

RATP

2002

TRANSPORTS AUTOMATIQUES DE PERSONNES

Notes sur la Conférence "Automated People Movers"

MIAMI (Floride) - 25 au 28 mars 1985

Louis GUIEYSSE

S o m m a i r e

1. Présentation de la Conférence de MIAMI
2. Les nouveaux systèmes de transports en commun de MIAMI
3. Les trois utilisations du système UTDC à TORONTO, DETROIT et VANCOUVER
4. Les principaux problèmes évoqués au cours de la Conférence de MIAMI à partir des expériences en cours en Amérique du Nord (c'est-à-dire à propos des AGT et DPM en service ou en construction)
 - 4.1 La décision politique, le financement et l'impact économique
 - 4.2 La réalisation de l'infrastructure et l'insertion
 - 4.3 L'exploitation et la maintenance
 - 4.4 L'interface voyageurs
 - 4.5 Les coûts
5. D'autres solutions moins coûteuses ?
 - 5.1 Les solutions à câble (cable people movers)
 - 5.2 Systèmes à monorail et autres systèmes à véhicules suspendus
 - 5.3 Systèmes à sustentation magnétique ("MAGLEV") et à propulsion par moteur linéaire
 - 5.4 Autres systèmes
6. Conclusions

* * *

1. Présentation de la Conférence de MIAMI

Une conférence internationale sur les transports automatisés des personnes ("Automated People Movers") a été organisée par la Société Américaine des Ingénieurs Civils à MIAMI, du 25 au 28 mars 1985, à l'occasion de la mise en service actuelle ou prochaine (1985 ou début 1986) de transports automatisés de personnes en centre-ville ("downtown people movers" - DPM), dans quatre villes nord-américaines : MIAMI, DETROIT, TORONTO et VANCOUVER.

En ouverture de la conférence, George PASTOR, ancien administrateur-adjoint de l'Urban Mass Transit Administration (UMTA) où il était chargé de la recherche et du développement, a rappelé l'historique des transports automatiques urbains en Amérique du Nord :

- . le foisonnement d'idées de la fin des années 60 et du début des années 70, orientées vers les petites cabines personnalisées ("Personal Rapid Transit" - PRT) puis vers des véhicules plus importants ("Group Rapid Transit" - GRT ou "Intermediate Capacity Transit System" - ICTS),
- . l'apparition vers 1970 d'un premier marché pour les aéroports et les parcs d'attraction avec une trentaine de réalisations à ce jour.

Puis le lancement par l'UMTA en 75/76 du programme des "downtown people movers" (DPM), destiné à apporter un soutien fédéral à la fois à la politique de réhabilitation des centres-villes et au développement industriel de systèmes raisonnablement "avancés". Ce programme a connu, après un concours ouvert à toutes les villes américaines, beaucoup d'heures et malheurs, pour finalement aboutir, malgré les hésitations de l'administration CARTER et la forte réticence de l'administration REAGAN, au financement et à la réalisation de deux DPM aux Etats-Unis :

- à MIAMI avec le système que WESTINGHOUSE ELECTRIC avait développé dès les années 64-65 sous le nom de Skybus et qui équipe plusieurs aéroports,
- et à DETROIT avec le système développé au CANADA par un établissement public de la province de TORONTO, l'"Urban Transport Development Corporations (UTDC).

Le système de l'UTDC a également été choisi pour l'équipement de deux villes canadiennes :

- en banlieue de TORONTO, sa ville d'origine, la ligne de Scarborough, ligne de 7 km de rabattement sur le métro, vient d'être réalisée selon cette technique et inaugurée le 23 mars 1985, avant-veille de la Conférence de MIAMI,
- à VANCOUVER, il constituera une ligne de métro léger traversant la ville sur 21,4 km, ligne qui sera inaugurée en janvier prochain, avant l'ouverture de la grande exposition internationale de 1986.

./...

La conférence de MIAMI, après ces années d'efforts, de déceptions mais aussi de succès, se proposait de réunir les acteurs de ce laborieux développement pour faire le point de l'expérience acquise tant sur le plan de la conception, de la prise de décision et du financement, que sur celui de l'exploitation et de la maintenance des systèmes automatisés de transports urbains.

Environ 300 personnes assistaient à cette conférence, en majorité des Américains mais aussi des Européens et des Japonais, car le JAPON, L'ALLEMAGNE FEDERALE, la GRANDE-BRETAGNE et la FRANCE ont participé activement à ce développement historique, chacun à leur manière (le succès du VAL fut notamment cité avec éloge). Chacun des trois pays européens était représenté par une dizaine de personnes, et les Japonais par un groupe de 28 personnes.

75 communications ont été présentées, dont une douzaine par des non-américains. Parmi les participants américains, orateurs ou simples participants, figuraient :

- des représentants des industries fabriquant des systèmes, notamment WESTINGHOUSE ELECTRIC, UTDC et sa filiale UTDC-US,
- de nombreux représentants de firmes d'ingénierie (tels Parsons Brinckerhoff Kayser, ...), de bureaux d'étude et consultants divers qui interviennent à tous niveaux pour les études préliminaires, la préparation des projets et l'accompagnement de leur réalisation ;
- des universitaires impliqués eux aussi dans la préparation et le déroulement des projets ;
- des représentants des collectivités locales (Etats, Comtés, Villes ...) : responsables politiques, ingénieurs et responsables d'entreprises de transport.

Plusieurs orateurs ont souligné l'absence de représentants de l'administration fédérale alors qu'une communication d'un responsable de l'UMTA était annoncée : cette absence n'est pas surprenante, alors que le débat sur la réduction du soutien fédéral aux transports urbains était dans une phase critique.

Dans l'attente du compte rendu officiel de la Conférence qui reproduira toutes les communications mais ne paraîtra que dans quelques mois, je donnerai ci-après un aperçu non exhaustif des problèmes qui ont été évoqués. Auparavant, pour mieux situer l'objet des débats, je décrirai le système DPM de MIAMI dont il a été beaucoup question et que nous avons visité (s 2) et donnerai quelques caractéristiques de ceux construits par l'UTDC à DETROIT, TORONTO et VANCOUVER (s 3). J'aborderai ensuite les problèmes évoqués au cours de la conférence à propos de ces systèmes et des autres expériences faites en Amérique du Nord (s 4), puis les nombreuses autres solutions développées ou envisagées dans le monde (s 5) et j'essaierai de tirer une conclusion (s 6).

./...

2. Les nouveaux systèmes de transports en commun de MIAMI

L'agglomération de MIAMI s'étend en longueur du Nord au Sud, de part et d'autre d'un centre ancien relativement dense, le reste du peuplement étant très diffus dans une zone de verdure, entre la mer et les marais de Floride. Après le boom des dix dernières années, l'agglomération qui recouvre à peu près la surface du Comté de DADE compte près de 3 millions d'habitants.

C'était vers 1970 une agglomération américaine dont le centre était le plus menacé de dégradation, avec une majorité d'immeubles bas et vétustes et quelques gratte-ciels modernes et des perspectives de développement freinées par la saturation du réseau d'autoroutes aux heures des migrations alternantes, bien que les autoroutes en élévation occupassent une bonne partie du paysage autour du noyau central. Une flotte d'environ 400 autobus en service (700 au parc) jouait un rôle mineur dans l'ensemble des déplacements.

Les commissaires (élus) du Comté de DADE, qui couvre l'ensemble de l'agglomération, en accord avec le Maire de MIAMI et l'Etat de Floride, décidèrent il y a une dizaine d'années de promouvoir un plan de développement des transports en commun en site propre pour désenclaver le centre et de profiter au maximum des incitations fédérales qui étaient alors offertes. Ils proposèrent donc successivement, avec succès :

- une ligne type RER, baptisée "Metrorail", à grand gabarit et grand débit, desservant l'agglomération du Nord au Sud sur 32 km, avec 20 stations, et rabattant les migrants sur une station "Government Center" située à la périphérie du centre-ville. Cette ligne a été réalisée sur l'emplacement d'une ligne désaffectée de chemin de fer qui était au niveau du sol, mais elle a dû être placée en viaduc pour éviter passages à niveaux et coupures dans le tissu urbain. Construite et équipée pour un prix global de 1,2 milliard de dollars, elle a été ouverte il y a quelques mois sous le nom de "Metrorail" avec un parc qui atteindra prochainement 72 voitures.
- une ligne de transport urbain automatique, baptisée "Metromover", retenue dans le cadre du programme expérimental de DPM de l'UMTA et dont la commande a été attribuée après concours à WESTINGHOUSE ELECTRIC. La construction s'achève, la mise en service est prévue début 1986. Cette ligne forme une boucle de 3 km de voie double autour du cœur de la ville, avec 10 stations et correspondance avec Metrorail à la station "Government Center" et devrait être ensuite complétée par deux antennes de 2 km chacune, vers le Nord et le Sud, qui desserviront des zones en cours de rénovation et de densification.

Le Metromover a été construit entièrement en viaduc, conformément aux normes édictées par l'UMTA pour l'expérience DPM. Ce viaduc a été, dans un but d'économie, constitué, sur la plus grande partie du parcours, de grosses poutres métalliques posées sur des architraves supportées par des colonnes cylindriques espacées de 24 m ; sur les semelles supérieures des poutres sont coulées les pistes de roulement et de guidage en béton armé. L'insertion de ce viaduc, d'une hauteur variant de 5 à 16 m, dans les rues étroites du vieux MIAMI a certes posé des problèmes de tracé de courbes à faible rayon, mais ne semble pas avoir suscité de réaction de rejet dans ce paysage urbain très spécial. Cependant, le maître d'ouvrage a dû, en plusieurs endroits, renoncer à emprunter la voirie et acquérir des parcelles plus ou moins bâties, ce qui a renchéri le projet.

Le système comportera dans la première phase 12 véhicules sur pneumatiques, dont 10 en service à l'heure de pointe : 7 sur une voie dans le sens de la pointe, avec des intervalles de 90 secondes (temps de stationnement : 15 à 20 secondes) et 3 sur l'autre voie. Ultérieurement, lorsque les 2 prolongements auront été construits, le parc sera porté à 30 ou même 44 véhicules, chaque boucle pouvant être exploitée avec 7 trains de 2 véhicules. Chaque véhicule, de 13,80 m de long et d'environ 2,50 m de large, peut transporter 100 personnes debout (147 en surcharge). Le poste central comporte un grand tableau de contrôle optique de présentation classique (il en est de même pour le Metrorail dont le PC est contigu) et deux postes de travail : l'un pour l'exploitation proprement dite, l'autre pour la communication.

La ligne Metrorail, ouverte depuis peu, a actuellement un trafic faible : 16 000 voyageurs par jour - mais le trafic en 1986, lorsque les rabattements des autobus auront été organisés et lorsque l'ensemble aura été complété par le Metromover, devrait, d'après les estimations, atteindre 180 000 voyageurs par jour et il devrait croître par la suite, au fil des ans, avec la constitution progressive d'une urbanisation dense autour de certaines stations de banlieue, comme à STOCKHOLM ou à TORONTO. Le trafic prévu pour le Metromover à l'ouverture serait de 40 000 voyageurs par jour et croîtrait rapidement lors de la mise en service des deux antennes Nord et Sud qui desservent des quartiers où de grands immeubles de bureaux et quelques immeubles d'habitation se construisent rapidement : les promoteurs ont d'ailleurs été les supporters très actifs de l'ensemble de ce programme de transport en commun.

De toute façon, cet ensemble fort coûteux ne prendra à court terme qu'une part modeste dans le marché des déplacements de l'agglomération de MIAMI ; les gratte-ciels en construction dans le centre-ville comportent toujours plusieurs étages de parkings et des travaux de construction d'autoroutes et d'échangeurs sont encore programmés. Mais la mise en service du Metrorail et du Metromover donnera tout de même une alternative T.C. aux migrants de la banlieue vers le centre des affaires en pleine expansion et l'avenir dira si, à long terme, elle a une influence notable sur les modes de vie.

3. Les trois utilisations du système UTDC à TORONTO, DETROIT et VANCOUVER

L'"Urban Transportation Development Corporation Ltd" (UTDC) est une société d'économie mixte fondée voici un quart de siècle par la province d'ONTARIO et qui a, notamment, à son actif le développement du tramway moderne de TORONTO. En matière de systèmes de transports automatiques, l'UTDC a d'abord travaillé à l'adaptation du projet allemand de MAGLEV puis, ayant fait une évaluation pessimiste de ses chances de succès, a repris l'analyse des besoins du marché et a entrepris, sur financement de la province d'ONTARIO, un projet structuré et phasé de recherche et développement ayant pour objectif un système automatique de capacité intermédiaire : "Intermediate Capacity Transit System" (ICTS). La capacité visée, intermédiaire entre métro d'une part, autobus et tramway d'autre part, est de 10 à 25 000 voyageurs/heure.

./...

La solution retenue a comme principales caractéristiques :

- traction par moteur linéaire à Stator Court, permettant une vitesse maximale de 80 km/h et un freinage à récupération d'énergie. L'induit est une feuille d'aluminium de 350 mm de long portée par une tôle d'acier fixée au milieu de la voie. Chaque véhicule porte 2 stators.
- sustentation et guidage par roulement fer sur fer - roues légères de petit diamètre portées par deux bogies à essieux auto-orientables par voiture.
- véhicules de 12,7 m de long, 2,50 m de large, 3,13 m de haut et pesant 14 tonnes à vide - Capacité normale : 84 voyageurs - Capacité en surcharge : 122 voyageurs.
- les véhicules sont formés en doublets pouvant constituer des trains de 4 ou 6 voitures.
- intervalle minimal : 60 secondes.
- système conçu pour une exploitation entièrement automatique (cas de DETROIT) mais pouvant être, dans une première phase, accompagné par un conducteur, comme c'est le cas sur la ligne de Scarborough à TORONTO, actuellement.

Après plusieurs hésitations, ce système a été, en mai 1981, choisi pour l'équipement d'une ligne de métro léger à VANCOUVER, sous le nom d'"Advanced Light Rapid Transit" (ALRT). Simultanément en 1981, il était choisi après une lutte sévère pour le DPM de LOS ANGELES, un des quatre qui devaient être subventionnés par l'UMTA, mais cette décision fut, peu après, annulée et le projet de LOS ANGELES ajourné. Par contre, en août 1982, la proposition d'UDTC fut retenue pour DETROIT, cependant que, sous la pression des autorités provinciales et municipales, la Toronto Transit Commission adoptait le même système pour une ligne de rabattement sur le métro en banlieue, la Scarborough RT Line qu'elle avait prévu de réaliser en tramway moderne : la province d'ONTARIO souhaitait que sa capitale, TORONTO, soit dotée de la réalisation la plus moderne de l'UTDC ; le coût étant nettement plus élevé du fait de la construction en viaduc, elle accordait à la Toronto Transit Commission une subvention pour combler la différence.

Le tableau ci-après donne, d'après G. PASTOR, les principales caractéristiques et l'état d'avancement des trois systèmes :

	DETROIT D.P.M.	VANCOUVER Regional Rapid Transit	TORONTO Scarborough RT Line
Exploitant	SEMTA	British Columbia Transit	Toronto Transit - Commission
Rôle de la ligne	Desserte du centre ville	Ligne radiale et desserte de la ville	Ligne de rabattement Extension d'une ligne métro
Date de décision	Août 1982	Mai 1981	Mai 1982
Mise en service partiel pour démonstration		Juillet 1983	
Date de mise en service	Octobre 1986 (?)	Janvier 1986	Mars 1985
Longueur de la ligne dont : en viaduc au niveau du sol en tunnel	4,7 km de voie unique 4,7 km	21,4 km de voie double 13 km 6 km 2 km (1)	7 km de voie double 2,4 km 4,5 km 0,1 km
Nombre de véhicules	13	114 (parc initial)	24
Vitesse max. d'exploitation	48km/h	72 km/h	70 km/h
Nombre de stations dont : en viaduc au niveau du sol en tunnel	13 0 0	15 8 5 2	5 3 2 0
Coût total, en Dollars US réévalués	197 M \$	615 M\$	149 M\$
Coût par km de voie	42,4 M\$	14,3 M\$	10,6 M\$
Coût par km de voie double		28,6 M\$	21,2 M\$

(1) La ligne de VANCOUVER utilise un tunnel et des emprises ferroviaires existantes.

4. Les principaux problèmes évoqués au cours de la conférence de MIAMI à partir des expériences en cours en Amérique du Nord (c'est-à-dire à propos des AGT et DPM en service ou en construction)

4.1 La décision politique, le financement et l'impact économique

J'ai évoqué ci-dessus le caractère laborieux, pour ne pas dire chaotique, du processus de prise de décision concernant les DPM, avec les voltes-faces du pouvoir fédéral, la complexité des processus locaux, les luttes de groupes de pression, la lourdeur des études d'impact et des consultations locales ("hearings"), l'aléa des votes de taxes complémentaires ... Tout ceci dominé par la difficulté d'assurer le financement des projets dont le coût a crû notablement au cours de leur instruction et de leur réalisation. Un des orateurs, Robert DIETZ, consultant qui a participé à la direction des projets de MIAMI et de DETROIT, a commenté les difficultés rencontrées aux différentes étapes et précisé en conclusion quelles sont, à son avis, les cinq conditions du déroulement favorable d'un tel projet, dans le contexte américain :

- 1 - existence d'un comité d'orientation ("steering committee") regroupant les principaux partenaires publics (collectivités locales aux différents niveaux) et privés (notamment promoteurs et associations) et chargé de débattre de la politique à suivre et des principales options techniques,
- 2 - existence et définition claire d'un besoin à court terme,
- 3 - engagement du secteur privé,
- 4 - consensus de tous les partenaires publics ("public agencies"),
- 5 - engagement financier aux échelons locaux et intermédiaires (Etat).

Il cite enfin l'importance de l'esthétique et la nécessité que soit désigné très tôt le maître d'ouvrage, futur propriétaire du système.

L'histoire du DPM de MIAMI a été spécialement commentée par plusieurs orateurs : Marc SANET du Comté de DADE, Simon ZWEIGHAFT, Consultant, ainsi que par une table ronde où est intervenue notamment Clara OESTERLE, Commissaire (élue) chargée des transports du Comté de DADE, et, à ce titre, représentant le maître d'ouvrage.

En 1981, le gouvernement fédéral ayant décidé de bloquer le financement aux 64 M\$ qui représentaient 80 % du coût estimatif initial de 80 M\$ (1) quelles que soient la dérive inflationniste et la dérive propre du coût du projet, un comité privé ("task force") s'est constitué, animé par un gros promoteur immobilier, Tibor HOLLO, conscient de la nécessité d'une solution de transport collectif pour assurer le développement du centre-ville.

(1) Au cours des études préliminaires, des coûts beaucoup plus faibles avaient été cités - on avait parlé de 24 M\$ au début ! - mais le devis estimatif de 80 M\$ est considéré comme le premier basé sur des études sérieuses et ayant donné lieu à un premier engagement des promoteurs du projet.

Ce comité a abouti rapidement à la proposition d'instauration d'une taxe foncière ("assessment") - qui, contrairement à la taxe sur les ventes adoptées par d'autres villes, ne nécessite pas de référendum - et l'a fait adopter par la Ville et le Comté. En 1982, étaient précisées les limites du "district", territoire desservi par le futur DPM et soumis à la taxe foncière, et était fixé le taux annuel de la taxe : 18 cents par pied carré, soit au total 2,5 M\$ par an, ce qui a permis de lancer un emprunt de 20 M\$ pour compléter le financement du Metromover. Celui-ci se décompose finalement ainsi :

Subvention fédérale (UMTA) (au titre du programme DPM)	64 M\$
Subvention fédérale (part de la taxe sur l'essence)	15 M\$
Subvention du Comté de DADE	17 M\$
Subvention de l'Etat de FLORIDE	13 M\$
Subvention de la Ville de MIAMI	2 M\$
Prêt assis sur la taxe foncière	20 M\$

	131 M\$

(soit, par rapport aux 80M\$ initialement prévus, une augmentation en plusieurs étapes de 65 %).

En fait, si l'on ajoute certains frais d'étude préalable, qui ne sont pas inclus dans ce total, le coût global s'établirait à 137 M\$ et se décomposerait comme suit :

Acquisition des entreprises	19 M\$
Dépenses du Comté de DADE, maître d'ouvrage, (frais d'études et frais généraux)	20 M\$
Contrat de WESTINGHOUSE	
• Ingénierie et pilotage	16 M\$
• Construction des ouvrages (génie civil)	47 M\$
• Equipement et système	35 M\$

./...

Ce coût est très élevé - 44 M\$ par km de voie double ; j'y reviendrai en conclusion - et, cependant, le projet a été conduit avec le souci de contenir les coûts, tant au point de vue technique qu'au point de vue des acquisitions foncières et immobilières dont certaines ont été conçues comme des "développements conjoints" de certains flots avec des promoteurs, et d'autres permettront des récupérations importantes de capital lorsque le maître d'ouvrage aura trouvé des promoteurs pour monter des opérations intéressantes, sur des parcelles qui ont dû être acquises autour des stations.

Les futures antennes Nord et Sud du Metromover qui desserviront des quartiers en expansion rapide - le quartier Bricknell, au sud, est un des plus actifs chantiers immobiliers d'Amérique - vont sans doute pouvoir être construites rapidement grâce à la volonté des propriétaires fonciers et des promoteurs qui vont susciter, là aussi, la création d'une taxe foncière de 20 cents par pied carré, ce qui débloquera la décision.

En ce qui concerne le DPM de DETROIT, George PASTOR, déjà cité, actuel Président d'UTDC-US et donc fournisseur du système après en avoir été l'instigateur à l'UMTA, a commenté le déroulement du processus, caractérisé là aussi par un accroissement considérable des coûts par rapport aux prévisions. Les difficultés d'insertion ont été plus grandes, le projet a dû être compliqué en cours de réalisation et des difficultés techniques dans la construction de l'ouvrage (défauts systématiques dans l'exécution des poutres de béton) ont aggravé le bilan. Le processus de dérive des coûts à DETROIT a notamment été commenté par la revue MASS TRANSIT (mars 1985 - page 44) qui explique comment le projet a été progressivement compliqué par les responsables de la ville, sans que l'impact sur les coûts ait été mesuré et pris en compte.

La situation économique et financière de la ville de DETROIT étant beaucoup moins bonne que celle de MIAMI, ces difficultés ont été durement ressenties et la presse a même annoncé récemment l'abandon du projet - nouvelle qui a été démentie. Au total, le coût annoncé du DPM de DETROIT est actuellement de 200 M\$ pour une boucle de 4,7 km de voie simple, soit 42 M\$ par km de voie simple !

Un autre intervenant, Philippe LOUKISSAS, d'un Centre de Recherche de HOUSTON, a exposé une analyse des formes que peut prendre la "value capture", notion héritée du développement des chemins de fer du 19ème siècle. Je reproduis ci-après le tableau original en anglais à cause des difficultés de la traduction :

.../...

**PRELIMINARY OVERALL EVALUATION OF ALTERNATIVE VALUE CAPTURE TECHNIQUES
for TAMPA**

Value Capture Technique		Political Feasibility	Required Legislative Changes	Revenue Potential
Joint Development and Lease or Sale	(JD/LS)	Moderate	None	Limited, due to DPM design.
Lease of Station Space (Concessions)	(C)	High	None	Limited, due to the size of the DPM stations.
Special Benefit Assessment Districts	(BA)	High	Possibly	High, for areas where intense economic activity exists.
Tax Increment Financing	(TIF)	Difficult	Yes	High, for areas which qualify as an urban renewal district.
Station Cost Sharing or Connector Fees	(SCS)	Moderate	None	High, where a major development is anticipated.
Developer Impact Fees	(DIP)	Difficult	Yes	Limited.

Enfin, E.R. RUITER, du bureau d'études Cambridge Systematic Inc., travaillant pour l'UMTA, a étudié l'évolution de l'urbanisme à DETROIT et MIAMI depuis que la construction des DPM a été décidée. A DETROIT, ville à fort taux de chômage et à activité économique déclinante, 3 grands projets immobiliers sur 5 espérés ont bien été réalisés, ainsi que quelques rénovations non prévues, mais la fuite du centre-ville vers les banlieues continue et l'impact du DPM n'est pas évident pour le moment. Au contraire, à MIAMI, 5 grands projets prévus sont en cours de réalisation, plus quelques autres non prévus ; les surfaces de bureaux ainsi que celles consacrées au commerce croissent plus vite que prévu et les locaux d'habitation (hôtels et grands immeubles de logements en copropriété), s'ils ont crû un peu moins vite que la prévision, semblent maintenant prendre un bon départ. Donc, à MIAMI, l'effort d'équipement en transports collectifs semble, avant même la mise en service, avoir déjà favorisé le développement du centre-ville.

4.2 La réalisation de l'infrastructure et l'insertion

J'ai commenté plus haut la relative facilité d'insertion du viaduc dans le paysage urbain de MIAMI et DENVER, paysage qui, à vrai dire, n'a rien à perdre de l'addition de ce nouvel objet dont l'esthétique est plutôt plus soignée que celle de certains immeubles voisins, alors que certaines autoroutes urbaines sont beaucoup plus encombrantes avec leurs échangeurs. Néanmoins, l'insertion du Metromover à MIAMI, comme celle du Metrorail, n'a obtenu l'agrément général qu'après une longue préparation comportant des études de variantes, la classique étude d'impact et les séances publiques de concertation (hearings), tenues par communes ou quartiers.

Dans les DPM, les stations en élévation, qui avaient été un des éléments de rejet de projets européens comme celui de MANCHESTER dont le cas a été commenté, sont plus petites car il s'agit de systèmes à débit relativement faible et petit gabarit. Leur esthétique a fait l'objet de soins tout particuliers qu'ont décrit Teresa WATTS pour VANCOUVER et Julio GABRIEL pour MIAMI. Dans ce dernier cas, les stations, à quai central, sont ouvertes (le climat le permet). Elles sont couvertes d'un baldaquin dont la forme a été soignée, ainsi que celle des colonnes et des architraves qui soutiennent l'ensemble. L'ensemble du viaduc et des stations est peint en blanc, couleur dominante à MIAMI.

Au passage, notons que le choix de stations ouvertes a conduit MIAMI, pour le Metromover comme pour le Metrorail, à ne pas prévoir de portes automatiques sur le quai. VANCOUVER comme TORONTO et DETROIT, après avoir longuement étudié la question ont renoncé également aux portes palières : à VANCOUVER, a simplement été prévue une sécurité consistant en un fil tendu entre les rails qui détecte tout corps tombant sur la voie et déclenche l'arrêt d'urgence.

La recherche d'une association féconde du public concerné et des responsables du projet pour la définition des meilleurs choix du point de vue de l'impact visuel d'une future ligne de transport a donné lieu à un intéressant exposé de DAMES et MOORE, consultants à GOLDEN (Colorado). Particulièrement importante pour l'implantation d'un système de technologie nouvelle, cette démarche appelée "évaluation visuelle" ("visual assessment") est basée sur une analyse de l'impact visuel qui doit être :

- d'abord approfondie par les auteurs du projet, avec prise en considération de variantes possibles,

./...

- puis, traduite en représentations visuelles précises, réalistes et neutres (éviter le "bluff" de certains rendus d'architectes) et suffisamment nombreuses (impact visuel de la ligne de plusieurs points de vue correctement choisis) pour la démonstration publique,
- enfin, discutée avec le public à plusieurs niveaux de réunions, selon une stratégie bien définie, les résultats de ces réunions étant incorporés dans le projet de manière que la procédure soit compréhensible et crédible.

Du point de vue de la technique de communication, les auteurs recommandent spécialement l'usage de photos ou montages animés combinant des photos réelles du site et la vue simulée du futur ouvrage laquelle est obtenue, en autant de perspectives et de points de vue qu'il est nécessaire, par conception assistée par ordinateur.

4.3 L'exploitation et la maintenance

De nombreux exposés ont été consacrés à ce sujet, évoquant, à la fois, l'expérience déjà ancienne de systèmes qui ont dix ans de fonctionnement (PRT de MORGANTOWN et AIRTRANS de DALLAS-FORT WORTH) et les dispositions prévues sur les nouveaux systèmes qui vont être mis en service.

Donald OCHSNER d'un bureau de consultants de WASHINGTON a rappelé les principales caractéristiques prévues pour les DPM de MIAMI et de DETROIT pour le début de leur exploitation. Nous indiquons en regard les caractéristiques atteintes pour l'exploitation et la maintenance d'AIRTRANS :

	MIAMI (WESTING- HOUSE)	DETROIT (WESTING- HOUSE)	DALLAS FORT WORTH (AIRTRANS)
Véhicules-miles par an	280 000	590 000	2 800 000
Nombre de véhicules en service	12	12	60
Amplitude du service par jour	15 h	18 h	24 h
Effectifs prévus au démarrage :			
• exploitation et administratif	11	22	53
• maintenance	38	32	85
• ingénierie	6	5	
Total	55	57	138

La comparaison entre les effectifs prévus pour différents systèmes doit tenir compte de la répartition des tâches de maintenance entre l'exploitant et la sous-traitance : la maintenance à DETROIT serait entièrement confiée à l'UTDC, alors que l'exploitant du Metromover de MIAMI demanderait moins d'aide à WESTINGHOUSE. Quant à AIRTRANS, la totalité de la maintenance à l'exception des réparations de moteurs et de compresseurs, est faite par l'exploitant.

./...

D. OCHSNER a étudié les ratios d'effectifs par nombre de véhicules et par mile parcouru dans le cas de systèmes simples et de systèmes complexes. Ceux de MIAMI et DETROIT, étant des systèmes à fort capital investi, devraient avoir de faibles coûts d'exploitation et de maintenance mais, ce sont malheureusement des systèmes complexes pour un faible nombre de véhicules et leur efficacité est limitée parce qu'ils sont trop petits. A noter que le VAL de LILLE, qui était cité dans ces comparaisons, apparaissait avec des rapports : effectif par nombre de véhicules et effectif par mile parcouru, nettement plus importants que les systèmes américains.

Pour les roulements du personnel, MIAMI comme ATLANTA ont fait appel à une organisation souple, avec une partie du personnel travaillant en 4 journées de 10 h et une autre partie en 5 journées de 8 h ; les agents choisissent leur type de roulement une fois par an.

R. HAAS et Robert GOOD ont présenté la politique préconisée par WESTINGHOUSE en matière de maintenance et les résultats obtenus. La politique est résumée par le slogan suivant : "People + Quality + Technology + Training". L'exemple de résultats obtenus était celui du système WESTINGHOUSE de l'aéroport d'ATLANTA dont voici les principales caractéristiques :

- ligne de 3,8 km - 11 stations - 24 véhicules de 80 places,
- 30 millions de passagers par an (prochainement 39),
- flux maximum de 15 000 voyageurs/heure.

La disponibilité actuellement atteinte est de 99,9 %. Par semaine, on compte :

- 10 à 20 incidents avec retard,
- et 20 à 70 minutes de retard total.

A propos du cas de DETROIT, P. SULLIVAN de l'UTDC commentant les problèmes particuliers que pose un système automatique, a mis l'accent sur la nécessité d'une formation particulière pour le personnel, basée sur la simulation de toutes les situations perturbées. DETROIT disposera pour cela d'un laboratoire, à KINGSTON, où seront simulés tous les cas de fonctionnement du PCC et de tous les sous-systèmes.

A MIAMI, le PCC du Metromover contient, à côté du TCO, un simulateur qui semble devoir être utilisé principalement pour la formation et, peut-être aussi, pour la résolution de certains incidents.

Enfin, le problème de la disponibilité des systèmes automatiques, annoncée brièvement dans la plupart des prospectus comme étant de 99,8 % ou 99,9 %, a été abordé de manière plus sérieuse par plusieurs orateurs. Edward NEUMANN, de la West Virginia University où il a succédé au Professeur Samy ELIAS, le promoteur du PRT de MORGANTOWN, a étudié l'évolution de la disponibilité de ce système dans le temps. Rappelons qu'il s'agit d'un système de petits véhicules reliant les 5 stations en "point à point" à la demande, selon le principe initial du PRT. La longueur du réseau est de 13 km, le nombre de véhicules de 58 et le nombre de passagers de 3 millions par an.

E. NEUMANN définit une disponibilité globale (dependability), produit de la disponibilité du système au départ de l'usager par la fiabilité du voyage. La disponibilité, au début de la vie de ce système qui a été inauguré en 1974, était réputée très insuffisante et tous les milieux professionnels et même la presse en faisait des gorges chaudes.

Les valeurs de disponibilité indiquées par E. NEUMANN sont les suivantes :

- . en 1974 / 1976 82 %
- . en 1983 / 1984 98,4 %

ce qui correspond, en moyenne, à 9 000 passagers transportés entre panne, et à 40 évacuations par an. Les pannes proviennent :

- . pour 45 % : des véhicules,
- . pour 25 % : des calculateurs,
- . pour le reste : d'autres équipements.

Le Professeur NEUMANN a présenté ses travaux sur une théorie de la "désutilité" engendrée par les interruptions de service, analysant les facteurs de cette désutilité (inconfort physique, inconvénient des retards et coût supplémentaire) et cherchant à en déduire les stratégies les plus adéquates pour la présentation de l'information aux usagers et la restauration des services (aide à la décision en temps réel). Il envisage que l'information, actuellement fournie par les opérateurs du PCC, puisse être élaborée et diffusée directement par le système.

Enfin, il a recherché, en appliquant les méthodes utilisées en aéronautique, la loi de décroissance avec le temps du coût mensuel d'exploitation et de maintenance et du temps mensuel d'indisponibilité. Il a trouvé pour le cas de MORGANTOWN, en considérant les premières années de mise au point (phase I) et la totalité de la période de dix ans (phase I + II) les résultats suivants exprimés en pourcentage de décroissance pour un doublement du temps :

	<u>Phase I</u>	<u>Phase I et II</u>
Coût mensuel d'exploitation et maintenance	décroissance de 4 %	décroissance de 16 %
Temps mensuel d'indisponibilité	décroissance de 17 %	décroissance de 30 %

Une autre analyse historique a été esquissée par David SLABODA, de l'Aéroport de DALLAS-FORT WORTH, sur l'expérience d'AIRTRANS. Ce système mis en service en 1974 était naguère cité, de ce point de vue, comme un échec, sa disponibilité ayant été très médiocre pendant les premières années. Elle serait, maintenant, supérieure à 99 % avec, pendant l'année fiscale 1983/1984 : 99,9 %. Pour l'année fiscale 1984/1985, le résultat sera un peu moins satisfaisant car l'hiver a été plus rigoureux avec quelques jours de neige et glace, d'où interruptions de service, mais cet événement est trop peu fréquent pour justifier l'investissement d'un système de chauffage des pistes.

./...

4.4 L'interface voyageurs

L'interface du système avec les voyageurs a fait l'objet de multiples commentaires. Les péages des DPM, comme ceux des lignes "Rapid Transit" (métro et RER), sont partout réalisés avec des passages à tourniquets acceptant des cartes de prépaiement et/ou d'abonnement mensuel, plus un paiement en espèce ou par jeton pour le voyage unique. La question de la sécurité a été souvent évoquée ; les transporteurs automatiques, comme les "rapid transit" modernes, utilisent plus généralement qu'en France la télésurveillance, mais avec des installations de prises de vues souvent plus simples : caméras fixes, en nombre juste suffisant pour couvrir salles de billets et quais (2 par quai, 1 ou 2 par salle de billets prenant d'enfilade la ligne de péages). Conformément à l'usage américain, toutes les images recueillies sont surveillées de façon continue : au PCC vingtaine de moniteurs et peut appeler, sur deux écrans de plus grande dimension, l'une quelconque des images.

Un exposé m'a paru particulièrement intéressant ; celui de Peter MANDLE de Wilbur Smith & Associates qui a commenté "le besoin de souplesse et de clarté" en se servant de l'exemple d'AIRTRANS. C'est un des systèmes les plus sophistiqués, destiné à fournir un service point à point pour tous les voyageurs, plus un service analogue pour les employés de l'aéroport et pour les marchandises. Ce système, dont la mise au point fut particulièrement longue et pénible et qui fut l'objet de ce fait de vives critiques, fonctionne bien maintenant. Pourquoi est-il resté unique ? Le constructeur VOUGHT a abandonné sa fabrication. M. MANDLE voit l'origine de cet échec dans les 2 défauts suivants :

- Manque de clarté pour l'usager. AIRTRANS est difficile à utiliser pour le passager moyen qui traverse l'aéroport sans être un habitué et qui est obligé d'emprunter AIRTRANS, seul moyen d'aller d'une aérogare à l'autre. Le passager comprend mal comment choisir sa rame et également où descendre. La signalisation, basée sur un code de couleurs caractérisant les divers itinéraires offerts, m'avait paru satisfaisante lors de visites antérieures, mais elle se révèle insuffisante pour l'usager moyen non habitué à cet aéroport.
- Manque de souplesse : les itinéraires sont figés et, en cas de changement de répartition des activités entre aérogares, il est difficile de les modifier.

Cette critique est à méditer pour la mise au point des conditions d'utilisation d'ARAMIS (signalisation et flexibilité).

4.5 Les coûts

L'étude statistique et critique des coûts a été présentée par deux opérateurs du bureau d'études LEA, ELLIOT, Mc GEAN de WASHINGTON.

1. Dennis ELLIOT a rappelé les coûts d'un certain nombre de systèmes réalisés dans les aéroports. Le tableau ci-après en donne une récapitulation, avec le rappel de quelquesunes des caractéristiques des systèmes cités.

./...

	date de mise en service	Nombre de véhicules	Longueur de voie	Nombre de stations	Capacité (Voyageurs/heure)	Fabricant	Coût	Configuration
Aéroport de TAMPA	1971	8	2,2 km	8	40 300	WESTINGHOUSE	19,8 M\$	Navette
Aéroport de SEATTLE-TACOMA	1973	24	2,7 km	8	21 600	WESTINGHOUSE	47,3 M\$	double boucle
Aéroport de DALLAS-FORT WORTH	1974	60	21 km	15		AIRTRANS (VOUGHT Corp.)	83,4 M\$	Système
Aéroport d'ATLANTA	1980	24	3,8 km	10	18 000	WESTINGHOUSE	70 M\$	Système
Aéroport d'HARTFORD	en construction					FORD	7 M\$	Navette
Aéroport de HOUSTON	"	15	2,2 km	9	1 700	WEDWAY (bombardier)	21,5 M\$	Navette
Aéroport de LONDRES-GATWICK	récente					WESTINGHOUSE	46 M\$	Navette

Dans cette liste, ne figurent pas toutes les dessertes d'aéroports par transporteurs automatiques ; il conviendrait d'y ajouter :

- d'autres réalisations anciennes ou récentes : aéroports de MIAMI, ORLANDO, BIRMINGHAM, LAS VEGAS (en cours d'essai...).
- et d'évoquer les projets plus ou moins avancés dont toute la Profession parle : aéroport de CHICAGO (appel d'offres jugé en mars dernier, la presse en a abondamment parlé), aéroport DULLES de WASHINGTON, aéroport KENNEDY de NEW-YORK (avec 9 navettes autour d'un point d'éclatement central), aéroports de PHOENIX, PITTSBURGH... D'autres projets seraient en gestation à NEWARK, SAN FRANCISCO, LOS ANGELES, KANSAS-CITY, BOSTON, LOUISVILLE, TORONTO ...

Les aéroports sont ainsi le principal "marché" des systèmes automatiques de transports de personnes, dans les pays anglo-saxons tout au moins ; on peut noter sur ces listes l'absence des aéroports d'Europe continentale. Le chiffre d'affaires, pour l'industrie des transports, est loin d'être négligeable. Les prix semblent plus faibles que pour les DPM (137 M\$ pour MIAMI, 200 M\$ pour DETROIT ...) mais, le prix donné pour les aéroports ne comprend généralement pas la construction de l'infrastructure qui est faite par l'autorité aéroportuaire, alors que dans le cas des DPM, on compte l'ensemble infrastructure + système. Et il faut naturellement tenir compte que, dans le tableau, les coûts sont donnés en dollars courants donc, devraient être revalorisés pour les systèmes anciens.

2. Tom Mc GEAN a présenté une étude du marché des transports automatiques de personnes qu'il divise en 3 segments :

- les centres majeurs d'activité : aéroports principalement mais aussi hôpitaux, hôtels ...
- les centres-villes,
- les lignes de rabattement ("overhaul lines").

Sur chacun de ces segments du marché, Tom Mc GEAN a étudié les divers projets en gestation et leur chance de succès en fonction des coûts de réalisation d'un tel système ; il en a déduit, pour chacun des 3 segments, une approximation des courbes d'allure hyperbolique qui donne l'étendue du marché en fonction du coût unitaire du système ou du coût rapporté au service rendu (coût par passager transporté ou par mile de ligne).

Il conclut que le marché potentiel, actuellement faible en raison des coûts élevés des systèmes proposés (quelques unités pour chaque segment du marché), croîtrait jusqu'à plusieurs dizaines si les coûts étaient réduits au-dessous d'un certain seuil. Il déduit des divers calculs économiques l'évaluation de ce seuil avec beaucoup de prudence car de telles évaluations sont très délicates (surtout pour les DPM dont le marché est encore virtuel) :

./...

- desserte des "centres majeurs d'activité" : il faudrait que le coût du système ne dépasse pas 10 M\$.
- lignes de rabattement : il faudrait que le coût d'investissement soit inférieur à 15 M\$ par mile (soit 10 M\$ par km) de voie simple.
- desserte centre-ville (DPM) : il faudrait que le coût d'investissement soit inférieur à 30 M\$ par mile (soit 20 M\$ par km) de voie simple.

D'où la conclusion qu'il faudrait absolument trouver des solutions moins coûteuses que celles actuellement mises en oeuvre. Tom Mc GEAN cite comme voies à explorer, suivant les débits à assurer et les longueurs à équiper :

- le transport aérien (genre téléphérique) qui pourrait conduire à des coûts de 5 M\$ par mile,
- le transport funiculaire, avec des coûts de 6 M\$ par mile,
- le transport avec sustentation magnétique et moteur linéaire, qui conduirait à des coûts de 15 à 22 M\$ par mile, selon que le moteur linéaire est à stator long ou court.

Tom Mc GEAN ajoute une série de recommandations sur les économies à faire par rapport aux réalisations actuelles :

- pour la desserte des centres d'activité et des centres-villes :
 - rechercher l'utilisation de vitesses plus faibles qui permettraient la traction par câble,
 - par une meilleure conception, rechercher la simplification de l'infrastructure (viaduc) : le monorail, notamment, permettrait 30 à 50 % d'économie sur l'infrastructure,
 - simplifier les systèmes de commande et contrôle,
 - rechercher l'utilisation de véhicules passifs,
 - supprimer les permanences de maintenance sur le site (maintenance par appel à du personnel astreint).
- et pour les lignes de rabattement :
 - rechercher une conception d'infrastructure plus légère,
 - simplifier les réservations pour l'évacuation des passagers,
 - lorsque c'est possible (boucles), adopter un tracé à une seule voie,
 - utiliser les possibilités de l'électronique moderne pour alléger les sous-systèmes de protection et contrôle et non pour les compliquer.

NOTA : ces conclusions sont à considérer avec beaucoup de prudence, les évaluations dans ces domaines nouveaux étant très délicates, mais la démarche est intéressante et le rapport de Tom Mc GEAN méritera d'être soigneusement étudié. Son analyse nous amènera naturellement à nous interroger sur l'éventail des solutions possibles.

5. D'autres solutions moins coûteuses ?

Si les systèmes réalisés à ce jour appartiennent presque tous à la même famille : celle des petits trains sur pneus automatiques, on a depuis 20 ans imaginé une grande variété d'autres systèmes. Les qualités que leur prêtent leurs auteurs sont souvent très séduisantes et les coûts qu'ils annoncent retiennent l'attention, mais ces qualités et ces coûts ne sont pas toujours, loin de là, confirmés par l'expérience et l'analyse critique de ce qui est annoncé est bien difficile sans réalisation industrielle.

Aussi, je n'aurai pas la prétention de faire ici une analyse comparative de toutes les idées en compétition, ce qui demanderait une étude considérable ; je me bornerai à citer quelques informations recueillies au cours de la conférence de MIAMI, en faisant toutes réserves sur leur exactitude : elles ont la seule prétention de faire connaître les idées et les projets dont il a été débattu et qui donc continuent à intéresser les milieux professionnels.

5.1 Les solutions à câble (cable people movers)

Dans cette rubrique, on englobe tous les systèmes où la traction est réalisée par un câble, que les véhicules soient suspendus (genre téléphérique ou cabines détachables) ou roulent sur une piste, généralement sur pneus (forme moderne du funiculaire). Je n'ai pas pu assister à la session consacrée à ce thème, au cours de laquelle G. OPLATKA, professeur à ZURICH, et fervent adepte des systèmes à câbles, a analysé leurs possibilités et leurs limites : on sait que ces systèmes ont une utilisation limitée à des liaisons relativement courtes et/ou à relativement faible débit (cf. rapport de l'IRT de juin 1984 "Comparaison des systèmes de transports hectométriques" - (rapport du groupe de travail BIEBER)).

Ont notamment été présentés, au cours de cette session :

- le système AEROMETRO,
- le système français POMA 2000,
- le système développé par un groupe français pour la traversée du Mississippi à LA NOUVELLE-ORLEANS,
- les réalisations récentes de VSL Corporation, sous le nom de METRO SHUTTLE 6000 :
 - . l'une à MEMPHIS (liaison centre-ville - parc d'attractions) constituée de cabines suspendues sous un viaduc, de capacité unitaire de 180 passagers par train de 3 cabines, réalisant une capacité de transport de 3000 voyageurs/heure sur 500 mètres.
 - . l'autre à LAS VEGAS (liaison circus - circus hôtel - casino) de taille analogue, mais avec des véhicules sur pneus roulant sur un viaduc de béton.
 - . enfin, les réalisations en cours d'OTIS à TAMPA (Floride) et dans une station de sports d'hiver près d'INNSBRUCK (Autriche) et à BOPHUTHATSANA (Afrique du Sud) : il s'agit là de funiculaires sur coussin d'air.

./...

Les caractéristiques détaillées de ces divers systèmes, tous entièrement automatisés, - et peut-être leurs coûts - pourront être étudiés dans les actes de la conférence.

5.2 Systèmes à monorail et autres systèmes à véhicules suspendus

L'avantage du Monorail, du point de vue économique, est depuis longtemps affirmé par les uns, contesté par les autres, mais il continue à être proposé : trois nouvelles lignes sont en construction au Japon et Bombardier a acquis la licence du Monorail MARK IV de Walt Disney Production qui équipe le Walt Disney World à ORLANDO (Floride) sur 25 km de parcours ; c'est un dérivé de systèmes de conception ancienne qui a conservé à ORLANDO l'exploitation manuelle avec opérateur sur chaque train et dans chaque station.

Un inventeur de Seattle, EINAR SVENSSON, propose sous le nom d'URBANAUT un système dérivé de l'ALWEG. Il a spécialement étudié l'allègement du viaduc, qui serait constitué de poutres-caissons portées par des piliers inclinés formant des triangles à la pointe tournée vers le bas. Nous disposons de peu de renseignements chiffrés et il ne semble pas qu'il y ait encore d'application en vue.

Un inventeur anglais, Francis PERROTT, ancien ingénieur de la Marine, partant d'une analyse systématique des configurations mécaniques possibles pour la poutre-support, les véhicules et le roulement, prétend avoir trouvé un optimum avec une structure comprenant, pour une ligne à 2 voies, une poutre unique en forme d'I, ce qui permet d'obtenir une grande rigidité avec beaucoup moins de matière que si on réalisait classiquement 2 voies séparées. Les véhicules d'un train s'accrochent en encorbellement, d'un côté de l'I, à droite ou à gauche selon leur direction par de petites roues sur pneus qui roulent sur des pistes convenablement agencées sur la semelle supérieure et la semelle inférieure de l'I. Les véhicules peuvent aussi rouler sur une piste au niveau du sol. Pour le système haut de gamme, dit S20, les véhicules restent relativement petits et très compacts : 4 m de long - 20 passagers dont la moitié debout. Ils peuvent constituer des trains de 120 m. La poutre en I a 3,50 m de haut et 2,20 m de large et elle peut être fortement évidée donc "transparente".

F. PERROT annonce pour son système moins de 40 % du coût des autres systèmes en viaduc de capacité analogue. En valeur absolue, il espère des coûts par kilomètre dans la fourchette de 3 à 12 M\$ (évaluation 1983) selon les conditions locales. D'autre part, le viaduc est très léger et l'intrusion visuelle faible. F. PERROT vient, récemment, d'obtenir la commande d'une ligne expérimentale FLYDA pour CARDIFF.

./...

Enfin, rappelons que SIEMENS et DUEWAG ont développé et proposent un système à cabine suspendue et auto-traction, le "H-BAHN CABIN SYSTEME" bien connu des spécialistes français et dont un prototype fonctionne à l'Université de DORTMUND depuis quelque temps. L'orateur, qui le présentait, indiquait comme coût de réalisation 10 M\$ par kilomètre de voie double, avec 2 à 3 cabines par km (capacité de chaque cabine : 42 passagers). A noter que le H. BAHN est un des rares systèmes existants qui n'ait pas de piste d'évacuation d'urgence, les promoteurs du système arguant du précédent tramway suspendu de WUPPERTHAL qui n'en a jamais eu depuis le début du siècle. Les documents décrivant URBANAUT et FLYDA ne font pas mention des dispositifs d'évacuation mais, l'accès à la piste de roulement est sans doute possible par évacuation axiale dans les deux cas, peut-être aussi pour FLYDA par évacuation latérale sur la piste de l'autre voie.

5.3 Systèmes à sustentation magnétique ("MAGLEV") et à propulsion par moteur linéaire

L'autre réalisation de pointe allemande, bien connue des spécialistes français, est le M. BAHN (Magnet-behor Projekt) dont, après une première ligne prototype de 600 m en cours d'essai, une ligne complète de 1550 m de voie double et 3 stations est en construction à BERLIN par un consortium industriel constitué autour de AEG-TELEFUNKEN. Elle sera équipée de 4 véhicules de 11,7 m, 132 places (28 assis, 104 debout) pouvant rouler à 80 km/h. Les véhicules sont à sustentation magnétique par aimants permanents, avec des roues de petit diamètre assurant le guidage latéral et vertical ; la propulsion est réalisée par moteur linéaire à stator long. Les divers organes de sustentation et de guidage portés par le véhicule ont pu être disposés dans un très faible volume sous la caisse, il en résulte une réduction notable des dimensions (notamment de la hauteur) et du poids par rapport aux solutions classiques. La réalisation de BERLIN est en viaduc, mais le gain sur le coût serait sans doute plus significatif pour une réalisation en souterrain. L'automatisation intégrale est réalisée par microprocesseurs. L'ensemble coûterait 30 M DM ; soit environ 10 M\$.

La General Electric Compagny britannique présente un système de la même famille, le "BIRMINGHAM MAGLEV". Les véhicules, de 40 places - 8 assis, 32 debout - et 50 places en surcharge, ont une vitesse maximale de 48 km/h. L'entrefer garanti est de 15 mm - 10 mm. L'ensemble sustentation magnétique - propulsion par moteur linéaire - est annoncée comme entièrement électronique : un des avantages proclamés du système est "l'élimination de la mécanique". La ligne longue de 620 m, qui relie l'aéroport et la gare (British Rail) de Birmingham avec 2 voies exploitées chacune en navette (en attendant que l'aiguillage ait été développé), a été ouverte au public en août 1984 avec 2 véhicules, chacun comportant, pour une période probatoire, un agent à bord : mais les essais devaient, après quelques difficultés de mise au point, être conclus au printemps dernier et l'exploitation doit être maintenant automatique.

./...

Dans une famille voisine, BOMBARDIER, sous licence Walt Disney, propose le WEDWAY, à sustentation sur roues en fer de faible diamètre et propulsion par moteur linéaire à stator discontinu constitué de plaques de 38 cm x 25 cm, posées dans la voie à espacement variable tous les 3,60 m en zone à vitesse constante. L'entrefer est de 3,8 mm \pm 0,25 mm. C'est un système à faible vitesse : 24 km/h en exploitation, 32 km/h maximum. Le constructeur insiste, lui aussi, sur le rôle majeur de l'électronique et sur le fait que le véhicule, très léger, est purement passif. Après les réalisations du Walt Disney World en Floride, le système a été choisi pour l'équipement de l'aéroport de HOUSTON, où est en construction une boucle de 2,4 km, avec 5 trains de 3 voitures, chacune offrant 36 places. Le constructeur insiste sur la haute fiabilité du système et son coût total en exploitation, qui serait le plus faible par véhicule/km de tous les systèmes en service aux Etats-Unis, d'après une étude de l'UMTA.

5.4 Autres systèmes

Une réalisation du même genre que le WEDWAY est proposé par l'UTDC (TORONTO) sous le nom d'"UTDC TRANSPORTER" sous forme de petites cabines ouvertes pour transport hectométrique : ce système comporte aussi une traction par moteurs linéaires avec stator sur la voie en plaques discontinues, mais la sustentation est réalisée par coussin d'air. Un prototype existe dont des photos ont été montrées. OTIS, qui réalise des funiculaires sur coussin d'air (cf. § 5.1), et UTDC sont donc les deux seuls constructeurs qui proposent encore l'utilisation du coussin d'air.

Il n'a guère été question des systèmes à propulsion par courroies transporteuses dont un prototype existe au Japon. Pour la description du système automatique japonais, en général, on pourra consulter le rapport IRT "Les systèmes nouveaux de transport urbain en site propre au Japon" par P. PREVOT (Janvier 85-129).

Lee ROGERS, consultant américain, a décrit l'expérience originale de DPM (navette économique) tentée à PORTO-ALEGRE (Brésil) avec l'aide de l'administration fédérale brésilienne (EBTU). Il s'agit de l'AEROMOVEL, système à propulsion pneumatique : le véhicule se déplace sur un viaduc comportant un tube où se déplace un piston actionné par le vide et ce piston est attaché au véhicule à travers une fente fermée par des lèvres en caoutchouc composite. Le tout est réalisé de façon très rustique, le véhicule, à partir d'un simple châssis MERCEDES, sans bogie, etc... Le débit atteindrait 8 à 10 000 voyageurs/heure et le coût de l'investissement serait inférieur à 4 M\$ par mile de voie simple - 2,5 M\$ par km.

Enfin, Georges HAIKALIS, de TRANSPORTATION CONSULTANT (N. Y.), a fait une communication sur l'intérêt pour les agglomérations américaines des trottoirs roulants accélérés type TRAX.

./...

6. Conclusions

La conférence de MIAMI, les exposés que j'ai entendus et les nombreux contacts que j'ai eus m'inspirent un ensemble de réflexions que je résume en quatre points :

1. Une très grande activité persiste dans plusieurs pays, et notamment en Amérique du Nord, autour des divers aspects du développement de transports automatiques de personnes de capacité moyenne, susceptibles d'équiper des aéroports, certains centres d'activité, et les centres urbains ou certains rabattements sur des lignes à fort débit.
2. Les systèmes actuellement mis en service - systèmes à véhicules guidés sur pneus entièrement automatiques, comme ceux du VAL ou du Metromover de Miami ou de l'ALRT de Vancouver - peuvent être considérés comme technique-ment au point et fournissent un service satisfaisant, mais ils sont trop coûteux pour ouvrir un marché important. Or, il y a un besoin latent de transporteurs automatiques de "capacité intermédiaire", c'est-à-dire de la gamme inférieure à celle du métro. Il paraît donc urgent de trouver des solutions plus économiques, tout en offrant un service de qualité.
3. De nombreux industriels et inventeurs proposent effectivement d'autres solutions, le choix est extrêmement varié. Les principes de ces solutions sont pour la plupart connus depuis longtemps, et les développements en cours, ici ou là, devraient permettre de mieux apprécier leur faisabilité technique et leurs avantages économiques. Cependant, il ne me paraît pas encore possible de procéder à des comparaisons globales sérieuses, les éléments d'appréciations qui sont fournis, notamment sur les coûts, étant nettement insuffisants, et souvent distordus par les promoteurs des projets. D'ailleurs, les coûts globaux dépendent fortement de l'insertion possible des infrastructures dans l'environnement, et bien souvent les coûts d'infrastructure s'alourdissent au cours de la réalisation de ces projets du fait des exigences de l'environnement ...

L'évaluation comparative sérieuse et objective des diverses solutions possibles reste donc à faire, en fonction des cas d'application et elle nécessite des études approfondies. C'est un problème très difficile, mais c'est une étape indispensable pour choisir le ou les créneaux sur lesquels la recherche française devrait porter ses efforts.

4. Enfin, il convient de noter que les systèmes évoqués au cours de la conférence étaient à peu près tous des systèmes relativement simples (systèmes linéaires ou en boucle, avec parfois comme à Miami une ou deux antennes supplémentaires) sur des distances et avec des capacités de transport très moyennes. Le VAL de Lille, dont la présentation a suscité un gros intérêt, apparaissait comme le "haut de gamme" de cet ensemble. Quant à ARAMIS, dont les principes étaient connus de beaucoup des participants mais qui n'a malheureusement pas été présenté au cours de la Conférence, il répond, avec des solutions techniques plus ambitieuses, à des besoins de réseaux plus complexes et de qualité de service plus élevés : il apparaît comme une étape nettement plus avancée et dès que son homologation aura été acquise, on peut penser que notre pays disposera, après le VAL, d'un nouvel atout important dans la concurrence internationale. Encore faudra-t-il que le coût global de sa mise en oeuvre ne soit pas trop élevé pour qu'il puisse, lui aussi, ouvrir un marché important...