

# Technologies des transports

## Transport des personnes

**Modes publics et privés** | Modes spécialisés, modes parallèles et récapitulatif

**CIV6707A**

Par Pierre-Léo Bourbonnais

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

Chapitres 2 & 5 à 10

# Table des matières

## Modes spécialisés

- ▶ Les modes conventionnels et le potentiel d'innovation
- ▶ Technologies de guidage des AGT (*Automated Guideway Transit*)
- ▶ Aiguillages
- ▶ AGT | Capacités et fréquences de passage
- ▶ AGT & APM (*Automated Guideway Transit & Automated People Movers*)
- ▶ AGT | Monorails
- ▶ PRT (*Personal Rapid Transit*)
- ▶ Comment les évaluer ?
- ▶ Courtes distances
- ▶ Particularités géographiques
- ▶ Bateaux et traversiers

## Modes parallèles

- ▶ Location de voitures et covoiturage (transport privé)
- ▶ Caractéristiques des modes parallèles
- ▶ Semi-public
- ▶ Autopartage
- ▶ Taxi
- ▶ *Jitneys* | Taxi collectif, partagé, communautaire...
- ▶ Transport à la demande | *Dial-a-ride DAR*
- ▶ Rôles des modes parallèles

## Choix des technologies et des modes | *Comparaison des modes collectifs*

- ▶ Éléments de comparaison
- ▶ Catégorie de priorité de passage (C, B, A)
- ▶ Technologie
- ▶ Tableau comparatif
- ▶ Ensembles performance/coûts
- ▶ Comparaison graphique des modes collectifs
- ▶ Trolleybus vs Bus Diesel conventionnel
- ▶ SLR vs SRB
- ▶ SLR vs AGT/APM
- ▶ SRR/Métro vs SLR
- ▶ Tableaux récapitulatifs
- ▶ Figures récapitulatives

# Modes spécialisés

## Les modes conventionnels et le potentiel d'innovation

### Transport collectif à faible volume

- ▶ surtout en banlieue/région
- ▶ bus conventionnels, minibus et camionnettes
- ▶ faible coût d'investissement
- ▶ problématiques
  - ▶ faible productivité de main d'œuvre et d'opération
  - ▶ fréquence et densité de service faibles
- ▶ potentiel d'amélioration
  - ▶ peu sur le plan matériel/technologies
  - ▶ amélioration de l'organisation/gestion
  - ▶ ajustement des fréquences/horaires pour assurer de meilleurs transferts
  - ▶ utilisation des STI

### Transport collectif à volume moyen

- ▶ service existant souvent adéquat
- ▶ potentiel d'amélioration

- ▶ lorsque la congestion est élevée et que l'on désire des volumes > 1000 passagers/h: améliorer la performance
  - ▶ voies réservées pour bus (BTS)
  - ▶ SLR
  - ▶ nouveaux modes automatisés (catégorie A), à capacité moyenne mais haute fréquence
    - ▶ les développements les plus importants de modes spécialisés/non conventionnels sont dans cette catégorie  
(AGT | *Automated Guideway Transit*)

### Transport collectif à courte distance et haut volume

- ▶ potentiel également pour des modes spécialisés (AGT)

### Transport collectif sur les corridors à haut volume

- ▶ les modes sur rail répondent très bien
- ▶ potentiel de modernisation et d'automatisation, sans plus

# Modes spécialisés

## Technologies de guidage des AGT (Automated Guideway Transit)

### Avantages/inconvénients

- ▶ Supporté
  - ▶ simplicité
  - ▶ surface d'appui basse
- ▶ Écarté (monorails)
  - ▶ poutre unique étroite
  - ▶ apparence de légèreté
  - ▶ guidage complexe aux embranchements
- ▶ Suspendu (monorails suspendus)
  - ▶ structures aériennes élevées
  - ▶ plus confortables dans les virages  
(s'incline dans les courbes comme un dévers)
  - ▶ souvent protégés des intempéries
- ▶ Latéral
  - ▶ une seule poutre pour les deux directions
  - ▶ potentiel, mais aucun prototype réalisé

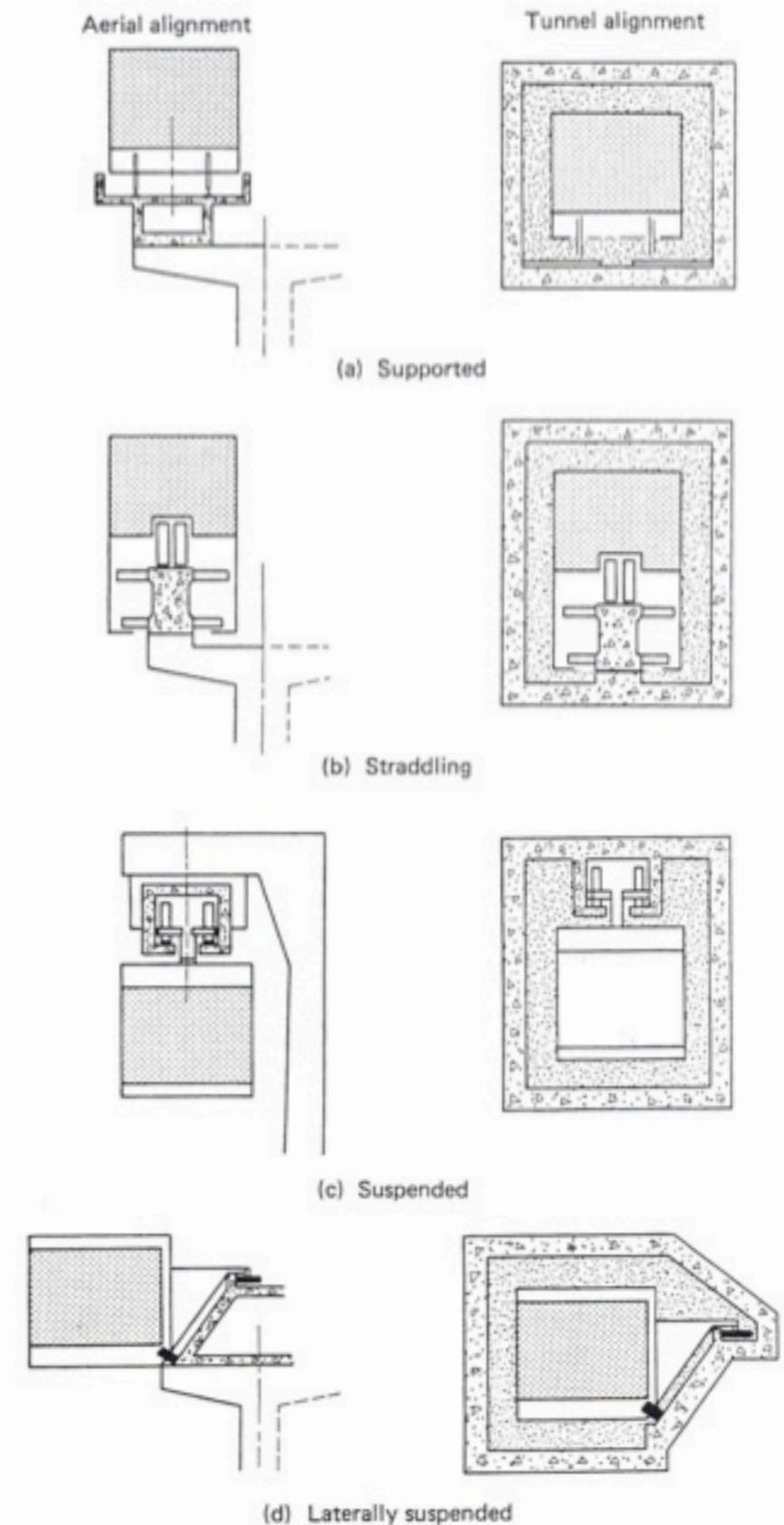


Figure 7.1 Different types of guideways by vehicle position

# Modes spécialisés

## Technologies de guidage des AGT (Automated Guideway Transit)

### Rail conventionnel

- ▶ simple
- ▶ rail = support et guidage

### Sur pneus

- ▶ plus complexe
- ▶ pneus pour le support
- ▶ pneus pour le guidage
- ▶ véhicules plus petits
- ▶ souvent 2 essieux seulement
- ▶ peut circuler dans des endroits plus restreints
- ▶ meilleure adhésion  
(pentes élevées, virages serrés moins bruyants)
- ▶ le plus fréquent pour les AGT à faible/moyenne capacité

### Magnétique / Pression d'air

- ▶ suspension magnétique ou suspension à pression d'air
- ▶ propulsion: moteur à induction linéaire (LIM)
- ▶ confortable (faible résistance, bonne suspension)
- ▶ énergie ↑, tolérancement du système de guidage ↑

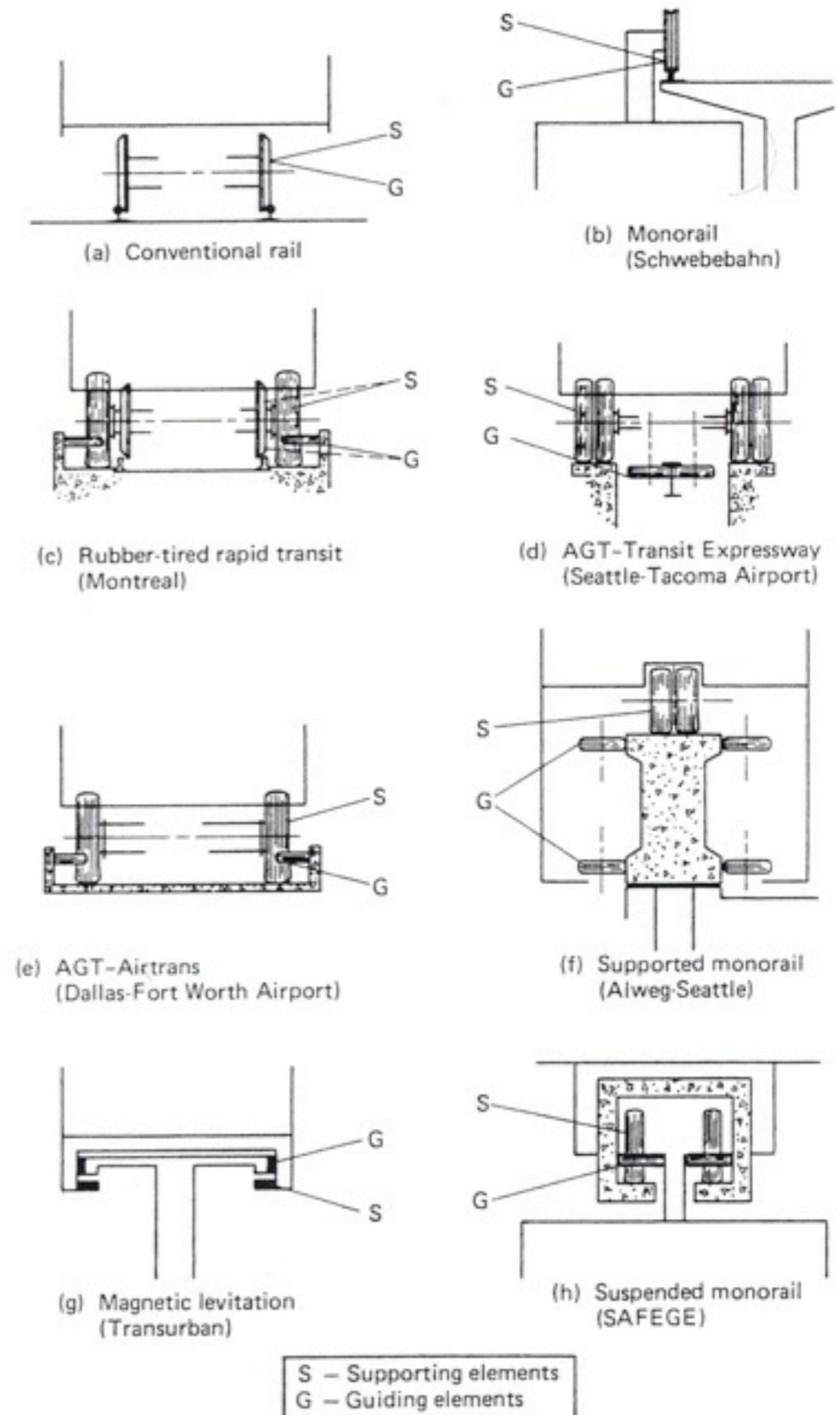


Figure 7.2 Different vehicle support and guidance technologies

# Modes spécialisés

## Aiguillages

### Rail

- ▶ très efficace
- ▶ simple
- ▶ rapide
- ▶ sécuritaire
- ▶ grand nombre de configurations possibles

### AGT (autres technologies)

- ▶ plus complexes (c)
- ▶ il faut souvent déplacer la poutre de guidage (b)
- ▶ souvent moins confortable
- ▶ quelquefois: sens unique
- ▶ peu de configurations possibles
- ▶ certains aiguillages passifs (le mécanisme de direction est sur le véhicule) (e)
  - ▶ aucun délai du mécanisme (↑ fréquence)

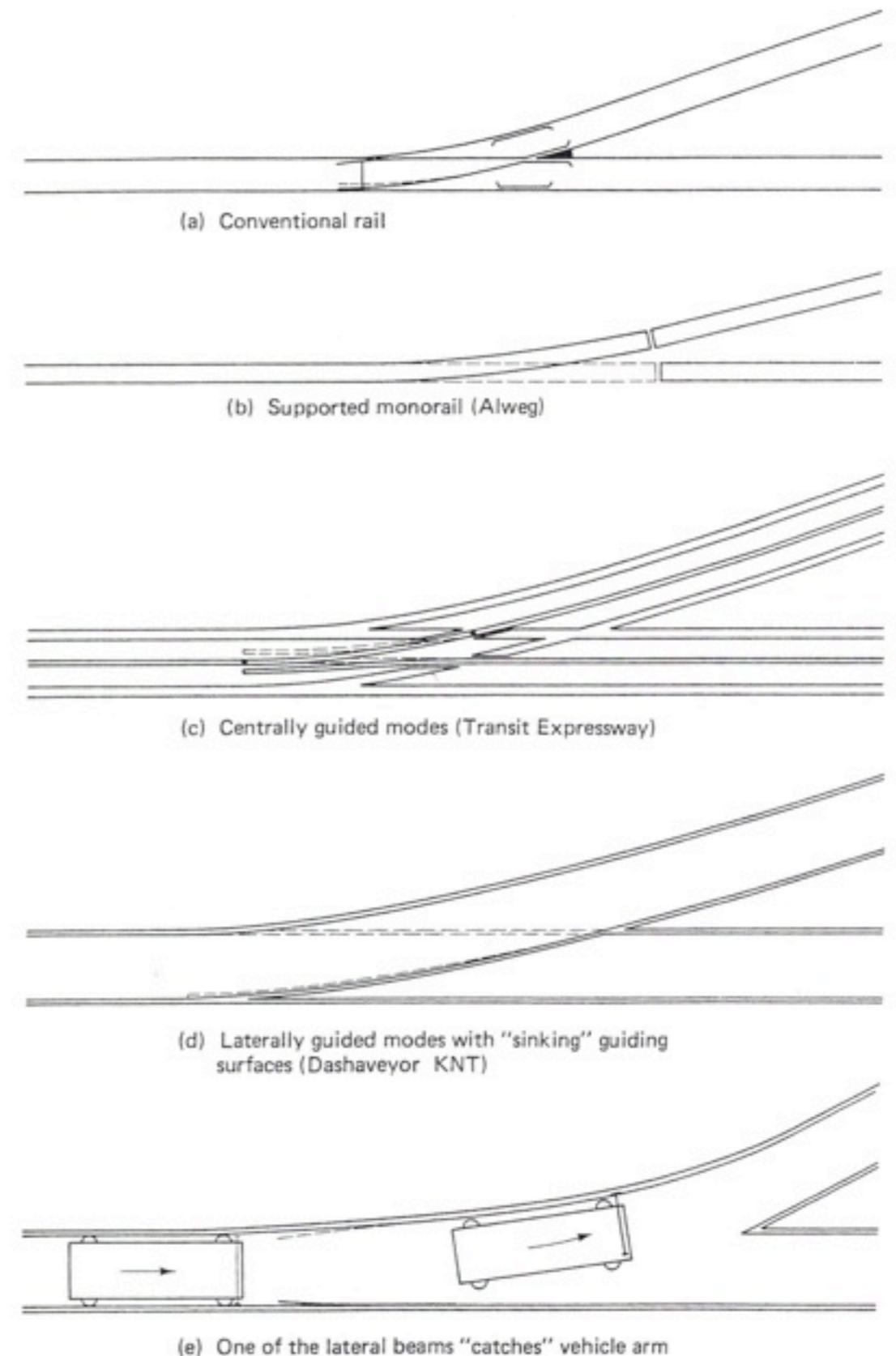


Figure 7.3 Different types of guideway switches

# Modes spécialisés

## AGT | Capacités et fréquences de passage

### Taille des véhicules

- ▶ **équilibre** capacité / taille du véhicule (réduire l'empreinte)
- ▶ on conçoit souvent des **véhicules trop petits** pour qu'ils soient rentables
- ▶ on veut souvent réduire la largeur (↓ taille des tunnels) mais: **confort ↓**

### Automatisation

- ▶ **indispensable** pour que les AGT soient utilisables
- ▶ permettent des **fréquences élevées**
- ▶ stations
  - ▶ sur voie (max: **60/h**)
  - ▶ hors voie (fréquences **↑↑**, mais plus **complexe**)

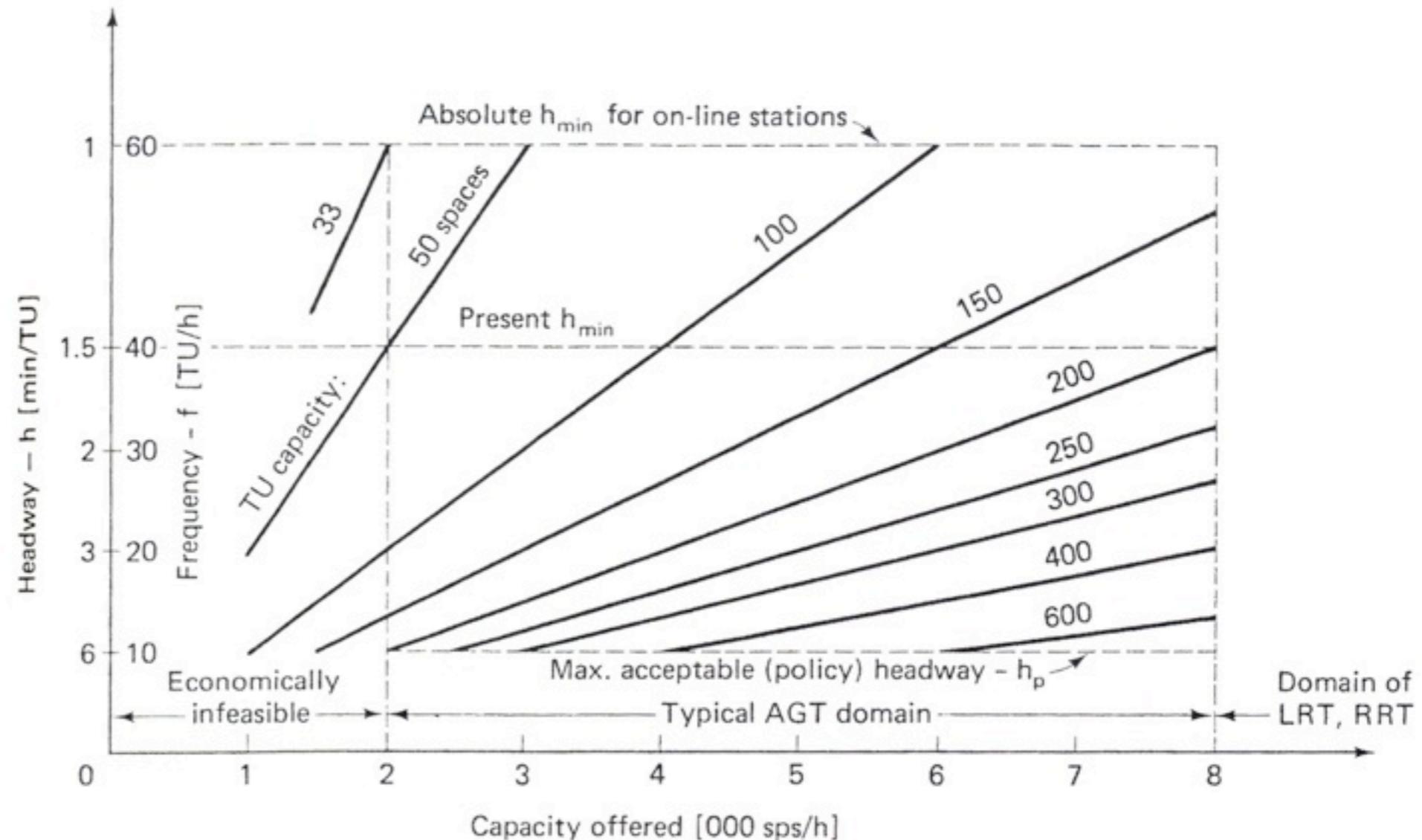


Figure 7.4 TU capacity of AGT modes as a function of frequency of offered line capacity

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 7.4

# Modes spécialisés

## AGT & APM (Automated Guideway Transit & Automated People Movers)

### Nomenclature

- ▶ Plusieurs termes utilisés
- ▶ AGT, APM, GRT (*Group rapid transit*)
- ▶ *Nos définitions:*

### AGT

- ▶ propulsion électrique
- ▶ guidé, catégorie A exclusivement
- ▶ 100 % automatisé
- ▶ utilisé comme **transport collectif régulier**
- ▶ systèmes propriétaires (Bombardier CX-100, Siemens VAL, *SkyTrain* à Vancouver par Bombardier)

### APM

- ▶ lignes à **courte distance**
- ▶ navettes, boucles
- ▶ aéroports (en grande majorité), campus, centres de congrès, parcs d'amusement, etc.
- ▶ moins de sièges, vitesse plus ↓ que AGT
- ▶ systèmes propriétaires (comme les AGT)

### Chevauchements

- ▶ Exemple: Miami *Metromover*



# Modes spécialisés

## AGT | Monorails

### Caractéristiques

- ▶ poutre/rail central(e)
- ▶ suspendu ou supporté
- ▶ image du futur, efficace pour le tourisme, les aéroports et les parcs d'amusement (en mode APM)
- ▶ en pratique: **mal accepté le long des édifices**
- ▶ présent surtout au Japon pour l'instant
- ▶ jusqu'à 6 wagons
- ▶ fait partie des systèmes rapides
- ▶ peut répondre à des volumes approchant les SRR/ métros
- ▶ empreinte de l'infrastructure réduite
- ▶ **mécanisme un peu plus complexe**
- ▶ hauteur totale incluant mécanisme de roulement plus élevée (tunnels moins praticables)
- ▶ **doit fonctionner en boucle** (peu de possibilité d'intersections de voies: il faut déplacer la poutre au complet)



Monorail moderne



Monorail suspendu

- ▶ s'intègre bien le long des grands boulevards, des cours d'eau ou dans les parcs
- ▶ différence entre image positive et faisabilité économique
  - ▶ avant son implantation: **le public le désire**
  - ▶ pendant son implantation: **on le trouve intrusif et on le critique**
  - ▶ **souvent beaucoup plus cher/complexé que prévu**

# Modes spécialisés

## PRT (*Personal Rapid Transit*)

### Caractéristiques

#### ▶ *En théorie*

- ▶ le meilleur mode de transport urbain
- ▶ le mode de transport du futur
- ▶ recherches depuis les années 1970
- ▶ fréquence élevée (3000 à 5000 véhicules/h)
- ▶ flexibilité
- ▶ aucun transfert
- ▶ petits véhicules (3 à 6 sièges)
- ▶ stations et arrêts hors ligne
- ▶ entièrement automatisé
- ▶ vitesses élevées (80 à 100 km/h)
- ▶ infrastructure aérienne légère (véhicules peu lourds)
- ▶ moins intrusif
- ▶ plusieurs simulations ou prototypes et recherche académique intensive

***incompatible***

#### ▶ *En pratique*

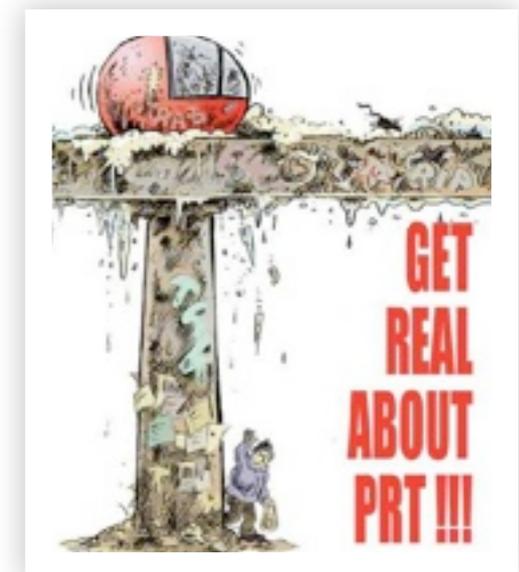
- ▶ aucune application réelle en milieu urbain
- ▶ fréquences et vitesses irréalistes, voire farfelues
- ▶ création d'un second réseau routier parallèle avec bretelles d'accès nombreuses
- ▶ attachement des promoteurs difficile à expliquer
- ▶ coût exorbitant

#### ▶ *Paradoxe*

- ▶ petits véhicules / faible volume
- ▶ système de guidage automatisé et infrastructures complexes réalistes pour de grands volumes seulement (*inefficace avec de petits véhicules*)
- ▶ on essaie d'imiter l'auto
- ▶ on obtient les **mêmes problématiques**
  - ▶ coût de déplacement
  - ▶ consommation d'énergie
  - ▶ espace urbain gaspillé, etc.

# Modes spécialisés

## PRT (Personal Rapid Transit)



# Modes spécialisés

## Comment les évaluer ?

### 2 conditions de faisabilité en tant que mode collectif

- ▶ être technologiquement, financièrement et opérationnellement réaliste
- ▶ avoir un ratio performance/coût  $\geq$  aux modes conventionnels (modes sur rue et sur rail)

### APM

- ▶ respectent ces 2 conditions dans quelques cas (aéroports, parcs d'amusement, campus, etc.)

### AGT

- ▶ lignes à volume moyen et fréquence élevée, mais les recherches démontrent que les SLR et SRB sont souvent plus efficaces et moins cher

### PRT

- ▶ aucune application réaliste comme mode de transport urbain pour l'instant

### Innovations technologiques pouvant améliorer les bénéfices des modes collectifs (conventionnels et spécialisés)

- ▶ automatisation
- ▶ mécanismes d'attache rapide des wagons | même en mouvement (flexibilité et productivité ↑)
- ▶ utilisation accrue des stations hors ligne (lignes express, accélérées, à arrêts limités)
- ▶ normalisation et fabrication modulaire des véhicules et équipements (coûts ↓, compatibilité et flexibilité des équipements ↑)

# Modes spécialisés

## Courtes distances

### Modes d'assistance pour piétons

- ▶ Trottoirs roulants
  - ▶ 4 types
    - ▶ conventionnel ( $\sim 2,5$  km/h)
    - ▶ entrée latérale ( $\sim 2,5$  km/h)
    - ▶ double vitesse ( $\sim 2,5$  et  $\sim 5$  km/h)
    - ▶ vitesse variable « Speedway » ( $\sim$  de 3 à 9 km/h)
- ▶ peut être utilisé sur des pentes en plan incliné (Ex: Université de Montréal) à la place d'escaliers roulants
- ▶ maximum de 300 m de long et 30 m de haut
- ▶ **coût élevé et maintenance fréquente**
- ▶ à l'intérieur des aéroports, gares et terminaux de transport collectif, mais pas considéré comme un véritable mode de transport collectif

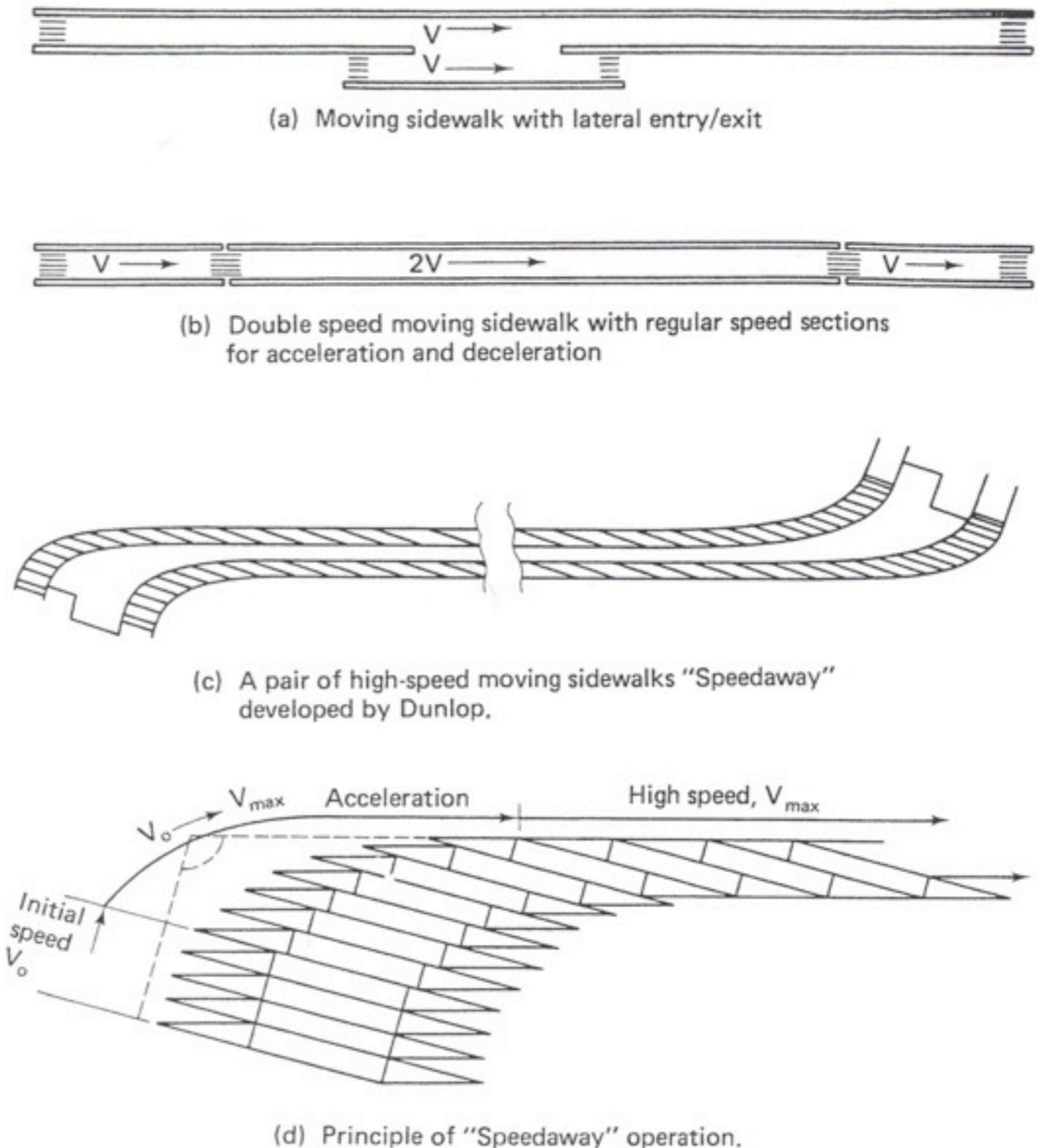


Figure 8.1 Unconventional and new concepts of moving sidewalks.

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 8.1

# Modes spécialisés

## Courtes distances

### Modes collectifs à courte distance

- ▶ Boucles et navettes
  - ▶ tourisme
  - ▶ boucles de centre d'achats
  - ▶ boucles d'âge d'or (ex: STM Navette Or 252 à 263)
  - ▶ centres-villes, campus
  - ▶ bus, midibus, minibus, APM, monorails, etc.
  - ▶ petits trains touristiques sur pneus
- ▶ Potentiel souvent sous-estimé
- ▶ Il est essentiel d'avoir un bon système flexible pour les déplacements de centre-ville et les centres commerciaux importants



Navette Or STM 262



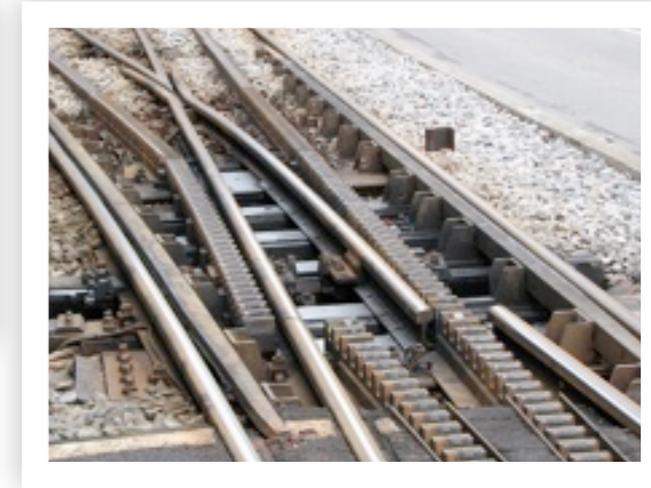
Navette Midibus MIT

# Modes spécialisés

## Particularités géographiques

### Systèmes sur rail ou suspendus

- ▶ Chemins de fer à crémaillère
  - ▶ rail conventionnel: maximum 10% de pente
  - ▶ bus conventionnels: maximum ~18% de pente
  - ▶ avec crémaillère (engrenage central): jusqu'à 48% (26°) en Suisse
    - ▶ les trains peuvent habituellement rouler sur des sections de chemin de fer conventionnel et sur les crémaillères



- ▶ *Cable car*
  - ▶ pentes jusqu'à 21% (San Francisco)
  - ▶ plus lents que les trains conventionnels sur le plat, mais rapides sur les pentes car la vitesse est constante



# Modes spécialisés

## Particularités géographiques



## Systèmes sur rail ou suspendus

### ▶ Funiculaires

- ▶ navette utilisée entre deux niveaux séparés par une falaise ou une pente raide (de 10 à 100%)
- ▶ distances maximale: ~ 2400 m
- ▶ hauteur maximale: ~ 1000 m
- ▶ habituellement: 20 à 40 passagers par cabine, mais jusqu'à 160 existent
- ▶ exemple de réseau de funiculaires: Naples en Italie
- ▶ voyagent en groupe de deux pour assurer l'équilibre

### ▶ Téléphériques

- ▶ vallée profondes
- ▶ paysages montagneux
- ▶ certains systèmes en milieu urbain
- ▶ peut être utilisé avec grande capacité, comme transport collectif performant et efficace entre deux points achalandés (notamment comme traverse de rivières/fleuves ou entre deux niveaux de hauteur différente)



# Modes spécialisés

## Bateaux et traversiers

### Caractéristiques

- ▶ Plans d'eau en milieu urbain ou traversés par des axes de transport achalandés
- ▶ Équipement
  - ▶ habituellement:
    - ▶ moteurs Diesel
    - ▶ navires de grande taille

### Types de navires

- ▶ Traversiers monocoques
  - ▶ petites capacités: 15 m / 50 passagers
  - ▶ **grandes capacités**: 140 m / 6000 passagers
  - ▶ souvent: transport de véhicules également
  - ▶ 20 à 32 km/h
  - ▶ courtes distances, accostage rapide et fréquent
- ▶ Catamarans
  - ▶ 60 à 100 km/h
  - ▶ double coque
  - ▶ stables et maniables
  - ▶ **plus chers**
  - ▶ distances plus grandes



Staten Island Ferry | New York



Catamaran



Aéroglysseur



Hydroptère

- ▶ Hydroptères
  - ▶ à faible vitesse: coque sous l'eau
  - ▶ à grande vitesse, coque en dehors de l'eau
  - ▶ de 70 à 100 km/h
  - ▶ **plus chers que les navires conventionnels**
  - ▶ **grandes distances**
  - ▶ service interurbain
- ▶ Aéroglysseurs
  - ▶ coussin d'air (aucun contact avec la surface)
  - ▶ propulsion à l'aide d'hélices
  - ▶ **peuvent circuler sur le sol ou sur l'eau**
  - ▶ **guidage imprécis**
  - ▶ **bruyants**
  - ▶ sensibles aux vagues
  - ▶ **coûts d'opération ↑**

**Il existe également des services de taxi par bateau (faibles capacités)**

# (Modes parallèles)

## Location de voitures et covoiturage | Transport privé

*Les deux modes suivants ne font pas partie des modes parallèles, mais sont traités comme des cas d'utilisation spéciale de l'automobile*

### Location de voitures (mode privé)

- ▶ mêmes déplacements et flexibilité que le transport privé par voiture
- ▶ pas réellement un mode séparé de la voiture
- ▶ seules différences
  - ▶ pas de possession automobile nécessaire
  - ▶ flexibilité dans le choix du véhicule
  - ▶ utilisations particulières d'un véhicule en terme de capacité, de remorquage, de charge utile, etc.

### Covoiturage (mode privé)

- ▶ déplacements préarrangés
  - ▶ même origine = (sauf exceptions)
  - ▶ même destination (sauf exceptions)
  - ▶ même horaire
- ▶ ces conditions limitent les possibilités
- ▶ déplacements travail ou étude presque exclusivement
- ▶ coûts partagés la plupart du temps

- ▶ basé sur la confiance (désavantage pour certains)
- ▶ utilisé surtout en zones peu denses pour les déplacements vers le centre-ville
- ▶ habituellement encouragé, mais rarement organisé par une entité publique (transport essentiellement privé)
- ▶ les « bons » et les « mauvais » covoiturages
  - ▶ **durable**: covoiturage entre collègues pour les déplacements travail ou en famille pour les déplacements loisirs
  - ▶ **discutable**: covoiturage pour reconduire les enfants à l'école en milieu urbain (double les déplacements)
- ▶ incitatifs
  - ▶ service organisé par l'employeur (sélection des adresses et horaires compatibles)
  - ▶ espaces de stationnement limités et/ou places réservées au covoiturage
  - ▶ voies réservées (VOM/HOV)
  - ▶ coût de stationnement plus élevé pour les véhicules avec moins de 3 occupants

# Modes parallèles

## Caractéristiques des modes parallèles

| Characteristic             | Generic Category         |      | Private Auto (Rental Car) | Paratransit (broad definition) |          |                  |                    |       |         | Regular Transit               |   |
|----------------------------|--------------------------|------|---------------------------|--------------------------------|----------|------------------|--------------------|-------|---------|-------------------------------|---|
|                            | Type                     | Mode |                           | Semipublic Paratransit         |          |                  | Public Paratransit |       |         |                               |   |
|                            |                          |      |                           | Carpools                       | Vanpools | Subscription Bus | Car Sharing        | Taxis | Jitneys | Dial-a-Ride & Hybrid Services |   |
| Type of usage              | Private                  |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Semi public              |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Public                   |      |                           |                                | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Vehicle (system) ownership | User                     |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Employer, school, etc.   |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Individual operator      |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Transport agency         |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Service type by routing    | Personal                 |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Partially personal       |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Fixed route              |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Method of getting service  | Always available         |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Fixed schedule           |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Prearranged              |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | On street/by phone       |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Trips served               | Regular only             |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | All                      |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Vehicle driver             | User                     |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Partially trained driver |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Trained driver           |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Vehicle capacity           | ≤ 6                      |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | 7-15                     |      |                           | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | ≥ 16                     |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
| Parking at each trip end   | Required                 |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |
|                            | Not required             |      | —                         | —                              | —        | —                | —                  | —     | —       | —                             | — |

Figure 9.1 Basic characteristics of paratransit modes

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 9.1

# Modes parallèles

## Semi-public

### Fourgonnette collective de passagers | *Vanpool*

- ▶ organisé par l'employeur (habituellement)
- ▶ 7 à 15 sièges
- ▶ un des participants accepte de conduire et d'entretenir le véhicule
  - ▶ il peut utiliser le véhicule pour des fins personnelles en dehors des horaires de travail
  - ▶ les coûts sont souvent partagés entre les participants sur une base mensuelle
- ▶ très efficace si bien organisé, surtout pour les employeurs situés en banlieue où dans les endroits moins accessibles en transport collectif
- ▶ espace de stationnement ↓
- ▶ taux de possession automobile ↓
- ▶ volume de trafic près des bâtiments de l'employeur ↓
- ▶ effet négatif: peut encourager la ↓ des budgets de transport collectif et la ségrégation des usagers *vanpool/bus*

### Bus par abonnement

- ▶ fourni par l'employeur ou loué à un fournisseur de service par bus
- ▶ groupes organisés de navetteurs
- ▶ horaire et route fixes
- ▶ **comparaisons par rapport aux fourgonnettes collectives**
  - ▶ **moins d'organisation nécessaire par les participants (souvent géré par l'employeur ou par un fournisseur de service)**
  - ▶ **quand la demande est élevée, plusieurs tournées sont possibles**
  - ▶ **plus sécuritaire (chauffeurs professionnels)**
  - ▶ **peut accommoder les passagers debout**
  - ▶ **exige un grand nombre de navetteurs**
  - ▶ **dans certains cas, doit cohabiter avec des syndicats, des lois et règlements, etc.**

# Modes parallèles

## Autopartage

### Caractéristiques

- ▶ régions urbaines
- ▶ souvent un seul fournisseur de service par ville
- ▶ stations dispersées sur le territoire
- ▶ grande demande dans les zones denses
- ▶ coût à l'heure ou à la journée, et au kilométrage
- ▶ accessible 24/24, 7/7
- ▶ sur réservation (par téléphone ou par internet)
- ▶ la voiture doit être rapportée au même endroit (sinon: logistique complexe et coûteuse)
- ▶ à Montréal, Québec et autres (Communauto): le plus grand nombre de membres en Amérique du Nord avec plus de 20 000 abonnés et plus de 1400 voitures

### Avantages et inconvénients

- ▶ **excellente opportunité pour les personnes ne possédant pas de voiture ou pour les familles/ménages qui veulent éviter d'en acheter une deuxième**
- ▶ **flexibilité, disponibilité si réservation à l'avance**
- ▶ **s'insère très bien dans un cocktail transport (plusieurs modes: marche, vélo, TC, autopartage, etc.)**
- ▶ **en milieu urbain: coût global moins cher que l'achat d'une voiture si nombre de déplacements limité**
- ▶ **incitatif à utiliser le transport collectif**
  - ▶ **service d'autopartage ↑ = parts modales TC ↑**
- ▶ **l'utilisateur n'a plus à se soucier des assurances, de l'entretien et du stationnement**
- ▶ **les déplacements doivent être prévus à l'avance**
  - ▶ **il faut réserver et vérifier la disponibilité**
- ▶ **souvent plus cher que la location conventionnelle pour les longs trajets**
- ▶ **les stations peuvent être à une bonne distance de marche du domicile**

# Modes parallèles

## Taxi

### Caractéristique

- ▶ la forme de transport public la plus ancienne
- ▶ véhicules avec symbole ou couleur distincte
  - ▶ quelquefois: design spécial pour les taxis (Londres, NY)
- ▶ accessibles dans les postes de taxis, sur demande (appel de la main) ou par téléphone
- ▶ localisation par GPS de plus en plus courante (sécurité, efficacité)
- ▶ réglementés par des organismes publiques (habituellement)
  - ▶ nombre limité par ville ou par zone
  - ▶ temps de conduite maximale par chauffeur
  - ▶ tarification (avec ou sans compteur)
  - ▶ sécurité/maintenance des véhicules
  - ▶ zone desservie par chaque compagnie
  - ▶ localisation des postes
  - ▶ licences et formation...
- ▶ peuvent servir sur les lignes de TC à faible densité (taxis collectifs) avec tarification intégrée et horaires/route fixes



Taxi de Bangkok



### Efficaces en remplacement des transports collectifs

- ▶ trajets de nuit
- ▶ déplacements d'affaires
- ▶ aéroports et gares
- ▶ urgences et transport médical
- ▶ déplacements avec bagages
- ▶ mais:
  - ▶ productivité de main d'œuvre ↓↓
  - ▶ coût ↑↑

# Modes parallèles

## Jitneys | Taxi collectif, partagé, communautaire...

### Caractéristiques

- ▶ surtout dans les pays en développement
- ▶ véhicules de 5 à 15 sièges
- ▶ propriétaires individuels ou compagnies privées
- ▶ organisation et service offert différent d'une ville à l'autre
- ▶ caractéristiques habituelles (sauf exceptions):
  - ▶ permettent aux passagers de monter et descendre n'importe où sur une route déterminée
  - ▶ souvent couleur ou design distincts
  - ▶ compétition féroce la plupart du temps
  - ▶ peu ou pas de coordination entre les fournisseurs/propriétaires
  - ▶ standards faibles et sécurité déficiente
  - ▶ fiabilité inégale
  - ▶ chauffeurs sans formation
- ▶ on pense souvent qu'il peuvent fournir un bon service sur les axes peu achalandés, mais en pratique, ce n'est pas le cas (pas assez payant)
- ▶ en compétition directe avec le transport collectif, mais offre un service moins efficace, quelquefois chaotique et moins confortable (sauf dans certaines villes d'Asie ou les bus sont surpeuplés)
- ▶ fréquence et vitesse plus élevées que le bus
- ▶ même tarif que le bus ou plus cher (peut changer selon les usagers et l'achalandage)
- ▶ **un service de transport collectif bien géré est toujours plus efficace et attirant que les jitneys**
- ▶ au Québec
  - ▶ taxi collectif = utilisation de taxis sur des routes de transport collectif à faible achalandage, mais au tarif TC et avec horaire fixe
  - ▶ dans certaines villes de taille moyenne (ex: Rimouski), le taxi collectif est très efficace et offre un bon service (mais le service à Rimouski a été remplacé par un service de bus régulier)

# Modes parallèles

## Transport à la demande | *Dial-a-ride DAR*

### Caractéristiques

- ▶ demande dispersée
- ▶ faible densité
- ▶ déplacements spéciaux
- ▶ subventionnés/remboursés dans certains cas (transport adapté, transport médical)
- ▶ le centre de contrôle rassemble les déplacements compatibles et assure une meilleure logistique des routes empruntées par les véhicules
- ▶ certains services fonctionnent par abonnement (trajets répétés)
- ▶ sur réservation
- ▶ service porte-à-porte
- ▶ moins cher que le taxi (peut transporter plusieurs usagers non reliés)
- ▶ certains délais à prévoir pour permettre de partager les trajets avec d'autres passagers (réduction des tarifs) → flexibilité et fiabilité inégales

### Types de services

#### ▶ transport adapté

- ▶ permettre aux personnes à mobilité réduite de se déplacer efficacement et à faible coût
- ▶ certains réseaux de transport collectif peuvent répondre à cette demande (véhicules et stations accessibles)

#### ▶ transport médical

- ▶ souvent payé par les réseaux de santé
- ▶ déplacements entre établissements de santé
- ▶ entre taxi et ambulance

#### ▶ service exploratoire dans les petites villes

- ▶ pour mesurer la faisabilité d'implanter un réseau de transport collectif

#### ▶ service de nuit ou hors pointe

- ▶ routes de faible densité
- ▶ remplace le réseau de bus de jour

#### ▶ service permanent

- ▶ rabatement vers les réseaux de transport collectif
- ▶ sert de réseau de transport collectif dans certaines petites villes

# Modes parallèles

## Rôles des modes parallèles

### Flexibilité

- ▶ service ajusté aux besoins des usagers (jusqu'à un certain point selon le service offert)
- ▶ pour les modes publics (autopartage et location de véhicules exclus)
  - ▶ productivité de main d'œuvre ↓
  - ▶ coût par passager ↑
  - ▶ pour assurer des tarifs compétitifs, il faut subventionner
- ▶ petits véhicules
  - ▶ adaptés aux faibles achalandages et zones à faible densité
  - ▶ plus efficaces que les bus avec de faibles volumes
  - ▶ beaucoup moins efficaces pour les volumes élevés
- ▶ investissement de départ peu élevé
- ▶ ne peut offrir un niveau de service supérieur à l'automobile

### Potentiel d'amélioration

- ▶ lorsque gérés comme faisant partie d'un système de transport complet, les modes parallèles deviennent une **composante essentielle des réseaux**
- ▶ on doit l'insérer dans le système sans qu'il compétitionne le transport collectif conventionnel  
→ **il doit compléter le transport collectif**
- ▶ une **tarification personnalisée** selon la flexibilité, la rapidité, le confort ou le degré de personnalisation demandés serait envisageable
- ▶ l'introduction d'**agences spécialisées dans la gestion des déplacements** pourrait assurer une utilisation efficace de chaque mode (service personnalisé)
- ▶ le **design des véhicules** peut être amélioré dans plusieurs cas (accessibilité, image, etc.)
- ▶ **coordination des services de transport scolaire avec le transport parallèle et le transport collectif** (**énorme potentiel**, souvent existant en Europe)

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Éléments de comparaison

### 3 caractéristiques de base

- ▶ **Catégorie** de priorité de passage (C, B, A)
- ▶ **Technologie**
- ▶ **Type de service (voir cours 2)**

### 3 mesures de comparaison

- ▶ **Niveau de service**
- ▶ **Ensemble performance/coût**
- ▶ **Rôle joué** dans le développement et le fonctionnement de la ville

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Catégorie de priorité de passage | C,B,A

### Mesures influencées

- ▶ Niveau de service
- ▶ Ensemble performance/coût
- ▶ Influence également les autres caractéristiques de bases (technologie et type de service)
- ▶ **L'élément le plus important**

### Caractéristiques des systèmes de transport collectif selon la catégorie de priorité de passage

|  | C<br>Modes sur rue | B<br>Modes semi-rapides | A<br>Modes rapides |
|--|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Performance (capacité, vitesse, fiabilité, sécurité) | Yellow             | Light Green             | Green              |
| Coûts d'investissement                               | Green              | Yellow                  | Orange             |
| Niveau de service                                    | Yellow             | Light Green             | Green              |
| Image   Identification                               | Yellow             | Light Green             | Green              |
| Attraction des passagers                             | Yellow             | Light Green             | Green              |
| Impact potentiel sur l'urbanisme, le développement   | Orange             | Light Green             | Green              |
| Automatisation possible                              | Orange             | Orange                  | Green              |

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Tableau 10.1 (modifié)

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Technologie

### Guidage

- 2 catégories
  - **dirigé** (par le conducteur)
  - **guidé**
- Systèmes guidés comparés aux systèmes dirigés
  - possibilité d'utiliser de plus grands véhicules et de les attacher en trains (↑ capacité, ↓ coût d'opération par passager, économies d'échelle)
  - traction électrique
  - performance ↑ (vitesse, capacité, fiabilité, sécurité)
  - signalisation automatisée (automatisation complète possible en catégorie A)
  - mieux adaptés aux rues et espaces piétonniers
  - opération en tunnel possible
  - confort ↑
  - nécessitent des voies en site propre plus coûteuses + stations et électrification
  - coûts d'investissement et temps d'implantation ↑
  - réseau limité nécessitant des installations de transfert

### Support

- comparaison rail/pneus (voir cours 3)

### Propulsion

- électricité souvent meilleure en terme de pollution et bruit, mais infrastructures coûteuses et problématiques esthétiques à prévoir
  - confort ↑ (accélération, décélération, contrôle des secousses/jerk)

### Contrôle

- automatisation
  - fréquence ↑
  - ajustement à la demande et optimisation du service
  - régimes optimisés selon les conditions
  - coûts d'opération ↓, coûts d'investissement ↑
  - contrôle de la sécurité plus difficile

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Tableau comparatif

**Table 10.2** Technical components of transit modes grouped by ROW categories<sup>a</sup>

| <i>Characteristic</i><br><i>Mode Category</i> | <i>ROW</i><br><i>Category</i> | <i>Mode</i>     | <i>Support and</i><br><i>Guidance</i> | <i>Propulsion</i> | <i>TU Control</i> | <i>Cars</i><br><i>per TU</i> | <i>TU Capacity</i><br><i>(spaces)</i> | <i>Line Capacity</i><br><i>(sps/h)</i> |
|---|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Street transit                                | C                             | Bus, Trolleybus | Road/steered                          | ICE, electric     | Driver/visual     | 1                            | 80–125                                | 3000–6000                              |
|   | C                             | Tram            | Rail/guided                           | Electric          | Driver/visual     | 1–3                          | 100–300                               | 10,000–20,000                          |
| Semirapid transit, medium performance         | B                             | BRT             | Road/steered                          | ICE               | Driver/visual     | 1                            | 80–180                                | 6,000–24,000                           |
|   | B                             | LRT             | Rail/guided                           | Electric          | Driver/signal     | 1–4                          | 100–720                               | 10,000–24,000                          |
|   | A                             | AGT/APM         | Guided                                | Electric          | ATO               | 1–6                          | 50–480                                | 6,000–16,000                           |
| Rapid transit, high performance               | A                             | LRRT            | Rail                                  | Electric          | Signal/ATO        | 1–4                          | 100–600                               | 10,000–28,000                          |
|   | A                             | Metro           | Rail                                  | Electric          | Signal/ATO        | 4–10                         | 720–2500                              | 40,000–70,000                          |
|   | A                             | Regional rail   | Rail                                  | Electric, diesel  | Signal/ATO        | 1–10                         | 150–1800                              | 25,000–40,000                          |

<sup>a</sup>Exceptional characteristics, such as guided bus and diesel LRT, and extreme values found in a few cases are not included.

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Tableau 10.2

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Ensembles performance/coûts

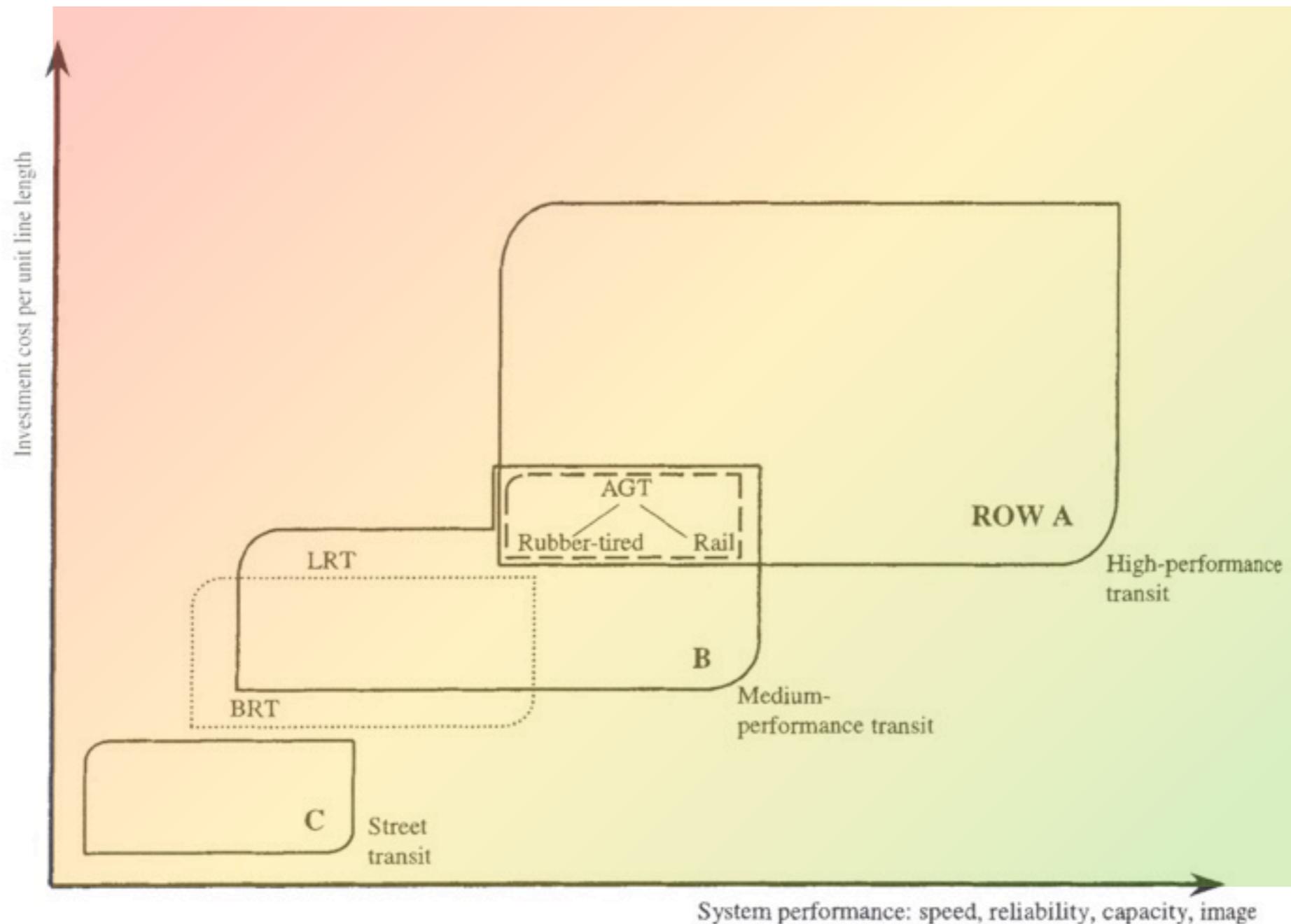


Figure 10.1 Performancecost packages (PCPs) of different generic classes of transit modes

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 10.1

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Comparaison graphique des modes collectifs

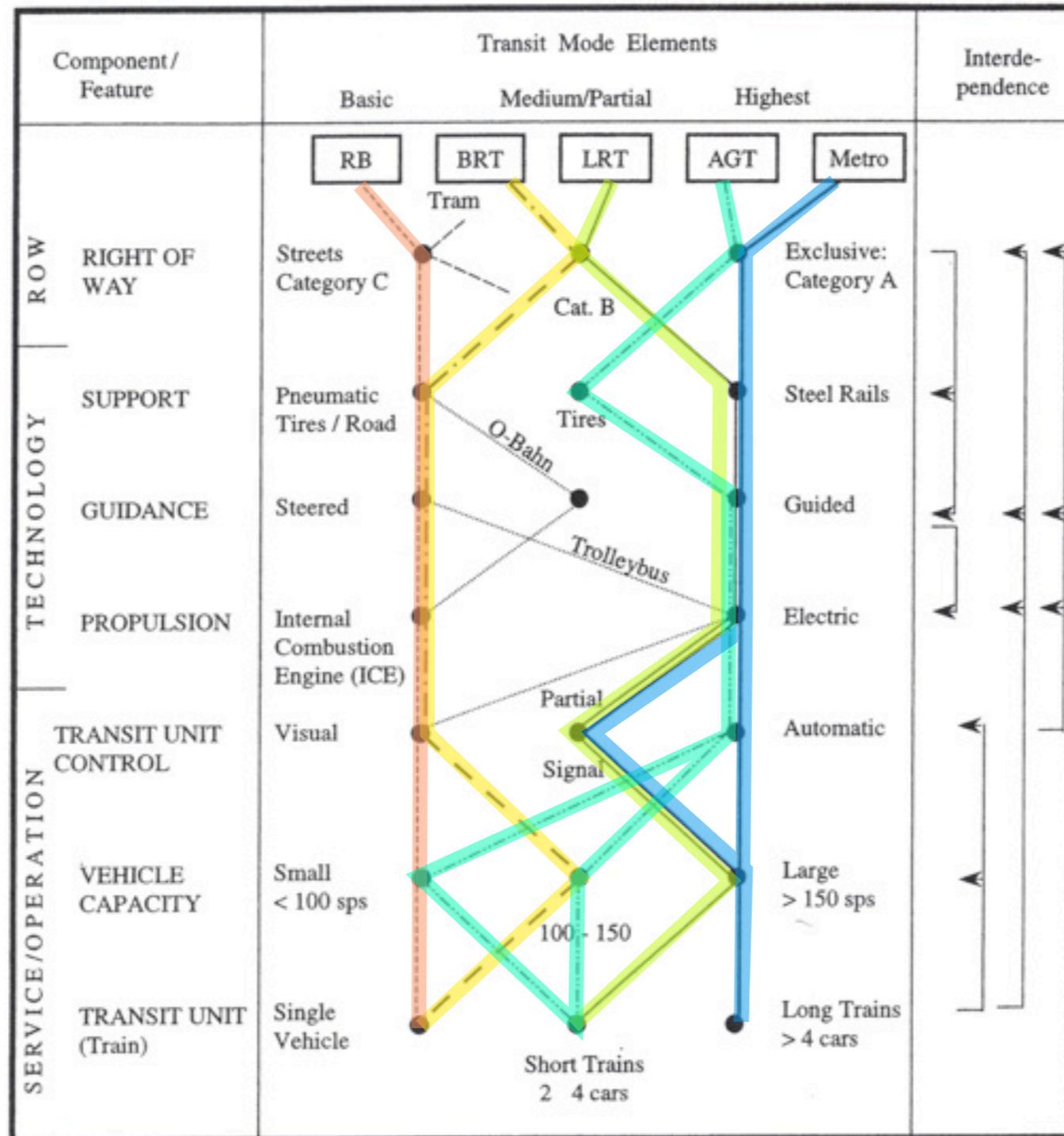


Figure 10.2 Graphical presentation of the physical and technological features of different transit modes

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 10.2

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Trolleybus vs Bus Diesel conventionnel

- ▶ Performance ↑ (accélération, vitesse, pentes, etc.)
- ▶ Bruit ↓
- ▶ Pollution locale ↓
- ▶ Opération en tunnel possible
- ▶ Implantation dans les espaces piétonniers mieux acceptée
- ▶ Image positive
- ▶ Vie utile ↑
  
- ▶ Investissement ↑
- ▶ Esthétique des fils ↓
- ▶ Opérations ralenties aux embranchements
- ▶ Infrastructure fragile dans certains cas
- ▶ Pannes électriques = arrêt de service
- ▶ Service moins flexible (limité aux rues filées)

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## SLR vs SRB

- ▶ Plus simple à implanter en catégorie B ou A (ne nécessite pas de contrôle policier pour empêcher l'accès)
  - ▶ Meilleure performance (électricité)
  - ▶ Bruit ↓ (sauf aux intersections de certains villes, qui exigent l'utilisation d'un signal sonore)
  - ▶ Pollution ↓
  - ▶ Opération en tunnel possible
  - ▶ Implantation dans les espaces piétonniers mieux acceptée
  - ▶ Image plus forte et plus durable
  - ▶ Impact plus grand sur le développement urbain et l'urbanisme
- 
- ▶ Investissement ↑
  - ▶ Première implantation plus difficile (infrastructure plus complexe)
  - ▶ Opérations ralenties aux embranchements
  - ▶ Les services de SLR sont limités aux réseaux de chemins de fer et nécessitent davantage de transferts

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## SLR vs AGT/APM

- ▶ Non limité à la catégorie A (peut fonctionner en B ou C)
  - ▶ Peut être introduit dans les zones piétonnes et influencer l'environnement urbain (AGT et APM doivent posséder leur propre infrastructure aérienne)
  - ▶ Investissement par km ↓ (2 à 3 fois moins)
  - ▶ Modes sur rail produits par plusieurs manufacturiers (moins de systèmes propriétaires)
- 
- ▶ Automatisation impossible
  - ▶ Plus lent que AGT/APM
  - ▶ Sécurité un peu plus faible
  - ▶ Ajustement à la demande plus difficile (en terme de capacité)

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## SRR/Métro vs SLR

- ▶ **Vitesse ↑**
  - ▶ **Fiabilité ↑**
  - ▶ **En tunnel: n'est pas influencé par les conditions météo**
  - ▶ **Automatisation possible**
  - ▶ **Trains plus longs et embarquement/débarquements plus rapides (capacité ↑)**
  - ▶ **Image et permanence encore plus grandes**
  - ▶ **Impact sur des quartiers entiers**
- 
- ▶ **Investissement ↑ ↑**  
(pour le même investissement, une ville peut obtenir des lignes 2 à 3 fois plus longues de SLR)
  - ▶ **Implantation longue**
  - ▶ **Rigidité des voies**
  - ▶ **Catégorie A seulement**

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Tableaux récapitulatifs

**Table 2.4** Technical, operational, and system characteristics of urban transport modes<sup>a</sup>

| Generic Class                        |                         | Private |                       |                        |                |             |                               |             |               |             |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|-----------------------|------------------------|----------------|-------------|-------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Characteristics                      | Unit                    | Mode    | Auto on               |                        | Street Transit |             | Semirapid Transit             |             | Rapid Transit |             |
|                                      |                         |         | Street                | Freeway                | RB             | SCR         | BRT                           | LRT         | RRT           | RGR         |
| Vehicle capacity, $C_v$              | sps/veh                 |         | 4–6, total            | 1.2–2.0 usable         | 40–120         | 100–250     | 40–150                        | 110–250     | 140–280       | 140–210     |
| Vehicles/TU                          | veh/TU                  |         | 1                     | 1                      | 1              | 1–3         | 1                             | 1–4         | 1–10          | 1–10        |
| TU capacity                          | sps/TU                  |         | 4–6, total            | 1.2–2.0 usable         | 40–120         | 100–500     | 40–150                        | 100–750     | 140–2400      | 140–2000    |
| Max. technical speed, $V$            | km/h                    |         | 40–80                 | 80–120                 | 40–80          | 60–70       | 70–90                         | 60–100      | 80–100        | 80–130      |
| Max. frequency, $f_{max}$            | TU/h                    |         | 600–800               | 1500–2000              | 60–180         | 60–120      | 60–300 <sup>d</sup>           | 40–60       | 20–40         | 10–30       |
| Line capacity, $C$                   | sps/h                   |         | 720–1050 <sup>d</sup> | 1800–2600 <sup>d</sup> | 2400–8000      | 4000–15,000 | 4000–8000–20,000 <sup>d</sup> | 6000–20,000 | 10,000–70,000 | 8000–60,000 |
| Normal operating speed, $V_o$        | km/h                    |         | ● 20–50               | ● 60–90                | ● 15–25        | ● 12–20     | ● 20–40                       | ● 20–45     | ● 25–60       | ● 40–80     |
| Operating speed at capacity, $V_o^c$ | km/h                    |         | ● 10–30               | ● 20–60                | ● 8–15         | ● 8–13      | ● 15–40                       | ● 15–40     | ● 24–55       | ● 38–75     |
| Productive capacity, $P_c$           | 10 <sup>3</sup> sp-km/h |         | ● 10–25 <sup>e</sup>  | ● 50–120 <sup>e</sup>  | ● 25–90        | ● 35–150    | ● 75–200–600                  | ● 120–600   | ● 700–1800    | ● 800–4000  |

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Tableau 2.4

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Tableaux récapitulatifs

**Table 2.4** Technical, operational, and system characteristics of urban transport modes<sup>a</sup>

| Generic Class                      |                       | Private        |                 |                |            |                   |                |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Characteristics                    | Unit                  | Mode           |                 | Street Transit |            | Semirapid Transit |                | Rapid Transit   |                 |
|                                    |                       | Auto on Street | Auto on Freeway | RB             | SCR        | BRT               | LRT            | RRT             | RGR             |
| Lane width (one-way)               | m                     | 3.00–3.65      | 3.65–3.75       | 3.00–3.65      | 3.00–3.35  | 3.65–3.75         | 3.40–3.60      | 3.70–4.30       | 4.00–4.75       |
| Vehicle control <sup>f</sup>       | —                     | Man./vis.      | Man./vis.       | Man./vis.      | Man./vis.  | Man./vis.         | Man./vis.-sig. | Man.-auto./sig. | Man.-auto./sig. |
| Reliability                        | —                     | ● Low-med.     | ● Low-high      | ● Low-med      | ● Low-med  | ● High            | ● High         | ● Very high     | ● Very high     |
| Safety                             | —                     | ● Low          | ● Low-med       | ● Med          | ● Med      | ● High            | ● High         | ● Very high     | ● Very high     |
| Station spacing                    | m                     | —              | —               | 200–500        | 300–500    | 500–800           | 500–1000       | 500–2000        | 1200–4500       |
| Investment cost per pairs of lanes | 10 <sup>6</sup> \$/km | ● 1.0–8.0      | ● 20.0–100.0    | ● 0.5–6.0      | ● 5.0–10.0 | ● 5.0–40.0        | ● 10.0–50.0    | ● 40.0–100.0    | ● 50.0–120.0    |

<sup>a</sup>Abbreviations: sps = spaces; veh = vehicles; TU = transit unit; RB = regular bus; SCR = streetcar; BRT = bus rapid transit; LRT = light rail transit; RRT = rail rapid transit; RGR = regional rail.

<sup>b</sup>For auto, lane capacity; for transit, line (station) capacity in TU/h.

<sup>c</sup>Values for C and P<sub>c</sub> are not necessarily products for the extreme values of their components because these seldom coincide.

<sup>d</sup>With multiple parallel lanes and overtaking at stations.

<sup>e</sup>For private auto, capacity is product of average occupancy (1.2–1.3) and f<sub>max</sub>, since all spaces cannot be utilized.

<sup>f</sup>Abbreviations are for manual, visual, signal, and automatic.

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Tableau 2.5

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Tableaux récapitulatifs

**Table 2.5** Performance values for generic classes of modes (based partially on Table 2.4) and for several typical systems<sup>a</sup>

| Generic Class                        |                | Private Auto on      |            | Street Transit |      |        | Semirapid Transit |         |        | Rapid Transit |        |        |
|--------------------------------------|----------------|----------------------|------------|----------------|------|--------|-------------------|---------|--------|---------------|--------|--------|
| Characteristics                      | Unit           | Street               | Freeway    |                |      |        |                   |         |        |               |        |        |
| Transit unit capacity                | sps/TU         | 1.2–2.0 <sup>b</sup> |            | 40–500         |      |        | 40–750            |         |        | 140–2000      |        |        |
| Max. frequency, $f_{\max}$           | TU/h           | 600–800              | 1500–2000  | 60–120         |      |        | 40–90             |         |        | 10–40         |        |        |
| Line capacity, C                     | sps/h          | 720–1050             | 1800–2600  | 2400–15,000    |      |        | 4000–20,000       |         |        | 10,000–70,000 |        |        |
| Operating speed, $V_o$               | km/h           | 20–50                | 60–90      | 15–25          |      |        | 20–45             |         |        | 25–80         |        |        |
| Productive capacity, $P_c$           | $10^3$ sp-km/h | 10–25                | 50–120     | 20–150         |      |        | 75–600            |         |        | 700–4000      |        |        |
| Investment cost per pair of lanes    | $10^6$ \$/km   | 1.0–8.0              | 20.0–100.0 | 0.5–10.0       |      |        | 5.0–50.0          |         |        | 40.0–120.0    |        |        |
| Typical systems <sup>c</sup>         |                | Auto/street          | Auto/fwyt  | RB-1           | RB-2 | SCR    | BRT               | LRT-1   | LRT-2  | RRT-1         | RRT-2  | RGR    |
| Transit unit capacity                | sps/TU         | 1.3                  | 1.3        | 65             | 75   | 140    | 100 <sup>d</sup>  | 180     | 430    | 800           | 1100   | 1000   |
| Max. frequency, $f_{\max}$           | TU/h           | 700                  | 1800       | 120            | 90   | 90     | 100               | 90      | 40     | 30            | 35     | 28     |
| Line capacity, C                     | sps/h          | 910                  | 2340       | 1800           | 6750 | 10,000 | 10,000            | 16,200  | 17,200 | 24,000        | 38,500 | 28,000 |
| Normal operating speed, $V_o$        | km/h           | ● 35                 | ● 80       | ● 20           | ● 18 | ● 26   | ● 26              | ● 30    | ● 33   | ● 38          | ● 36   | ● 50   |
| Operating speed at capacity, $V_o^c$ | km/h           | ● 20                 | ● 40       | ● 10           | ● 12 | ● 18   | ● 18              | ● 23    | ● 25   | ● 38          | ● 34   | ● 48   |
| Productive capacity, $P_c$           | $10^3$ sp-km/h | ● 18.2               | ● 93.6     | ● 78           | ● 81 | ● 180  | ● 180             | ● 372.6 | ● 430  | ● 912         | ● 1309 | ● 1394 |
| Investment cost per pair of lanes    | $10^6$ \$/km   | 3.0                  | 40.0       | 1.0            | 1.5  | 35.0   | 35.0              | 40.0    | 45.0   | 60.0          | 100.0  | 90.0   |

<sup>a</sup>The systems shown are assumed to be heavily loaded but somewhat below capacity of respective mode.

<sup>b</sup>Maximum number of spaces that can be utilized.

<sup>c</sup>Designations used in Figures 2.5, 2.6, and 2.7

<sup>d</sup>Articulated buses.

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Tableau 2.4 (suite)

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Figures récapitulatives | Fréquences maximales en fonction de la capacité

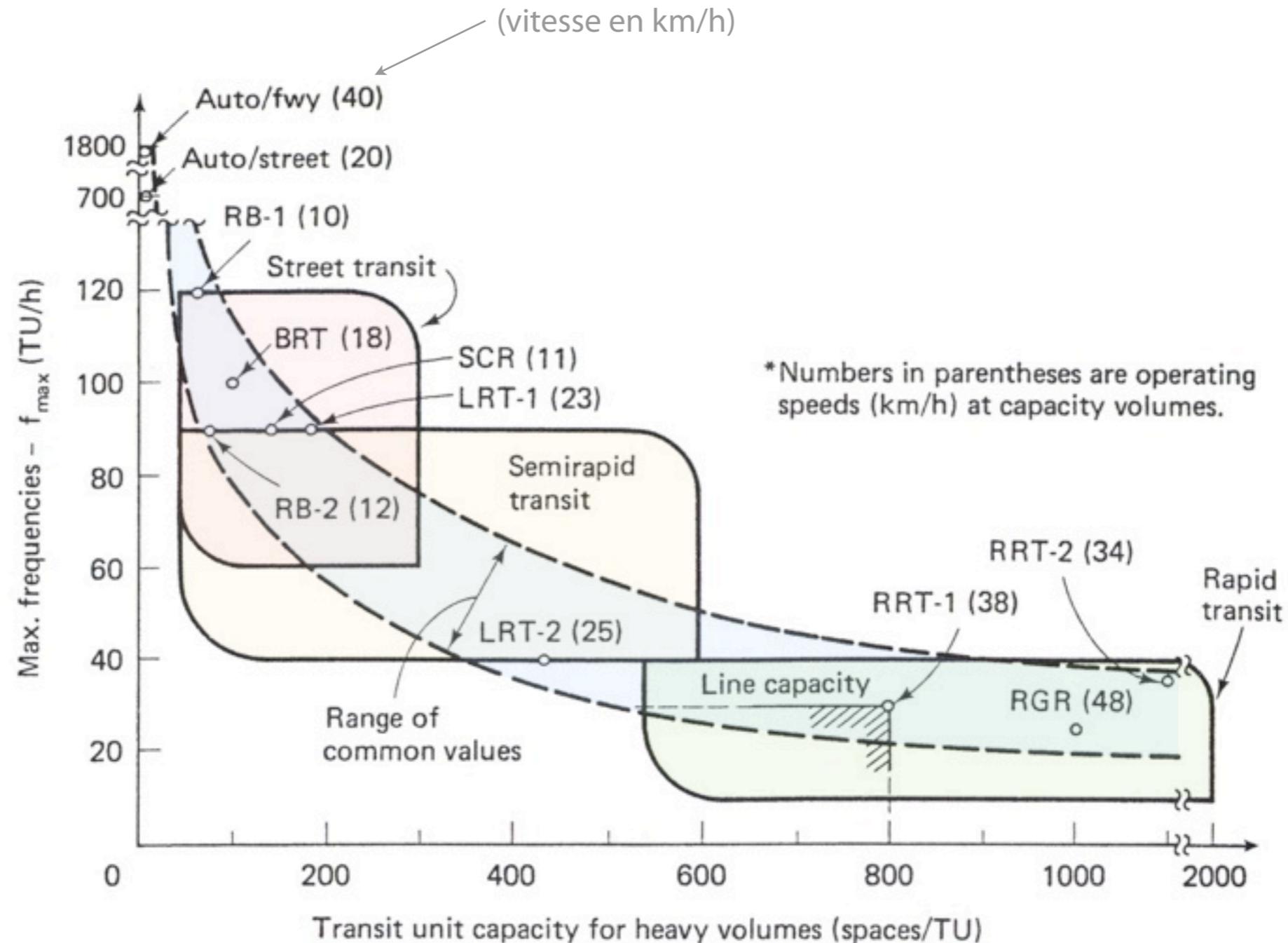


Figure 2.5 Vehicle capacities, maximum frequencies, and line capacities of different modes

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 2.5

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Figures récapitulatives | Vitesse d'opération en fonction de la capacité

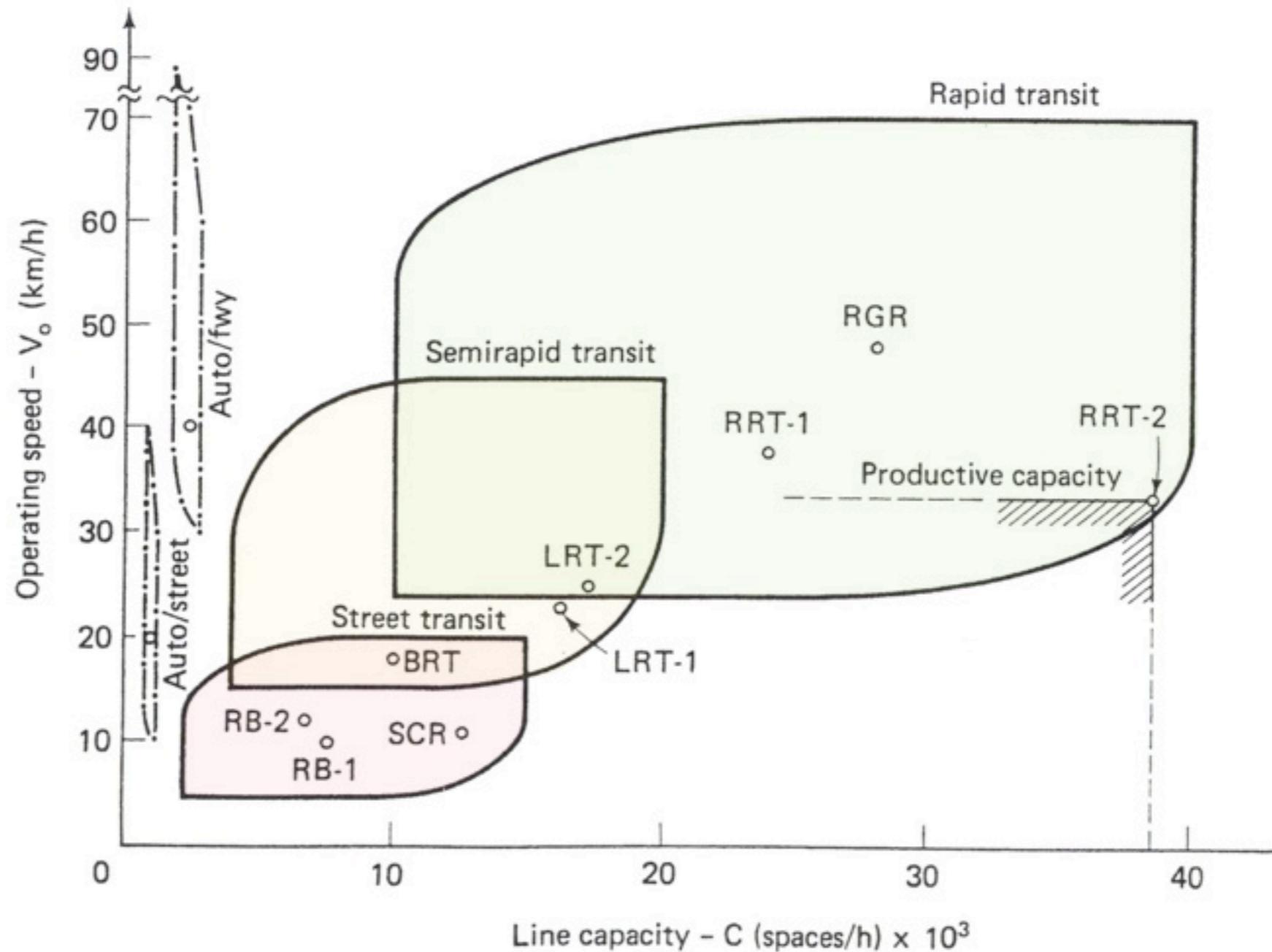


Figure 2.6 Line capacities, operating speeds, and productive capacities of different modes

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 2.6

# Choix des technologies et des modes | Comparaison des modes collectifs

## Figures récapitulatives

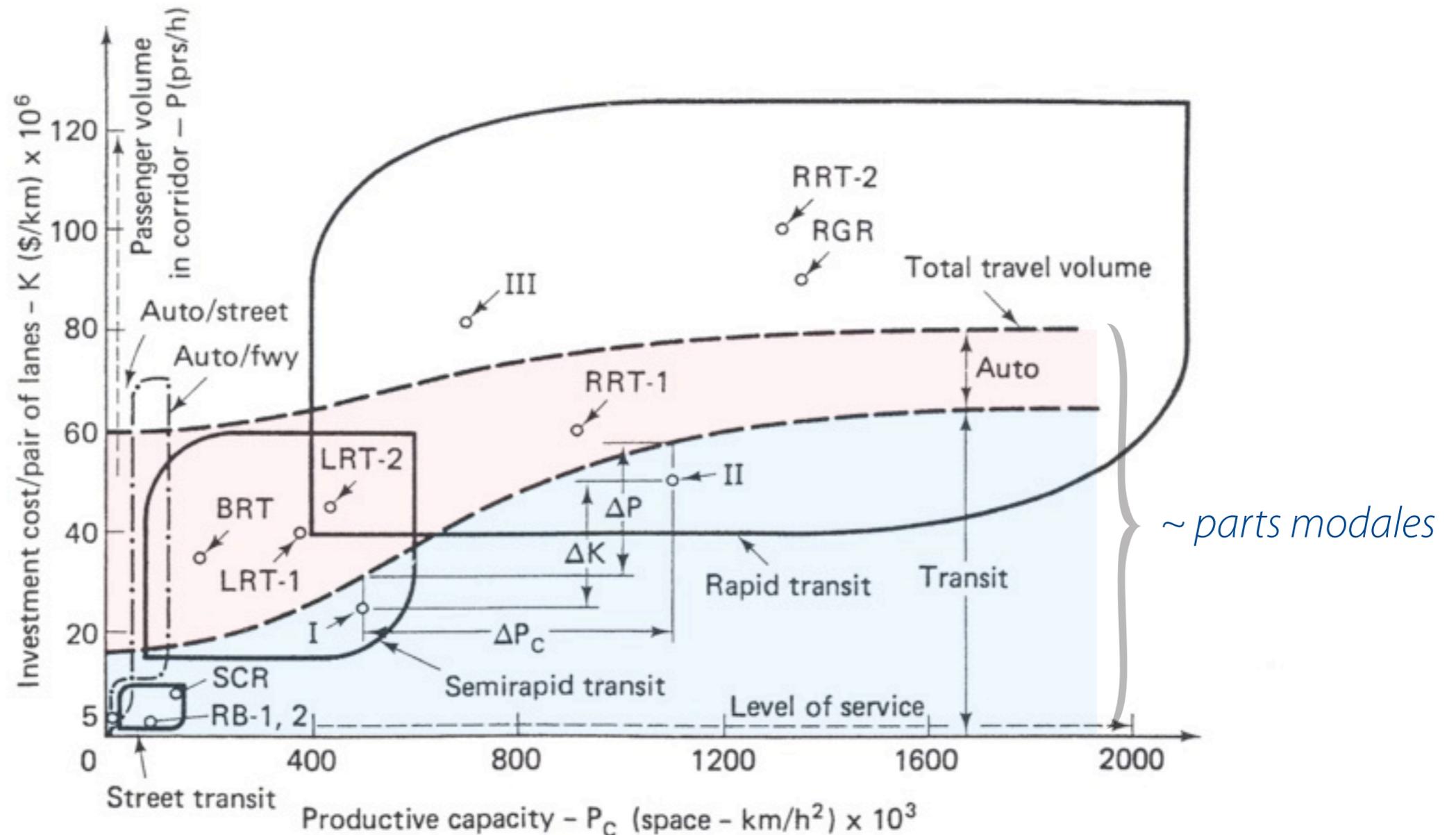


Figure 2.7 Relationships between productive capacities, investment cost, and passenger attraction of different generic classes of transit modes

VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology* | Figure 2.7