

# Choix modal

## Un modèle fondé sur les comportements et les préférences

### Module P22 – Choix modal

01. Contexte et état de l'art
02. Modes de transport retenus
03. Coûts généralisés et choix modal
04. Calibrage et validation
05. Conclusion et perspectives

# Partie 1

## Contexte et état de l'art

- 01. Contexte et état de l'art**
- 02. Modes de transport retenus
- 03. Coûts généralisés et choix modal
- 04. Calibrage et validation
- 05. Conclusion et perspectives

# Introduction

## Le modèle à quatre étapes

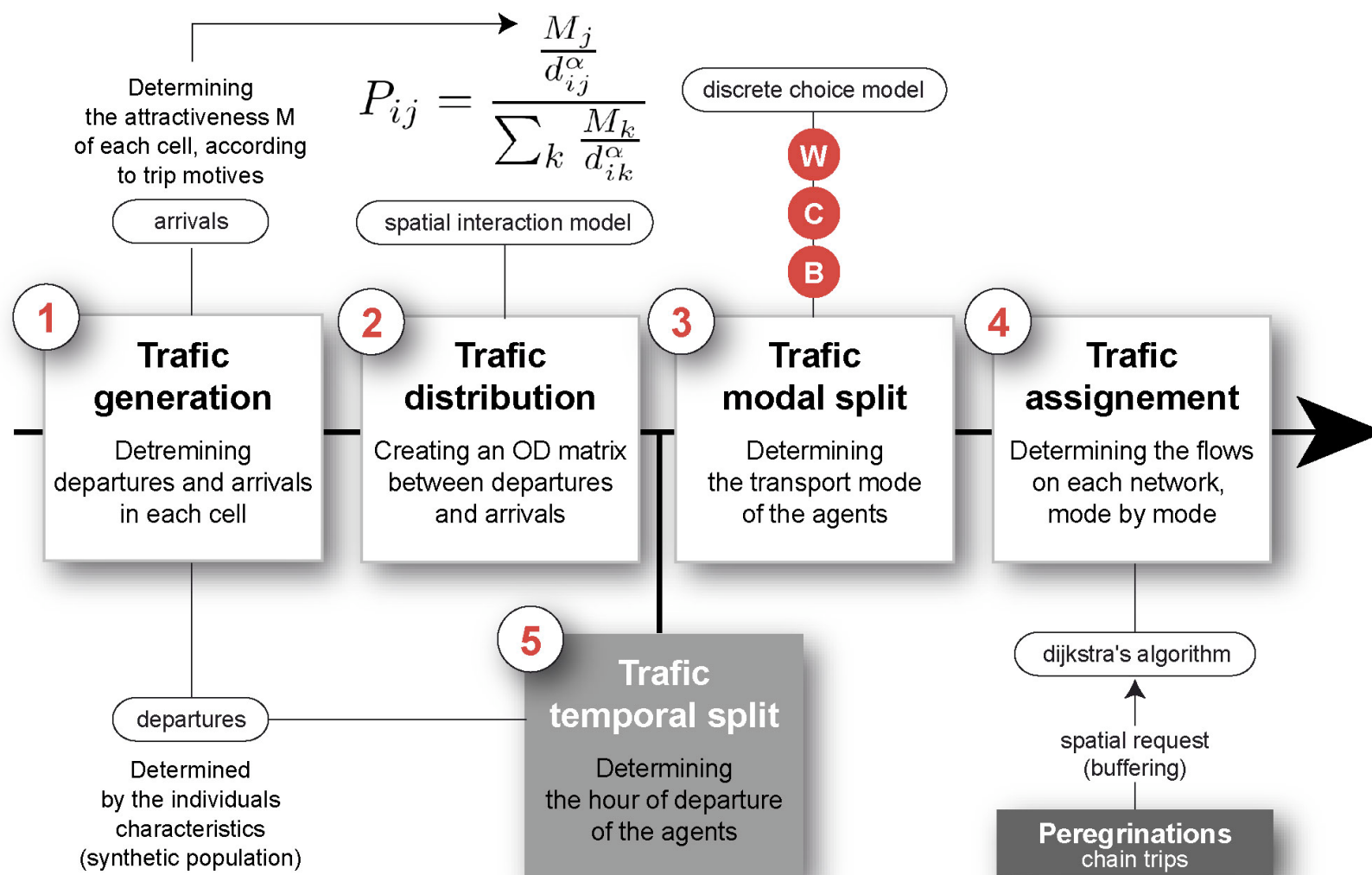


### Etat de l'art

Ben-Akiva and Lerman (1991), Le Nir (1991), Bonnel (1995), Cantillo *et al.* (2006).

Module P22  
Choix modal

Avril 2012



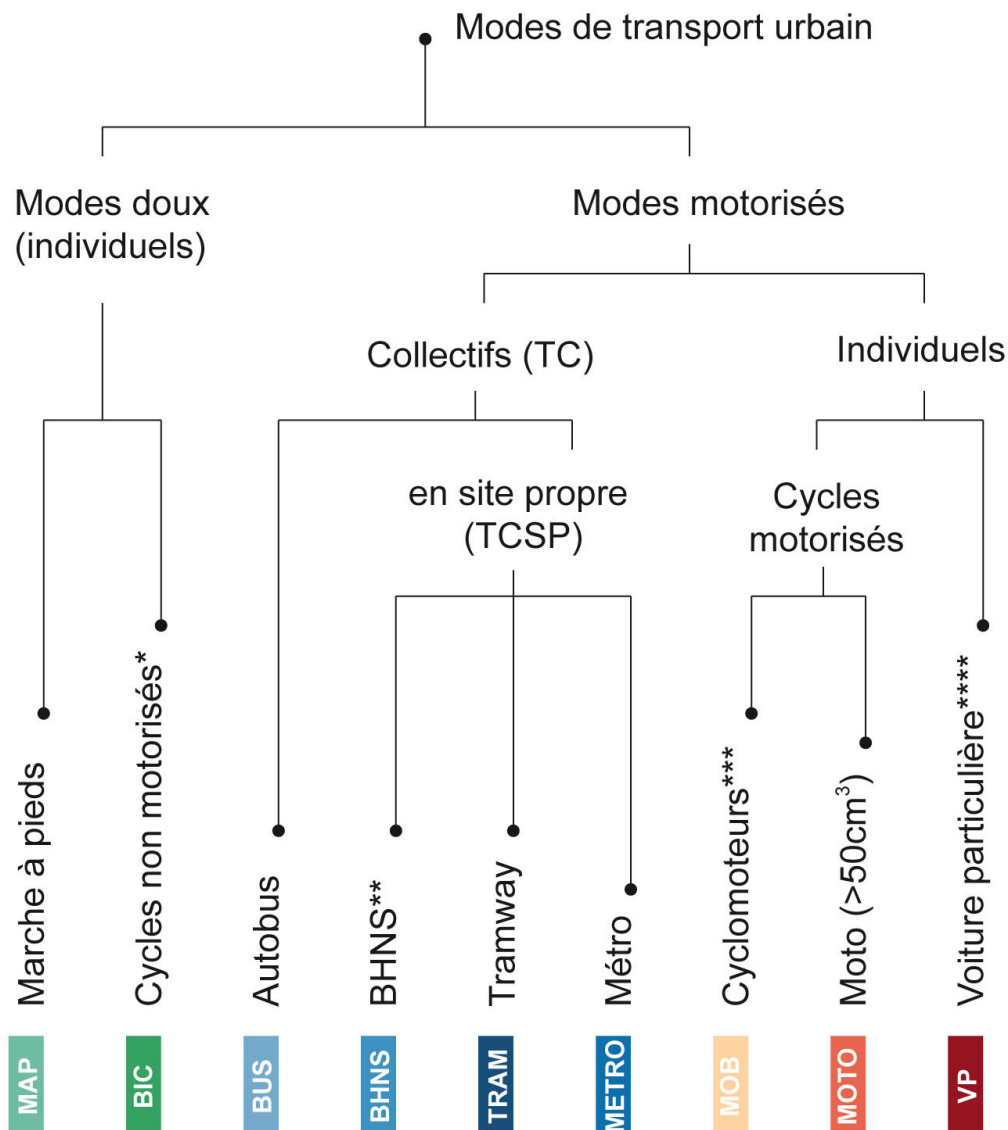
# Partie 2

## Modes de transport retenus

- 01. Contexte et état de l'art
- 02. Modes de transport retenus**
- 03. Coûts généralisés et choix modal
- 04. Calibrage et validation
- 05. Conclusion et perspectives

# Modes de déplacement

## Une différenciation multicritère



### Neuf modes de déplacement possibles

Différenciés par :

- leur coût
- leur vitesse
- leur niveau de confort
- leur impact environnemental
- les réseaux qu'ils empruntent

### Trois modes de déplacement généralement retenus

- VP
- BUS
- MAP

\* Terme générique regroupant notamment les bicyclette, vélo, trotinette, rollers, etc. ;

\*\* les BHNS correspondent aux autoBus à Haut Niveau de Service ; \*\*\* Terme générique regroupant les mobylettes, scooters de petite cylindrée (< 50 cm<sup>3</sup>) ; \*\*\*\* La voiture particulière est également appelée véhicule individuel ou automobile.

# Partie 3

## Coûts généralisés et choix modal

- 01. Contexte et état de l'art
- 02. Modes de transport retenus
- 03. Coûts généralisés et choix modal**
- 04. Calibrage et validation
- 05. Conclusion et perspectives

# Coûts généralisés et choix modal

## Calcul des coûts généralisés



### Coût généralisé

Coût qui ne tient pas uniquement compte du prix du carburant (pour l'automobile) ou de celui du titre de transport (pour les modes collectifs), mais qui intègre l'ensemble des coûts supportés par les usagers (Gaudry, 2007)



Il peut notamment intégrer les coûts d'amortissement des véhicules, la fiscalité et les assurances, le coût d'exploitation (carburant, réparation, stationnement payant et péages), le temps de déplacement, les coûts des retards, les accidents et l'inconfort, etc. (Raux, 2007)

L'ensemble de ces éléments n'étant que rarement connus ou quantifiables, ils sont approchés selon deux aspects dans MobiSim :

- les aspects fonctionnels du déplacement (relativement aisés à appréhender)
- les aspects associés aux différents usagers (plus délicats à généraliser)

### Prise en compte de la captivité

Le choix modal peut être contraint par :

- l'âge des agents (les mineurs n'ont pas le permis de conduire)
- l'équipement du ménages (possession d'un véhicule ou non)
  - report sur la marche et/ou les transports en commun
  - influence sur la distribution (destination des déplacements)

# Coûts généralisés et choix modal

## Calcul et pondération des coûts généralisés



À la première étape, les coûts sont calculés pour toutes les origines et toutes destinations possibles pour chaque mode de transport disponible.

- Sur le plan formel, on peut définir le coût généralisé de transport sur chaque tronçon  $k$  pour le mode  $m$  d'un agent  $a$  comme suit :
- Le coût généralisé pour le déplacement entre  $i$  et  $j$  de l'agent  $a$  par le mode  $m$  peut alors s'écrire :

coût de la distance

valeur du temps

$$CT_{a,m,k} = Cd_m \cdot d_k + Ct_a \cdot t_k$$

coût fixe pour le mode  $m$

$$C_{a,ij,m} = Cf_m + \sum_{k=i}^j CT_{a,m,k}$$

A la deuxième étape, le coût généralisé par mode  $C_{a,ij,m}$  est pondéré par certaines caractéristiques de l'agent et du mode

Quatre facteurs clefs sont retenus :

- **l'équipement** de l'agent : par exemple, permis de conduire et véhicule
- **la sensibilité écologique** de l'agent : paramètre actuellement non actif
- **le confort** de chaque mode de transport : aspects liés à l'espace, à la qualité des équipements, à la tranquillité, etc.

La pondération peut alors s'écrire :

$$c_{a,ij,m} = C_{a,ij,m} \cdot equip_{m,a} \cdot senseco_{m,a} \cdot confort_{m,a}$$

# Coûts généralisés et choix modal

## Probabilités de choix modal

La probabilité de choix modal  
est finalement calculée en quatre temps

- On détermine le coût minimum :

$$c_{a,ij} = \min\{c_{a,ij,m}\}$$

- L'écart relatif du coût pour le mode  $m$  par rapport au coût minimum :

$$\Delta_{a,ij,m} = \frac{c_{a,ij,m} - c_{a,ij}}{c_{a,ij}}$$

- On transforme le coût de chaque mode en probabilité :

$$P_{a,ij,m} = \begin{cases} 1 - \frac{\Delta_{a,ij,m}}{\Delta_{max}} & \text{si } \Delta_{a,ij,m} < \Delta_{max} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- On obtient une loi de probabilité discrète  $p_{a,ij}$   
pour le mode de l'agent  $a$  pour son trajet entre  $i$  et  $j$  :

$$p_{a,ij,m} = \frac{P_{a,ij,m}}{\sum_k P_{a,ij,k}}$$



### Exemple

Pour un agent  $a$  et un trajet  $ij$ ,  
trois modes sont possibles :

VP : 2 €  
MAP : 3€  
TC : 4€

Le coût minimum est de 2 €.

$\Delta VP = (2-2)/2 = 0$   
 $\Delta MAP = (3-2)/2 = 0.5$   
 $\Delta TC = (4-2)/2 = 1$

Avec  $\Delta_{max} = 1$  on obtient :

$pVP = (1-0/1)/1.5 = 2/3$   
 $pMAP = (1-0.5/1)/1.5 = 1/3$   
 $pTC = (1-1/1)/1.5 = 0$

$\Delta_{max}$   
écart relatif maximum acceptable

# Partie 4

## Calibrage et validation

- 01. Contexte et état de l'art
- 02. Modes de transport retenus
- 03. Coûts généralisés et choix modal
- 04. Calibrage et validation**
- 05. Conclusion et perspectives

# Calibrage

## Les coûts monétaires



Choix des paramètres de coût monétaire par mode de déplacement

- **Pour la voiture (VP)**  
le coût d'un déplacement est variable en fonction du nombre de kilomètres parcourus. Le coût kilométrique se base sur les barèmes appliqués par la DGFP (déduction de frais réels).
- **Pour les transports en commun (TC)**  
Le coût est fixe (ticket de bus et/ou abonnement).  
Il a été défini à partir du prix des abonnements mensuels de l'AOT
- **Pour la marche à pied (MAP) et la bicyclette (BIC)**  
Le coût lié au déplacement est nul

|       | Coût fixe (€) | Coût variable (€/km) |
|-------|---------------|----------------------|
| VP    | 0             | 0,55                 |
| TC    | 0,54          | 0                    |
| MAP   | 0             | 0                    |
| Moto  | 0             | 0,4                  |
| Cyclo | 0             | 0.26                 |
| Bic   | 0             | 0                    |

Récapitulatif des paramètres

| Parameter      | Value                              |
|----------------|------------------------------------|
| fixCostTC      | 0.54                               |
| timeCost       | 1.0                                |
| kmCost         | {0=0.0, 1=0.0, 2=0.55, 4=0.0, 8... |
| coefConfort    | {1=1.3, 2=1.0, 4=1.0, 8=1.0}       |
| propMax        | 2.0                                |
| constraintMode | false                              |

Fenêtre de paramétrage MobiSim

# Calibrage

## Valeur du temps, PropMax, confort, etc.



Choix des paramètres complémentaires par mode de déplacement  
ou par type d'agents

### ● Valeur du temps

Actuellement, la valeur du temps est fonction du niveau de revenu des agents  
Elle ne tient pas compte du motif de déplacement  
Elle a été fixée de manière empirique :  $C_{t,a} = 1$

### ● PropMax

Par défaut, la probabilité que les agents empruntent un mode de transport existe si le coût généralisé du trajet n'est pas supérieur à deux fois le coût minimum calculé (PropMax = 2).

### ● Confort

Le confort a été défini par mode de transport  
Il ne tient pas compte des caractéristiques des agents  
La marche à pied a été considérée comme moins confortable que les autres modes (1.3 contre 1)

### ● Paramètres complémentaires

Temps de correspondance : 2mn  
Temps de stationnement : 5mn

| Coût monétaire |               |            | Temps - Par. réseau |          | Valeur du temps | Confort         |                |                | Prop max  |
|----------------|---------------|------------|---------------------|----------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|
| $C_{MAP}$      | $C_{fixes,m}$ | $C_{d,VP}$ | $TimeCor_{TC}$      | $C_{pk}$ | $C_{t,a}$       | $Confort_{MAP}$ | $Confort_{TC}$ | $Confort_{VP}$ | $PropMax$ |
| 0              | 0,54          | 0,55       | 2                   | 5        | 1               | 1,3             | 1              | 1              | 2         |

## Validation Confrontation à l'EMD



Comparaison des données MobiSim / EMD

### Données issues de l'EMD

| mode                                                                 | nombre déplacements | pourcentage  | durée moyenne (min) |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|---------------------|
| <b>mode doux – équivalent MAP</b> (code EMD : 0, 11 ,14)             | 166 486             | <b>29,03</b> | 13,87               |
| <b>passagers – équivalent TC</b> (code EMD : 31, 41, 51, 61, 71, 72) | 58 034              | <b>10,27</b> | 26,68               |
| <b>modes motorisés – équivalent VP</b> (code EMD : 21,22,12,13)      | 344 735             | <b>60,10</b> | 17,53               |
| <b>autres</b> (code EMD 81, 93)                                      | 3 435               | 0,60         |                     |
| <b>TOTAL</b>                                                         | 573 574             | 100          |                     |

### Données issues de MobiSim

| Mode         | Nombre  | Proportion | Durée (min) |            |         |         | Coût (€) |            |         |         | Distance (m) |            |         |           |
|--------------|---------|------------|-------------|------------|---------|---------|----------|------------|---------|---------|--------------|------------|---------|-----------|
|              |         |            | moyenne     | écart-type | minimum | maximum | moyenne  | écart-type | minimum | maximum | moyenne      | écart-type | minimum | maximum   |
| MAP          | 170 724 | 31,86      | 21,38       | 23,66      | 0,03    | 455,41  | 3,12     | 3,39       | 0,00    | 77,21   | 1 263,19     | 1 561,64   | -       | 30 302,62 |
| TC           | 49 019  | 9,15       | 65,29       | 48,41      | 4,47    | 460,36  | 11,68    | 8,85       | 0,97    | 72,88   | 6 851,40     | 4 171,55   | 184,90  | 38 908,19 |
| VP           | 316 173 | 59,00      | 17,59       | 5,98       | 5,01    | 57,66   | 5,80     | 3,87       | 0,25    | 29,30   | 4 914,44     | 4 733,98   | -       | 36 500,05 |
| <b>TOTAL</b> | 535 916 |            |             |            |         |         |          |            |         |         |              |            |         |           |



### Comparabilité

Seuls les déplacements modélisés dans MobiSim ont été comptabilisés, c'est-à-dire ceux liés aux motifs travail, recherche d'emploi, étude, accompagnement scolaire, commerces et services, loisirs et réseau social (CF. module P21).

Ces motifs correspondent aux codes de l'EMD :

11, 12, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 51, 52, 54, 61, 62.

# Partie 5

## Conclusion et perspectives

- 01. Contexte et état de l'art
- 02. Modes de transport retenus
- 03. Coûts généralisés et choix modal
- 04. Calibrage et validation
- 05. Conclusion et perspectives**

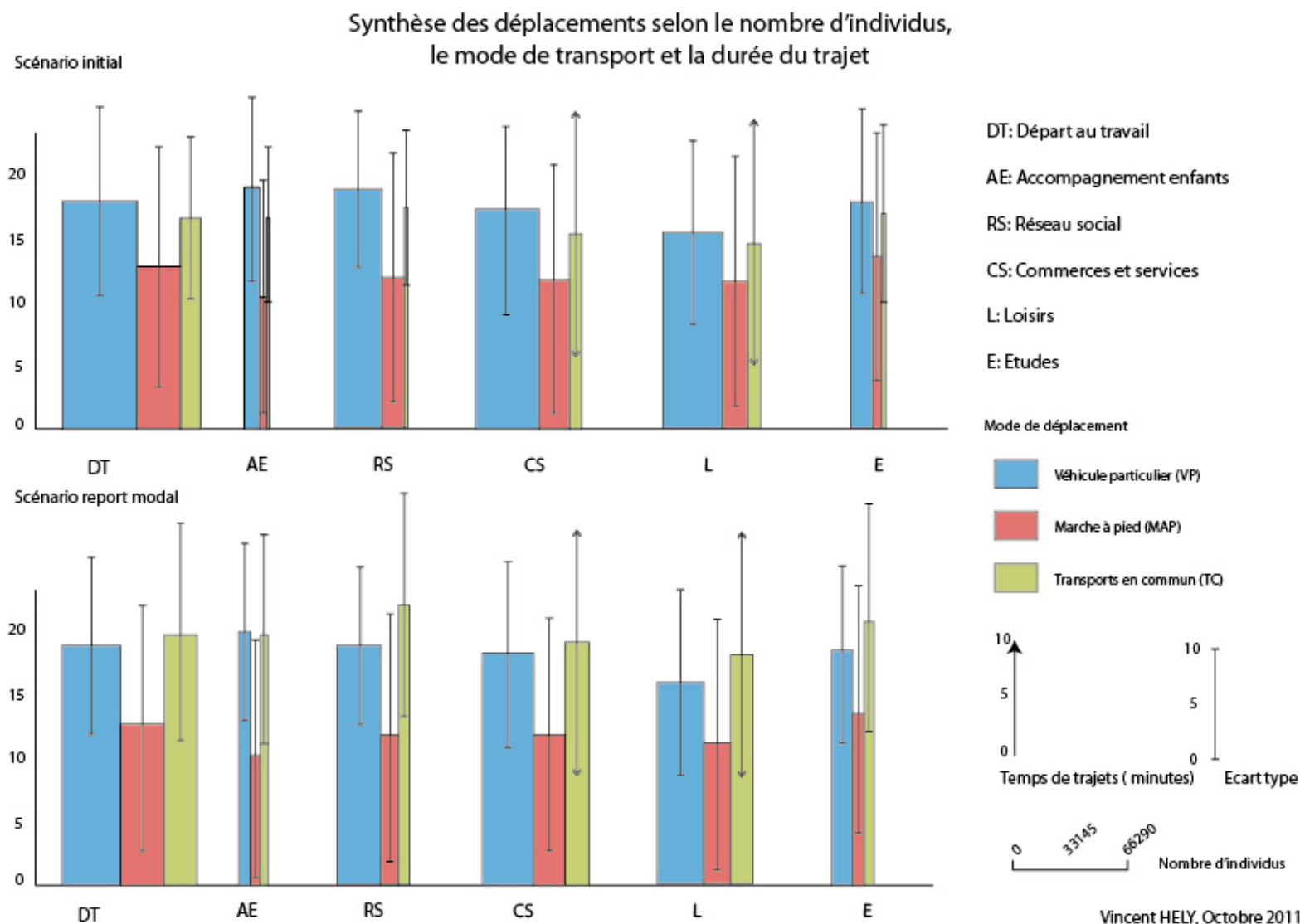
Avril 2012

# Résultats

## Un exemple d'indicateur pour des scénarios



Il est possible de croiser le mode de déplacement, les temps de trajet, le motif de déplacement et le nombre d'agents qui se déplacent dans un graphique synthétique permettant de comparer des scénarios



## Perspectives

### Retour sur le modèle à quatre étapes

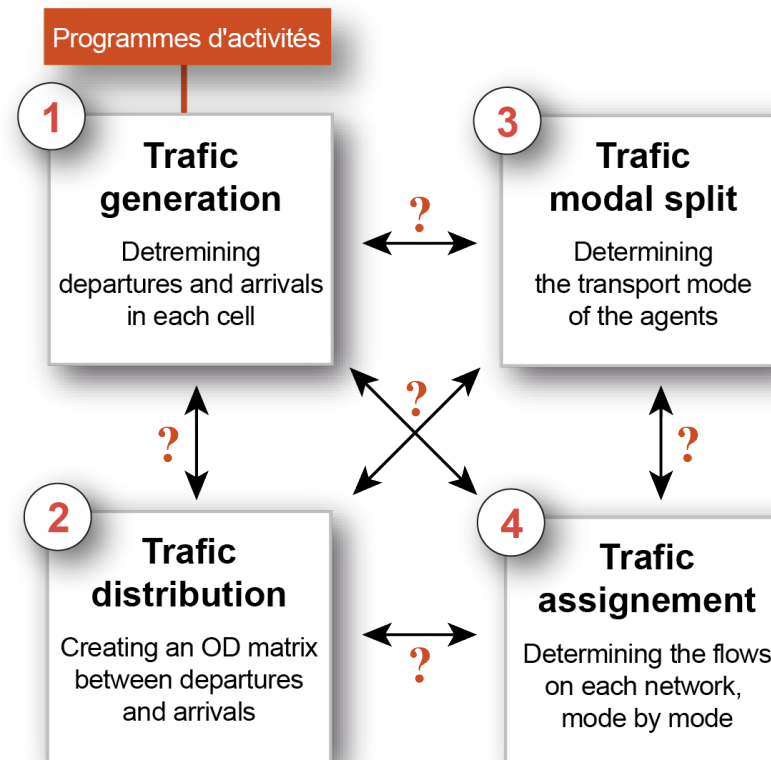


L'approche individu-centrée permet une approche individualisée du choix modal des agents. Cette étape, qui apparaît presque à la fin dans la logique à quatre étapes, se révèle ici fondamentale.

Le choix modal détermine en partie :

- le programme d'activité
- la distribution des déplacements

**Une perspective complémentaire :**  
intégrer la négociation intra-ménages  
dans le choix modal



→ De manière plus générale, le séquençage du modèle à quatre étapes et l'indépendance des étapes peuvent être remises en cause.