

# Les transports routier, ferroviaire, aéronautique

---

## Séance 3 : La mobilité et la demande



Cours Magistral

*12/03/2024*

yeltsin.valero@transamo.com

# Planning de la séance

---

- **Cours Magistral**

1. La mobilité : histoire, contexte, recueil de données
2. La demande : caractéristiques, **modèle à 4 étapes**
3. Application : Métro - Grand Paris

- **Travaux dirigés**

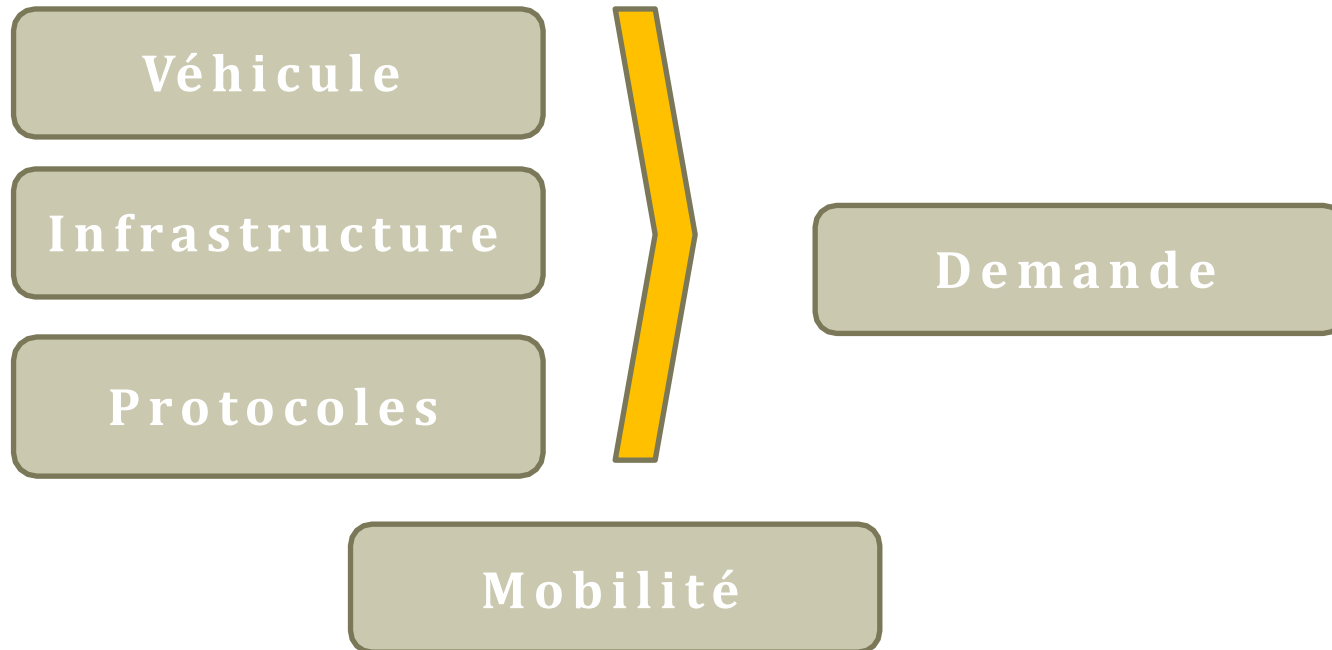
1. Distribution spatiale
2. Répartition du trafic
3. Calcul des parts modales

# 1. La mobilité

---

# Introduction

---



# Le franchissement des espaces

## ❑ Différenciation / organisation de l'espace :

- domicile
- travail
- école
- commerce
- hôpital



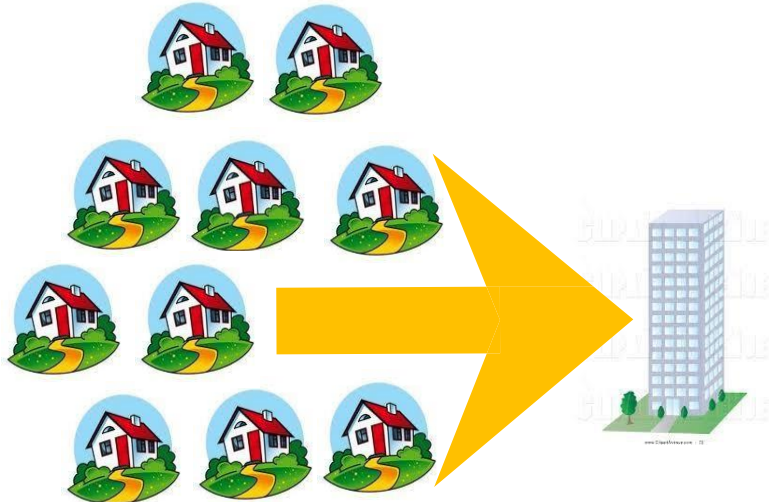
**Besoin de se déplacer**



**à une distance croissante**

- ## ❑ Quelques facteurs :
- ✓ Forte concentration de la population
  - ✓ Etalement urbain
  - ✓ Avancements technologiques
  - ✓ Sphère économique élargie

# La congestion



- un phénomène nouveau ou ancien ?
- un problème intrinsèque ou évitable ?

- un indicateur d'échec ou de réussite ?



# La mobilité (1/2)

---

## ❏ Définition :

- Propriété de ce qui est susceptible de mouvement, de ce qui peut se mouvoir ou être mu, changer de place ou de fonction (Larousse)
- La **capacité** des personnes et des biens à se déplacer ou à être transportés d'un endroit à un autre
- Mobilité individuelle : le nombre de déplacements effectués par un individu



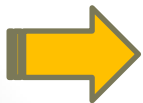
**La mobilité comme droit et liberté**

# La mobilité (2/2)

---

## ❑ Pourquoi étudier la mobilité (Orfeuil, 2008) ?

1. La capacité de mobilité des hommes a plus augmenté au cours du dernier demi-siècle que depuis l'aube de l'humanité
2. Les progrès dans les capacités de mobilité n'ont cessé de donner lieu à polémique
3. L'opinion, dite publique, sur la mobilité et l'automobile a évolué très rapidement



## La mobilité dé-range

- 7 % du temps éveillé
- > 200 milliards d'euros
- > 3 millions d'emplois



# Quelques caractéristiques

---

- Quelle **échelle** géographique et quelle **portée** ?
  - mobilité urbaine, interurbaine, internationale, ...
- Quelle **fréquence** ?
  - mobilité quotidienne, mensuelle, annuelle, ...
- **Quand ?**
  - Jour ouvrable ou férié, heures de la pointe ou heures creuses ?
- Quel **motif** de déplacement ?
  - le travail, le loisir, les achats, les études, ...
- Quel **mode** de transport ?
  - transport public, mobilité automobile



# Quelques chiffres (1/2)

---

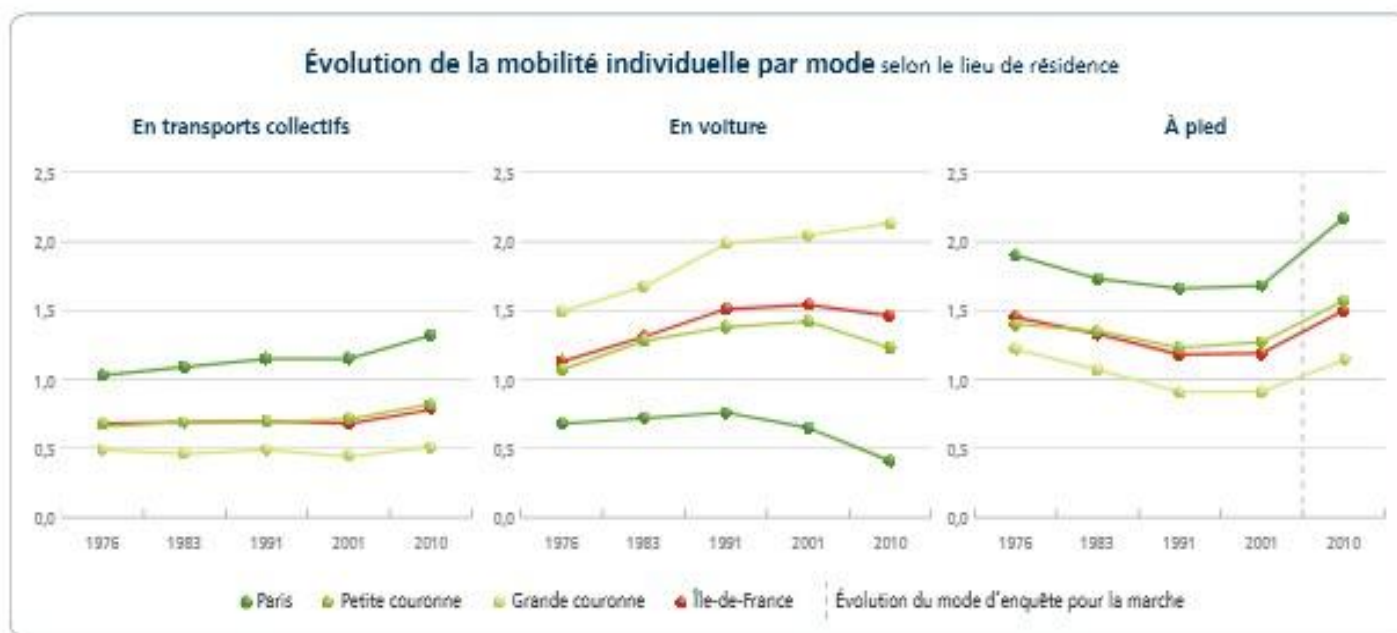
## ■ En France :

- 900 milliards de km
- 150 milliards de km à l'étranger
- 16.000 km / personne
- 1.000 déplacements / personne
- 15,3 % du budget des ménages
- **Répartition** en termes de :
  - ✓ Nombre de déplacements : voiture - 60%, m-a-p - 25%
  - ✓ Kilomètres parcourus : voiture - 83 %



# Quelques chiffres (2/2)

## Ile-de-France :



# Des facteurs – clés

---

## ❑ La politique des déplacements et de l'espace

✓ Ex. : Où donner la priorité ?

## ❑ Le contexte économique

✓ Ex. : la crise étouffe la mobilité

## ❑ Le mode de vie

✓ Ex. : le taux de motorisation

## ❑ L'accessibilité

✓ Ex. : tarification et l'offre du transport

## ❑ L'environnement (bâti et naturel)

✓ Ex. : ville compacte vs. ville étalée

# Des outils et des textes

---

## ❑ **Le livre blanc de l'UE :**

- Feuille de route pour un espace européen unique des transports – Vers un système de transport compétitif et économe en ressources

## ❑ **Le plan des déplacements urbains (PDU) :**

- Outil global de planification de la mobilité à l'échelle d'une agglomération, il définit les principes d'organisation du transport et du stationnement des personnes et des marchandises, tous modes confondus.

# Les sources des données

---

## ❏ Les mesures :

- Comptage manuel
- Comptage automatique

## ➤ Catégories :

- Origine – Destination
- Cordon
- Ménage
- Questions précises
- Carnet de bord

## ❏ Les enquêtes :

- Préférences révélées
- Préférences déclarées

**+ Des indicateurs indirects ou des enquêtes spécifiques**

# L'enquête globale des transports - 2010

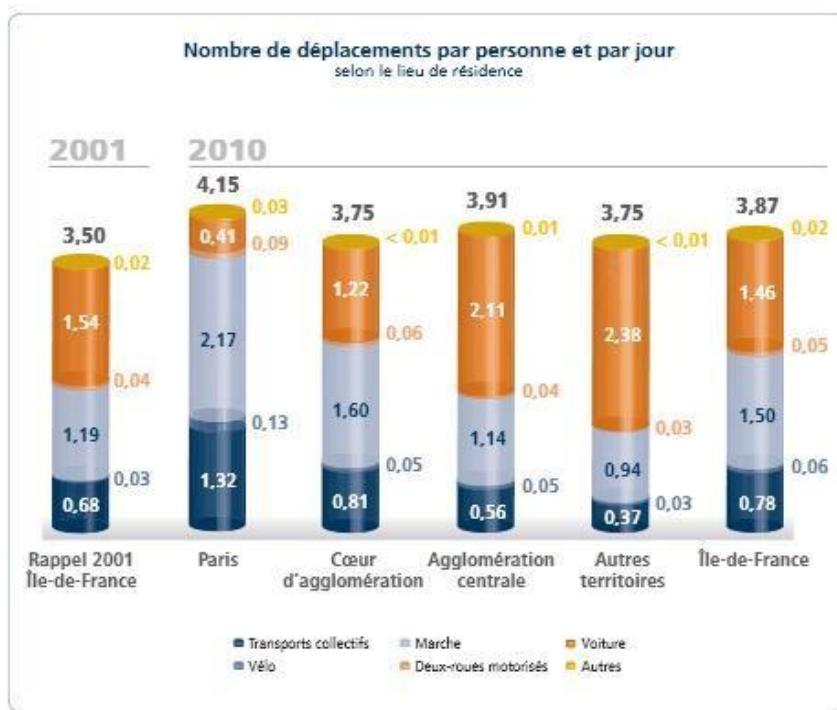
---

## ❑ **Éléments de méthode :**

- 18 000 ménages franciliens tirés au sort
- 43 000 personnes âgées de 5 ans et plus
- entretien face à face au domicile
- questions sur les déplacements effectués la veille
- 140 000 déplacements décrits
- Le territoire régional a été découpé en carreaux de 100 m

# L'enquête globale des transports - 2010

Chaque jour, 93 %  
des Franciliens  
se déplacent.

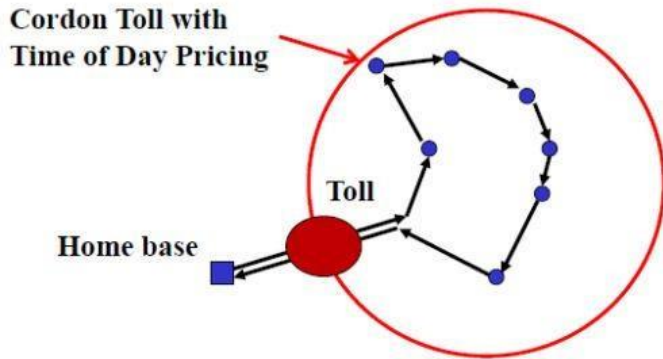


Les inégalités de l'espace



# Les tendances ...

## ➤ Agir sur la demande et pas sur l'offre



## ➤ Flexibilité et confort



## ➤ Recevoir et émettre une richesse d'information



## ➤ Penser usage et pas possession

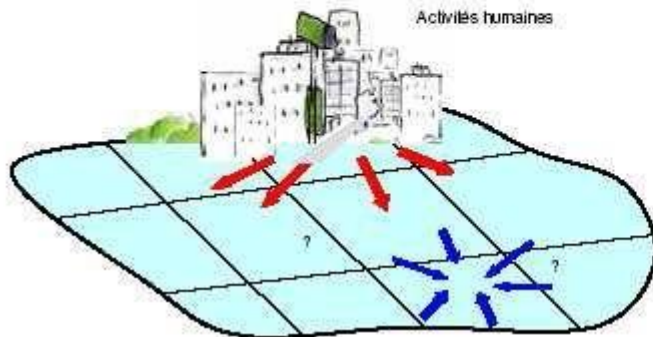


## 2. La demande

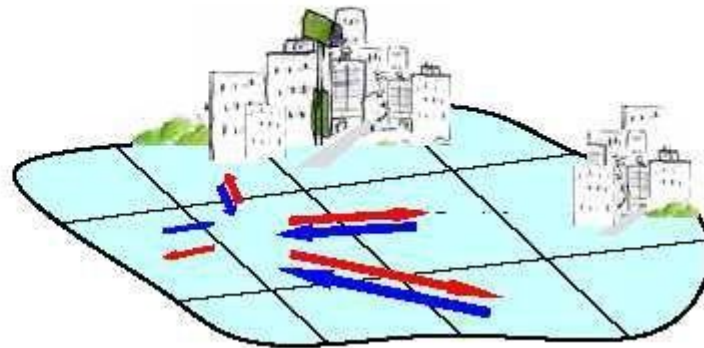
---

# Le modèle à 4 étapes – vue d'ensemble

**Génération** : se déplacer, avec quelle intensité ?



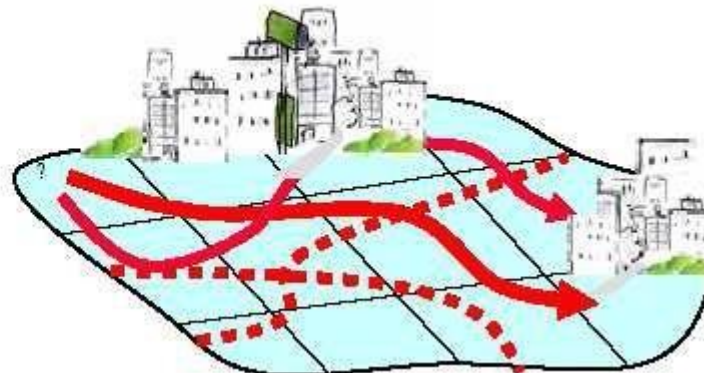
**Distribution spatiale** : quelle destination choisir ?



**Choix modal** : quel mode utiliser ?



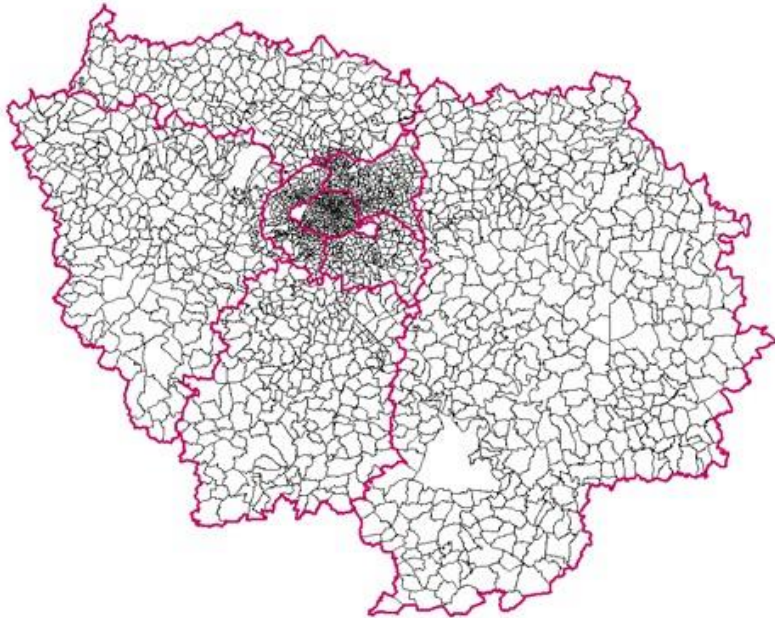
**Affectation** : par où cheminer ?



# Travail préparatoire

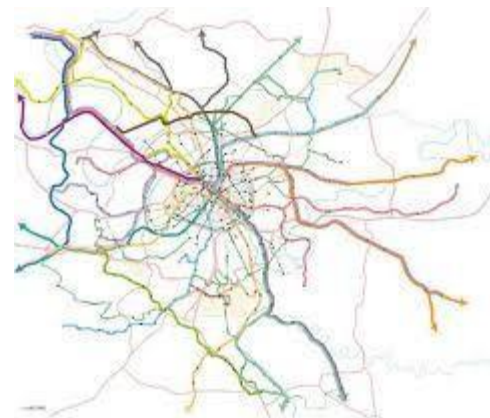
---

## ❑ Le zonage d'étude



## ❑ Le recueil des données

- Population
- Emploi
- Réseau transport

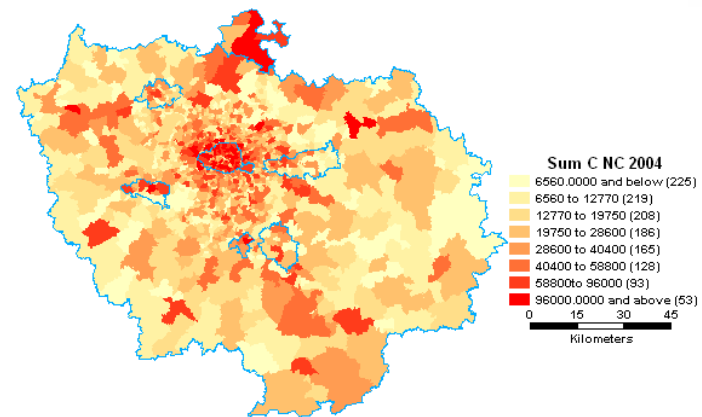
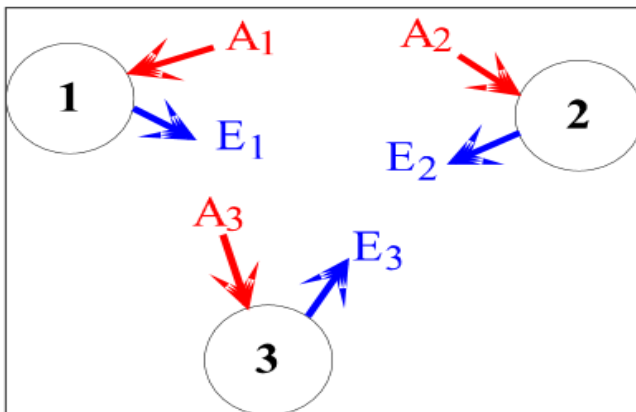


# A. La génération



Se déplacer ou non ?

- ❑ le nombre de déplacements par les résidents du secteur
- ❑ le nombre de déplacements émis et reçus par zone élémentaire



Émissions

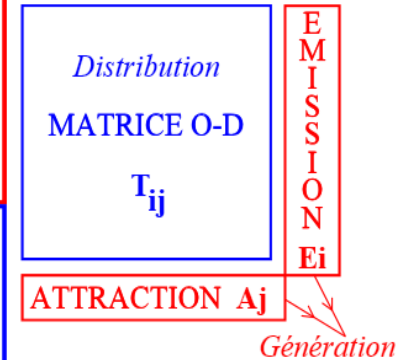
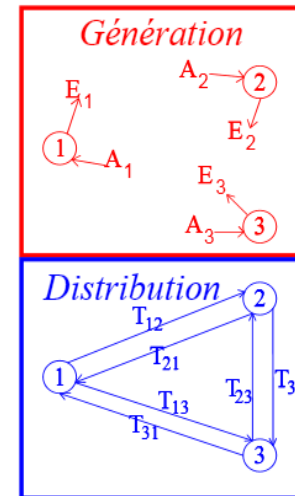
Attractions

## B. La distribution (1/3)



Où aller ?

- ☐ Quelle destination choisir
- ☐ Le calcul des matrices O - D

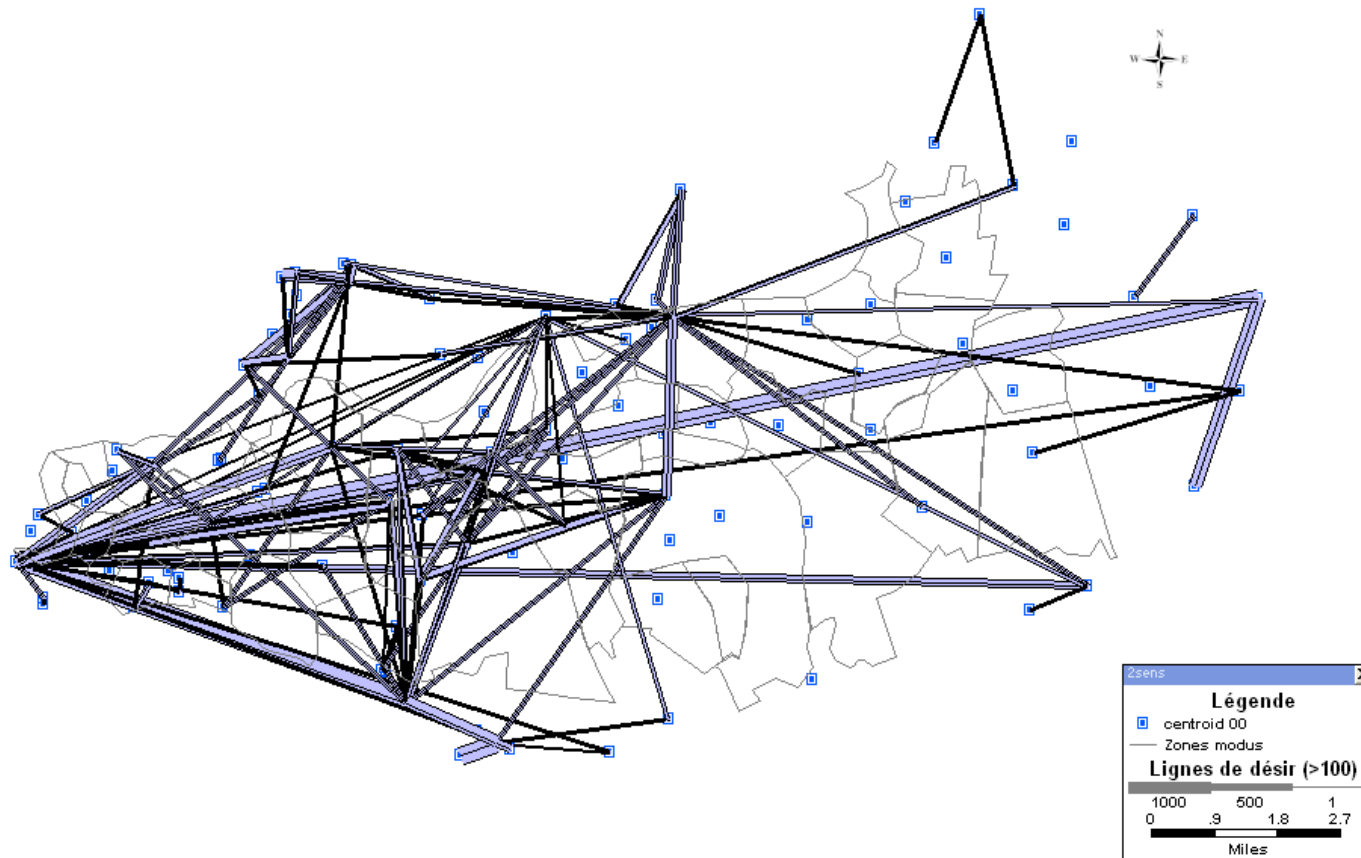


		destination			Emissions : $\sum_j T_{ij}$
	Zone	1	2	3	Total
origine	1	$T_{11}$	$T_{12}$	$T_{13}$	$T_{1.} \approx E_1$
	2	$T_{21}$	$T_{22}$	$T_{23}$	$T_{2.} \approx E_2$
	3	$T_{31}$	$T_{32}$	$T_{33}$	$T_{3.} \approx E_3$
Attractions : $\sum_i T_{ij}$	Total	$T_{.1} \approx A_1$	$T_{.2} \approx A_2$	$T_{.3} \approx A_3$	$T \text{ ou } T_{..} = \sum_{i,j} T_{ij}$

Source : Bonnel (2001)

## B. La distribution (2/3)

### □ Lignes de désir



## B. La distribution (3/3)

---

❑ **Problème** : estimer le volume de déplacements sur une relation O-D  
à partir des comptages et des enquêtes aux O-D

❑ **Méthode des facteurs de croissance** :

- Objectif : Matrice O-D  $[q_{ij}]$  compatible avec des marges d'émission et de réception fixées
- Marges d'émission :  $\sum q_{io} = E_o$
- Marges d'attraction :  $\sum q_{id} = R_d$
- Marges en 2 dimensions : **algorithme bi-proportionnel**
- Déformations successives  $\rightarrow$  itération jusqu'à convergence (cf. TD)



## C. Répartition modale (1/3)



Quel mode ?



- ❑ éclater la matrice O-D en matrices O-D modales
- ❑ notamment distinguer VP - TC

Grilles de répartition modale

Etude: test Variante: test1

Motif du déplacement: Domicile - Travail  
Mode de transport: Voiture Particulière

VP TC 2R  
Domicile-Travail  
Domicile-Autres  
Secondaires

Type de relation

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	93	80	82	100						
2	80	86	90	100						
3	82	90	100	100						
4	100	100	100	100						
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Totaux 100 % Imp. fenêtre OK Annuler Aide

## C. Répartition modale (2/3)

---

### ❏ Éléments théoriques :

- Variable discrète vs continue
- Modèle de choix discrets :
  - Choix dans un « ensemble discret » : les options non divisibles, mutuellement exclusives
  - $U(x_1, \dots, x_n), x_i \in \mathbb{R}$
  - On choisit les  $x_i$  pour maximiser  $U$
  - La meilleure option est celle qui minimise **le coût généralisé**



**temps + coût monétaire**

Exemple !

## C. Répartition modale (3/3)

### ❑ Le modèle multinomial logit :

- Des propriétés intéressantes :

$$P(i|C_n) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}}$$

-- L'indépendance des alternatives

– Probabilité que l'option  $i$  soit choisie:

$$\pi_i = \frac{e^{\theta V_i}}{\sum_{j=1}^n e^{\theta V_j}}$$

Cf. TD 3

– Espérance du maximum des utilités:

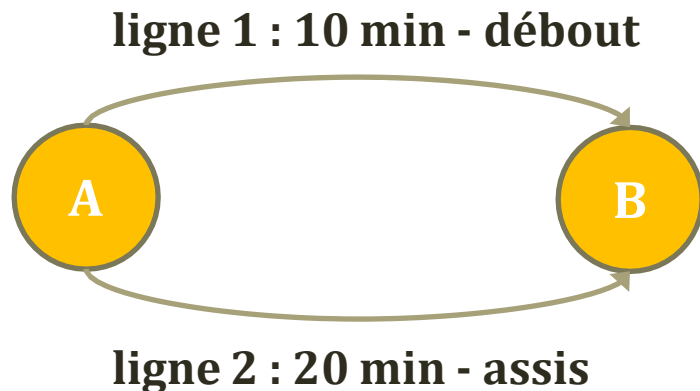
$$E(\max(U_1, \dots, U_n)) = \frac{1}{\theta} \ln \left( \sum_{i=1}^n e^{\theta V_i} \right)$$

## D. L'affectation (1/2)

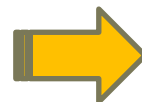


### Quel itinéraire ?

- ❑ produire la charge du trafic sur les différents réseaux
- ❑ courbes débit - vitesse  $\rightarrow$  temps de parcours  $\rightarrow$  coût généralisé
- ❑ présuppose la codification du réseau : arcs et nœuds



**O-D :  $A \rightarrow B$  : 100 passagers**



Qui prend quel chemin?

## D. L'affectation (2/2)

### □ L'aspect dynamique

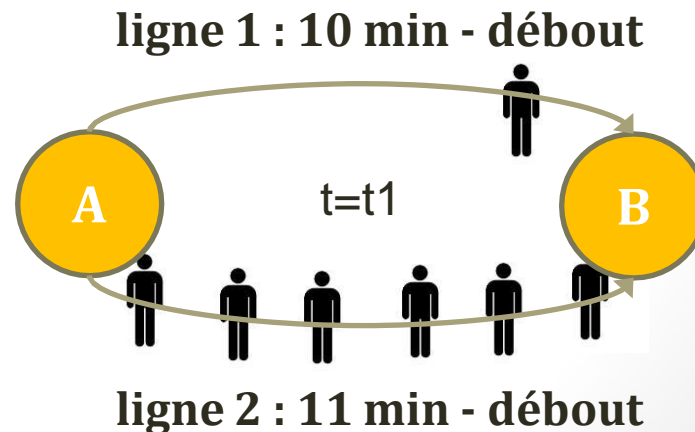
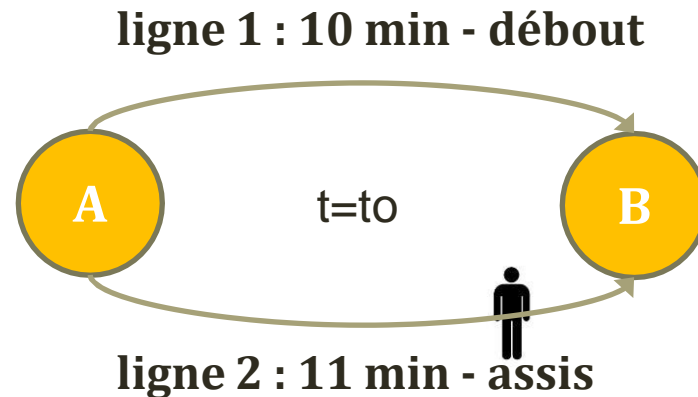
O-D : A → B : 100 passagers /h



Capacité : 50 assis

$t=t_0$  : Ligne 2 → plus attractive

$t=t_1$  : Ligne 1 → plus attractive



### 3. Application : Grand Paris

---

# Etude de prévision du trafic

---

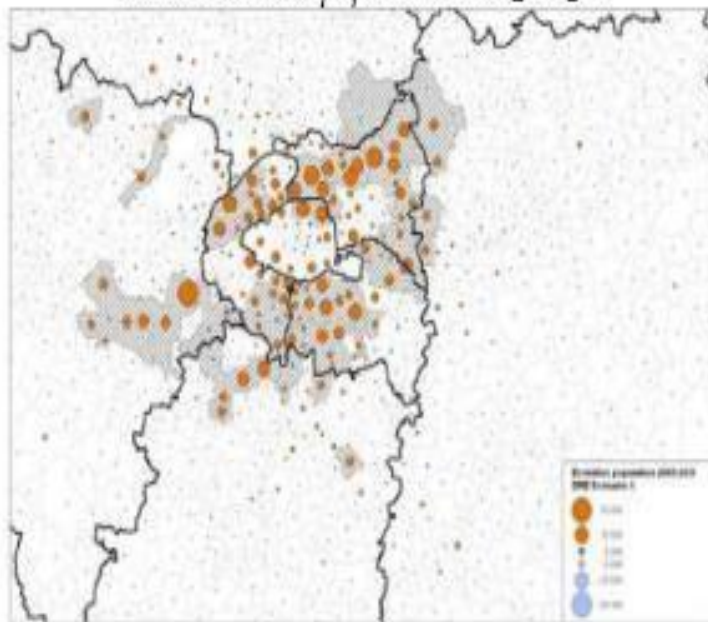
## ❑ Objectifs de la modélisation :

- Appréciation de la demande globale de déplacements, en volume et en structure ;
- Conception et dimensionnement des réseaux ;
- Prévision des modifications générées par une nouvelle infrastructure ;
- Evaluation socio-économique et rentabilité financière des projets.

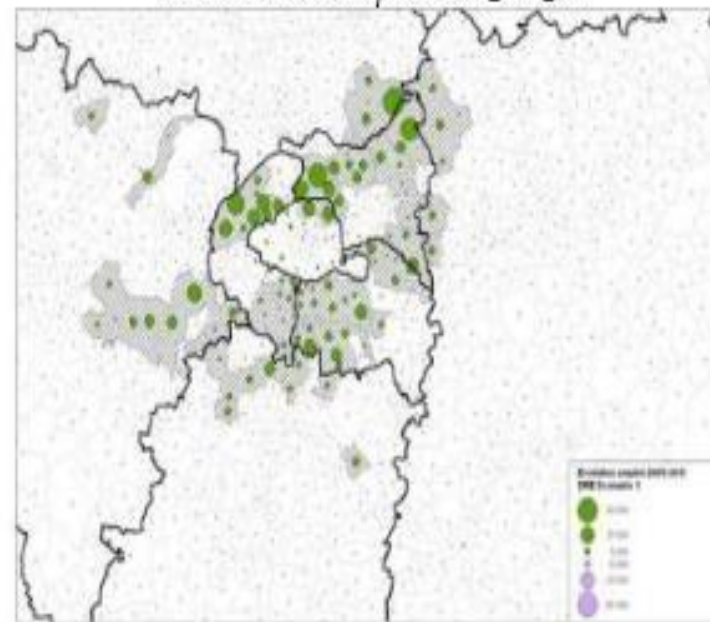
# La nouvelle demande

---

*Evolution de la population 2005-2030*

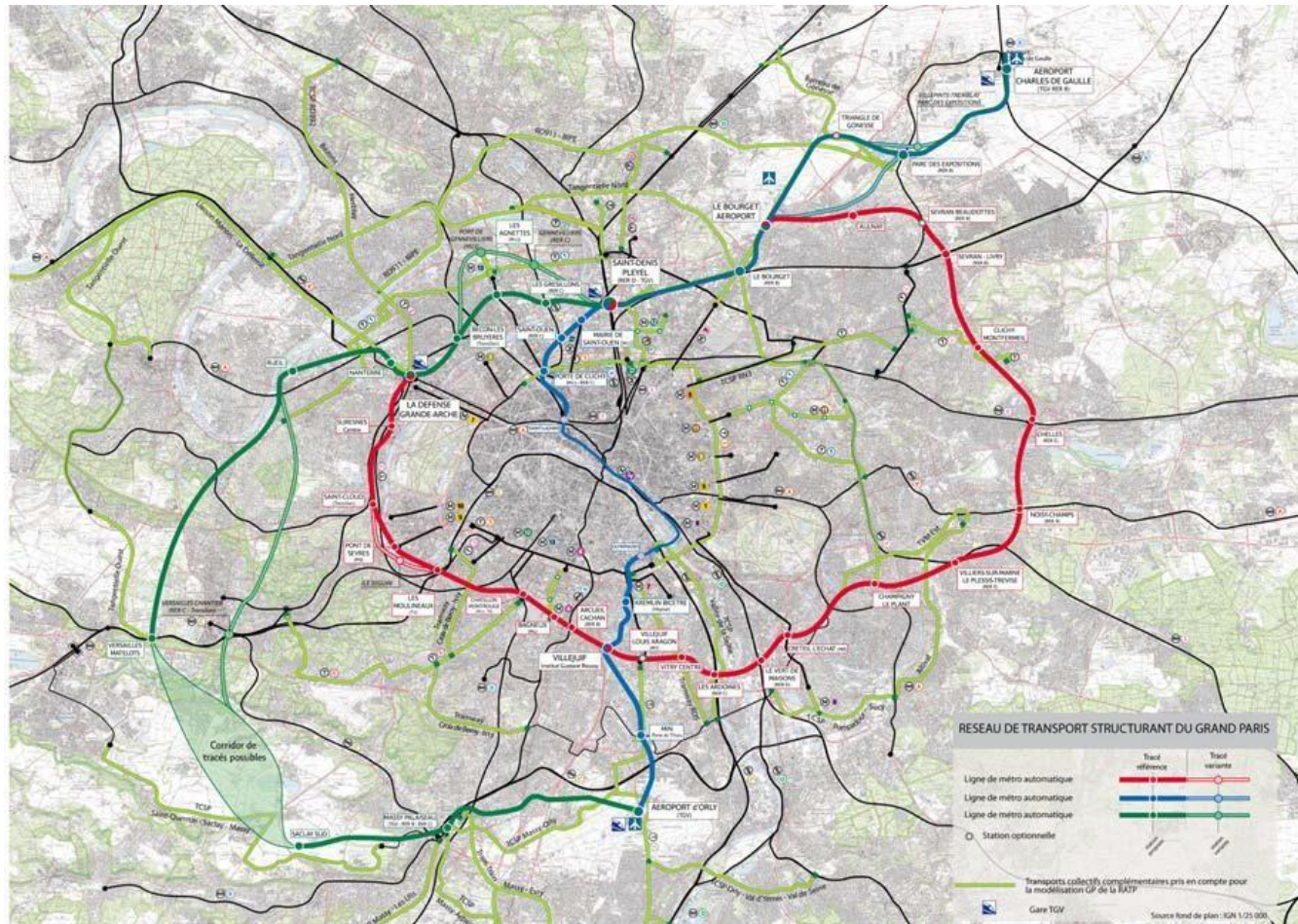


*Evolution des emplois 2005-2030*

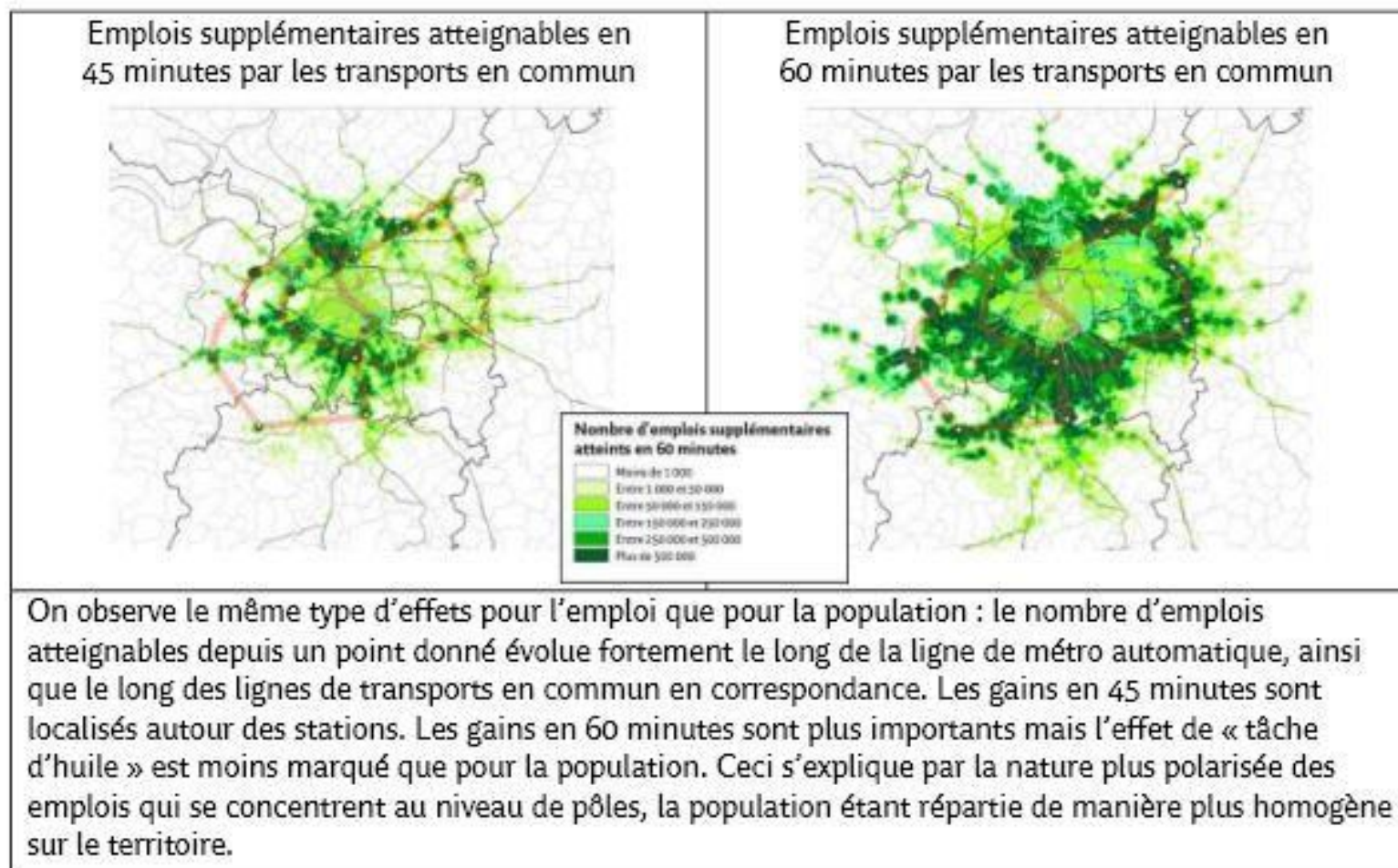




# La nouvelle offre

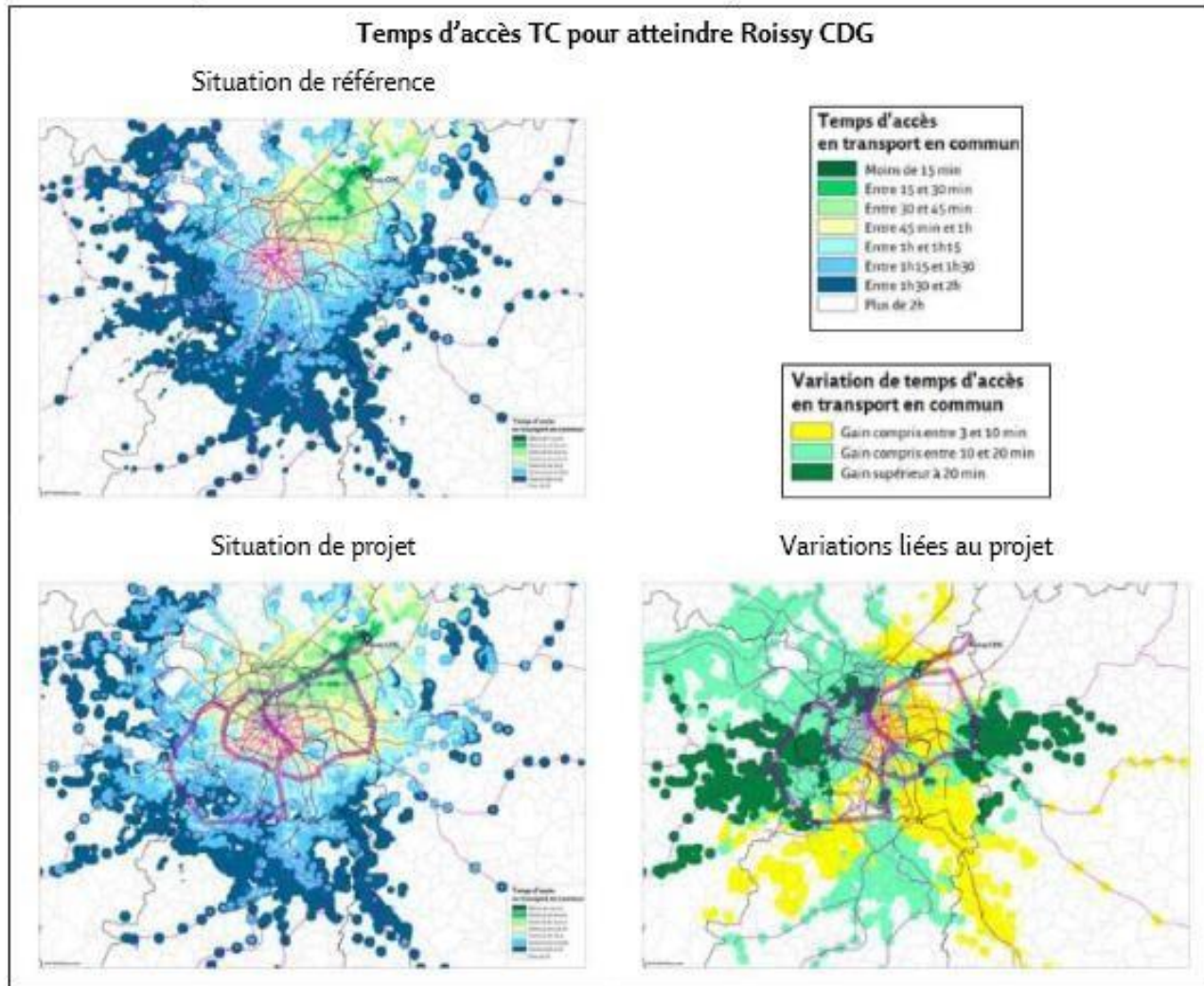


# La génération et la distribution

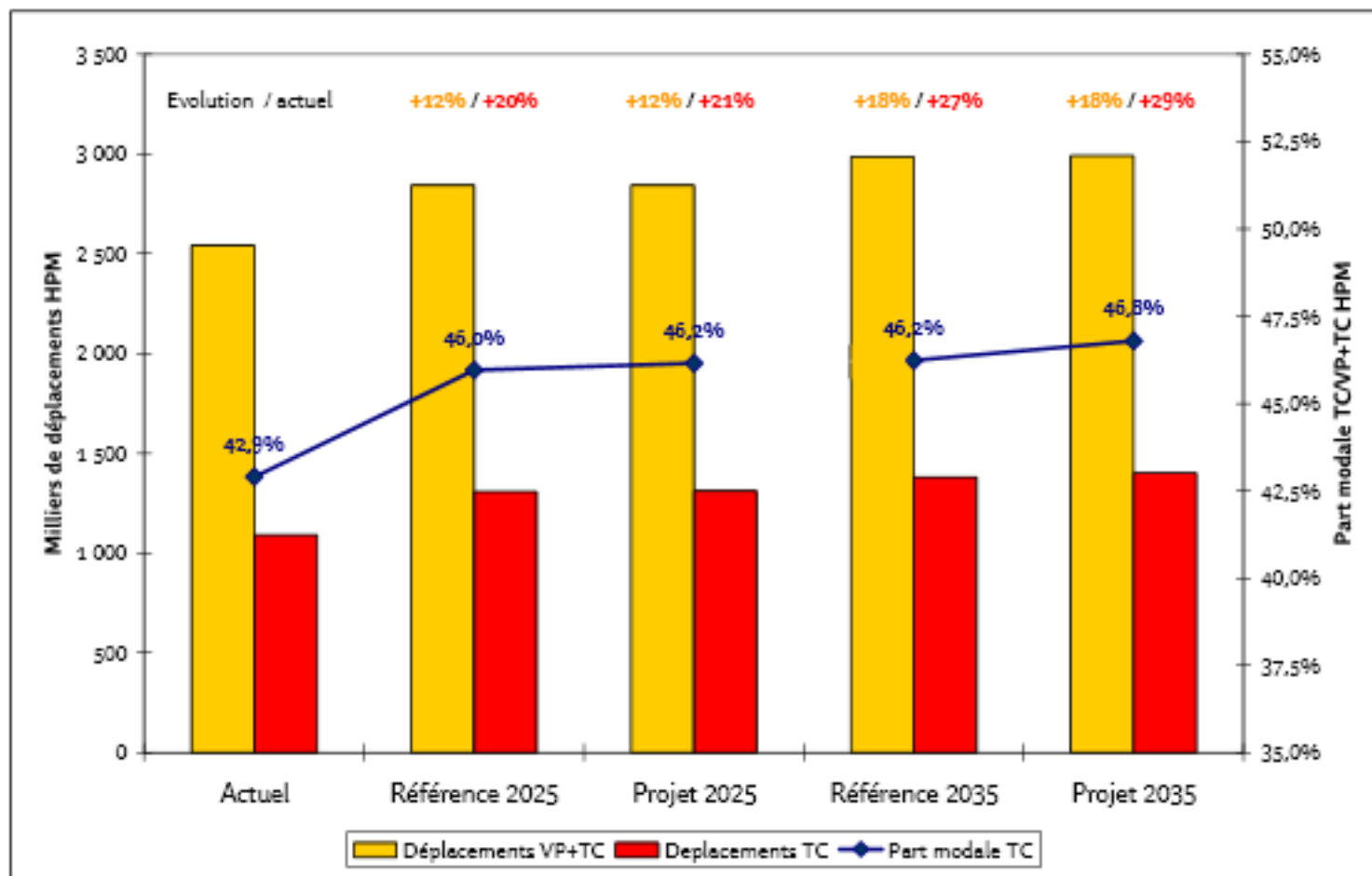




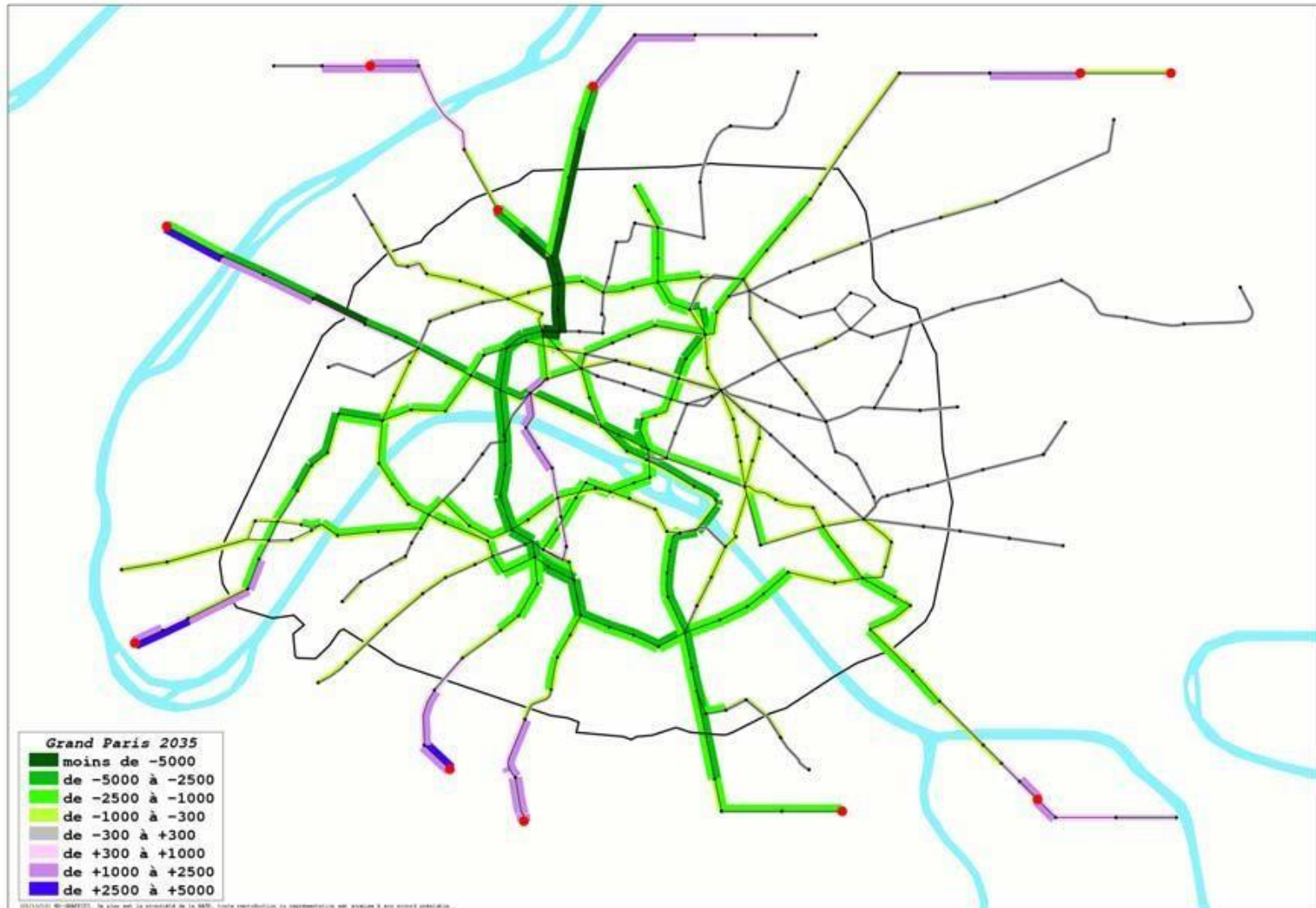
# Le temps de parcours



# La répartition modale



# L'affectation



**Merci**

---