue parfois opposés, opérations qui entraînent rarement une adhésion unanime, mais qui ne peuvent pourtant être évitées si l'on ne tient pas à aboutir à la conception de quelque monstre mythologique.

Fort heureusement, le groupe a été soutenu, dès l'origine, par la DTT, une convention passée entre le Ministère et l'UTPUR prévoyant des comptes rendus périodiques, au fur et à mesure de l'avancement des travaux et des difficultés rencontrées. Ce soutien des pouvoirs publics ne s'est pas relâché par la suite, lorsque se révélèrent certaines formes d'inertie, d'indifférence ou de septicisme, manifestations habituelles de la lourdeur de la routine et de l'inamovibilité de la coutume (2).

Malgré ces aspérités, les choix effectués par le groupe projet ont permis d'établir, en septembre 1977, un cahier des « spécifications pour une gamme d'autobus nouveaux » répondant le mieux possible aux besoins exprimés, tout en les pondérant par l'appréciation des possibilités, des coûts et des délais.

(2) A titre d'exemple de l'amabilité manifestée à l'égard du projet, on relève dans « Les Échos » du jeudi 8 septembre 1977 :

« Le Secrétariat d'État aux transports avait lancé l'an dernier un concours national — réunissant constructeurs français et importateurs — pour définir l'autobus de l'avenir et inciter les municipalités à l'acquiescer, mais devant l'abstention du Groupe Renault, ce projet n'a, semble-t-il, pas eu de suite. »

La conception d'un autobus nouveau

Ces spécifications ont servi de base au groupe projet, pour la définition de l'architecture d'un autobus nouveau (de septembre à novembre 1977), respectant le critère fondamental, retenu en plein accord avec la DTT, qui était *la prise en compte de l'élément humain* à tous les stades de la conception du matériel, c'est-à-dire en s'attachant essentiellement à l'amélioration des conditions de transport du voyageur et à l'amélioration des conditions de travail du personnel.

L'amélioration du transport

Les sondages et enquêtes montrent à l'évidence que, si le passager est indifférent aux notions de performances et de caractéristiques techniques, il est, par contre, très sensibilisé par l'aspect « confort » sous toutes ses formes. Dans cette optique, ont été étudiés par le groupe projet :

— **le confort ergonomique** : emplacement, nombre et configuration des accès; emmarchement; étude de la position assise et des sièges (*illustration n° 1*); position debout, points d'appui; circulation intérieure;

— **le confort physiologique** : bruit, secousses, vibrations, fumées, suspension;

— **le confort climatique** : ventilation, chauffage, climatisation, éclairage;

— **le confort psychologique** : rapports avec le conducteur et les autres voyageurs, informations intérieure et extérieure, signalétique;

— **le confort esthétique** : aspect extérieur, traitement des volumes, colorations, décoration intérieure.

Les conditions de travail du personnel

Le conducteur

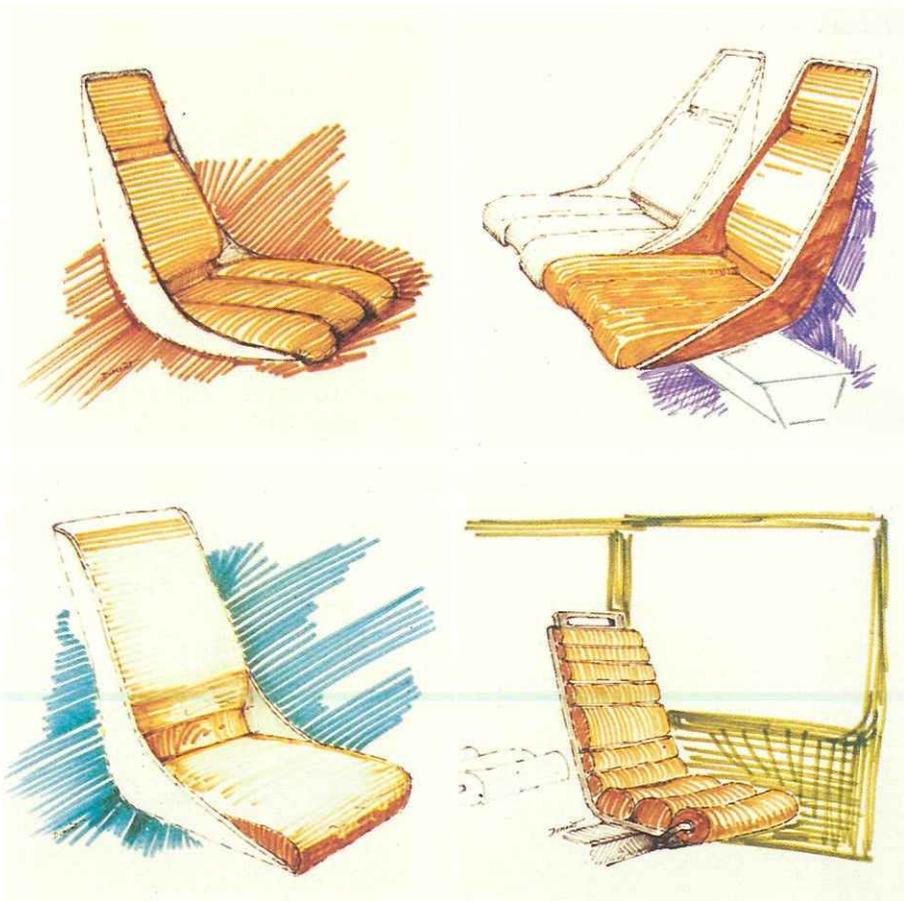
La tâche du conducteur est soumise à des contraintes inhérentes aux impératifs d'exploitation, aux difficultés de circulation et au matériel lui-même. Seul ce dernier point est du ressort du concepteur qui doit porter ses efforts sur la réalisation d'un poste de conduite plaçant l'opérateur dans les meilleures conditions de travail possibles. La réduction de la charge mentale du chauffeur que l'on peut en attendre améliore la qualité de la conduite et favorise la sécurité et le confort du transport.

Dans ce but, le poste doit être conçu pour pouvoir s'adapter aux conformations morphologiques des conducteurs — et conductrices —

ainsi qu'aux postures de conduite souhaitées par les intéressés. Il convient donc, tout d'abord, de définir le confort de position des conducteurs découlant des données biométriques généralement admises, puis d'étudier ensuite les différentes fonctions concourant à l'élaboration du poste de conduite :

- forme, constitution et réglage du siège conducteur;
- implantation du volant et ses réglages;
- disposition de la pédalerie;
- aménagement du tableau de bord pour une atteinte facile des organes de commande et une vision correcte des appareils de contrôle;
- confort visuel du conducteur, de jour, de nuit et par intempéries et esthétique du poste;
- confort climatique et éclairage du poste de conduite;
- relations avec les voyageurs;
- relations avec les services d'exploitation;

Fig. 1 : Quatre études de sièges voyageurs (groupe projet 1977).



— éventuellement, installation d'un dispositif anti-agression.

Ces diverses fonctions ne peuvent être traitées isolément car, interférant entre elles, c'est de leur harmonisation que découlera la réussite du poste de conduite, facteur essentiel des conditions de travail du conducteur (*illustration n° 2*).

Le personnel d'entretien

L'amélioration des conditions de travail de ce personnel doit être recherchée par une meilleure fiabilité des composants, une bonne accessibilité aux organes, une facilité de démontage des pièces et une réduction des opérations d'entretien, toutes les interventions devant pouvoir être effectuées par l'extérieur du véhicule.

La présentation des premières ébauches

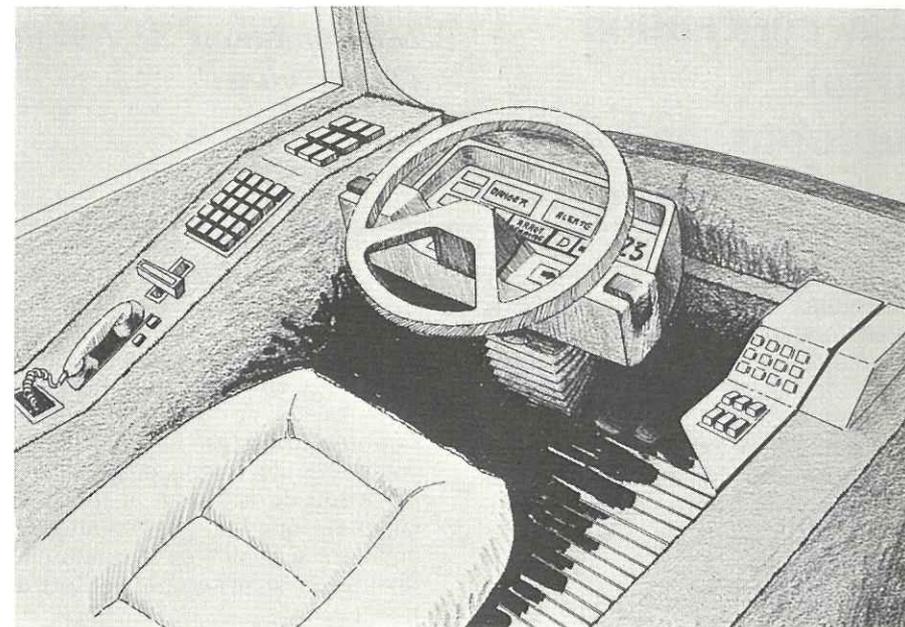


Fig. 2 : Étude poste de conduite et tableau de bord (groupe projet 1978).

Il était bien entendu avec la DTT que ces thèmes d'études ne devaient pas rester indéfiniment dans le domaine de la fiction, mais se concrétiser, le plus rapidement possible,

par la réalisation d'une maquette grandeur nature répondant le mieux possible aux spécifications, afin de juger sur pièce de l'intérêt des solutions proposées.

Fig. 3 : Maquette de l'autobus Heuliez GG 79-85 - 3/4 avant (1978).



La Société Heuliez primée au concours d'idées car elle avait présenté le seul projet vraiment complet et original — a été chargée en mai 1978, par la DTT, de la réalisation de cette première phase qui comportait notamment :

- les études de structure et de carrosserie ;
- l'étude et la réalisation de sièges prototypes ;
- la réalisation de la maquette grande nature, non mécanisée ;
- l'étude d'adaptation d'une transmission hydrostatique sur autobus.

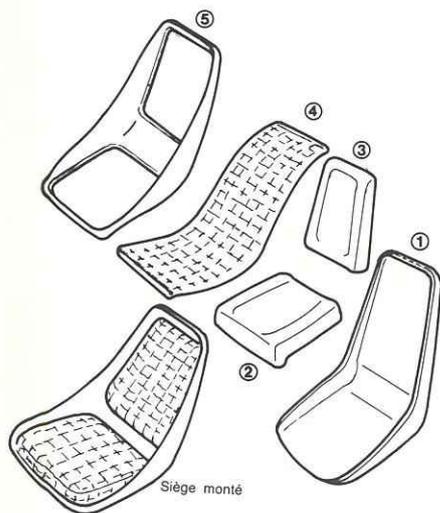
Réalisée en liaison très étroite et constante avec le groupe projet en moins de cinq mois, la maquette a été présentée au Salon de l'Auto-

mobile de Paris, au début octobre 1978.

Conformément aux concepts développés au cours des études par le groupe projet, les points forts de la maquette portaient sur :

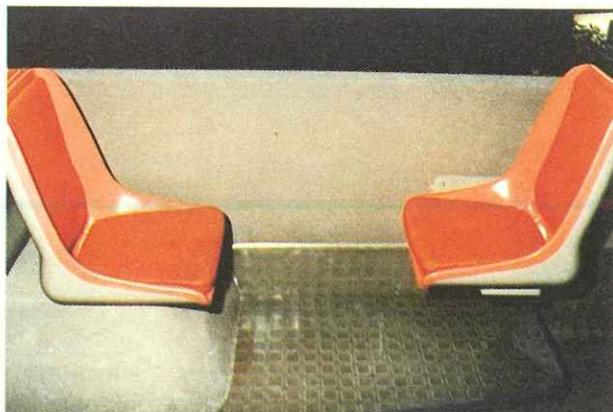
- l'esthétique de la caisse, prohibant les angles vifs et les lignes agressives, avec des baies de grandes dimensions, une répartition équilibrée des trois portes sur le côté droit, une protection latérale des bas de caisse, des découpes horizontales et verticales atténuant visuellement l'importance des volumes (*illustration n° 3*) ;
- le siège voyageur, ergonomique, de fabrication simple, facile à entretenir et à réparer, léger, économique (*illustration n° 4*) ;

Fig. 4 : Siège prototype Heuliez (1978).



Éléments constitutifs du siège :

- ① baquet extérieur
- ② mousse d'assise
- ③ mousse de dossier
- ④ tissu d'habillage
- ⑤ coque ajourée emboîtée et clipsée sur le baquet



Essais de siège prototype.



Sièges prototypes montés sur la maquette.



Fig. 5 : Autobus Heuliez GG 79-85 (1978) Dispositif d'accès pour handicapés (porte centrale).

— l'accessibilité : le plancher se trouvait à 470 mm du sol sur les 2/3 de la longueur du véhicule et 650 mm sur le 1/3 arrière, la hauteur des marches étant fixée à 270 mm pour la première et 200 mm (maximum) pour les suivantes ; cette faible hauteur permettait d'aménager un dispositif d'accès pour handicapés (plan incliné éclipable à commande électrique) au milieu de la voiture en face de la plate-forme centrale (*illustration n° 5*) ;

— le poste de conduite : répondant aux meilleures conditions de confort ergonomique des conducteurs — notamment par d'importantes possibilités de réglage du volant, en hauteur et en inclinaison — il avait fait l'objet de nombreuses études d'esthétique (*illustrations n° 6 et 7*) ;

— la disposition du moteur : placé à l'arrière-gauche, sous les sièges, il permettait de réduire au minimum le volume perdu pour les voyageurs et assurait la capacité maximale pour un autobus de 11,70 m (*illustration n° 8*) ;

— les aménagements intérieurs, l'éclairage (indirect dans l'axe, direct au-dessus des places assises), l'information des voyageurs par des

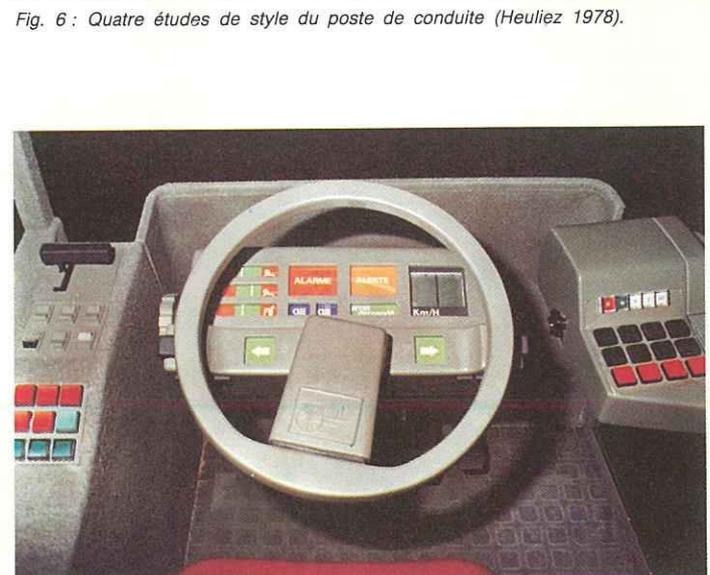
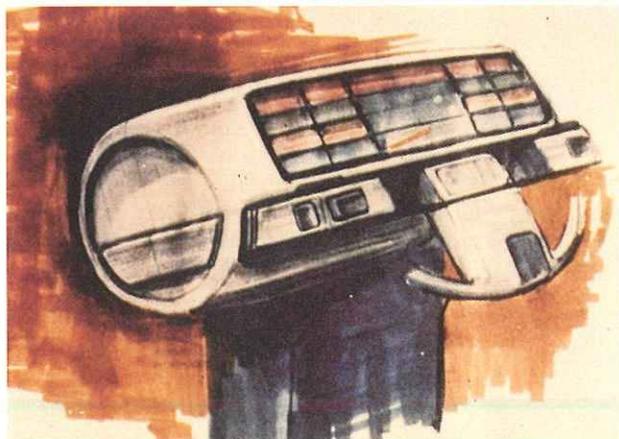
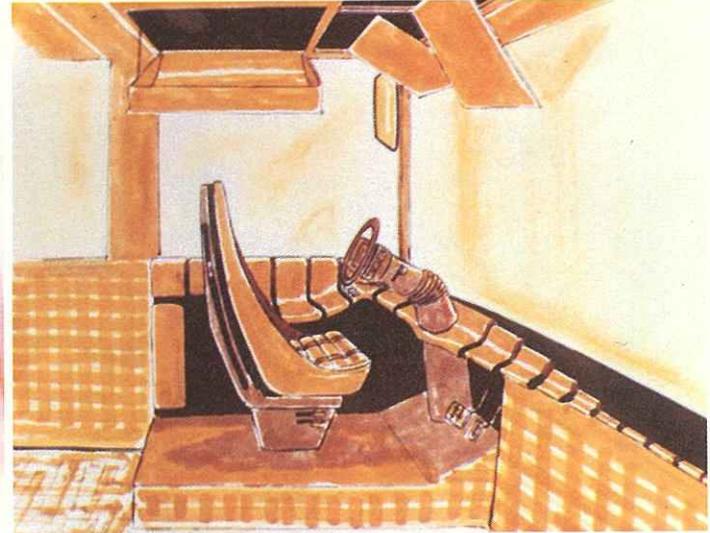
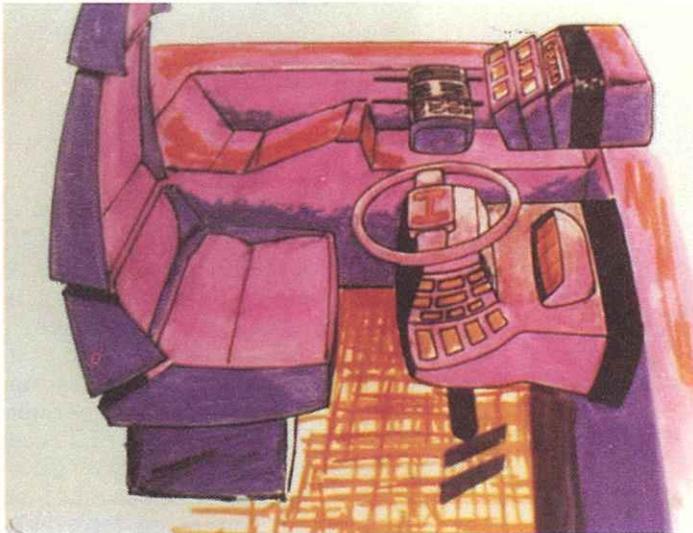
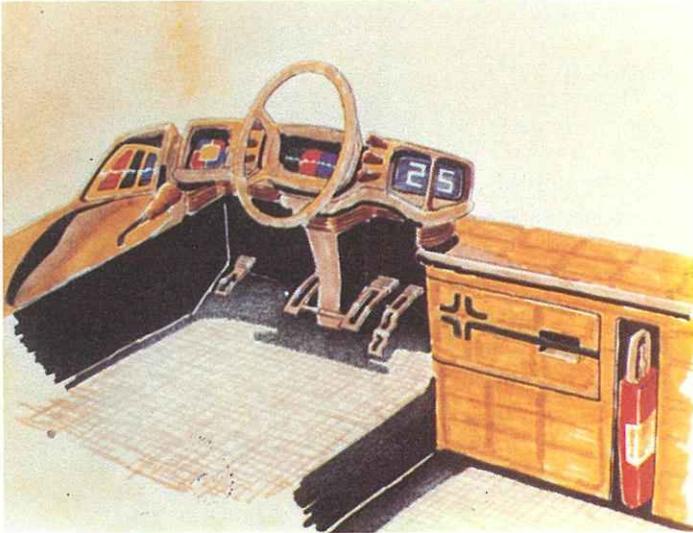


Fig. 6 : Étude de style du tableau de bord central (Heuliez 1978).

Fig. 6 : Quatre études de style du poste de conduite (Heuliez 1978).

Fig. 7 : Poste de conduite de l'autobus Heuliez GG 79-25 (1978).

RATP - Chabrol

RATP - Chabrol

plans itinéraires transversaux lumineux et sonorisés (illustrations n^{os} 9 et 10).

La présentation de cette maquette a provoqué les réactions attendues de la part de la clientèle et des exploitants et a permis de recueillir des informations intéressantes sur certaines caractéristiques du véhicule : longueur totale, garde au sol, emplacement des portes, plancher du compartiment voyageurs.

Pour affiner ces remarques, Renault Véhicules Industriels (RVI) et la RATP ont élaboré en commun, début 1979, une maquette grandeur nature d'un autre véhicule, dénommé « R 300 », s'inspirant d'une démarche différente, en disposant, notamment, le moteur transversalement à l'extrême arrière.

Les critiques et observations suscitées par les deux projets ont conduit les représentants de la profession à décider sans équivoque, fin juin 1979, la suppression de toute marche transversale ou plan incliné longitudinal à l'intérieur du compartiment voyageurs, le plancher de circulation, plan et horizontal sur toute la longueur se situant à 560 mm du sol au maximum. Il doit

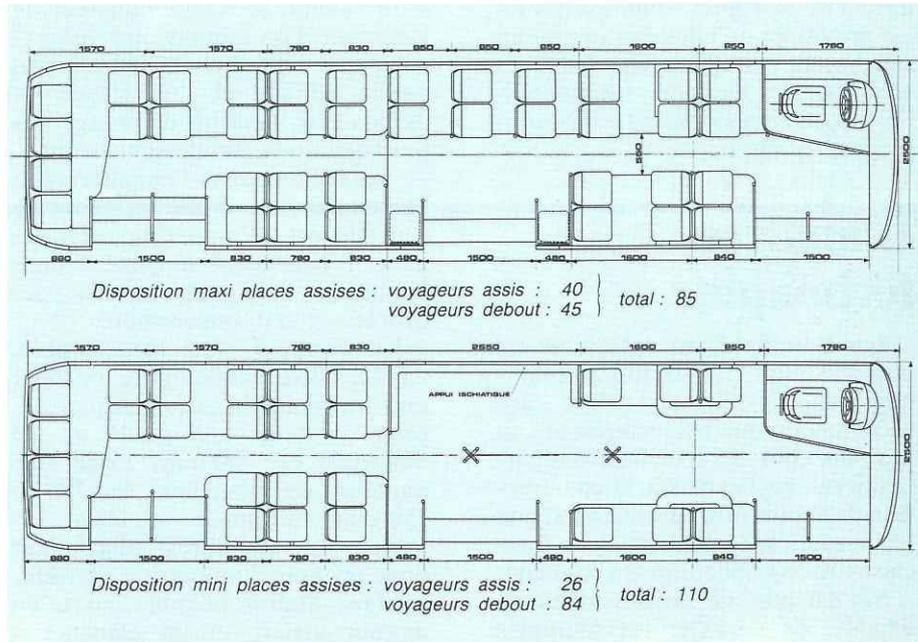


Fig. 8 : Deux diagrammes d'aménagement du prototype Heuliez GG 79-85 (1978) (17 dm² par voyageur debout).

pouvoir éventuellement être ramené à 460 mm aux arrêts — par un système d'abaissement du véhicule, par exemple — afin que la hauteur des marches d'accès ne dépasse pas 260 mm pour la première marche et 200 mm pour la seconde, valeurs considérées comme des maxima par les ergonomes.

Cette exigence est d'importance capitale dans la conception du matériel futur qui peut être défini très simplement en disant que c'est un autobus dont le plancher est à 56 centimètres du sol. Les autres caractéristiques (mécanique, esthétique, performances, aménagements, confort...) laissent le champ



Groupe projet

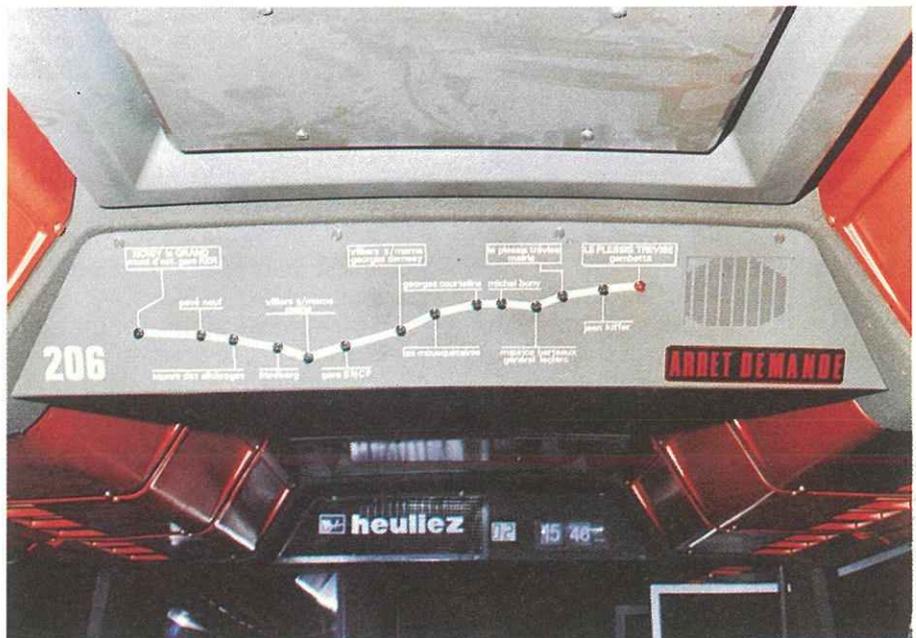


Fig. 10 : Plan intérieur du GG 79-85.

Fig. 9 : Intérieur de l'autobus Heuliez GG 79-85.

libre à de multiples solutions dont il est prévisible qu'elles évolueront en fonction des progrès technologiques et suivant les humeurs, les mentalités ou les engouements des prochaines générations.

L'analyse technique

Les besoins étant définis et les objectifs fixés, les solutions techniques appropriées pouvaient être recherchées qui respecteraient, au moindre coût, les spécifications particulières applicables à la construction des nouveaux autobus ainsi que les normes et réglementations françaises et européennes en vigueur.

S'il est hors de propos, dans cet exposé, de détailler les multiples problèmes qui se sont présentés, du moins n'est-il pas inutile de signaler quelques-unes des difficultés qui ont fait l'objet d'études particulières découlant essentiellement de la faible hauteur du plancher.

Motorisation

Comme il était illusoire d'espérer l'apparition, dans un délai de 3 à 5 ans, d'un moteur nouveau spécifique à l'autobus, il ne pouvait être envisagé que l'adaptation d'un moteur existant d'origine nationale, ce qui limitait singulièrement le choix. Des améliorations devaient lui être apportées, qui incombaient au constructeur, le rôle du groupe projet consistant, sur ce point, à l'examen des différents emplacements possibles du moteur.

Ce n'est pas l'effet du hasard ou de la mode si tous les autobus modernes et prototypes connus, français et étrangers, sont équipés d'un moteur placé à l'arrière. Mais ce n'était pas non plus une raison suffisante pour que l'autobus futur suive leur exemple, d'autant qu'aucun de ces véhicules n'est prévu d'origine avec une porte double dans la porte-à-faux arrière.

Le groupe projet a donc examiné les différentes possibilités d'emplacement du moteur :

— à l'avant, sous le conducteur, le logement d'un moteur plus volumineux que celui du « SC 10 » actuel paraît difficile et l'on risque de dépasser la capacité de charge des pneumatiques sur l'essieu avant ;
— au milieu, dans l'empattement, l'aménagement d'une plate-forme centrale est incompatible avec un moteur débordant largement dans l'habitacle voyageurs et pose des problèmes d'insonorisation.

En outre, il n'est pas possible, dans ces deux cas de figure, de loger une transmission automatique qui, pour respecter une garde au sol minimale de 200 mm, exige une hauteur de plancher de 700 à 750 mm, suivant les modèles.

Ces impossibilités justifiaient donc le choix du moteur à l'arrière.

Mais, était-il possible, avec un moteur arrière et un plancher à 560 mm du sol, d'éviter la neutralisation d'une partie du compartiment voyageurs ? Hélas non ! Et il suffit pour s'en convaincre de noter la hauteur du plancher arrière des autobus à moteur arrière : entre 900 et 1 050 mm. Une déduction un peu simplificatrice permet d'en conclure que le moteur de l'autobus futur dépassera au moins de 350 à 500 mm à l'intérieur du compartiment. Les différentes études ont donc eu pour but de rechercher la configuration la moins pénalisante tout en maintenant la compatibilité avec l'implantation d'un double accès à l'arrière, avec l'aménagement d'une plate-forme arrière et en respectant le souhait d'une bonne accessibilité aux organes pour leur entretien.

Parmi différentes dispositions possibles, deux se sont révélées être les moins défavorables :

— moteur vertical (ou incliné) disposé transversalement à l'arrière avec neutralisation d'une tranche complète du volume utile sur toute la largeur du véhicule et une profondeur de 75 à 90 centimètres ; cette solution, intéressante car elle isole le compartiment moteur de l'habitacle voyageurs et permet un accès facile aux organes motopropulseurs, présente l'inconvénient de réduire, voire de supprimer, la visibilité vers l'arrière,

même si des astuces de style en réduisent l'impact sur la clientèle ; l'exemple du « Transbus » américain est, à ce point de vue, caractéristique (*illustrations n^{os} 11 et 12*) ;
— moteur horizontal, disposé longitudinalement à l'arrière du côté gauche : la visibilité vers l'arrière est conservée et la surface neutralisée plus réduite que dans le cas précédent, mais d'autres inconvénients sont à redouter (difficultés d'insonorisation, moins bonne accessibilité aux organes, réduction importante de la plate-forme arrière).

Dans les deux cas, la mise en place du système de refroidissement, du filtre à air, du collecteur d'admission, de l'échappement et du silencieux pose des problèmes dont la mise au point n'est pas toujours facile.

Transmission

Lors du concours d'idées, la transmission hydrostatique avait semblé particulièrement séduisante pour assurer la transmission de la puissance du moteur thermique aux roues. Les avantages que l'on en espérait sur le confort par une variation continue de la vitesse du véhicule, sur l'encombrement en hauteur, favorable à la réalisation d'un plancher bas, et sur la consommation énergétique, le moteur fonctionnant dans une zone de consommation économique, ont conduit les pouvoirs publics à confier à la Société Heuliez, en 1978, une étude de définition des composants hydrauliques d'une telle transmission adaptée à l'autobus et son essai au banc.

Cet essai, réalisé à l'Établissement Technique d'Angers (ETAS) (*illustration n^o 13*) a confirmé les enseignements que la SAVIEM avait tirés d'un essai précédent et mis l'accent sur la médiocrité des rendements et des performances, le niveau de bruit inacceptable et la mauvaise fiabilité des composants.

Il était donc prématuré d'équiper l'autobus futur d'une telle transmission et les transmissions automatiques actuelles ont été retenues.



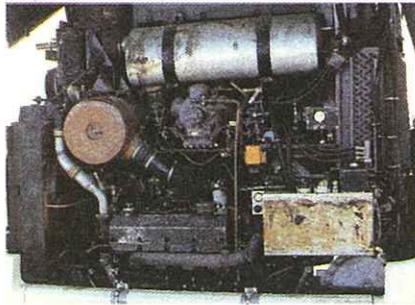
Fig. 11 : Prototype Transbus (Rohr) la partie arrière est transformée en « salle des machines » (USA 1975).

En raison de l'emplacement du moteur, le transfert du mouvement au pont arrière exige des renvois d'angle ou à axes parallèles, facteurs pénalisants du rendement mécanique par rapport à un autobus à moteur arrière classique (moteur et transmission alignés pour attaque directe du pont arrière).

Pont arrière

Compte tenu des gardes au sol (200 mm) et des débattements de suspension (100 mm) à respecter, aucun pont de série ne pouvait convenir.

Conscient que l'autobus futur resterait une aimable abstraction tant que ne serait pas levée cette hypothèque, le groupe projet rechercha des solutions, comme le faisaient les constructeurs de leur côté. La contrainte de base était parfaitement définie : la hauteur de la cuve centrale du pont ne pouvait dépasser



Groupe projet

ser 240 mm dans le cas d'un pont rigide et 340 mm dans le cas d'un pont suspendu.

Ces deux configurations conduisaient à des réalisations très différentes :

- le pont rigide permet la monte de pneus jumelés à l'arrière, donc la capacité de charge nécessaire (de l'ordre de 11 tonnes);
- le pont suspendu, apparemment plus séduisant, implique l'adoption de deux essieux en tandem avec quatre roues simples à suspension indépendante et deux ponts;
- le double pont rigide en tandem semble cumuler les inconvénients des deux systèmes.

Pour des raisons de coût et de simplification mécanique, le groupe projet a retenu le pont rigide et proposé la réalisation d'un pont à trois réductions dont l'originalité résidait dans la faible réduction du couple conique d'entrée et la position du croisillon de différentiel extérieur à la couronne dont le diamètre extérieur était limité par les contraintes d'encombrement (*illustration n° 14*).

Les trains d'engrenage se décomposent en :

- une réduction centrale (couple conique);



Groupe projet

Fig. 12 : Prototype Transbus (American Motors) Intérieur, partie arrière : remarquez les sièges individuels, en matériau monté, disposés en rotonde, et l'occultation totale de la partie arrière (USA 1975).

- une réduction latérale, renvoyant le mouvement à hauteur de l'axe des roues;
- une réduction dans les roues, couramment commercialisée.

Cette complication mécanique ne va évidemment pas dans le sens du rendement du pont.

Roues

Pneumatiques Freinage

Dès le début du programme, les roues de faible diamètre (19,5 pouces, soit 495 mm) ont suscité un enthousiasme que les techniciens avaient bien du mal à partager. Sans doute fallait-il chercher la raison de ce préjugé favorable dans l'idée que les petites roues permettent l'abaissement du plancher. Notion rigoureusement fautive, car la hauteur du plancher est déterminée par le respect de gardes au sol, d'angles d'attaque et de fuite — qui sont impérativement les mêmes quel que soit le diamètre des pneumatiques — et par une épaisseur minimale du soubassement qui ne saurait être exagérément réduite sous peine de nuire à la rigidité de la caisse.

Certes, les roues de faible diamètre présentent un avantage certain, car elles permettent de réduire la saillie des tambours de roues à l'intérieur du compartiment, et favorisent donc l'implantation des sièges. Mais, pour le reste, elles ne



Groupe projet

Fig. 13 : Essai au banc d'une transmission hydrostatique pour autobus (Heuliez - ETAS 1978).

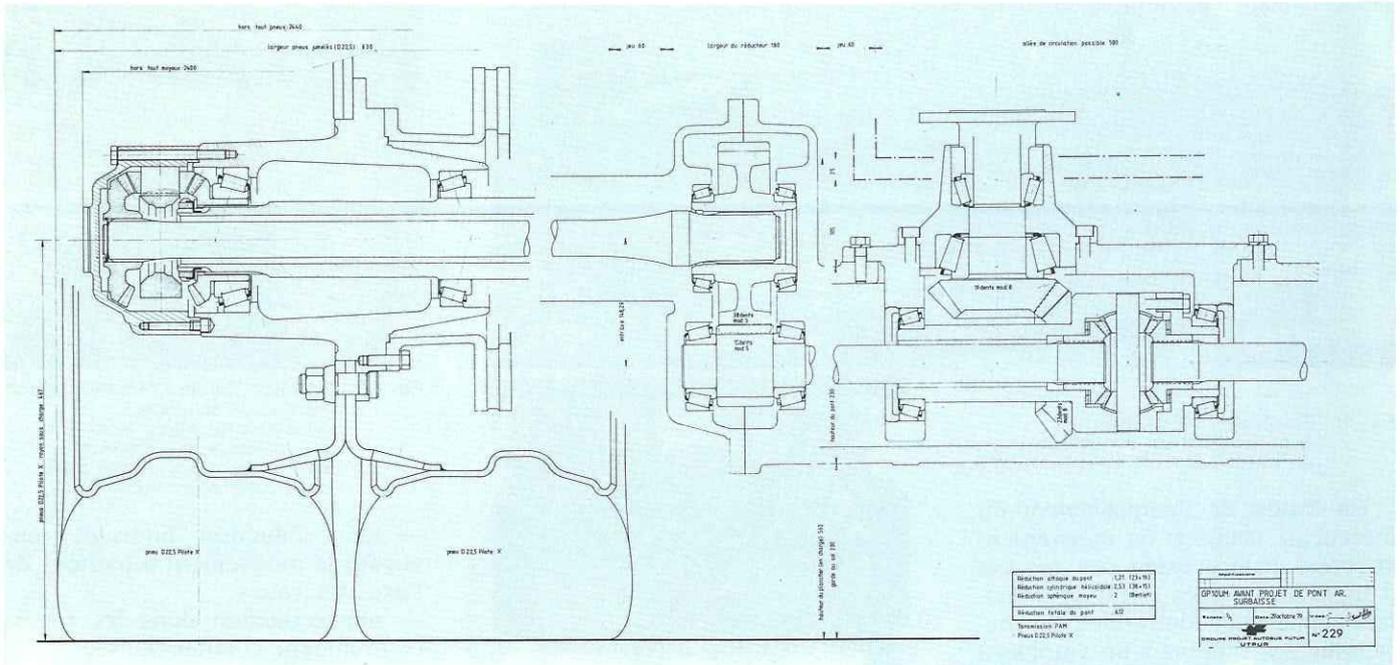


Fig. 14 : Pont arrière surbaissé (groupe projet 1979).

présentent que des inconvénients : capacité de charge, usure des pneumatiques, confort de la suspension, efficacité du freinage et, peut-être, tenue de route.

La difficulté de loger les organes de freinage dans les jantes de 19,5" est, de beaucoup, l'inconvénient majeur et le groupe projet n'a jamais caché sa préférence pour les roues de 22,5", soit 571 mm. Le choix des roues de 19,5", retenues en définitive pour l'autobus urbain, a été, peut-être aussi, en partie influencé par les réalisations étrangères, américaines en particulier, sans que l'on perçoive toujours nettement que le problème n'était pas comparable. En effet, dans le « Transbus », les hauteurs de plancher se situent entre 432 et 540 mm, sans surélévations sous les sièges, alors que sur l'autobus futur français, la hauteur des surélévations par rapport au sol sera de 740 mm. Cette différence justifie l'adoption de roues de faible diamètre sur les prototypes « Transbus », qui conduisent, dans tous les cas, à des essieux en tandem à l'arrière et, dans le cas du Rohr équipé de jantes de 16,5", soit 419 mm, à un double essieu directeur à l'avant (illustration n° 15). On admire la

performance technique, mais on ne peut s'empêcher de penser qu'elle confine à une forme atténuée de masochisme.

Quoi qu'il en soit, le problème du freinage de l'autobus futur équipé de roues de 19,5" devait être étudié d'une manière très approfondie, en tenant compte de quelques données spécifiques aux véhicules de transport urbain : fortes charges (de l'ordre de 17 tonnes), véhicule lent, arrêts fréquents, mauvaise ventilation des organes de freinage, nécessité d'un freinage doux et progressif (voyageurs debout), recherche d'une usure réduite...

Cette étude a été confiée à Renault Véhicules Industriels qui devait procéder à une analyse exhaus-



Fig. 15 : Prototype Transbus (Rohr) : Double essieu avant directeur (USA 1975).

sive et aux essais de différentes solutions :

- les freins à tambour étaient inacceptables en raison de l'élévation de température à proximité du talon des pneumatiques (risques d'éclatement) ;
- les freins monodisques se sont révélés efficaces au point de vue performances mais, en raison d'une ventilation insuffisante, l'usure des organes de frottement était beaucoup trop rapide ;
- les freins à double disque ont donné satisfaction au point de vue des performances et de l'équilibre général ; leur résistance à l'usure était nettement améliorée par un ralentisseur sur transmission ;
- les disques multiples fonctionnant dans l'huile se sont révélés, dans l'état actuel de la technique, incompatibles avec la douceur d'arrêt requise d'un véhicule de transport urbain, en raison de variations erratiques et brusques des coefficients de frottement ; d'autres contraintes sont apparues dans la qualité des huiles à utiliser et dans la nécessité de prévoir une circulation forcée et un refroidissement de l'huile.

C'est donc, en définitive, le frein à double disque, avec ralentisseur

sur transmission, qui semble le mieux adapté à l'autobus futur urbain équipé de roues de 19,5".

Train avant Direction

Roues avant indépendantes ou essieu rigide surbaissé, les deux dispositions sont également réalisables, en s'attachant à maintenir la plus grande largeur possible du couloir de circulation entre les tambours de roues avant.

Quant à la direction, la faible hauteur du plancher incite à adopter une direction à crémaillère.

Structure

Réduire de 100 à 200 mm à l'avant — et beaucoup plus à l'arrière — la hauteur du soubassement d'un autobus rend bien aléatoire la réalisation d'un treillis suffisamment rigide. On se trouve conduit, par la force des choses (et par les lois de la résistance des matériaux) à des structures autoportantes faisant participer le châssis, toute l'ossature et les faces latérales à la raideur de l'ensemble en flexion et torsion et invitant à la recherche de techniques nouvelles appropriées. L'augmentation de la hauteur des baies n'est pas faite pour améliorer la situation.

Le développement du projet

Les pouvoirs publics et l'UTPUR ayant fait connaître, en juin 1979, leur préférence pour le projet « R 300 » modifié en fonction des spécifications définitives, RVI procéda, au cours du deuxième semestre 1979, à une étude approfondie de ce nouveau projet qui avait déjà été examiné par le groupe projet sous la désignation de « GP 10 » (illustration n° 16), au début de 1979.

Au terme de ces travaux, menés en étroite liaison avec l'UTPUR et le groupe projet autobus futur, RVI



Fig. 16 : Étude de style du GP 10 (groupe projet 1979).

était en mesure, début 1980, de présenter le « R 312 » qui a fait l'objet d'un article dans la Revue de l'UTPUR (n° 771 d'avril 1980). Sans entrer dans les détails, il suffit donc de rappeler quelques-unes des caractéristiques principales :

- plancher plan sur toute la longueur du véhicule, à 560 mm du sol, avec possibilité de plate-forme arrière;
- moteur vertical Renault MID (ou MIDS) 620 - 45 disposé transversalement à l'arrière, dans un compartiment séparé de l'habitacle voyageur et largement accessible par l'arrière (illustration n° 17);
- transmission automatique à ralentisseur hydraulique incorporé accolée au moteur; renvoi de mouvement de la sortie de boîte au pont;
- pont arrière rigide, porteur, à triple réduction, et roues jumelées;
- essieu avant rigide et direction hydraulique à crémaillère montée sur l'essieu;
- suspension pneumatique intégrale (2 coussins à l'avant, 4 à l'arrière);
- roues à jante creuse de 19,5" et pneumatiques du type 11,75/65 R 19,5;
- freins à double disque sur les quatre roues.

Différentes études de style ont été présentées par RVI (illustration n° 18), mais il n'est pas actuellement possible de préjuger des solutions définitivement retenues, le

traitement du volume arrière présentant quelques difficultés.

Parallèlement, RVI se livrait à une première approche du prix de revient prévisionnel du « R 312 » qui est directement fonction, en première analyse, du procédé d'industrialisation. Comme celui-ci dépend de la cadence et du volume de production d'une part, et comme il conditionne partiellement, d'autre part, la conception de la structure,

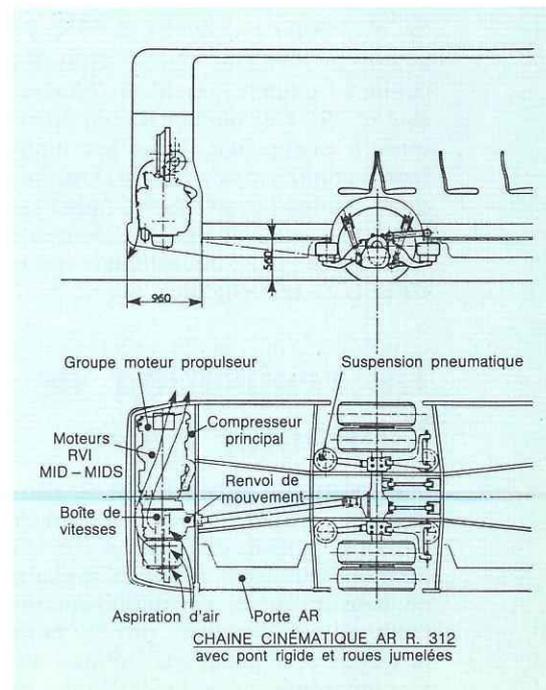


Fig. 17 : Partie arrière du R 312.

on conçoit que RVI ait été obligé de se livrer à certaines hypothèses qui engagent non seulement sa responsabilité, mais aussi celle des exploitants.

En définitive, RVI a retenu le découpage de la structure en six éléments : soubassement, faces



Fig. 18 : Quatre études de style du R 312 (RVI 1979).

avant et arrière, faces latérales droite et gauche, pavillon (*illustration n° 19*). Ces éléments sont fabriqués à poste fixe, dans les meilleures conditions de travail, entièrement équipés et protégés, puis l'assemblage général des six éléments est prévu par boulonnage pour constituer le véhicule.

La réalisation de l'autobus futur

A partir du moment où le programme « autobus futur » entrait dans sa phase de réalisation (fin du premier trimestre 1980) la mission de conception et de définition incombant au groupe projet était terminée et le groupe a été dissous. Le constructeur a alors entièrement pris à sa charge la responsabilité des

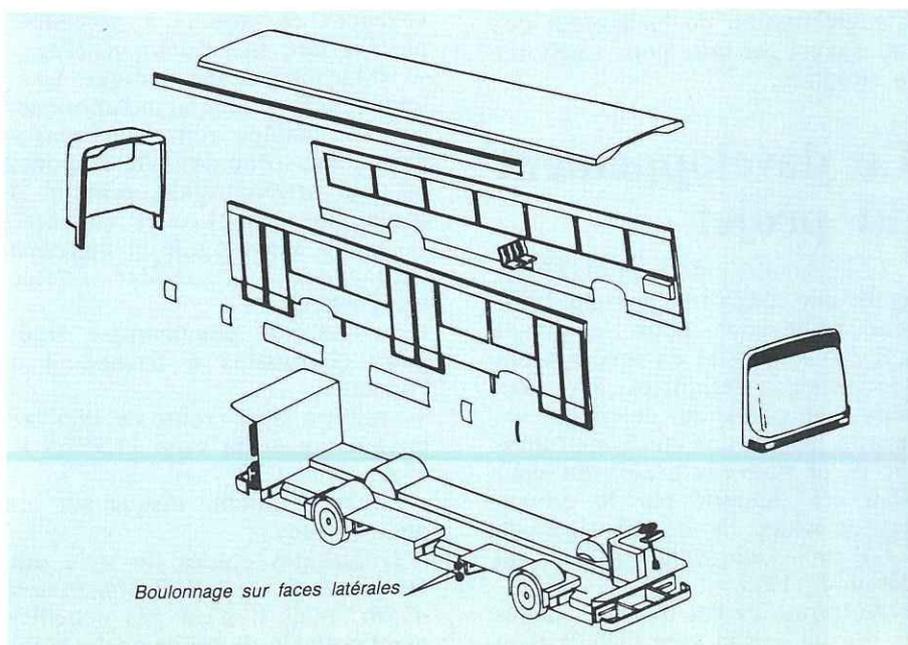


Fig. 19 : Découpage de la structure du R 312.

études et de la réalisation du produit, tout en maintenant, sous une forme encore plus étroite, la coopération avec la profession. C'est ainsi que des groupes de travail spécialisés dans les domaines du marketing, de l'exploitation, de la maintenance et de l'ergonomie ont collaboré au développement du projet, en examinant les plans et notices établis par le constructeur et en proposant les modifications qu'ils estimaient nécessaires.

Par ailleurs, les liens avec les collectivités locales — quelque peu distendus au fil des ans — ont été resserrés, grâce notamment à l'action du GART (Groupement des Autorités responsables des Transports).

Ainsi se trouve effectivement réalisée, dans sa conception initiale, l'association « Constructeur, Élus et Transporteurs », chargée de suivre la réalisation du programme jusqu'à la commercialisation de l'autobus futur.

Conclusion

Ce n'est pas du constat des progrès technologiques que découle la réalisation d'une nouvelle génération d'autobus mais, essentiellement, de l'apparition d'exigences nouvelles pour un meilleur cadre de vie et un transport public de bonne qualité. L'innovation n'est donc pas recherchée systématiquement mais s'impose seulement lorsqu'elle est indispensable à la satisfaction d'impératifs fonctionnels, sans perdre de vue ses incidences sur la fiabilité et les coûts, et sans proscrire pour autant de porter intérêt aux recherches susceptibles d'améliorations à terme (transmissions, motorisation, nuisances, économies d'énergie, etc.).

Conçus sur ces données apparemment simples, les prochains autobus seront la résultante des travaux des exploitants, des constructeurs, des élus et des chercheurs, coopération multi-partite parfois rugueuse —

lorsque s'élargit la marge qui sépare les espérances des réalités — mais en définitive efficace, car placée sous l'autorité courtoisement tenace des pouvoirs publics.

Favorable à l'établissement d'un consensus sur la définition du produit, cette pluralité des participants a, peut-être, semblé apporter une certaine lourdeur dans le déroulement du programme, mais il convient de ne pas oublier que leurs décisions engageaient l'avenir de l'autobus français pour une génération (sans rappeler l'exemple des autobus « TN », il suffit de noter que le matériel « SC 10 », dit « Standard », apparu en 1965, roulera encore en 1995).

Conscients que l'autobus de 1985 sera encore en service en 2010, on conçoit qu'ils aient pris le temps de la réflexion et qu'ils se soient engagés avec prudence sur les chemins de l'innovation qui ne sont pas toujours bordés de roses. ■

Postface

Outre les études de fond qui viennent d'être exposées et portent essentiellement sur le véhicule « Standard », le projet « autobus futur » est complété par :

- des études liées au développement de la gamme (R 312 court, R 312 articulé, motorisations thermique, électrique, bimode...);
- des études associées, telles AUROCH (transmission à division de puissance) et COREBUS (optimisation de la chaîne cinématique et réduction de la consommation d'énergie des auxiliaires).

Le programme de développement, en cours de réalisation, comprend la fabrication :

- de quatre prototypes destinés à des essais qualitatifs d'endurance, de destruction (1982 à 1984);
- de dix autobus de confirmation (probatoires) qui seront testés en exploitation à la RATP et dans des villes de province (en 1984), les enseignements recueillis devant être pris en compte dans la définition de la série;
- de dix véhicules de présérie, mis en chaîne en 1985;
- des véhicules de série, mis en chaîne à partir de 1986.

Actuellement, en juin 1983 :

- trois des quatre prototypes ont été réalisés et la remise à niveau technique

du deuxième prototype, après essais destructifs, est en voie d'achèvement ;

- les études relatives à la série de confirmation sont en cours, les chapitres « électricité », « pneumatique » et « hydraulique » étant traités par la Division des études du service du matériel roulant (RT) du réseau routier de la RATP.

Enfin, il a été décidé de confier au Service de l'atelier central (RA) de la RATP, la réalisation des circuits électrique, pneumatique et hydraulique, ainsi que les habillages extérieur et intérieur des dix véhicules probatoires.

LA RELANCE DE LA RECHERCHE A LA RATP

Un précédent numéro de notre revue (juillet-août-septembre 1982) a consacré une place importante à la Recherche. Il annonçait qu'un point ultérieur serait fait sur le processus de relance qu'a engagé à cet égard la RATP, dans le cadre de la nouvelle dynamique impulsée par les pouvoirs publics et qui, déjà, a conduit au succès des assises régionales et du colloque national comme à la mise en œuvre de la loi d'orientation et de programmation sur la recherche et le développement technologique.

Dans le domaine qui nous concerne plus spécifiquement, une Commission présidée par Jean Lagasse, Directeur des Affaires scientifiques et techniques à la Régie Renault, a été chargée, en juillet 1982, conjointement par le Ministre des transports et par le Ministre de la recherche et de l'industrie, d'étudier et de proposer *un programme prioritaire sur la recherche dans les transports terrestres*. Nous présenterons dans un prochain numéro les résultats de cette mission dont le rapport a été remis au début de 1983.

A la RATP, le processus de relance a été marqué, notamment, par l'organisation en mai 1982 d'un séminaire interne sur la recherche. A partir d'un diagnostic précis de la situation, il a permis de dégager un certain nombre d'orientations pour le développement de la recherche dans notre entreprise. Si la recherche est un facteur déterminant de la survie des

entreprises du secteur industriel, elle est aussi *nécessaire à l'essor d'un service public de transport* (il convient de relire, pour s'en convaincre, l'article de Monsieur Guieysse dans le numéro de notre revue mentionné ci-dessus). Les principaux enjeux sont les suivants :

- réussir la nouvelle phase d'extension et de modernisation de nos réseaux et de notre entreprise ;
- maintenir, voire accroître, la compétitivité internationale de l'ingénierie française dans le domaine des transports en commun et sa contribution à la relance de l'industrie ;
- préparer le futur dans une

perspective d'acceptation des ruptures susceptibles d'intervenir tant dans le secteur technique que dans les domaines économique, social et culturel.

Pour mener à bien cette nouvelle stratégie de recherche, exposée dans le plan d'entreprise, quelques axes généraux ont été dégagés :

- développer la recherche amont et les réflexions prospectives ;
- élargir le champ de la recherche, à dominante technique, aux domaines socio-économique, social et organisationnel ;
- faire que la recherche devienne une préoccupation de

Le projet « Réseau 2000 »

Pour donner corps à ce projet, né au séminaire de mai 1982, deux groupes de travail interdirections ont été constitués : le groupe QUOI qui avait pour tâche d'en mieux cerner le contenu et d'en poser les premières bases conceptuelles ; le groupe COMMENT qui avait pour mission d'en définir les modalités d'organisation et de permettre l'initialisation du processus.

Un rapport d'étape a été rédigé : il présente la synthèse argumentée de tous les travaux réalisés sur RÉSEAU 2000 avant le lancement effectif du projet.

Ce rapport présente une réelle difficulté de lecture.

Il faut en convenir : RÉSEAU 2000 est un projet de recherche qui ne peut prétendre mobiliser tout de suite l'ensemble de l'entreprise.

L'effort conceptuel qu'il opère, le langage qu'il utilise, l'importance qu'il accorde aux sciences de l'homme et de la société, peuvent paraître un peu déconcertants à bon nombre d'agents de la RATP. Il s'agit néanmoins d'un parti pris assumé par les responsables du projet qui le jugent nécessaire à l'heure où la prise en compte des seuls aspects techniques est insuffisante pour appréhender des systèmes de plus en plus complexes dans un environnement de plus en plus incertain.

Toutefois, ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont déjà travaillé sur le projet ont peu à peu ressenti une motivation assez vive.

Lorsque le langage sera devenu plus familier et que les premiers outils forgés par RÉSEAU 2000 auront fait la preuve de leur efficacité, il pourra alors mobiliser largement les énergies par l'ambition qu'il affiche pour notre entreprise et la possibilité qu'il offre à chacun d'y situer son action.

Comme il s'agit d'un projet important dans lequel la RATP s'engage avec résolution, une information nous semble devoir être donnée dès maintenant aux lecteurs de notre revue.

Cependant, pour ne pas imposer un effort de lecture trop ardu, nous ne publions dans ce numéro que quelques extraits du rapport de synthèse. Ils concernent les objectifs du projet, sa genèse, les principes d'organisation choisis pour sa conduite. Sur le contenu proprement dit, seuls quelques éléments sont fournis : sur la notion de réseau et sur l'horizon 2000. Dans les prochains numéros, nous irons plus loin.

Mais, d'ores et déjà, c'est à une lecture active et à un travail effectif que nous invitons ceux qui souhaiteraient en savoir davantage.

Sur simple demande adressée au SCRIB (1), ils recevront le rapport complet (18 pages). Davantage : les responsables du projet et, en particulier, le groupe pilote RÉSEAU 2000 (2), se tiennent à leur disposition pour leur apporter toutes explications et informations complémentaires et recueillir leurs avis et suggestions.

LE PROJET DE RECHERCHE « RÉSEAU 2000 »

par Édith Heurgon et Jean-Pierre Ragueneau,
Secrétariat de la Commission de la Recherche (SCRIB)

« ... L'avenir se conquiert
à la force des questions
qu'on lui pose. » (F. Nietzsche)

l'ensemble de l'entreprise et, ainsi, obtenir une meilleure motivation des chercheurs et une plus grande efficacité de leur action ;

- accroître l'ouverture vers l'extérieur et, notamment, vers les universités, les laboratoires de recherche et l'industrie ;
- concevoir un système de pilotage dynamique qui, sans être trop contraignant pour les divers partenaires, permette la mise en œuvre effective de la stratégie de recherche ;
- mieux articuler les actions de recherche aux stratégies de l'entreprise, en particulier par une élaboration plus concertée du plan de recherche et développement ;
- développer les expérimentations en vraie grandeur dans tous les domaines (notamment dans le domaine de l'exploitation et le secteur social) ;
- inscrire la stratégie de recherche de la RATP dans le cadre des objectifs nationaux et régionaux et, à cet égard, répondre aux sollicitations qui nous sont faites.

Pour atteindre ces objectifs, un certain nombre d'actions ont d'ores et déjà été entreprises qui pourront faire, à mesure de leur progression, l'objet d'articles dans notre revue. L'une de ces actions concerne le lancement, au début de 1983, du projet de recherche à long terme « Réseau 2000 » qui fait l'objet de l'encadré n° 1 ci-contre et de la présentation suivante.

LE projet RÉSEAU 2000 constitue l'une des réponses que la RATP, entreprise nationale, apporte au souhait, formulé par le gouvernement, d'une relance de la recherche. Il représente une part de l'effort que celle-ci entend consacrer à la préparation de son avenir à long terme.

Ce projet s'inscrit pleinement dans la nouvelle stratégie de recherche, spécifiée dans le plan d'entreprise 1983-1987, et qui, notamment, s'attache à :

- développer une recherche réellement prospective.

Investigation méthodique du futur, la prospective ne saurait être féconde que si elle s'accomplit avec une pleine disponibilité d'esprit. Distincte de la prévision, elle envisage l'avenir sous ses multiples aspects, établit des conjectures, construit des scénarios. Adoptant volontiers une perspective historique, elle suppose que l'on se libère des catégories qui conditionnent l'actuelle vision des choses, mais que l'avenir ne saurait plus accepter ;

- effectuer une recherche en termes de système global, nécessaire pour toute organisation des transports et, en particulier, en articuler, en les rééquilibrant, les diverses composantes :

- la composante technique qui, en fonction des possibilités de la technologie, s'efforce de concevoir, de réaliser et d'entretenir

des matériels et des installations sans cesse perfectionnés ;

- la composante socio-économique qui, d'une part, évalue les marchés potentiels, étudie les comportements, tend à discerner les évolutions significatives des mentalités et, d'autre part, cherche à appréhender les coûts et à mesurer les impacts avec des outils toujours plus élaborés ;

- la composante sociale qui, par une attention soutenue portée aux hommes et aux relations sociales, cherche à assurer dans les situations de travail l'épanouissement des aptitudes individuelles et la synergie des fonctionnements de groupe ;

- la composante organisationnelle qui, en facilitant l'évolution des structures et en assurant la qualité des interfaces, permet la gestion dynamique des processus de changement ;

- témoigner dans la réalisation de la recherche d'un souci d'ouverture et de pluralité, tant par une participation des services à l'intérieur de l'entreprise et une sollicitation des compétences externes, que par une coopération étroite avec les divers partenaires politiques, économiques et sociaux (élus, usagers, industriels, personnel, etc.).

Dans cette optique, le projet RÉSEAU 2000 vise un double objectif :

- premièrement, construire les

bases, intellectuelles et matérielles, permettant la conception et la mise en œuvre d'un système novateur et adapté aux exigences de la région d'Ile-de-France au début du XXI^e siècle (*).

— deuxièmement, offrir des perspectives de recherches aptes à mobiliser, au cours des années, les énergies vers le progrès et à favoriser les échanges interdisciplinaires à l'intérieur comme à l'extérieur de l'entreprise.

L'atteinte du premier objectif est donc fondée, pour l'essentiel, sur la *qualité du résultat* : c'est ainsi le contenu du projet qui importe. La satisfaction du second objectif tient davantage à la *nature du processus de travail* : c'est ainsi la *forme* qui est capitale.

Il apparaît donc que le projet RÉSEAU 2000 est bipolaire : il accorde autant d'importance au mode de production qu'au produit lui-même.

(*) C'est volontairement que le projet RÉSEAU 2000 se limite à la région d'Ile-de-France. En effet, l'organisation des transports doit tenir compte des facteurs spécifiques du contexte (institutionnel, économique, social...) dans lesquels ils s'insèrent comme des perspectives d'évolution qui leur sont propres.

Toutefois, le projet RÉSEAU 2000 aura le souci constant de mettre ses résultats et les sous-produits de ses travaux à la disposition du plus grand nombre, pour le développement des réseaux parisiens et pour la coopération technique.

Pourquoi le projet « Réseau 2000 » ?

Face à un environnement évolutif dans lequel les acteurs sont de plus en plus nombreux, ce projet vise à permettre à la RATP de se faire reconnaître comme *interlocuteur qualifié*, par les pouvoirs publics, dans le cadre de la réforme régionale et de la décentralisation.

En outre, puisque la RATP est une *importante collectivité humaine*, le projet RÉSEAU 2000 enrichit non seulement les perspectives de l'entreprise (sa culture et sa communication internes étant accrues par un travail pluridisciplinaire), mais encore l'avenir de son personnel (ses capacités étant développées et ses compétences diversifiées).

Certains pourraient cependant se poser la question suivante : est-ce bien à la RATP, entreprise chargée de l'exploitation quotidienne des réseaux de transport en commun de l'agglomération parisienne, de lancer et de piloter un tel projet de recherche à long terme ?

Il nous semble que l'on peut répondre affirmativement à cette question, dès lors que la RATP sait adopter une attitude d'ouverture apte à catalyser les idées émanant d'horizons très divers et à concevoir son action, régionale et nationale, en dépassant son seul point de vue de transporteur.

En effet, c'est dans cette entreprise qu'est apparue d'abord la nécessité d'une telle démarche visant à renouveler d'une certaine façon nos modèles culturels. Or, on le dit souvent : un problème correctement posé est déjà, pour une part, résolu.

Par ailleurs, la RATP dispose d'atouts sérieux pour conduire cette recherche : d'une part, par la qualité de ses travaux, elle a déjà acquis à l'extérieur, dans le domaine de la socio-économie, la réputation d'un organisme qui a une vue prospective sur les transports ; d'autre part, elle réunit en son sein des compétences variées, toutes nécessaires à l'élaboration et à la mise en œuvre

de ce produit global que veut être le « réseau 2000 » ; enfin, elle en donne la preuve en concevant au travers de sa filiale SOFRETU des systèmes ou des sous-systèmes de transport en commun pour d'autres villes, en province ou à l'étranger, à leur demande.

Genèse du projet de recherche « Réseau 2000 »

Le projet RÉSEAU 2000 est né lors du séminaire interne que la RATP a consacré à la relance de la recherche au mois de mai 1982.

Une origine peut en être vue dans le projet « métro 2000 », lancé quelque temps plus tôt par la Direction du réseau ferré pour concevoir le matériel roulant de la fin du siècle. Les responsables de ce projet, procédant à une analyse de la valeur, ont été rapidement conduits à sortir du champ technique pour s'interroger sur les sous-systèmes en interaction avec le « train 2000 » et, notamment, sur le système d'exploitation, sur les modalités de gestion du personnel et d'entretien des matériels, sur la conception des stations, sur les relations avec les voyageurs, etc.

On conçoit alors comment les participants au séminaire, venus de toutes les directions de l'entreprise et aspirant à définir une stratégie de recherche qui, d'une part, ne privilégierait plus la composante technique et qui, d'autre part, s'ouvrirait davantage aux questions se situant en amont du système de transport, ont dépassé le cadre du métro pour proposer... RÉSEAU 2000.

A ce stade, donc, ces deux termes : RÉSEAU 2000, bientôt assortis du commentaire suivant :

« Ce projet, pluridisciplinaire et transversal à toute l'entreprise, suppose que le « réseau 2000 » sera très différent des réseaux 1982, en raison des diverses mutations qui peuvent intervenir.

Au-delà des aspects relatifs aux offres possibles en matière de système de transport (modes ac-

tuels et nouveaux, et leur intégration), ce projet vise à articuler et à coordonner, d'une part l'ensemble des réflexions « amont » sur la connaissance de l'environnement et des demandes, d'autre part la totalité des études « aval » sur la commercialisation des offres et la gestion des ressources, c'est-à-dire qu'il inclut notamment les problèmes de la « station 2000 », du « dépôt 2000 » et de l'« atelier 2000 » (Plan d'entreprise 1983-1987.) »

Avant de lancer effectivement la recherche, il convenait, d'une part, d'en mieux cerner le contenu et d'en tracer les premières bases conceptuelles et, d'autre part, d'initialiser le processus de travail pluridisciplinaire et de définir des modalités d'organisation du projet. A ces fins, deux groupes de travail exploratoires ont été constitués : le groupe QUOI et le groupe COMMENT. Ils ont bénéficié de l'assistance méthodologique de Pierre de Boisanger (EUREQUIP).

RÉSEAU 2000, c'est :

- ▶ Un ensemble d'**acteurs** (les organisateurs, les exploitants, les usagers...),
 - ▶ réalisant diverses **transactions** liées à la fonction **circulation** (transport et stationnement de personnes, d'objets, d'informations, services et commerces divers, spectacles et jeux...),
 - ▶ selon certaines **modalités d'organisation** assurant une grande flexibilité du système,
 - ▶ à l'aide de **supports matériels** variés (voirie, véhicules, techniques de communication...)
- En **interaction** avec **un milieu et ses acteurs** : la région d'Ile-de-France du début du **xxi^e** siècle, en constante évolution.

La notion de réseau

Il y a maintenant dix ans, tandis qu'elle réalisait son premier plan d'entreprise, la RATP avait engagé une réflexion de fond sur la notion de réseau avec l'aide du sociologue Raymond Fichelet. Des résultats intéressants avaient été obtenus qui ont sûrement influencé notre façon de concevoir le développement de l'offre de transport en termes de réseau, comme :

« Un ensemble de communications maillé, interconnecté, en site propre, lisible, connu, fiable, prenant en charge le voyageur, permettant des déplacements flexibles avec un minimum de ruptures de charge, appartenant à un système de transports collectifs, conduisant par la prévision et le contrôle de la durée et de l'espace du déplacement à une appropriation de l'espace urbain ».

Il a semblé au groupe QUOI qu'il convenait de pousser plus loin cette réflexion et, s'agissant d'un projet prospectif, de se dégager, sans doute provisoirement, des termes qui spécifient couramment un réseau de transport en commun : ceux d'autobus et de métro, de station et de point d'arrêt, et qui mettent l'accent davantage sur le matériel que sur les acteurs ou les modes d'organisation.

Ce qu'il est advenu, c'est alors, plus généralement, la définition d'un réseau comme *système d'échanges* : d'une part, des échanges internes (des *transactions*) entre divers *acteurs* (les membres du réseau), transactions régies par des *modalités d'organisation* (des règles, des usages...) et permises par des *supports matériels* (des lignes, des branchements...);

d'autre part, des *échanges externes* entre le réseau et le milieu avec lequel il est en interaction et qui lui-même évolue et est structuré par une organisation sociale, temporelle et spatiale (voir l'encadré n° 2 ci-dessus).

Plusieurs illustrations de cette définition peuvent être fournies et nous invitons le lecteur à imiter le groupe QUOI et à tester cette grille sur un réseau d'espionnage ou un club sportif. Prenons l'exemple de l'association des anciens élèves d'une grande école. Les acteurs du réseau sont les membres de l'association. Ils y sont admis dès lors qu'ils sont d'anciens scolarisés de l'institution et qu'ils payent leur cotisation. Les transactions internes y sont variées : aide à la recherche d'un emploi ou à l'exécution de divers travaux, échanges d'informations, maintien d'un statut social, etc. Les modalités d'organisation sont les réunions, repas, voyages, qui permettent, ici ou là, de resserrer les liens. Les supports matériels qui facilitent ces échanges sont certes l'annuaire ou le journal de l'association, mais aussi son secrétariat et les divers équipements dont il dispose. Les échanges de l'association avec le milieu sont institutionnels et financiers (elle reçoit des subventions), scientifiques et culturels (elle organise des manifestations).

L'horizon 2000

2000, dans la perspective du projet de recherche, c'est une date-jalon qu'il convient de considérer non pas comme une butée mais comme une étape, vers 2050 par exemple. Pour une institution stable comme la RATP, c'est un horizon

qui doit permettre, dépassant certains blocages actuels, de poser autrement diverses questions d'importance. Il ne s'agit pas d'offrir une perspective utopique, apte à faire oublier une actualité difficile par l'illusion de demains enchanteurs, mais, dès aujourd'hui, de lancer un processus de travail dont les retombées à court et moyen terme sont à prendre en compte pour l'action.

La réflexion sur l'horizon 2000 s'est articulée autour de deux axes :

- le premier a posé quelques points de repères quantitatifs sur les caractéristiques urbaines de la région et sur les évolutions possibles des déplacements. Il en ressort une stabilité globale de la population et des emplois, avec de probables redistributions conduisant à une décroissance dans Paris et la proche couronne et à une légère croissance en moyenne et lointaine banlieue. Quant au volume des déplacements, il tendrait à évoluer globalement assez peu, mais il se répartirait autrement, surtout en banlieue, où la part des déplacements « obligés » pourrait se réduire et celle des déplacements « non obligés » s'accroître ;
- le second axe de réflexion s'est attaché davantage aux évolutions à caractère plus qualitatif qui sont susceptibles d'affecter, au cours des vingt prochaines années, les comportements individuels, les formes d'organisation sociale, les valeurs culturelles.

Ces deux axes de réflexion concordent largement sur le fait que les évolutions prévisibles sont plus qualitatives que quantitatives. Les principaux facteurs de changement sont, d'une part, « l'explosion électronique » qui devrait affecter la vie à la maison, à l'atelier, au bureau..., et, d'autre part, l'apparition d'exigences de vie sociale accrues. Il en résultera sans doute, premièrement de nouvelles formes d'organisation, notamment dans le domaine de la production, impliquant des modifications dans les relations au travail, deuxièmement de nouvelles modalités de gestion du temps et de l'espace qui pour-

raient transformer en profondeur le système de circulation de la région d'Ile-de-France.

Ces transformations constituent pour la RATP une menace réelle car, à se développer toujours selon la même logique, ses réseaux et ses « produits » risquent de rencontrer à terme bien des difficultés pour appréhender et satisfaire des demandes toujours plus étendues dans le temps (les heures creuses, le week-end) et dans l'espace (les zones moins denses) et plus diversifiées dans la forme même des prestations qu'elles supposent.

Enfin, la proximité d'une évolution institutionnelle des transports en commun dans la région d'Ile-de-France conduit à un certain nombre d'interrogations pour notre entreprise dont les réponses seront évidemment à prendre en compte au fur et à mesure de leur concrétisation.

Les modalités d'organisation du projet « Réseau 2000 »

Six principes caractérisent les modalités d'organisation du projet de recherche.

- *Le projet Réseau 2000 est transversal à l'entreprise.*

RÉSEAU 2000 n'est l'apanage d'aucune des directions ou services de l'entreprise. Chacun doit y *contribuer* en fonction de ses compétences propres et les différents métiers de planificateur, de commercial, d'exploitant, de technicien, de gestionnaire, etc., doivent être sollicités pour réaliser ce *produit global*.

Dans cette perspective, seront mis en place divers Groupes de Travail Transversaux, chargés de thèmes ne relevant pas de la stricte compétence de tel ou tel service.

- *Le projet Réseau 2000 est pluridisciplinaire et ouvert.*

L'ampleur même du projet, son caractère systémique et prospectif, montrent clairement que, loin d'être le fait d'une discipline unique, il doit solliciter en permanence *les domaines les plus étendus de la connaissance*.

C'est dire qu'il conviendra, au sein de l'entreprise, de réunir des chercheurs de formation et de sensibilité variées, mais aussi de *faire appel, très largement, aux compétences externes* qu'elles viennent des universités et des laboratoires de recherche, des entreprises et administrations, du monde de la culture et des arts.

- *Le projet Réseau 2000 prend en compte les points de vue des différents partenaires.*

Au-delà de la pluridisciplinarité qui réfère aux divers champs du savoir, il convient d'appréhender les différents points de vue induits par des systèmes de valeurs et des pratiques sociales distinctes s'agissant de l'organisation des transports (ceux des voyageurs, des riverains, du personnel, des transporteurs,

LE GROUPE PILOTE RÉSEAU 2000

	Spécialité	Téléphone
Jean DEKINDT (GC)	Sociologie	634.77.90
Françoise PETAPERMAL (SE)	Mathématiques - Informatique	304.98.89 - 95.67
François-Xavier NONNEMMACHER (EB)	Histoire - Problèmes financiers	(346) 43.06
Michel OUSTRIC (TT)	Ingénieur - Ergonomie	(346) 36.94 ou 30.34
René DARFEL (FC)	Ingénieur - Exploitant	(371.11.90) 15.10
Claudine RAISON (GS)	Technicienne - Études stratégiques	742.17.87 ou 17.88 ou 17.89
Anne ROUSSEL (PF)	Sociologie - Gestion du personnel	(346) 35.25
Georges AMAR (RC)	Ingénieur - Exploitant	(257) 59.14
André PENY (NT)	Architecture	805.89.29 - 329
Jean-Pierre RAGUENEAU (D/A, SCRIB)	Ingénieur - Économie	(257) 57.74

des industriels, des pouvoirs publics, etc.). Ces divers points de vue devront faire l'objet de confrontations approfondies.

● *Le projet Réseau 2000 est décentralisé.*

Comme les activités de recherche sont décentralisées à la RATP, RÉSEAU 2000 s'inscrit dans cette organisation générale qui donne satisfaction en ce qu'elle associe étroitement les exploitants et les chercheurs d'un côté, les ingénieurs travaillant sur la région parisienne et les experts internationaux d'un autre côté.

C'est dire qu'une large part des travaux de RÉSEAU 2000 s'accomplira *au sein même des services*, dans la mesure de leurs compétences et de leurs possibilités.

● *Le projet Réseau 2000 est coordonné.*

A cet égard, le groupe COMMENT a proposé une double structure : un groupe pilote, un comité directeur.

Au lieu de désigner un chef de projet doté de compétences et d'aptitudes sans doute difficiles à réunir en une même personne, la formule d'un *groupe pilote* semble correspondre davantage à l'esprit de RÉSEAU 2000.

Collectif composé de dix membres (voir l'encadré n° 3 ci-dessus), apportant les sensibilités différentes des diverses directions de l'entreprise auxquelles ils appartiennent, le groupe pilote a une triple tâche :

— la définition progressive du contenu ;

— le pilotage du projet ;
— sa promotion dans l'entreprise par une lente imprégnation des esprits et le souci de faire profiter le plus grand nombre des outils et des résultats obtenus en cours de route par RÉSEAU 2000.

Le *comité directeur*, présidé par le Directeur général adjoint, comprend un membre du personnel dirigeant de chaque direction ou service, *responsable de la contribution de sa direction ou de son service au projet Réseau 2000*, les chargés de missions Plan et Recherche et un conseiller scientifique.

Le comité directeur a un quadruple rôle :

— sur propositions du groupe pilote, il décide des orientations relatives au contenu du projet ;
— il procède aux arbitrages relatifs aux moyens (humains, financiers, matériels, informationnels) et au contrôle des plannings ;
— il contribue à la promotion du projet à l'intérieur comme à l'extérieur de l'entreprise ;
— il stimule les motivations et les efforts des diverses équipes par la solidarité qu'il manifeste à l'égard des orientations retenues et par la volonté qu'il marque de voir aboutir le projet.

● *Le projet RÉSEAU 2000 est rythmé.*

Comme la question du temps est centrale dans le projet RÉSEAU 2000, il importe que le processus de travail présente *des phases bien définies, correspondant à des étapes réalistes* alliant des réflexions conceptuelles et des expérimentations et conduisant à la mise en

œuvre rapide de certains résultats.

Le projet de recherche RÉSEAU 2000 a effectivement été lancé en janvier 1983 et la première phase est en cours.

Les trois premiers mois ont été consacrés à la formation du groupe pilote, à l'élaboration d'un modèle permettant de conceptualiser les échanges de RÉSEAU 2000 et du milieu, et à l'établissement d'un plan de travail pour *la phase du projet qui s'étendra jusqu'à mai 1984* et dont l'objectif est une très large exploration des possibles.

La seconde phase, prévue de mai 1984 à juin 1985, devrait permettre la mise en cohérence des travaux précédents et conduire, éventuellement par l'élaboration de divers scénarios, à la préparation des premiers choix. ■

L'INFORMATION MINIMALE A RECUEILLIR EN SUIVI DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE

par **Pierre Cailliez**, *Inspecteur à la Direction
des systèmes d'information et de l'organisation.*

Dans le cadre des travaux de la Commission « Composants électroniques » visant à la définition d'une politique d'ensemble de la RATP en la matière, une réflexion a été menée sur les problèmes de suivi des composants. Il nous a semblé intéressant de présenter à nos lecteurs les conclusions de cette réflexion en publiant l'article ci-dessous rédigé par Monsieur Pierre Cailliez — Direction des systèmes d'information et de l'organisation — à partir de travaux auxquels ont également participé Madame Brigitte Curtz-Niego, Messieurs Claude Noé, Daniel Paulmier et Jean-Paul Richard pour la Direction des services techniques, Monsieur Bernard Julien pour la Direction des systèmes d'information et de l'organisation, Messieurs Alain Begu et Henri Verdier pour la Direction du réseau ferré et Monsieur Jean-Paul Trehoux pour la Direction du réseau routier. Cet article répertorie les différents besoins existant dans

l'entreprise, rappelle les variables usuelles de la fiabilité et de la disponibilité, et propose une structure pour le recueil de l'information indispensable. Un premier cas concret relatif au matériel roulant du métro est présenté brièvement à la fin de l'article. A titre d'illustration complémentaire mettant l'accent sur l'exploitation statistique des données recueillies, nous présenterons dans un prochain numéro un deuxième exemple concernant les études de fiabilité du pilotage automatique du métro.

Introduction

La pénétration à grande échelle de l'électronique dans le secteur des transports rend nécessaire la mise en place de politiques cohérentes pour la gestion de ces importants parcs d'équipements. Pour ce faire, il s'avère essentiel de connaître la réalité de leur fonctionnement sur le terrain, laquelle peut différer sensiblement des prévisions théoriques préalables à leur installation. Cette connaissance requiert la saisie de nombreuses informations, puis, la plupart du temps, leur enregistrement sur support magnétique permettant l'édition, par ordinateur, de statistiques adaptées aux besoins variés des utilisateurs.

L'objet du présent texte est de guider le concepteur d'un projet de suivi de matériel dans la phase de définition de l'ensemble des données à recueillir. Il vise à donner un cadre minimal évitant surtout l'oubli de certains relevés primordiaux. Ce travail résulte de la confrontation de l'expérience acquise par divers services de la RATP dans ce domaine, et concerne d'abord les équipements électroniques spécifiques de la fonction de transport public.

Cet exposé s'intéresse aux aspects techniques du contrôle de la fiabilité et de la disponibilité opérationnelles et n'en aborde pas les aspects économiques, lesquels exigent le recueil d'autres données servant, entre autres, à l'évaluation des coûts de maintenance. Il présente d'abord les besoins en la matière des différents secteurs de l'entreprise, puis évoque les difficultés d'une définition rigoureuse de variables essentielles de fiabilité et de disponibilité; il aborde ensuite la description de l'information minimale à collecter et cite quelques précautions à respecter lors de la mise en forme des bordereaux de saisie.

Les besoins des utilisateurs

Les trois variables principales à suivre, en matière de fiabilité et de disponibilité, sont le MTBF, le taux de défaillance (habituellement désigné par « λ ») et le MTTR.

En anglais, MTBF est le sigle de « mean time between failures », ce qui se traduit par « intervalle de temps moyen entre pannes »; en français, MTBF a une signification différente : « moyenne des temps de bon fonctionnement ».

Le taux de défaillance à l'instant t , $\lambda(t)$, est la probabilité conditionnelle d'arrivée d'une panne entre les instants t et $(t + dt)$, sachant que le système était en bon état au temps t (dans le cas où le taux de défaillance est constant, cas de la loi de survie exponentielle, λ est l'inverse de la moyenne des temps de bon fonctionnement, ou MTBF [*]).

Le sigle MTTR, lui, signifie « mean time to repair », en anglais, dont l'équivalent français est : « moyenne des temps pour les tâches de réparation ».

Ce chapitre énumère les besoins de l'entreprise dans ce domaine, secteur par secteur.

POUR LA FONCTION D'ÉTUDES

Les estimations prévisionnelles, nécessaires aux études prospectives sur des matériels futurs, requièrent la connaissance des éléments suivants :

— les valeurs observées des λ qui, à l'usage, se révèlent quelquefois différentes des valeurs théoriques;

— les valeurs globales, calculées sur plusieurs années, des MTBF et MTTR, pour les composants pris individuellement, pour les sous-ensembles et pour le système dans son ensemble (il faut distinguer les composants du commerce du matériel spécifique à l'entreprise);

— une estimation ponctuelle (par

exemple, sur deux mois) de l'évolution du MTBF.

La disponibilité, dont une définition précise sera proposée au chapitre suivant, peut être difficile à calculer à cause de la multiplicité des facteurs qui la composent; il faut néanmoins la chiffrer avec précision, notamment lors de la construction d'un nouveau système de transport; à cet égard les clauses des contrats à l'exportation de métaux sont de plus en plus contraignantes.

DANS LES SERVICES D'ENTRETIEN

Les objectifs sont :

— la suivi des opérations de maintenance, qui en permet le contrôle, et l'amélioration des méthodes de maintenance, pour laquelle il faut suivre l'évolution du MTTR, même s'il y a des difficultés à recueillir les informations correspondantes; à cet égard, il importe que le personnel chargé des réparations ne perçoive pas le recueil de données comme un moyen de contrôle inquisiteur; il est également indispensable pour que le personnel se sente motivé qu'il reçoive un retour d'information l'aidant dans sa tâche quotidienne, notamment par des outils graphiques et statistiques simples détaillant divers problèmes déjà rencontrés au cours de l'histoire du matériel;

— l'amélioration du matériel, réalisable par un suivi de l'évolution du MTBF pratique, de la nature des réparations effectuées et des modifications éventuelles, cette approche pouvant être complétée par une action au niveau des services d'études;

— la connaissance des relations avec les services connexes, grâce au suivi des messages qui leur sont adressés.

Il est souhaitable de définir différents niveaux dans la structuration des tâches de maintenance, et l'information minimale pour chaque niveau; le volume de cette information est variable, suivant que l'entreprise de transports réalise toute la maintenance, ou sous-traite une partie de celle-ci à des entreprises extérieures.

POUR LA FONCTION D'APPROVISIONNEMENT

Il s'agit de connaître les consommations; il faut alors identifier les fournisseurs de chaque type de composant si l'on veut, pour quelques-uns d'entre eux, déclencher des alertes telles que détection de mauvais lots de fabrication ou de la mauvaise qualité générale des produits de certaines marques; si la fonction d'approvisionnement inclut le contrôle de qualité, des informations sur les λ lui sont indispensables.

A LA COMMISSION « COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES »

Pour l'établissement de listes préférentielles permettant le choix prioritaire de certains composants ainsi que pour constituer un système d'alerte mettant en évidence l'apparition de mauvais produits à déconseiller, la Commission doit posséder les mesures des λ , avec leurs variations suivant les caractéristiques de l'environnement.

DANS LES SERVICES D'EXPLOITATION

Lorsqu'un incident survient sur un équipement, l'équipe de maintenance est alertée au moyen d'une « dépêche » (ou « signalement ») décrivant l'incident et son mode de résolution, le mode d'exploitation après la panne, et parfois l'état de quelques données techniques pouvant aider à localiser l'organe responsable; l'examen des dossiers d'incidents permet de chiffrer l'importance des perturbations causées à l'exploitation par les pannes du matériel.

(*) Avec l'acception française du sigle MTBF.

Problèmes de définition des variables essentielles de fiabilité et de disponibilité

Les acceptions anglaise et française du terme **MTBF** ne sont pas rigoureusement identiques; en effet, l'« *intervalle moyen entre pannes* » (traduction littérale de l'anglais) ne se superpose pas à la « *moyenne des temps de bon fonctionnement* ». Le **MTBF** a donc plusieurs définitions, selon qu'on y inclut ou non les *temps de maintenance* et selon, de plus, qu'on y inclut ou non les *temps de mise hors tension*; en pratique, les durées de mise sous tension sont difficilement mesurables, et il faut souvent se contenter du temps qui s'écoule entre mise en service et retrait d'un équipement.

Une fois définis l'ensemble des états de bon fonctionnement et l'ensemble des états de non-fonctionnement d'un système, on exprime fréquemment sa **disponibilité** par :

$$D = \frac{\text{durée totale de bon fonctionnement}}{\text{durée totale de bon fonctionnement} + \text{durée totale d'immobilisation}}$$

Il faut manier le concept de disponibilité avec prudence, car il a des acceptions différentes suivant les intéressés.

Ainsi, pour les *exploitants* du matériel, l'immobilisation représentée par le **MTTR** va de l'instant de la panne à l'instant où l'appareil défaillant est remplacé par tout appareil valide; en revanche, pour les *réparateurs*, le **MTTR** évalue la rapidité de la tâche qui est de leur responsabilité, c'est-à-dire la réparation proprement dite.

En fait, la *durée totale* où un appareil donné se trouve *hors service* se compose au minimum de *trois termes* :

- la durée séparant l'apparition de la panne du moment où l'équipe de maintenance peut intervenir sur l'équipement en cause; cette durée résulte :

- des délais de transmission entre l'exploitation et l'équipe de maintenance appropriée, d'où l'intérêt de limiter au maximum le nombre des intermédiaires;

- de la disponibilité des équipes de maintenance;

- de contraintes d'exploitation (pour le matériel monté sur une rame de métro, par exemple, il faut quelquefois attendre longtemps qu'une aire de stationnement se dégage pour que l'intervention soit possible);

- l'ensemble des durées de dépose, de transport éventuel à l'atelier de maintenance, et de stockage de l'appareil, avant et après réparation (ce terme dépend de nombreux paramètres, comme la disposition des lieux, la charge de travail des équipes de maintenance, l'importance des stocks de réserve...);

- la durée de la réparation proprement dite, qui dépend du poste de travail, de la documentation, de la qualification du personnel, des approvisionnements en pièces de rechange, etc.

Cet inventaire rapide atteste l'absolue nécessité, pour tous les intervenants dans un projet de suivi, de commencer par *établir un langage commun* entre eux.

Structure de l'information minimale

L'évaluation de ces variables de fiabilité et de disponibilité repose sur la connaissance d'un minimum de données que ce chapitre se propose d'énumérer. Il avance d'abord une description générale de la structure des matériels électroniques sur laquelle s'appuie l'organisation de la maintenance puis, par conséquent, la définition des informations à recueillir.

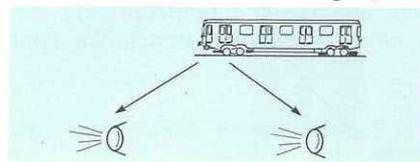
STRUCTURE DU MATÉRIEL

La présentation ci-dessous concerne un ensemble d'équipements électroniques assurant une *fonction* nettement délimitée. Pour donner une idée de la diversité de ces fonctions, la liste suivante inventorie celles auxquelles un conducteur de métro se trouve confronté; ce sont :

- la fonction énergie (surveillance de l'alimentation en haute tension du rail de traction);
- le pilotage automatique;
- la fonction de traction;
- la fonction de freinage;
- la signalisation;
- l'éclairage;
- la radiotéléphonie;
- la fermeture des portes;
- la climatisation (sur le matériel MF 77).

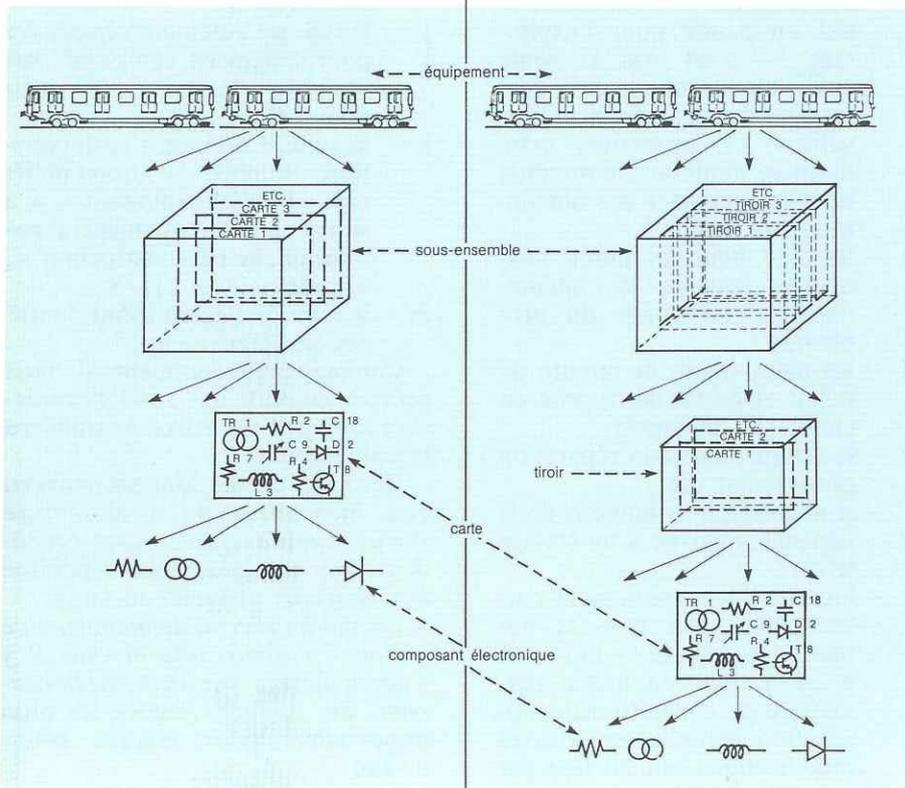
Un matériel électronique assurant une telle fonction est bien représenté par une décomposition en éléments de plus en plus fins emboîtés les uns dans les autres, ce qu'une *structure hiérarchisée* — communément appelée *arborescente* — décrit correctement. En voici trois illustrations relatives à des équipements embarqués à bord du métro :

Premier exemple : hiérarchie à un niveau (fonction « lanterne », pour l'éclairage externe; exemple emprunté au matériel électrique).



Deuxième exemple : hiérarchie à trois niveaux (cas des tiroirs débouchables du hacheur de courant, sur le matériel roulant MF 77; cas des équipements embarqués du pilotage automatique du métro, dans sa version classique).

Troisième exemple : hiérarchie à quatre niveaux (cas du pilotage automatique sur le matériel roulant MF 77; cas des équipements embarqués de la régulation freinage du matériel JHR sur matériels MF 67E et MF 67F et de la régulation moteur du matériel MI 79).



Comme le montrent ces exemples, le nombre de niveaux de la hiérarchie est très variable suivant les applications.

STRUCTURE DE LA MAINTENANCE

La complexité des équipements électroniques est généralement telle qu'elle rend impossible leur réparation complète sur le site après défaillance; cela amène à organiser la maintenance selon une structure hiérarchisée inspirée de la précédente, dans laquelle chaque niveau correspond à une opération de remise en état d'un élément du système; voici, par exemple, l'organisation retenue pour le second cas ci-dessus :

Premier niveau : « rendre l'équipement (c'est-à-dire le train) en état de marche à l'exploitant, par échange standard du sous-ensemble défectueux, lorsque c'est possible »;

Deuxième niveau : « remettre le sous-ensemble défectueux en état de marche, par remplacement de la (ou des) carte(s) électronique(s) mauvaise(s), lorsque c'est possible »;

Troisième niveau : « remettre en état les cartes défaillantes par action sur les composants, lorsque c'est possible ».

Le premier niveau se distingue des suivants en ce sens qu'il est le seul à intéresser l'exploitant en lui restituant la fonction momentanément interrompue; le découpage des autres niveaux constitue une affaire interne aux services de maintenance.

L'arborescence représentant le système de suivi n'est pas nécessairement identique à celle décrivant le matériel; elle peut avoir une « profondeur » (ou nombre de niveaux) inférieure; c'est le cas lorsque la maintenance se contente de procéder à des échanges standard des sous-ensembles, ceux-ci étant retournés au fabricant pour être réparés chez lui; c'est vrai également pour des sous-ensembles jetables, comme ceux moulés dans une résine époxy, sur lesquels les interventions de dépannage sont impossibles.

DÉFINITION DE L'INFORMATION MINIMALE

La « dépêche » (ou « signalement »)

La dépêche donne aux services de l'entretien les symptômes de l'avarie, vus de l'exploitant; elle comprend (voir exemple pages 29 et 30) :

- le numéro de l'équipement défectueux;
- les dates, heure et minute de l'incident;
- une variable relative au degré d'utilisation de l'équipement (par exemple la durée de mise sous tension, ou le kilométrage pour un véhicule);
- le lieu de l'incident;

- e – l'identification de la fonction concernée, quand elle est réalisable;
- f – un libellé simplifié (ou « descriptif fonctionnel ») de l'anomalie, complété, si possible, par des renseignements techniques;
- g – le mode de reprise de l'exploitation après l'incident (on peut citer, comme exemples de fonctionnements dégradés, la mise en rotation libre des tourniquets des contrôles d'entrée dans les stations de métro, ou « passage simulé », et la mise en conduite manuelle d'une rame de métro habituellement en pilotage automatique);
- h – le nom de l'agent ayant communiqué ces informations.

A ces rubriques codées, on adjoind une « zone libre » permettant à l'agent de s'exprimer à son gré s'il souhaite fournir des renseignements non prévus par la grille précédente.

Les informations de maintenance

Suivant l'organisation retenue dans les ateliers, les différents niveaux de réparations peuvent être réalisés en un ou plusieurs endroits différents, par la même personne ou par plusieurs d'entre elles; dans un souci de simplification, l'agencement des bordereaux de suivi doit refléter fidèlement cette organisation (il ne faut pas faire remplir plusieurs bordereaux à la même personne, sous prétexte que son travail porte sur plusieurs niveaux de la structure du matériel); en ce sens on peut admettre qu'un même niveau de maintenance peut comporter plusieurs sous-niveaux, dont chacun correspond à un niveau de subdivision du matériel.

Pour un niveau de maintenance

On se place dans le cas théorique où le niveau de maintenance concerne un niveau de la structure du matériel dont l'élément remplacé possède un numéro l'identifiant complètement (pour fixer les idées : une carte électronique d'un boîtier spécialisé); l'information minimale doit alors comprendre :

- a – des éléments de chaînage permettant la liaison avec le niveau de maintenance précédent (ou avec la « dépêche » venant de l'exploitant, pour le premier niveau);
- b – la référence du type de maintenance appliqué (la maintenance curative — sur un matériel en panne pour l'exploitant — n'est pas la seule envisageable; elle peut coexister avec des maintenances préventive et correctrice, cette dernière modifiant le matériel pour lui apporter des améliorations);
- c – les date, heure et minute auxquelles l'équipe de maintenance a été saisie du problème;
- d – les date, heure et minute de début et de fin de la prise en charge du matériel;
- e – le temps passé à la réparation proprement dite;
- f – si nécessaire, le numéro de la dépêche envoyée à un service tiers;
- g – l'identité de l'équipement porteur, avec son type et son numéro (exemple : « boîtier Z n° 24 »), plus un indice permettant de connaître sa configuration actuelle, si diverses modifications ont eu lieu par rapport au schéma de principe initial;
- h – la valeur (ou éventuellement une estimation) de la durée pendant laquelle l'équipement porteur est resté sous tension depuis la panne précédente;
- i – le diagnostic de l'avarie, avec une description de sa cause, quand celle-ci est connue (il faudrait pouvoir distinguer entre panne primaire — responsable de l'incident — et panne secondaire — qui n'est qu'une conséquence de la précédente —; dans la pratique cette identification est généralement ardue; c'est ainsi qu'il est difficile de séparer entre elles les réparations relatives à des pannes primaires et secondaires et de les isoler, d'une part, de certaines réparations de caractère assez systématique

liées à des habitudes prises par les agents, même lorsque la situation du moment ne les exige pas expressément, et, d'autre part, de réparations de rôle préventif sans rapport avec la panne réelle, mais effectuées à l'occasion de celle-ci);

- j – le type de l'élément remplacé;
- k – pour l'élément remplacé, les numéros de l'ancien et du nouveau;
- l – la suite à donner à l'intervention (comme « équipement rendu bon à l'exploitant », « à suivre », « équipement à retourner chez le constructeur », « à réformer »...);
- m – le nom de l'agent ayant donné ces renseignements.

Comme précédemment il faut prévoir, en plus, une zone d'expression libre que le rédacteur utilisera le cas échéant.

Certaines de ces données peuvent être inconnues; on a alors une version dégradée de la liste précédente, qui doit néanmoins répondre aux objectifs assignés au suivi.

Quand un niveau de maintenance regroupe plusieurs sous-niveaux, il y a accumulation, sur un même bordereau, des données jugées les plus importantes pour chaque sous-niveau.

Chaînage des niveaux de maintenance

Il est indispensable que l'on puisse relier entre eux les différents bordereaux, et cheminer du haut en bas de l'arborescence. Chaque bordereau doit donc porter un renseignement permettant d'identifier le bordereau de niveau supérieur (voir rubrique « a » du paragraphe précédent et exemple pages 29 et 30).

Un tel chaînage peut être complété, par exemple, par des étiquettes identiques à coller sur chaque élément de matériel concerné, à chaque niveau de l'arborescence.

UN EXEMPLE D'ORGANISATION DE SUIVI : LE CAS DU MATÉRIEL ROULANT MF 77 DU MÉTRO

Le service FR dispose d'une structure de maintenance commune à l'ensemble des équipements embarqués sur le matériel roulant. L'organisation des bordereaux de suivi, elle, peut différer légèrement d'une catégorie de matériel à l'autre, c'est celle relative au matériel roulant MF 77 qui a été retenue pour illustrer, sur un exemple, les indications générales développées dans l'article.

Signalement

Le bordereau de signalement des avaries est rempli par le conducteur :

RATP		N° 38971
SIGNALEMENT DES AVARIES (1)		
DATE <u>12/05/83</u>	HEURE <u>15 h.</u>	RAMÉ <u>R.1306</u>
LIEU _____	VOIE _____	
M _____	NA <u>31035</u>	B _____
PRESSION CF _____	CE _____	
TENSION AU VOLTMÈTRE _____		
Y DISJONCTE _____		
K MANŒUVRE _____		

TVB	ND	COUR COUD
TVD	EMD RED	INC
ND FI		DT

(1)	TOUS FI	CEN TAC	N.D. 1 ^{er}	N.D. 2 ^e	N.D. 3 ^e	N.D. 4 ^e	N.D. 5 ^e		
Mettre une croix dans la case concernée.									

REPRISE DE LA MARCHÉ					
<input checked="" type="checkbox"/> Voyageurs	<input type="checkbox"/> Secours traction				
<input type="checkbox"/> HLP	<input type="checkbox"/> Conduite manuelle				
<input type="checkbox"/> Conduite de M. AR					

REC	FS	ENR HS
COM HS	FRE EL	NCB
M HC	VEN	PA
KAHT	REF	

SUITE DONNÉE PAR LE SERVICE DU MATÉRIEL ROULANT :

Yu rame à Invalides. Constate Mic(1) sur NA 31035. Dépose carte CVK(2) n° 136. Repose carte CVK n° 200. Bon fonctionnement sans essais. Remis en service.

Mod. 0130463 G - 11-80 - 500

LÉGENDE :

Le numéro de **RAMÉ** n'intéresse que l'exploitant, car il n'identifie pas physiquement le matériel. La troisième ligne demande le numéro de voiture (**M** = matrice d'extrémité, **NA** = motrice de 1^{re} classe, **B** = remorque de 2^e classe sans loge de conduite).

Un manomètre indique la pression dans les cylindres de freins (CF) et à la conduite d'équilibre (CE).

La **TENSION AU VOLTMÈTRE** concerne la basse tension, **Y** signifie « microdisjoncteur », **K** commutateurs.

Les carrés répertorient les voyants vus par le conducteur; chaque carré coché correspond à un voyant allumé; la signification de leurs sigles est la suivante :

TVB = Toutes Voitures Bloquées

ND = Non Déblocage (une ou plusieurs voitures ne défreinent pas)

COUR COUD = Courant coupé

TVD = Toutes Voitures Débloquées

EMD RED = Electrovalve Modérable de Défreinage Réduite (alimentation pneumatique insuffisante)

INC = INCident (indique au conducteur qu'un voyant de signalisation est allumé derrière lui)

ND FI = Non Desserrage des Freins d'Immobilisation

DT = Défaut Technique (indique au conducteur qu'un voyant de signalisation est allumé derrière lui).

TOUS FI = Tous Freins d'Immobilisations serrés.

CEN TAC = CENtrale TACHymétrique HS.

ND i (i variant de 1^{er} à 5^e) = Non Déblocage de la voiture n° i

SUSP BAS = Suspension (pneumatique) Basse i **MI** (i variant de 1^{er} à 3^e) = i^o Motrice Inactive

FS = discordance sur Freins de Secours (il y a une panne sur une paire de freins de secours)

ENR HS = antiENRayeur et antipatineur HS (système empêchant le blocage des roues)

FRE EL = FREin ELectrique HS

NCB = Non Charge Batterie

PA = Pilotage Automatique indisponible

REC = RECUpération du freinage interdite

VEN = Ventilation HS

REF = Réfrigération HS

M HC = Motrice Hors Circuit (isolée volontairement par le conducteur)

KAHT = Commutateur d'Alimentation Haute Tension en position « prise » (pour les manœuvres en atelier)

(1) MIC = Motrice inactive clignotante.

(2) Voir définitions ci-après, à propos de la fiche 1.

Fiche 1

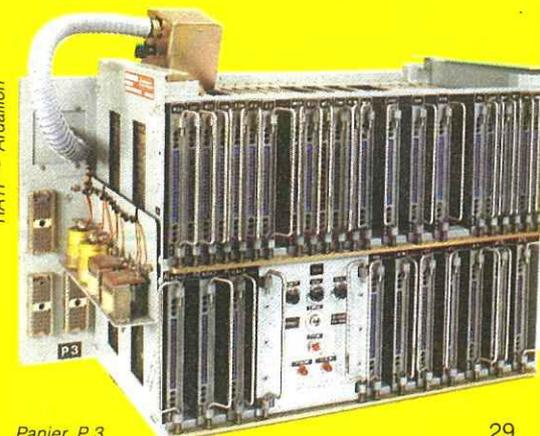
Tout signalement constaté en exploitation au niveau du matériel, d'une part, ou toute décision d'intervention à l'atelier de petite révision, hors exploitation, d'autre part, entraîne la création d'une « fiche 1 », pour le premier échelon de maintenance :

FICHE 1 n° <u>10525</u>	
RATP SERVICE FR	DATE <u>12/05/83</u> VOITURE AVARIEE <u>NA 31035</u>
DETRESSE <input type="checkbox"/>	HEURE <u>16 h.</u>
H L P <input type="checkbox"/>	RAMÉ N° _____
STATIONNEMENT <input type="checkbox"/>	FORMATION A ou NA _____
IMMOBILISATION <input type="checkbox"/>	RETARD _____
LIEU DE L'INCIDENT <u>INVALIDES</u>	
SIGNALEMENT DE <u>FE</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>FR</u> <input type="checkbox"/> <u>PA</u> <input type="checkbox"/>	
<u>MOTRICE INACTIVE CLIGNOTANTE</u>	
DÉPANNAGE (éventuel) de FE _____	
DESCRIPTION DE L'AVARIE CONSTATÉE <u>MIC sur NA 31035</u>	
DÉPANNAGE EFFECTUÉ <u>Constats carte CVK défectueuse (Mesure T2 constamment à +15 Vdc). Echange de la carte CVK n° 136 par la n° 200.</u>	
NOM DU CV <u>M. DURAND</u>	
HEURE D'IMMOBILISATION DÉBUT <u>15 h 30</u> FIN <u>16 h 10</u>	
SUITE DONNÉE TRAIN BON F <input checked="" type="checkbox"/> B R ATELIER <input type="checkbox"/> Réparation différée <input type="checkbox"/>	
FICHE 2 n° <u>5525</u>	

Les deux premiers encadrés suivant l'entête consistent en un rappel de l'essentiel du signalement donné par l'exploitant, en vue d'aider le contremaître visiteur (« CV ») dans sa recherche de panne, lequel commence son intervention à l'heure indiquée.

Le troisième encadré décrit le dépannage effectué, qui consiste généralement en un échange standard d'organe. Dans cet exemple, il s'agit de la carte CVK de « contrôle ventilation Kesar » (commutateur électronique séquentiel d'alimentation et de régénération), relative à la logique de commande du hacheur de courant, et située dans le panier P 3.

L'heure de début d'immobilisation correspond, pour la rame, au retrait de l'exploitation; l'heure de fin marque le terme de l'intervention du contremaître visiteur.

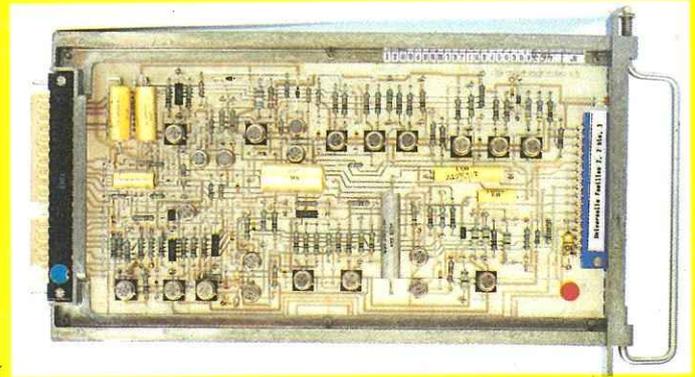


Panier P 3

Fiche 2

Après avoir été déposé, l'organe est expédié à l'Atelier de Maintenance des Equipements de Saint-Ouen (A.M.E.), pour y être réparé; il doit y parvenir avec un bordereau d'accompagnement, baptisé « fiche 2 », qui reprend les principaux éléments de la fiche 1 pouvant aider au diagnostic du (ou des) composant(s) défaillant(s) :

RATP DIRECTION DU RESEAU FERRE Service du matériel roulant F.R.		FICHE ② FR - INTERVENTION ORGANE		FIGURE A : 40525	
Nom : CARTE CVK	Code	Date	1	2	3
Organe entretenu N° : 136	Date	N° de fiche : 5525	4	5	6
Nature du signalement : MIC (Mecan. T2 constamment à +15 Velle)	Code mouvement	Code mouvement	7	8	9
	A = annulation M = Modification	Constructeur	10	11	12
	Fonction	Type de matériel : MF77 NA 34035	13	14	15
	Constructeur	Ligne	16	17	18
Suite donnée : Echange de l'amplificateur opérationnel n° 1	Caractère de l'entretien (P=prev. C=cur D=) Dépose justifiée ou non (J ou NJ)	Signallement de l'expéditeur	19	20	21
	A = absent C = correct N = non correct		22	23	24



Carte CVK

RATP - Ardillon

Outre le suivi de l'entretien des matériels électroniques, ce bordereau sert également pour un matériel de type électromécanique, les blocs de relais; c'est la raison pour laquelle il comporte des rubriques spécifiques n'ayant pas à être remplies dans le présent exemple.

Fiche 3

La « fiche 3 » est une fiche de travail interne à l'A.M.E.; elle inventorie toutes les opérations de remise en état de l'organe considéré; elle sert, par ailleurs, de document d'entrée pour la saisie informatique, à partir d'un terminal, de l'ensemble des opérations de maintenance, la mise en page du bordereau étant rigoureusement identique au masque qui apparaît à l'écran, cette fiche 3 contient donc un rappel des informations précédemment passées en revue, en plus des données concernant les interventions sur les composants.

MISE A JOUR DU FICHIER HISTORIQUE											
MATÉRIEL M7777		FONCTION P3/776		DATE 16/10/83							
VOITURE 21235		RAME 135		LIGNE 13							
SIGNALEMENT MIC		SUITE DONNÉE E.C.R.T.		ORIGINE C.V.							
DEPOSE JUSTIFIÉE (O/N) O		MOTIF (E/C/M/N) E									
TYPE ORGANE → C.V.K.		INDICE 1									
NO. DE L'ORGANE 136		ORGANE EN ESSAI (O/N) N		DURÉE 100							
OBSERVATIONS T21 A1 + 15 V											
OK? O		SUITE? O									
IDENT. 10	IMPLANTATION 11	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 11	IMPLANTATION 12	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 12	IMPLANTATION 13	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 13	IMPLANTATION 14	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 14	IMPLANTATION 15	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 15	IMPLANTATION 16	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 16	IMPLANTATION 17	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 17	IMPLANTATION 18	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 18	IMPLANTATION 19	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								
IDENT. 19	IMPLANTATION 20	DEPANNAGE (E/R/S) E	OK? O								

LÉGENDE :

P 3 = panier P 3

776 : { 77 = MF 77

{ 6 identifie la génération du matériel (1^{re} génération)

La DATE est celle de l'intervention en atelier.

E.CRT = Échange de carte

DÉPOSÉ JUSTIFIÉE : O = oui, N = non

MOTIF :

- E = contrôle d'état
- C = entretien curatif
- M = modification (suite à une analyse des défauts)
- R = remise à niveau technologique (changement systématique de composants, consécutif l'arrêt de leur fabrication)

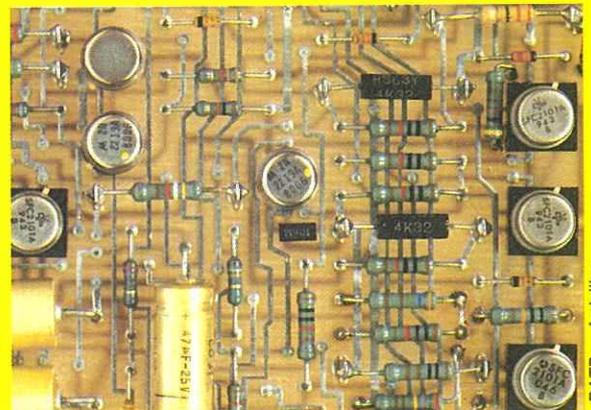
L'INDICE est le numéro d'ordre de la modification éventuelle (il peut y avoir plusieurs modifications successives pour un même composant).

L'organe peut être tombé en panne en exploitation normale, ou lors d'essais préparatoires à une modification.

La DURÉE est celle du dépannage (en heures).

Chaque intervention sur un composant est décrite en une ligne, par :

- IDENT. = son identification (« AO » = amplificateur opérationnel)
- son numéro d'IMPLANTATION sur la carte
- la nature de son dépannage :
 - { E = échange
 - { R = réglage
 - { S = soudure (sèche)



Amplificateur opérationnel

RATP - Ardillon

Certains items n'ont qu'une utilisation informatique : si on tape sur « N » face au premier « OK ? » tout ce qui a été entré à l'écran depuis le début de la page est effacé; une réponse positive à la question « SUITE ? » autorise l'introduction des interventions sur les composants, pour chacun d'entre eux, si la réponse « OK ? » est « O » on saute à la ligne suivante, mais si elle vaut « N » on efface la ligne courante.

**

Cette réalisation est opérationnelle depuis le début 1980. Les différents modes d'interrogation informatique construits sur la base de données ainsi constituée se sont révélés fort intéressants pour tous les intervenants; c'est ainsi que des historiques de dépannages peuvent être établis par voiture, par organe, par composant, pour un matériel relatif à une ligne particulière ou à toutes les lignes confondues.

Les bordereaux de saisie

Il n'existe pas de présentation universelle pour les bordereaux, et ceux-ci doivent être étudiés en fonction des particularités de chaque application. On peut néanmoins formuler quelques recommandations générales pour la conception de ces bordereaux :

Il est souhaitable que les personnes qui auront à les remplir soient consultées assez tôt.

Leur expérience permettra d'éliminer certains défauts augmentant la pénibilité du travail de rédaction, et accroissant les risques de déficience de celui-ci ; l'élaboration des formats pourra se faire grâce à plusieurs versions intermédiaires dont le test et l'amélioration progressifs aboutiront à un produit unanimement accepté.

Les bordereaux doivent posséder les qualités suivantes :

— *la maniabilité* : ils devront être assez petits pour être transportés facilement sur le lieu de travail (un format de 21 × 29,7 cm serait nettement dissuasif, étant incompatible avec la taille d'une poche de veste) ;

— *la simplicité et la clarté* : il faudra limiter au maximum l'usage des codes numériques hermétiques et ne demander au rédacteur que les informations strictement nécessaires, les redondances devant être proscrites car l'informatique permet tous les rapprochements possibles entre variables, sous réserve d'une bonne définition initiale de la base de données ;

— *la directivité* : il faudra un cadre précis avec des colonnes et des cases bien répertoriées pour écarter les risques d'oublis ;

— *l'adaptabilité* : le rédacteur devra avoir toute latitude pour décrire des situations imprévues, grâce à une rubrique lui permettant de s'exprimer librement.

Il faudra prévoir une procédure de correction des erreurs sur les bordereaux, à la source.

En cas d'erreur, le rédacteur du bordereau en cause devra être contacté rapidement, pour qu'il rétablisse l'exactitude des données. L'expérience prouve, en effet, qu'il

faut éviter de laisser les erreurs s'accumuler, ce qui rend inextricable tout travail de rectification a posteriori.

Conclusion

La conception de tout système particulier d'aide à la maintenance de matériel électronique requiert, en priorité, un inventaire précis des objectifs visés, lesquels imposent l'acquisition de certains types de données. Même si tout bon système doit être évolutif, de façon à pouvoir satisfaire d'éventuels besoins nouveaux, la nécessité demeure d'une analyse initiale la plus complète possible.

Cette analyse pourra s'appuyer sur le présent document, lequel recense les objectifs classiques du suivi, et les informations indispensables qu'ils exigent, à la lumière de diverses expériences menées dans ce domaine à la RATP.

Pour illustrer le parti que l'on peut tirer de ce document, un prochain numéro de notre revue présentera l'une de ces expériences, relative au pilotage automatique du métro, du point de vue du relevé des données et de leur dépouillement statistique mené sur une étude de fiabilité. ■

L'AIR EXTRAIT DU MÉTRO : UNE RESSOURCE NOUVELLE

Une application prometteuse de récupération d'énergie

Depuis longtemps, il est envisagé de récupérer la chaleur dissipée dans l'enceinte du métro. En effet, différentes études de faisabilité ont été menées tant en ce qui concerne la récupération par transfert direct de l'air chaud des tunnels dans les locaux à chauffer (parkings, halls...) que le transfert de chaleur à un fluide intermédiaire (pompe à chaleur...).

Toutes ces tentatives avaient jusqu'à présent avorté en raison de difficultés techniques et de bilans économiques trop défavorables.

Depuis, l'augmentation du coût de l'énergie, l'amélioration sensible des performances des équipements de récupération d'énergie et la réalisation de 200 postes de ventilation de fort débit pour améliorer le confort climatique dans le métro, permettent de développer des expérimentations dès lors que des utilisateurs potentiels sont situés à proximité de l'un d'eux.

Il y a lieu de noter que dans le domaine de la récupération d'énergie, la RATP a déjà procédé à une application au restaurant de Bercy.

par **Claude Font**, Ingénieur chef de division à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation,
et **Daniel Gabay**, Inspecteur principal à la Direction des services techniques

Rappel de l'expérience de Bercy

Cette expérience a été développée dans le cadre du traitement d'un problème de réduction de nuisances portant sur la filtration d'odeurs : elle a été réalisée dans le courant de l'année 1979 (voir le numéro d'avril-mai-juin 1981 de notre revue). Elle permet, rappelons-le, de réaliser des économies substantielles sur le coût de la production d'eau chaude puisque chaque jour 3 m³ d'eau sont portés de 12° à 45 °C par l'action de la chaleur prélevée au niveau des fourneaux de cuisine, pour une dépense énergétique minimale nécessaire au fonctionnement des équipements spécifiques. Les résultats obtenus ayant été encourageants, le développement d'autres applications dans le domaine de la récupération d'énergie devenait particulièrement tentant et notamment celui qui consiste à promouvoir un système de chauffage fonctionnant à partir de l'air chaud extrait du tunnel du métro.

Aujourd'hui, la pompe à chaleur apporte une des solutions à ces problèmes en raison de sa fiabilité et de sa rentabilité croissante au fur et à mesure de l'augmentation du coût de l'énergie.

En effet, pour une dépense énergétique de fonctionnement donnée, les pompes à chaleur actuellement disponibles fournissent une puissance utilisable de trois à quatre fois supérieure.

Qu'est-ce qu'une pompe à chaleur ?

Une pompe à chaleur est une machine thermodynamique destinée à assurer le chauffage d'un local ou système à partir d'une source de chaleur externe de température inférieure à celle du système à chauffer.

L'écoulement de chaleur dans une pompe à chaleur s'effectue dans le sens inverse du sens naturel de l'écoulement de chaleur — une dépense d'énergie est donc bien entendu inévitable pour réaliser ce transfert inverse —. Pour illustrer ce concept, on peut aussi comparer le fonctionnement d'une pompe à chaleur et d'une pompe à eau, ou encore dire qu'une pompe à chaleur est un réfrigérateur qui est utilisé à l'envers.

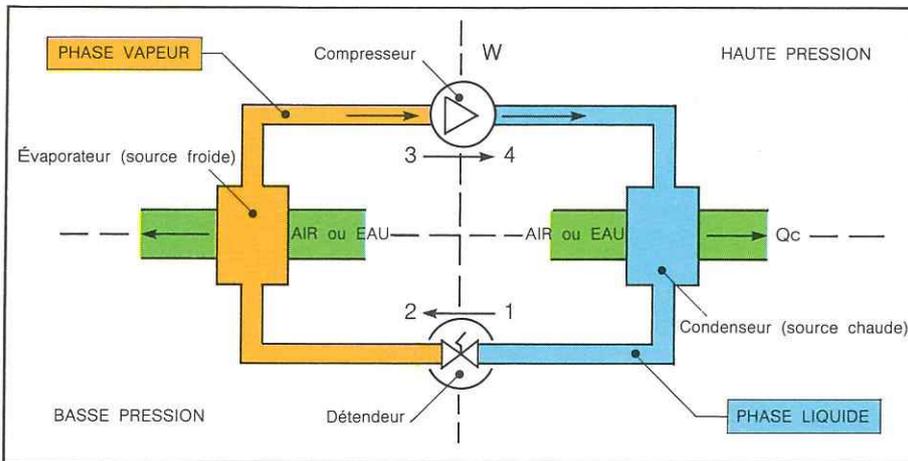
Nous ne parlons ici que des pompes à chaleur à compression dont les éléments caractéristiques font l'objet de l'illustration n° 1.

Choix du site

Le premier système de récupération d'air chaud a pu être mis en œuvre à l'occasion de la réalisation d'un vaste programme immobilier à Pantin, au 146 de l'avenue Jean-Lolive, sur le terrain d'un ancien dépôt d'entretien.

Le programme comportait la construction de 84 logements à loyer modéré pour la Société Logis-Transports, filiale immobilière de la

D'ÉNERGIE EXPLOITABLE



1. Schéma fonctionnement de la pompe à chaleur.

RATP, d'une part, et la construction de locaux sociaux (centre médical et salle de sports) pour le personnel de la RATP, d'autre part.

L'air chaud en provenance du tunnel au niveau du terminus Église de Pantin, évacué par une bouche de ventilation récemment construite

sur l'emprise du dépôt précité, a pu être exploité et utilisé pour assurer le chauffage et la production d'eau chaude du centre médical et des installations sportives représentant un volume à chauffer voisin de 3 500 m³ sur une superficie de 900 m² environ (voir illustration n° 2).

Choix du système de chauffage par récupération d'énergie

Parmi les possibilités techniques de récupération de chaleur envisageables, le choix s'est porté naturellement sur un système de récupération faisant appel à une pompe à chaleur de type air-eau, la source de prélèvement, dite source froide, étant l'air extrait du métro et le point de restitution, dit source chaude, l'eau alimentant les circuits de chauffage. L'efficacité d'un tel système s'avère d'autant meilleure que des relevés de température et d'hygrométrie effectués systématiquement au niveau du tunnel de la ligne 5 ont montré que ces indicateurs, respectivement de l'ordre de 22 °C et 40 %, restaient sensiblement constants en hiver.

Par ailleurs, le problème s'est posé de connaître l'incidence sur le fonctionnement du système de récupération d'énergie projeté, du prolongement en cours du tunnel du métro au-delà de sa limite actuelle. La valeur des indicateurs précités ne devraient pas subir de variation notable et les calculs effectués ont montré que même dans le cas d'une légère variation de ces indicateurs du fait du changement des caractéristiques du tunnel, l'incidence sur la puissance calorifique fournie par les pompes à chaleur et sur leur consommation serait très faible.



2. Vue d'ensemble des locaux (au premier plan, les installations sportives sur un niveau partiellement enterré – en arrière plan, le centre médical sur deux niveaux).

RATP - Chabrol

Principe d'exploitation

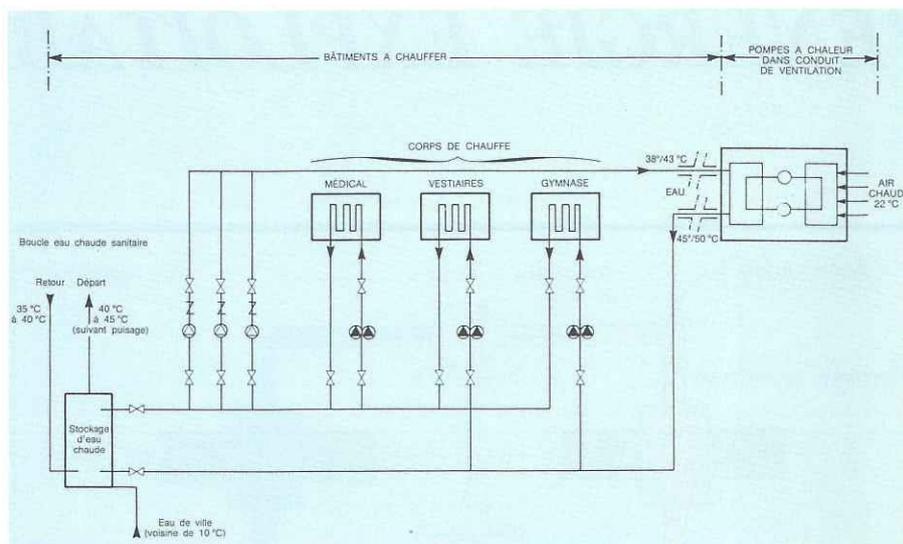
Les déperditions thermiques des locaux, pour une température extérieure de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, ont été évaluées à 65 kW , mais compte tenu des pertes calorifiques en ligne, il a été retenu la valeur de 75 kW . Pour satisfaire ces besoins et donner le maximum de souplesse à l'installation, le choix s'est porté sur deux pompes à chaleur de puissance calorifique différente, l'une de 40 kW à un étage de fonctionnement, l'autre de 50 kW à deux étages, fournissant, en fonction d'une régulation programmée, des puissances successives de $25, 40, 50, 65$ et 90 kW . Ce choix répond au souci de satisfaire, en cas de défaillance d'une pompe, aux besoins prioritaires des locaux médicaux.

Description de l'installation

L'illustration n° 3 représente le schéma général de l'installation.

Les pompes à chaleur ont été installées dans la partie horizontale supérieure du conduit de ventilation du métro (illustration n° 4).

Elles sont reliées par des canalisations



3. Schéma de l'installation.

d''eau calorifugées à un local technique situé à proximité des locaux à chauffer et abritant les équipements électriques et thermiques nécessaires au fonctionnement de l'installation (illustration n° 5). Cette dernière alimente différents corps de chauffe (radiateurs, aérothermes, convecteurs...) qui assurent le chauffage des locaux (centre médical, vestiaires et gymnase) ain-

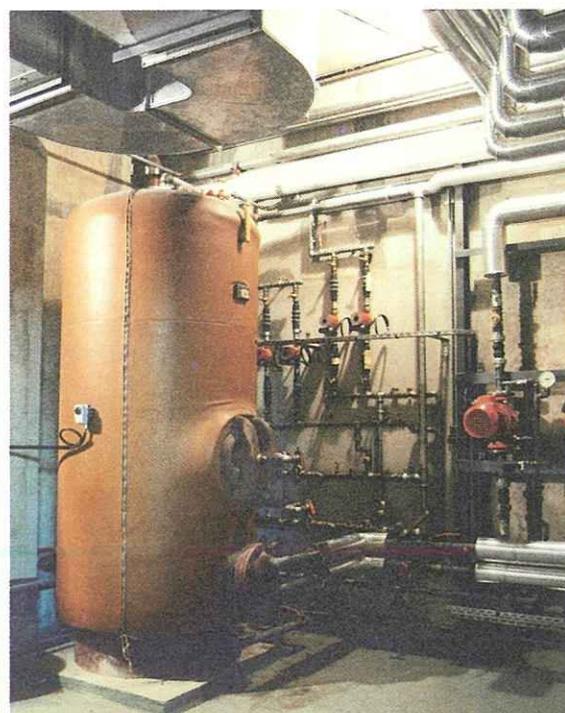
si que la production d'eau chaude sanitaire nécessaire à ces différents locaux.

Bilan économique

Le bilan économique, évalué à partir des déperditions thermiques des locaux et de leur occupation, s'établit comme suit :



4. Vue des pompes à chaleur dans le conduit de ventilation du métro.



5. Les équipements électriques et thermiques.

DÉPERDITIONS THERMIQUES DE BASE DES LOCAUX

Les calculs ont été menés en fonction des niveaux de température retenus pour les différents locaux, soit 22 °C dans les locaux médicaux, 20 °C dans les vestiaires, sanitaires et salle d'attente, 15 °C pour le gymnase.

Le taux de renouvellement d'air est conforme aux règlements en vigueur.

OCCUPATION DES LOCAUX

Deux hypothèses d'occupation des locaux ont été retenues :

— occupation normale (20 heures de chauffage par semaine pour le gymnase, 65 heures pour les locaux sociaux, 1 500 litres d'eau chauffée 5 jours par semaine);

— occupation importante (30 heures de chauffage par semaine pour le gymnase, 65 heures pour les locaux sociaux, 1 500 litres d'eau chauffée 4 jours par semaine, 3 000 litres d'eau chauffé 2 jours par semaine).

CONSOMMATION CALORIFIQUE DES LOCAUX

La consommation calorifique des différents locaux, pour une saison de chauffe normale, se calcule suivant la formule générale suivante :

$$C(\text{kWh}) = 24 \times P \frac{1}{\Delta T} \times \text{DJU}(T) \times n$$

dans laquelle :

— P représente les déperditions calorifiques (exprimées en kW) estimées pour une température extérieure de -7 °C;

— ΔT est l'écart entre la température retenue pour le local et la température extérieure prise égale à -7 °C;

— n est le taux de fonctionnement sur une semaine (comptée pour 168 heures);

— DJU (T) représente les degrés-jours - unifiés, c'est-à-dire la somme des écarts, pris sur une année de chauffe, entre la température retenue pour chaque local (représentée par T), diminuée du gain correspondant aux apports calorifiques gratuits (éclairage, ensoleillement...)

et de la température moyenne extérieure journalière. Ces valeurs données par la station météorologique de Paris-Le Bourget étaient à titre d'exemple les suivantes en 1982 pour des températures des locaux de 19 °C, 15 °C et 5 °C : DJU (19 °C) = 2 850, DJU (15 °C) = 1 900, DJU (5 °C) = 320.

Les consommations annuelles calculées pour les deux hypothèses d'occupation sont répertoriées dans le tableau suivant :

DÉCOMPOSITION DES BESOINS CALORIFIQUES	CONSOMMATION ANNUELLE EN KWH	
	Occupation normale	Occupation importante
Gymnase et vestiaires	18 380	22 695
Locaux sociaux	39 285	39 285
Eau chaude sanitaire	12 035	19 260
Consommation annuelle globale de l'ensemble	69 700	81 240

BILAN COMPARATIF AVEC DES SYSTÈMES DE CHAUFFE CLASSIQUE

L'évaluation des rendements globaux dans le cas de deux installations de chauffage classique au gaz ou tout électrique, qui auraient nécessité des équipements appropriés, permet de dresser le bilan comparatif des consommations annuelles, dans chacune des hypothèses considérées. Ce bilan est résumé dans le tableau ci-dessous :

MODE DE CHAUFFAGE	CONSOMMATION ANNUELLE ÉNERGÉTIQUE (évaluée en kWh)	
	Occupation normale	Occupation importante
Gaz	92 560	109 040
Tout électrique	69 700	81 240
Pompe à chaleur	22 780	26 550

A la lecture des chiffres précédents, il apparaît que le chauffage par pompe à chaleur se traduit par une consommation moindre. En effet, la consommation d'une pompe à chaleur, comparée à celle d'un chauffage « tout électrique », se traduit par des économies comprises entre 47 000 et

55 000 kWh, suivant l'occupation des locaux.

Une comparaison analogue entre la solution pompe à chaleur et la solution gaz conduit à une économie comprise entre 70 000 et 83 000 kWh. Par contre, l'économie en énergie primaire (énergie fossile, gaz ou pétrole) entre les

solutions électricité et pompe à chaleur est de 12 à 14 TEP (*) par an, et entre les solutions gaz et pompe à chaleur cette économie se situe entre 2 et 3 TEP.

BILAN FINANCIER

Ce bilan consiste à comparer les coûts de fonctionnement et d'investissement des deux solutions envisagées.

COUT DE FONCTIONNEMENT

Si l'on prend les coûts actuels du kWh gaz et électrique (moyenne jour et nuit) respectivement égaux à 0,25 franc et 0,35 franc, l'utilisation des pompes à chaleur se traduit par une économie annuelle se situant entre 15 000 francs et 19 000 francs suivant l'hypothèse d'occupation choisie.

COUT D'INVESTISSEMENT

L'évaluation des coûts d'investissements calculés aux conditions économiques de juin 1982 ressort à 320 000 francs pour une installation de chauffage classique au gaz et à 448 000 francs pour une installation de chauffage par pompe à chaleur. Cette dernière fait apparaître un surcroît d'investissement de 128 000 francs et il en résulte donc que l'opération de récupération par pompe à chaleur devient bénéficiaire après une période variant entre 7 et 9 ans suivant les hypothèses de consommations envisagées.

Les premières mesures effectuées lors de la première année de fonctionnement ont confirmé ces prévisions. Toutefois, ces mesures doivent être complétées en vue de dresser un bilan complet sur une saison de chauffe. A cet effet, des mesures de consommation électriques et thermiques sont en cours de réalisation à l'aide d'un micro-ordinateur (illustration n° 6).



6. Les équipements de mesure de consommation.

RATP - Roy

Conclusion

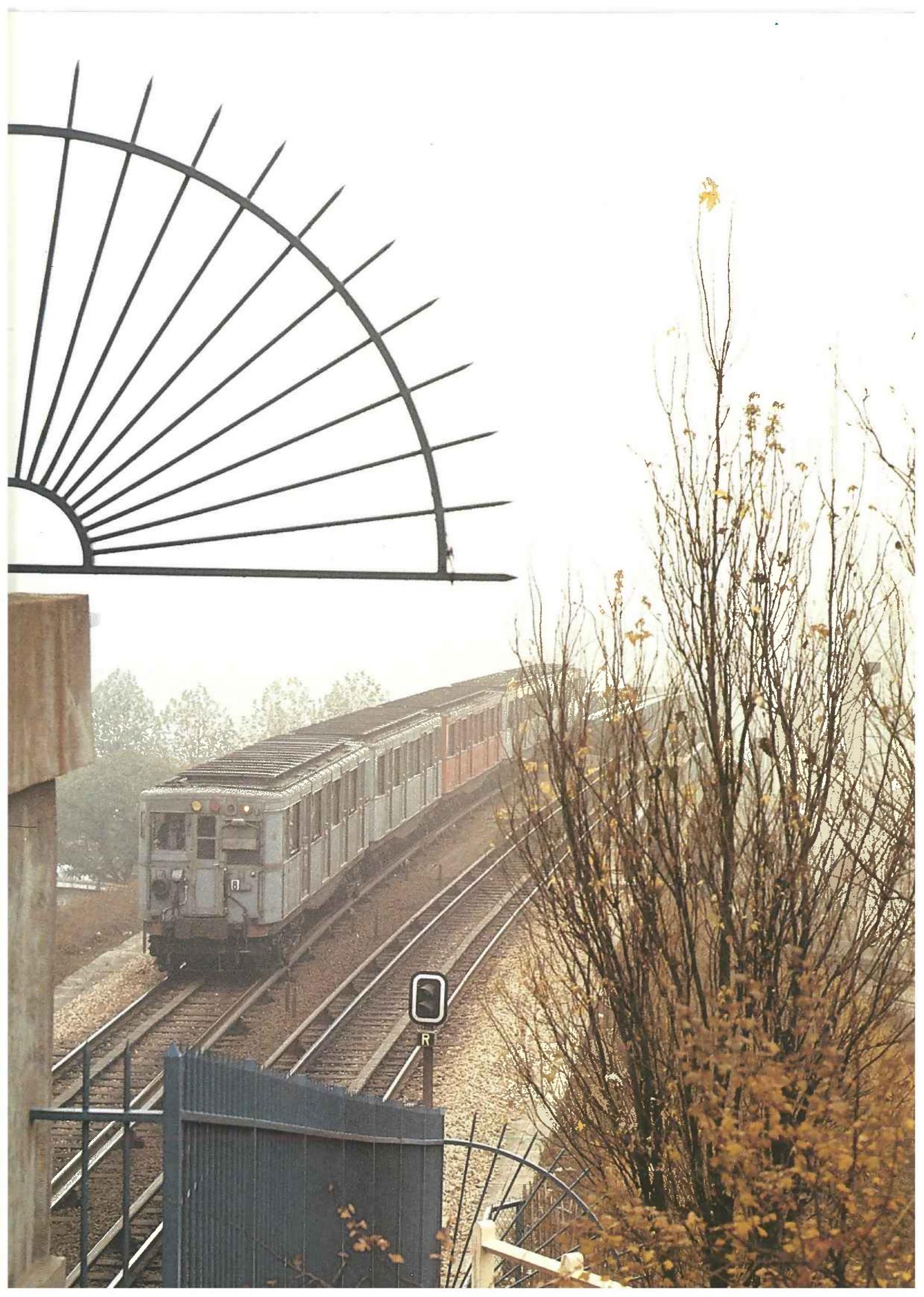
Les premières études économiques effectuées montraient que la rentabilité de l'opération était évaluée à 10 ans. On constate que 2 ans après, cette rentabilité a considérablement augmenté, puisqu'elle est obtenue entre 7 et 9 ans. Compte tenu de l'évolution prévisible des coûts des combustibles au cours du 7^e plan et des choix énergétiques effectués, la rentabilité de cette opération devrait encore augmenter.

Cette expérience a montré la fiabilité du système de récupération envisagé, l'installation ne présentant pas d'inconvénient particulier. Il est donc d'ores et déjà envisagé de lui donner de nouveaux prolongements.

Dans cette perspective, des contacts sont actuellement en cours avec différents organismes publics et privés; ils devraient aboutir prochainement à la réalisation du chauffage d'un immeuble de quatre étages comprenant onze appartements situé dans la commune d'Ivry, et d'une opération de haute technicité consistant à effectuer simultanément le chauffage d'un grand édifice parisien et le rafraîchissement de la station de métro « Cité ». ■

(*) Compte tenu des rendements intervenant dans les différents cycles de transformation de l'énergie, une tonne équivalent pétrole (TEP) équivaut à :

$\frac{1\ 000}{0,086}$ kWh gaz et à $\frac{1\ 000}{0,25}$ kWh électrique.



NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

RETRAIT DES DERNIERS MATÉRIELS SPRAGUE

Le dernier train de matériel « Sprague-Thomson » a quitté le réseau du métro le 16 avril 1983, après un ultime voyage entre Mairie de Montreuil et Pont-de-Sèvres sur la ligne 9.

Ce matériel qui symbolisait le métro parisien aux yeux du public avait été mis en service à partir de 1908 et plusieurs séries se sont succédé jusqu'en 1934 (1).

D'une robustesse et d'une fiabilité remarquables, il a assuré le service sur le métro, en totalité jusqu'en 1951 — en traversant les années de la Seconde Guerre mondiale malgré les difficultés d'entretien et d'exploitation — puis dans une proportion qui a décliné jusqu'à nos jours avec l'arrivée des diverses séries de matériels modernes.

Les « Sprague » ont ainsi circulé pendant trois quarts de siècle sur les lignes du métro avant de céder totalement la place aux matériels sur pneumatiques et aux matériels plus modernes de type MF 67, puis MF 77, offrant les caractéristiques nécessaires pour répondre aux exigences d'une exploitation moderne ainsi qu'aux attentes croissantes des voyageurs en matière de confort.

Une si longue carrière menée sans défaillance sur les lignes du métro parisien ne pouvait pas s'achever sans marquer l'événement : une semaine d'animation a donc été organisée du 11 au 16 avril 1983 sur la ligne 9 et dans trois stations : Miromesnil, Saint-Augustin et Concorde.

Si le Sprague a quitté le réseau, il n'a pas totalement disparu puisque plusieurs voitures ont été conservées soit pour compléter les collections du Musée des transports urbains (2), soit pour répondre aux demandes des cinéastes, sans compter les nombreuses motrices utilisées pour tracter les trains de travaux de la RATP. ■



RATP - Ardailion



RATP - Carrier



RATP - Ardailion

(1) Voir l'article consacré au matériel Sprague-Thomson dans le numéro de janvier-février-mars 1982 de notre revue.

(2) Association pour le Musée des transports urbains, interurbains et ruraux (AMTUIR), 60 avenue Sainte-Marie - 94160 Saint-Mandé.

MISE EN SERVICE DE L'AUTOBUS ARTICULÉ PR 180

Pour faire face à des besoins croissants et surtout plus diversifiés de déplacement en banlieue et également pour réduire l'inégalité de traitement, en matière de transports collectifs, entre le centre de l'agglomération parisienne et sa périphérie, la RATP est conduite à proposer une politique de développement des transports collectifs faisant appel, à côté des matériels classiques — autobus standard, métro, RER — à des matériels roulants nouveaux répondant à divers volumes de trafic.

C'est dans le cadre de cette politique qu'a été décidée la mise en service d'autobus articulés convenant bien aux lignes à fort trafic (de l'ordre de 4 000 voyageurs à l'heure de pointe avec également un trafic relativement élevé dans l'ensemble de la journée) et qui pourraient, à terme, représenter environ 10 % du parc d'autobus de la RATP — actuellement de 4 000 véhicules environ.



RATP - Minoli

Ainsi que nous l'avions indiqué à nos lecteurs dans le numéro de juillet-août-septembre 1982, 55 autobus articulés de type PR 180 ont été commandés en juillet 1982 à Renault Véhicules Industriels (RVI) et les premiers matériels livrés équipent depuis le 2 mai 1983 la ligne 91 « Gare Montparnasse-Bastille » en totalité et la ligne 183 « Porte de Choisy-Choisy-le-Roi-Orly-Thiais » partiellement. Ces deux lignes — une ligne de Paris et une radiale de banlieue — se caractérisent par des trafics importants de l'ordre de 40 000 voyageurs transportés par jour de plein trafic et correspondent bien à la plage d'utilisation de l'autobus articulé. L'événement a été ponctué sur les deux lignes par des cérémonies d'inauguration et d'animation auxquelles étaient présents Messieurs Claude Quin et Philippe Essig, respectivement Président du Conseil d'administration et Directeur général de la RATP, ainsi que Monsieur Gilbert Gantier, Député de Paris, adjoint au Maire de Paris, Madame Colette Talmon, Conseiller de Paris, Monsieur Paul Josse, Vice-Président du Syndicat des transports parisiens pour ce qui concerne la ligne 91, et Messieurs Daniel Davaise, chef de Cabinet du Ministre des transports, représentant le Ministre, Paul Mercieca, Député-Maire de Vitry-sur-Seine, Pierre Tabanou, Député-Maire

de l'Hay-les-Roses, Madame Hélène Luc, Sénateur du Val-de-Marne, Messieurs Michel Germa, Président du Conseil général du Val-de-Marne, Gaston Viens, Maire d'Orly, et Louis Luc, Maire de Choisy-le-Roi pour ce qui concerne la ligne 183. Au cours du mois de juillet, la ligne 215 « Denfert-Rochereau-Orly » sera à son tour exploitée avec le Superbus PR 180. Cette ligne de grande longueur — 14 km — et que de nombreux utilisateurs, souvent encombrés de bagages, parcourent de bout en bout, constitue également un cas intéressant d'utilisation d'un autobus offrant à la fois rapidité, grande capacité et confort.

Les autobus articulés destinés à l'exploitation des trois lignes précitées sont affectés aux dépôts de Thiais et d'Ivry qui en assurent le remisage et l'entretien grâce à des aménagements relativement mineurs apportés à leurs installations.

Quant aux machinistes, 500 d'entre eux ont déjà suivi un stage de formation de trois jours afin de les familiariser avec la conduite d'un véhicule articulé de 17,60 m de long (au lieu de 11 m pour un autobus standard). ■



RATP - Ardailion

EXPLOITATION DU RÉSEAU D'AUTOBUS

Mise en service de la ligne « Montmartrobus »

Le 10 février 1983, une ligne de minibus dénommée « Montmartrobus » a été mise en service à Paris, entre la Place Pigalle et la Mairie du XVIII^e



RATP - Carrier

arrondissement (Jules-Joffrin), pour une période d'essai de 6 mois.

Cette ligne a été créée afin d'améliorer la desserte et le déplacement des habitants de la Butte Montmartre, quartier dense, déjà accessible en bordure par plusieurs lignes de métro et d'autobus, mais qui ne disposait pas jusqu'alors, contrairement aux autres secteurs de la ville et mis à part le funiculaire permettant la montée directe jusqu'au Sacré-Cœur par le versant sud, de système interne de transports publics, ceci en raison des difficultés liées à la topographie du site (fortes pentes), aux caractéristiques de la voirie (rues étroites) et aux encombrements permanents de la circulation (animation, touristes).

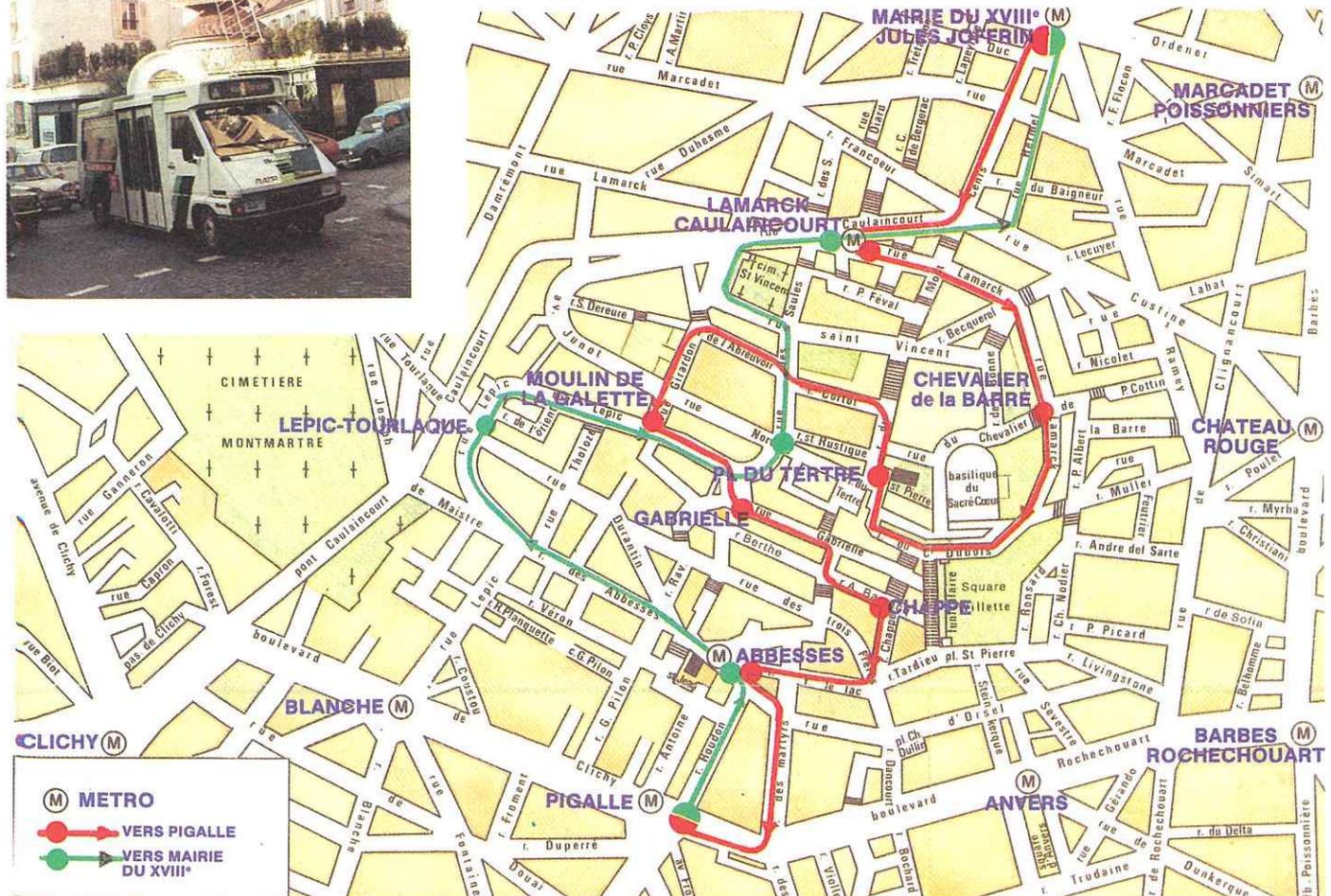
Ce sont précisément ces raisons qui ont dicté le choix des minibus.

Ainsi, 5 minibus RVI carrossés par Heuliez, d'une capacité de 17 places

(dont 12 assises), sillonnent le quartier sur 5,6 kilomètres et à 10 minutes d'intervalle, tous les jours de la semaine, le premier départ ayant lieu à 7 h 30 de la Mairie du XVIII^e, et le dernier à 20 h 17 de la Place Pigalle. L'itinéraire et onze points d'arrêt intermédiaires sont fixes (voir plan joint), mais les voyageurs ont en outre la possibilité de monter et de descendre à l'endroit souhaité sur tout le parcours, « à la demande ». Quel que soit le trajet effectué, le tarif est d'un billet, sauf pour les possesseurs de cartes orange. Le trafic attendu est de l'ordre de 500 000 voyages par an.

La mise en service de cette desserte a nécessité diverses mesures d'accompagnement au niveau du stationnement et de la circulation générale (marquages au sol interdisant le stationnement à certains carrefours, mise en sens unique de la rue Girardon, de l'avenue Junot à la rue Lepic).

L'inauguration du « Montmartrobus » a été célébrée le vendredi 11 février par Messieurs Claude Quin et Philippe Essig, respectivement Président du Conseil d'administration et Directeur général de



la RATP, en présence de nombreuses personnalités parmi lesquelles Messieurs Jean Chérioux, Sénateur de Paris, adjoint au Maire de Paris, Bertrand Delanoé, Claude Estier et Lionel Jospin, Députés du XVIII^e arrondissement, inauguration au cours de laquelle a été soulignée l'utilité de cette nouvelle ligne.

En outre, l'événement a donné lieu à une abondante campagne d'information-animation, qui a duré six jours, du mardi 8 au dimanche 13 février, et à laquelle ont participé notamment les membres de la Commune libre de Montmartre.



RATP-Ardailon



RATP-Ardailon

Création des services urbains de Pantin et de Romainville

Le 25 avril 1983, deux nouveaux services urbains ont été créés dans la banlieue nord-est parisienne, dans le département de la Seine-Saint-Denis, le premier à Pantin, sous l'indice 149 P, dénommé aussi le « Pantinois », le second à Romainville, sous l'indice 122 N.

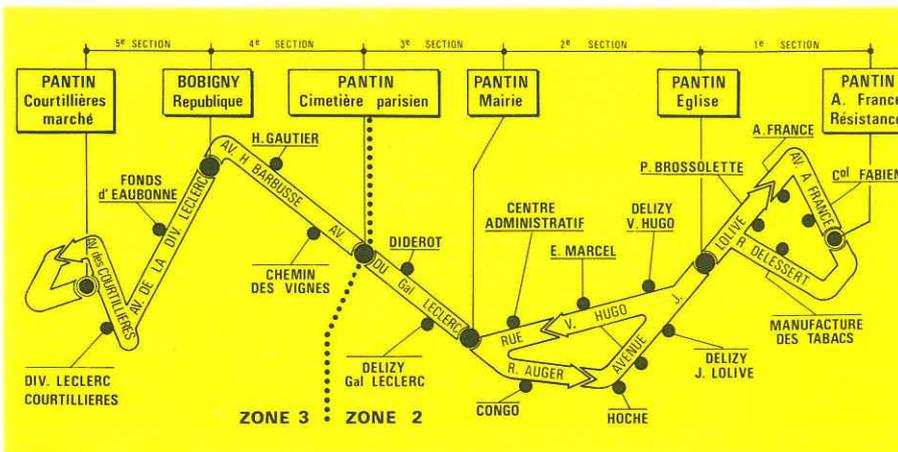
Exploités tous deux du lundi au vendredi aux heures creuses de la journée, ces services ont, chacun dans la commune où ils sont assurés, le même rôle de liaison directe entre des quartiers excentrés et de desserte, à partir de ces quartiers, du centre et des divers points attractifs de la ville : équipements administratifs, sociaux, culturels, sportifs et autres (voir les itinéraires de ces dessertes sur les plans joints).

Le Pantinois comporte cinq sections

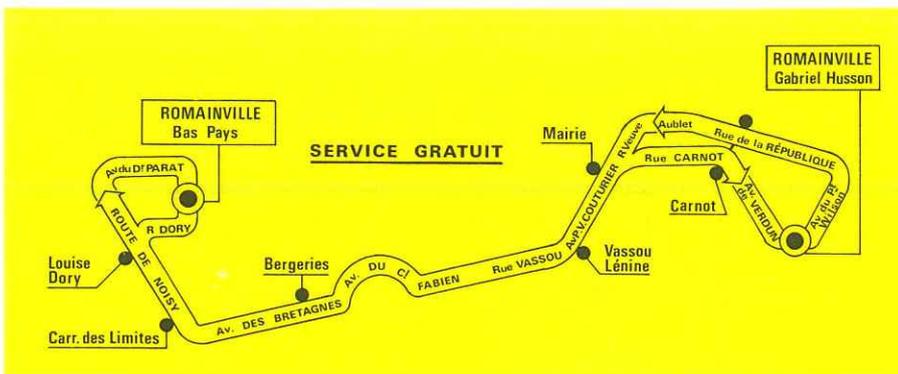
de tarification ; la ligne 122 N est gratuite pour les voyageurs, sont coût d'exploitation étant à la charge de la municipalité.

La mise en service de ces deux lignes a donné lieu à une double inauguration, laquelle s'est déroulée le matin du samedi 23 avril, d'abord à Romainville où deux allocutions ont été prononcées par Messieurs Robert Clément, Maire de cette commune, et Jacques Barraud, Délégué départemental de la RATP, puis à Pantin, où deux autres allocutions ont été à nouveau prononcées par Messieurs Michel Berthelot, Conseiller municipal et général, représentant le maire de cette commune, et comme précédemment, Jacques Barraud. La cérémonie s'est terminée par un vin d'honneur à la Mairie de Pantin.

Outre les personnalités déjà citées, étaient présents les représentants de la Présidence de la RATP et du Conseil régional d'Ile-de-France, ainsi que Messieurs Boursier, Vice-Président du Conseil général du département, chargé des transports, Mérino, Conseiller général, Bartolone, Député, et les élus des conseils municipaux concernés.



Création du service urbain de Pantin sous l'indice 149 P.

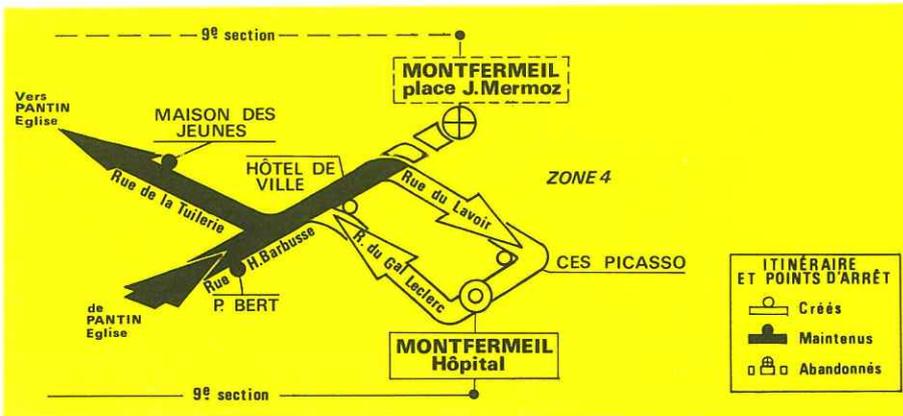


Création du service urbain de Romainville sous l'indice 122 N.

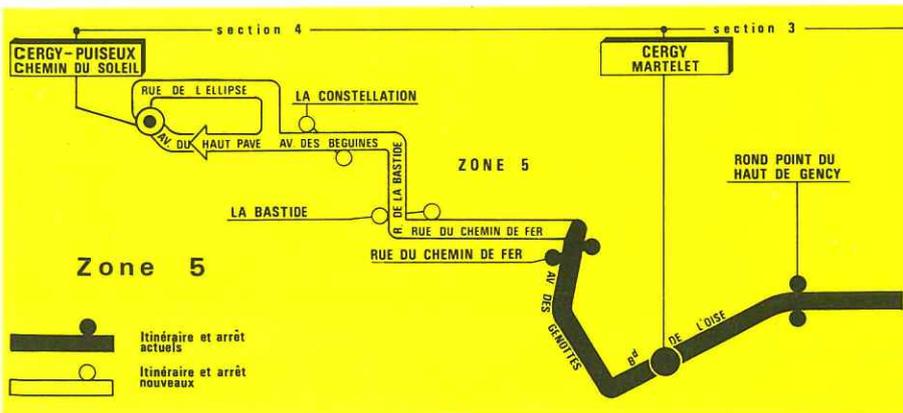
Prolongement des lignes 147 B, 445 C, 601 et 612

147 B « Pantin (Église) - Montfermeil (Place Jean-Mermoz) » : depuis le 21 mars 1983, prolongement de la ligne, tous les jours de la semaine, jusqu'à l'Hôpital de Montfermeil, sans changement de sectionnement (neuf sections sur la ligne).

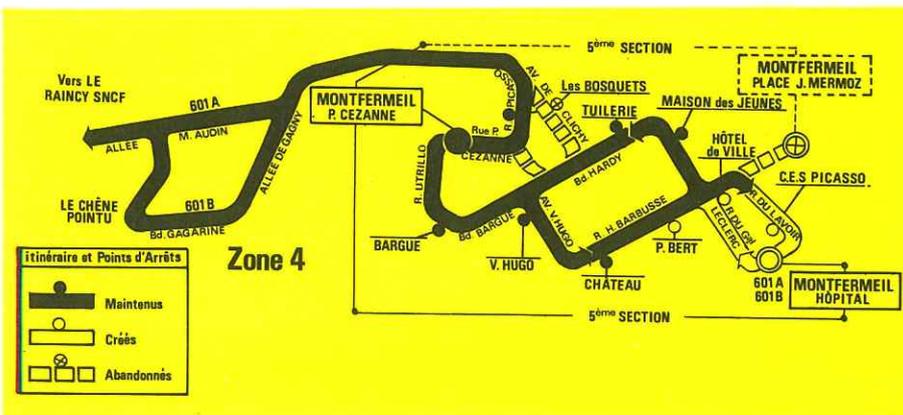
445 C « Pontoise (Gare) - Cergy (Rue du Chemin-de-fer) » : depuis le 14 mars 1983 prolongement de la ligne, tous les jours de la semaine, jusqu'à Cergy-Puiseux (Chemin du Soleil), inclus dans la quatrième section.



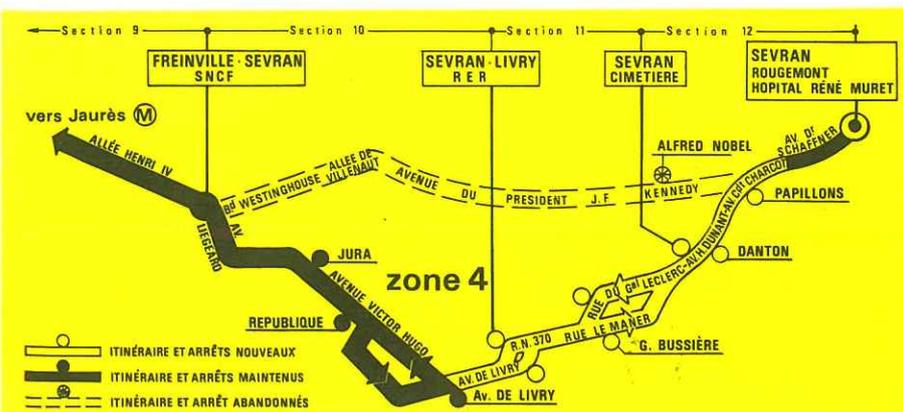
Prolongement de la ligne 147 B.



Prolongement de la ligne 445 C.



Prolongement de la ligne 601.



Prolongement de la ligne 612.

601 « Le Raincy (SNCF) - Montfermeil (Place Jean-Mermoz) » : depuis le 21 mars 1983 prolongement de cette ligne, affrétée à la Société des Transports Rapides Automobiles (TRA) de la Seine-Saint-Denis (ex-53/01 de cette Société), identique à celui de la 147 B, et compris dans la cinquième section; parallèlement, l'exploitation de la ligne est scindée en deux indices 601 A et 601 B, cette dernière desservant Clichy-sous-Bois (Le Chêne Pointu).

612 « Jaurès (Métro) - Sevran (Avenue de Livry) » : depuis le 3 mars 1983, prolongement de cette ligne, affrétée à la TRA et résultat de la fusion des anciennes lignes 53/12 et 53/13 de cette Société, jusqu'à Rougement-Hôpital René Muret à Sevran; le nombre de sections sur la ligne est de douze.

Les itinéraires de ces prolongements sont indiqués sur les plans joints.

Aménagements réservés à la circulation des autobus

En banlieue, à La Courneuve dans le département de la Seine-Saint-Denis, deux couloirs dans le sens de la circulation générale ont été créés le 4 février 1983, rue de la Convention (RN 186), respectivement du boulevard Pasteur à la rue Marcel Cachin (direction Bobigny-Drancy) et de la rue Marcel Cachin à l'avenue Henri Barbusse (direction Saint-Denis).

Longs de 800 mètres chacun, ces couloirs, en service de 6 h 30 à 9 h et de 16 h 30 à 20 h, sont empruntés dans les deux sens par les lignes 177 et 354 sur toute leur longueur, et par les lignes 130 et 149 sur 260 mètres.

Le nombre des aménagements réservés à la circulation des autobus s'établit donc au 30 avril 1983 à :

— 250 dans Paris, totalisant 106,760 kilomètres et utilisés par les 55 lignes de Paris sur 274,980 kilomètres et 23 lignes de banlieue sur 8,640 kilomètres de leurs itinéraires;

— 105 en banlieue, totalisant 55,130 kilomètres et utilisés par 9 lignes de Paris sur 4,670 kilomètres et 79 lignes de banlieue sur 135,110 kilomètres de leurs itinéraires. ■

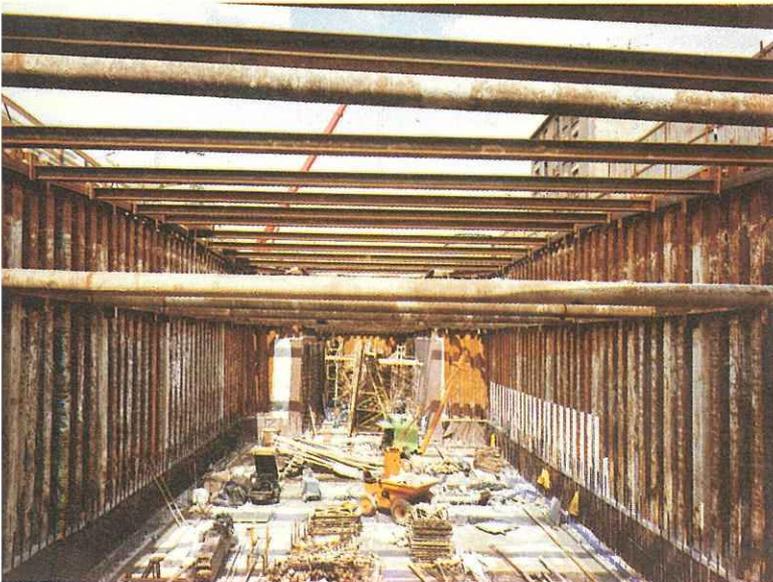
①



②



③



④



⑤

① **Métro-Ligne 5 :**
Prolongement à la Préfecture de Bobigny.
 Traversée du canal de l'Ourcq (2^e phase).

② Extrémités des buses destinées à remplacer le collecteur Carnot au niveau des quais de la station « Bobigny Préfecture ».

③ **Prolongement au Sud, à Villejuif.**
 Vue de la fouille au niveau de la station « Villejuif III ».

④ **Métro-Ligne 7 :**
Prolongement au nord, à La Courneuve :
 Vue générale des emprises.

⑤ **RER-Ligne A :**
Doublement du passage supérieur n° 19 de Torcy (Marne-la-Vallée) destiné à la future autoroute A 104.
 Construction du demi-ouvrage ouest.

VUES DES TRAVAUX EN COURS



⑥



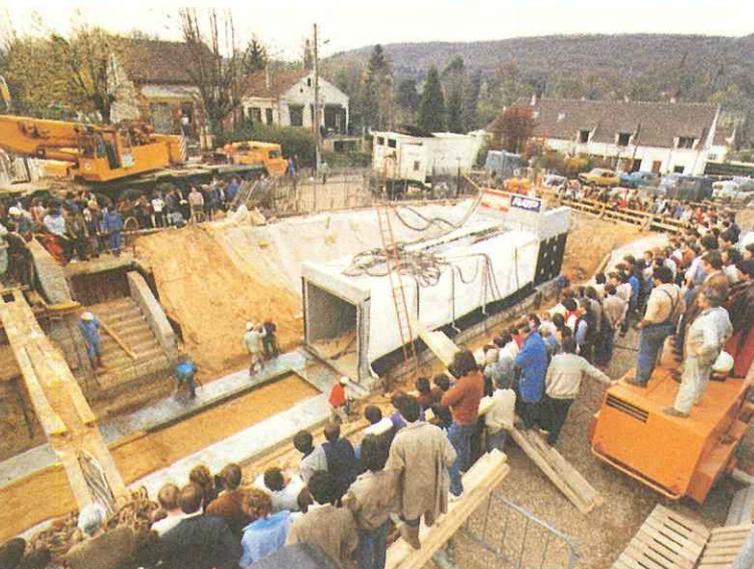
⑦



⑧



⑩



⑨

⑥ RER-Ligne B :
Construction de la gare « Saint-Michel »
Travaux d'injections quai Saint-Michel.

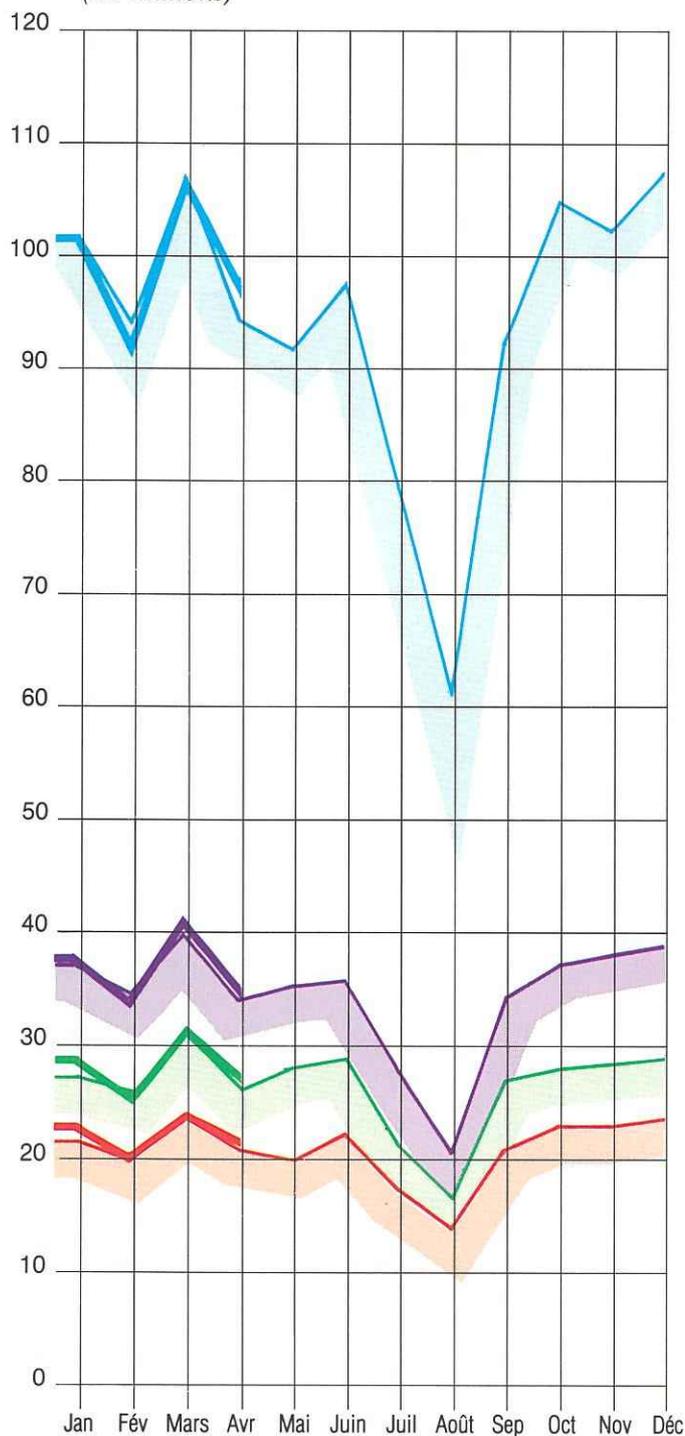
⑦ RER-Ligne B :
Construction du PCC de Denfert-Rochereau.
Vue générale côté entrée.

⑧ ⑨ Suppression du passage à niveau n° 28
situé sur la commune de Gif-sur-Yvette.
Ripage, sur coussin d'air, des caissons destinés
respectivement aux passages routier et piétons.

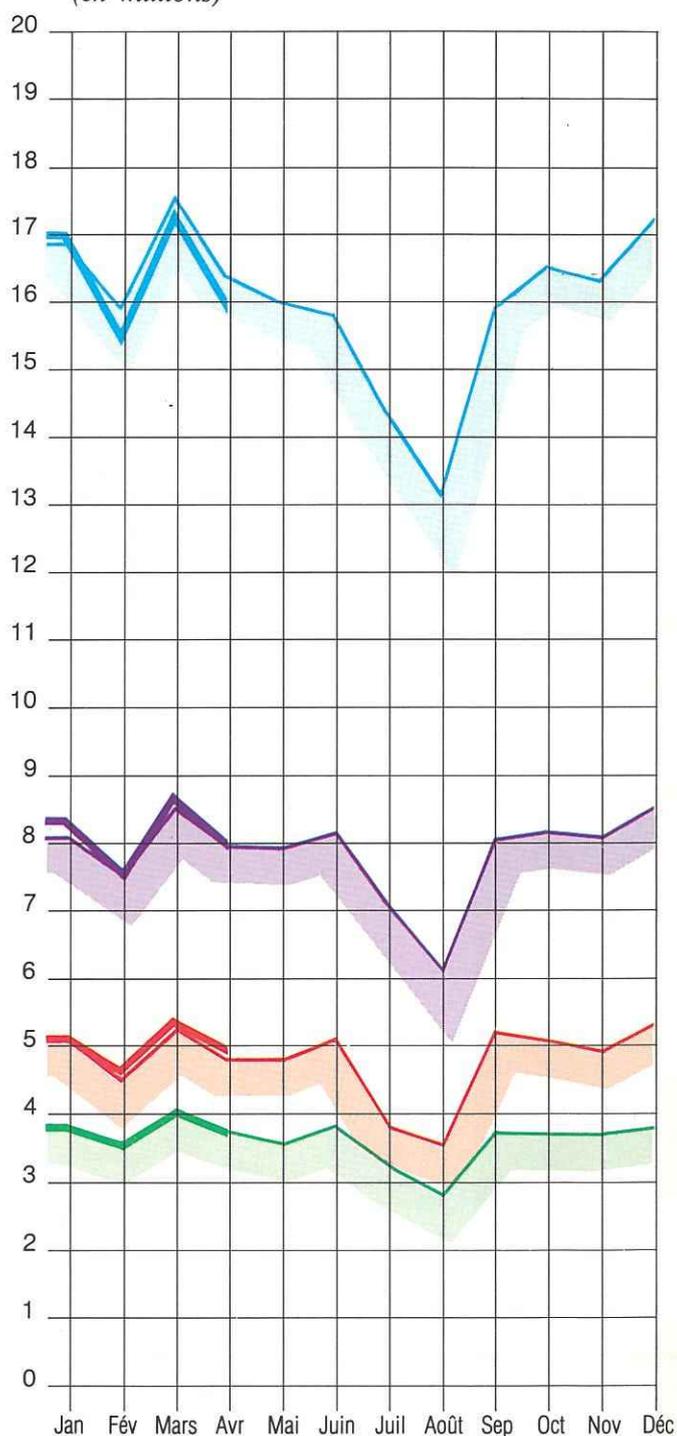
⑩ Transfert de l'École Technique à Noisiel
(Marne-la-Vallée).
Décapage du terrain avant le début du chantier.

TRAFIC ET SERVICE DE L'ANNÉE 1983

Nombre de voyages effectués
(en millions)



Nombre de km × voitures effectués
(en millions)



- Métro
- Autobus de banlieue
- Autobus urbains
- RER

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

NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE



BORDEAUX

Expériences d'autobus à la carte

Quatre expériences de desserte à la carte vont être réalisées au cours de 1983 pour desservir des zones périphériques dans lesquelles le nombre de voyageurs potentiels ou la demande irrégulière ne justifient pas la création d'une ligne permanente.

Des bornes d'appel seront installées à des points d'arrêt prédéterminés; l'introduction d'une carte magnétique dans la borne préviendra automatiquement le conducteur que des clients attendent son passage. L'horaire de l'autobus est prévu de telle sorte qu'il puisse se dérouter de son itinéraire normal pour aller les chercher.

La réception de l'appel par l'autobus se fait par l'un des deux procédés suivants :

— réception directe à l'intérieur de l'autobus par l'intermédiaire d'un système qui permet de capter 4 appels différents provenant de 4 bornes;

— réception par l'intermédiaire d'un émetteur à rayons infrarouges situé au terminus de la navette.

L'émetteur se déclenche dès qu'un voyageur introduit sa carte magnétique dans une borne. L'autobus capte le signal en passant devant l'émetteur, qui cesse d'émettre lorsque l'autobus est passé devant la borne d'appel. ■

(Transport Public, janvier 1983)

NANCY

Les trolleybus bimode en service

La fin de l'année 1982 et le début de 1983 ont marqué la phase finale de l'opération trolleybus bimode de Nancy (*):

— inauguration, le 25 novembre 1982, de la première ligne de trolleybus articulés bimode, longue de 9,4 km, reliant le centre de Nancy aux grands ensembles de Haut-du-Lièvre et de Champ-le-Bœuf sur le plateau situé au nord-ouest de l'agglomération, atteint après une rampe de 7,8 % sur plus d'un kilomètre;

— mise en service, le 20 décembre 1982, de la deuxième ligne, longue de 10,6 km, reliant deux zones d'urbanisation situées sur les hauteurs, via le

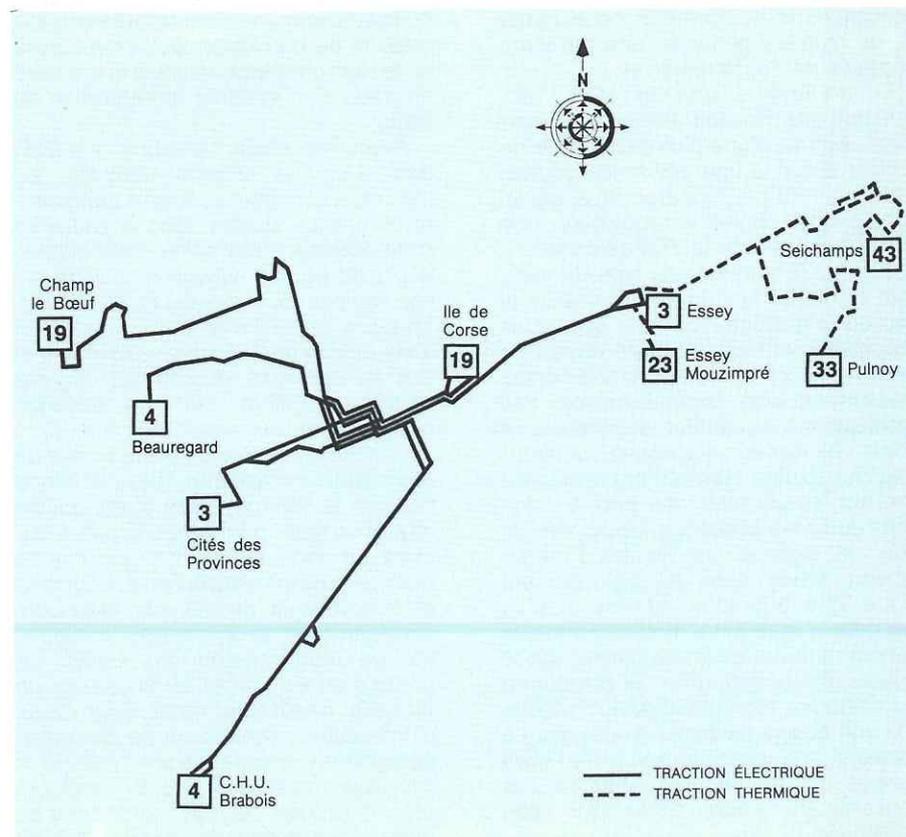
centre-ville en contrebas; le profil de cette ligne est également très accidenté, avec deux rampes dont l'une atteint 8,6 % sur plus d'un kilomètre;

— mise en service, à la fin janvier 1983, de la troisième ligne de trolleybus, sur laquelle la bimodalité sera utilisée pour desservir, en antennes, par moteur diesel, les banlieues de Seichamps et de Pulnoy.

Courant février 1983, la totalité de la première phase de l'opération trolleybus (30 kilomètres de lignes) sera réalisée, avec 48 voitures assurant la desserte de 30 % de la population de l'agglomération et de 42 % de ses emplois. Ces trois lignes assureront 40 % du trafic total du réseau de transport collectif.

(*) N.D.L.R.: Le projet de réseau de trolleybus bimode de Nancy a été présenté dans le numéro d'octobre-novembre-décembre 1981 de notre revue.

Nancy : réseau des lignes de trolleybus.



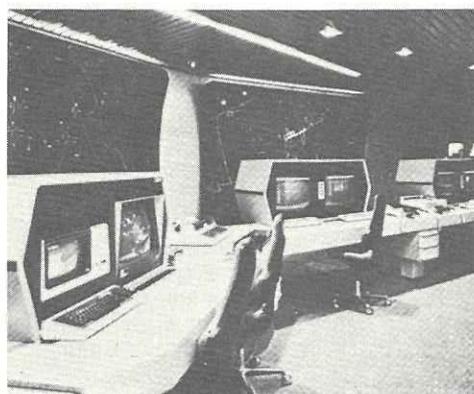


Nancy : le trolleybus articulé bimode PER 180.

Photos District Urbain de Nancy.



Nancy : couloir réservé avec séparateurs physiques.



Nancy : poste central de régulation (transport en commun).

Photo Transport Public.

Les autres lignes équipées d'autobus (129 autobus standard et 12 autobus articulés) seront dans le même temps restructurées pour assurer les correspondances et rabattements nécessaires et, de manière générale, une meilleure desserte de l'agglomération.

Le trolleybus articulé PER 180, construit par Renault Véhicules Industriels, dispose d'une bimodalité totale (le moteur diesel a une puissance équivalente à celle du moteur électrique) qui lui confère une souplesse d'adaptation, une sécurité et une fiabilité d'utilisation inconnues jusqu'à présent : ce type de véhicule présente donc les avantages de la traction électrique, ce qui se traduit essentiellement par un faible niveau de bruit, l'absence de pollution, des performances en côte exceptionnelles, des accélérations nettement supérieures à celles des autobus classiques. La bimodalité lui confère également une autonomie sur les sections non encore équipées de lignes aériennes, ce qui permet donc la desserte de secteurs semi-urbains situés dans le prolongement d'une ligne trolleybus, comme c'est le cas pour la ligne 3. Le moteur thermique permet de faire face à des pannes sur le réseau d'alimentation ou de contourner les obstacles sur un itinéraire de déviation non équipé de lignes de contact. Le passage du véhicule dans les sites classés qui ne peuvent admettre des lignes aériennes est possible grâce à son autonomie.

Dans le cadre de l'opération trolleybus, un plan de circulation a été mis en application pour améliorer la vitesse commerciale et la régularité des transports en commun grâce, notamment, à la création de nouveaux couloirs réservés et de sites propres aménagés et à la mise en place d'un système de régulation du trafic.

Avant l'opération trolleybus, il y avait déjà 6 km de couloirs réservés, en majorité à contresens ; 4 km supplémentaires ont été ajoutés dans le cadre de cette opération ; aux points stratégiques, la plupart de ces nouveaux couloirs ont été équipés de séparateurs physiques. En outre, l'itinéraire de la rue Saint-Jean a été entièrement réservé aux piétons et aux transporteurs publics par un site propre de 600 m, qui sera prolongé ultérieurement.

La mise en service du poste central de régulation, en octobre 1982, a rendu possible la mise en place d'une double régulation (trafic général d'une part, véhicules de transport en commun d'autre part) permettant d'accorder aux autobus et trolleybus la priorité aux carrefours stratégiques et, ainsi, d'assurer la régularité de leur passage aux arrêts. Le principe en est simple et repose sur un dialogue permanent entre deux types d'ordinateurs : l'ordinateur de circulation enregistre à chaque instant l'état de la circulation générale et gère les carrefours en commandant les feux ; l'ordinateur de gestion des transports collectifs suit en

permanence l'ensemble des autobus et des trolleybus et, en fonction de leur position (avance ou retard), demande à l'ordinateur de circulation de leur accorder la priorité au carrefour correspondant, ceci dans la mesure où l'état de la circulation générale le permet. Lorsque l'un d'eux se présente à un carrefour régulé en retard sur son horaire, deux solutions sont appliquées :

- aux heures creuses, lorsque la capacité du carrefour est suffisante, une priorité absolue lui est donnée ;
- aux heures de pointe, lorsque le trafic est supérieur aux capacités d'écoulement du carrefour, il ne bénéficie que d'une priorité relative.

Toute l'originalité de cette régulation jumelée consiste en effet à favoriser la progression des transports en commun dans la circulation générale tout en maintenant les bonnes conditions de fluidité des véhicules particuliers.

Le poste central comprend les équipements informatiques relatifs à la surveillance centralisée de :

- la régulation de 350 carrefours équipés de feux et du pilotage de 5 coordinateurs de zone (Nancy possède maintenant la plus grosse unité centrale d'Europe en matière de régulation) ;
- la régulation centralisée des 189 autobus et trolleybus, suivis en permanence par un système émetteur-récepteur radio ;
- la commande centralisée de l'énergie électrique du réseau de trolleybus (surveillance du réseau et des 12 sous-stations d'alimentation).

Avec la mise en service des trolleybus bimode et l'amélioration des conditions de circulation grâce à la régulation centralisée, les responsables locaux escomptent un regain de faveur de la clientèle, le trafic espéré pour 1983 étant de 28,6 millions de voyages contre 23 millions en 1980, soit une croissance de 24 %. Toujours par rapport à l'année 1980, année de base ayant vu l'adoption du projet et la signature du contrat de développement avec l'État, la croissance de l'offre de transport collectif sera de 24 % en véhicules-kilomètres et de 40 % en places-kilomètres. ■

(Travaux, Octobre 1982 ;
La Vie du Rail, 20 janvier 1983)

NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER



LONDRES

Début de la construction de la boucle souterraine du métro à l'aéroport d'Heathrow

Le 9 février 1983, une cérémonie officielle a eu lieu pour inaugurer les travaux de construction du prolongement de la ligne de métro Piccadilly qui assurera la desserte du nouveau terminal — le quatrième — de l'aéroport d'Heathrow. Ce prolongement, qui constituera une boucle souterraine à voie unique de 5,5 kilomètres de longueur, part de la station « Hatton Cross » pour desservir la nouvelle station « Terminal 4 » et rejoindre le terminus actuel « Heathrow Central », mis en service en décembre 1977. Dans sa partie ouest, le tracé de la boucle comporte une section en ligne droite qui permettra la construction d'une station supplémentaire au cas où un cinquième terminal serait édifié, à Perry Oaks, ce terminal devant alors être relié à la station de métro par un système de transport automatique.

La circulation des trains s'effectuera dans le sens des aiguilles d'une montre, mais les deux voies de la section existante Hatton Cross-Heathrow Central seront conservées de façon que le service puisse être assuré entre le centre de Londres et Heathrow Central en cas de panne d'un train sur la boucle.

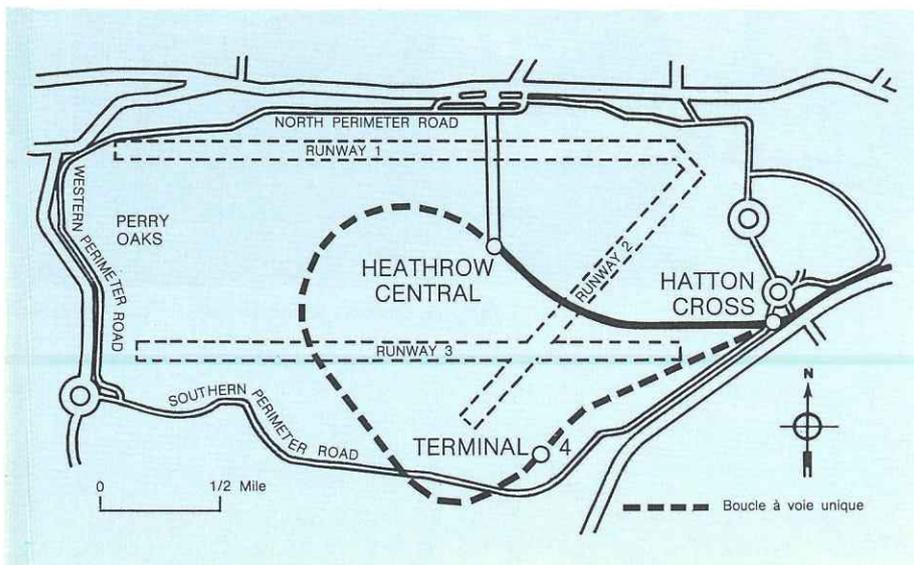
Si, pour la construction du tunnel, ce sont des techniques classiques qui seront utilisées, en revanche la pose de voie sera d'un type nouveau pour le métro de Londres. Cette pose de voie est constituée par des rails Vignole soudés, fixés par des attaches Pandrol à des traverses en béton dont les extrémités sont munies d'une couverture en néoprène pour réduire le bruit et les vibrations.

L'ouverture à l'exploitation de la boucle, dont le coût est évalué à 25 millions de £ (*), est prévue pour 1987. La mise en service du nouveau terminal devant avoir lieu au printemps 1985, des autobus assureront la liaison entre ce terminal et la station de métro « Hatton Cross » jusqu'en 1987. ■

(Modern Railways, avril 1983)

(*) 1 £ ≈ 11,70 francs.

Métro de Londres : prolongement de la ligne Piccadilly sous l'aéroport d'Heathrow.



LE CAIRE

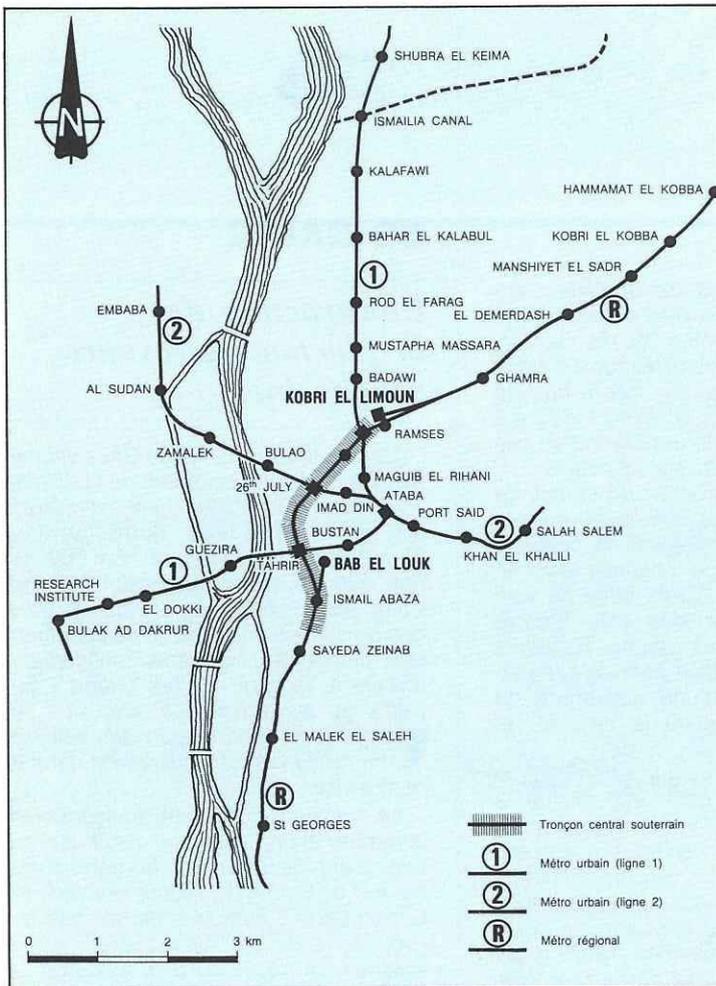
Construction de la jonction ferroviaire souterraine

La population actuelle du Caire est mal connue, mais probablement de l'ordre de 11 millions d'habitants. Les estimations les plus sérieuses conduisent à 20 millions d'habitants en l'an 2000 si rien n'arrête cette progression. Or, Le Caire est quotidiennement confronté à des problèmes énormes de déplacement dus, en grande partie, à sa configuration linéaire le long du Nil (Le Grand Caire s'allonge sur environ 40 km) et à la concentration de la plupart des activités commerciales et administratives dans le centre-ville.

Le système existant de transports en commun (train, tramway, autobus) est totalement saturé, même en dehors des heures de pointe, et l'accroissement de la circulation automobile est tel que les rues se bloquent durant des heures entières. La nécessité d'un système de transport de masse s'est donc imposée.

Des études réalisées, à la demande du Gouvernement égyptien, par la SOFRE-TU, ont préconisé l'aménagement d'un axe ferroviaire régional nord-sud, en partie existant, et la construction ultérieure de deux lignes de métro urbain, avec lesquelles la ligne régionale sera en correspondance.

La section sud de la future ligne régionale — l'actuelle ligne de banlieue reliant la gare de Bab El Louk à Helwan, de 25 km de longueur — est déjà électrifiée depuis une vingtaine d'années. Des travaux de rénovation y sont en cours : renouvellement de la voie, suppression des passages à niveau, pose de clôtures et construction de 17 sous-stations. Le nouveau matériel roulant est déjà en service sur la ligne d'Helwan. Une première série de 52 rames de trois voitures a été livrée en 1981 et 1982 par un groupe de constructeurs français. La section nord sera constituée par la ligne d'El Marg, de 10 km de longueur, qui relie la gare de Kobra El Limoun à El Marg en traction diesel ; son électrification et sa moderni-



Plan du futur métro (régional et urbain) du Caire.

Document PCM.

sation sont prévues dans une phase ultérieure.

La réalisation « clé en mains » du tronçon central de 4,5 km de longueur, qui assurera la jonction de ces deux lignes en souterrain, a été confiée à un consortium franco-égyptien, sur la base du projet établi par la SOFRETU. La cérémonie d'inauguration des travaux, qui devraient durer environ 4 ans, a eu lieu le 3 mai 1982.

Ce tronçon, qui traverse le centre-ville, sera constitué par un tunnel à deux voies à gabarit chemin de fer, de 4 km de longueur, avec deux trémies d'accès à chaque extrémité. Il comportera cinq stations souterraines de 200 m de longueur, dont trois stations de correspondance avec les futures lignes de métro urbaines, qui seront plus profondes. Le tunnel et les stations seront construits, à une profondeur de 7 à 10 m, par la méthode de la tranchée couverte, avec utilisation de parois moulées comme piédroits. ■

(PCM, novembre 1982)



CARACAS

Inauguration du métro

Le 2 janvier 1983, le premier tronçon du métro de Caracas a été inauguré par le Président de la République du Venezuela.

Il s'agit d'une section de 6,9 km de la ligne 1, reliant le terminus « Propatria » à la station « La Hoyada »; en tunnel, à l'exception d'un viaduc de 1,6 km, cette section comprend huit stations qui, dans la phase initiale, ne sont ouvertes que de 10 à 16 heures.

La place qu'occupe l'industrie française est largement prépondérante dans cette réalisation, due essentiellement à un consortium français — Frameca — regroupant quatorze sociétés (*). Un prolongement de 5 km de longueur, avec six stations, devrait être mis en service en août 1983. ■

(La Vie du Rail, 3 février 1983)

(* N.D.L.R. : Il convient de rappeler que la SOFRETU a été chargée, notamment, du suivi de la réalisation. Une présentation détaillée du nouveau métro fera l'objet d'un article dans un prochain numéro de notre revue.



Métro de Caracas : station en viaduc « Caño Amarillo ».

Photo S.J. Brown.

YUKARIGAOKA

Mise en service du système de transport automatique VONA-1

Après Kobe et Osaka — au début de 1981 — une autre ville japonaise est dotée d'un système de transport automatique sur pneumatiques : en effet, le 1^{er} novembre 1982, une ligne de 2,7 km de longueur, équipée du système VONA-1, a été mise en service à Yukarigaoka, ville nouvelle située à une quarantaine de kilomètres de Tokyo. Il s'agit d'une adaptation du système VONA (Vehicle Of New Age), mis au point par un constructeur japonais et dont une ligne circulaire assure la desserte interne

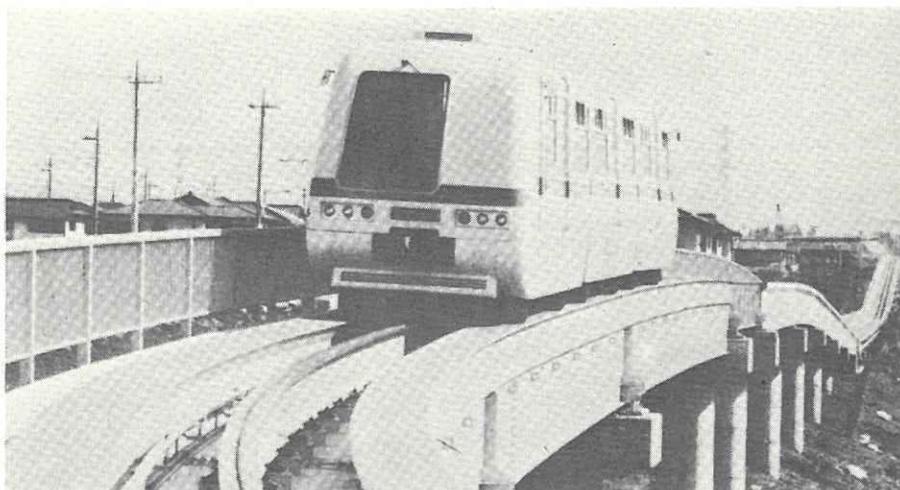


Photo Railway Gazette International.

Rame de VONA-1 sur viaduc.

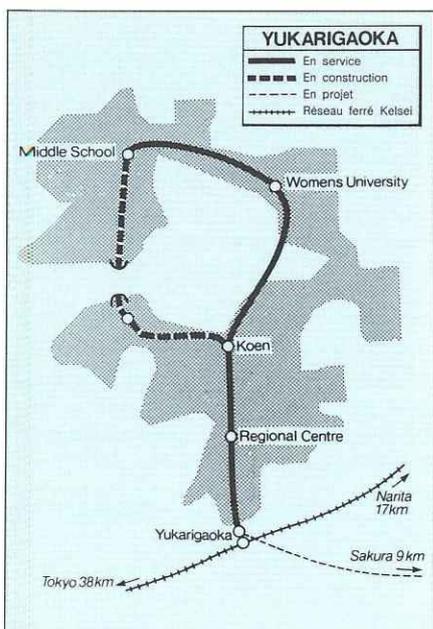


Schéma de la ligne de VONA-1.

d'un parc de loisirs à Narashino depuis 1972.

A Yukarigaoka, la ligne a été construite pour relier la ville nouvelle à la gare du réseau ferré de banlieue Keisei. Les stations — actuellement au nombre de cinq — sont implantées près des établissements d'enseignement, des zones industrielles et du centre-ville qui comprend des hôpitaux et des magasins. A la fin de 1983, lorsque la ligne sera achevée, elle formera une ligne à boucle de 4,2 km, avec six stations au total. A l'exception d'un court tunnel entre les stations « Middle School » et « Koen », la ligne est établie en viaduc. Le trafic initial, évalué à 4 800 voyageurs par jour, devrait passer à 6 600 voyageurs en 1984 et à 17 000 lorsque la ville nouvelle sera terminée et ses 20 000 habitants installés.

Chacune des trois rames actuellement en service comporte deux motrices encadrant une remorque. Motrices et remorques, à caisse en aluminium, ont respectivement une longueur de 8,85 et 8 mètres, un poids de 10 et 8 tonnes, et une capacité de 65 voyageurs (dont 24 assis) et 75 voyageurs (dont 28 assis). L'alimentation en courant de traction 750 volts se fait par deux rails de contact; chaque rame est équipée de deux moteurs de 150 kW et d'un système de freinage électropneumatique.

Les voitures, munies de roues à pneumatiques, circulent sur des pistes de roulement en béton ou en acier revêtues d'un enduit en résine pour améliorer l'adhérence par temps humide, et sont guidées par quatre roues de guidage s'appuyant sur une poutre centrale en forme de H.

Les rames — sur lesquelles un conducteur est maintenu — disposent d'un appareillage automatique de contrôle continu de la vitesse et d'arrêt d'urgence commandé par des messages codés provenant de balises installées le long de la voie. Toutes les stations sont exploitées sans personnel fixe. Le poste central de commande de l'exploitation est situé à la station « Koen ».

La municipalité de la ville nouvelle de Yukarigaoka envisage le prolongement de la ligne jusqu'à la gare la plus proche du réseau des Chemins de fer japonais, située à Sakura, à 9,2 km vers l'est. ■

(Railway Gazette International, avril 1983.)

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

