

# Les nouveaux transports urbains

par Bernard Félix

2131

ard Félix est le  
teur de la  
che transports et  
agement à la  
éte Matra.

■ En Europe, aux États-Unis et au Japon, la crise de l'énergie et l'encombrement des villes ont contraint les autorités et les industriels à concevoir de nouveaux systèmes de transport urbain. Ils se sont orientés vers l'automatisme, le petit gabarit, le pneu, les petites cabines circulant à haute fréquence. Comment réagiront les usagers ? Seront-ils satisfaits de la qualité de service ? Les applications ont été jusqu'ici trop partielles mais l'expérimentation dans les villes sera décisive. En 1981, les habitants de Lille, Osaka et Kobe pourront juger.

■ C'est il y a maintenant un peu plus de dix ans que l'on s'est intéressé, dans plusieurs pays industriels avancés, au développement de formes évoluées de transports publics urbains. En faisant appel à des matériaux et des technologies nouvelles, différents inventeurs ont pensé possible de proposer aux exploitants d'autres systèmes de transport. Mais leur démarche était hésitante car les objectifs à poursuivre étaient, au départ, difficiles à cerner. Le transport public urbain connaissait cependant une crise profonde.

Dans la plupart des pays riches, le développement du parc automobile privé avait déjà atteint un niveau tel que, malgré le développement de la mobilité des citadins, le transport public souffrait d'une désaffection grave. Et les réseaux de surface voyaient leur fonctionnement entravé, dans toutes les artères des villes, par la circulation des automobiles et des camionnettes de livraison, ce qui accroissait encore le désintérêt du public pour un système qui leur offrait un service dégradé : régularité diminuée, fréquences aléatoires, parcours plus longs. Quant aux réseaux en site propre, métros et chemins de fer de banlieue, leur utilisation aux heures de pointe était peu tentante en raison des cohues qu'on y rencontrait et des bousculades auxquelles on s'exposait. Le transport public est ainsi devenu de plus en plus un transport social ; ses usagers sont ceux qui ne peuvent trouver d'autres moyens pour se déplacer ; un terme nouveau, celui de « captif » était mis à la mode pour traduire ce phénomène. Les exploitants, quant à eux, voyaient apparaître, dans leurs bilans, des déficits d'exploitation croissants, et une subvention publique devenait nécessaire pour leur permettre de faire face à leurs dépenses où les salaires tenaient une place grandissante. Une telle situation, qui les rendaient très dépendants des administrations municipales, ne pouvait les inciter à investir pour améliorer les prestations offertes aux citadins. Les années passant, le déficit est devenu chronique et les villes ont été amenées à intervenir de plus en plus dans la gestion de leurs réseaux. Mais elles l'ont souvent fait comme en rechignant, accablées qu'elles étaient par ailleurs par les difficultés financières de toutes sortes qu'elles connaissaient pour faire face au développement urbain.

Dans les pays pauvres, la crise du transport public sévissait aussi mais elle prenait une autre forme. C'est l'explosion démographique et l'exode des campagnes qui, remplaçant les grandes métropoles, les obligaient à développer très vite des réseaux de transports publics de plus en plus étendus. Mais l'accroissement des flux, combiné avec la naissance d'une circulation automobile obstruant les artères centrales, provoquait une situation critique, dans certains cas proche de l'émeute. La solution de ces problèmes, à savoir des transports en site propre, impliquait des moyens de financement rarement à la portée des villes de ces pays. En effet, les solutions classiques et particulièrement le métro souterrain, étaient très onéreuses et les solutions plus dépouillées comme le tramway n'étaient pas toujours suffisantes, quand les villes ne se prêtaient pas à la séparation du trafic automobile et du tramway ; on le voit, par exemple, au Caire. Ainsi, dans ces pays, le transport public ne pouvait-il se développer convenablement pour satisfaire les besoins. Et malgré l'importance de la clientèle, la nécessité de maintenir des tarifs très bas ne permettait pas d'introduire dans le bilan des sociétés des charges financières lourdes pour couvrir les investissements importants.

## Que reste-t-il de l'époque des inventeurs ?

A cette crise du transport public urbain, les inventeurs pensaient répondre en faisant espérer une réduction des coûts d'exploitation et une augmentation de la qualité de service offerte aux usagers. Ces perspectives ne pouvaient manquer d'intéresser les exploitants.

En réalité, au début des années 1970, les premières manifestations de ces idées nouvelles ne concernaient pas des systèmes complets et directement exploitables. Ce que l'on pouvait voir à l'aéroport de Dulles, près de Washington, à l'exposition Transpo 72 ou à Paris à Transport-Expo en 1973, c'étaient plutôt des orientations de recherches, des éléments de technologie, des sous-systèmes souvent intéressants, mais autour desquels il fallait encore bâtir un système cohérent et exploitable dans des conditions de sécurité et d'économie acceptables.

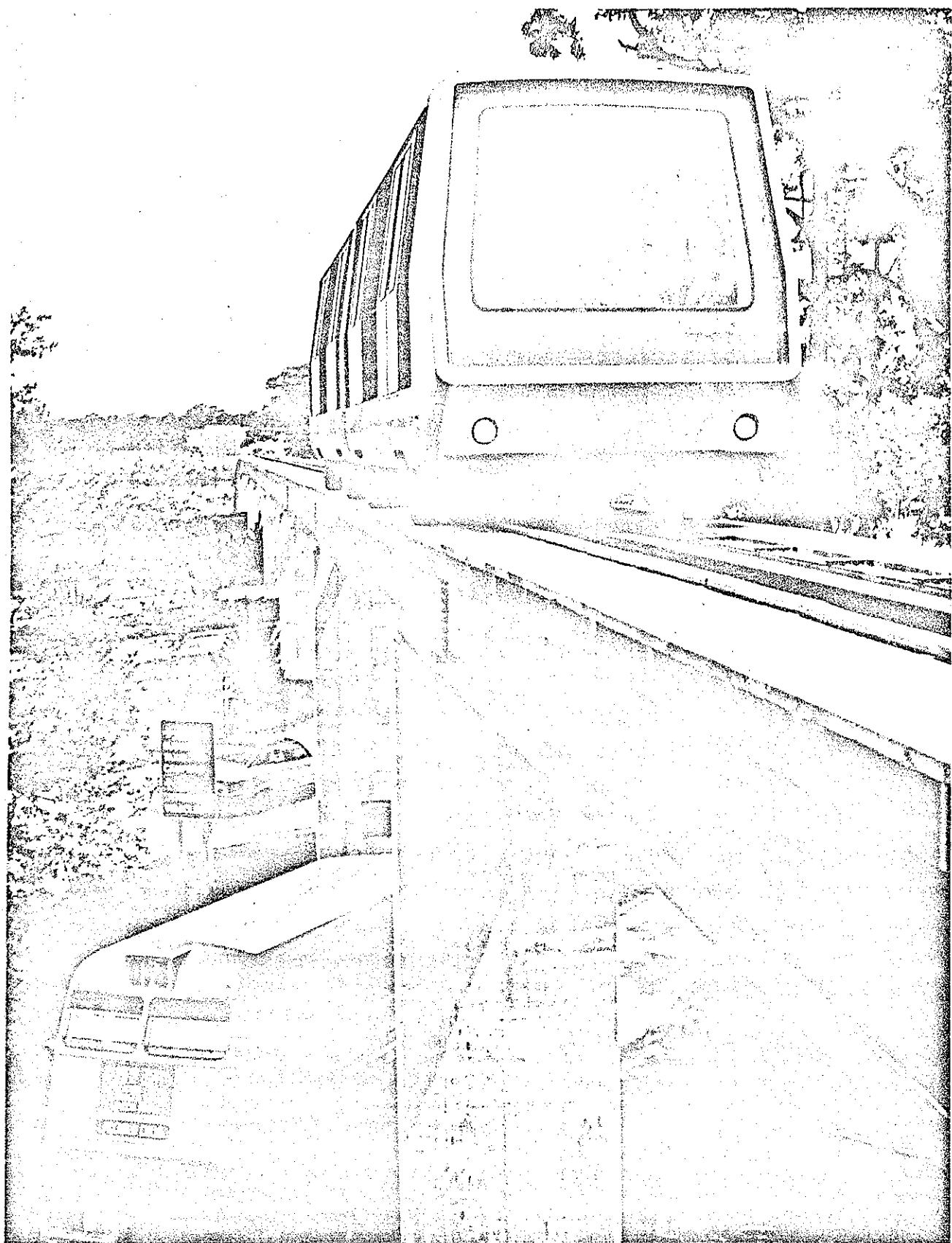
De quelles technologies s'agissait-il ?

Du coussin d'air; de la sustentation magnétique pour remplacer les roues et les voies de roulement (éléments lourds et onéreux); du moteur linéaire pour remplacer les moteurs électriques de traction usuels ou le moteur diesel; voire de la pince et du câble ou même de la chaîne redécouverts malgré leur rigidité d'emploi en raison de la légèreté des structures nécessaires et de leur fonctionnement peu bruyant.

Après l'époque des inventeurs attachés à telle ou telle technologie particulière autour de laquelle on cherchait, plus ou moins adroitement, à construire un ensemble exploitable, est venue celle des ingénieurs et des industriels qui, par une démarche différente, fondée d'abord sur une définition précise et détaillée des objectifs globaux à atteindre, puis sur les techniques économiques acceptables, ont bâti leurs projets en utilisant certes des technologies nouvelles, mais intégrées à une vue d'ensemble du système et en pleine connaissance de leurs limites d'emploi. Cette période s'est marquée par un travail plus long d'analyse, d'essais de composants, de réflexion et de simulation sur l'exploitation, de recherches touchant la sécurité, la fiabilité et l'aptitude à la maintenance des éléments et des systèmes complets. La lenteur et le caractère peu spectaculaire des résultats ont pu, à tort, faire croire que l'idée des transports nouveaux était abandonnée alors qu'il s'agissait à dire vrai, d'une période de maturation lente mais non sans efficacité. Bien entendu, ces études ont provoqué l'abandon de certaines technologies jugées aujourd'hui inutilisables.

C'est maintenant où ces efforts commencent à déboucher, qu'il est intéressant d'en faire le point en comparant la situation des développements des différents systèmes et les résultats acquis dans les principaux pays qui ont poursuivi leur effort. L'Allemagne a donné le ton au cours de la grande exposition IVA, en juin 1979, à Hambourg. Mais les développements au Japon, aux États-Unis et en France ne manquent pas non plus d'intérêt. On verra d'ailleurs, au fur et à mesure de cette revue, apparaître deux approches assez différentes :

— celle des systèmes restant encore proches des systèmes anciens existants où l'effort de développement a porté surtout sur des améliorations de certains éléments mais non sur l'ensemble ;



Le transit Expressway construit par la société américaine Westinghouse, est un de ces nouveaux systèmes de transport urbain. Comme les autres, il exhibe les caractéristiques suivantes: conduite automatisée, petites rames, roulement sur pneus, d'où confort, sécurité et haute fréquence de passage. (Document Westinghouse.)

tomatisme intégral de conduite  
é d'une recherche de performances  
iques que la conduite humaine  
ermettait pas d'obtenir.

	AGT (OSAKA)	VAL (LILLE)
longueur de la ligne (km)	6,9 double voie	12,7 double voie
nombre de stations	8	17
interstation moyenne	862 m	747 m
rampe maximum	2,5 %	7 %
date d'autorisation	7.12.1977	27.4.1977
date prévue pour la 1 <sup>re</sup> mise en service	avril 1981	octobre 1981
nombre de voitures	68	2 x 38 = 76
nombre de voitures d'un train	4 puis 6 au bout de 3 ans	2 (4 en l'an 2000)
longueur x largeur x hauteur (en m)	7,6 x 2,28 x 3,15	12,5 x 2,06 x 3,25
surface totale/voiture	17,4 m <sup>2</sup>	25,75 m <sup>2</sup>
surface utile/voiture	16 m <sup>2</sup> (1)	22,6 m <sup>2</sup>
capacité d'une voiture et pourcentage de places assises (nombre de places assises indiqué entre parenthèses)	7 pers/m <sup>2</sup> 4 pers/m <sup>2</sup>	75 (25) = 33 % 54 (25) = 47 %
intervalles	heures de pointe	2'15"
	heures creuses	3' à 5'
trafic	journalier	en 1990 72 000/jour
	annuel (millions) (2)	en 1985 100 000/jour
		18/an
		25/an
débit horaire maximum par sens	7 pers/m <sup>2</sup> 4 pers/m <sup>2</sup>	12 000/heure 8 600/heure
vitesse maximum		50 km/h
vitesse commerciale		27 km/h
mode de fonctionnement		programmé
infrastructure et voies		surélévé : 2,38 km au sol : 0,867 km tranchée couverte : 4,2 km tunnel : 4,57 km
personnel à bord (par train)	1 (pendant 5 ans)	0
coût d'acquisition/km	21,88 m \$	14,39 m \$
coût d'exploitation/km	1,842 m \$	0,750 m \$
coût d'exploitation par passager	= 3,15 F/passager	= 1,72 F/passager

Osaka et Lille auront des systèmes de transport assez comparables. En 1981, Lille sera équipée de son premier métro, le VAL, et si tout se passe bien, la banlieue d'Osaka sera aussi desservie par un nouveau système de transport automatique AGT. Nous avons essayé ici de comparer les deux installations qui illustrent ce que seront les transports publics urbains de demain. On voit qu'il s'agit dans les deux cas de systèmes automatiques (au moins à terme pour Osaka) composés de véhicules de taille comparable. Toutefois, la vitesse de pointe du système français est sensiblement plus élevée et l'intervalle minimum entre rames nettement plus court. Trafics, dates de mise en service et coûts sont relativement proches.

— celle des systèmes totalement nouveaux où tout a été remis en cause.

Dans le premier cas, l'innovation porte le plus souvent sur l'automatisme de conduite qui apporte une réduction du personnel et un meilleur rendement du parc des véhicules. Dans le second cas, l'automatisme intégral de conduite est le plus souvent présent, mais les innovations portent aussi sur la sustentation, le guidage, la motorisation, etc. Bien entendu, les systèmes qui relèvent de cette seconde approche, plus longs à concevoir et plus difficiles à réaliser, sont généralement aujourd'hui à un stade de développement moins avancé que ceux qui relèvent de la première approche. Ils constituent cependant pour l'avenir des axes de recherche intéressants. Ainsi l'automatisme est-il le principal point commun entre tous ces systèmes.

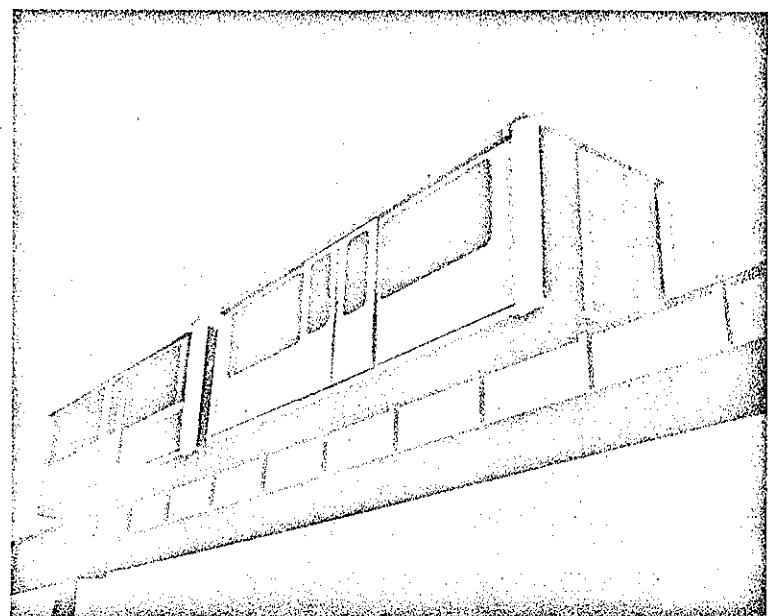
#### L'automatisme de conduite s'impose.

Nous attachant, nous l'avons dit, essentiellement aux transports urbains, nous ne parlerons guère des ambitieuses recherches menées par l'Allemagne et par le Japon sur les très grandes vitesses. Les systèmes auxquels on pense, dans ces pays, ont le défaut fondamental de n'être pas compatibles avec le système ferroviaire. Outre des raisons techniques, cette raison de fond en retardera certainement l'élosion. Mais, nous croyons nécessaire de les signaler cependant, car ces systèmes font aussi appel à des asservissements et à des automatismes très performants et marqueraient donc une autre étape de l'intrusion de l'électronique dans le transport. En outre, ces systèmes sont, d'après nous, le domaine d'élection — s'il en est un — pour les techniques de sustentation magnétique qui ne trouveraient un débouché que dans les très grandes vitesses (400 km/h et plus) et dans les grandes distances (200 à 1000 km).

Dans le domaine des transports nouveaux, trois améliorations fondamentales caractérisent aujourd'hui la plupart des systèmes. Il s'agit de l'automatisme intégral de conduite, de la haute fréquence de passage, et de la réduction de la capacité unitaire des véhicules. Ces trois améliorations ne sont d'ailleurs pas totalement indépendantes, la première étant la condition de réalisation des deux autres.

L'automatisme de conduite est né parfois d'une recherche de réduction des biens d'exploitation. C'est le cas du métro VAL à Lille comme de certains systèmes américains. Mais le plus souvent ce caractère fondamental des nouveaux systèmes de transport est la conséquence d'une recherche de performances techniques (vitesses élevées, réduction des intervalles entre trains ou entre véhicules, accroissement de la sécurité) que la conduite humaine ne permettait pas

## 1. Trois systèmes pour l'Allemagne



Le Magnet-Bahn. (Document Magnet-Bahn GmbH.)

■ La République fédérale d'Allemagne a consacré très tôt d'importants efforts de recherche et de développement dans le domaine des transports nouveaux. Trois systèmes existent aujourd'hui et en sont au stade de l'expérimentation.

*Le K. Bahn* (Kabinen taxi) mis au point par les firmes Demag, MBB et Telefunken et qui sera prochainement testé à Hambourg. L'étude économique aurait montré l'intérêt du système par rapport à une solution fondée sur des autobus, en raison d'un trafic relativement élevé (70000 personnes/jour au démarrage). Le coût d'exploitation en particulier serait de 15 % inférieur à ceux des autobus. Pour l'application à Hambourg, qui durera deux ans, c'est une solution de cabines à douze places assises qui a été retenue. L'arrêt se fait à la demande. Le principe de la poutre porteuse à deux niveaux confère à ce système, aux yeux de ses promoteurs, un grand rendement et une diminution des coûts de génie civil (ce n'est pas absolument évident pour les stations deux fois plus hautes!).

*Le H. Bahn*, construit par Siemens et Duwag fera l'objet d'une opération auprès des habitants d'Erlangen. Les autres villes prévues à plus long terme sont Dortmund, Stuttgart et Berlin. Là aussi les cabines, plus grandes que pour le système précédent, sont suspendues. Les aiguillages étudiés seraient à manœuvre plus rapide et présenteraient toutes les garanties opérationnelles requises. Seuls les tests d'endurance pourront cependant en

prouver la fiabilité et surtout la sécurité.

*Le Magnet-Bahn* se présente, sur le plan technique, comme constitué de cabines de quarante places, en train de trois cabines, circulant toutes les minutes. Le véhicule est inerte et la propulsion ainsi que la sustentation sont données par la voie, disposant de moteurs linéaires et de dispositifs à attraction magnétique. Cette solution coûteuse d'infrastructure ne peut se justifier que pour des trafics élevés, de l'ordre de 8 à 9000 personnes-heure. Aussi envisage-t-on de l'expérimenter lors de la Foire de Hanovre en 1982. Il y assurerait les liaisons intérieures sur une boucle de 3,5 km pour un montant de 35 millions de DM. Le véhicule, plus léger puisqu'il est inerte et dépourvu de train de roulement, pourrait être plus économique et demander moins d'énergie pour son déplacement, selon ses promoteurs. Beaucoup mettent en doute la réalité des économies de poids sur le véhicule en raison notamment des dispositifs de sécurité à prévoir en cas de pannes; seule, l'expérience en vraie grandeur permettra de voir ce qu'il en est réellement. Dans l'esprit des autorités allemandes, ces nouveaux transports devraient s'étendre et remplacer le métro pour les extensions hors des villes. En effet, les dépenses d'investissements de ces systèmes automatiques seraient nettement plus faibles que celles des métros classiques: de l'ordre de 10 millions de DM du km tout compris. Quant à l'exploitation, grâce aux automatismes, elle devrait rester d'un coût modéré.

en les systèmes, il s'écoulera 100, 0 ou 3 secondes entre deux rames.

d'obtenir. Il n'est d'ailleurs que de rappeler que, sur le métro urbain de Paris, la plupart des lignes fonctionnent depuis quelques années déjà en automatique au moins aux heures de pointe, c'est-à-dire à celles où la conduite doit être la plus performante et où l'attention des conducteurs risquerait d'être sollicitée au-delà de ce qui est humainement possible. A ce moment, le conducteur se contente de veiller à l'ouverture et la fermeture des portes des voitures, et de vérifier le bon fonctionnement de l'automatisme. En général les transmissions voie-machine et machine-voie sont gérées par un PCC, poste central de contrôle (cas du VAL, poste central de contrôle (cas du VAL,

des systèmes Boeing ou Airtrans) et ce n'est qu'en cas d'incidents, que le conducteur reprend les manettes, avec des performances moindres, bien sûr.

Les systèmes utilisés pour la conduite automatique sont assez variés d'un constructeur à l'autre, mais on peut en distinguer deux grands types: les systèmes centralisés et les systèmes décentralisés. Dans les premiers, c'est un poste central qui traite les informations reçues du véhicule et de la voie, qui élaboré en permanence les ordres de conduite et qui les retransmet aux véhicules, en vérifiant en outre qu'ils exécutent convenablement les ordres reçus. Dans les seconds, il y a

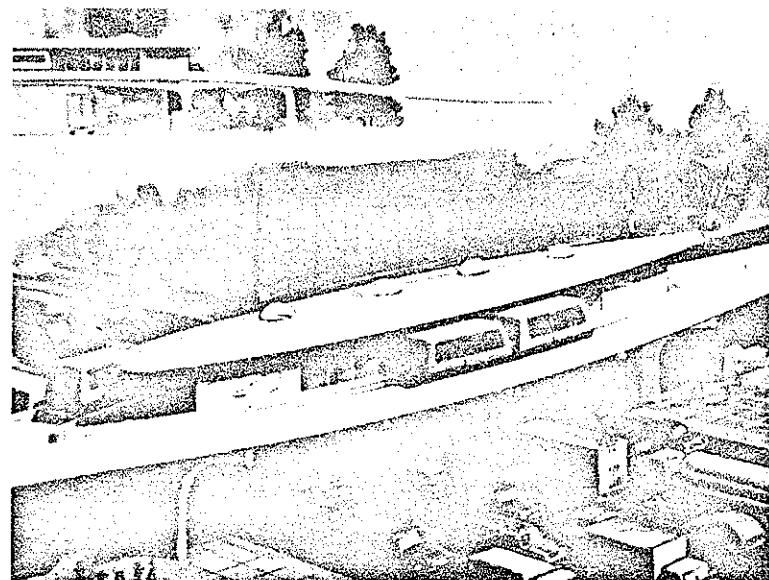
seulement une surveillance centrale mais chaque véhicule a son propre programme de marche et l'exécute en tenant compte des informations qu'il reçoit et qu'il traite, que ces informations proviennent de lui-même ou de la voie. Dans ce type de solution, on augmente un peu la difficulté à bord (et le coût de l'électronique embarquée) mais on simplifie notablement l'importance des transmissions voie-machine et machine-voie, d'où une économie compensatrice et un certain gain de sécurité, ces transmissions étant difficiles à réaliser dès qu'elles dépassent un certain niveau.

Au premier type de conception, appartiennent la plupart des systèmes allemands et japonais. Les systèmes français sont de conception relativement décentralisée (VAL et Aramis). Il y a, bien sûr, toute une série de solutions intermédiaires possibles entre les deux extrêmes. Les exigences de l'automatisme sont d'ailleurs elles aussi assez variables. On s'accorde en général pour considérer qu'en dessous d'une fréquence de 90 à 100 secondes entre rames (2 minutes, disent certains) la conduite doit être totalement automatique. Avec des systèmes encore proches du métro (VAL à Lille, Westinghouse aux États-Unis, Kabinen Taxi en Allemagne), on reste aux environs de la minute (nettement plus même, au Japon pour les systèmes en cours d'installation à Kobe et à Osaka). Mais avec des systèmes en cours de développement, on voit apparaître des intervalles de 20 à 30 secondes (Aramis, Poma 2000 en France, Boeing, Airtrans aux États-Unis) et même des performances encore plus ambitieuses (3 secondes pour le programme AGRT aux États-Unis ou pour le système CVS au Japon).

Le programme AGRT (Advanced Group Rapid Transit) mérite quelques commentaires. Si la politique du gouvernement fédéral a pu sembler par le passé assez fluctuante, car les crédits alloués ont plusieurs fois varié assez fortement dans le temps, en réalité il y a une indéniable continuité de principe dans la politique de recherche à long terme qui constitue aujourd'hui ce programme. Pour l'instant, AGRT a fait en 1979 l'objet de deux contrats de recherche à long terme de 30 millions de dollars chacun environ, confiés aux firmes OTIS et Boeing. Chaque contrat du programme AGRT prévoit: la définition précise du système, la construction d'une piste d'essai de près d'un mille de longueur, la fabrication de plusieurs véhicules et des équipements associés (pilotage automatique), et des essais de fiabilité et d'endurance.

Le projet est ambitieux et, personnellement, nous pensons que bien des obstacles seront à vaincre avant que ces systèmes puissent être considérés comme opérationnels (problèmes de sécurité en cas de pannes multiples, par exemple).

## 2. Au Japon, trois secondes entre chaque cabine



Le système KRT. (Document Boeing.)

■ On connaît l'extraordinaire développement des transports publics rendu indispensable par la grande concentration de la population japonaise. L'effort de recherche en matière de transports nouveaux a abouti à la réalisation de neuf prototypes et d'une voie d'essai. Parmi eux, ont été développés sous licence américaine, le NTS (licence Airtrans), le KRT (licence Boeing) et le Fast (licence Bendix, Dashavoyor). Les caractéristiques générales sont: l'exploitation automatique, la traction électrique, le roulement sur pneu, une vitesse maximale modérée de 60 km/h, des véhicules de capacité moyenne (30 à 75 passagers) et des intervalles entre trains de l'ordre de 90 secondes. Le système CVS, constitué de voitures de 5 à 6 places, est le seul pour lequel on prévoit un intervalle minimum, très théorique, de 3 secondes! Somme toute, ces systèmes seraient en mesure de

transporter 10 à 20000 passagers/heures-sens.

Deux systèmes, le KRT et le CVS ont déjà été expérimentés sous une forme simplifiée auprès du public à l'occasion de l'exposition océanographique d'Okinawa en 1976 et, pour 1981-1982, les autorités japonaises prévoient une mise en service de ces transports automatiques dans les villes d'Osaka, de Kobe, d'Yokohama, de Komaki, de Sakura et de Saitama.

D'une façon générale, il ne s'agit pas de remplacer les trains de banlieue à forte densité, ni les métros, mais de créer des systèmes d'alimentation des stations principales des trains de banlieue. La longueur des lignes prévues est de 5 à 10 km (voie double), le trafic journalier de 6000 à 100000 passagers, le trafic de pointe de 2000 à 12000 passagers par heure, et par direction.

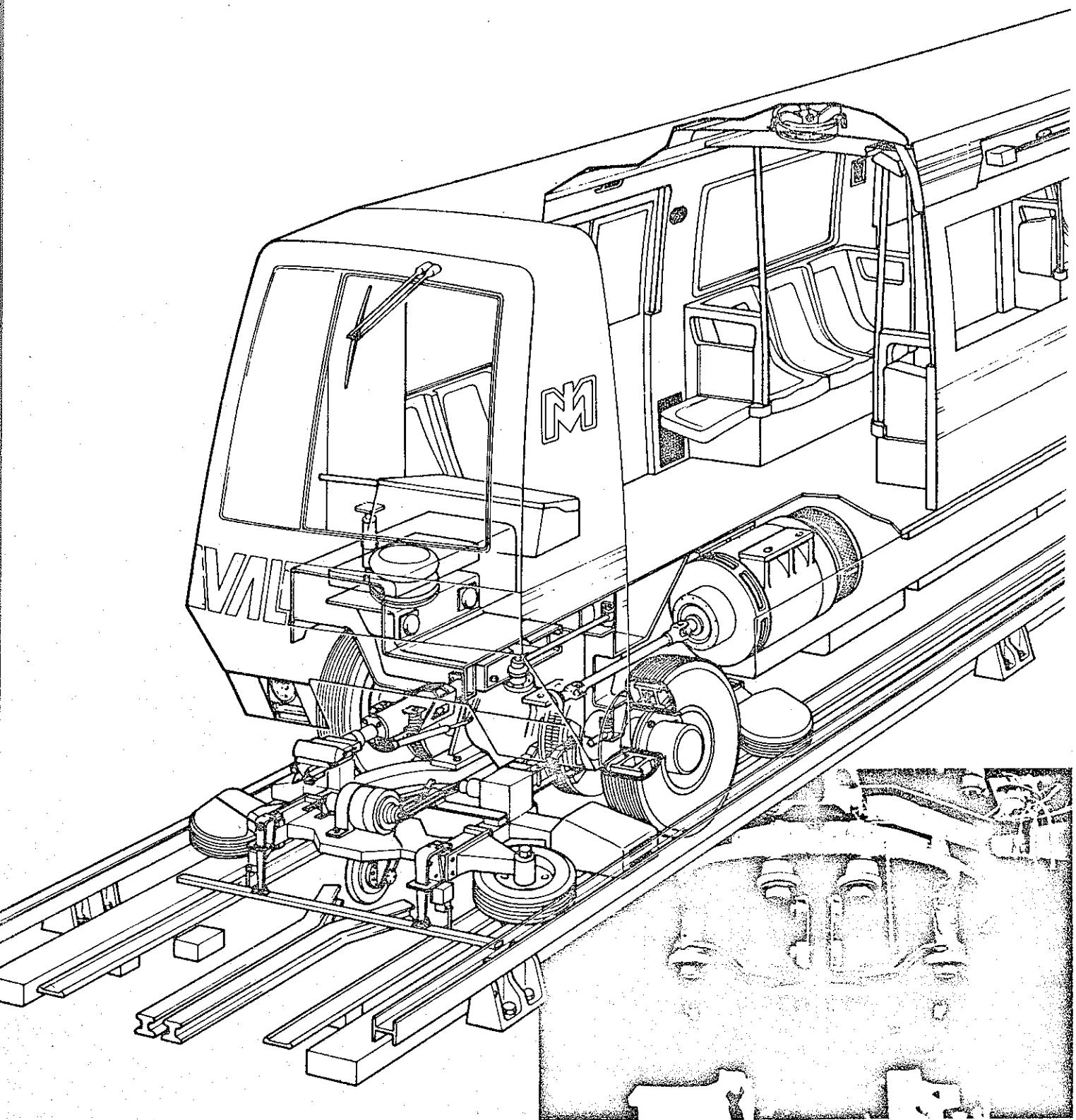


Figure 1. L'aiguillage et le guidage des métros sur pneus sont des problèmes difficiles. De nombreuses solutions ont vu le jour à travers le monde : japonaises, italiennes ou américaines ; elles ont toutes le double inconvénient d'être complexes et lourdes. La RATP a mis au point une solution simple : le bogie pneu, c'est-à-dire un chariot à 4 roues, sur lequel est articulé par pivot le chassis d'une voiture pour lui permettre de prendre les courbes. VAL n'a pas de bogie mais des essieux pivotants et il a donc fallu développer un nouveau type d'aiguillage. Le dispositif retenu est le suivant : chaque essieu est muni de deux galets métalliques situés dans l'axe du véhicule. Au niveau des aiguillages et des voies intermédiaires, ces galets s'engagent entre deux rails. Une aiguille oriente le métro dans la direction voulue. Réalisée à l'aide d'une lame flexible comme sur les aiguillages ferroviaires modernes, cette aiguille est seul élément de voie mobile. Sa longueur réduite, son faible débattement : 50 mm, autorisent des manœuvres sûres et très rapides puisqu'elles sont effectuées en 3 secondes. [Dessin extrait d'une plaquette de la Communauté urbaine de Lille (CVDL).]

petite taille des véhicules a de bonnes qualités sur le plan du confort.

#### Petites rames, petites cabines, petite attente.

L'amélioration apportée par les automatismes de conduite est difficile à percevoir; en revanche, l'usager sera sensible à une haute fréquence de passage, en supprimant toute attente longue en station. Cette qualité redonne de l'attrait au transport public. De plus, cette haute fréquence peut être aussi obtenue en heures creuses, si l'on peut fractionner la capacité des trains entre heures pleines et heures creuses. Beaucoup de systèmes tendent à être dotés de cette capacité qui apporte une souplesse supplémentaire d'exploitation et évite de faire promener

des véhicules presque vides en heures creuses (il y a là aussi un facteur de réduction de la consommation d'énergie). Tous les systèmes nouveaux ne sont cependant pas pourvus de cette possibilité de scindage (VAL et certains systèmes japonais, semble-t-il). Une haute fréquence de passage a un autre avantage sur les coûts de construction des systèmes de transport. Elle autorise, en effet, une réduction considérable des dimensions des stations, puisqu'on n'a plus à emmagasiner un nombre élevé de voyageurs dans l'attente des trains. Quand on sait les dimensions des stations du RER, telles qu'Auber ou Étoile (sans parler de Châtelet), on voit bien la contribution di-

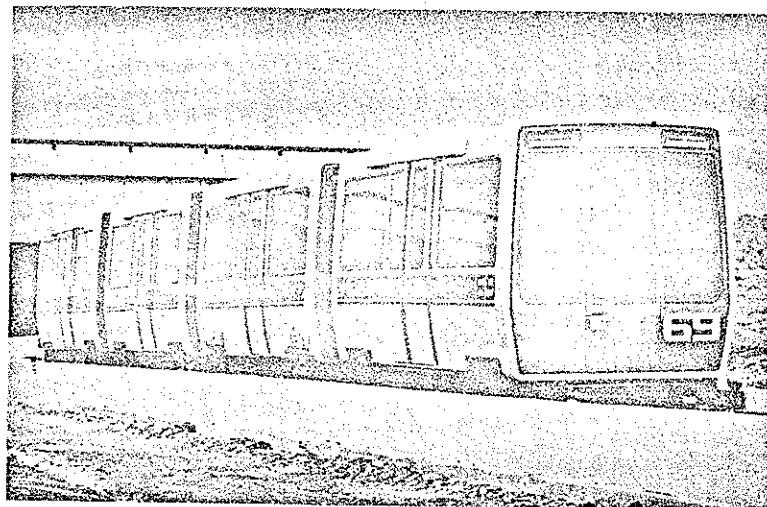
recte de l'augmentation de la fréquence à la réduction des coûts de génie civil. La taille des stations du système Boeing, à Morgantown par exemple, se compare à celle d'une batterie d'ascenseurs d'un grand immeuble.

Une conséquence de l'automatisation intégrale, et de la haute fréquence de passage, est la réduction de la capacité unitaire des véhicules. De rames de 500 à plus de 1000 voyageurs (cas du métro classique), on descend suivant les cas à des rames autour de 100 ou de 150 voyageurs (Westinghouse, Matra avec VAL, les systèmes japonais de Kobe et d'Osaka) et même quelques dizaines (Airtrans, Poma 2000), voire moins (Aramis, certains des systèmes allemands et japonais, et aux États-Unis les véhicules du programme AGRT). Le minimum semble être atteint avec le système CVS qui prévoit, au Japon, des cabines de 4 à 6 places. Bien entendu, plus la capacité des véhicules est faible et plus il faut une haute fréquence de passage, si l'on ne veut pas voir tomber trop bas le débit horaire des lignes. C'est là que l'on retrouve le problème que nous évoquions plus haut: un intervalle de 3 secondes entre véhicules est-il réalisable de façon véritablement opérationnelle? Une réponse certaine ne peut être donnée aujourd'hui encore à cette question et c'est la raison pour laquelle Matra, dans le système Aramis, regroupe ses petits véhicules de 10 places en rames pour obtenir une capacité globale fort appréciable (10 véhicules de 10 places toutes les 30 secondes correspondent à 12000 voyageurs/heure).

Si l'on adopte la solution de très petits véhicules, on peut aussi en tirer un autre avantage sur le plan des coûts. En effet, en diminuant fortement le gabarit, on peut réduire beaucoup les problèmes d'insertion en ville qu'on ne traite finalement dans un métro classique qu'en augmentant les coûts de génie civil (tracés complexes, souterrains, protection contre le bruit et les nuisances de toutes natures, etc.). La diminution portera aussi sur le coût au mètre linéaire des ouvrages car les véhicules sont à la fois plus étroits (1,50 m pour Aramis, autour de 2 m pour d'autres systèmes) moins hauts (à peine plus de deux mètres pour Aramis) et moins lourds; on peut donc concevoir et réaliser des viaducs très légers, enveloppant le véhicule, des tranchées couvertes ou ouvertes de faible emprise, voire des tubes enterrés de faible section qui se faufilent plus facilement au milieu des réseaux encombrants du sous-sol.

Enfin, la petite taille des véhicules a une autre qualité sur le plan du confort; elle rapproche l'ambiance et l'environnement de ceux de la voiture automobile et diminue l'effet désagréable de cohue dans les trains et sur les quais. Il est, cer-

### 3. Aux États-Unis, le programme de recherche et développement est ambitieux



Une cabine du système Airtrans qui avait été installé à l'aéroport de Dallas. (Document COMSIP Entreprise.)

Dans le domaine des transports nouveaux, les États-Unis ont aussi cherché leur voie, dans différentes directions, hésitant entre l'innovation ou la copie. Aujourd'hui tout cela s'est décentré et se traduit, en ce qui concerne les réalisations par:

— un certain nombre de systèmes automatiques de desserte d'aéroport réalisés par Westinghouse (Houston, Tampa, Seattle, Atlanta, etc.) ou par Vought (Dallas);

— d'importants systèmes à petites cabines et vitesse lente, destinés aux parcs d'attraction et étudiés directement par la société Disney. Il n'y a pas, par contre, de réalisation en site urbain, à l'exception du système de Morgantown dû à Boeing, qui relie la ville à l'université.

En ce qui concerne la recherche, la politique du gouvernement fédéral en matière de transports urbains est fondée sur deux programmes: AGRT (Advanced Group Rapid Transit) qui vise le long terme, DPM (Down Town People Mover) axé sur la mise en place de transports publics urbains dans les centres de villes.

Pour l'instant, le programme AGRT a fait l'objet de deux contrats de recherche à long terme de 30 millions de dollars chacun environ confiés aux firmes OTIS et Boeing. Les deux industriels se trouvent ainsi assurés d'une continuité dans leurs efforts sur une longue période. Quant au programme DPM, après sélection des villes candidates, il va faire l'objet en 1980 des premiers concours entre industriels, Los Angeles devant être en principe la première ville de ce programme.

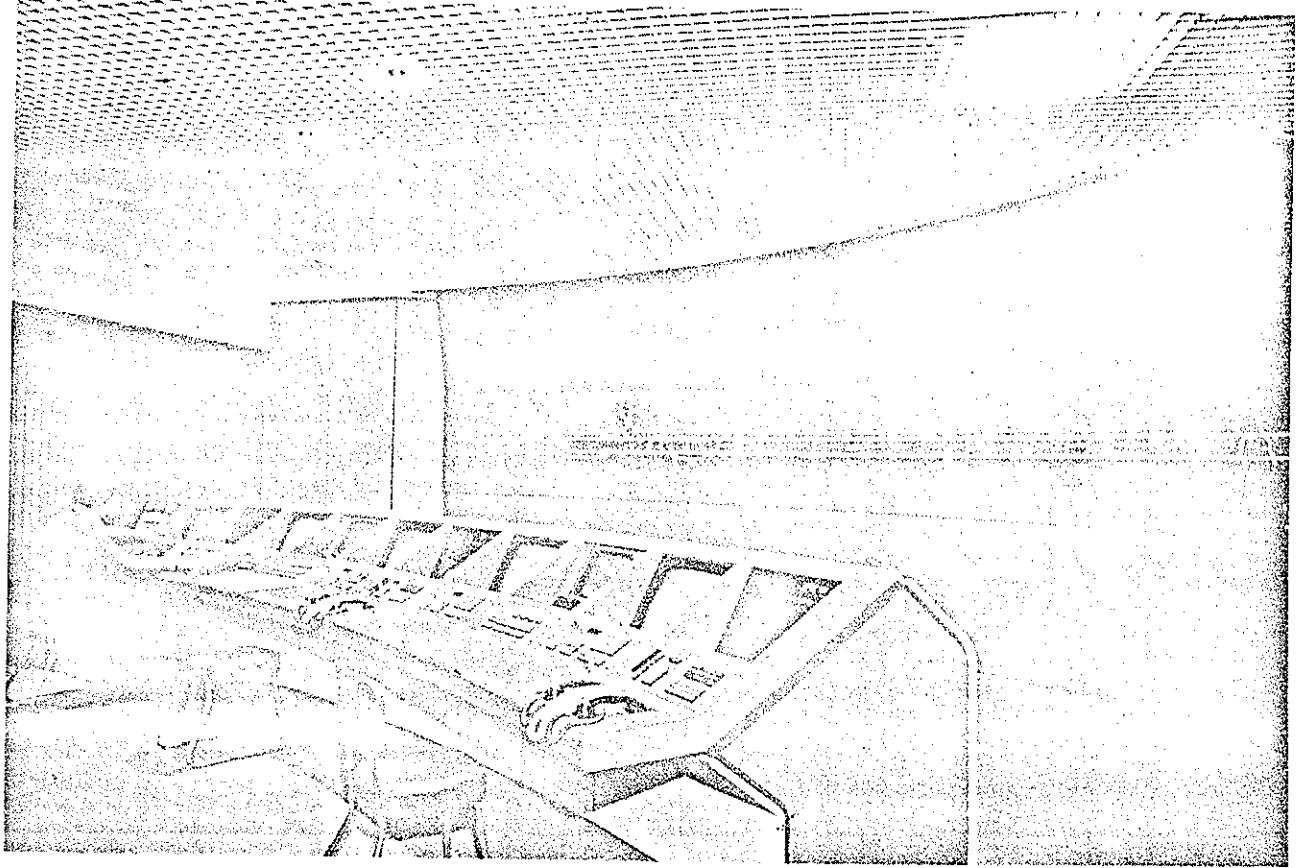


Figure 2. Le futur métro de Lille utilise des trains de dimensions réduites, à roulement sur pneumatiques, circulant à intervalles courts et de façon entièrement automatique, c'est-à-dire sans personnel en permanence à bord. Il en résulte que les automatismes constituent le sous-système fonctionnellement le plus important. Les automatismes doivent d'abord assurer le pilotage automatique proprement dit, c'est-à-dire la conduite des trains suivant le diagramme de marche optimal, avec des horaires de départ programmés. Les autres fonctions n'ont à intervenir qu'en cas d'incident, il s'agit essentiellement :

- des sécurités anticollision et antisurvitesse ;
- de la régulation de trafic, qui évitera que les trains s'éloignent de leur horaire et de leur intervalle théorique ;
- des moyens de télésurveillance et de télécommande qui permettent de rétablir le trafic et d'informer le public. Il ne s'agit plus là d'automatismes proprement dits puisqu'il y a alors « un ou plusieurs hommes dans la boucle », à savoir le personnel du poste central de contrôle (voir photo).

Le dispositif de conduite automatique (DCA) à proprement parler fonctionne en utilisant les repères disposés sur la voie pour la fonction régulatrice du trafic et les signaux émis dans les lignes de transmission destinées à la sécurité anticollision. Le DCA est constitué :

- d'un bloc de calcul digital qui élaboré les différentes consignes de vitesse ;
- d'un bloc d'asservissement qui reçoit ces consignes et émet les commandes transmises aux organes de puissance du train (moteur et freins) ;
- d'une liaison permettant le dialogue avec les automatismes de station lorsque la rame est arrêtée à quai. Cette liaison multiplexée transmet les informations relatives au stationnement de la rame (contrôle du temps d'arrêt, contrôle de la manœuvre des portes palières qui isolent le quai de la voie et des portes véhicules, etc.).

Les fonctions digitales du DCA et la partie embarquée du dispositif de régulation de trafic sont réalisées par une électronique programmable à microprocesseurs assurant une réduction de l'encombrement et un accroissement des possibilités de traitement. Ce n'est pas le choix de cette technologie qui rend futuriste le métro de Lille, mais plutôt l'apparition de la notion de système d'automatisme intégral.

tes, nécessaire de mentionner que cet avantage est contesté par certains au nom de la sécurité des voyageurs contre les agressions, celles-ci, disent-ils, étant plus faciles dans de très petits véhicules. Il n'est pas sûr, à nos yeux, que cet argument soit très valable. Il n'est — pour s'en convaincre — que d'évoquer la criminalité grandissante des grands métros et le fait que les systèmes à petites cabines des États-Unis ne semblent pas avoir connu de tels problèmes (Morgantown, par exemple).

La plupart des systèmes nouveaux automatiques sont portés par des roues cir-

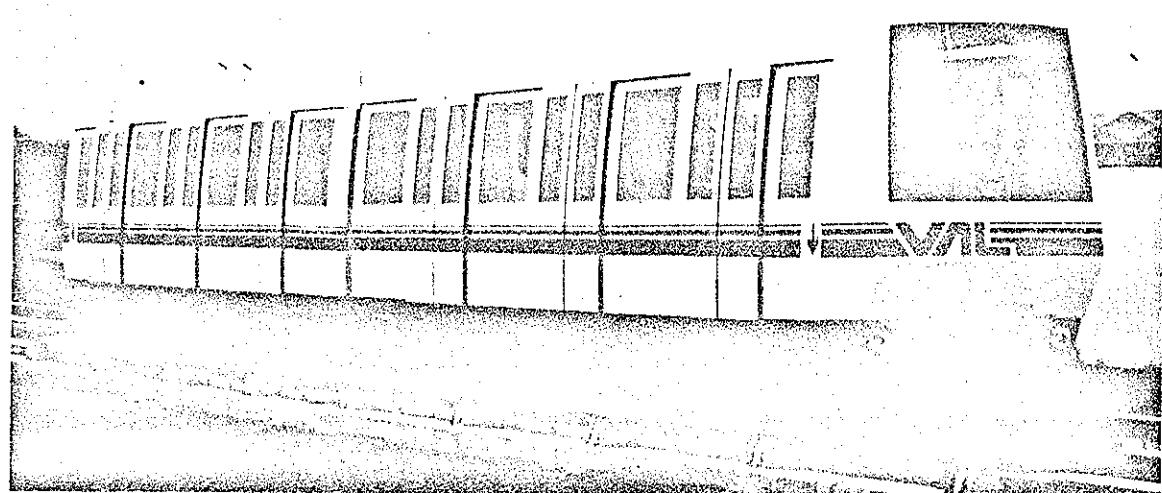
culant sur des pistes en béton. Il faut signaler cependant qu'il existe aussi des systèmes suspendus (K. Bahn et H. Bahn, en Allemagne). Nous ne sommes pas persuadés de l'intérêt de tels systèmes et surtout de la poutre porteuse à deux niveaux du K. Bahn présentée cependant comme un raffinement économique. Cela ne nous paraît pas évident ni pour les stations, ni pour les parties souterraines à peu près inévitables en site urbain. De plus, l'insertion visuelle est moins bonne (les supports sont plus élevés). Enfin, il peut se poser quelques problèmes d'évacuation des passagers en cas d'incident.

#### Quelle politique de développement doit-on choisir ?

Les systèmes nouveaux automatisés ne sont pas divergents qu'au niveau technologique, leurs modalités de développement sont, elles aussi, différentes. La tendance en France a été de se placer en face du problème le plus général possible et de chercher à concevoir le système maximum qui puisse être adapté aux cas les plus variés et aux fonctions les plus complexes. Les difficultés d'un problème ainsi posé ont parfois découragé les pouvoirs publics ou les indus-

engouement qu'ont connu  
les transports urbains automatisés  
qui à leur développement.

#### 4. Les petits transports français automatiques



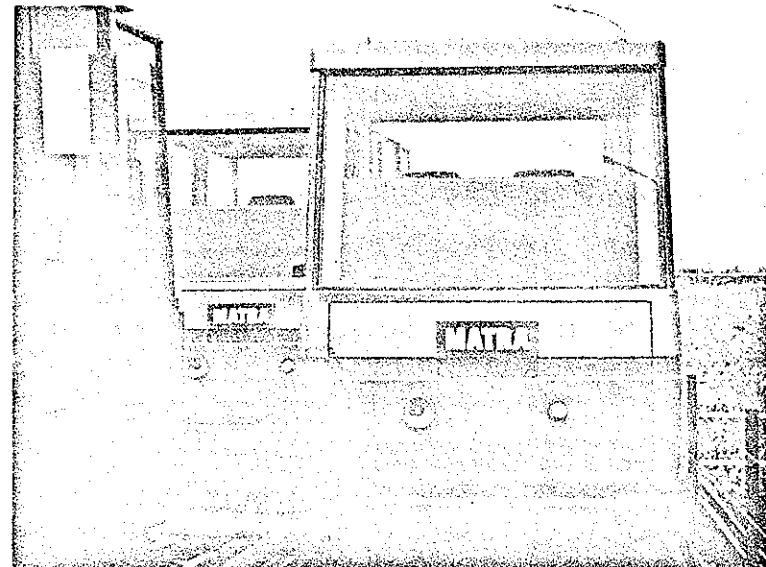
(Documents Matra.)

■ En France, les systèmes nouveaux de transport automatique à l'étude sont au nombre de quatre: VAL, Poma 2000, Aramis et VEC.

VEC, construit par Savec a été utilisé pour la première fois il y a quatre ans pour desservir le parking de la FNAC Montparnasse. Ce système est un transporteur de piétons à vitesse moyenne (20 km/h) sur des distances relativement courtes: quelques centaines de mètres. Les passagers embarquent dans des petites nacelles qui défilent devant le quai à vitesse lente puis accélèrent en étant ensuite entraînés par un convoyeur équipé de moteurs linéaires.

POMA, conçu par la société Poma 2000, émanation de Creusot-Loire et de Pomagalski, est un système à traction par câbles, marquant un arrêt complet en station dont la première application doit se faire à Laon (mise en service prévue en 1982). Son mode de traction le rend particulièrement apte à franchir des rampes fortes (15 à 18 %). Le véhicule, passif et tracté, a une capacité de 40 personnes. Il repose sur des pneus, par l'intermédiaire d'essieux simples guidés par des pneus horizontaux. Le système entièrement automatique a un atout notoire: un faible niveau de bruit en ligne.

Aramis est encore en développement sous la maîtrise d'ouvrage de la RATP et la maîtrise d'œuvre de Matra. Il est composé de véhicules d'une dizaine de places circulant en rames sans liaison mécanique, mais avec liaison par ultra-sous. Chaque véhicule est programmé, la conduite générale du système est assurée à partir d'un poste central. Les caractéristiques principales sont:



- une vitesse commerciale de 35 km/h;
- une capacité fractionnée en petits modules, adaptable en fonction de l'heure et du jour, à l'offre et à la demande;
- une très haute fréquence de passage (30 à 40 secondes);
- et, bien entendu, comme corollaire du choix de petits véhicules, le gabarit très réduit simplifiant considérablement les ouvrages de génie civil par rapport à ceux du métro.

Enfin, VAL (Véhicule automatique léger) qui a été choisi pour être le métro de Lille. Après des essais sur deux prototypes, la commande de série a été passée aux sociétés Matra, CIMT et TCO en 1977,

et la mise en service de la première ligne doit s'échelonner entre 1981 et 1983.

Outre l'automatisme intégral de conduite qui facilite la haute fréquence des rames et diminue sensiblement les coûts d'exploitation, VAL se caractérise à Lille par:

- un gabarit réduit, facteur de diminution des coûts de génie civil;
- un roulement sur essieux simples munis de pneumatiques avec aiguillage par galet axial s'engageant dans une ornière métallique (fig. 1);
- des stations munies de portes palières séparant le quai des véhicules.

triels et il en est résulté des interruptions et des reprises de développement, une succession d'efforts d'ampleur insuffisante qui laisse, si l'on fait quelques années plus tard un retour en arrière, une certaine impression de décousu. En revanche, sur le plan théorique, on tient compte par cette méthode des difficultés qui sont de nature à faire échouer la réalisation des systèmes.

Certains autres pays ont une démarche assez différente qui répugne à notre esprit cartésien. Comment peut-on s'intéresser à des essais sur polygone de systèmes à moteur linéaire, disons-nous, alors qu'on sait que le rendement en est si médiocre ? Et pourtant Allemands, Canadiens et aussi les Japonais continuent dans cette voie sans hésiter et mettent progressivement au point des systèmes d'ambition plus limitée en apparence que les systèmes français et américains mais dont la mise en service est, semble-t-il, relativement proche. Certes, nos ambitions sont encore modestes (lignes de 2 à 5 km et trafic faible), disent les Allemands, mais nous verrons comment cela fonctionne et si nous pouvons ensuite aller plus loin. En Allemagne, les études sont parties des composants et ont pris dès le début un tour très pratique, négligeant cependant un peu l'aspect global et le point de vue de l'exploitant futur, car elles étaient conduites un peu indépendamment des exploitants existants. L'aktion commerciale a commencé très tôt : Aux États-Unis, on a eu tendance dans certains cas, à se précipiter vers la mise en service public (Morgantown, Dallas — Fort Worth), ce qui a été fait avec des systèmes encore insuffisamment mis au point. De nombreuses modifications ont dû donc être réalisées en cours d'exploitation, ce qui a entraîné de nombreuses difficultés. Sans doute, instruite par cet exemple, l'administration américaine a, dans d'autres cas, suivi une politique inverse d'études fragmentaires et de développements de composants déconnectés d'un plan d'ensemble. La bonne politique semble maintenant être celle qui a été choisie pour le programme AGRT.

#### L'usager : le juge suprême, à vrai dire.

L'examen des orientations actuelles des développements des techniques de transports automatisés dans les différents pays nous conduit à dégager, aujourd'hui, les préoccupations principales auxquelles ils semblent obéir. Au départ de ces recherches, on a connu, au moins en France, une époque où des considérations théoriques d'optimum dans un choix multicritère ont prévalu à une démarche partant de technologies diverses (coussin d'air, entraînement par câble, moteur linéaire, etc.). Maintenant, les critères de choix se sont fortement hiérarchisés et, à côté du coût global d'inves-

tissement, on voit jouer un rôle fondamental aux économies d'énergie, et à la facilité d'insertion.

Depuis le début de la crise pétrolière de 1973, on assiste à un retournement complet des idées reçues à propos de l'énergie. En particulier, on parle d'intensifier l'emploi des transports publics alimentés par le réseau électrique. Ainsi, des systèmes conçus à la fin de la décennie 60 ont dû être abandonnés ou repensés totalement après l'émergence du problème énergétique. Il ne faut pas non plus négliger les notions d'environnement et de cadre de vie qui, via les contestations des habitants, ont contribué à un renchérissement du coût des ouvrages urbains tels qu'autoroutes, grands ensembles industriels et même lignes de métro aériennes.

Cette évolution rend d'autant plus intéressantes les techniques de transports légers qui, s'accommodant d'infrastructures plus simples, ont une plus grande facilité d'insertion. C'est ce qui fait l'intérêt du « petit gabarit », du « pneu », des petites « cabines » circulant à haute fréquence, solutions vers lesquelles — on l'a vu — se sont orientés bien des industriels tant en France qu'à l'étranger. C'est ce qui, un peu paradoxalement d'ailleurs, peut refaire la fortune du vieux tramway, car il se contente d'une infrastructure peu coûteuse, et que les nuisances qu'il apporte en ville ne sont pas senties de la même façon que celles d'un métro en viaduc.

L'avancement des recherches et des développements, sur les nouveaux systèmes de transports publics urbains automatisés, est maintenant suffisant pour nous avoir permis de dégager les lignes principales d'action des industriels dans les différents pays et de mettre en lumière les objectifs principaux des améliorations qui sont poursuivis. Qu'il s'agisse d'économies d'énergie ou de facilité d'insertion en ville, on voit que les préoccupations économiques et sociales du monde d'aujourd'hui inspirent fortement ces recherches. Ces préoccupations sont d'abord celles des pays industriels avancés et c'est logiquement vers des applications dans ces pays que tendent les promoteurs de ces systèmes nouveaux. Leur marché est donc pour l'instant essentiellement celui des pays hautement évolués, en complément des systèmes existants (les villes les moins riches, principalement dans le tiers-monde, restent vouées aux solutions classiques, telles que le tramway et le « métro léger »). Ceci implique qu'il faille aborder ces systèmes avec un intérêt plus raisonnable qu'il y a dix ans, en laissant de côté l'engouement excessif qu'ils avaient trop vite connu et qui leur a finalement un peu nui dans l'esprit du grand public : car celui-ci, mal informé, passe vite de l'excès d'enthousiasme au désintérêt le plus profond. Et cette attitude peut être finalement nuisi-

ble à l'ouverture au public de tels systèmes. Car s'il est bien une question encore un peu en suspens dans l'esprit de trop de personnes et ce, malgré les premières mises en service de systèmes automatisés aux États-Unis, c'est la question de la perception de ces systèmes par la population. Leur qualité de service sera-t-elle suffisante pour redonner de l'intérêt au transport public ? Il est vrai que les applications actuelles sont encore trop partielles et orientées vers des publics particuliers (aéroports, universités, parcs d'attraction pour l'essentiel). La mise en service du métro de Lille dans quelques années, s'adressant à un public beaucoup plus vaste et représentatif de la population moyenne d'une ville moderne, devrait donc être particulièrement utile pour juger de l'accueil fait à ce nouveau type de transports et éliminer le scepticisme qui subsiste encore chez certains.

Mais au-delà de cette expérience française, c'est toute une série d'autres ouvertures au public qui se préparent dans les cinq années à venir et qui devraient orienter les choix des villes dans la décennie 80-90 et plus encore vers la fin du siècle. Il reste possible que l'évolution économique générale du monde, autant et plus que l'évolution technique, ait une influence qui contrecarrera de tels choix ou les incline vers des solutions encore plus élaborées.

#### Pour en savoir plus :

■ Proceedings, International Symposium on Traffic and Transportation Technologies, IVA 1979, Hambourg.

■ B. Félix, «Caractéristiques principales du métro de Lille», UTPUR, novembre 1977.

■ D. Ferbeck, «Les automatismes du métro de Lille», UTPUR, juin 1978.

■ «Recherche et Développement dans les transports collectifs», édité par le ministère des Transports, mai 1979.