

Technologies des transports

Transport des personnes

2. Modes publics et privés | Modes sur rue
CIV6707A

Par Pierre-Léo Bourbonnais

Référence principale: VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology*, 2007

Chapitres 2 & 5 à 10

Modes sur rue

Caractéristiques

Avantages

- ▶ faible coût d'investissement
- ▶ **peuvent rouler sur pratiquement n'importe quelle rue**
- ▶ **flexibilité (changements de routes, d'arrêts, detours...)**
- ▶ implantation rapide
- ▶ les véhicules les plus économiques entre 15 et 60 passagers par unité
- ▶ peuvent être améliorés par des traitements préférentiels

Avantage ou inconvénient selon le contexte

- ▶ **faible influence sur l'aménagement urbain**

Désavantages

- ▶ sensibles à la congestion (catégorie C)
- ▶ faible identité (image)
- ▶ capacités limitées
- ▶ on ne peut réduire les coûts d'opération par automatisation (pour l'instant)
- ▶ **optimisation de la main d'œuvre difficile/impossible**
- ▶ pollution, bruit si moteurs à essence

- ▶ dimensions régies par des lois

3 types de lignes

Bus conventionnel

- ▶ catégorie C, circulation mixte/partagée
- ▶ adéquat pour service local
- ▶ non compétitif avec l'auto
- ▶ Amérique du Nord | souvent perception à l'avant seulement et arrêts à chaque intersection
 - ▶ embarquements plus lents
 - ▶ vitesses commerciales ↓

BHNS / BTS (*Bus à haut niveau de service*)

- ▶ **catégorie C améliorée**
- ▶ optimisation et intégration des lignes
- ▶ traitement préférentiel (voies réservées...)
- ▶ applicable presque partout

SRB / BRT (*Service rapide par bus*)

- ▶ **catégorie B**
- ▶ véhicules à haute performance
- ▶ meilleure image
- ▶ capacités plus élevées
- ▶ traitement prioritaire marqué

confusion fréquente

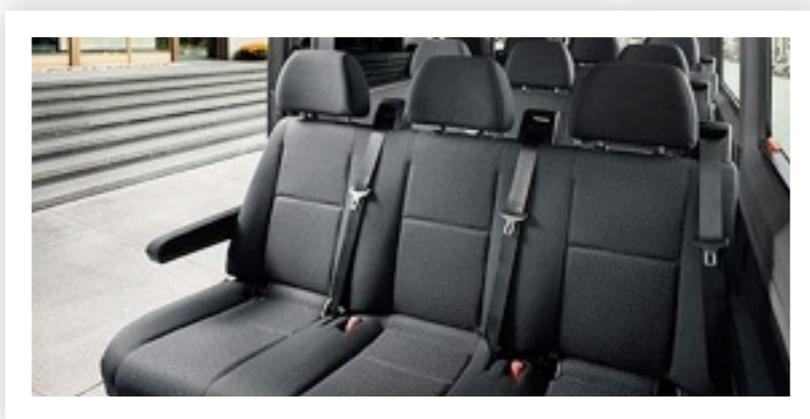
Modes sur rue

Minivan et minibus

Mercedes Sprinter



Longueur	Capacité assises/debout	Coût	Masse	Utilisations optimales
4 à 9 m	7 à 20 / 0 à 20	50 000 \$ 75 000 \$ +	4 à 6 t	<ul style="list-style-type: none"> • Transport adapté • Rabattement vers les modes + lourds • Navettes • Routes à faible / moyenne densités



Modes sur rue

Midibus

Longueur	Capacité assisés/debout	Coût	Masse	Utilisations optimales
7,5 à 10 m	20 à 40 / 20 à 40	200 000 à 400 000 \$	10 à 20 t	<ul style="list-style-type: none"> • Rabattement vers les modes + lourds • Petites villes, banlieues • Routes à faible / moyenne densité



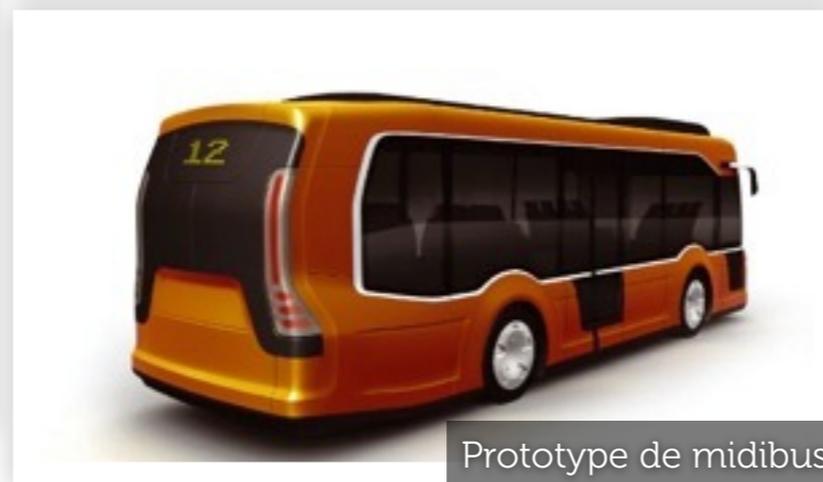
Eldorado EZ-Rider II



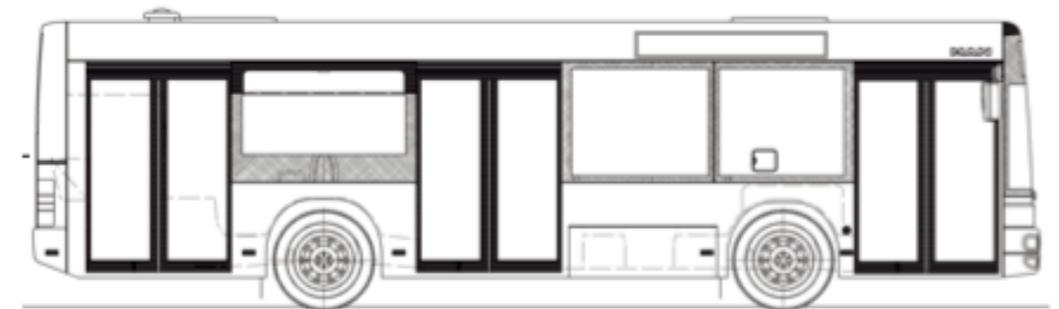
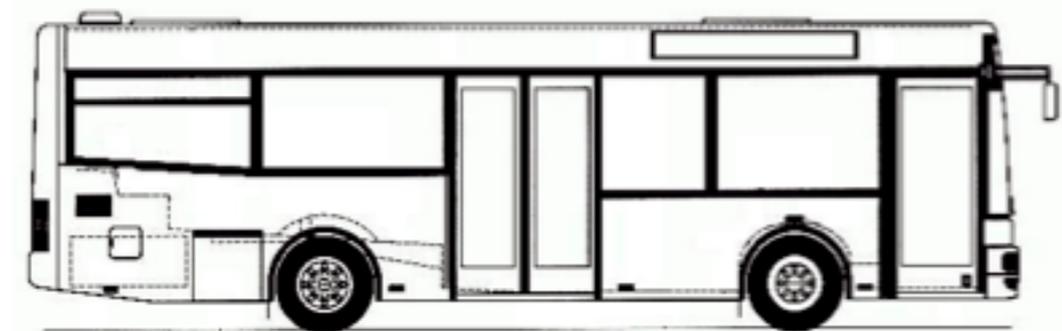
Midibus MAN



Mercedes Cito



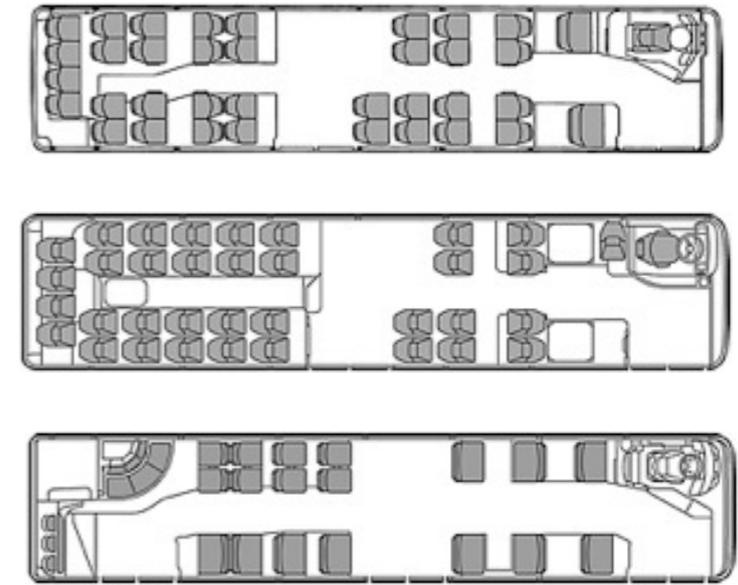
Prototype de midibus



Modes sur rue

Bus régulier

Longueur	Capacité assisés/debout	Coût	Masse	Utilisations optimales
10 à 15 m (12 m)	25 à 60 / 30 à 80 (25 à 50 / 30 à 60)	300 000 à 700 000 \$ et +	15 à 30 t	<ul style="list-style-type: none"> • Le plus utilisé • Villes de toutes tailles • Routes à moyenne / haute densité • Rabattement vers les modes + lourds



- Caractéristiques
 - durée de vie limitée (5 à 12 ans, jusqu'à 20 dans certains cas)
 - produits en grande quantité
 - plusieurs options (moteur, transmission, design, aménagements intérieurs...)
- **Maintenant beaucoup d'offres de bus électriques (recharge rapide mais faible autonomie ou recharge lente et grande autonomie)**
- **Exemples de prix:**
 - Diesel conventionnel: 500 000\$
 - Hybride Diesel-électrique: 700 000\$
 - Électrique: 1 000 000\$



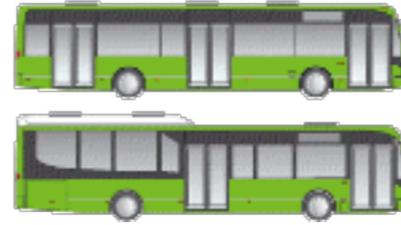
Bus CNG à Singapour

Modes sur rue

Bus régulier

Hauteur du plancher

- ▶ Plancher haut
- ▶ Plancher bas
(moins d'espace à cause des roues et moteur)
- ▶ Entrée basse



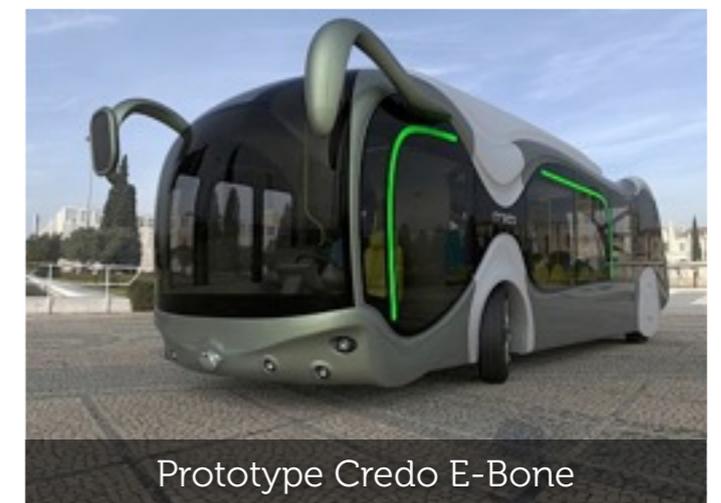
Bus à plancher haut (GM Classic)



CarPostal Mercedes Citaro (2 portes)



CarPostal Setra 15 m



Prototype Credo E-Bone



CarPostal MAN Lion's City (3 portes)



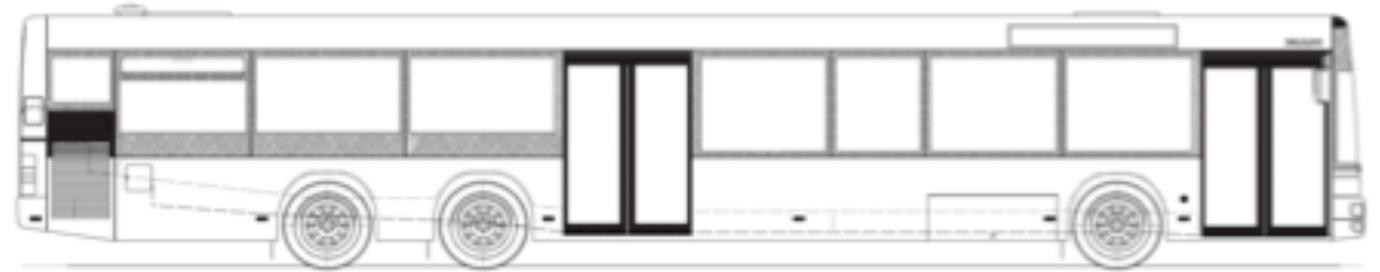
Prototype Scania



NovaBus LFS

Modes sur rue

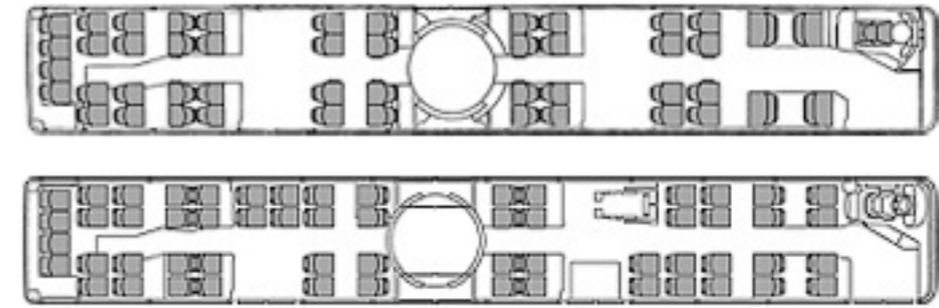
Bus régulier



Modes sur rue

Bus articulé et bi-articulé

Longueur	Capacité total	Coût	Masse	Utilisations optimales
16 à 18 m 22 à 24 m	Total 130 + Total 190 +	500 000 \$ et +	25 à 40 t et + ?	<ul style="list-style-type: none"> • Routes à haute densité • Routes avec virages limités • Perception automatisée • SRB / BRT



Modes sur rue

Bus articulé

Caractéristiques, avantages et inconvénients

- ▶ productivité de main d'œuvre ↑
- ▶ capacité ↑, véhicules plus spacieux
- ▶ trajectoire de virage aussi bonne que bus régulier, sinon meilleure
- ▶ petite perte de confort à l'arrière (amplification des mouvements du bus)
- ▶ souvent, on doit les utiliser en hors pointe sur les mêmes lignes, même si la demande ↓
- ▶ espaces d'arrêt ↑
- ▶ manoeuvres plus difficiles aux terminus, pentes, etc.
- ▶ doivent garder le même ratio de voies d'accès (*door channel*) par passager que les bus réguliers
- ▶ un système de perception automatique à au moins une des portes arrières doit être inclus pour que son utilisation soit justifiée (STM?)
- ▶ différents emplacements de moteurs

Bus bi-articulé

Caractéristiques, avantages et inconvénients

- ▶ productivité de main d'œuvre ↑↑
- ▶ capacité ↑↑
- ▶ trajectoire de virage plus large
- ▶ espaces d'arrêt ↑↑
- ▶ manoeuvres encore plus difficiles aux terminus, pentes, etc.
- ▶ doivent garder le même ratio de voies d'accès (*door channel*) par passager que les bus réguliers
- ▶ un système de perception automatique est essentiel
- ▶ souvent utilisé avec les SRB / BRT



Modes sur rue

Bus à impériale (deux étages)

Longueur	Capacité total	Coût	Masse	Utilisations optimales
10 à 15 m	de 60 à 130	?	25 à 40 t et + ?	<ul style="list-style-type: none"> • Routes à haute densité • Routes à vocation touristique



Modes sur rue

Bus à impériale (deux étages)

Caractéristiques, avantages et inconvénients

- utilisés surtout en Angleterre et dans les pays du Commonwealth (Ottawa)
- Berlin en possède plusieurs aussi
- hauteur 4 à 4,45 m
(précautions si tunnels et viaducs plus bas)
- grande stabilité (centre de gravité bas)
- possibilité d'attirer de nouveaux usagers dépendent du contexte et de la ville (traditions)
- même empreinte que bus régulier pour capacité ↑
- idéal pour les longs trajets avec peu d'arrêts
- vue sur le paysage (excellent pour le tourisme)
- plus d'oscillations au 2^e étage et plafond bas
(pas de passagers debout au 2^e étage)
- temps d'embarquement/débarquement plus longs
- certains viaducs ou tunnels ne sont pas compatibles



Le symbole de Londres
Double-decker



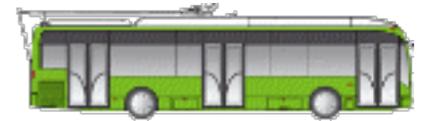
Modes sur rue

Trolleybus

Longueur	Capacité total	Coût	Masse	Utilisations optimales
Régulier: 12 m Articulé: 16 à 24 m	de 50 à 110 de 100 à 190 +	600 000 \$ à 1 200 000 \$?	25 à 40 t et + ?	<ul style="list-style-type: none"> • Routes à haute densité • Confort (accélérations/freinages) • Réduction du bruit • Empreinte environnementale moins élevée (électricité)

Avantages

- moins de jerk (secousses)
- bruit et pollution ↓
- possibilité de freinage dynamique (regenerative braking)



Désavantages

- \$↑
- coûts de maintenance ↑
- esthétique ↓
- réseau limité par les infrastructures (petites batteries incluses souvent pour imprévus et détours)



Modes sur rue

Trolleybus



Heiss standard



Heiss articulé



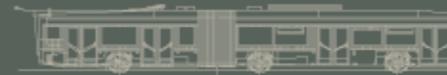
Heiss double articulé (tribus)



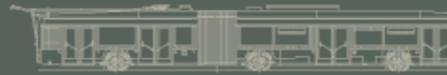
Type: O2568
 Articulation plan: ZG3810
 Length: 12m
 Width: 2.55m
 Seats: 32(+2)
 Passengers: ca. 82



Type: O2805
 Articulation plan: ZG3771
 Length: 18m
 Width: 2.55m
 Seats: 38
 Passengers: ca. 130



Type: O2805
 Articulation plan: ZG3771
 Length: 18m
 Width: 2.55m
 Seats: 44(+2)
 Passengers: ca. 142



Type: Bimode
 Articulation plan: ZG3771
 Length: 18m
 Width: 2.55m
 Seats: 39
 Passengers: ca. 127



Type: O2788
 Articulation plan: ZG3845
 Length: 18.7m
 Width: 2.55m
 Seats: 44(+2)
 Passengers: ca. 151



Type: O2668
 Articulation plan: ZG3845
 Length: 18.7m
 Width: 2.55m
 Seats: 48(+2)
 Passengers: ca. 142



Type: O2795
 Articulation plan: ZG3770
 Length: 24.7m
 Width: 2.55m
 Seats: 68(+2)
 Passengers: ca. 200



Type: O2567
 Articulation plan: ZG3770
 Length: 24.7m
 Width: 2.55m
 Seats: 68(+2)
 Passengers: ca. 200

Modèles offerts par Heiss (Suisse)

Modes sur rue

Semi-rapide | Bus guidés



Rouen



Voie



Vidéo | Rouen



Roue-guide



Édimbourg



Cambridge (en construction)



Vidéo | Las Vegas

Modes sur rue

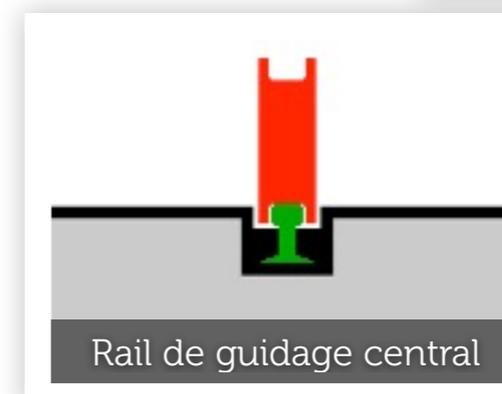
Semi-rapide | Bus guidés

Caractéristiques, avantages et inconvénients

- ▶ flexibilité (réseau guidé et non-guidé)
- ▶ voies moins larges que SRB ou voies réservées
- ▶ sécuritaires, donc vitesses ↑
- ▶ aucune possibilité de dépassements entre bus
- ▶ coûts d'implantation plus élevés (tolérancement)
- ▶ plus comparable au SRB / BRT qu'au SLR / LRT (capacité faible, moins confortable, moins attirant, etc.)
- ▶ 3 types de guidage
 - ▶ mécanique (petites roues de guidage)
 - ▶ le plus fiable
 - ▶ électronique (impulsions magnétiques)
 - ▶ surtout utile pour les approches aux arrêts et stations
 - ▶ optique (capteur de lignes sur la chaussée)
 - ▶ problèmes en cas de neige ou lors de présence d'obstacles

Tramways sur pneus (*Guided light transit GLT*)

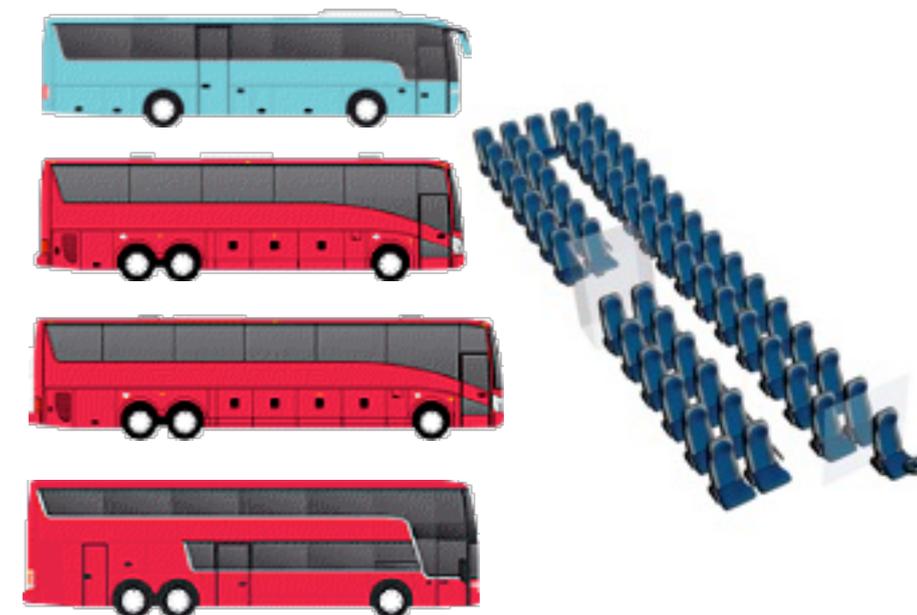
- ▶ nouvelle tendance
- ▶ pneus et roues d'acier pour rails
- ▶ souvent un seul rail central
- ▶ propulsion électrique préconisée
- ▶ peu de succès (problèmes techniques)



Modes sur rue

Bus Interurbain (*Coach*)

Longueur	Capacité total	Coût	Masse	Utilisations optimales
12 à 18 m	40 à 60 2 étages: 65 à 100	700 000 \$ et +	15 à 35 t ?	<ul style="list-style-type: none"> • Interurbain • Transport nolisé • Transport de luxe • Tourisme



Prévost Car H-Series



Setra S 431T



VanHool MegaBus (New York)



Volvo 9700



Scania Irizar i4



Scania Touring

Modes sur rue

Bus Interurbain (Coach)



Bus lao avec lits « King of buses »

Modes sur rue

Autres types de propulsion

Bus électrique (batteries)

- ▶ **avantages du trolleybus sans les désavantages**
- ▶ **autonomie limitée pour l'instant, mais bientôt assez pour journée complète** (développements en cours)
- ▶ **Complexité des garages pour la recharge**
- ▶ **Presque tous les constructeurs offrent maintenant une version électrique**

Bus hybride

- ▶ moteur Diesel + moteur électrique
- ▶ freinage dynamique
- ▶ **meilleures performances et contrôle**
- ▶ **autonomie ↑**
- ▶ **émissions ↓ (jusqu'à 30-40%)**
- ▶ **20 à 30% plus cher que Diesel**
- ▶ **complexité ↑**
(maintenance plus difficile)

Autres

- ▶ Hydrogène, éthanol, biodiesel, gaz de pétrole liquéfié, gaz propane, à essence (non Diesel), à inertie (gyrobus), ultracondensateurs...

Bus électrique à Québec



NovaBus LFS HEV • DennisTsang



Toyota FCHV • Gnsin

Modes sur rue

Design des bus

Extérieur

- ▶ **fenêtres panoramiques** (Europe 1960, Amérique du Nord plus tard)
- ▶ **signalisation** du # de ligne et destination **sur tous les côtés**
- ▶ portes et accès
 - ▶ **ratio** nombre de passagers par voie d'accès
 - ▶ **bas**: service à multiple arrêts et embarquements/débarquements fréquents 12:1 à 20:1 (trop élevé en Amérique du Nord: 35 à 40:1)
 - ▶ **haut**: bus express et longues routes 35 à 40:1 OK
 - ▶ méthode de **perception**
 - ▶ **au chauffeur** (lent)
 - ▶ **libre-service + au chauffeur** (+ rapide)
- ▶ hauteur du **plancher**
 - ▶ bus à plancher bas (plancher 32 à 40 cm du sol sans marche)
 - ▶ bus à plancher haut (entrée avec marches, plancher 70 à 90 cm du sol)
 - ▶ certains bus peuvent se baisser au **niveau du trottoir** (suspension hydraulique ajustable à 20 cm du sol)

Intérieur et capacité

▶ groupes de sièges

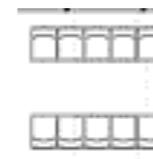
- ▶ peu de passagers debout, longs trajets, express, etc.
 - ▶ 2+2
- ▶ avec passagers debout, trajets réguliers
 - ▶ 2+1
- ▶ volumes très élevés
 - ▶ 1+1

entre les
deux portes
surtout

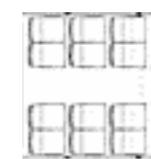
▶ espace occupé par les **passagers debouts**

- ▶ calcul du poids maximal par les manufacturiers: 0,10 à 0,15 m²
- ▶ en réalité: plutôt 0,20 m²
- ▶ **confortable** / circulation efficace : **0,25 à 0,35 m²**

▶ orientation des sièges



moins confortable
espace optimisé



plus confortable

l'humain est moins sensible aux forces avant/arrière

Modes sur rue

Opposition fréquente des automobilistes

Traitements préférentiels pour bus

But: transporter le plus grand nombre possible de passagers avec le moins d'énergie et non de faire passer le plus grand nombre de véhicules

- ▶ Bus: 5 à 50 x plus de passagers que la voiture
- ▶ Bus: 3 à 15 x plus de passagers que le covoiturage
- ▶ Bus: 2 à 8 x plus de passagers qu'une fourgonnette collective de passagers

- ▶ Transports collectif et semi-collectif: habituellement accessibles à tous (toutes classes sociales et handicaps)

Traitements possibles

- ▶ voies réservées (urbain, autoroutes)
 - ▶ sur les côtés | au centre | en contre-sens
- ▶ feux cigarettes
- ▶ contrôle des feux par le bus
- ▶ priorité sur les rues (habituel)
- ▶ détection GPS et priorité

Table 5.5 Impacts on bus service on permitting other vehicle classes into bus lanes

Vehicle Class	Lower Safety	Lower Reliability	Physical Incompatibility	Strengthening Competitors	Weakened Image
Taxis	x	x	—	xx	x
Bicycles	xx	x	xx	x	—
HOVs	x	xx	x	xx	xx
Trucks	xx	xx	xx	—	xx

— = minor impact; x = significant impact; xx = major impact.

Source: Vuchic 1994.

Modes sur rue

Traitements préférentiels pour bus

Voies réservées pour bus en milieu urbain

Chapitre 5.3 (Vuchic) pour plus de détails sur l'implantation et les possibilités d'aménagements

$$q_B \geq \frac{q_A}{N-1} \cdot \chi$$

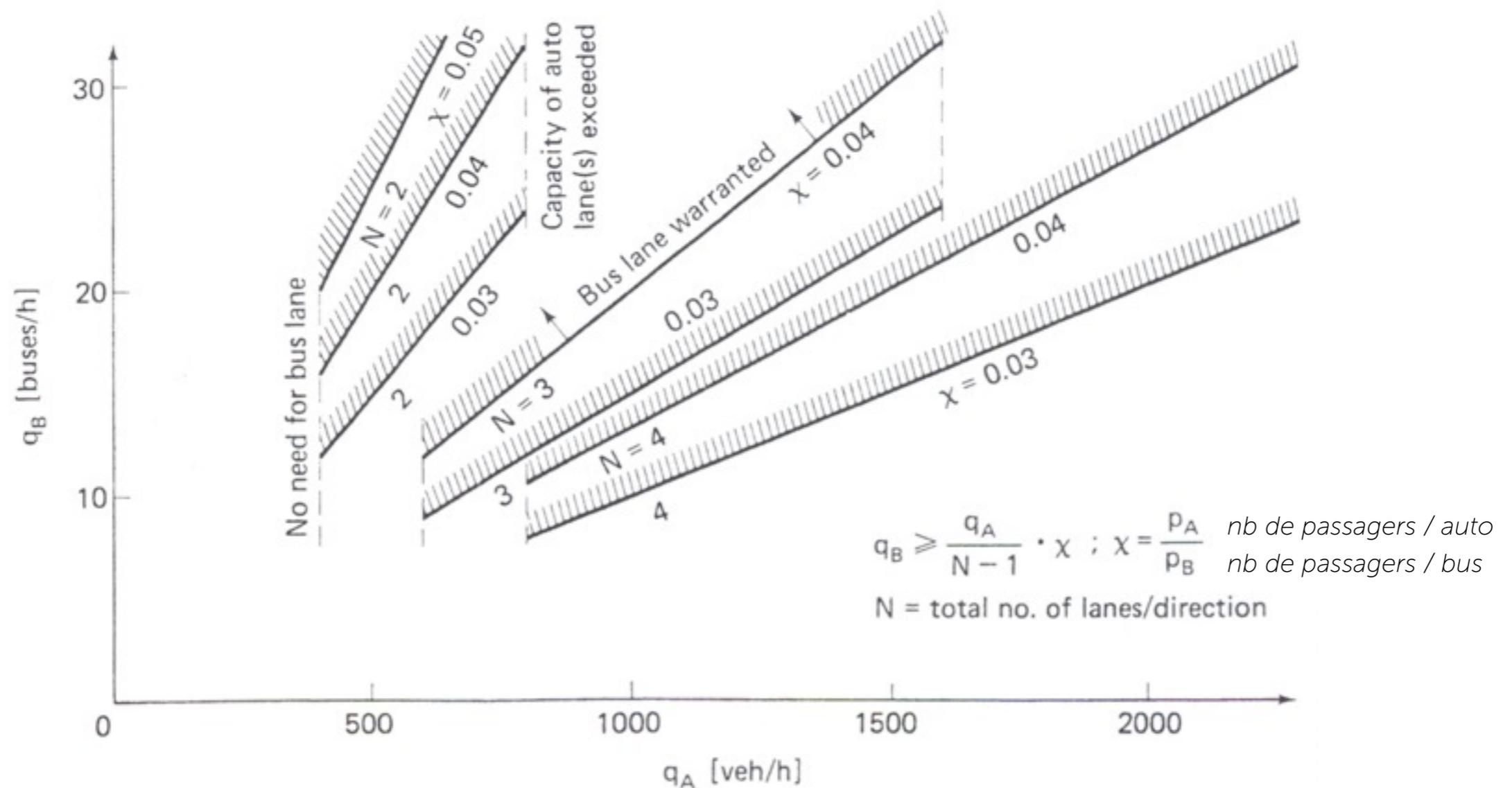


Figure 5.15 Travel volume warrant for bus lane introduction

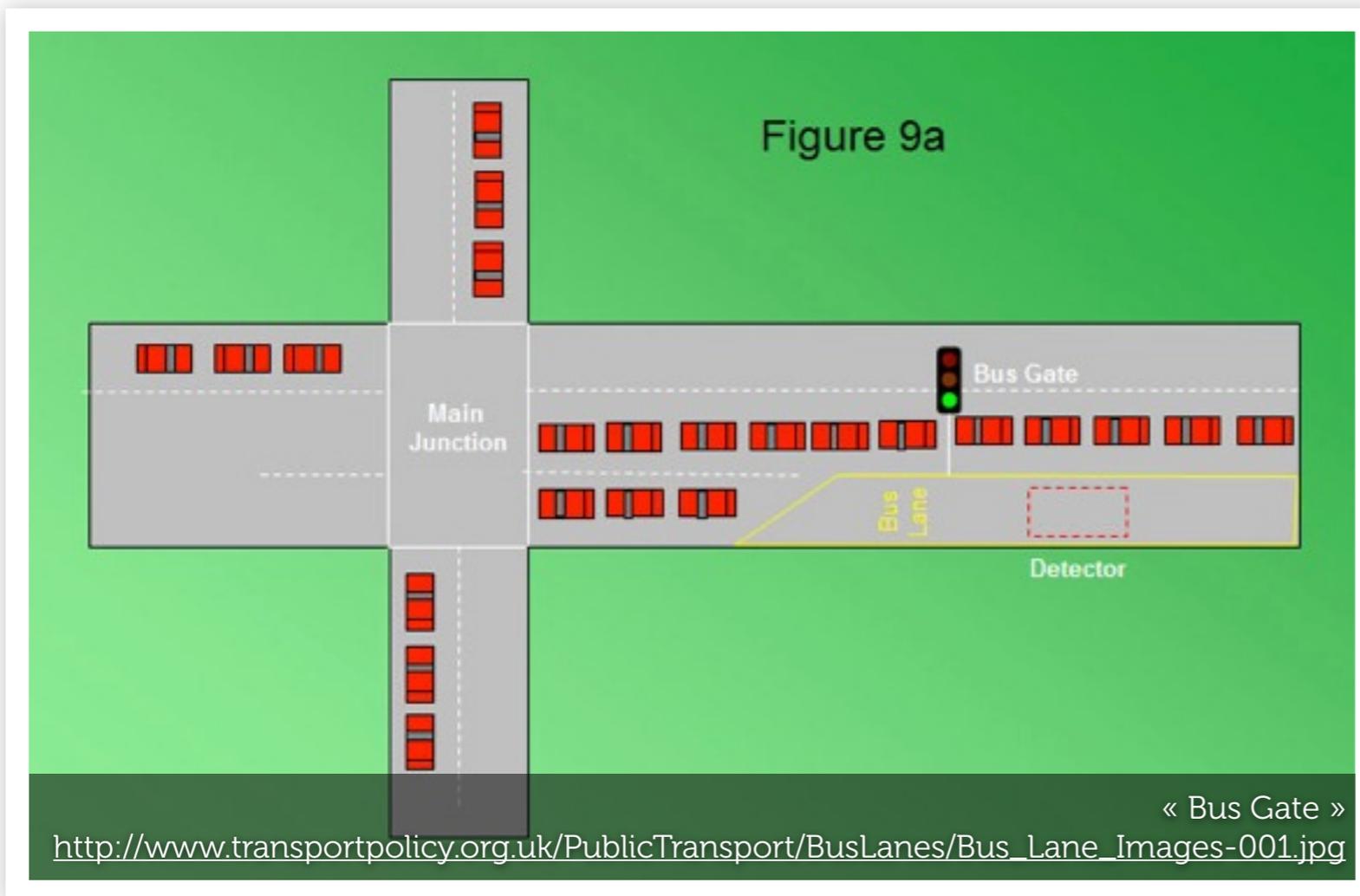
VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 5.15

Modes sur rue

Traitements préférentiels pour bus

Bus gate • **Énorme potentiel sous-exploité**

Chapitre 5.3 (Vuchic) pour plus de détails sur l'implantation et les possibilités d'aménagements



<http://www.hants.gov.uk/a3buscorridor/section5.htm>

Modes sur rue

Utilisation des bus sur les autoroutes

Pertinence

- ▶ efficace si la demande suit les axes autoroutiers
- ▶ voies réservées = réduction des délais de congestion
- ▶ service surtout aux heures de pointes | déplacements travail en mode express
- ▶ **3 facteurs qui limitent leur efficacité**
 - ▶ la demande de transport collectif est rarement prise en compte lors de la construction des autoroutes (emplacement)
 - ▶ l'aménagement autour des autoroutes est souvent orienté auto seulement
 - ▶ l'accès aux petit nombre de stations/arrêts est souvent difficile
- ▶ 3 types
 - ▶ voies réservées (1 voie par direction, heures de pointe)
 - ▶ en contre-sens (1 ou 2 voies)
 - ▶ voies exclusives (séparées physiquement, utilisées en hors pointe également) > Busway / SRB

Problématiques

- ▶ voies réservées centrales: difficulté d'accès en congestion / stations/arrêts difficiles à implanter
- ▶ protestation des automobilistes
- ▶ voies réservées latérales: besoin de contrôles policiers fréquents pour limiter les contrevenants

Voies réservées aux véhicules à fort taux d'occupation VOM/HOV (3 passagers et + par véhicule habituellement)

- ▶ réduisent la congestion
- ▶ vitesses ↑ pour les VOM
- ▶ productivité de l'axe ↑
- ▶ performance des bus ↓
- ▶ mesures préférentielles des transports collectifs ↓
- ▶ transfert bus → covoiturage
- ▶ voie réservée aux bus → VOM = rétrograder (moins de passagers / heure)

Voies d'accès et de sortie prioritaires

- ▶ sorties/entrées d'autoroutes réservées aux bus

Modes sur rue

Couloir bus Catégorie A / Busway

Caractéristiques, avantages et inconvénients

- ▶ **la plus haute catégorie de priorité de passage pour bus**
- ▶ **temps d'implantation moins élevés que le rail mais coût souvent semblable**
- ▶ **si 2 voies dans chaque sens: dépassements**
- ▶ **capacité ↑↑**
- ▶ **création d'entonnoirs aux extrémités du réseau et dans les centres-villes si circulation mixte**
- ▶ **problématiques dans les tunnels si bus Diesel**
- ▶ **Productivité de main d'oeuvre faible comparé aux modes sur rail**
- ▶ **créé un réseau entièrement basé sur les bus (tendance)**
- ▶ **plutôt rare (les SLR/LRT sont souvent bien plus efficaces et attirent plus de passagers)**
- ▶ **chevauchements avec les SRB/BRT**



Busway OC Transpo à Ottawa



Entonnoir au centre-ville (Ottawa)

SRB / BRT • Service rapide par bus

Critères essentiels pour succès *(plus de 200 SRB étudiés)*

1. **Catégorie A ou B en site propre non partagée** avec taxis ou véhicules à plusieurs passagers
2. **Fréquence régulière durant toute la journée dans les deux directions**
Pointe: 5 min max (moy: 2-3 min)
Jour et soir: 10 min max (moy: 5 min)
Fin de soirée: 15 min max (moy: 6-7 min)
3. **Perception en station avant l'entrée dans le bus**
Stations couvertes et **espacées de 400 à 600 m**, un peu plus en périphérie (700 m à 1 km)
4. **Vitesse d'opération de 25 km/h** (temps d'arrêt de 20s, vitesse de ligne de 50 km/h)
5. **Accès horizontal accessible et grand nombre de voies d'accès**
(moins de 20 passagers par voie d'accès)
6. **Traitement prioritaire à toutes les intersections**
7. **Information dynamique aux passagers + localisation en temps réel**

Modes sur rue

Systeme rapide par bus SRB/BRT

Définition

- ▶ **systeme intégré à infrastructure séparée de la circulation avec indépendance et priorité aux intersections**

Avantages et inconvénients

- ▶ capacité, fiabilité, sécurité et vitesse ↑
- ▶ attire souvent de nouveaux usagers
- ▶ **après un certain temps, on les convertit souvent en SLR**
- ▶ **confusions fréquentes**
(appellation utilisée à toutes les sauces)
 - ▶ **coût de main d'œuvre plus élevé que le rail**

Exemples

- ▶ Los Angeles Orange Line (2005)
- ▶ Bogota TransMilenio (record 40 000 passagers/h)
- ▶ ... (plus de 200)

Pas un BRT: <http://www.streetfilms.org/mobilien/>

BRT: <http://www.streetfilms.org/bus-rapid-transit-bogota/>

Modes sur rue

Système rapide par bus SRB/BRT

Bogota Transmilenio



Sao Paulo Expresso Tiradentes



Los Angeles Metroliner



Curitiba RIT



Gatemala City Transmetro



Cali MIO



Pereira & Dosquebradas Megabus

