

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	77 (1986)
Heft:	16
Artikel:	Trolleybus et trolleybus bi-modes : bilan de l'action COST 303 et perspectives
Autor:	Madziel, J.-F.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-904241

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Trolleybus et trolleybus bi-modes – bilan de l'action COST 303 et perspectives

J.-F. Madziel

L'objectif du programme de recherche international COST 303 est d'élaborer des bases de décision pour l'évaluation des bus électriques – trolleybus purs ou bus hybrides Diesel/électriques. Alors que dans deux des trois pays analysés ces bus présentent des frais plus élevés que ceux des bus Diesel, ils obtiennent un bien meilleur résultat du point de vue de l'économie nationale.

Das internationale Forschungsprogramm COST 303 hat zum Ziel, Entscheidungsgrundlagen für die Beurteilung von elektrisch angetriebenen Bussen – reinen Trolleybussen oder Diesel/elektrischen Hybrid-Bussen – bereitzustellen. Während diese Busse in zwei von drei untersuchten Ländern höhere Kosten als Diesel-Busse aufweisen, schneiden sie unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten deutlich günstiger ab.

1. Motivations et objectifs de l'action de recherche COST 303

Un regain d'intérêt pour le trolleybus s'est fait sentir sur le plan international dès 1973 avec le premier « choc pétrolier » (quadruplement du prix de l'or noir). Dans le cadre de l'expérimentation de modes de propulsion alternatifs pour les autobus (batteries, méthanol, gaz naturel, volant d'inertie, etc.), on s'est souvenu du trolleybus qui avait connu une forte diffusion dans les transports urbains entre 1930 et le milieu des années 60. A cette époque, les systèmes de trolleybus ont rapidement cédé du terrain face à l'autobus en raison des progrès des moteurs diesel, des coûts d'investissement initiaux moins élevés, de l'abondance énergétique et aussi des problèmes découlant de l'adaptation des installations fixes à l'extension des villes (suburbanisation) et aux modifications des régimes de circulation. A partir de 1973, on s'est non seulement intéressé aux perspectives de diversification énergétique, mais encore aux qualités de confort découlant de la traction électrique (absence de trépidations et de gaz d'échappement, silence, forte capacité d'accélération), qualités appréciables dans les zones à forte densité de population.

Cependant, en raison des expériences faites sur les exploitations existantes et passées, les exploitants exprimaient des réserves quant à la mobilité réduite du trolleybus (débattement maximal de 3-4 m de part et d'autre de la ligne aérienne), ce qui constitue une contrainte difficilement compatible avec les embarras de circulation en site banal. Par ailleurs, on faisait remarquer la forte vulnérabilité en cas de défaillances de l'alimentation électrique ou du véhicule lui-même. Certes, les trolleybus disposaient traditionnellement de batteries leur permettant de se déplacer à vide et à vitesse réduite, hors des lignes aériennes ou, pour les véhicules les plus récents, d'un petit groupe moteur-générateur assurant

une marche de secours, même en rampe et en charge. Renouant avec une tradition ancienne de véhicules bi-modes (= trolleybus dotés d'une motorisation équivalente dans les deux modes de marche) qui vit notamment 400 véhicules en exploitation aux USA (Public Service Company of New Jersey), 6 à Rome (ATAC), 2 à Bâle (BVB), 2 à Lucerne (VBL), la République fédérale d'Allemagne, la Belgique, la France et l'Italie songèrent au développement de prototypes de bi-modes afin d'explorer les solutions permettant de s'affranchir des limitations qui affectent les trolleybus classiques. Les études furent d'abord menées séparément dans chaque pays pour recevoir une impulsion nouvelle dans le cadre de COST (Coopération internationale dans le domaine de la recherche scientifique et technique) qui regroupe dix-huit pays d'Europe occidentale et de la Méditerranée. Parmi les projets concernant les nouveaux moyens de transport, il fut décidé de proposer une action de recherche concertée ayant pour mission d'évaluer:

- la faisabilité technique
- les caractéristiques économiques
- les problèmes qui restent à surmonter.

L'objectif supérieur du programme de recherche consista dès lors à mettre à la disposition des Etats participants tous les éléments pertinents qui permettront de prendre les décisions appropriées au moment de l'introduction de systèmes de bi-modes. Il s'agira ainsi de disposer des termes de comparaison nécessaires:

- à la prise de décision sur la mise en œuvre de systèmes de bi-modes,
- au lancement de recherches complémentaires.

2. Déroulement et résultats de l'action COST 303

La Déclaration commune d'intention (DCI), signée par l'Allemagne, le Danemark et la Finlande, donna officiellement naissance à l'action le 28

Adresse de l'auteur

Jean-François Madziel, délégué suisse au Comité de COST 303, état-major pour les questions de transport, 3003 Berne

septembre 1981. La Belgique, la France, la Grande-Bretagne et l'Italie s'y joignirent peu après tandis que notre pays signait la DCI le 16 décembre 1981, après qu'un arrêté du Conseil fédéral eut autorisé la participation.

Le programme d'évaluation, défini par le comité de gestion de l'action, se proposait d'évaluer des systèmes comprenant infrastructures, véhicules et autres composants nécessaires. Parmi les véhicules à évaluer, on devait trouver:

- ceux dont les performances en autonomie sont équivalentes à celles en mode trolley
- ceux dont les performances en autonomie sont limitées, sous réserve qu'ils soient effectivement exploités en bi-modes.

Neuf véhicules (3 allemands, 1 finlandais, 3 français, 2 italiens) furent initialement pressentis pour l'expérimentation technique (=mesures des performances selon un programme défini en commun).

Les trois bi-modes allemands de la première génération (un articulé et un deux-essieux à moteur diesel d'autonomie, un deux-essieux batteries-trolley) ne furent pas soumis intégralement à l'expérimentation, de même que l'articulé français ER 180H batteries-trolley, et il n'y eut qu'une démonstration du trolleybus français ER 100H à groupe d'autonomie limitée.

Finalement, le programme d'expérimentation portant sur:

- le relevé de la courbe vitesse-temps pour un véhicule propulsé à plein régime et à trois régimes intermédiaires
- la consommation d'énergie
- le relevé des consommations instantanées à quatre vitesses stabilisées
- le relevé des consommations instantanées lors du freinage et l'évaluation des récupérations d'énergie éventuelles
- l'évaluation de la consommation des auxiliaires à l'arrêt,

a pu être appliqué aux véhicules suivants:

- Trolleybus articulé bi-mode DAIMLER-BENZ/AEG O 305 GTD, él./diesel (MB)
- Trolleybus articulé bi-mode MAN/SIEMENS SG 240 H, él./diesel
- Trolleybus articulé bi-mode VAN HOOL/ACEC AG 280T, él./diesel-él.
- Trolleybus articulé bi-mode Renault PER 180H, partie électrique TCO ou Alsthom, él./diesel

- Trolleybus deux-essieux à groupe d'autonomie Sisu-Wiima-Strömborg (SWS)
- Trolleybus articulé bi-mode MAURI/MARELLI, él./diesel
- Trolleybus deux-essieux bi-mode FIAT-IVECO 471 BM, él./batteries.

Ces véhicules ont été comparés à deux véhicules de référence: un trolleybus articulé classique FIAT CGE 2472 d'ATM-Milan, un autobus articulé MAURI 18P 24 S, mis à disposition par le constructeur.

2.1 Programme d'expérimentation

En aperçu, les résultats mesurés sont les suivants:

- En *traction électrique*, la distance parcourue en 15 secondes s'est située entre 103 et 149 m pour les véhicules testés - le trolleybus classique, de construction ancienne, parcourant 111 m. Les consommations énergétiques s'établissent entre 0,323 et 0,388 kWh/km, le trolleybus classique parvenant à 0,271 kWh/km.
- En *traction diesel*, la distance parcourue en 15 secondes, avec un véhicule vide et en pleine accélération, a varié entre 71 et 109 m, tandis que le bus diesel en parcourrait 106. Les consommations converties ont été comprises entre 0,070 et 0,079 kWh/km pour les véhicules testés, l'autobus de référence parvenant à 0,081 kWh/km.

2.2 Analyse économique

Le deuxième stade de l'évaluation a été celui de l'analyse économique, qui se base sur une simulation par ordinateur de l'exploitation d'une ligne-modèle située à Liège (Belgique) - ligne diamétrale, numérotée 10/12, reliant Loncin à Romsée par le centre-ville (place St-Lambert), exploitée par trolleybus jusqu'en 1971.

Le modèle a fonctionné de la façon suivante: les paramètres d'entrée ont été injectés soit sous la forme de matrices ou de vecteurs, soit sous la forme de fonctions. Pour chaque simulation, il était possible de faire varier:

- le taux d'actualisation (taux de référence national pour l'évaluation de projets d'infrastructures)
- les fonctions d'entretien des véhicules en fonction de leur âge respectif
- les coûts et les fonctions de croissance des coûts énergétiques (diesel et électricité)

- les coûts et les fonctions de croissance des coûts de conduite (+ 0,5% par an, en monnaie constante)
- les caractéristiques techniques et d'exploitation des véhicules.

Cinq modes d'exploitation de la ligne-modèle ont été distingués (modes I à III: trois variantes d'électrification partielle pour l'exploitation par bi-modes; mode IV: une variante d'électrification intégrale pour exploitation par trolleybus; mode V: une variante d'exploitation par autobus diesel). La ligne a été subdivisée en 16 sections, dont chacune peut être alimentée par sa propre sous-station 600 V. Dans le cas de l'électrification complète de la ligne, on aurait ainsi 16 sous-stations.

Le parc de réserve a été fixé à 10% pour les bi-modes et à 15% pour les autres types de véhicules.

Une durée de vie de 12 ans a été admise pour les autobus, de 20 ans pour les trolleybus et les bi-modes (hypothèse centrale), tandis que le calcul économique a été effectué sur une période de 25 ans.

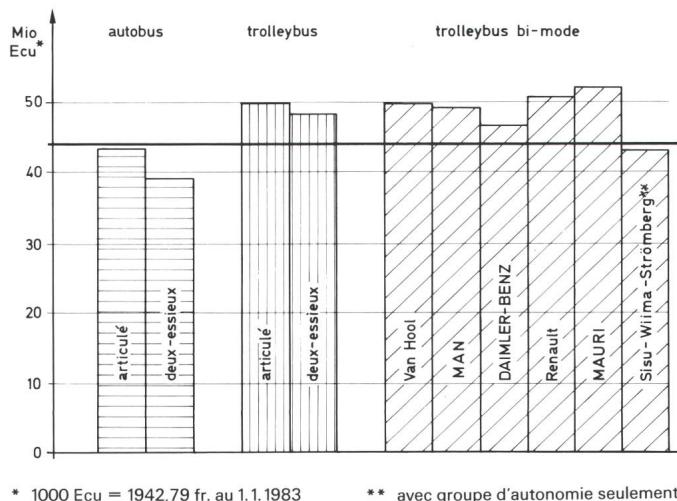
Les coûts totaux ont été admis égaux à la somme des coûts d'investissement (véhicules et installations fixes de traction) et des coûts d'exploitation (coûts de conduite, de maintenance et coûts énergétiques). Dans le cas de l'hypothèse de base (taux d'actualisation de 3,5% de coûts énergétiques belges), le coût total actualisé sur 25 ans est de 4 à 25% supérieur suivant le type de véhicules bi-modes retenu à celui des autobus articulés (voir fig. 1).

Le trolleybus classique est également plus cher. Les experts belges en concluent que le bi-mode présente un avantage en matière de souplesse d'exploitation, lequel est malheureusement anéanti par le surcoût des investissements en matériel roulant et fixe.

En plus, on a également travaillé avec des coûts énergétiques allemands et français. Seule la structure particulière des coûts énergétiques français (prix du carburant diesel élevé, prix de l'électricité avantageux) justifierait une utilisation de trolleybus bi-modes pour des raisons économiques.

Enfin, le mode d'exploitation I (qui renonce à l'électrification des antennes de ligne peu utilisées) est toujours la meilleure variante, tout comme les véhicules Mercedes-Benz et Sisu-Wiima-Strömborg (finlandais) se révèlent souvent les plus avantageux à l'exploitation.

Il faut observer cependant que le calcul économique mériterait d'être ré-



* 1000 Ecu = 1942,79 fr. au 1.1.1983

** avec groupe d'autonomie seulement

Fig. 1
Coûts totaux pour le mode d'exploitation de base

Hypothèse: coûts énergétiques belges

sein d'un mode et les modes entre eux.

En résumé, les cinq effets les plus importants (poids supérieurs à 5%) sont:

1. les gains de temps de transport (10,30%)
2. la disponibilité et la régularité (9,60%)
3. la qualité du transport (8,85%)
4. l'incidence sur les résultats d'exploitation (7,53%)
5. le développement de nouveau marchés pour les industriels (5,77%).

Quant aux scores obtenus selon les sphères d'acteurs, on remarquera que les usagers et l'économie nationale placent en tête les bi-modes, mais divergent sur la place accordée aux trolleybus et aux autobus. L'industrie et les collectivités locales mettent en tête les bi-modes, puis les trolleybus et enfin les autobus, classement qui apparaît également au niveau global. Les exploitants préfèrent les autobus aux trolleybus bi-modes, qui devancent les trolleybus classiques. Le tableau I présente un aperçu des scores obtenus par les véhicules aux modes I et V. Le tableau III donne le classement des véhicules pour les modes IV et V.

L'évaluation qui précède a le mérite de mettre en évidence une certaine préférence des usagers pour les véhicules à entraînement électrique, allant parfois à l'encontre des vues des exploitants, ce qui a été confirmé à plusieurs reprises. Il apparaît que les aspirations des usagers et des collectivités locales ainsi que les avantages collectifs comparés des différents modes de transport devront être davantage pris en considération.

3. La situation des trolleybus classiques et bi-modes en Europe occidentale

Le parc européen de trolleybus comprend environ 2500 véhicules qui se ré-

pété sur la base de conditions d'exploitation réelles et de grandeurs économiques relatives, par exemple, au contexte suisse.

2.3 Evaluation socio-économique

Le troisième et ultime stade de l'évaluation a consisté en une évaluation socio-économique, réalisée selon la méthode de la valeur-utile avec le concours de spécialistes suisses (Bureau IBFG de Bâle).

Une grille des effets occasionnés par l'établissement et l'exploitation a été dressée avec 22 indicateurs, relevant chacun d'une sphère d'acteurs déterminée (usagers, exploitants, collectivité locale concernée, économie nationale, industrie). Il s'agissait de dépasser le niveau du calcul de rentabilité micro-économique pour se placer au niveau de la société tout entière.

L'étude a d'abord établi une distinction nette entre le système des valeurs et le système des indicateurs. Le premier système a été constitué par les préférences exprimées sous la forme de poids par les membres du comité de gestion. Ceux-ci avaient pour tâche de répartir une valeur de 100 entre les indicateurs relatifs à chacun des cinq

groupes d'acteurs, ce qui revenait à donner à chacun des indicateurs un poids exprimé en pourcent. Ces mêmes personnes ont ensuite réparti une valeur de 100 entre les groupes d'acteurs selon l'importance qu'ils estiment devoir leur accorder. Pour vérification, les participants au séminaire et à la présentation officielle des véhicules bi-modes ont également exprimé leurs préférences selon le processus décrit ci-dessus. Les résultats sont très semblables, quoique un peu plus homogènes.

Le second système a été obtenu au moyen de la transformation des indicateurs, le cas échéant subdivisés en sous-indicateurs, en taux de réalisation des objectifs. Pour toutes les variantes d'exploitation de la ligne modèle, ainsi que pour les six véhicules ayant été soumis à l'expérimentation à cette date, on a procédé à une notation avec des notes comprises entre 1,0 pt. (meilleur score) et 0,0 pt. (moins bon score).

Les préférences accordées aux indicateurs sous la forme de poids ont été combinées avec les taux de réalisation pour donner des points de valeur-utile permettant de classer les véhicules au

Comparaison entre bi-modes (mode I) et autobus (mode V)

Ordre de succession selon la méthode de la valeur utile

Tableau I

Usagers	Exploitants	Collectivité	Economie nationale	Industrie	Total	Index MB = 100						
MB	216	AB Art	248	MB	154	MAN	109	MAN	90	MB	717	100
VanHool	211	AB St	173	VanHool	153	MB	101	Mauri	90	VanHool	690	96
Renault	206	MB	156	Renault	153	Mauri	98	MB	90	MAN	669	93
MAN	191	VanHool	144	MAN	151	VanHool	92	Renault	90	Renault	660	92
Mauri	172	MAN	128	Mauri	145	Renault	91	VanHool	90	Mauri	606	85
AB Art	115	Renault	120	AB Art	27	AB Art	1	AB Art	0	AB Art	391	55
AB St	98	Mauri	101	AB St	27	AB St	0	AB St	0	AB St	298	42

□ bi-modes

Comparaison entre trolleybus (mode IV) et autobus (mode V)

Ordre de succession selon la méthode de la valeur utile

Tableau II

Usagers	Exploitants	Collectivité	Economie nationale	Industrie	Total	Index VanHool = 100						
VanHool	173	AB Art	248	SWS	165	VanHool	78	SWS	125	VanHool	651	100
SWS	130	AB St	173	TB St	161	SWS	78	VanHool	118	SWS	599	92
AB Art	115	VanHool	123	VanHool	159	TB Art	75	TB St	115	TB Art	453	70
AB St	98	SWS	101	TB Art	158	TB St	67	TB Art	108	TB St	403	62
TB Art	70	TB Art	42	AB Art	27	AB Art	1	AB Art	0	AB Art	391	60
TB St	53	TB St	7	AB St	27	AB St	0	AB St	0	AB St	298	46

□ bi-modes □ trolleybus

partissent essentiellement entre l'Allemagne fédérale, l'Autriche, la France, la Grèce, l'Italie et la Suisse. Passons en revue les tendances et les développements les plus récents:

3.1 Allemagne fédérale

Trois réseaux, après la suppression de celui de Kaiserslautern à fin 1985, exploitent en tout une centaine de véhicules, dont 30% d'articulés environ.

A Esslingen (Neckar), on trouve un réseau exploitant des trolleybus classiques et des trolleybus bi-modes prototypes. L'électrification de deux tronçons totalisant 6,4 km ainsi que l'exploitation des lignes de Nellingen et Neuhausen au moyen de 12 trolleybus bi-modes Mercedes/AEG est prévue dans le cadre d'un projet de démonstration soutenu par le Ministère fédéral de la recherche et de la technologie. Un trolleybus classique à deux essieux, dérivé du bus standard SL II et des bi-modes de 1^{re} et de 2^e génération, vient d'être livré à ce réseau (fig. 2).

Pour l'instant, le «réseau» d'Essen ne comporte qu'un tronçon d'essai et deux bi-modes prototypes, testés dans le cadre du COST 303 (fig. 3). Il est prévu de créer une ligne de bus à guidage mécanique, utilisant en partie les tunnels du métro léger, desservie par 18 bi-modes Mercedes-Benz/AEG, attendus dès cette année.

Fig. 3
Trolleybus bi-mode
MAN/Siemens sur le
tronçon d'essais à Essen



Solingen possède un vaste réseau de 4 longues lignes au profil accidenté, exploité au moyen de 20 trolleybus articulés à deux essieux moteurs et environ 55 trolleybus à une caisse et trois essieux, qu'il est prévu de remplacer par des véhicules de même configuration, mais de conception récente.

3.2 Autriche

Trois réseaux de trolleybus desservent les villes de Linz, Salzbourg et Kapfenberg. Le gouvernement fédéral soutient les moyens de transport publics à traction électrique par des contributions à l'investissement aux véhicules et aux installations fixes, financées par les impôts sur les véhicules à moteur, la «Nahverkehrsmilliard». Innsbruck pourrait retrouver

ses trolleybus par l'établissement d'une ligne reliant la gare à l'ancienne Cité olympique et à Reichenau. L'option trolleybus bi-mode a été examinée, on ne sait à l'heure actuelle si elle sera poursuivie ou non.

3.3 Belgique

Conséquence de l'action COST 303, une ligne de trolleybus est en cours de réalisation à Gand sur le tracé Gentbrugge-Losweg. Vingt véhicules seront commandés en version trolleybus ou en version bi-mode, selon que le centre-ville sera équipé ou non de lignes aériennes.

3.4 France

Près de 400 véhicules desservent les réseaux de Grenoble, Limoges, Lyon, Marseille, Nancy et St-Etienne. Le parc de véhicules, renouvelé ces dix dernières années, est particulièrement homogène, puisqu'il se compose presque exclusivement de deux types: l'un à deux essieux, avec un groupe d'autonomie diesel, et l'autre articulé, qui n'existe qu'en version bi-mode, voir la figure 4. Nancy possède un réseau très récent de 3 lignes totalisant 30 km, établi entre 1982 et 1984 et desservi au moyen de 48 véhicules articulés PER 180H. Une quatrième ligne doit être réalisée incessamment. Dans les autres villes, il n'est pas prévu d'extensions,

Fig. 2
Trolleybus
Mercedes/AEG O 405 T





Fig. 4
Trolleybus bi-mode PER 180 H en service à Nancy

si ce n'est des remaniements de lignes en liaison avec l'établissement de tramways ou de métros (p. ex. à Grenoble).

3.5 Finlande

En dépit des bons résultats obtenus par le trolleybus de démonstration qui a été soumis à l'expérimentation du COST 303, la ville d'*Helsinki* a décidé d'interrompre les essais et de démonter les tronçons de ligne aérienne encore en place. Il n'y a plus d'autre réseau de trolleybus en Finlande.

3.6 Grande-Bretagne

Sous réserve d'approbation gouvernementale, 75 trolleybus pourraient être commandés par West Yorkshire Passenger Transport Executive pour les réseaux de *Leeds* et de *Bradford* et 50 par South Yorkshire Passenger Transport Executive pour les réseaux de *Doncaster* et de *Rotherham*. La puissance en mode autonome pourrait atteindre 30 à 50% de la puissance électrique.

3.7 Italie

Quatorze réseaux, desservant des agglomérations de taille très variable, sont recensés à l'heure actuelle, mettant en œuvre près de 600 véhicules, dont le quart seulement a moins de 10 ans d'âge. Le réseau de *Milan*, qui compte environ 200 trolleybus dont 100 articulés, va prochainement se pencher sur le problème du renouvellement de son parc d'articulés. C'est sous son égide qu'ont été expérimentés les deux bi-modes prototypes italiens, financés par le Centre national de la recherche scientifique (CNR).

3.8 Suisse

Notre pays compte quatorze exploitations (Genève, Lausanne, Vevey-Villeneuve, Neuchâtel, La Chaux-de-Fonds, Biel, Berne, Bâle, Lucerne, Lugano, Zurich, Winterthour, St-Gall

et Schaffhouse), qui disposaient de 651 véhicules-moteurs à fin 1984, parc à nouveau en légère augmentation. La plupart des réseaux possèdent un matériel moderne et performant ou envisagent de le renouveler. On peut estimer à environ 150 le nombre de motrices commandées, en cours de livraison ou à commander ces six prochaines années.

Trois grandes opérations sont programmées: *Lucerne* a passé commande de 46 trolleybus (dont 16 articulés) auprès de NAW, Hess et Siemens - ils sont livrables entre 1987 et 1989. *Zürich* vient de recevoir un prototype Mercedes-Benz/BBC-Sécheron, un articulé de 164 places (voir fig. 5), prélude sans doute à l'acquisition de 40 unités qui viendront renouveler en partie le parc existant et assurer la conversion de deux services d'autobus

en trolleybus (L. 62 Schwamendingen-Affoltern et L. 72 Milchbuck-Albisriederplatz). *Genève* entend offrir selon la 3^e phase de son plan directeur des intervalles entre courses de 6 minutes sur toutes les lignes de trolleybus et a besoin pour ce faire de 20 trolleybus articulés, bi-moteurs, qui remplaceront les trolleybus articulés de première génération. Commandés à NAW/Hess/BBC-Sécheron, ces véhicules s'apparentent largement aux véhicules de la série 651-674 de 1982 dont on trouve une illustration à la figure 6.

Mais la décision la plus inédite est certainement celle des Transports en commun de *Fribourg* (TF) qui ont décidé de rétablir l'exploitation par trolleybus sur la diamétrale 6/7: Schönberg-Gare CFF-Moncor, ligne qui sera d'ailleurs prolongée jusqu'aux Dailles (commune de Villars-sur-Glâne). Les véhicules prévus sont des bi-modes articulés, à livrer par Volvo, Hess et BBC-Sécheron, qui constituent la première série de trolleybus bi-modes conçue et réalisée pour l'essentiel en Suisse. La ligne aérienne sera révisée, prolongée là où elle fait défaut - le tronçon Moncor-Les Dailles ne sera pas équipé en première étape - l'alimentation électrique renforcée pour tenir compte de ces véhicules supplémentaires à grande capacité. L'option bi-mode a été retenue par les exploi-

Fig. 5
Trolleybus prototype O 405 GTZ de Zürich



Fig. 6
Trolleybus articulé à deux essieux entraînés de Genève
(Photo BBC)



Faiblesses structurelles - obstacles	Instruments techniques et politiques	Objections et autres contraintes
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Prix d'acquisition plus élevé que celui des autobus</i> = Difficultés de financement, risque d'échec en votation populaire, présomption de non-rentabilité. = A fortiori, l'argument vaut également pour le trolleybus bi-mode, mais possibilités d'économies sur les installations fixes. = Conséquence de la fabrication en petites séries, des spécifications propres à chaque exploitation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prix d'acquisition est effectivement plus élevé, mais il doit être rapporté à une durée de vie plus longue. - De par l'acquisition de véhicules à grande capacité, le supplément de prix est probablement moins grand. - Acquisition sur catalogue. - Compatibilité d'un max. de composants avec la fab. des autobus - Simplification de l'équipement électrique: grâce à la conception modulaire, possibilité de ne commander que les fonctions réellement nécessaires. - Achat de types déjà éprouvés, standardisation interne à l'entreprise. 	<ul style="list-style-type: none"> - Une baisse du prix d'acquisition ne doit pas être obtenue au détriment de la durée de vie, pas plus qu'elle ne doit entraîner une hausse des coûts de maintenance inacceptable. - Risques pour la longévité, l'accessibilité du véhicule. - Risque de ne pas pouvoir suivre les progrès techniques.
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Coûts de maintenance supérieurs à ceux des autobus</i> = Causes multiples, ne pas oublier que les conditions d'exploitation des trolleybus peuvent être plus dures (arrêts fréquents, basses vitesses commerciales) que celles des autobus. = Trolleybus bi-mode est plus cher à l'entretien que le trolleybus classique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer une maintenance appropriée (concept intégré). - Engager les trolleybus ou les bi-modes de façon intensive, dans ces conditions, il existe de nombreux exemples suisses où le trolleybus est moins cher que l'autobus (en particulier pour les véhicules articulés). - C'est la contrepartie de l'augmentation de la souplesse et de la régularité d'exploitation. - Evaluer l'introduction des innovations techniques comme: hacheurs GTO, contrôle par microprocesseurs, convertisseurs statiques pour courant faible. - Améliorer les dispositifs de captage du courant, allonger la durée de vie des frotteurs = diminution de la fréquence des visites. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût de maintenance des trolleybus comporte une forte part de frais salariaux et une faible part de frais de choses (matières, pièces de rechange). - Contrôles réguliers pour des motifs de sécurité sont inévitables, peuvent être partiellement remplacés par des dispositifs de contrôle de l'isolation.
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Coût d'exploitation total plus élevé que celui de l'autobus</i> = Certains éléments de coûts sont spécifiques aux bi-modes et aux trolleybus (p.ex. coûts de capital et de maintenance des lignes aériennes). = Découle naturellement des deux composantes précédentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Subventions publiques à l'établissement des installations de traction électrique. - Ne pas mettre à la charge de l'exploitation les frais de modifications du régime de circulation. - Une bonne maîtrise des coûts de maintenance mène à un abaissement du coût d'exploitation total. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trolleybus ou bi-modes ne se justifient que sur des lignes à débits relativement importants.
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Manque de souplesse, nécessité de maintenir des autobus en réserve</i> = Il faut pouvoir pallier aux défaillances, détournements de trafic dus à des défilés, cortèges, etc. = Immobilisation de capacités de transport à l'heure de pointe ou dans des situations critiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solution bien connue: groupe de marche autonome + dispositifs d'emperchage semi-automatiques. - Exploitation partielle ou intégrale par trolleybus bi-modes. - Une installation de régulation du trafic ainsi que des liaisons radio sont indispensables à toute exploitation d'une certaine taille, les priorités aux carrefours et les voies réservées sont nécessaires au maintien de la régularité, que l'on ait des autobus ou des trolleybus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toute réserve surdimensionnée immobilise des capitaux et des capacités de transport qui sont, au mieux, sous-utilisées. - Une exploitation mixte trolleybus/autobus peut se justifier sur des lignes à forts volumes de trafic; bus diesel = courses accélérées, trolleybus = courses de l'horaire de base.
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Supplément de poids par rapport à l'autobus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Allégements possibles de l'équipement de traction électrique. - Dérogations éventuelles aux normes de poids total pour les bi-modes. - Adaptation de critères de calcul plus réalistes pour la définition du nombre de places debout, p.ex. 4 P/m², ce qui serait plus conforme aux conditions réelles d'exploitation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vaut pour le trolleybus et, a fortiori, pour le bi-mode. - Des renforcements de structure sont nécessaires pour assurer la longévité des trolleybus comme des bi-modes.

tants afin de maintenir l'offre des transports publics même pendant la durée de travaux, cortèges et manifestations divers et de disposer de véhicules pouvant s'adapter à l'évolution de l'urbanisation et de la desserte par moyens publics dans le Grand-Fribourg.

Bien que la réalisation du véhicule-tête de série doive être soutenue par l'Office fédéral de l'éducation et de la science, au titre de la participation suisse au COST 303, on observera que la décision de l'entreprise a été prise en toute indépendance, tenant compte seulement des avantages et inconvénients découlant de ce projet pour l'exploitation et les collectivités desservies.

4. Obstacles à la diffusion des trolleybus; voies et moyens pour les surmonter

Comme on l'a vu, les avantages bien connus des véhicules routiers à traction électrique étaient parfois acquis au prix d'une série d'inconvénients. En fonction des développements technologiques et des attitudes du public, la concurrence entre le trolleybus et l'autobus peut évoluer en faveur de l'un ou de l'autre. Concrètement, les exploitants reprochent au trolleybus son manque de souplesse, son prix d'acquisition élevé et son exposition aux défaillances qui rend nécessaire le maintien d'un parc d'autobus de réserve. Parfois, il se révèle plus cher à l'entretien et même, compte tenu d'une durée de vie plus longue, plus cher à l'exploitation que l'autobus. De telles critiques peuvent faire hésiter les autorités politiques soucieuses d'assurer une exploitation au moindre coût, en vue de ménager les finances publiques. Certes, on a vu par le biais de l'étude socio-économique que ce n'était qu'une perspective sectorielle qu'il convenait d'élargir. Mais d'autres difficultés s'y ajoutent, comme l'impossibilité locale d'implanter une ligne aérienne (nous pensons toutefois que les soucis d'esthétique sont souvent excessifs), les procédures d'autorisation et les réglementations techniques concernant les installations fixes de traction et les véhicules. On remarquera que le trolleybus bi-mode est encore entouré d'un certain «flou» réglementaire qu'il conviendrait de clarifier sans nuire à ses perspectives de diffusion.

Le tableau III s'efforce de passer en revue ces divers obstacles ainsi que les

moyens techniques, économiques et politiques susceptibles de leur porter remède. Leur énumération n'est nullement exhaustive.

5. Perspectives des recherches ultérieures, de la diffusion et de l'approfondissement des résultats

En règle générale, il est inconcevable de lancer une seconde action de recherche dans le cadre de COST sur un thème qui a déjà été exploré: un éventail très large de filières de chaînes de traction a été examiné, permettant d'affirmer quel est l'état de la question: possibilités, mais aussi limites des trolleybus bi-modes.

En dehors de l'exploitation-pilote de Nancy, on ne dispose pas d'expériences sur une exploitation régulière – un suivi des résultats économiques et de leurs possibilités d'optimisation s'impose donc. Par ailleurs, il apparaît que certains éléments de la conception des véhicules comme les dispositifs d'emperchelement et de captation du courant, l'aménagement intérieur et les caractéristiques de confort pour les usagers, le poids, la longévité ainsi que l'encombrement des équipements électriques de traction devront faire l'objet d'approfondissements.

Les aspects réglementaires (prescriptions sur les poids et les dimensions des véhicules, la double isolation électrique, le calcul de la capacité offerte en places debout, etc.), tout comme les incitations financières que pourraient accorder les pouvoirs publics devront être clarifiés à l'intention des autorités responsables, dans l'intérêt du trolleybus classique comme du trolleybus bi-mode.

Dans cette perspective élargie du développement de la propulsion électrique des véhicules de transport public, le Comité de gestion de l'action COST 303 a décidé de suggérer à l'UITP (Union internationale des transports publics), avec l'appui bienveillant de l'AVERE (Association européenne des véhicules électriques routiers), la création d'un groupe de travail «Véhicules électriques» comme sous-comité de la «Commission pour l'étude des autobus». Il reste à espérer que ce groupe saura œuvrer dans l'intérêt de la recherche appliquée en Europe et des usagers des transports col-

lectifs en suivant attentivement les multiples développements en cours dans de nombreux pays.

La Commission des Communautés européennes prépare de son côté un programme de recherche dans les transports publics, dans lequel le trolleybus trouvera naturellement une place. On rappellera que des pays comme la Finlande et la Suisse, qui ont participé à l'action COST 303, pourraient participer sans restrictions à ce programme, étant donné qu'un accord cadre les lie à la Communauté européenne en matière de recherche scientifique et technique.

Enfin, à titre individuel, les anciens membres du comité de gestion ont convenu de poursuivre, sur une base volontaire, les échanges d'informations sur les développements à venir dans le domaine qu'ils ont suivi durant cinq ans et plus.

Bibliographie

- [1] IBFG (Interdisziplinäre Berater- und Forschungsgruppe Basel AG): COST 303, technische und wirtschaftliche Beurteilung der Programme für den Duo-Trolleybus, Thema VII: Sozioökonomische Bewertung, Basel, Dezember 1985.
- [2] Le trolleybus bi-mode, Séminaire international: Communications, Bruxelles, 5-6 novembre 1985.
- [3] Rapports finaux de l'action COST 303 relatifs aux thèmes:
 - I: Description comparative des systèmes
 - II: Mesures et évaluations des performances
 - III: Fiabilité - maintenance
 - IV: Sécurité et aspects normatifs
 - V: Alimentation en énergie électrique
 - VI: Etude économique
 - VII: Evaluation socio-économique
 - VIII: Synthèse et conclusions
(à paraître fin 1986)Tous ces rapports sont disponibles en allemand, anglais et français.
- [4] Dunoyer, Daniel: Update of the Status of the European and U.S. Trolleybus Industry, prepared for the Urban Mass Transportation Administration, U.S. Department of Transportation; Lea, Elliott, McGean & Company, Washington D.C., March 1986.
- [5] Revue Transport Public, Numéro spécial «Trolleybus», n° 801, janvier 1983, Paris.