

Société de Calcul Mathématique, S. A.  
*Algorithmes et Optimisation*



Méthodes mathématiques  
pour la conception et l'exploitation  
d'un réseau de transport en commun  
Application à la ville d'Amiens

*Veolia Transport, 2005-2008*

# Objectif 1

- ❖ Fournir à Veolia Transport des outils permettant, pour toute ville, de :
  - ◆ Répondre à un appel d'offres «réseau de transport » en 8 jours maximum
  - ◆ Prédimensionner le réseau, en évaluer les performances et la rentabilité, ainsi que l'impact sur l'environnement (comparaison avec l'automobile)

# Objectif 2

- ❖ Pour un réseau prédimensionné de manière grossière, ou pour un réseau existant, fournir à VT :
  - ◆ Des outils d'analyse
  - ◆ Des outils d'amélioration de la rentabilité : modification du tracé des lignes, de la fréquence, etc.

Ces deux objectifs correspondent à un savoir-faire spécifique et représentent un avantage concurrentiel

# Construction du réseau par un cheminement logique

Critères simples et clairs, acceptables par les décideurs locaux :

- Temps maximum de trajet inférieur à celui de l'automobile sur trajets significatifs
  - Ressources mises en place en fonction des besoins :
    - forte modularité
    - variation des tracés et des fréquences selon les besoins
- => Besoin d'informer les usagers

# Idées fondamentales pour la conception (1 et 2)

1. La concurrence de l'automobile est prise en compte de manière honnête : comparaison de temps et de coûts

2. Le réseau a un caractère social :

- Transporter le maximum de gens aux heures où c'est le plus utile
- Coûts et recettes calculés par ligne et par tranche horaire

On peut ainsi présenter aux responsables une offre modulable : tel service, tel coût.

# Idées fondamentales pour la conception (3)

3. Prise en compte des données environnementales, comparées à celles de l'automobile

- économies de combustibles fossiles
- de CO<sub>2</sub>
- de temps

# Exemple de mise en œuvre à Amiens : les données de base (1)

1. Obtention des diverses données à partir de cartes de densité de population, implantation des entreprises, des commerces, des lycées, des hôpitaux (des POI)

Ces données sont des données réelles (grossières, mais réelles), obtenues par nous soit à partir de cartes, soit par interrogation directe (lettres à la CCI, aux divers organismes, etc.)

Il ne s'agit pas de données factices !

## Les données de base (2)

Nous estimons que l'ensemble de ces données de population, de travailleurs, etc. constitue pour Veolia Transport un avantage concurrentiel majeur.

Il faut savoir sous quelle forme les récupérer, les stocker et les exploiter.

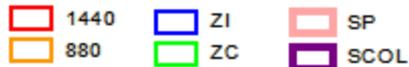
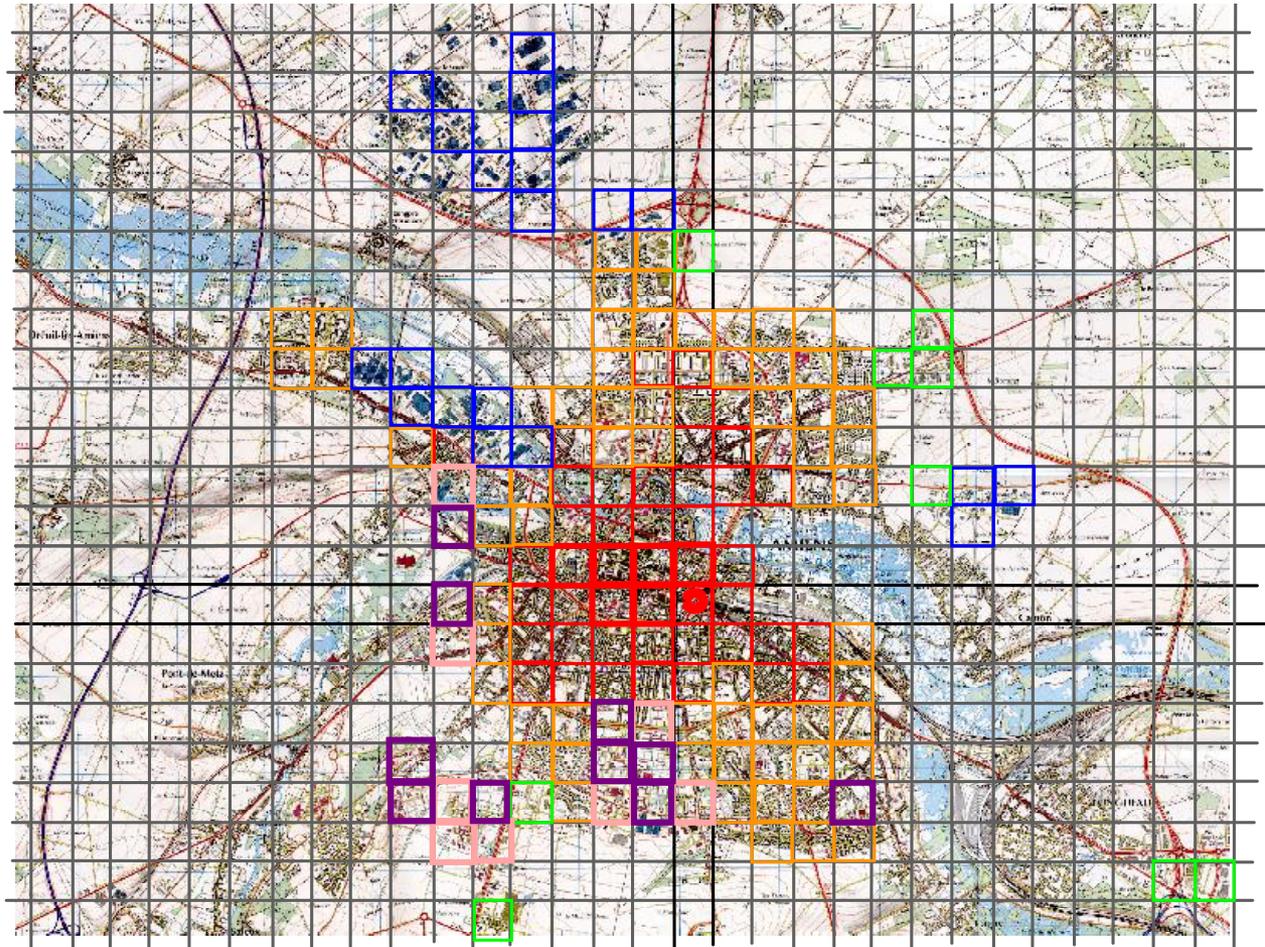
Nous avons construit deux bases de données sous Excel pour Amiens :

- Une base grossière qui renseigne l'ensemble des carrés
- Une base précise qui traite des POI

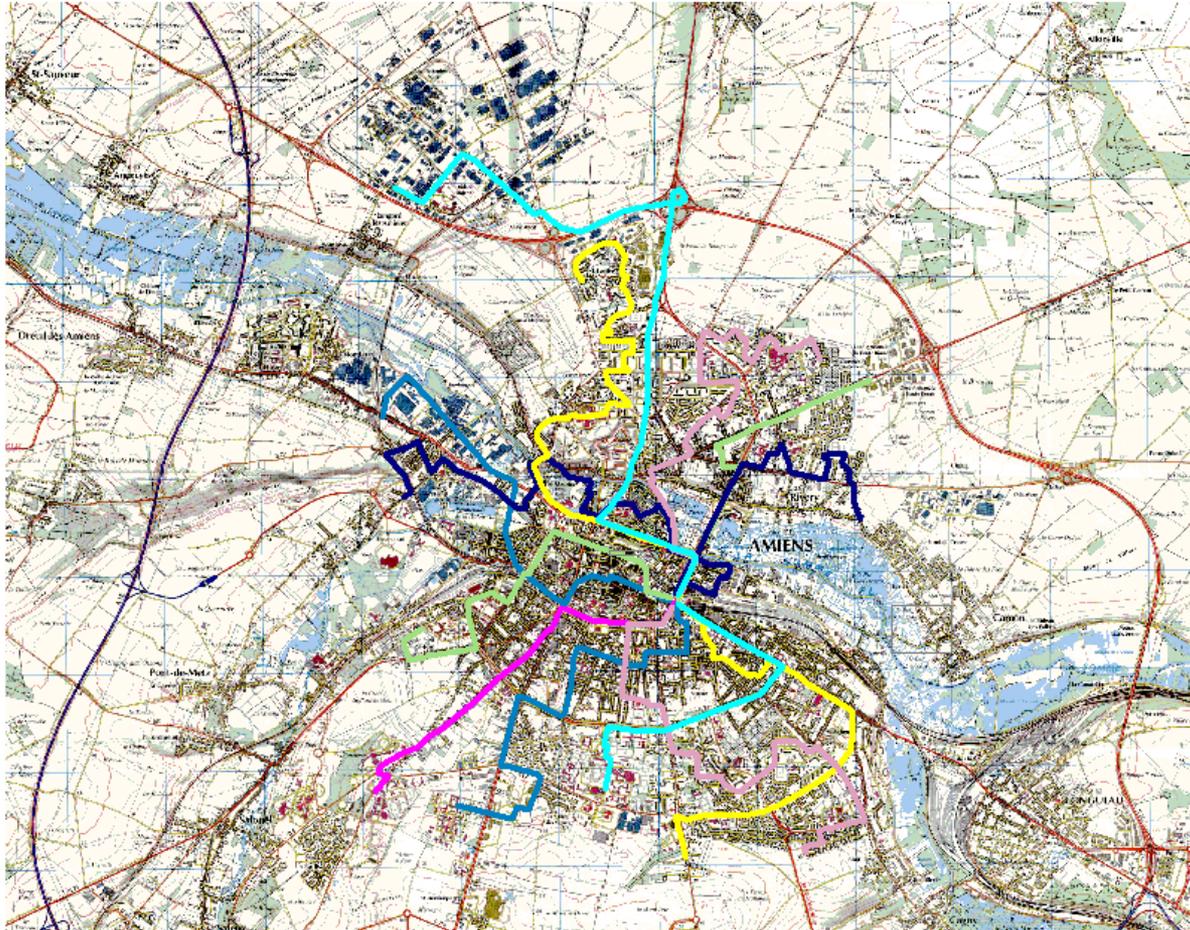
# Construction du réseau (1)

2. Couverture de la carte de population par des carrés de 400 m de côté : définition des stations
3. Liaison des stations entre elles
4. Choix d'un seul nœud central : minimiser les correspondances

# Construction du réseau (2) : Définition des stations



# Construction du réseau (3) : Réseau en étoile à Amiens



# Construction préliminaire du réseau

- La construction peut être paramétrée pour plusieurs configurations de fréquentation, par exemple :
  - ♦ 20 %, 50 %, 80% ou 100 % de la population
  - ♦ La rentabilité est indépendante de ce paramètre
- A partir de là, la suite logicielle construite permet un prédimensionnement des ressources

# Prédimensionnement des ressources

Calculs effectués par la suite logicielle :

- Calcul des flux entre stations
- Nombre de bus, par ligne et par tranche horaire
- Calcul des fréquences
- Calcul des coûts et de la rentabilité
- Calcul des émissions de CO<sub>2</sub>

A venir : Comparaisons avec l'automobile :

- Estimation du temps gagné
- De la quantité de combustible fossile utilisée
- De la quantité de CO<sub>2</sub> économisée

# Exemple sur Amiens

- Exemple de données obtenues pour le réseau d'Amiens

	20 % de la population	80 % de la population
Nombre de bus	76 bus	370 bus
Fréquence moyenne	5 min en Heures Pleines 1 h 30 en Heures Creuses	2 min en Heures Pleines 20 min en Heures Creuses

# Résultats de la suite logicielle

- En résumé, avec ces outils, Veolia Transport dispose de tous les arguments nécessaires pour répondre rapidement à un appel d'offres :
  - réseau complètement décrit, avec définition logique et claire des objectifs, des moyens, des résultats
  - comparaison avec l'automobile, à la fois sur le plan de l'attractivité et sur le plan du service rendu (économie d'argent, de temps, de combustibles, etc.)

# La suite logicielle : Outil d'exploitation

- Après le dimensionnement initial, vient l'exploitation. On s'aperçoit que certaines lignes sont mal dimensionnées et ne sont pas rentables.
- Notre suite logicielle est également un outil d'analyse, ligne par ligne, et de simulation, permettant l'étude de variantes.

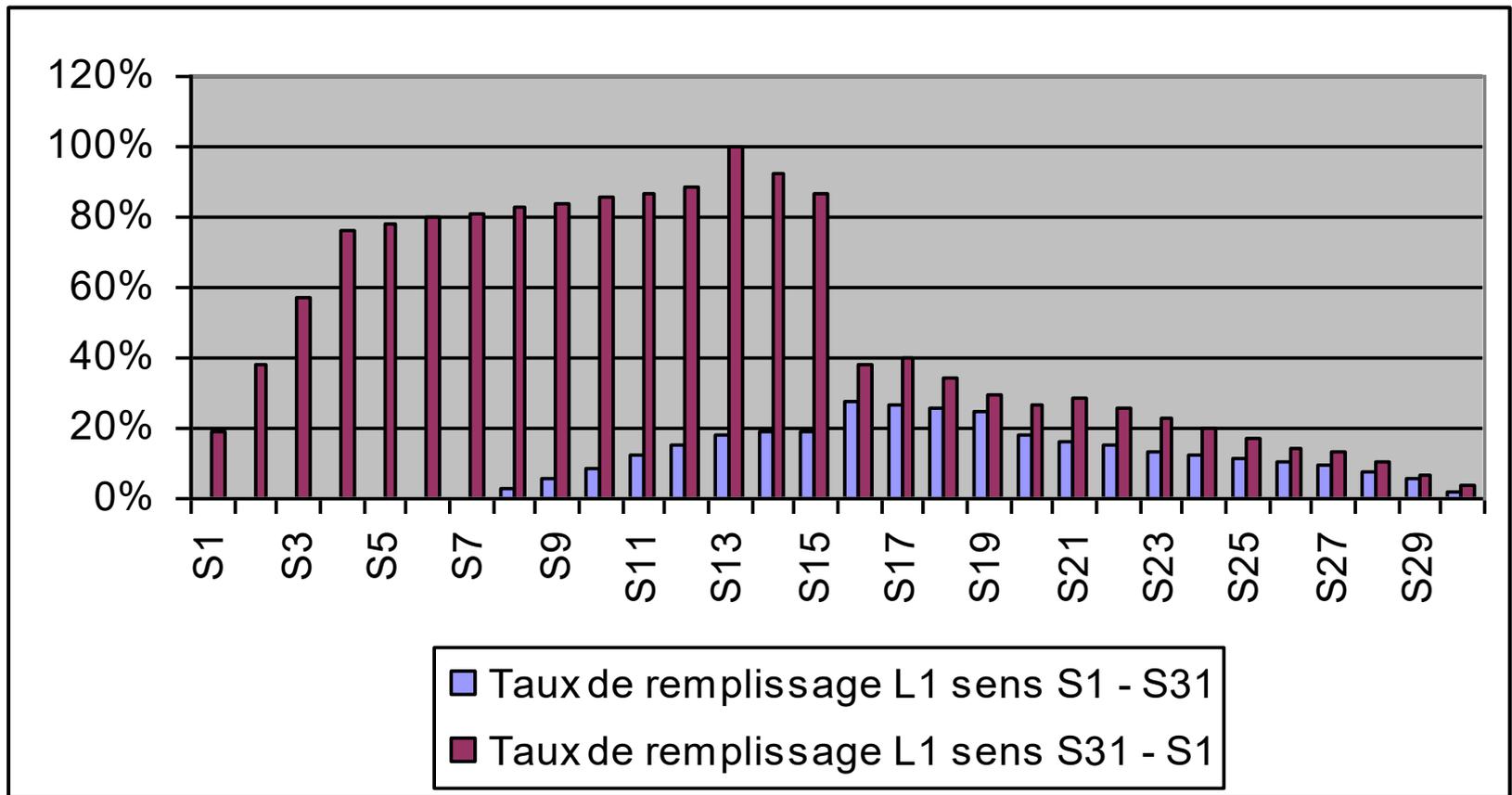
# Exemple réseau d'Amiens : rentabilité

- Avec les choix faits initialement, le réseau en étoile n'est pas rentable globalement
- Exemple Ligne 1 :
  - ♦ trafics non homogènes en heures pleines
  - ♦ ligne la moins rentable du réseau

	Rentabilité des Heures Pleines	Rentabilité des Heures Creuses	Rentabilité Globale
Taux de couverture des dépenses	29 %	58 %	33 %

# Courbe de charge de la ligne 1

Heures pleines du matin (6 h 30 - 9 h 00)



# Méthodes d'amélioration de la rentabilité

On simule diverses possibilités :

- ♦ Diminuer les fréquences de passage
- ♦ Diminuer la longueur de la ligne
- ♦ Réduire le parcours une fois sur deux
- ♦ Découper en sous-lignes
- ♦ Utiliser des remorques attelées
- ♦ Transport à la demande

Les solutions sont adaptables à toute ligne, et aux différents créneaux horaires de la journée

# Exemple ligne n°1 Amiens

Méthode d'amélioration	Taux de couverture des dépenses de la ligne 1
Configuration initiale	33 %
Diminution de fréquences	42 %
Diminution de longueur	33 %
Réduction parcours 1/2	44 %
Découpage de la ligne	43 %
Bus à remorque	<b>52 %</b>
Découpage + remorques	<b>57 %</b>

Aucune méthode n'est satisfaisante seule : il faut les coupler

# Amélioration de la rentabilité

- Nous disposons d'outils logiciels capables de simuler séparément ces différentes options (sauf TAD, pas implémenté) et de calculer la rentabilité dans chaque cas.
- Ces outils sont construits à partir de macros VBA sous Excel.
- Ils incorporeront les conséquences environnementales.

# En conclusion (1)

- La conception initiale du réseau passe par l'existence de base de données appropriées : grossières, mais d'exploitation facile.
- Après quoi, les outils que nous développons permettent un prédimensionnement rapide du réseau, avec toutes ses caractéristiques

## En conclusion (2)

- La rentabilité passe par des solutions flexibles, modulables et spécifiques, dépendant des lieux et des horaires.
- Il est nécessaire de se doter d'outils d'analyse et de simulation.