



Chaire *Eco-Conception des ensembles bâtis
et des infrastructures de transport*

Capacité et congestion en TC

**Ecole des Ponts ParisTech
Laboratoire Ville Mobilité Transport**

Fabien Leurent avec l'assistance de K Liu, Y Askoura, F Combes

Soirée Vinci du 30 Novembre 2009

Enjeux : éco-conception de réseau

- **Principe : Influencer l'usage et la performance**

- Par composant, niveau d'usage
- La demande d'usage dépend de la qualité de service pour l'utilisateur

- **Domaine stratégique : champ d'intervention**

- Dimensionner et localiser des capacités
- Agencement local des diverses capacités
- Exploitation dynamique des ressources, des capacités

- **Cas de l'agglomération parisienne**

- La qualité de service en TC détermine celle du transport automobile

Éco-conception d'un réseau de TC ?

- **Vocation du réseau de TC**

- Transport mécanisé, à moyenne ou longue portée
- Moyens en infrastructures, en véhicules, en services
- Transport de masse, avec des économies d'échelle en termes économiques et écologiques
- Bien adapté aux fortes densités urbaines

- **Recherche du dimensionnement adéquat ?**

- Planifier une capacité suffisante, là où elle serait utile
- Prévoir la demande des voyageurs pour l'usage des moyens de transport
- Proportionner la capacité aux enjeux socio-économiques

Des études de planification peu sensibles

- **La planification des réseaux routiers est sensible à la congestion**
 - En milieu interurbain : 80% des bénéfices d'un nouveau projet tiennent aux gains de temps des usagers, dont une moitié pour la décongestion d'itinéraires existants
- **Mais pas celle des réseaux de TC**
 - Les modèles de prévision sont insensibles aux effets de congestion
 - Les aspects physiques : inconfort, retard, sont ignorés, donc pas évalués
 - Les influences sur l'usage, via les choix d'itinéraire et de mode par les voyageurs, sont ignorées
 - Donc les effets de projets d'aménagement sont mal estimés, surtout si destinés à soulager la congestion !!

Objectif

- **Intégrer les phénomènes capacitifs**
 - dans la modélisation des réseaux de TC
 - pour servir aux études de planification
- **Problématique**
 - Quelles ressources sont soumises à une charge d'usage et risquent d'être rares ?
 - Quels phénomènes physiques ?
 - Concentrations locales de trafic => gênes, retards
 - Quels effets économiques ?
 - Qualité de service : l'utilisateur paye essentiellement en temps et en inconfort
 - L'utilisateur choisit son itinéraire donc il réagit à la qualité de service

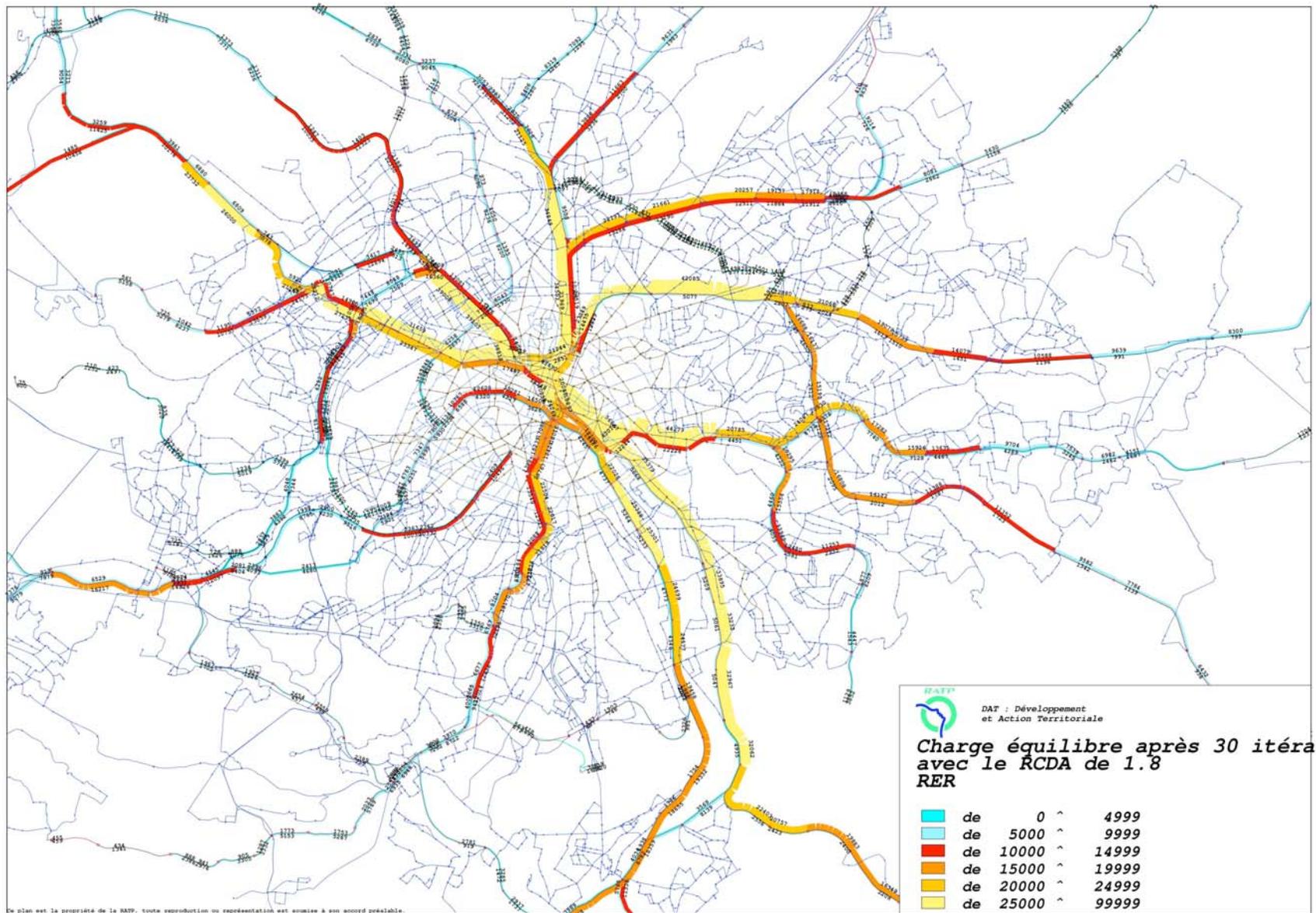
La capacité en places assises

- **Voyager assis : un état plus confortable**
 - Un même temps passé en véhicule coûte au voyageur
 - 1 s'il est assis
 - 1,6 s'il est debout peu serré
 - 1,9 si debout et très serré
- **Modéliser les différents états de confort**
 - La possibilité de s'asseoir dans le véhicule, entre la station de montée et la station de descente
 - Conséquences sur le choix d'itinéraire

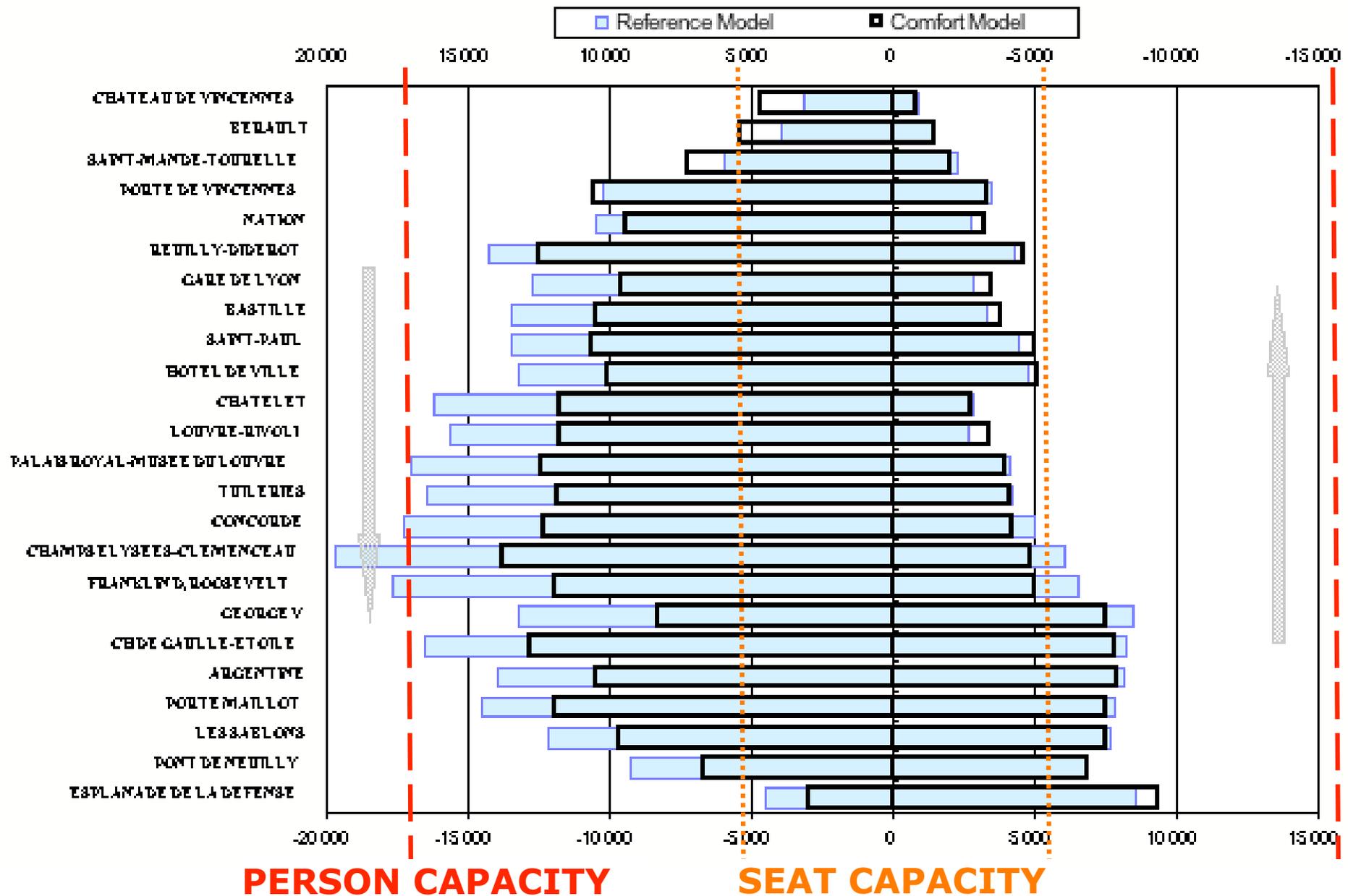
Une innovation de modélisation

- **Action de recherche du LVMT, 2005-2009**
 - *Cf. Dossier de Recherche n°23 de l'École des Ponts*
- **Application à l'Ile de France**
 - *Partenariat avec la Ratp*
 - Effets sensibles sur la répartition spatiale des charges de trafic
 - Effets majeurs sur l'évaluation des bénéfices associés à un projet d'aménagement qui déleste des itinéraires très chargés

Simulation du réseau francilien



Simulation avec/sans modèle du confort



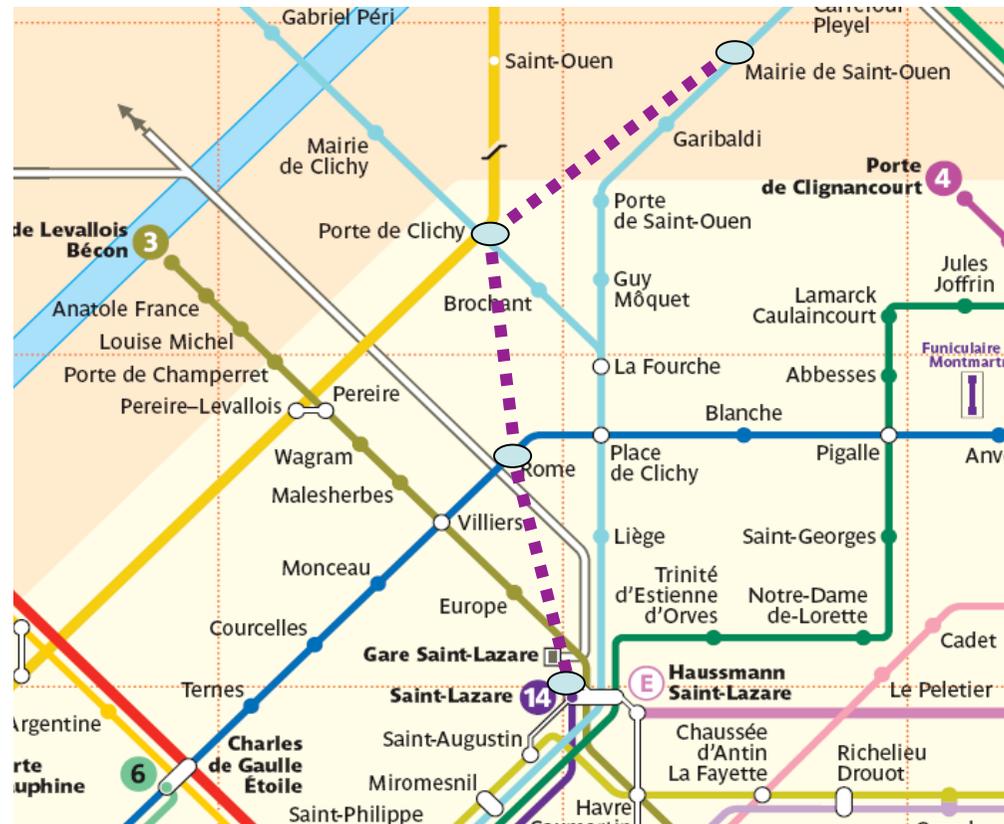
Etude du prolongement de la ligne 14 de Saint-Lazare à Mairie de Saint Ouen

Caractéristiques principales	
Stations	Longueur totale (km)
Saint-Lazare	0,00
Rome	0,93
Porte de Clichy	2,54
Mairie de Saint-Ouen	5,13

Nb stations = 9 -> 12

Fréquence (HPM) = 32 trains/h

Capacité assise = 4608 / heure



- **Evaluation des bénéfices du prolongement**

- Modèle sans confort : + 11 000 euros / heure de pointe
- Modèle avec confort : + 20 000 euros / heure de pointe

Exploration des effets capacitifs

- **Ingénierie du trafic en TC**

- Pas de manuel français ni francophone
- À l'international, le TCQSM américain, publié en 1999 et augmenté en 2003
*Transit **C**apacity and **Q**uality of **S**ervice **M**anual*
- L'équivalent routier, le *Highway Capacity Manual*, remonte à 1950 et a été régulièrement augmenté

- **Le projet de recherche**

- Compréhension du système concret, grâce au TCQSM
- Discernement et typologie des effets capacitifs
- Analyse systémique

Sur le trafic en transport collectif

- **Deux types de trafic**
 - Le mouvement des voyageurs et aussi des véhicules
- **Un ensemble d'interactions**
 - Entre les concentrations de voyageurs et les flux de véhicules
 - La taille des véhicules et leur fréquence d'exploitation
 - La fréquence de service, le chargement admissible en voyageurs, et le type de véhicule, sont spécifiés par l'autorité organisatrice des TC

Source : TCQSM

Deux notions de capacité

- **La capacité en personnes**

- Le nombre maximal de personnes qui peuvent transiter par un lieu donné durant une période de temps déterminée, sous des conditions d'exploitation spécifiées
- Sans délai anormal, risque, ou restriction; et avec une fiabilité raisonnable

- **La capacité en véhicules**

- Le nombre maximal de véhicules de TC (bus, ou trains, ou navires, etc.) qui peuvent passer par un lieu donné durant une période de temps déterminée

Source : TCQSM

La capacité en véhicules

- **La capacité en autobus dépend de:**

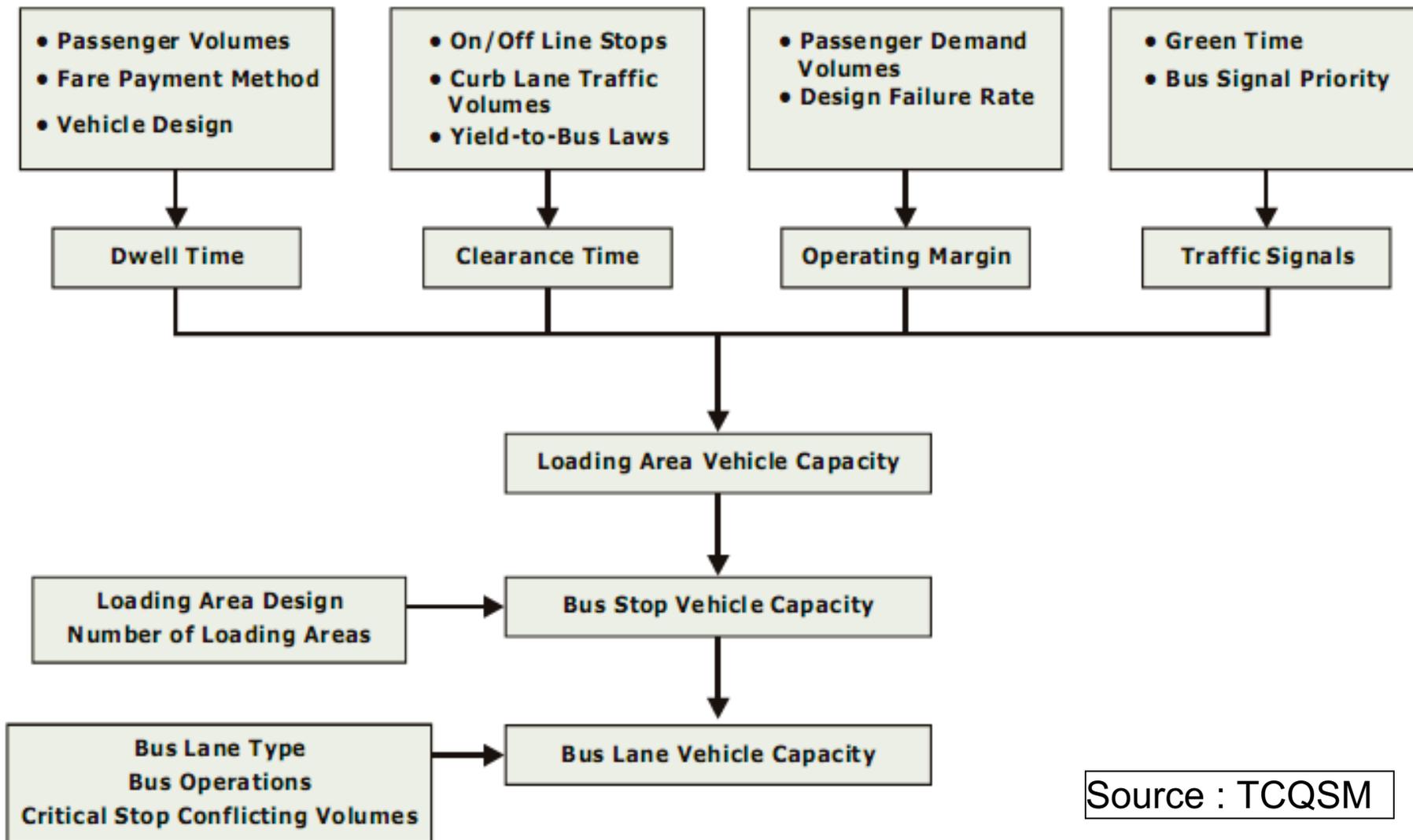
- Degré de priorité et d'exclusivité, depuis le trafic mixte jusqu'au site propre
- Le type de véhicule, le nombre de véhicules
- L'aptitude des stations à drainer et décharger des voyageurs

- **Capacité ferroviaire**

- Degré de priorité et d'exclusivité
- Capacités des véhicules, des stations et des voies
- Système de signalisation et de contrôle de la circulation
- Contraintes de réseau

Source : TCQSM

La formation de la capacité en véhicules



Source : TCQSM

Stations et voyageurs

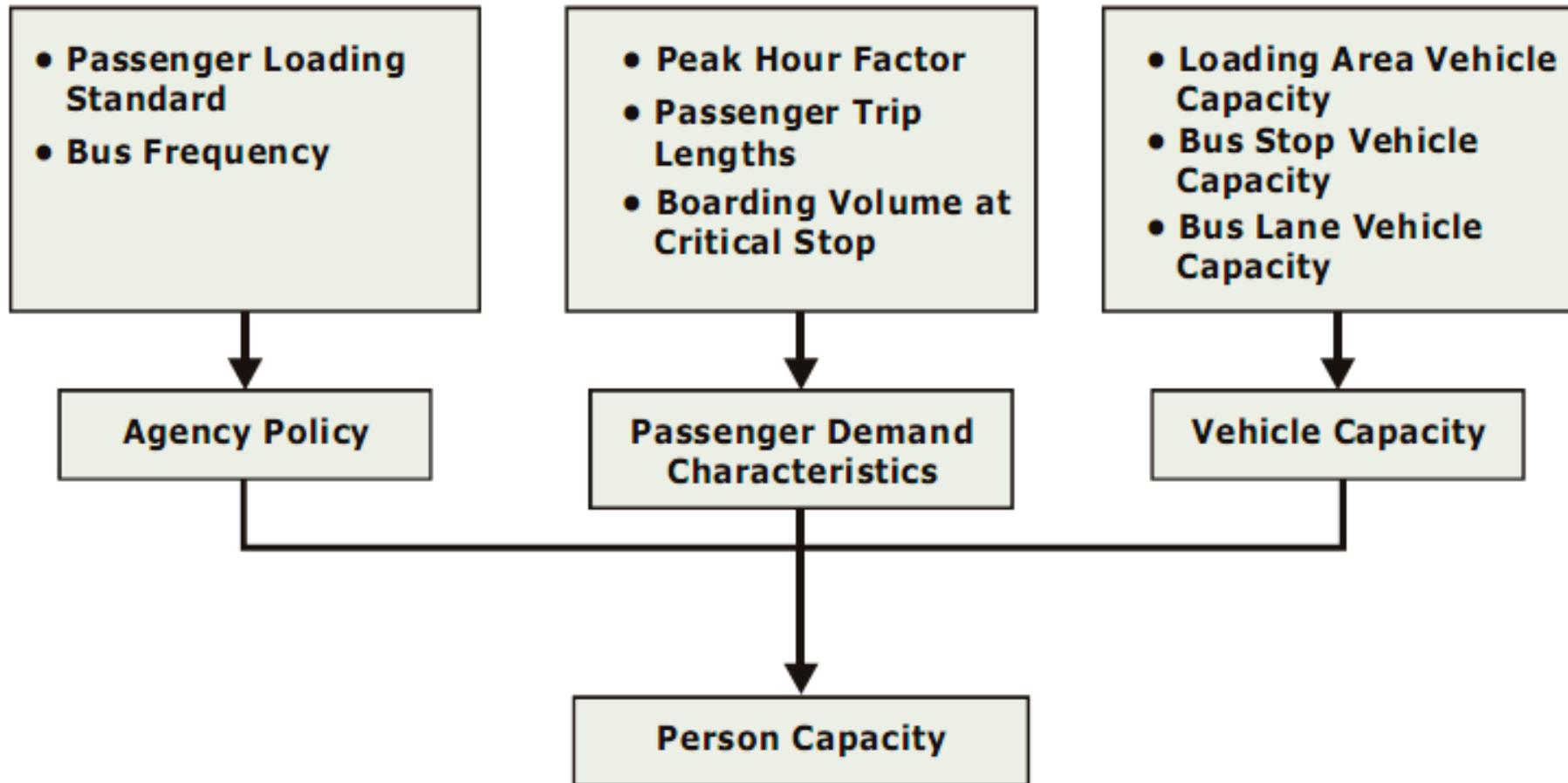
- **Capacité de station**

- Par zone utilisée par des voyageurs pour un ou plusieurs motifs
- Capacité de stockage pour les zones d'attente, notamment les quais
- Capacité d'écoulement pour les éléments de circulation piétonne

- **Le voyageur et ses aspects**

- Chaque voyageur est une entité physique qui requiert de l'espace "piéton" et de l'espacement interpersonnel
- Aptitude individuelle au mouvement
- Choix de déplacement
- "Diversité de chargement" des flux dans l'espace et dans le temps

Formation de la capacité en personnes



Source : TCQSM

Niveau de Service pour le stockage d'individus



LEVEL OF SERVICE A

Standing and free circulation through the queuing area possible without disturbing others within the queue.



LEVEL OF SERVICE B

Standing and partially restricted circulation to avoid disturbing others within the queue is possible.



LEVEL OF SERVICE C

Standing and restricted circulation through the queuing area by disturbing others is possible; this density is within the range of personal comfort.



LEVEL OF SERVICE D

Standing without touching is impossible; circulation is severely restricted within the queue and forward movement is only possible as a group; long-term waiting at this density is discomforting.



LEVEL OF SERVICE E

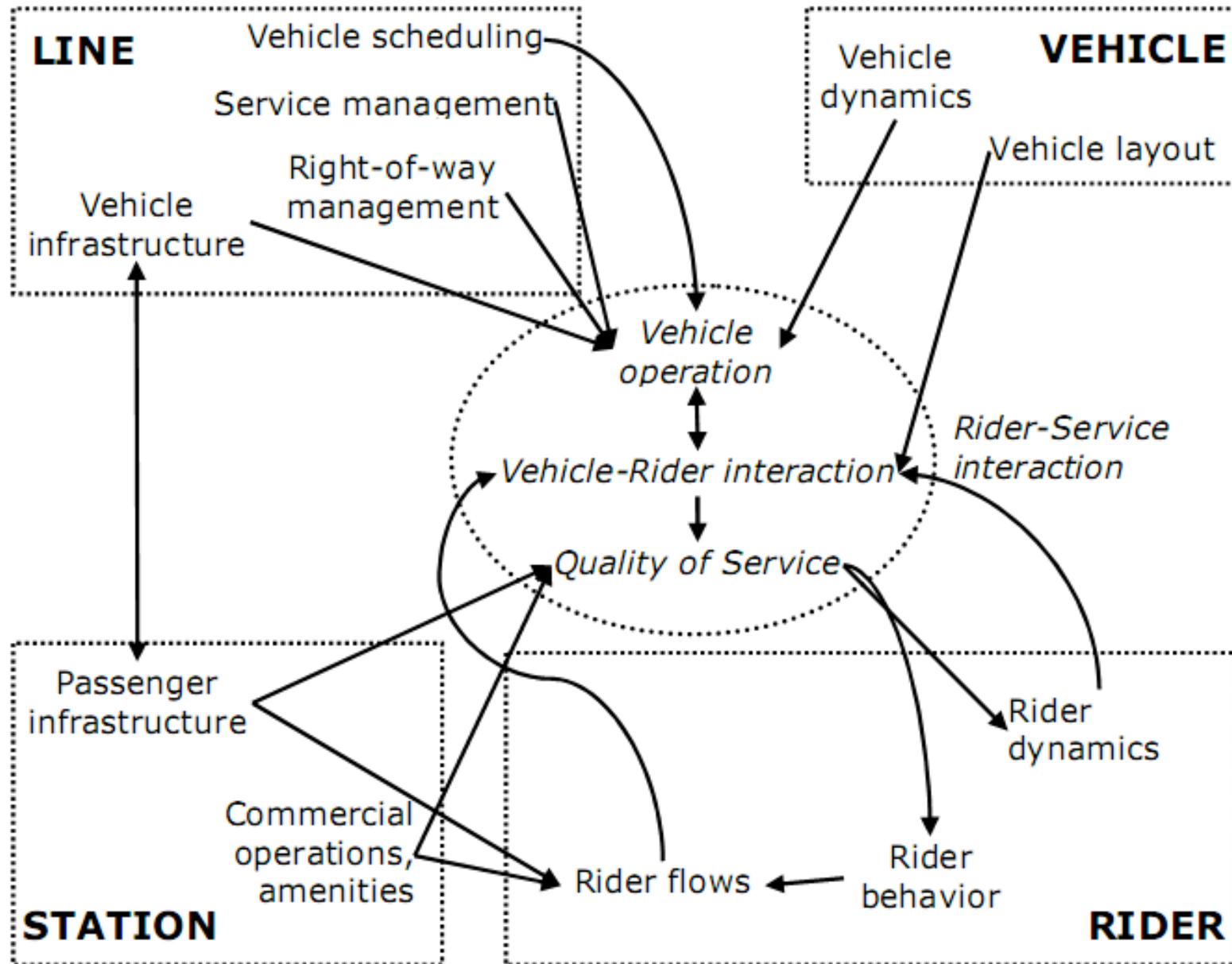
Standing in physical contact with others is unavoidable; circulation within the queue is not possible; queuing at this density can only be sustained for a short period without serious discomfort.



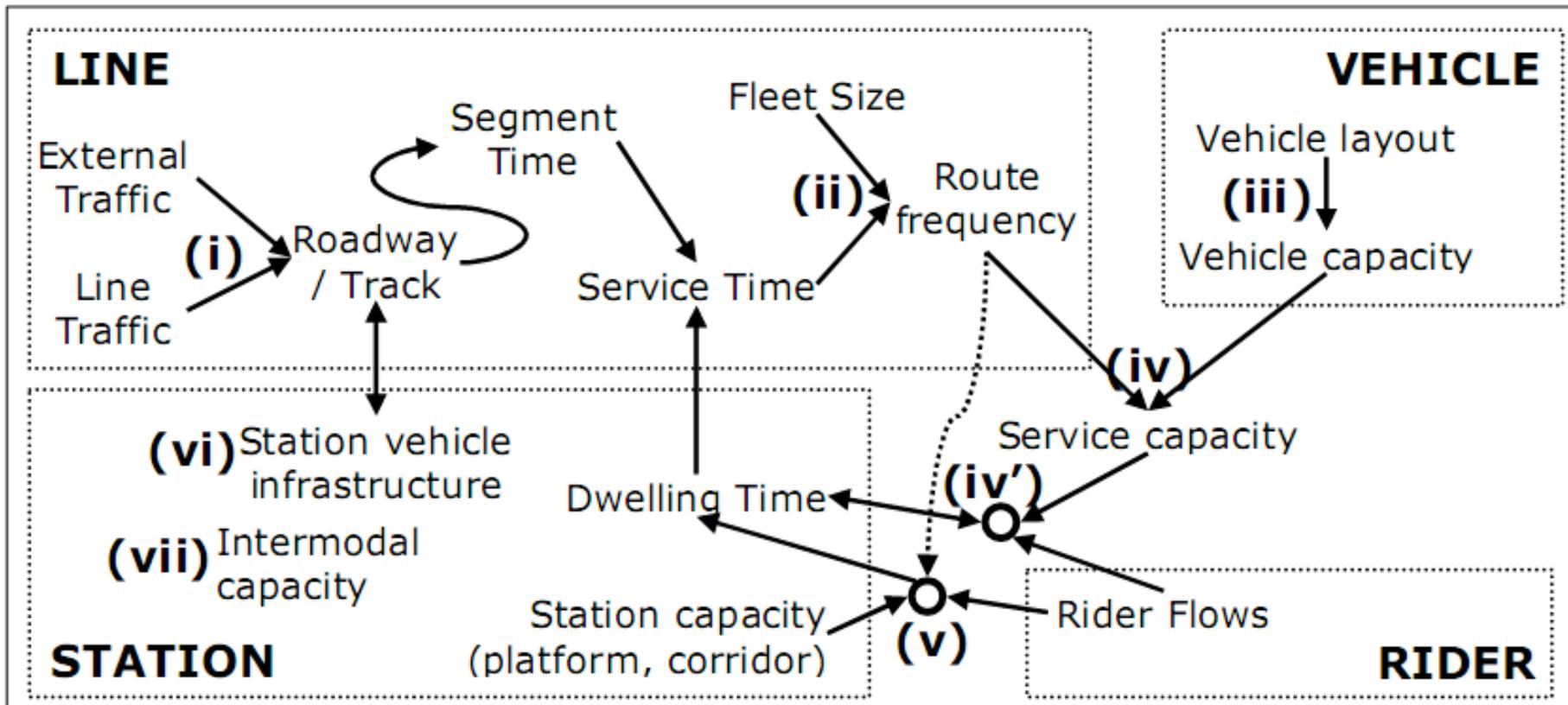
LEVEL OF SERVICE F

Virtually all persons within the queue are standing in direct physical contact with others; this density is extremely discomforting; no movement is possible within the queue; the potential for pushing and panic exists.

Analyse systémique



Discernement des effets capacitifs



Une typologie en sept catégories

- 1. Capacité de l'infrastructure en véhicules**
- 2. Flotte de véhicules par mission**
- 3. Capacité en personnes par véhicule**
- 4. Capacité en personnes par mission**
- 5. Capacité en personnes en station**
- 6. Circulation et stationnement des véhicules en station**
- 7. Interfaces des stations avec les modes individuels**

Besoins de modélisation

- **Pour la planification des réseaux, seuls les types 3 et 4 ont fait l'objet de recherches nourries**
 - i.e. la capacité en voyageurs des véhicules et services
 - Mais plusieurs modèles aux principes divergents
 - Intérêt d'un banc d'essai
 - Intérêt d'un modèle cohérent
- **Les effets 1 et 2 ont reçu peu d'attention**
- **Les effets 5 à 7 restent à modéliser**

Concevoir le fonctionnement en réseau

- **Sens physique pour un réseau routier**
 - La capacité en une jonction est partagée entre les branches
 - Remontée de file d'attente
- **En transport collectif**
 - Les types de flux, leurs diverses confluences et les interactions sont beaucoup plus complexes
 - Le sens physique est peu soutenu par l'intuition géométrique

Contribution de la Chaire

- **Recherche**

- Exploration systématique des phénomènes capacitifs
- Un modèle de la capacité totale des véhicules en voyageurs

- **Formation et diffusion**

- Stages d'élèves-ingénieurs ou mastériens en 2009 sur la capacité en TC
 - À la Ratp : capacité de Métrophérique
 - À la Sncf : confort sur les lignes de RER
 - Sujets connexes au Stif, à Ingérop

- **Relais avec une chaire Ponts - Stif**

