

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

*Autobus en site propre ou métro léger dans les villes
moyennes ?*

Francis KUHN

*Institut National de Recherche sur les Transports et
leur Sécurité*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Sommaire

1. Introduction
2. L 'autobus en site propre
 - 2.1 *Les performances*
 - 2.2 *Les infrastructures*
 - 2.3 *Les coûts*
3. Le métro léger
 - 3.1 *Les performances*
 - 3.2 *Les infrastructures*
 - 3.3 *Les coûts*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4. L 'autobus ou le métro léger ?

4.1 La planification

4.2 Les coûts

4.3 Les capacités

4.4 Les études et construction

4.5 L'exploitation et la maintenance

4.6 Satisfaction / Image

4.7 Possibilité de développement

5. Conclusion



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

1. Introduction

- Nous nous intéressons aux 2 principaux systèmes de transport urbain pour des villes moyennes : l'autobus en site propre et le métro léger.
- L'autobus est le principal système de transport exploité dans de nombreuses villes et il le restera encore à moyen terme.
- Un réaménagement de l'espace public en faveur de l'autobus: couloirs, sites propres, priorités aux carrefours donnera toute son efficacité à ce système : c'est le bus à haut niveau de service BHNS
- Les systèmes sur rails peuvent aussi réduire la congestion, ils nécessitent des sites réservés et d'importants investissements.
- Le choix du mode de transport le mieux adapté peut s'avérer difficile pour ceux qui sont intéressés par un nouveau système de capacité moyenne ou élevé et désirent optimiser la gestion des coûts d'investissement et d'exploitation

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Le tramway moderne de Grenoble



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

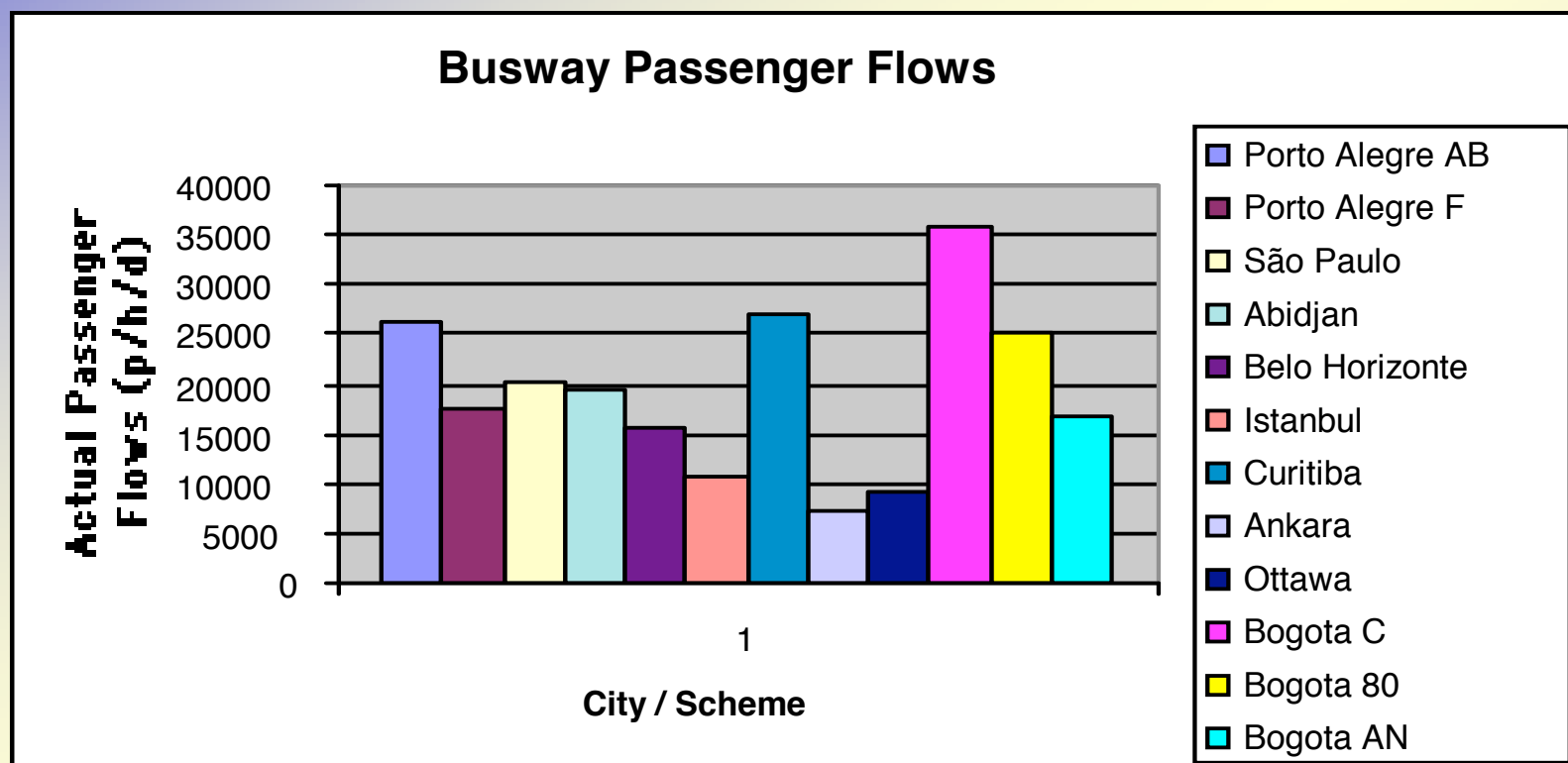
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

2. Les autobus en site propre

2.1 Les performances

2.1.1 Les capacités



Source: Gardner & al.(1991),SDG (2001)

Fig. 1 : Débit en pphs de différents sites propres à travers le monde

Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Autobus sur autoroute



*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Un site propre à gros débit à Bogota*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

2.1.1 Les vitesses commerciales

- L'essence même de l'autobus en site propre est que vitesse et fiabilité peuvent être améliorées en réduisant ou éliminant les différents types de retard sur son parcours.
- Le temps de montée peut être réduit en optimisant le temps de paiement, avec de nombreuses portes et des planchers au niveau des quais.
- Les retards peuvent être réduits en augmentant la distance entre les arrêts : un compromis doit être trouvé entre distance et confort de l'utilisateur.



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

2.2 Les infrastructures

- Un site propre est constitué généralement de deux voies en site séparé, situé au milieu d'un boulevard.
- Les sites à gros débit (e.g. Bogota) comportent 2 voies par direction (15 m) et des quais de 40 à 190 m en station
- L'exploitation à grande vitesse (>70 km/h) nécessite une séparation matérielle entre les voies
- Le dimensionnement des chaussées doit tenir compte du nombre et de la charges des essieux et du taux de croissance sur la période d'utilisation (20 à 30 ans).



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

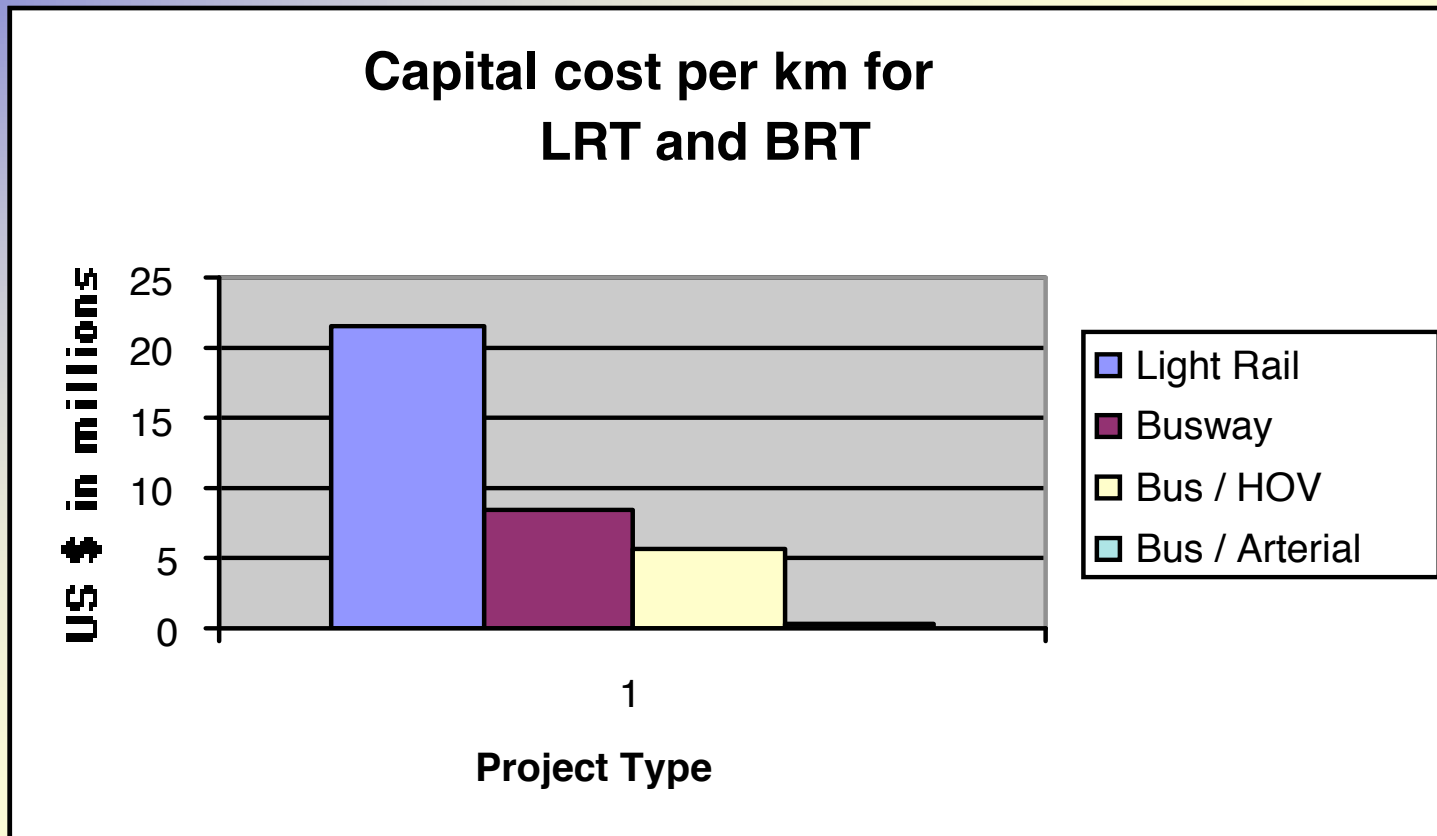
2.3 Les Coûts

2.3.1 Les coûts d'investissement

- Les coûts d'investissement diminuent de 21,62 US M\$ pour le métro léger à 0,42 US M\$ pour l'autobus en site banal
- Les projets de site propre comprennent le coût des infras (chaussée, stations, P&R), SAE, priorité aux feux, les véhicules et le dépôt.
- Sur le tableau 1 ci-dessous les coûts se situent entre 4,7 et 10,9 M\$ 99 pour des sites propre au sol.



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Source: US General Accountant Office (Sept. 2001)

Fig 2 : Coût d 'investissement de Métro léger (18 lignes) et de Site propre pour autobus (9 SP) en M US \$ 2000 aux USA



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Characteristics	Bogota 1 ^{ph}	Curitiba	Porto Alegre	Quito	São Paulo
Length in km	38	56	27	16.1	250
Bus Fleet	470 art.dies. Trunkal	108 biart &art.dies.	1,600 dies.	113 trolleys	11,000 dies & 600 trols
Ridership in M/day	0.8	1.3	1	0.25	3.2 *
Segregation	At grade	At grade	At grade,	At grade,	At grade
Operational Measures	T- Feeder	T-Feeder	Bus Ordering	T-Feeder	T-Feeder
Capital Cost	388	264.3	25**	137	N.A.
Capital Cost / km	10.2	4.7	1**	8.5	N.A.
Infras Cost / km	5.76	1.35	1**	3.54***	3
Vehicles Cost / km	4.45	3.37	N.A.	4.97(4)	N.A.
Max. Cap.phd	35,000	22,000	20,000	15,000	20,000
Ave. Speed kph	20-30 expr.	20 –32 expr	20	20	18
Busway Width (6) in meters	Median HP T=15	Median T=9.6	Median T=9.7	Median T = 10	Median HP* T=10

Source : Ceneviva (1999), Montezuma (2001) HP : High Platform ;* On major corridors ; N.A. non available ;** Infrs. only ;*** Trolleys (4) for 113 articulated trolleys ; exp. : express ; T: Total (6) Width is given for a 2-direction busway without platform stations

Table1 : Performances et coûts d 'investissement de SP pour autobus en M US \$ 99



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

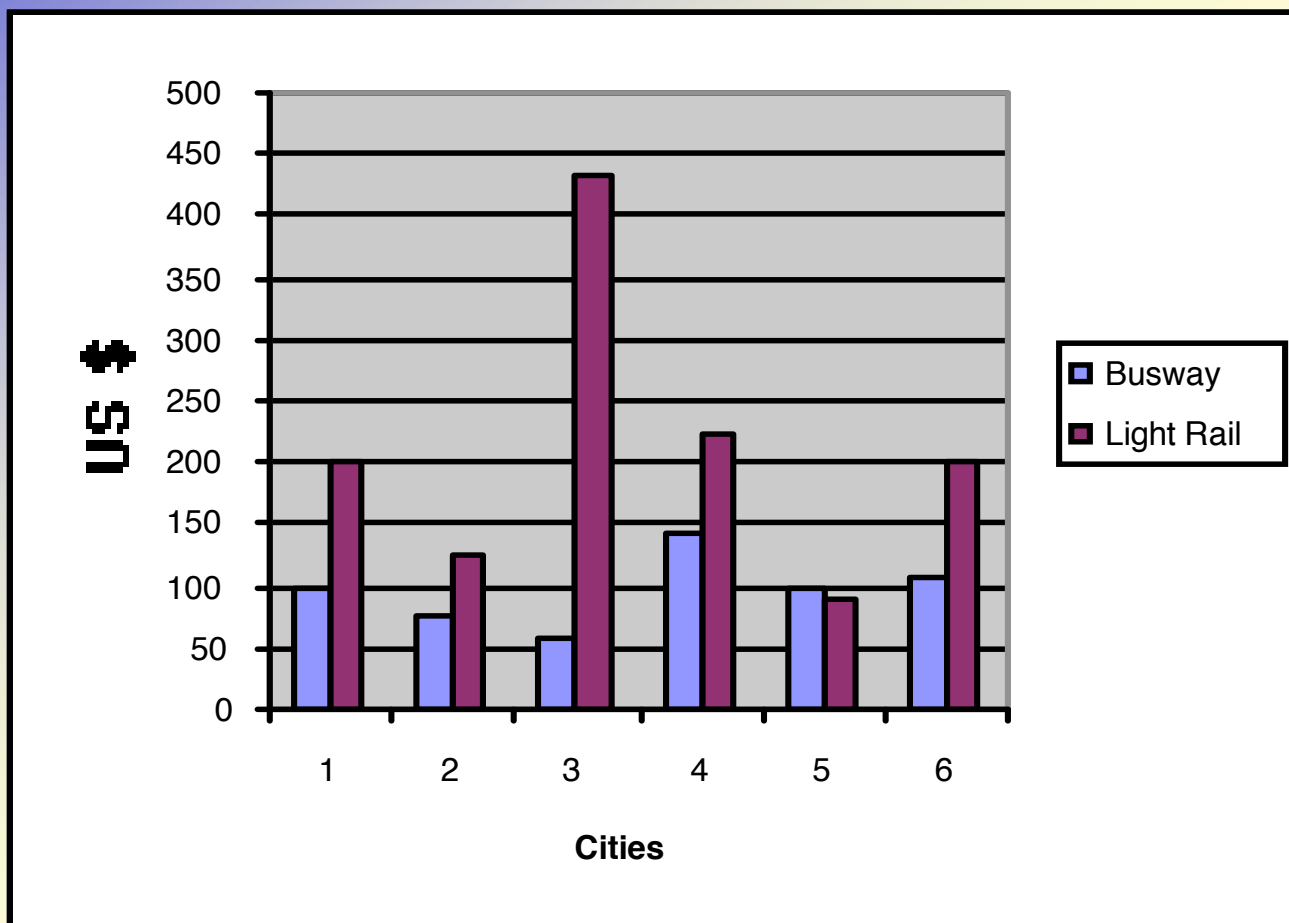
L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

2.3.2 Les coûts d'exploitation

- Les composants principaux du coût d'exploitation: personnel, énergie, pièces détachées..
- Comparaison des coûts d'exploitation de site propre et métro léger situés à 1-Dallas, 2-Denver, 3-Los Angeles, 4-Pittsburgh, 5-San Diego, 6-San José. Fig. 3 à 5 ci-après
- La grande disparité des coûts d'exploitation et de la fréquentation s'explique par la taille des véhicules et la diversité des projets retenus par la Cour des Comptes US GAO.



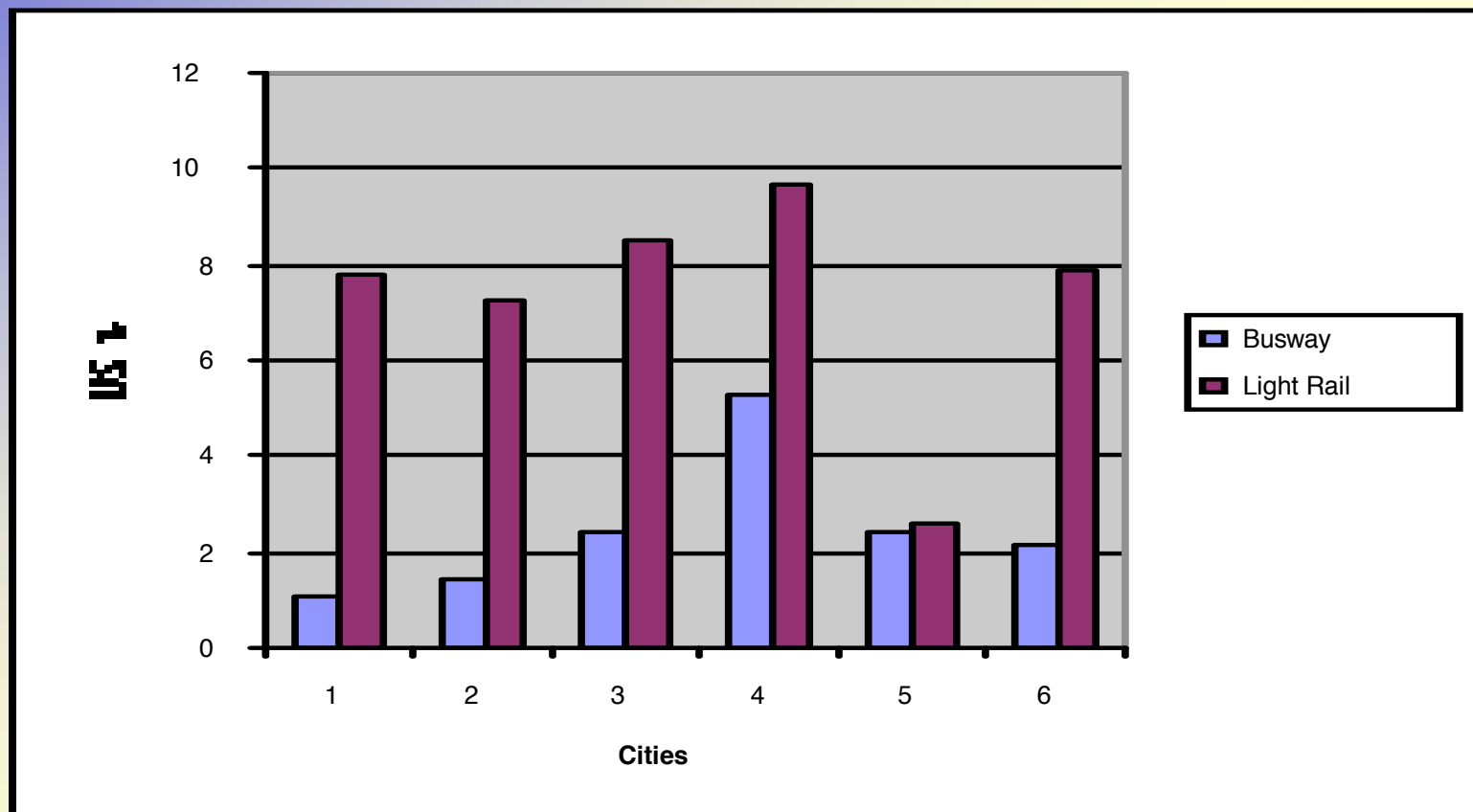
L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Source national Transit data base & 6 Transit Agencies

Fig. 3: Coût d 'exploitation par véhicule x heure en US\$ 99

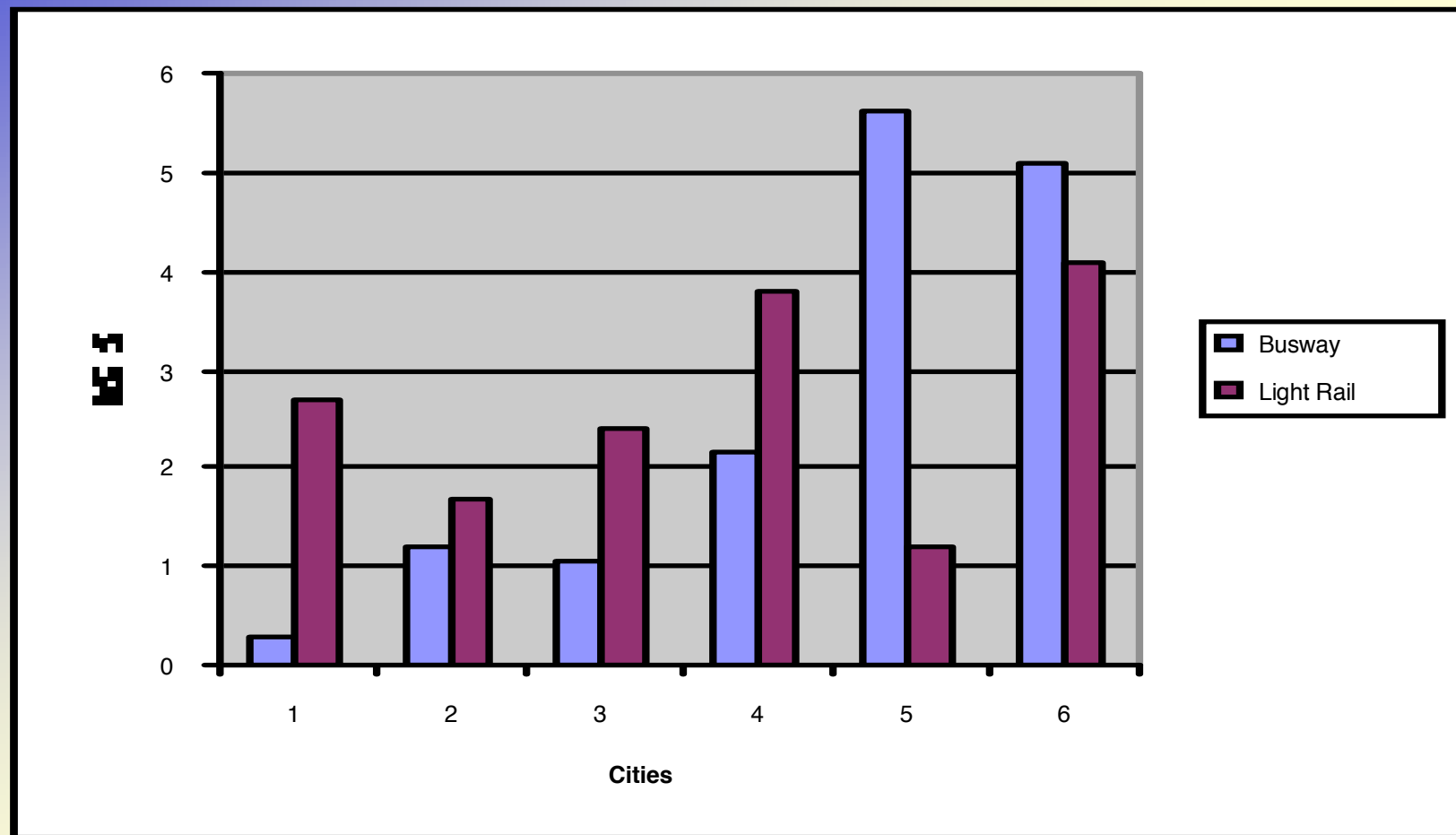
L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Source national Transit data base & 6 Transit Agencies

Fig. 4 : Coût d 'exploitation au véh. x km (ML & Bus en SP) en US\$ 99

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Source national Transit data base & 6 Transit Agencies

Fig. 5: Coût d 'exploitation par voyage (ML & Bus) en US\$ 99



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Cost/Veh.km	Norm line	Dir line	Art.Exp	Bi-art.Exp
O&M. Cost	1.21	1.29	1.41	1.67
Cap. Cost	0.74	0.75	0.90	1.83
Total Costs	1.95	2.04	2.26	3.50
Cost/ Passenger	0.68	0.39	0.39	0.21

Source : Ceneviva (1999)

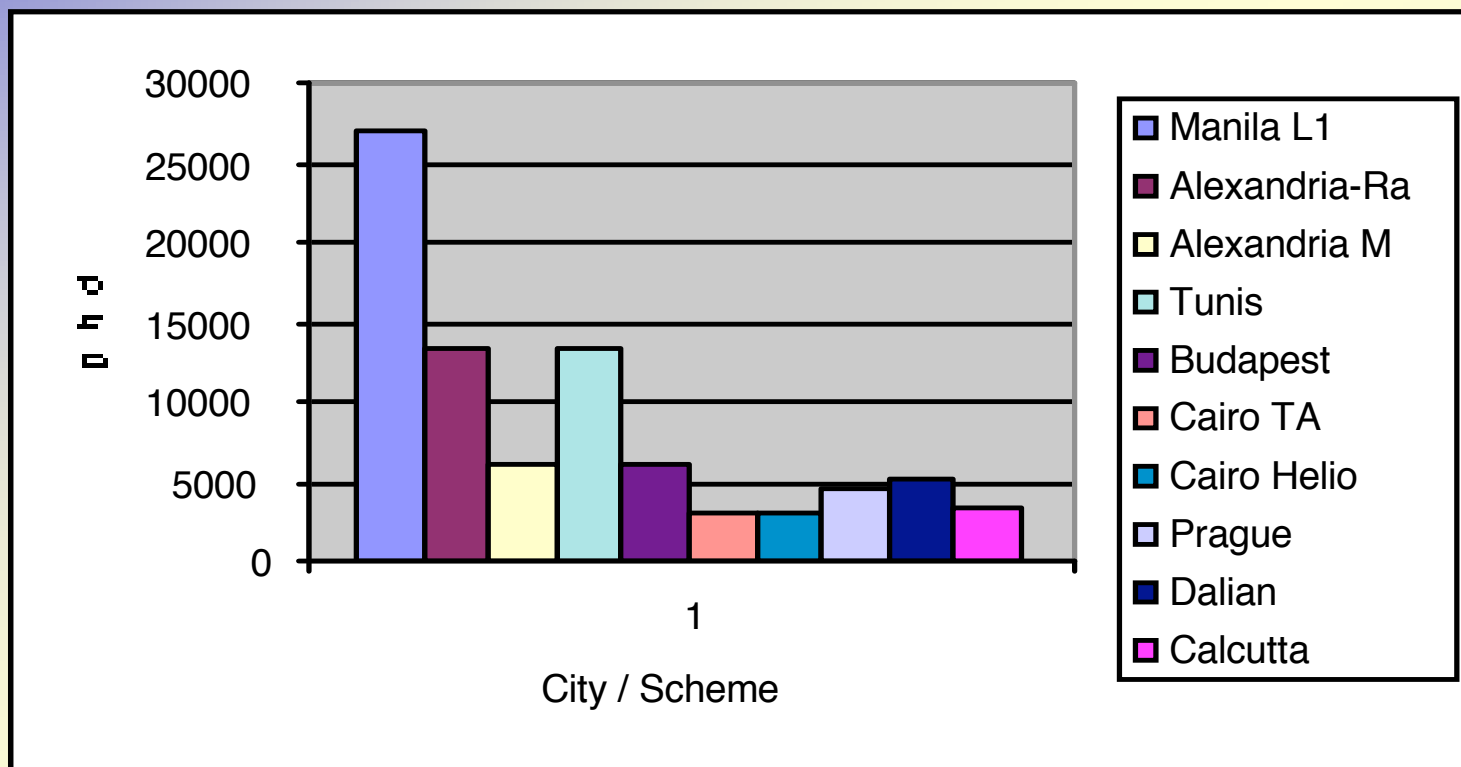
Table 2 : Coût d'exploitation & de maintenance des autobus x km de Curitiba en US\$ 98

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

3. Le Métro léger

3.1 Les performances du métro léger

3.1.1 les capacités



Source : Gardner & Kuhn. (1994), Godard & Kuhn. (2000)

Fig. 6: Les débits de métros légers et tramways

Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Le Métro Léger de Tunis*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

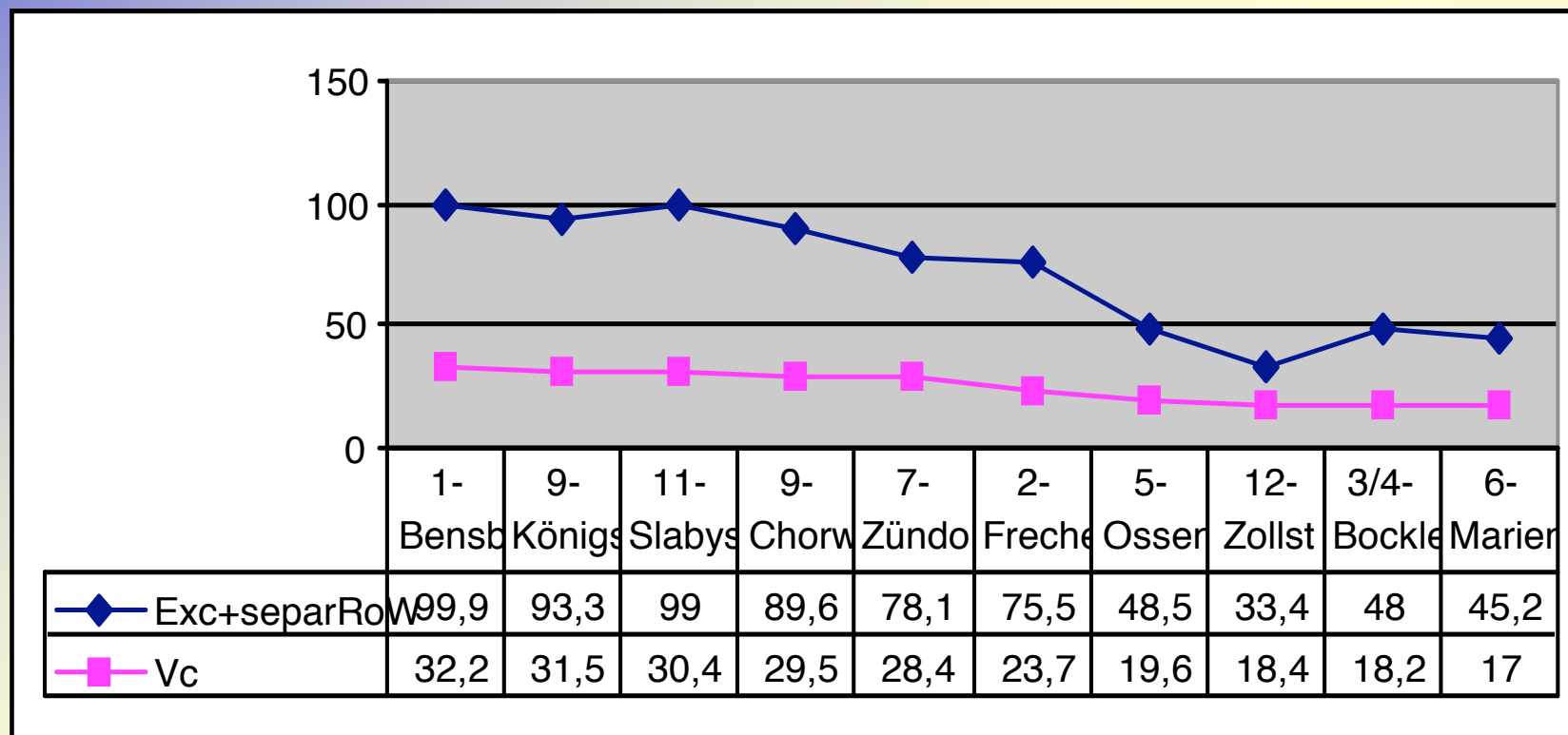
*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Le Métro Léger de Manille*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

3.1.2 Les vitesses commerciales



Source : Kuhn (1987) & (1988)

Fig. 7: Vitesses commerciales en relation avec le taux de site propre intégral et séparé au centre de Cologne sur les lignes de métro léger

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

3.1.2 Les vitesses commerciales

LRT	Buffalo	Bremen	Denver	Essen	L.A.
	29.3	28	23.2	28	36 / 57
BRT	Bergen	Dublin	Malmö	Ottawa	Pittsburgh
	25	24	24	50	53 / 37

Source : Hass-Klau et al. (2000)

Table 3 : Vitesses commerciales moyennes sur des lignes
d'autobus en site propre et de métro léger en km / h.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

3. 2 Les Infrastructures

- Pour une ligne de métro léger donnée, les voies sont en site propre ou en tunnel au centre, puis en site séparé en périphérie et en site banal en banlieue.
- Les gabarits :
 - La voie varie selon les pays, normal de 1435 mm, métrique en Suisse, étroit (900 mm) ancienne ligne de Rio, Lisbonne, large de 1524 mm en Russie, aux USA.
 - Le gabarit des voitures varie entre 2,20 et 3,00 m
 - La largeur d'emprise varie entre 6,00 et 7,20 m.

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

3. 3 Les coûts

3.3.1 Le coût d'investissement

- Vitesse et fiabilité d'un ML sont obtenues par une complète séparation de leur site.
- Le coût d'investissement est en relation directe avec cette séparation: 28 M US \$ 98 par km sur viaduc (Manille), 13 M US\$ 98 au sol (Tunis).



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Project Component	Average Cost/km <i>in MUS\$ 98</i>
<i>Signal-Communication-Power</i>	3.50
<i>Ballasted double Track</i>	1.45
<i>Vehicles & Maintenance</i>	3.3
<i>Major Structure: at grade</i>	1.18
<i>grade separated</i>	7.21
<i>Station: at grade</i>	1.70
<i>grade separated</i>	3.70
<i>tunnel</i>	19.90
Total LRT Ave. project Cost	21.62

Source : Pilgrim (2000)

Table 4 : Coût des sous-systèmes de lignes de ML aux USA.

Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

RoW Category	Average Cost/Km in MUSS 98	Standard Deviation
Exclusive	17.9	0.51
Private, at grade	13.9	21.0
Street/Highway	24.3	10.5
Reser.Lane/Mall	39.1	31.1
Tunnel/Subway	82.9	10.8

Source : BRW, Inc in Pilgrim (2000)

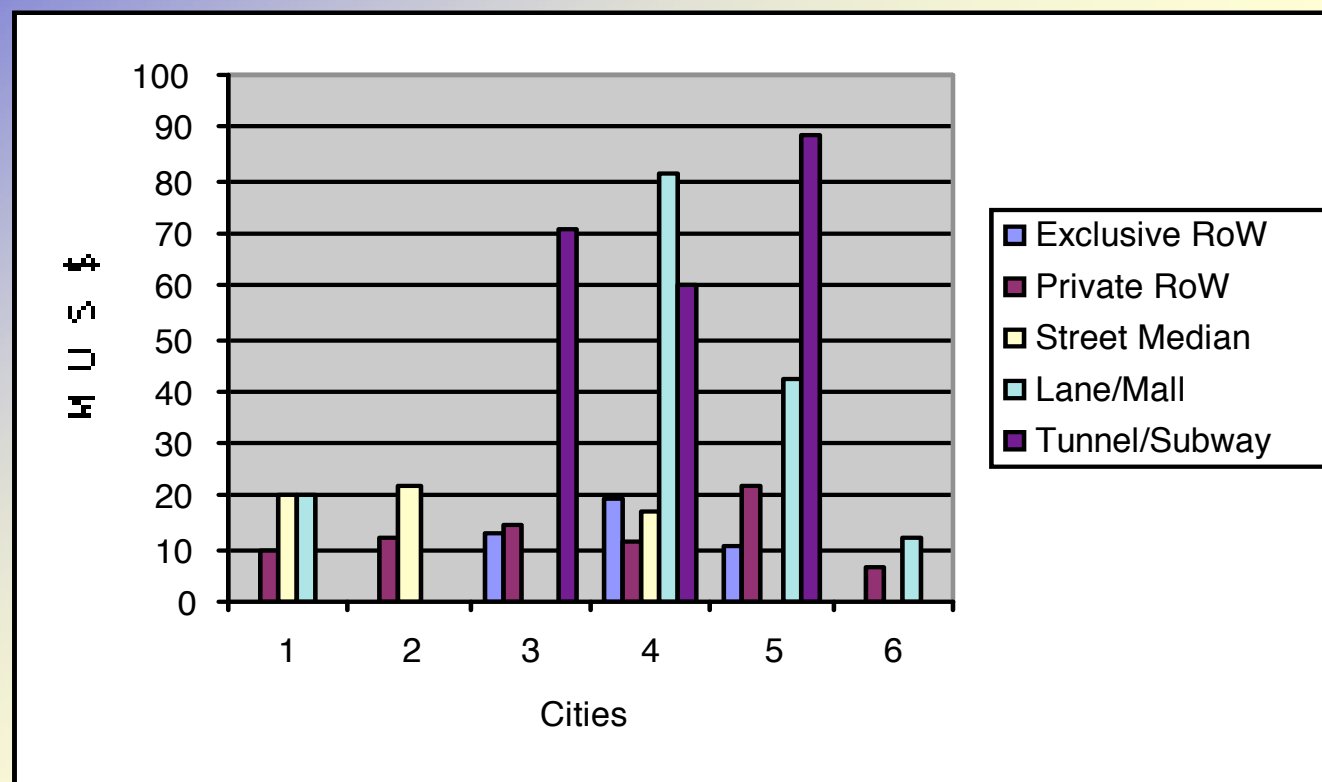
Table 5 : Coût selon le type de site propre de lignes de ML aux USA.

Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Source : Pilgrim (2000) Nota : 1- Salt Lake; 2-Denver; 3-St Louis; 4-Dallas; 5-Portland; 6-San Diego

Fig.8: Les coûts d 'investissement au km de ligne en fonction du type de site de 6 lignes de ML

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Per km	S.Lake	Denver	St Louis	Dallas	Portland	S.Diego
Vehicule	1	1.4	2	2.3	1.4	1.7
Veh.Cost	2.5	3.5	5	5.75	3.5	4.25

Source: Schuman (2000).

Table 6 : Coût de voiture de métro léger au km dans 6 villes
des USA en M. US\$ 98.

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Network	Length	Veh/km	Cost/km	Patronage
Montpellier	15.2	1.84	23.2	75,000
Orleans	18.0	1.27	16.0	45,000
Lyon	18.7	2.30	18.9	110,000
Valenciennes	10.9	1.56	17.2	N.A.
Bordeaux	22.5	1.69	20.5	N.A.

Source: Bottoms (2000) 1 US \$ 2000 = 6.50 FF.

Table 7. Coûts d 'investissement en M US \$ 98 et nombre de véhicules au km dans 5 villes françaises

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le tramway moderne Citadis de Montpellier



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

- En conclusion, le coût minimum est obtenu pour un ML en site propre au sol:
- Le coût moyen dans 6 villes US est 13,9 M \$98 pour 1,8 voitures au km ou 3,3 M\$/km.
- Le coût moyen du ML Tunis (5 lignes) est 13,3 M \$98 pour 4 voitures au km ou 6,6 M\$98.
- Le coût moyen du ML de 5 premières lignes en France est de 19,2 M \$98 pour 1,8 voitures au km ou 3,2 M\$98.



*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

3.3.2 Les coûts d'exploitation & maintenance

Costs	Grenoble 19 km	StEtienne 9 km	Nantes 27 km	Rouen 18km	<i>Tunis 32 km</i>
Veh*.km	6.35	4.66	5.59	4.48	2.50
Trip	0.57	0.46	0.43	0.475	0.148
OSK	0.038	0.035	0.024	0.026	0.010

Source: Godard, Kuhn & al. (2000) Nota: OSK: Offered Spaces km. 1 US \$ 98 = 5.87 FF. * Vehicle-km = 1 car –train x km

Table 8. Coûts d 'exploitation et de maintenance de 4 réseaux de ML français et du ML de Tunis \$ 98, hors amortissement.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4. L'Autobus ou le Métro léger ?

4.1 La planification

- Le principal objectif est de réduire l'utilisation de l'automobile, la congestion sur les routes, la détérioration de l'environnement..
- La coordination de l'usage des sols avec la planification des transports est un paramètre important pour réaliser des systèmes de TC à forte fréquentation.
- Le site propre ou ML permettent cette coordination.
- L'analyse des caractéristiques de la ville à desservir doit être effectuée :
 - Taille, topographie, histoire, organisation de l'espace,
 - Les ressources, la situation des TC / individuel.

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Stations d'échanges sur site propre à Curitiba



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Ouvrages nécessaires pour liaisons piétonnes*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4.2 Les coûts

- Le coût de construction d'un ML est plus élevé que celui de l'autobus intégré au sol entre 7,11 M\$ 98 et 16 M\$ contre 1 M\$ 99 à 5,76 M \$ (2x2v) au km.
- Le ML nécessite moins de personnel d'exploitation que l'autobus mais du personnel d'entretien des voies, stations, caténaires, sous-stations, aiguillages, signalisation...
- Le tableau 9 ci-après montre que le véhicule de ML doit être exploité avec un bon niveau de service mais avec une fréquence qui correspond bien à la demande afin d'avoir un taux d'occupation maximum.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Items	Tunis IRT	Curitiba BRT	Bogotá BRT
Spaces/vehicle	700	270	160
Veh.kmCostin \$	7.08	3.50	1.47*
Space /Costkm	0.010	0.012	0.009
Ratio	50%	70%	80%
350pass.-kmCost	7.08	6.48	4.02
Ratio	55%	70%	80%
350pass.-kmCost	6.43	6.48	4.02
Ratio	85%	70%	80%
350pass.-kmCost	4.16	6.48	4.02

Source: Godard & al (2000); Ceneviva (1999); * this vehicle-km cost was estimated in US\$ 2002.

Table 9. Coût au Vehicle-km (avec amortissement) selon différent taux d'occupation sur un véhicule de ML et deux autobus in US \$ 98.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

- Le parc limité du ML de Tunis, un intervalle adapté tout au long de la journée donne un taux de remplissage bien supérieur à 50 %: le nombre élevé de véhicule x km optimise le coût du véhicule x km.
- Malgré un coût d'investissement plus élevé que celui de l'autobus en site propre, le ML de Tunis a un coût au véhicule x km compétitif : le taux élevé de la fréquentation est une des raisons de cette productivité.

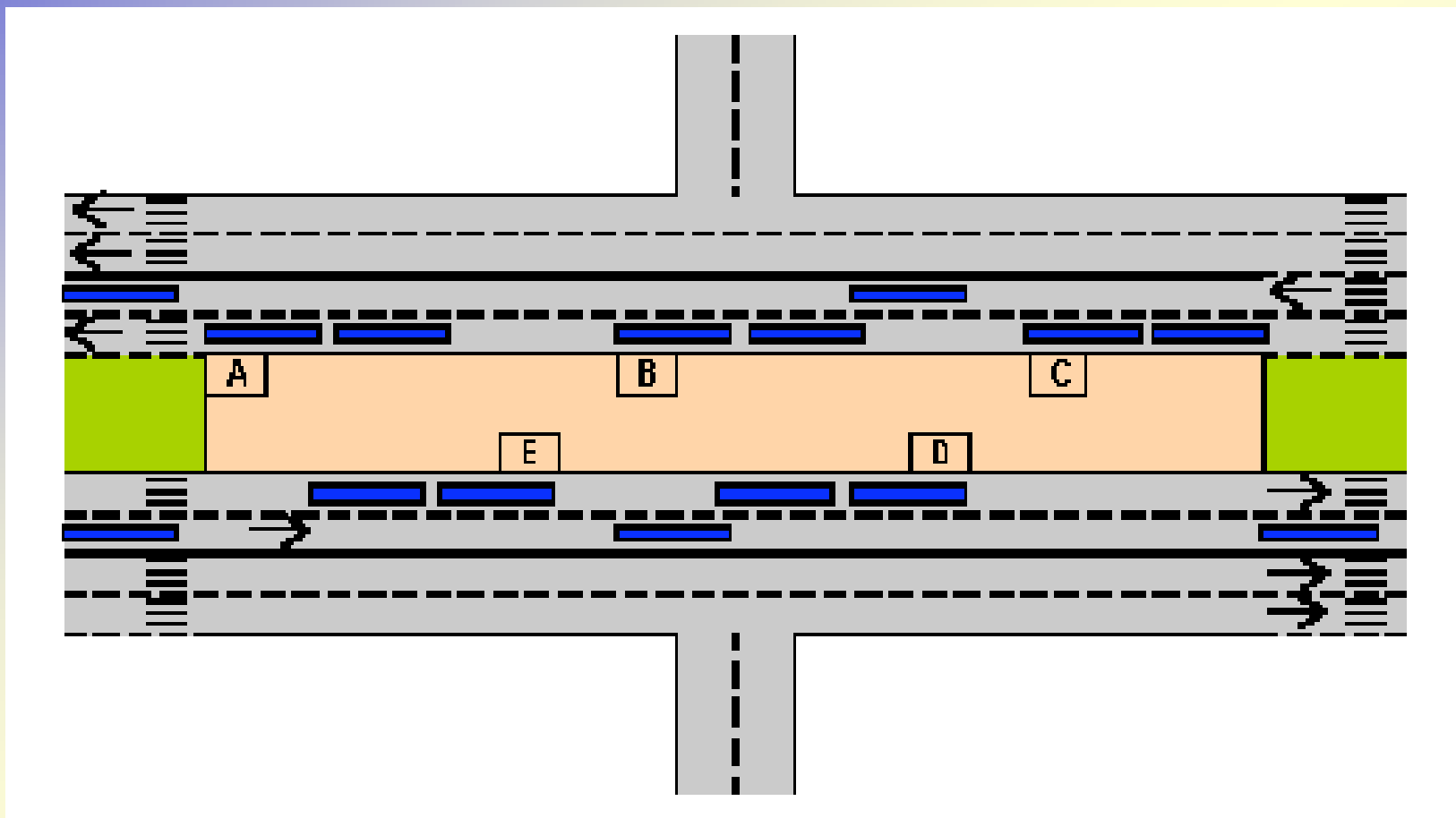
L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4.3 Les capacités

- Il est important de noter la différence entre capacité théorique des véhicules ou systèmes et capacité utilisée .
- Les fig. 1 & 6, le tableau 1 nous ont montré que les deux systèmes ML et autobus peuvent transporter des volumes équivalents.
- La capacité d'un système intégré d'autobus passe par l'aménagement des stations et les longueurs de quai (e.g. Av. Caracas, 6 arrêts par quai d'où 180m).
- L'autobus en site propre peut répondre à la demande de la plupart des corridors urbains des villes moyennes

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Diagramme d'une station avec trois destinations



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4.4 Les études et la construction

- Un projet de ML nécessite quelques techniques spécifiques : électrification, signalisation, suivi des trains, implantation en site propre, en souterrain, spécifications du véhicule, garage-atelier, aiguillages,...
- Un projet de site propre pour autobus nécessite des techniques routières de construction de chaussée, des ouvrages tels que passerelles pour piétons, stations, garage-atelier, signalisation, suivi en temps réel, information voyageurs, etc.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Une voie ferrée urbaine en construction



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4.5. L'exploitation et la maintenance

- Le système intégré d'autobus permet une exploitation plus souple que le ML : l'autobus peut desservir la périphérie au-delà du corridor,
- Les bus d'alimentation et les bus de l'axe lourd n'ont pas nécessairement la même capacité unitaire...
- Les équipements nécessaires de traction, d'énergie, de signalisation du ML contribuent à la complexité de la formation des conducteurs, l'exploitation et la maintenance.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4.6. La satisfaction de l'utilisateur et l'image du système

- Un des challenges de l'autobus en site propre est de faire disparaître l'image du bus bruyant, de la pollution, du transport inconfortable, etc.
- La circulation en site propre, avec priorité aux feux, sur une couche de roulement sans orniérage doit permettre une accélération-décélération progressive (conduite respectueuse de l'environnement) favorable à une baisse du niveau de bruit et de pollution, à une amélioration de la vitesse, du confort et à la sécurité des voyageurs/riverains.
- Les moteurs diesel sont perfectibles pots catalytiques 3 voies + filtres à part. et gazole désulfuré cf.. normes :EURO II(96), III(2000) IV (2005), V (2008)

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

- Outre le Diesel propre, les carburants alternatifs : GPL, GNV, biocarburants (diester,...)
- Les véhicules diesel-électrique permettent de réduire le niveau d'émission de bruit et de pollution (stockage d'énergie par super condensateurs, récupération au freinage, 20 % de réduction de consommation)
- Développement d'autobus équipés de pile à combustible (Irisbus, Evobus, New Flyer, Novabus, MAN, Scania)
- Les trolleybus, les systèmes intermédiaires: Civis, Translohr, TVR, etc..

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

- Le ML bénéficie d'une meilleure image que l'autobus en général
- L'exemple connu du succès du ML de Zürich: 550 voyage/habitant/an
- Les systèmes intégrés de transport par autobus adoptant les dernières technologies d'énergie électrique, hybrides supercondensateurs, batteries, de suivi, de l'information des voyageurs, de paiement par cartes, de confort, de design, peuvent améliorer leur image : des enquêtes auprès des usagers donnent un bon indice de satisfaction : c'est le futur BHNS proposé par le GART et CERTU en France

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

4.7 Possibilité de développement

- Les TC et l'augmentation de leur fréquentation améliorent l'usage du foncier.
- La mise en service d'un système sur rail est un catalyseur au développement urbain.
- Les exemples de Curitiba, d'Ottawa, de Bogota montrent qu'un système de transport basé sur des sites propres pour autobus peut avoir le même effet qu'un système sur rail.
- La réutilisation de voies ferrées de périphérie par le tram est une réelle opportunité pour rapprocher le périurbain du centre-ville au moindre coût d'investissement.

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

5. Conclusion

- L'autobus en site propre est une alternative sérieuse au métro léger dans les villes moyennes.
- Selon les conditions locales, le site propre peut être le meilleur choix dans la perspective coût-efficacité et le niveau de service offert aux usagers.
- Les succès de Curitiba, Ottawa, Bogota, etc. peuvent être un modèle pour d'autres villes dans l'avenir.
- L'utilisation de nouvelles technologies adaptées comme le suivi automatique des véhicules améliore le coût d'exploitation et le service de l'autobus.
- Mis en œuvre dans un court délai, avec des coûts initiaux modestes, le site propre peut répondre à la demande sans détourner les crédits d'autres investissements nécessaires

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

- Le ML a de nombreuses qualités qui se traduisent par un effet d'image qui attire les clients (15% provenant de l'automobile)
- Non seulement, moyen de transport mais outil de requalification urbaine et d'amélioration de l'espace public.
- Bien intégré dans une ville, le ML a du succès et peut justifier ses coûts.



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

- En conclusion, un système d'autobus intégré pour des villes intermédiaires peut être un bon choix : les services omnibus et express sur l'axe lourd et les lignes urbaines en rabattement peuvent créer un effet réseau qui va augmenter la fréquentation des TC.
- L'infrastructure peut être construite en réservant sa conversion au ML.
- Le ML peut être installé sur des axes à haute densité où l'insertion du site propre est difficile.
- Le foncier, plate-forme et génie civil étant réalisés pour les autobus, il restera le coût des voies, caténaires et énergie, la signalisation, le parc et le dépôt.
- L'investissement progressif limitera l'emprunt et le risque d'une implantation de l'axe mal adaptée à la demande.

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Linéaire cumulé de Tramway moderne en France

City	1995	2001	2004	2007+
Bordeaux			21.3	42
Grenoble	14.7	20	34.5	34.5
Ile-de-France(Paris)	9	20.3	23.3	86
Le Mans				13.5
Lille	21.4	21.4	21.4	21.4
Lyon		18.7	25	37
Marseille	3.1	3.1	5	9
Montpellier		15.2	15.2	38.2
Mulhouse			19	19
Nantes	26.2	33.3	39	42.1
Nice			10	10
Orleans		18	18	33
Rouen	11.4	15.6	15.6	15.6
Saint-Etienne	9.3	9.3	17.8	17.8
Strasbourg	12.2	24.4	33.4	41
Toulon			17.3	30.3
Valenciennes			9.4	20.6
Total	107.3	199.3	297.2	511



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Une station-tube du réseau de Curitiba*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

L'autobus bi-articulé de Curitiba



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Le tramway sur pneus CIVIS à Clermont Ferrand



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le moteur-roue du CIVIS et la signalisation horizontale du guidage



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le système TEOR de Rouen, guidage par caméra



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le système TEOR, poste de conduite



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le Système TEOR, marquage pour accostage en station



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Le nouveau tramway Cristalis de Lyon



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Le Tramway sur pneus TVR*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

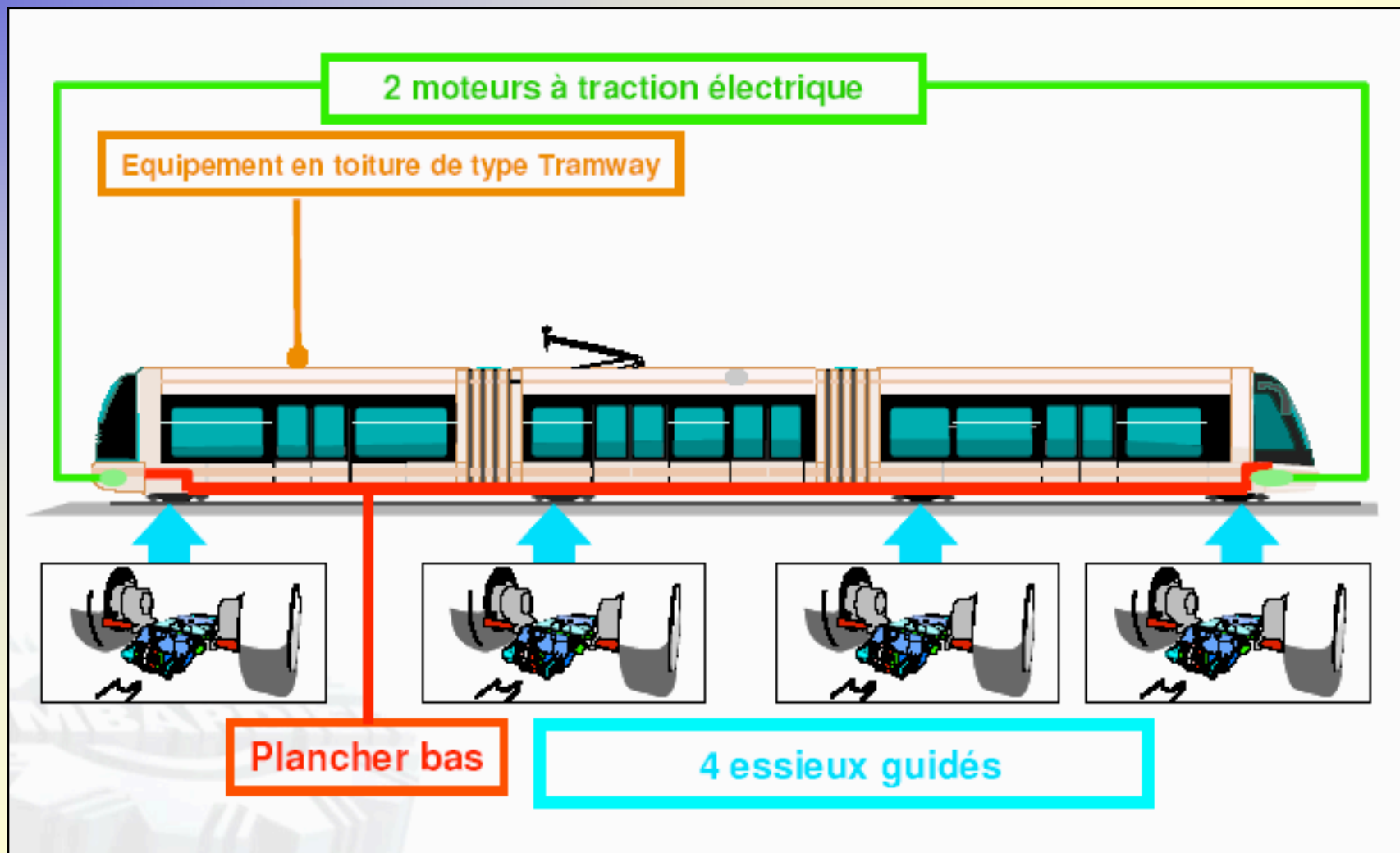
*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Le TVR de Caen ou tramway sur pneus



L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le système TVR



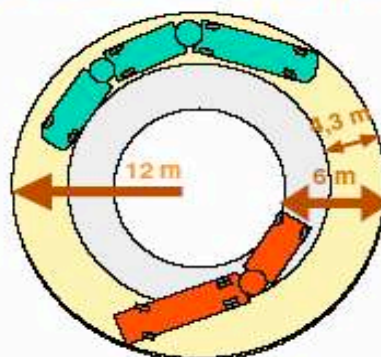
L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Insertion du TVR

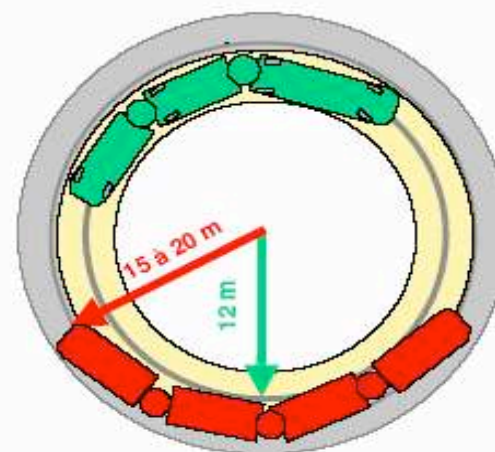
Franchissement de pentes de 13%



Le tramway sur pneus est équipé d'un système de direction lui permettant d'aborder des virages de 12 mètres de rayon



Bus articulé 18 m
GLT en mode autonome



Tram fer 35 m
GLT en mode guidé



5

BOMBARDIER
Experiences the World differently

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

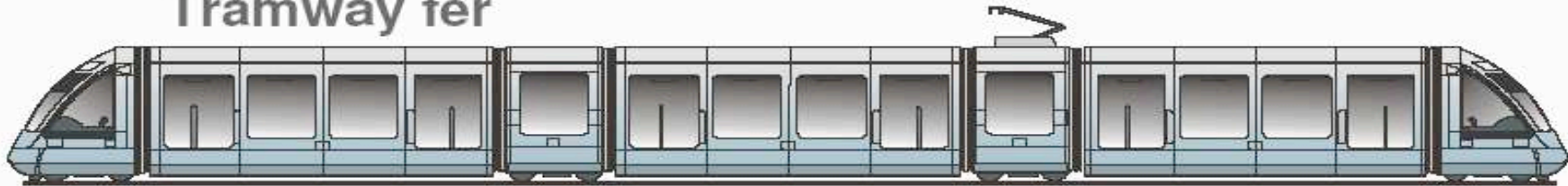
Le Translohr ST3



*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Système Translohr

Tramway fer



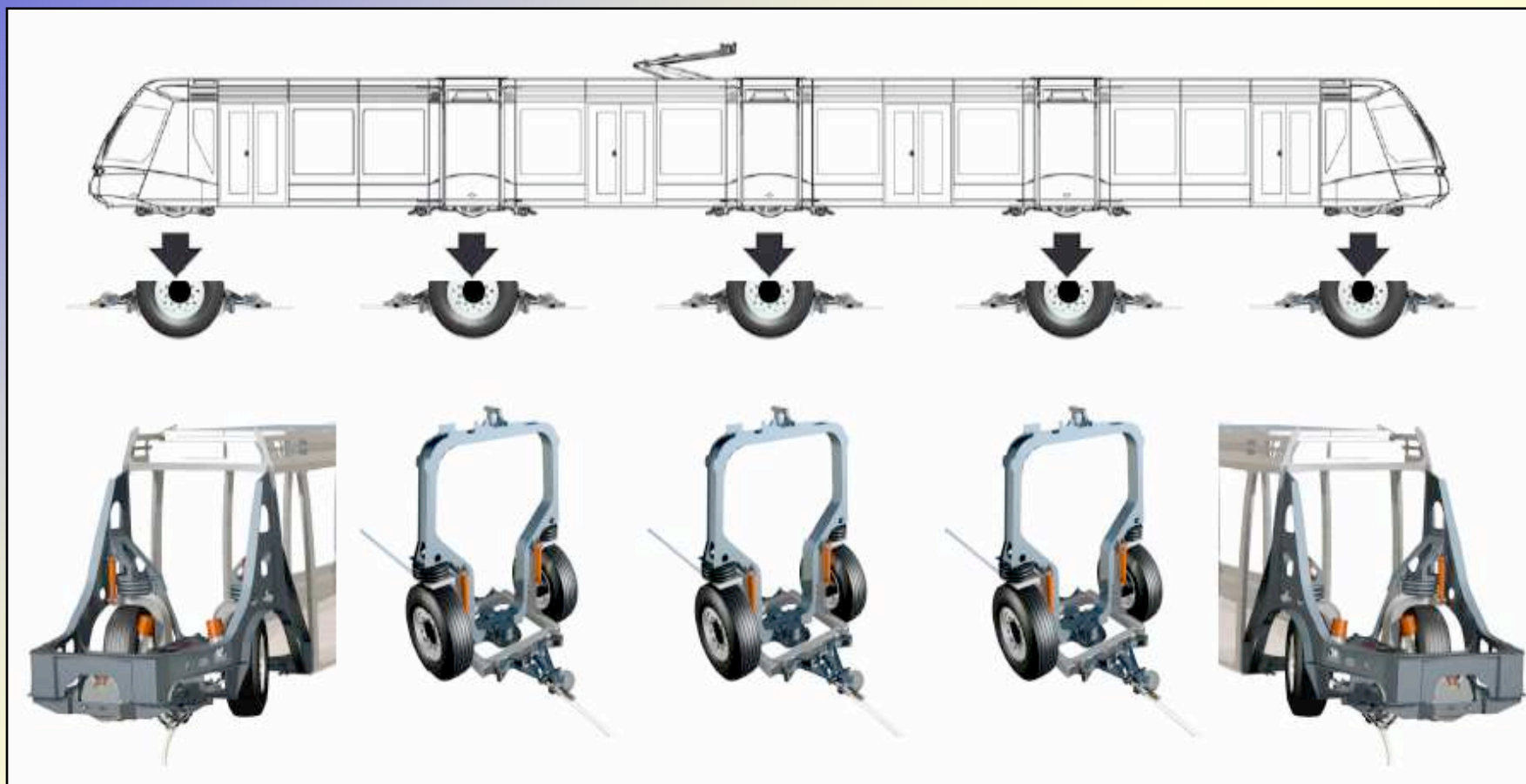
- *Grande Capacité*
- *Facilité d'insertion*
- *Modularité*
- *Site réservé*
- *Transport de surface*
- *Guidage intégral*
- *Bidirectionnel*
- *Traction électrique*



Tramway sur pneus

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Système Translohr: essieux, guidage, articulations



*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Systeme Translohr

- *silence de fonctionnement*
- *adhérence, performances de freinage*
- *Rayon de giration*



- *suspension primaire naturelle*
- *maintenance simplifiée*
- *Installation optimisée des Infrastructures*

07 x 209 9 mm



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Tramway sur pneus PHILEAS



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Tramway sur pneus PHILEAS



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Tramway sur pneus bimode PHILEAS



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Le Véhicule Léger sur Pneus de São Paulo



© Sergio Martire



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

Autobus guidé d'Essen O Bahn



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles



*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile
Trolleybus en site propre à Quito*



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.
Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Nantes (1985)



Grenoble (1987)



St-Etienne (1991)



St-Denis-Bobigny (1992)



Rouen (1994)



Montpellier (2000)



Lyon (2000)



Orléans (2000)



Paris (2002)



Bordeaux (2003)



**Valenciennes, Grenoble, Mulhouse,
Strasbourg, Paris Maréchaux, Nice
bientôt en service**



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies à la Sécurité Automobile

Le tramway moderne de Strasbourg



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

*L'Apport de la Recherche et des Nouvelles Technologies
à la Sécurité Automobile*

L'emprise d'un site propre à gros débit



Journée d'Études du 4 mai 2005, ISSAT de Sousse, Tunisie.

Francis Kuhn, Laboratoire des Technologies Nouvelles

