

# OACMO: Modélisation

## Modéliser les comportements de mobilité

J. Raimbault<sup>1,2,\*</sup>

j.raimbault@ucl.ac.uk

<sup>1</sup>CASA, UCL

<sup>2</sup>UPS CNRS 3611 ISC-PIF

Cours OACMO

14 janvier 2020

- ① Modèles de mobilité: prévision de la demande de transport
- ② Modèles d'interaction spatiale et d'interaction transport-usage du sol
- ③ Epistémologie des modèles de simulation
- ④ Discussion critique des articles

# Pourquoi modéliser la mobilité ?



103. Rue Montmartre à 9 h 00, *L'illustration* du 16 novembre 1929 (© *L'illustration*/Sygma).

Exemple: "résoudre" le problème de la congestion ?

# Modèles de transport/congestion: données

Infrastructures de transport, services

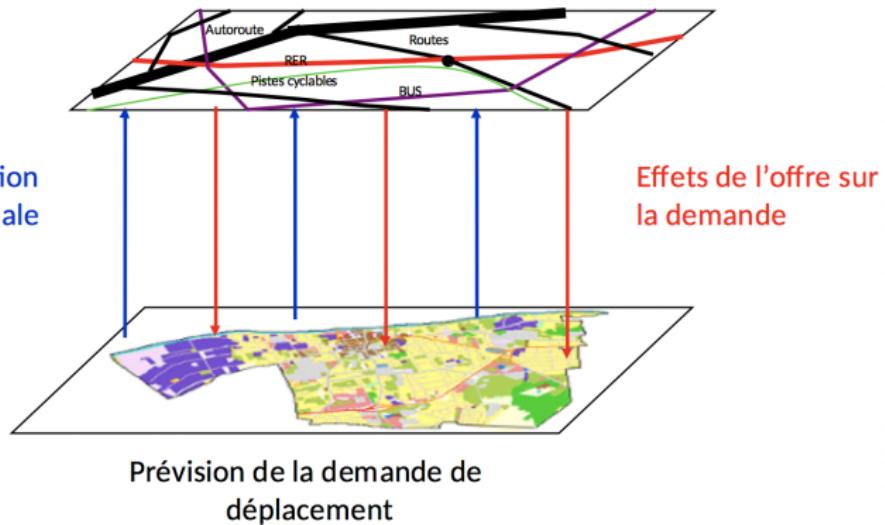
Affectation modale

Données socio-économiques

Occupation des sols

Données sur les déplacements (profils individuels de mobilité, comptages...)

## Gestion de la Circulation



# Contexte de production des modèles

La matrice technique d'après [Commenges, 2013]

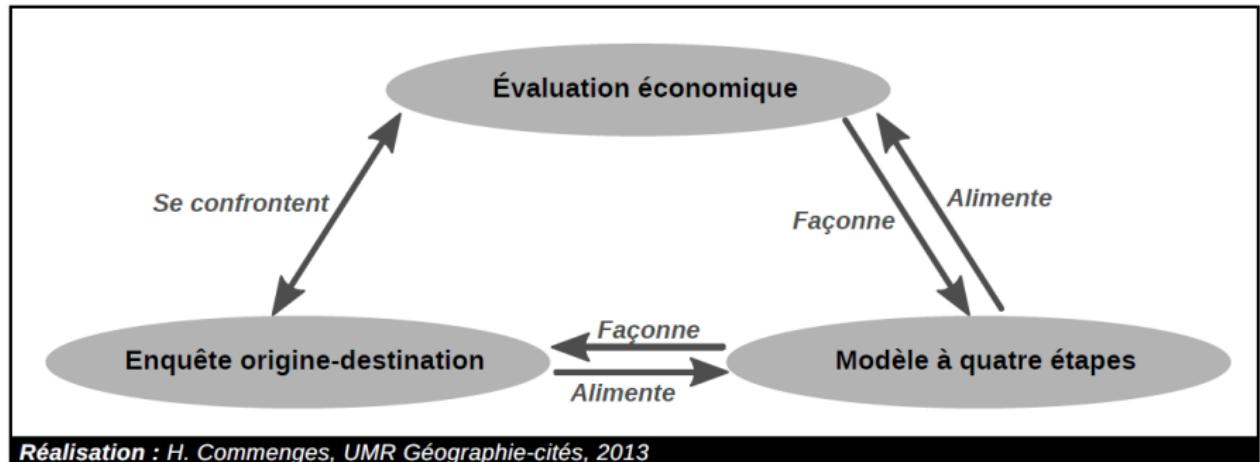
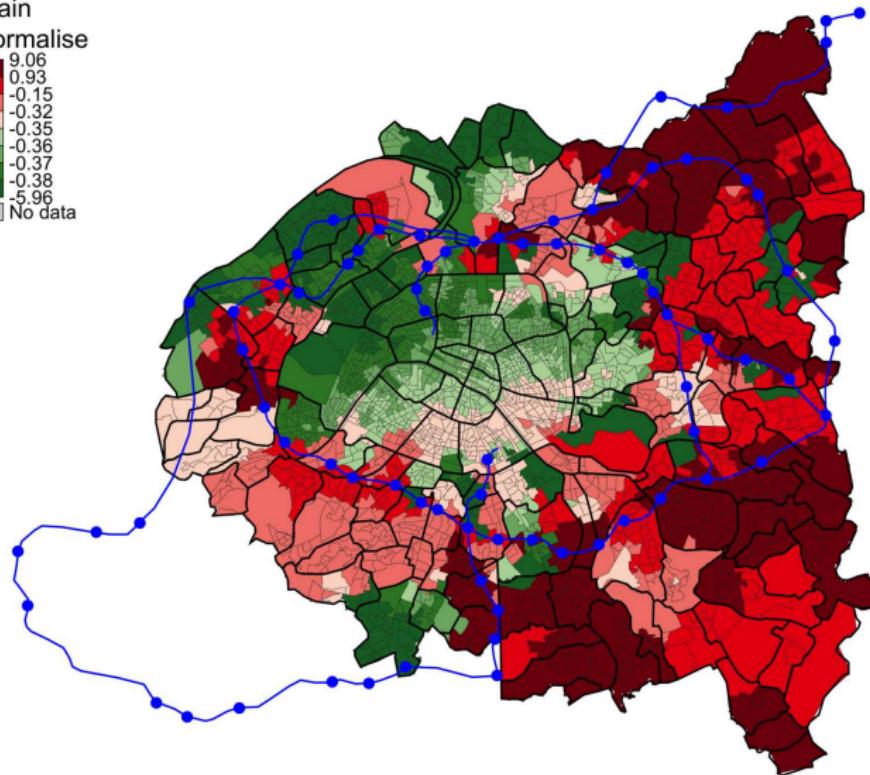
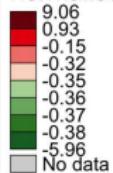


Fig 3.1 – Interrelations des trois dispositifs au sein de la *matrice technique*

# Accessibilité et mobilité

## Gains d'accessibilité

Gain  
normalisé

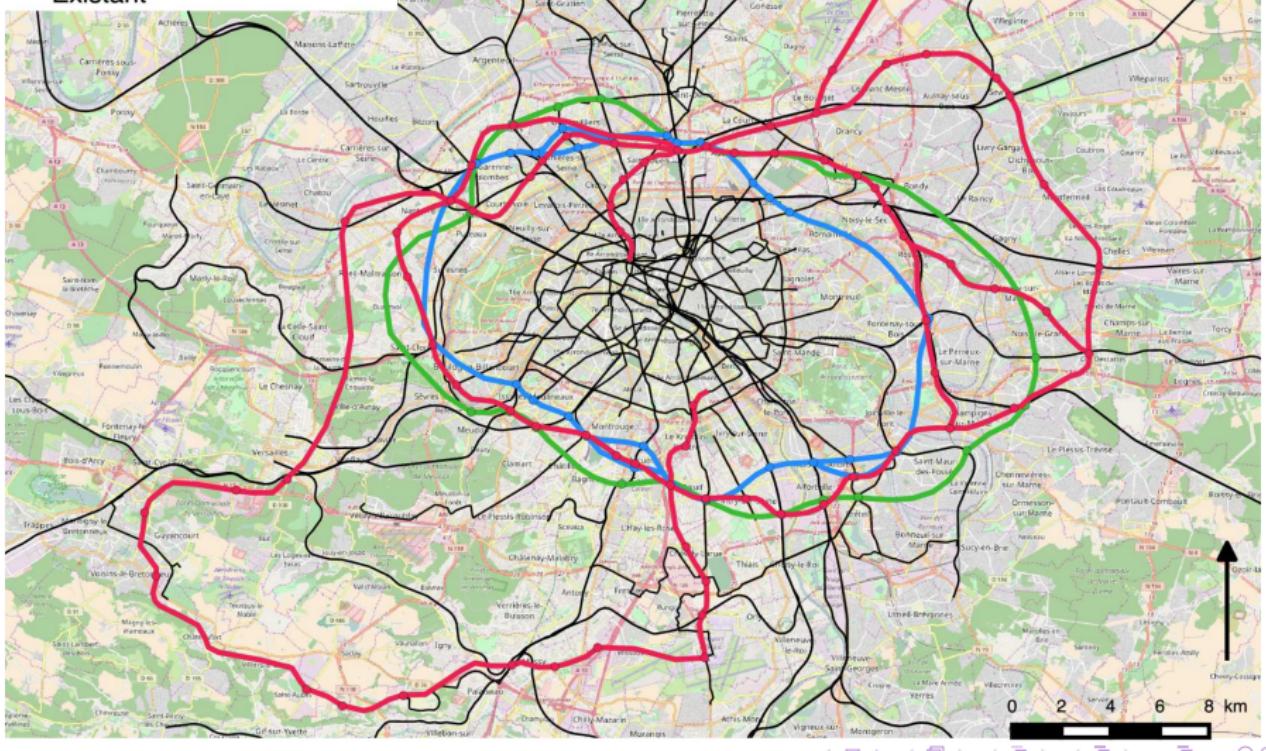


5 km

# Accessibilité et mobilité

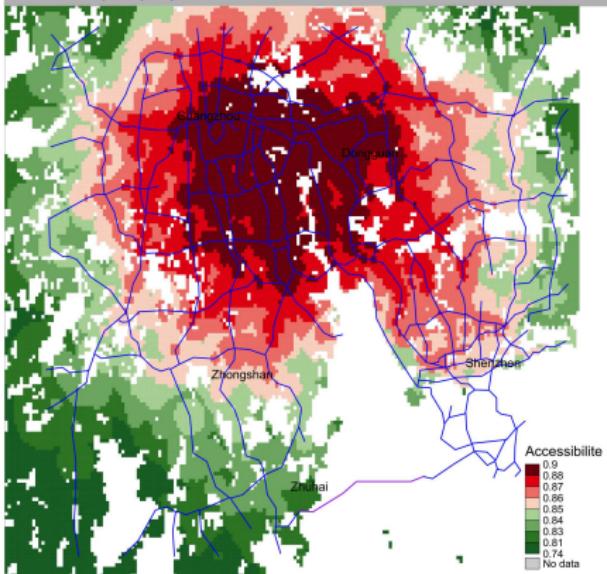
## Légende

- Arc Express - proche (2007)
- Arc Express - éloigné (2007)
- Grand Paris Express (2011)
- Existant

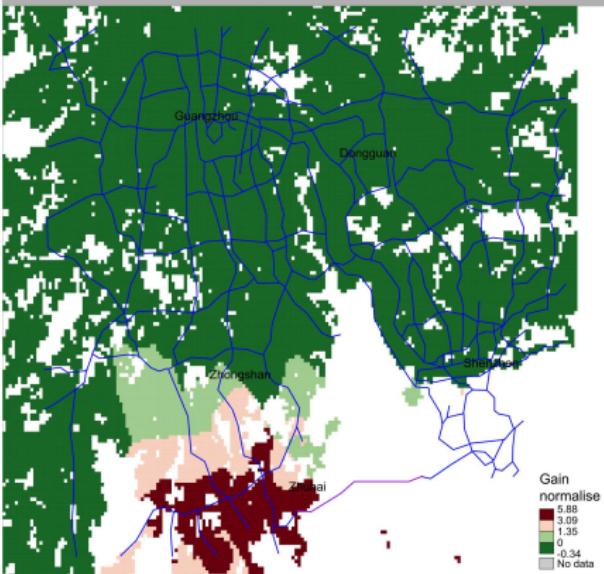


# Accessibilité et mobilité

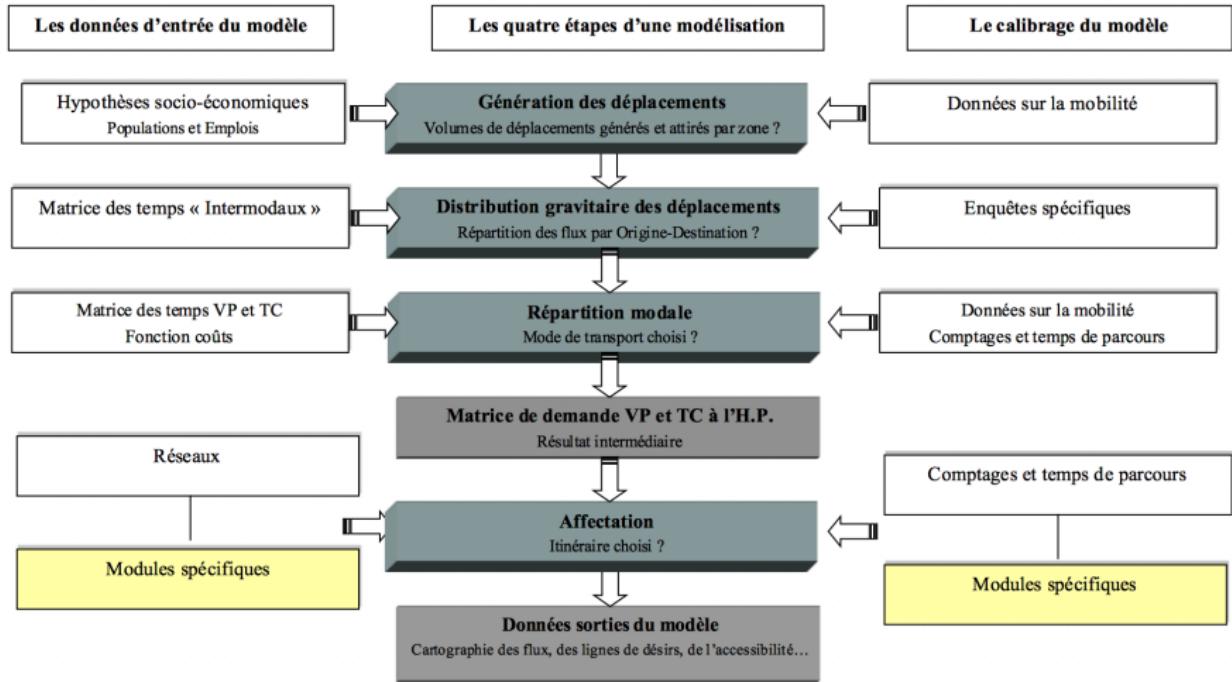
Accessibilité (avec pont)



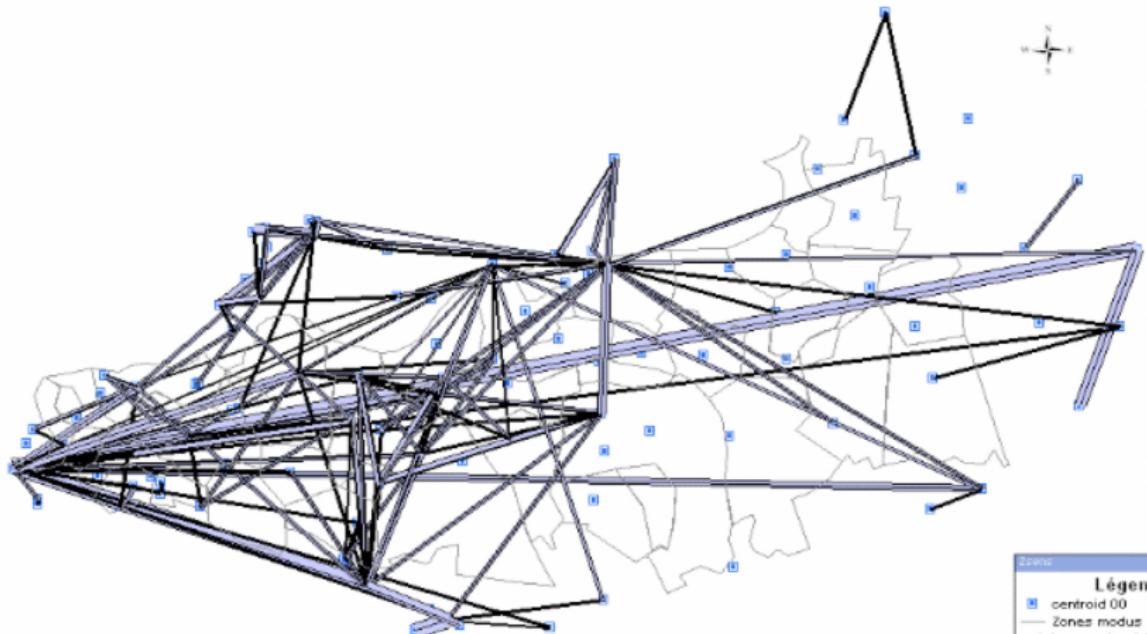
Gains d'accessibilité



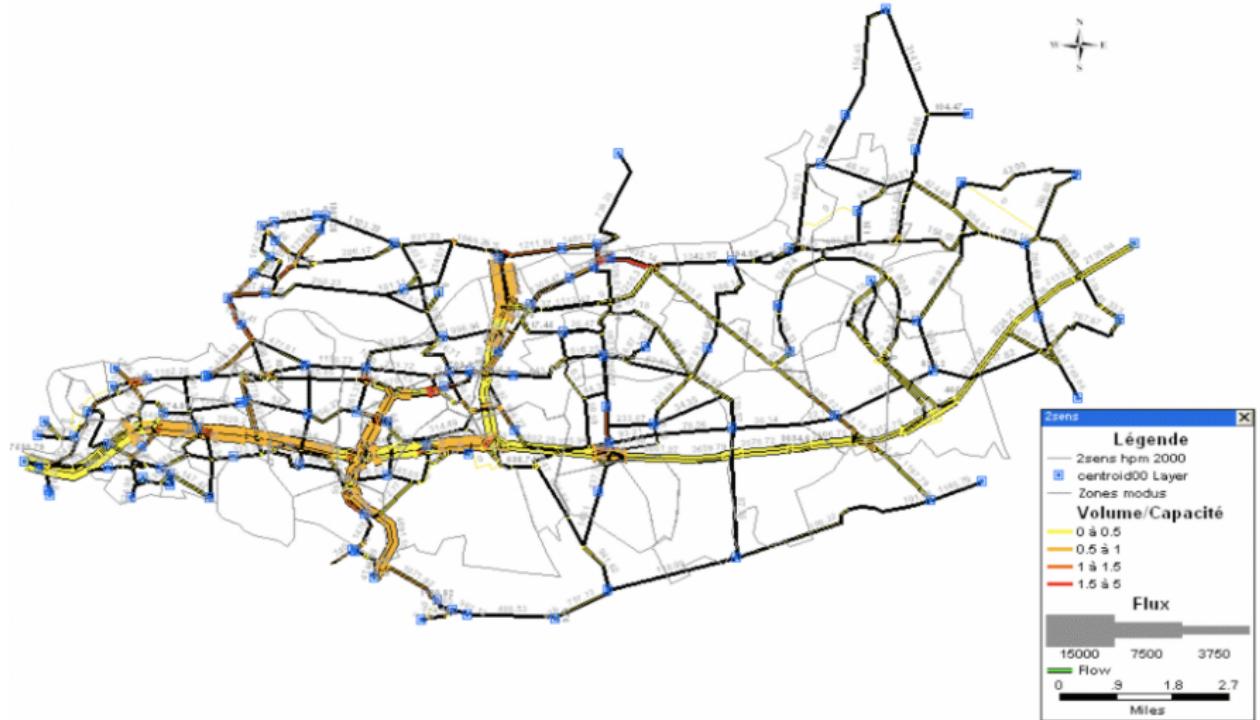
# Modèle à quatre étapes



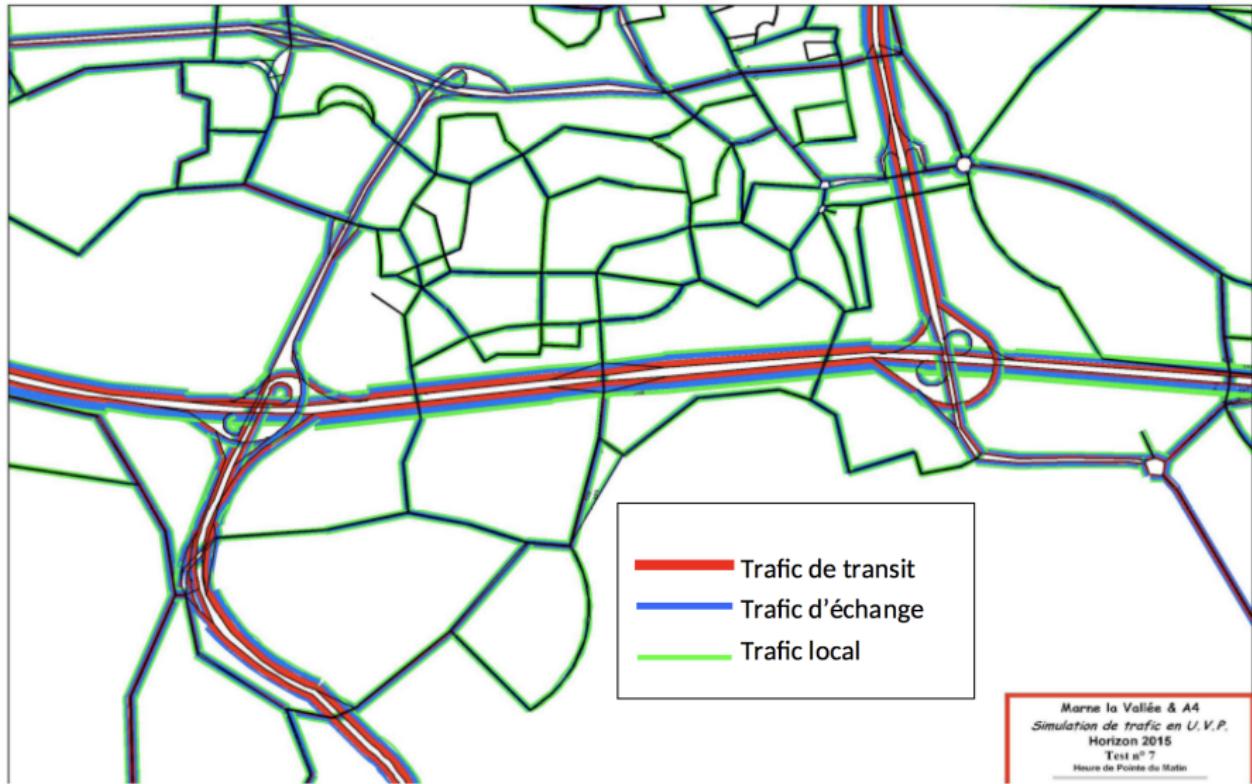
# Modèle à quatre étapes: flux O/D



## Affectation des itinéraires



## Exemple de sortie: flux et congestion



# Limites du modèle à quatre étapes

Hypothèses théoriques:

- Modèle gravitaire pour génération des flux
- Théorie des choix discrets pour les décisions des utilisateurs
- Algorithmes d'affectation du traffic (équilibre utilisateur)
- Pas de contraintes d'organisation individuelles ni de chaînes de déplacement

Domaines d'application:

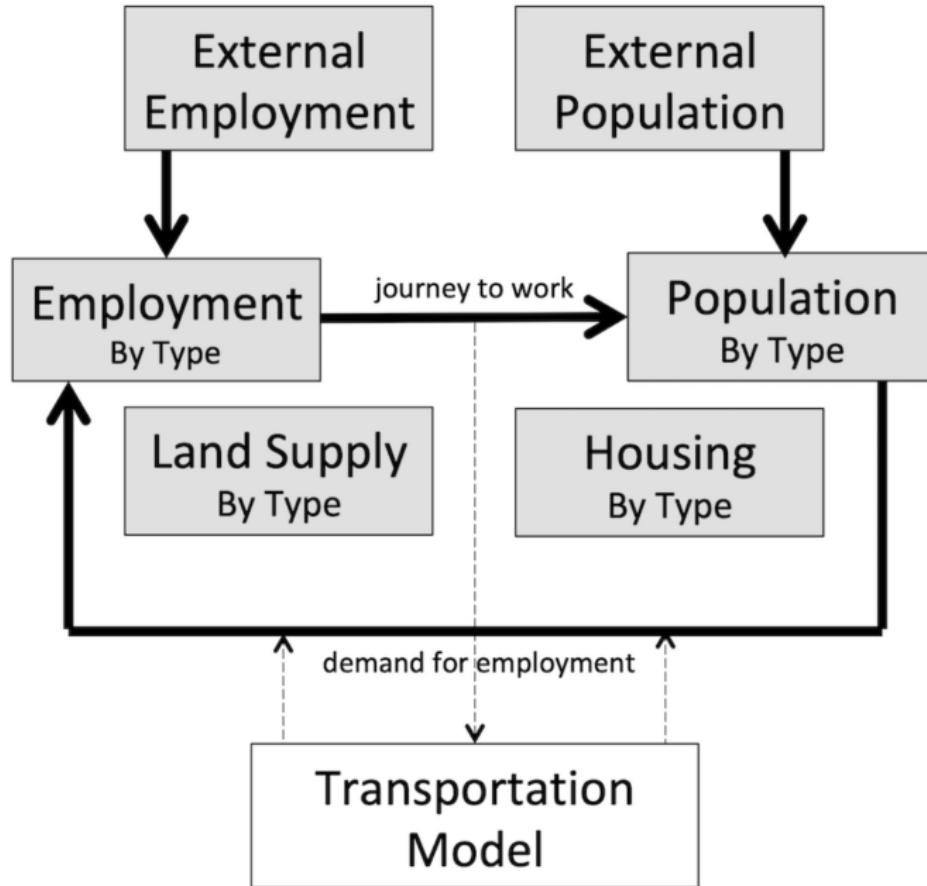
- Horizon temporel (heures creuses, planification à 20 ans)
- Type de politiques publiques pouvant être étudiées (principalement : dimensionnement infrastructure et impact des prix du billet sur le choix modal)

Prédiction des flux  $T_{ij}$  origine-destination entre zones de populations  $P_i$  et  $P_j$ , à une distance  $d_{ij}$ :

$$T_{ij} \propto \frac{P_i P_j}{d_{ij}^\beta}$$

- Paramètre  $\beta$ : friction de la distance (capture un coût généralisé)
- Le modèle peut être contraint aux origines (flux émis) et/ou aux destinations (flux reçus)

# Modèles Land-use Transport Interaction (LUTI)

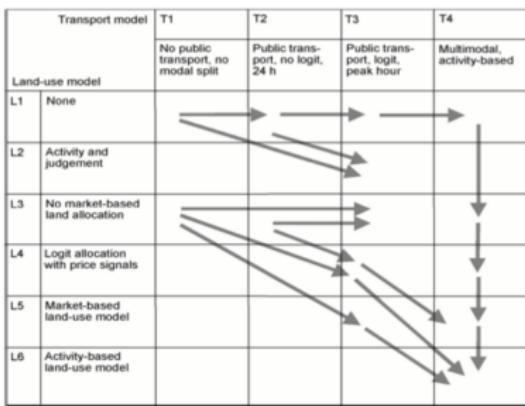


## Modèles LUTI

[Wegener and Fürst, 2004]

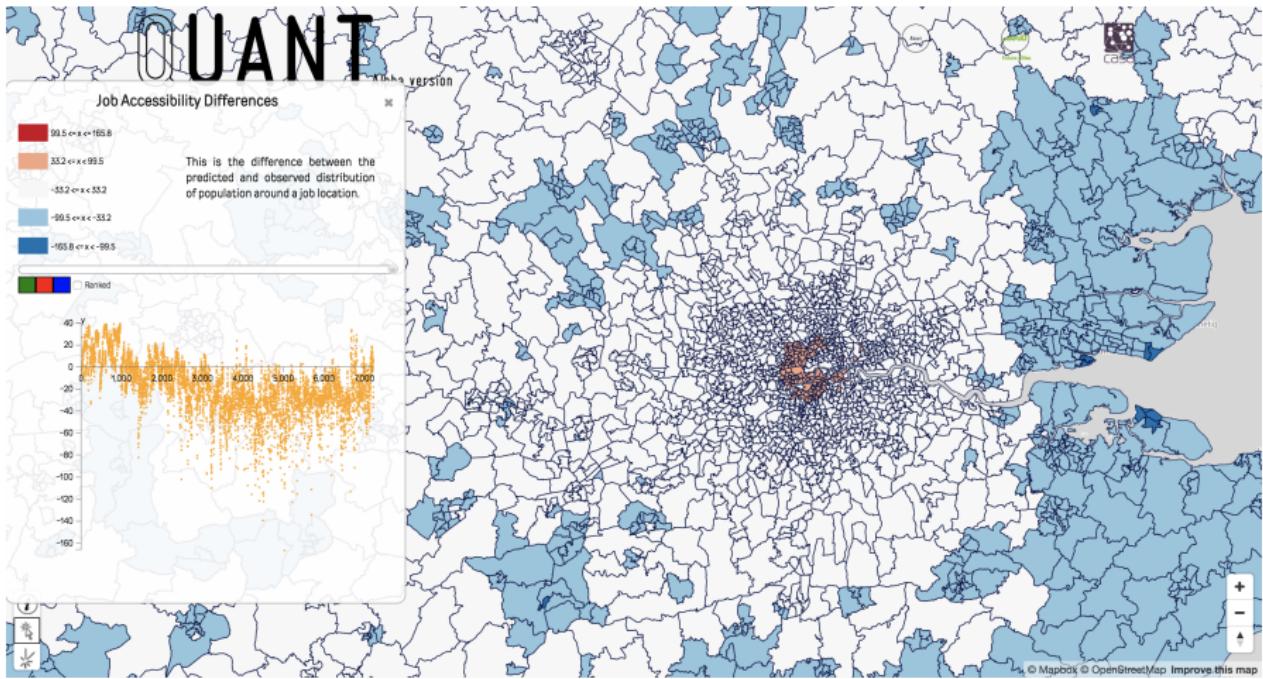
Models	Speed of change							
	Very slow		Slow		Fast		Immediate	
	Networks	Land use	Work-places	Housing	Employ-ment	Popula-tion	Goods transport	Travel
BOYCE	+				+			+
CUFM	(+)	+	+	+	+	+		(+)
DELTA	(+)	+	+	+	+	+		(+)
ILUTE	+	+	+	+	+	+	+	+
IMREL	+	+	+	+	+	+		+
IRPUD	+	+	+	+	+	+		+
ITLUP	+	+			+	+		+
KIM	+				+	+	+	+
LILT	+	+	+	+	+	+		+
MEPLAN	+	+	+	+	+	+	+	+
METROSIM	+	+	+	+	+	+		+
MUSSA	(+)				+	+		(+)
PECAS	+	+	+	+	+	+	+	+
POLIS	(+)	+			+	+		(+)
RURBAN	(+)	+			+	+		(+)
STASA	+	+	+	+	+	+	+	+
TLUMIP	+	+	+	+	+	+	+	+
TRANUS	+	+	+	+	+	+	+	+
TRESIS	+	+	+	+	+	+		+
URBANSIM	(+)	+	+	+	+	+		(+)

(+) provided by linked transport model



## Application: le modèle QUANT

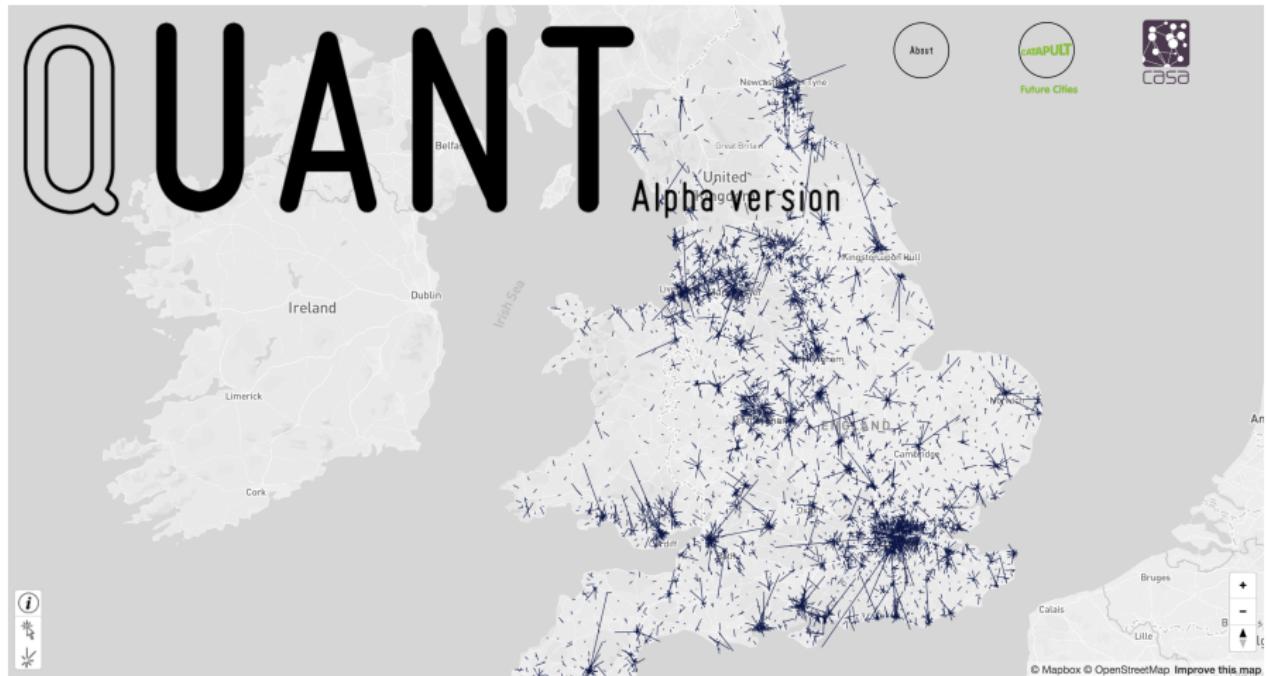
## Modèle transport-usage du sol simple mais à l'échelle nationale



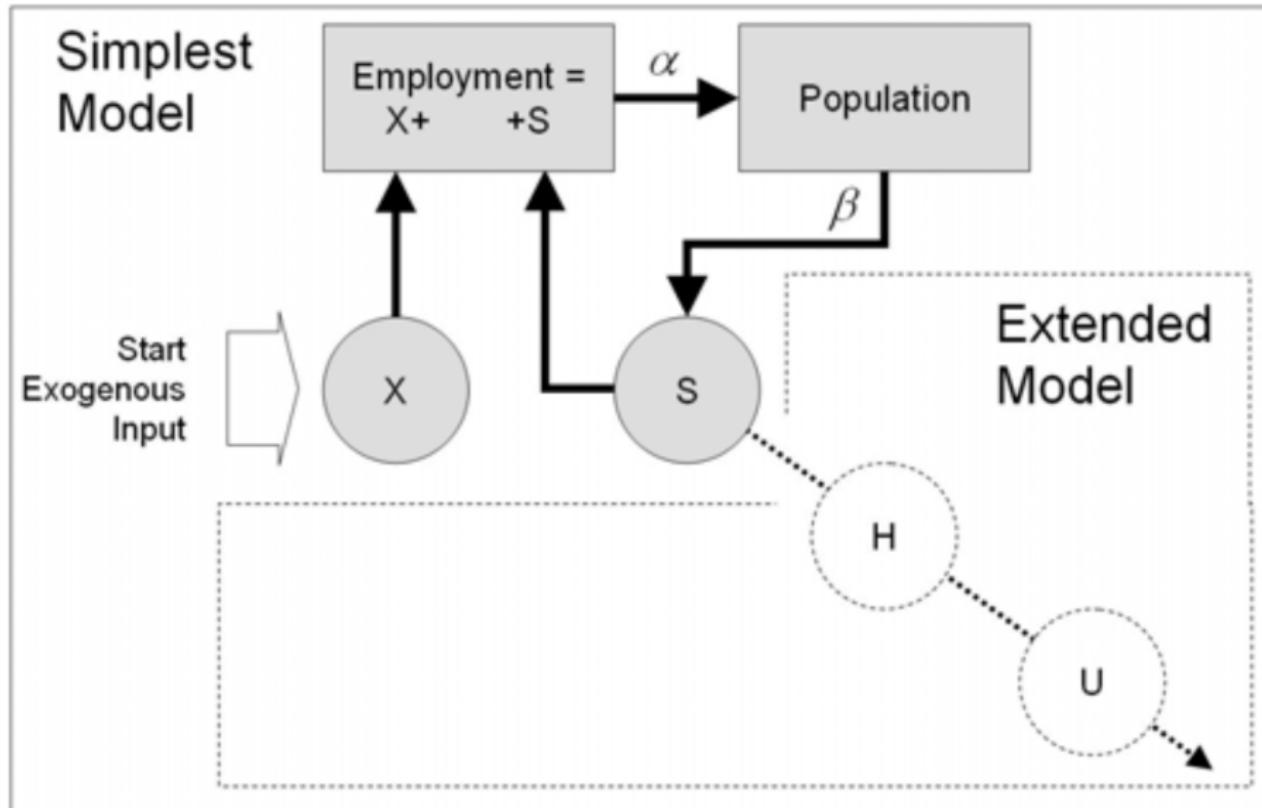
## Flux domicile-travail

# QUANT

# Alpha version



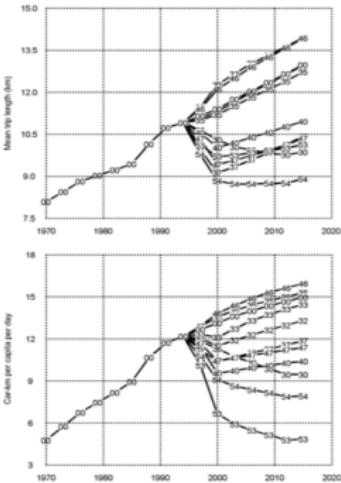
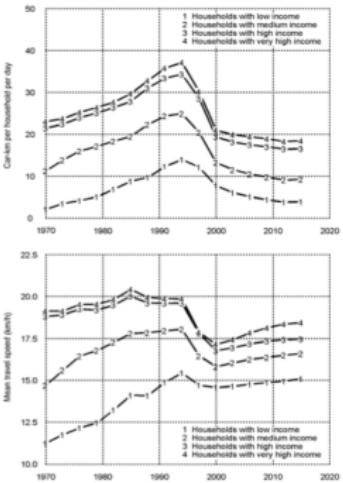
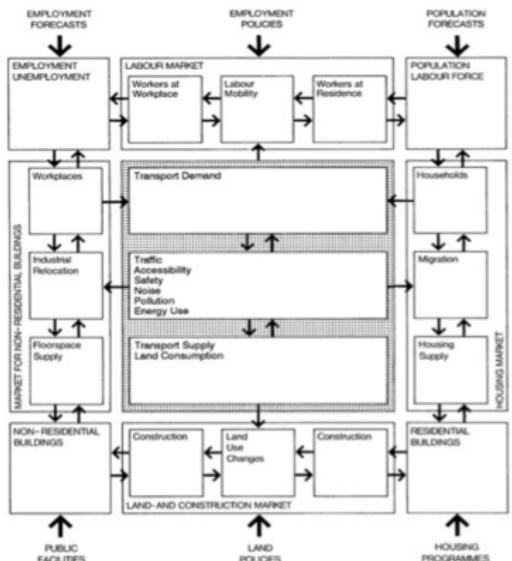
# Calcul de l'équilibre population/emploi



Employment: X=Exogenous; S=Service; H=Health; U=Education

## Le modèle IRPUD

Modèle transport-usage du sol plus élaboré: couplage de sous-modules de microsimulation



Familles de fonctions des modèles [Varenne, 2017]:

- **Perception et observation:** moyen de perception, de visualisation, intermédiaire expérimental
- **Compréhension:** description, prédition, explication, compréhension
- **Construction de théorie:** interprétation d'une théorie, test de sa cohérence interne, applicabilité, compatibilité avec d'autres théories
- **Communication:** communication scientifique, participation des acteurs
- **Prise de décision:** planification, gestion, prise de décision, prescription du système

- **Perception et observation:** quelle information est extraite
- **Description:** quelle quantité d'information est incluse
- **Prédiction:** pouvoir prédictif predictive (indicateurs quantitatifs ou comportement qualitatif)
- **Explication et compréhension:** quelle structure causale du système est capturée
- **Construction de théorie:** comment le modèle contribue à la théorie, au couplage de ses composants (par exemple intermédiaire d'interdisciplinarité)
- **Communication:** quelle information est transmise et à destination de quels agents
- **Prise de décision:** comment la décision est-elle appuyée, quels bénéfices et pour quelle dimension (social, environnemental, etc.) ?

Synthèse des méthodes de validation des modèles de simulation par [Sargent, 2010]

- ① validation indépendante et vérification (modélisateurs comme agents cognitifs [Giere, 1990])
- ② processus itératif entre modèles conceptuels et de simulation, et le système considéré
- ③ Techniques de validation: comparaison, conditions extrêmes, données historiques, validité interne, analyse de sensibilité, performance prédictive, test de Turing
- ④ Techniques spécifiques pour la validité opérationnelle
- ⑤ Documentation du processus de validation est essentielle
- ⑥ Certification par des agences officielles: la science comme un processus social

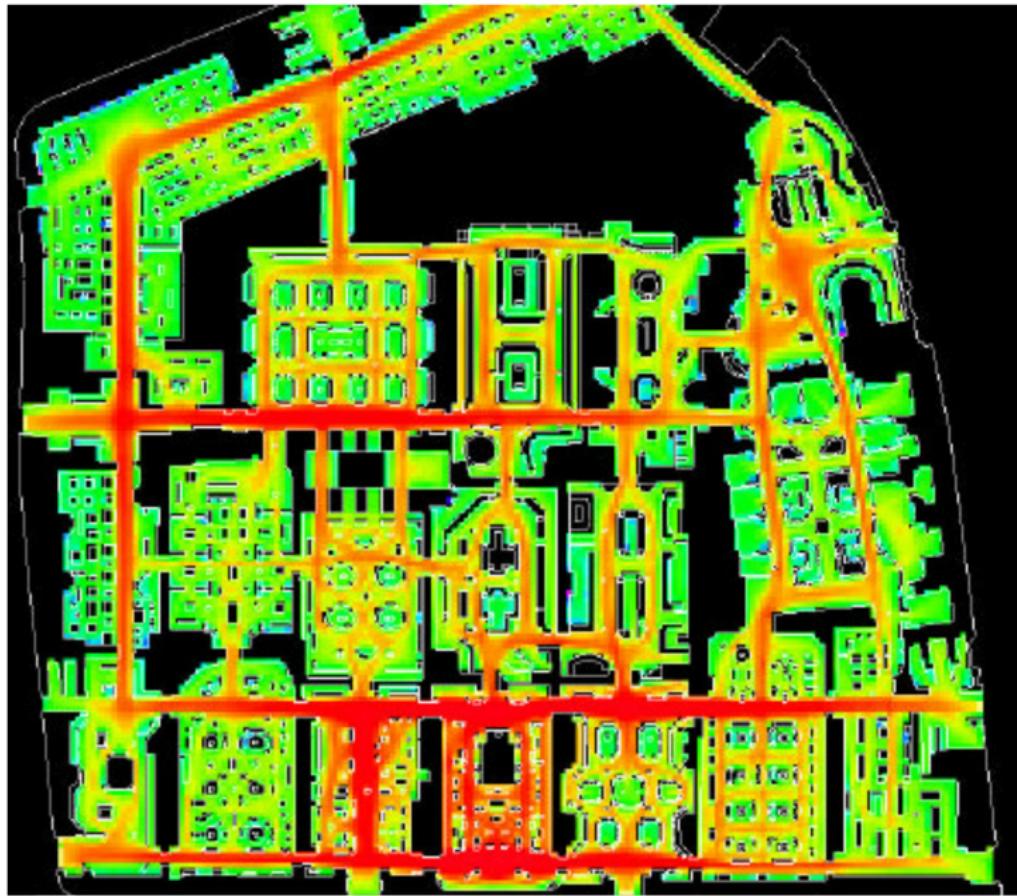
[Landry et al., 1983] similaire en recherche opérationnelle

# Reproductibilité

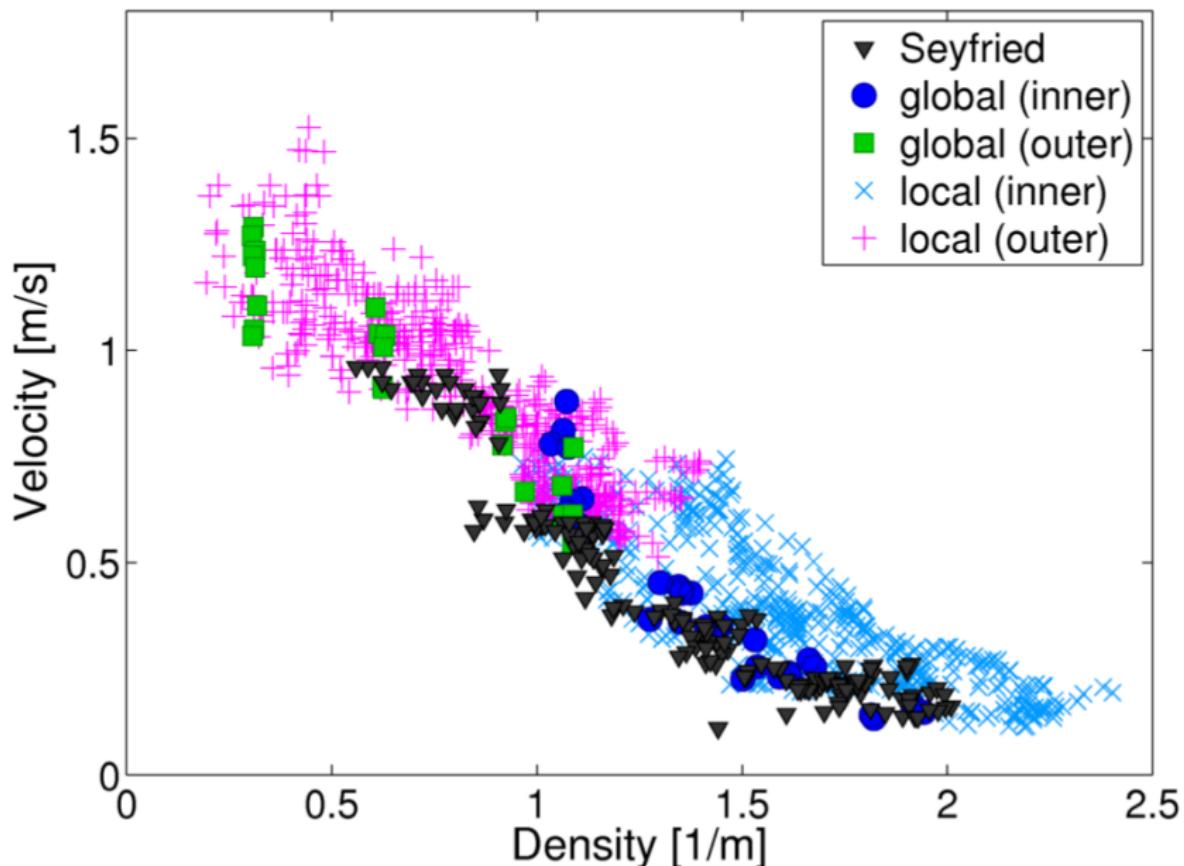
[Stodden, 2010]

reviewable	replicable	confirmable	auditable	reproducible
Description available	Tools available (may be private)	Results independently obtainable	Data and software archive exists (may be private)	Data and software archive exists in public

# Space syntax



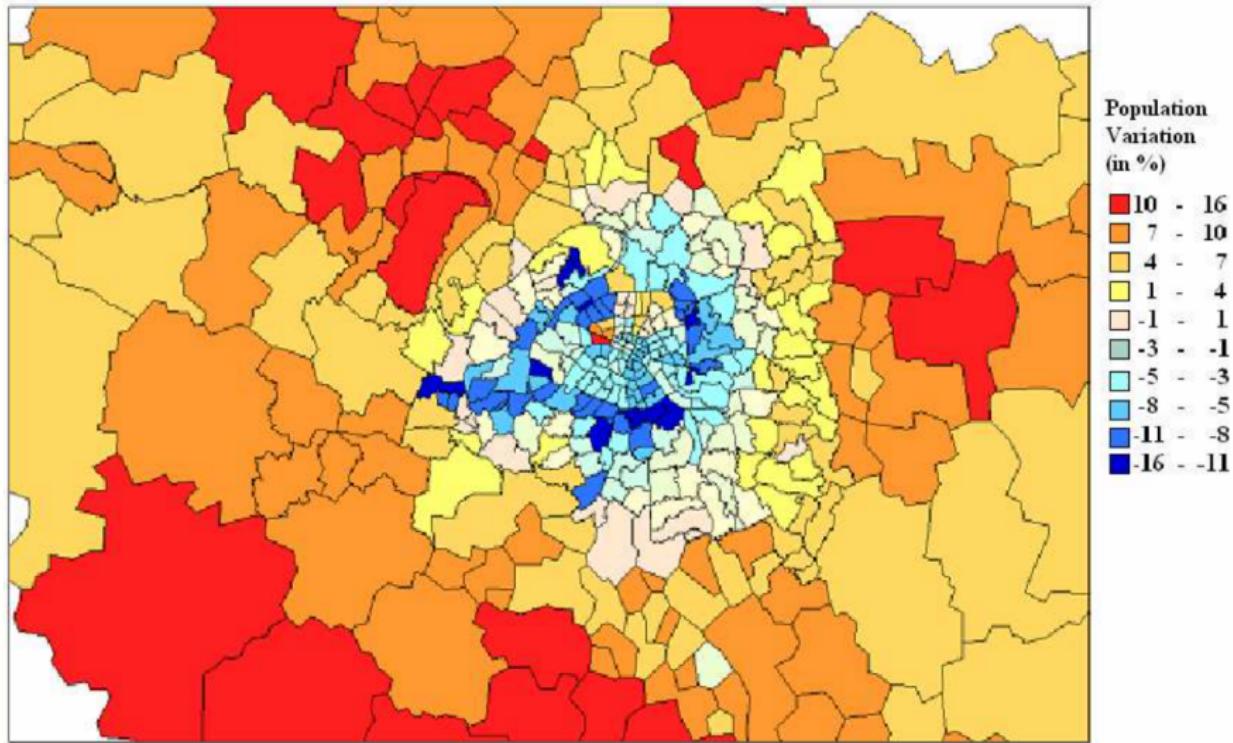
# Diagramme fondamental



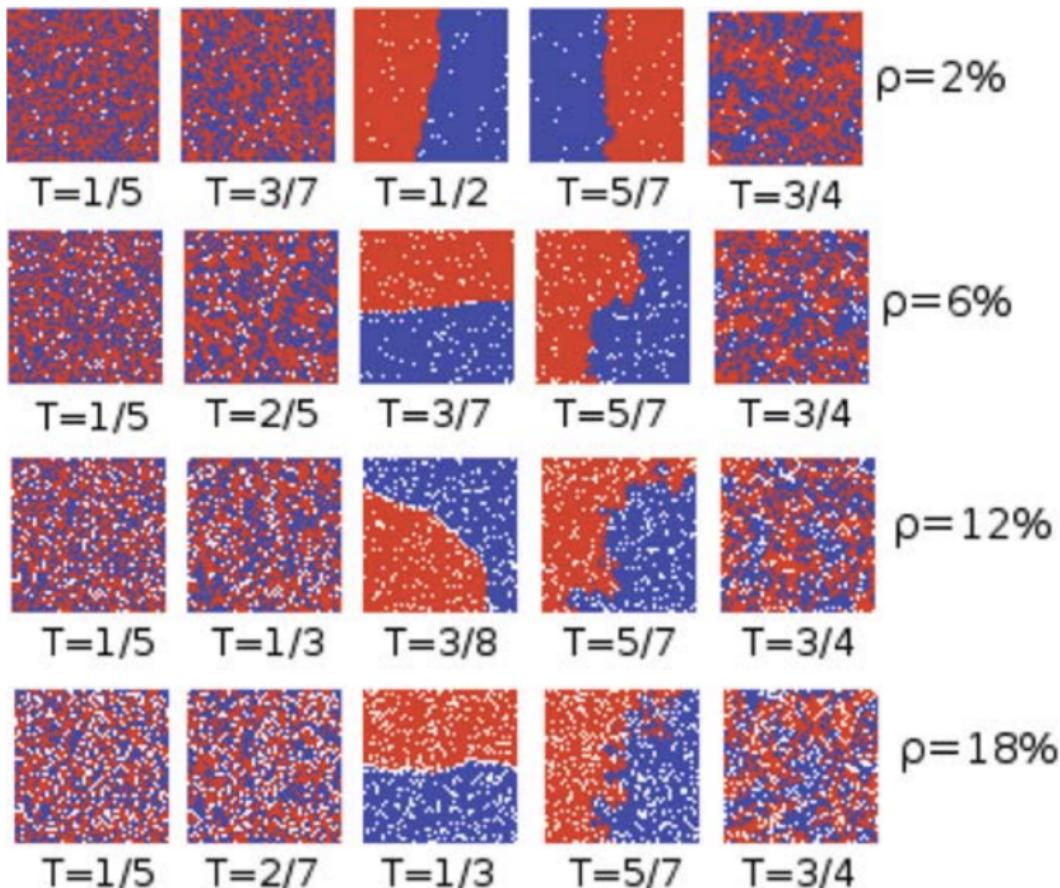
# Comparaison

- quels domaines d'application ?
- quelles méthodes ?
- quelle comparaison aux données empiriques ?

# Modèle Pirandello

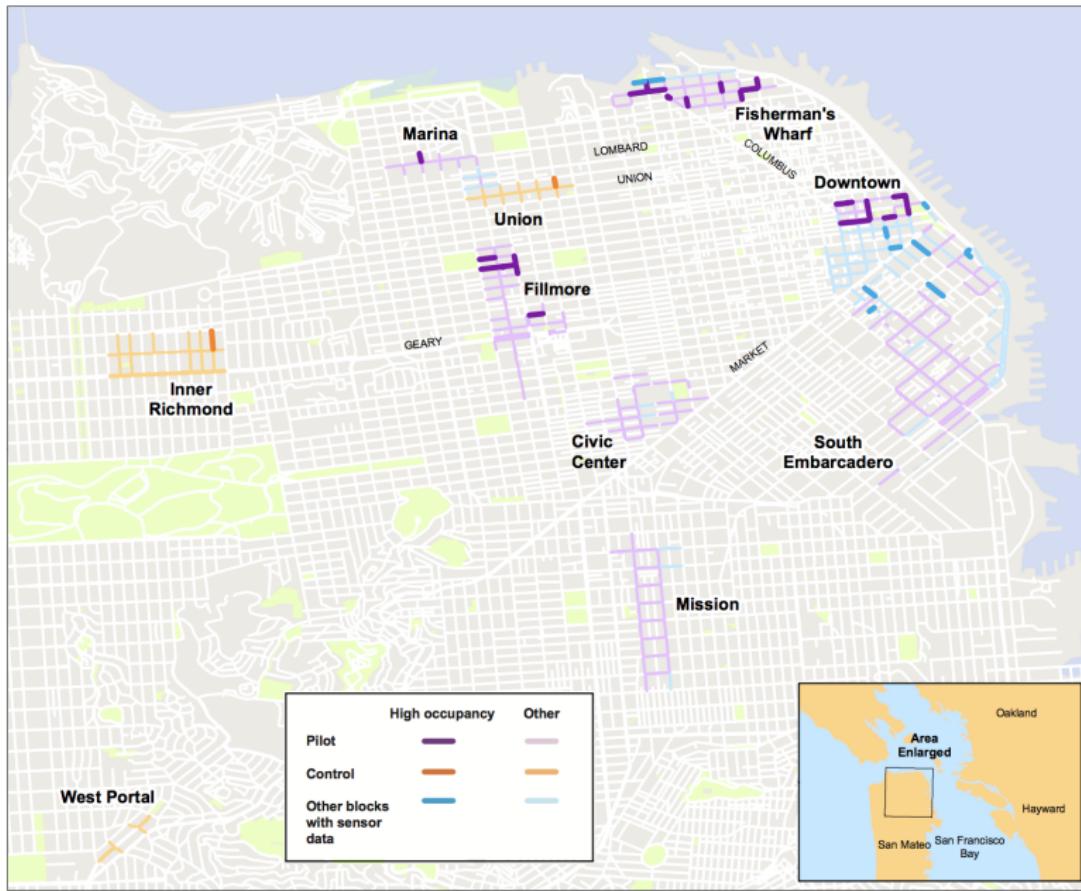


# Modèle de Schelling

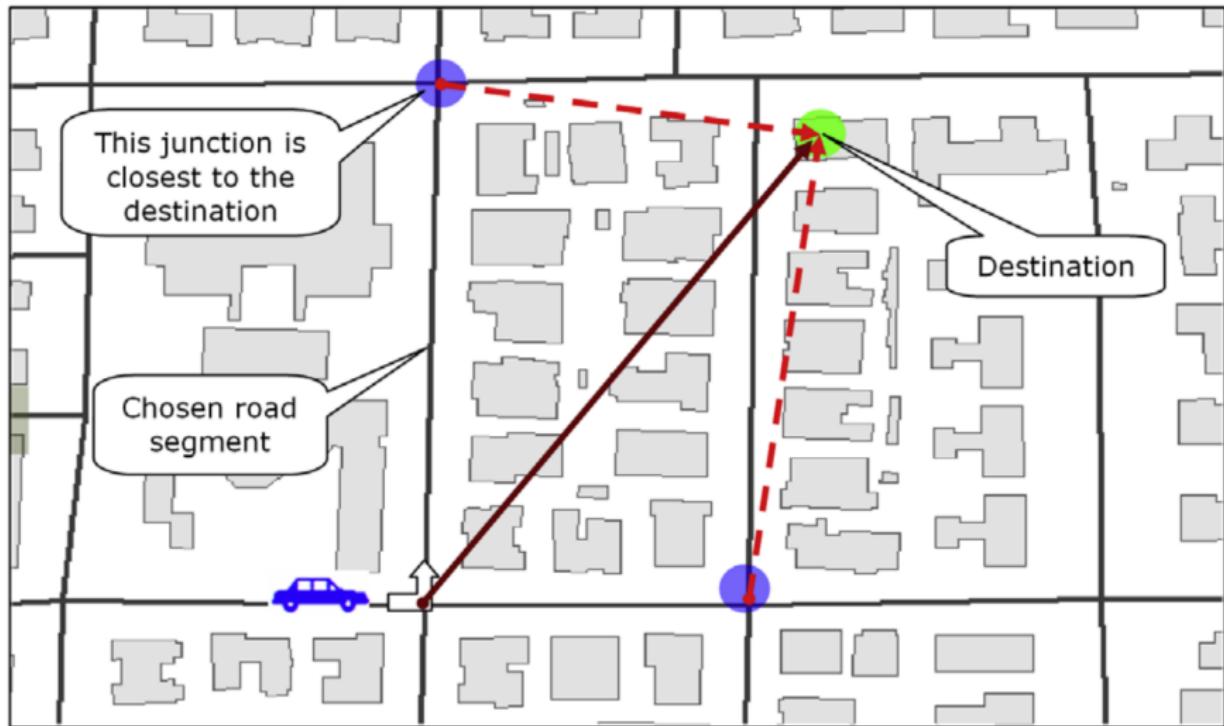


# Comparaison

- Modèle opérationnel vs stylisé
- Modèle compliqué vs simple (complexité ?)
- Modèle statique vs dynamique



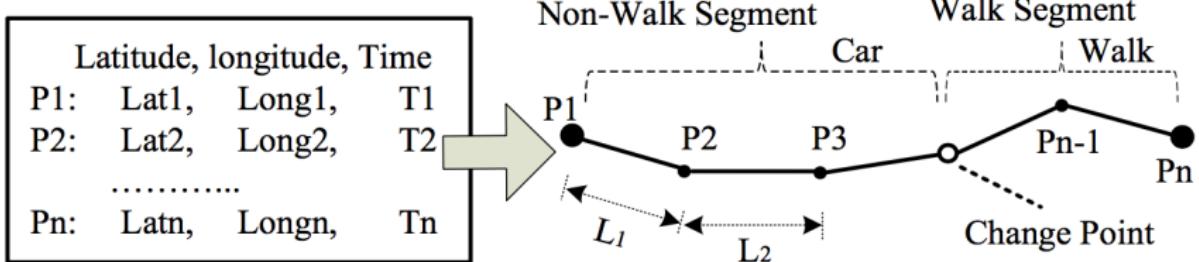
# Modèle basé-agent



# Comparaison

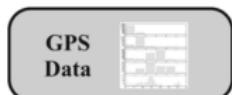
- niveau d'agrégation ?
- indicateurs opérationnels ?
- rôle des données ?

# GPS et mode de transport

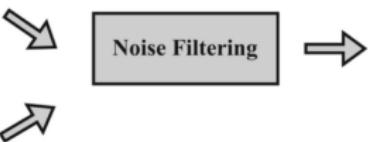


# Smartphone et mode de transport

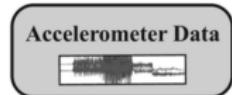
- 1.) GPS and Accelerometer Data Sampled



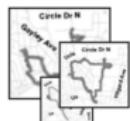
- 2.) GPS Accuracy, Dilution of Precision, Speed Changes and Accelerometer Sampling Frequency Considered



- 3.) GPS Speed, Accelerometer Variance and DFFT components from 1-3 Hz Calculated



- 5.) Continuous Segments of Inferences Considered for Final Classification



Transportation Mode Classification

DHMM Classifier

Decision Tree Instance Based Classifier

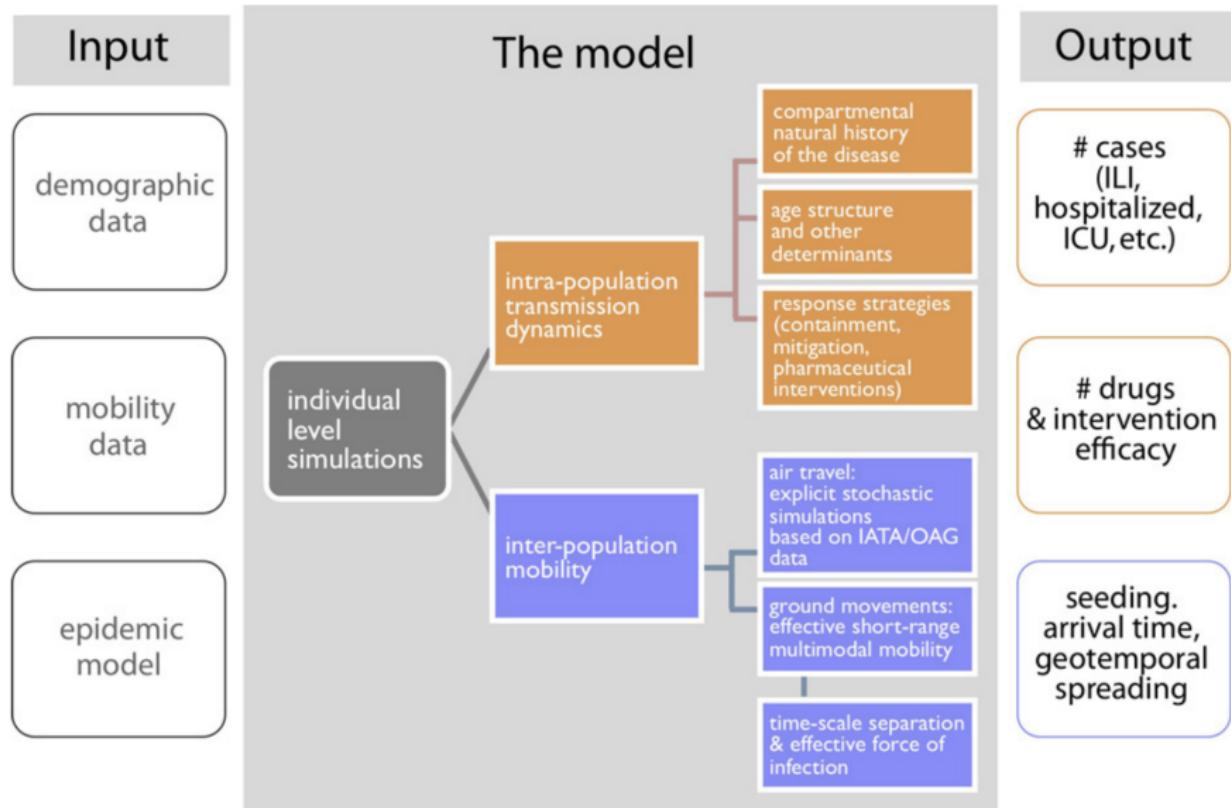
- 4.) Initial Transportation Mode Classification Made

```
12/03/2008 08:21:07 PST,34.06163,-118.44417,walking  
12/03/2008 08:21:08 PST,34.06162,-118.44415,walking  
12/03/2008 08:21:09 PST,34.06161,-118.44412,walking  
12/03/2008 08:21:10 PST,34.06160,-118.44410,stationary  
12/03/2008 08:21:11 PST,34.06160,-118.44410,stationary
```

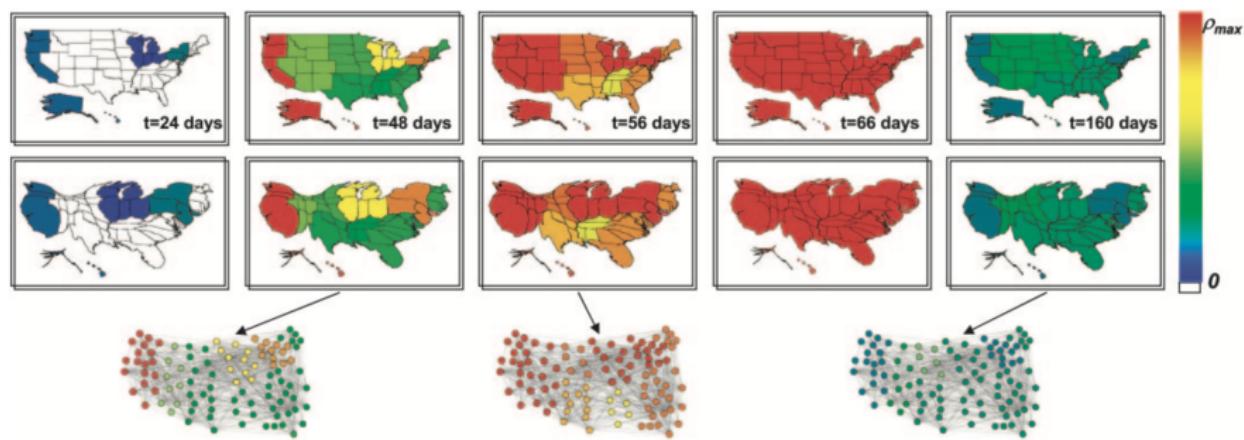
# Comparaison

- Performance des méthodes ?
- Disponibilité des données ?
- Applications ?

# Modèle multi-niveaux



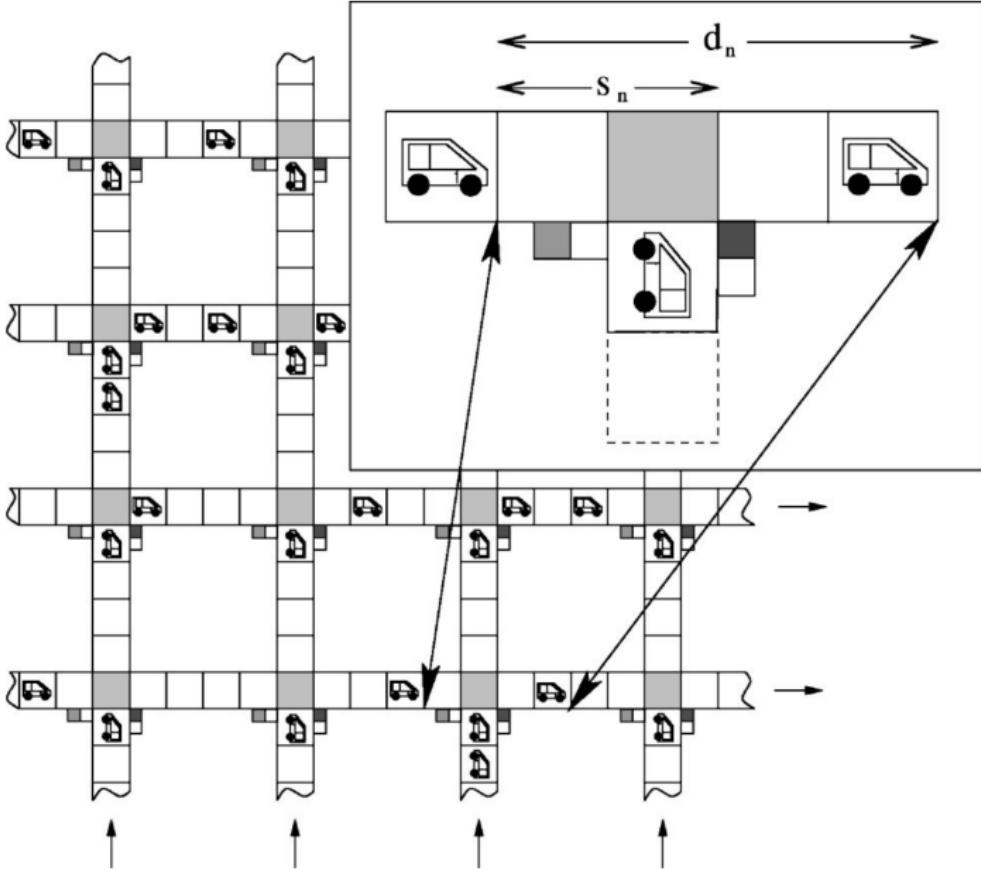
# Modèle de réseau



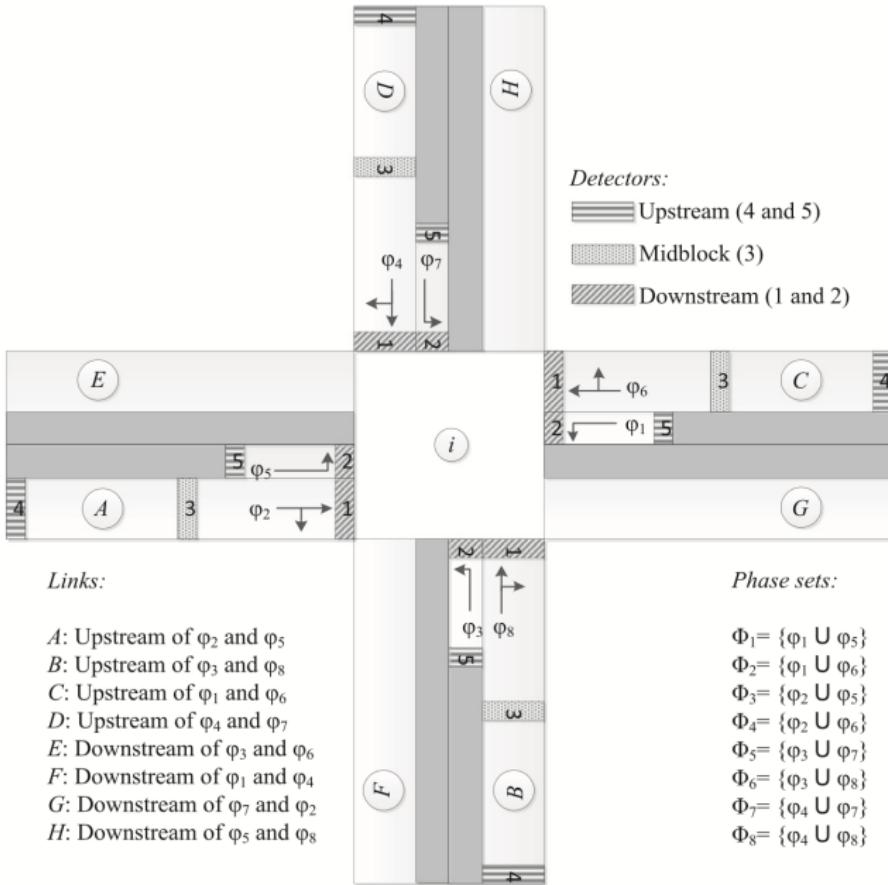
# Comparaison

- quelles fonctions pour chaque modèle ?
- compromis précision/validation
- rôle de la composante mobilité

# Automate cellulaire



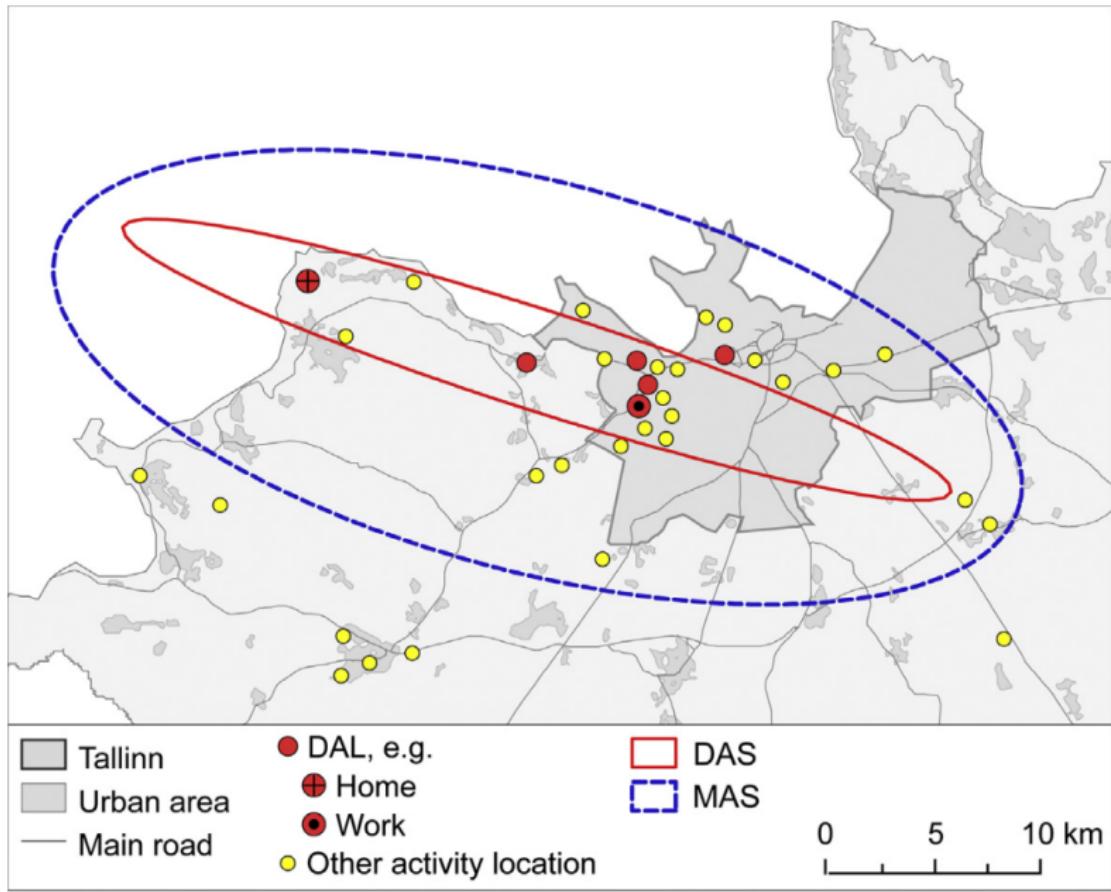
# Modèle opérationnel



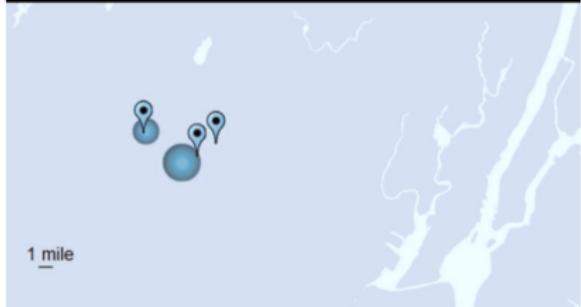
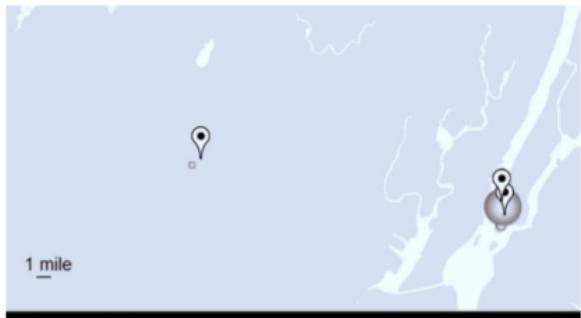
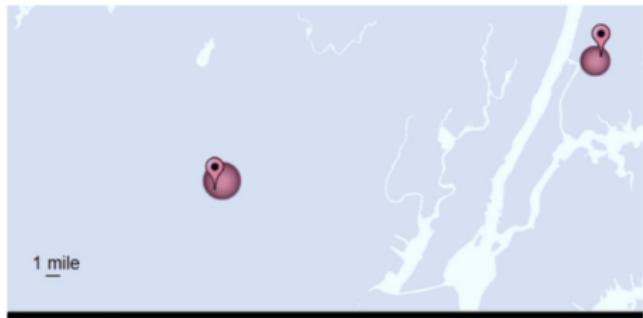
# Comparaison

- Echelles des modèles
- Objectifs/fonctions des modèles
- Rôle des données synthétiques

# Espaces d'activité



# Lieux importants



# Comparaison

- Apport des données de téléphone
- Types d'application
- Comparaison à la réalité ?
- Réel apport par rapport aux données “classiques” ?

## A retenir sur les modèles urbains liés à la mobilité

- diversité d'approches et de disciplines qui ont leur propres questions
- différents domaines d'applications et possibilités d'applications opérationnelles
- contexte socio-économique de construction et d'application des modèles n'est pas à détacher du cadre scientifique
- avoir un regard critique sur les modèles, comprendre leur avantages et leur limites

## References I

-  Commenges, H. (2013).  
*The invention of daily mobility. Performative aspects of the instruments of economics of transportation.*  
PhD thesis, Université Paris-Diderot - Paris VII.
-  Giere, R. N. (1990).  
*Explaining science: A cognitive approach.*  
University of Chicago Press, Chicago, ISBN: 9780226292069.
-  Landry, M., Malouin, J.-L., and Oral, M. (1983).  
Model validation in operations research.  
*European journal of operational research*, 14(3):207–220.
-  Sargent, R. G. (2010).  
Verification and validation of simulation models.  
In *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, pages 166–183. IEEE.

## References II



Stodden, V. (2010).

The scientific method in practice: Reproducibility in the computational sciences.

*MIT Sloan research paper.*



Varenne, F. (2017).

*Théories et modèles en sciences humaines. Le cas de la géographie.*  
Editions Matériologiques.



Wegener, M. and Fürst, F. (2004).

Land-use transport interaction: state of the art.

*Available at SSRN 1434678.*