



# MODELISATION INTEGREE DES EFFETS CAPACITIFS DANS LES SYSTEMES DE TC: LE MODELE CapTA

Ektoras CHANDAKAS

Seconde Conférence Anniversaire de la Chaire  
Marne-la-Vallée, le 29 mars 2012

# Introduction

2

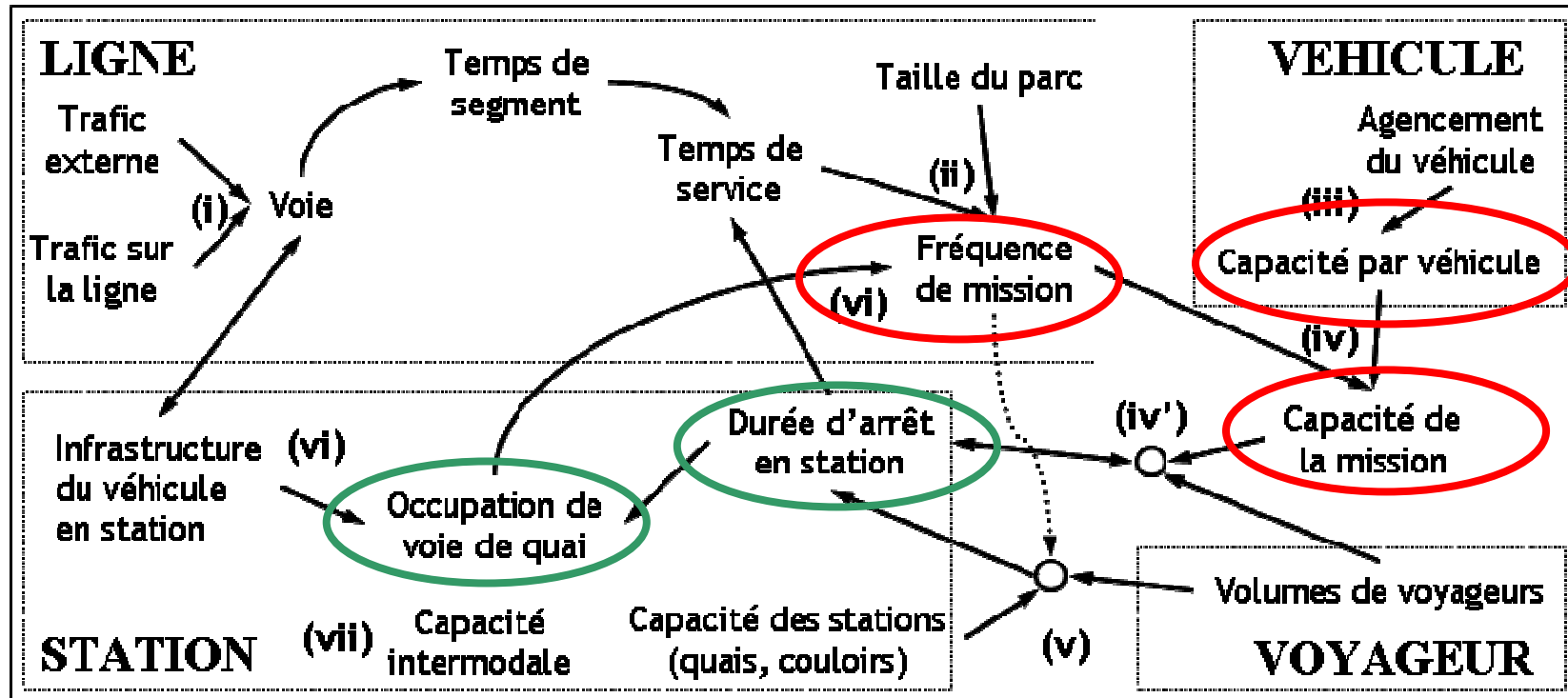
- Un **modèle d'affectation du flux de voyageurs** sur un réseau de transports collectifs est important pour la planification. Sur une agglomération avec un réseau complexe, un modèle permet de prendre en compte les effets de réseau
- Divers modèles de trafic existent déjà:
  - Pour le flux de voyageurs en supposant généralement un service figé
  - Pour le trafic de véhicules avec une considération indirecte du flux de voyageurs

## OBJECTIF

- Développer un modèle d'affectation de trafic sur un réseau TC sensible:
  - ▣ À la configuration et aux performances des moyens de transports
  - ▣ À la structure origine – destination du flux et le comportement du choix d'itinéraire
  - ▣ Aux contraintes de capacité des véhicules et à la modulation de la fréquence sous l'influence de voyageurs en montée et descente

# Une typologie de capacités

3



- i. Capacité en section
- ii. Capacité de mission en véhicules
- iii. Capacité par véhicule, en voyageurs
- iv. Capacité par mission, en voyageurs
- v. K par élément piéton en station
- vi. Capacité par élément véhicule en station
- vii. Capacité en véhicules privatifs

# Un modèle d'affectation à deux plans

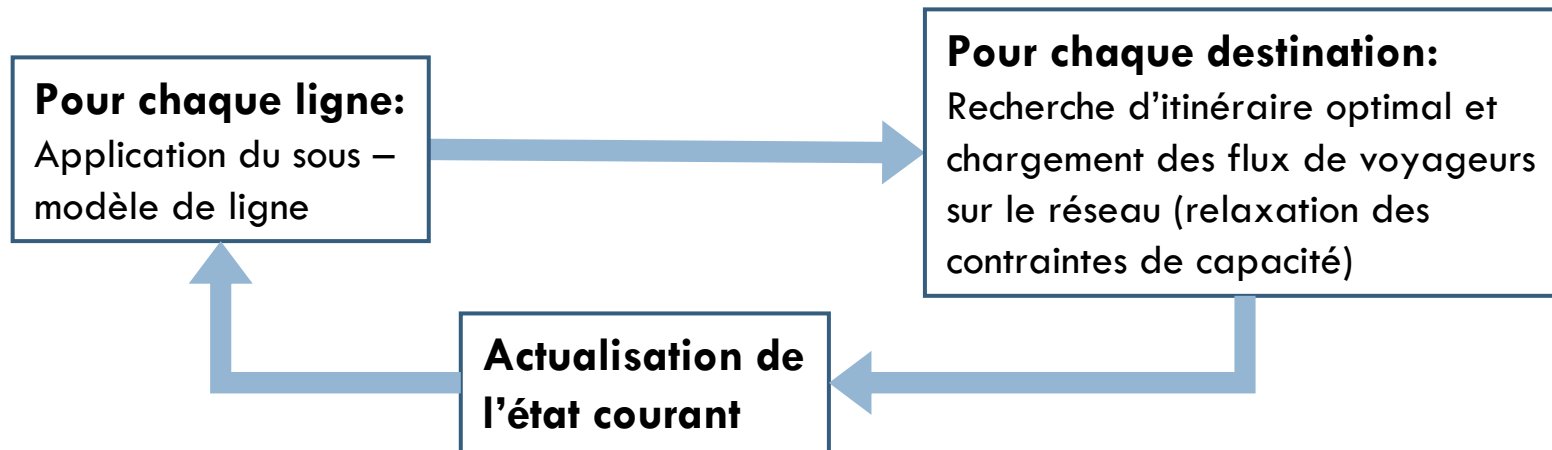
4

- Le plan des voyageurs
  - ▣ Flux de voyageurs depuis les origines vers les destinations
  - ▣ Qualité de service sensible à l'encombrement: en véhicule, à quai
  - ▣ Choix d'itinéraire (hyperchemin)
  - ▣ Le **réseau TC** est composé d'arcs piétons et de segments de ligne (legs): couples des trajets montée – descente par ligne
  
- Le plan des services
  - ▣ Par mission: selon les stations, variation de la charge en voyageurs à l'intérieur des véhicules
  - ▣ Par mission et station d'arrêt, les flux de voyageurs en montée – descente influencent le temps de séjour du véhicule et les probabilités d'occupation de places assises
  - ▣ Par ligne et station: les contraintes de séjour et passage des véhicules sur la voie, influencent la fréquence servie par période

# Les principes de traitement dans CapTA

5

- Un traitement à deux niveaux
- Modèle de réseau pour l'équilibre offre – demande: à chaque itération:



- Un sous – modèle de ligne:
  - ▣ Utilisation de la demande par couple de trajets montée – descente sur la ligne
  - ▣ On balaye les stations de la ligne deux fois:
    - D'amont en aval pour charger les flux et appliquer les contraintes de capacité (conditions d'attente à quai, capacité assise en véhicule et capacité d'échanges) – algorithme ZIP
    - D'aval en amont pour évaluer le coût généralisé de chaque leg (couple montée – descente) – algorithme UNZIP

# Le modèle de confort en véhicule

6

- Adaptation du modèle dans **Leurent (2010)** au modèle CapTA
- Sur un véhicule des états variés de confort (ex. être assis ou debout) existent. Voyager debout est plus pénible que voyager assis:  $c_d > c_a$
- Règles de priorité:
  - ▣ Les voyageurs debout à l'intérieur du véhicule ont de priorité face aux voyageurs qui montent à une station
  - ▣ Les voyageurs de la même classe (à l'intérieur ou montants) ont la même probabilité parmi eux d'occuper une place assise
- Une compétition à deux phases:
  - ▣ A chaque station après la descente de places assises deviennent disponible
  - ▣ 1<sup>e</sup> étape: compétition entre les voyageurs debout à l'intérieur du véhicule
  - ▣ 2<sup>e</sup> étape: si de places assises sont encore disponibles une compétition entre les voyageurs qui montent
- Le coût de trajet devient aléatoire → calcul du coût moyen perçu du trajet

# Le modèle d'attente à quai

7

- Les conditions en station d'entrée:

## **SERVICE:**

Une capacité résiduelle à l'intérieur du véhicule  $k'_z$ , multipliée par la fréquence de chaque mission (héritée de l'amont)

## **VOYAGEUR:**

Par station de descente, un flux de voyageurs,  $q_{ij}^+$ , demande le passage pendant une période d'affectation

- Les effets induits:

## **LE MODELE D'ATTENTE À QUAI:**

- Un stock de voyageurs par station de descente,  $v_j$
- Un stock cumulé de voyageurs par mission ( $n_z$ ), confronté à la capacité résiduelle du véhicule: probabilité du stock d'embarquer dans le véhicule
- Le flux par station de descente face aux contraintes de capacité: il dépend du stock de passagers, de la probabilité d'embarquer et des fréquences des missions
- Un modèle de goulot s'applique par mission entre le volume entrant et le volume qui embarque aux véhicules → Calcul du temps d'attente et temps de trajet moyen

# Le modèle de modulation de fréquence

8



- Considérer la voie à quai comme une ressource rare
- Le long d'une ligne, chaque passage de véhicule bloque la voie pendant une durée précisée par:
  - La durée d'occupation
  - Les intervalles de sécurité,  $\omega_z$
- Pour un véhicule qui s'arrête, la durée d'occupation dépend des flux de voyageurs en échange  $T_{zi}(y_{zi}^+, y_{zi}^-)$
- Les fréquences des missions et les durées de fonctionnement (séjour, passage, intervalle de sécurité) imposent une durée d'occupation totale
- Si cette durée excède la période d'affectation, alors la fréquence servie est modulée de manière inversement proportionnelle
- Les fréquences modulées sont propagées en aval



# Combinaisons des effets

9

- Le modèle de confort dégrade la qualité de service en véhicule si on voyage debout
- Le modèle d'attente à quai affecte le temps d'attente par mission et l'affectation du flux sur les missions le long d'une ligne
- Le modèle de modulation de fréquence modifie la fréquence des missions sur une ligne
- **Les effets secondaires** de la modulation de fréquence portent sur la réduction de la capacité disponible et l'augmentation de la demande par véhicule en aval. Par conséquence:
  - Une charge par véhicule plus forte nécessite une durée de stationnement plus forte
  - Une réduction de la capacité résiduelle, dégrade les conditions d'accès pour les voyageurs en attente en aval et les conditions à l'intérieur du véhicule pour les voyageurs abord
- L'augmentation du temps de trajet pousse certains voyageurs à se reporter vers d'autres itinéraires

# Modèle de réseau

10

- Pour le choix d'itinéraire, on utilise les coûts de legs produits par le sous-modèle de ligne
- On définit une fréquence révisée par leg:  $\hat{f}_a(w_a - 1/f_a)$ 
  - ▣ Il sert de transition entre l'état non saturé (discontinu) et l'état saturé (continu) du flux en montée
- On affecte le flux origine – destination sur l'hyperchemin optimal selon la fréquence révisée au niveau d'une station
  
- Un calcul de gap mesure l'écart entre l'état courant et la solution optimale
- La convergence est assurée par la méthode de moyennes successives (MSA)

# Conclusion

11

- Le modèle d'affectation inclut des contraintes de capacité:
  - L'inconfort de voyageurs à l'intérieur des véhicules
  - L'attente à quai pour les voyageurs
  - La modulation de fréquence pour les missions de service
  
- CapTA est un simulateur modulable. Il peut servir de base afin d'intégrer d'autres phénomènes de trafic:
  - **L'influence de densités de voyageurs à quai et en véhicule** sur le temps élémentaire en montée et descente
  - **L'acceptation par les voyageurs d'un encombrement en véhicule** plus fort quand la capacité résiduelle est trop inférieure au stock à quai
  
- Augmenter le réalisme du modèle d'affectation permet de servir de liaison avec d'autres modèles:
  - Avec modèles de demande de déplacements (choix d'horaire de départ ou choix de mode de transport)
  - Avec modèles de gestion de services pour une conception plus réaliste et puissante des plans de transports

12

Merci pour votre attention!



**Chaire « Socio-économie et modélisation  
des transports collectifs de voyageurs en  
milieu urbain »**

