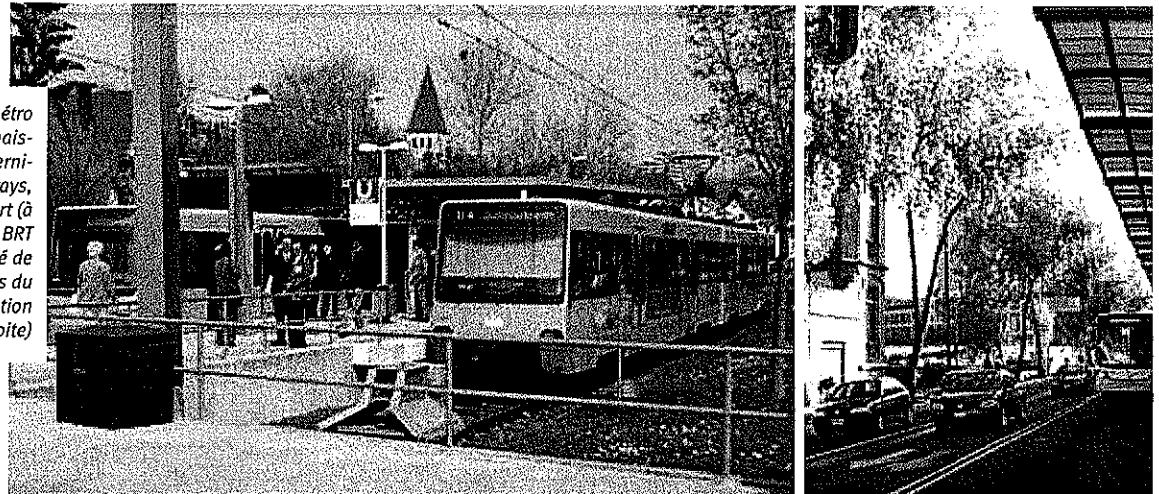


Le concept du métro léger est né de la renaissance ou de la modernisation des tramways, comme à Stuttgart (à gauche) ; celui du BRT est né de la nécessité de séparer l'autobus du reste de la circulation (Mexico City, à droite)



Depuis les années soixante-dix, de grands progrès ont été réalisés qui ont permis le développement de systèmes de transport public beaucoup plus performants que les autobus noyés dans la circulation et sensiblement moins onéreux que les systèmes de métro en site propre. Ces modes de « transport public semi rapide » circulant partiellement en site propre, se sont largement répandus dans les villes moyennes ainsi que dans la périphérie des grandes métropoles en tant que compléments aux réseaux de métro.

Métros légers et liaisons rapides par autobus Modes concurrents ou complémentaires?

| Vukan R. Vuchic, Ph.D., UPS Foundation Professor of Transportation, Department of Electrical & Systems Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphie, USA

A près le franc succès remporté par les systèmes de métro léger installés dans les agglomérations urbaines de nombreux pays, de nombreuses villes se sont équipées de liaisons de transport public rapides par autobus (BRT), un système nettement plus performant que les dessertes d'autobus traditionnelles. Opérer un choix parmi ces deux modes ainsi que plusieurs autres (systèmes de transport automatique guidé, monorail ou autres) est souvent délicat en raison des connaissances techniques insuffisantes des planificateurs qui, de surcroît, subissent l'influence des promoteurs de systèmes propriétaires et sont exposés aux pressions des milieux politiques. Le présent article se propose d'analyser brièvement les systèmes de métro léger et de bus rapides à partir des faits et des expériences des dernières décennies. Il convient de signaler que l'auteur a rédigé divers rapports pour le compte du ministère américain du transport, lequel a encouragé le développement des systèmes de métro léger comme celui des liaisons rapides par autobus^{1, 2}.

Les systèmes de métro léger: innovations, succès et limites

Le concept du métro léger est né de la modernisation des réseaux traditionnels de tramways, principalement dans les villes d'Europe centrale comme Stuttgart, Rotterdam ou Göteborg. Les principaux facteurs de modernisation des tramways qui ont conduit à l'apparition de métros légers aux performances plus proches de celles des métros que des tramways évoluant au milieu du trafic, sont les suivants:

- Conversion des tracés en site propre
- Mise en tunnel de courtes sections en centre-ville
- Mise en service de voitures articulées offrant une capacité pouvant atteindre 250 places
- Introduction de distributeurs automatiques de billets, ce qui a permis de limiter le personnel de bord à un seul agent et d'accroître



tre considérablement la productivité.

La construction de systèmes de métro léger a, en outre, donné naissance à de nouveaux concepts. Ainsi, les quelque 40 nouveaux systèmes de métro léger construits dans les villes nord-américaines et européennes ont, pour la plupart, introduit de nouvelles innovations. Exemples:

- Mise en service de rames comportant jusqu'à quatre voitures articulées pouvant accueillir quelque 720 passagers, le personnel de bord se limitant à un seul agent
- Desserte des zones piétonnes à des vitesses inférieures à 40 km/h et longs trajets en périphérie à des vitesses pouvant aller jusqu'à 100 km/h
- Mise en service de véhicules à plancher bas, éliminant la nécessité de prévoir des stations à quais surélevés dans les centres-villes privilégiant les déplacements à pied
- Lignes généralement aménagées en site réservé mais également en site propre ou en chaussée sur différents tronçons, et ne nécessitant aucun transfert.
- De nombreuses villes européennes (p. ex. en France, en Angleterre ou en Espagne) ont fait de l'introduction de métros légers semblables à des tramways et circulant en site réservé et en chaussée, combinée avec des mesures de ralentissement du trafic, l'élément majeur de leurs stratégies de remodelage de leurs centres-villes.
- A l'autre extrémité du spectre technologique, des systèmes de métro léger totalement automatisés ont été construits afin d'assurer des liaisons de grande capacité et de forte fréquence circulant exclusivement en site

propre. Ces derniers systèmes (ex. Docklands de Londres, Vancouver ou Copenhague) sont en réalité de petits systèmes de métro.

Ces divers développements ont transformé le métro léger en un mode extrêmement diversifié convenant aussi bien pour de courts trajets en milieu urbain que pour de longs déplacements en région rurale, à différents niveaux de vitesse et de capacité, et circulant en chaussée banalisée comme en tunnel, en viaduc ou sur des tracés ferroviaires interurbains. Surtout, le métro léger a été décrit comme étant le facteur clé de la régénérescence économique urbaine, de l'amélioration de l'environnement et de l'humanisation des conditions de vie en milieu urbain³.

Le coût financier d'un système de métro léger varie principalement en fonction du type de tracé et des autres infrastructures, du type de véhicule et des améliorations que sa construction a entraînées dans les zones desservies. Alors que certaines lignes de métro léger utilisant des voies de chemin de fer modernisées (ligne 1 du réseau de San Diego) n'ont coûté que 5 millions de dollars au kilomètre, d'autres, en revanche, qui ont nécessité le percement de tunnels (Buffalo), dépassent les 50 millions de dollars au kilomètre. Pour la plupart des villes, toutefois, le montant de la facture a oscillé entre 15 et 35 millions de dollars au kilomètre. Le métro léger est donc le mode de transport public le plus approprié pour les villes moyennes et pour les lignes périphériques des grandes agglomérations comme Paris, Londres ou HongKong. Parfois, le surdimensionnement des projets a agi comme un frein sur le développement des systèmes de métro léger. Au lieu de se contenter de formules économiques permettant la construction de grands réseaux, certains projets ont été progressivement "améliorés", occasionnant ainsi des coûts très élevés. Ainsi, dans certaines villes mexicaines, plusieurs lignes de métro léger ont été construites en site propre intégral. L'automatisation intégrale, en particulier dans des villes nécessitant de vastes réseaux comme Kuala Lumpur, a finalement abouti à limiter le réseau à une seule et unique ligne. L'automatisation est particulièrement malvenue dans les pays à bas salaires et disposant d'une main-

d'œuvre nombreuse qu'il convient d'occuper.

Le développement des systèmes de BRT: innovations, améliorations et quelques erreurs stratégiques

Dès les années soixante, de nombreuses tentatives ont été entreprises afin de moderniser les dessertes d'autobus^{4, 5}, avec plus ou moins de bonheur. Ces efforts de modernisation qui ont principalement porté sur la séparation des autobus par rapport au reste du trafic, ont fourni des enseignements particulièrement précieux, comme le montrent les exemples énumérés ci-dessous:

- L'aménagement de couloirs d'autobus en zone urbaine a permis d'améliorer considérablement les conditions d'exploitation et les chiffres de fréquentation dans de nombreuses villes (Paris, Dublin) alors que dans d'autres (Philadelphie, Mexique), l'initiative s'est soldée par un échec et a dû être abandonnée. Le succès de la formule dépend essentiellement des contrôles effectués par la police.
- Les améliorations qui ont résulté de l'aménagement de couloirs d'autobus en site propre, sont à ce point sensibles que le nouveau système commence à être considéré comme un nouveau mode de transport public à part entière (cf. les systèmes de BRT de Curitiba et d'Ottawa). Dans de nombreuses villes des Etats-Unis, en revanche, les pressions exercées par le lobby automobile ont abouti à déclasser les couloirs d'autobus en voies HOV (couloirs d'autobus Shirley à Washington et El Monte à Los Angeles), ce qui a eu un impact négatif sur la qualité des services de bus et sur l'image du service.
- La priorité des autobus aux carrefours équipés de feux tricolores est une autre possibilité qui fonctionne bien dans certaines agglomérations depuis les années soixante-dix^{4, 5}. Toutefois, sa mise en oeuvre et sa maintenance sont également tributaires du soutien technique et politique accordé aux dessertes d'autobus dans la ville concernée.
- L'expérience enseigne donc que l'efficacité des couloirs d'autobus et de leur signalisation particulière n'est pas toujours acquise. Ces aménagements peuvent être utiles, mais seulement dans les villes où la police veille. De même, la permanence des couloirs d'autobus est fonction du

DEBAT

TABLEAU 1 - COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES PROPRES AUX BUS TRADITIONNELS, AUX BUS RAPIDES ET AUX MÉTROS LÉGERS

Caractéristiques	Mode	Bus traditionnels	Bus rapides (BRT)	Métros légers
Système				
Type de tracé		chaussée	site réservé (chaussée)	site réservé (site propre, chaussée)
Assise		route	route	rail
Mode de guidage		volant	volant	guidé
Propulsion		MCI	MCI (hybride)	électrique
Conduite du véhicule/de la rame		visuelle	visuelle	visuelle / par signaux / sécurité après déraillement
Taille et capacité max. des véhicules		véhicule unique - 120	véhicule unique - 180	4-4 voitures 4x180 = 720
Lignes / éléments opérationnels				
Nb de lignes		beaucoup	quelques unes	quelques unes
Fréquences de passages		faible / moyenne	élévée	élévée
Espacement des stations [mètres]		80-250	200-400	250-600
Fréquence des correspondances		faible	quelques unes / élevée	élévée
Caractéristiques des systèmes				
Coût d'investissement / km		faible	moyen / élevé	élevé / très élevé
Coût d'exploitation / espace		moyen	moyen	faible
Circulation en tunnel		non	non	oui
Desserte des zones piétonnes		variable	difficile	attrayante
Image du système		moyenne	bonne	excellente
Impact en termes d'urbanisme et de conditions de vie		aucun	moyen	fort
Attrait pour les usagers		variable	bon	excellent

MCI = moteur à combustion interne

soutien politique accordé à ce type d'équipement. La principale menace à laquelle ils sont exposés, est la pression exercée par les lobbies automobiles et autoroutiers. Or, dans certains pays, ces pressions sont tellement fortes que de nombreuses voies HOV ont fini par être reconvertisées en voies rapides accessibles à l'ensemble du trafic.

L'encombrement croissant de la voirie et la sous-utilisation manifeste des autobus, conséquence de leur lenteur et de leur manque de fiabilité, ont été à l'origine, dans les années quatre-vingt-dix, d'un vaste mouvement d'opinion qui a amené les différents acteurs à considérer les services d'autobus comme un système², ⁶ plutôt que comme un ensemble de véhicules autonomes.

Portée par le succès remporté par les systèmes mis en place à Ottawa, Curitiba⁷ et Bogota, cette approche « système » de la planification des services de bus est à l'origine du concept de BRT qui a trouvé un écho largement favorable dans bon nombre de pays. A l'avenir, les performances des systèmes de BRT dépendront toutefois de la maîtrise des éléments

de planification et de conception, basée sur les expériences passées. Un autre facteur à prendre en considération concerne les rapports des systèmes de BRT avec les autres modes de transport public et notamment, avec les systèmes de métro léger, leurs « voisins » immédiats dans la famille des modes de transport public. Considérés sous cet angle, les systèmes de BRT ont connu des développements très positifs mais aussi quelques évolutions mal inspirées.

Le concept de BRT est très concret dans son approche globale des différents aspects du système: tracés, stations, véhicules, exploitation et image vis-à-vis des usagers. Sous tous ces rapports, il présente des avantages indéniables par rapport aux dessertes de bus traditionnelles. L'utilisation de ces atouts pour moderniser des dessertes existantes, c'est-à-dire pour transformer un réseau composé de nombreux itinéraires peu performants en un système comportant moins de lignes mais offrant un service rapide et plus ponctuel ainsi qu'une visibilité marquée, procurera à beaucoup de villes des avantages considérables. Nombre

d'innovations techniques qui ont marqué le secteur des bus, comme la fabrication de moteurs plus propres, sont très utiles⁸. Cependant, ces avancées globales retiennent moins l'attention que certaines améliorations technologiques spectaculaires ayant souvent pour effet de renchérir considérablement les véhicules (les autobus bimodes de Boston ont coûté 1,5 millions de dollars). L'utilité de beaucoup de ces innovations est sujette à caution. Deux exemples parmi d'autres: la conduite automatique des autobus avec maintien du conducteur a pour effet d'augmenter le coût de fonctionnement sans créer de valeur ajoutée. De même, le « couplage électrique » des autobus ne se justifie pas en zone urbaine.

L'affirmation trompeuse selon laquelle les performances des systèmes de BRT pourraient égaler celles des systèmes ferroviaires pour un coût nettement inférieur, a été à l'origine d'erreurs de jugement graves en termes de planification des transports publics. Convaincus, les concepteurs de la Silver Line de Boston ont décidé de faire circuler les autobus dans un couloir latéral - sans prévoir de

renforcement adéquat - pour les diriger ensuite dans un tunnel. Comme les autobus sont guidés par des conducteurs, le tunnel doit être plus largement dimensionné que pour une circulation ferroviaire. Quant à la vitesse, le confort et la sécurité des véhicules, elles sont largement inférieures à ce que le métro léger peut offrir. Conclusion: on a choisi la configuration de tracé la plus onéreuse - tunnels et stations souterraines largement dimensionnées - alors que les performances liées à la technologie des véhicules sont nettement inférieures en termes de capacité, de sécurité et de qualité du service. Les insuffisances du système ont déjà fait l'objet de nombreuses critiques dans la presse locale.

Comparaison des performances entre les bus traditionnels, les bus rapides et les métros légers

Le tableau 1 ci-contre compare les principales caractéristiques des trois systèmes en se basant sur de nombreuses sources 9, 10, 11. Le tableau fait clairement apparaître des différences sensibles entre les trois modes: par rapport aux bus traditionnels, les bus rapides et les métros légers offrent un rapport coût de l'investissement/performances plus élevé. Des trois modes, c'est le métro léger qui remporte nettement la mise en termes de qualité du service et d'impact urbanistique.

La récente mise en service de la ligne de BRT de l'Avenida de los Insurgentes à Mexico illustre très bien les rapports entre ces trois modes de transport. Cette desserte à cadences élevées est assurée par des autobus articulés à plancher haut circulant dans des couloirs réservés. Situées en centre-ville, les stations sont équipées de quais surélevés. Dès sa mise en service, la ligne a attiré beaucoup plus de passagers que les bus et minibus non réglementés qu'elle a remplacés. Randon de ce succès: la fréquentation a dépassé la capacité de la ligne (5.000 passagers par heure), provoquant de sérieuses cohues et compromettant la ponctualité de la desserte. Si, au lieu d'opter pour un système de BRT, on avait construit une ligne de métro léger, l'investissement aurait été sensiblement plus élevé mais une seule rame de LRT composée de deux voitures articulées aurait permis de transporter trois fois plus de passagers, sans parler des gains en termes de confort, de vitesse et de ponctualité. De plus, des embranchements

auraient pu être construits dans les rues inaccessibles aux autobus à plancher haut avec leurs portières à gauche et leur absence d'embarquement.

En conclusion, ce système de BRT représente une avancée considérable par rapport aux bus traditionnels et ce, pour un investissement raisonnable et un délai de réalisation court. Quant au métro léger, il constituerait une autre étape majeure nécessitant, certes, un investissement plus important mais offrant des performances, un attrait pour les passagers et une productivité bien meilleures.

Pour conclure, le concept des BRT permet d'améliorer considérablement les dessertes de bus traditionnelles. Sa mise en oeuvre peut aboutir à transformer un réseau complexe de lignes de bus peu attrayantes en un système identifiable offrant des services fréquents, ponctuels et répondant aux attentes de toutes les catégories d'usagers. Aux villes envahies par des armadas de minibus non-réglementés et peu performants, le BRT offre un concept novateur de réseau de transport public performant.

Pour les itinéraires fortement fréquentés, le métro léger représente une solution de transport public à la fois plus coûteuse et plus performante. Hormis leur confort, leur souplesse et leur ponctualité, les rames de métro léger offrent de meilleures performances et peuvent circuler en tunnel et desservir des zones piétonnes sans nuisances sonores ni pollution, à la différence des véhicules roulant au gazole. De plus, les voies de métro léger symbolisent la permanence et stimulent fortement le développement économique et l'humanisation de l'environnement urbain. Enfin, conçues pour accueillir des véhicules à plancher bas, les stations de métro léger s'intègrent parfaitement dans les centres d'activité urbains sur le plan esthétique.

Les bus rapides et le métro léger doivent être considérés comme des modes complémentaires. Les premiers conviendrannoient plutôt aux villes petites et moyennes dont la taille ne justifie pas le recours à des technologies plus élaborées. Dans les pays à bas salaires, le BRT a l'avantage sur le métro léger car ses besoins en main-d'œuvre sont plus importants. En revanche, pour transporter des volumes de passagers importants, pour circuler en tunnel dans des centres-villes fortement peuplés et pour desservir des



Dans le cas d'itinéraires très fréquentés, le métro léger, certes plus coûteux, sera plus performant (ici, Dallas).

zones piétonnes, le métro léger est globalement plus performant que les bus rapides. Ses atouts peuvent facilement justifier les dépenses d'investissement plus élevées qu'il entraîne. De plus, de par son fort potentiel d'impulsion en termes de régénération environnementale et de développement économique urbains, le métro léger exerce un impact unique et durable sur les conditions de vie en milieu urbain.

Bibliographie

- 1 Vuchic, Vukan R. 1972, Light Rail Transit - System Description and Evaluation; Rapport pour le ministère américain du transport.
- 2 Vuchic, Vukan R. et Shinya Kikuchi, 1994, The Bus Transit System: Its Underutilized Potential; rapport pour l'Agence fédérale du transport., Ministère du transport, Washington, DC.
- 3 Girnau, G., A. Müller-Hellmann & F. Blennemann, 2000, Stadtbahnen in Deutschland; Alba Fachverlag, Düsseldorf.
- 4 Wilbur Smith & Associates, 1970, The Potential for Bus Rapid Transit.
- 5 RATP, 1977, Autobus en Site Propre (Bus on Separate ROW); Paris; 104 pages.
- 6 Müller-Hellmann, A., M. Schmidt & R. Pütz, 1999, Line Service Buses; VDV & Alba Fachverlag, Düsseldorf.
- 7 Rabinovitch, Jonas & Josef Leitman, 1996, Urban Planning in Curitiba; Scientific American, mars, pp. 26-33.
- 8 Hondius, Harry, 1995, A State of the Art of bus, hybrid bus, trolleybus and Intermediate systems; Transport public international #6, pp. 24-31; UITP, Bruxelles.
- 9 Edition spéciale: BRT, 2002; Journal of Public Transportation, vol. 5, No. 2.
- 10 Vuchic, Vukan R., 2000, A Comparison of Light Rail Transit with Bus Semirapid Transit; 5ème Conférence des métros légers de l'UITP, Melbourne; UITP, Bruxelles
- 11 Vuchic, Vukan R. 2005, Urban Transit Operations, Planning and Economics; John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

Traduit de l'anglais

Envoyez vos questions et commentaires à Vuchic@seas.upenn.edu avec copie à editor@uitp.com