

# Organisation spatio-temporelle des mobilités révélées par la téléphonie mobile en Ile-de-France

Julie Fen-Chong  
*10 Décembre 2012*

Sous la co-direction de Denise Pumain  
et Arnaud Banos  
Encadrement Orange : Zbigniew Smoreda



# Des capteurs omniprésents



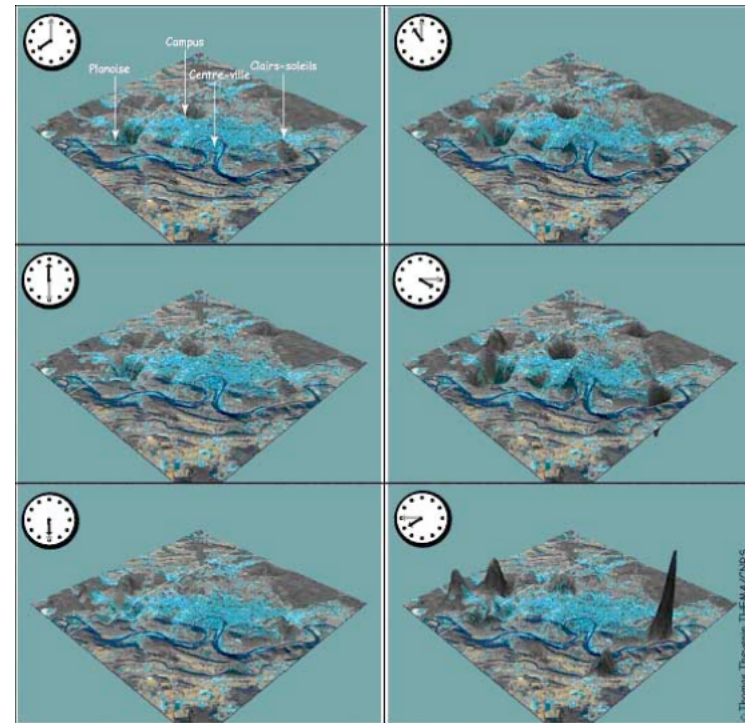
Bluetooth®



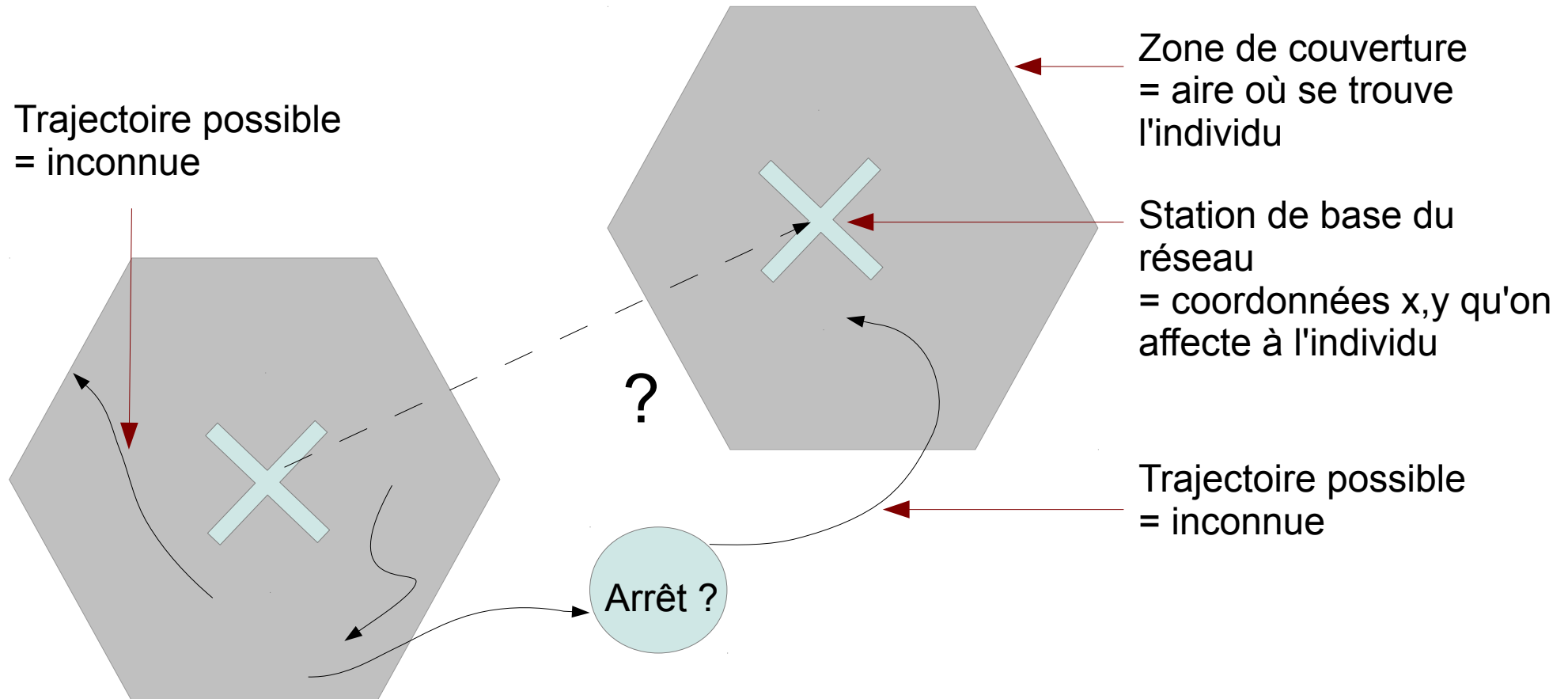
# La téléphonie mobile

- Données issues de l'opérateur Orange : 40% des abonnés en France
- Entre 2,7 et 4,3 millions de téléphones visibles sur le réseau par jour en Ile-de-France
- Entre 40 et 100 millions d'enregistrements par jour en Ile-de-France

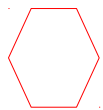
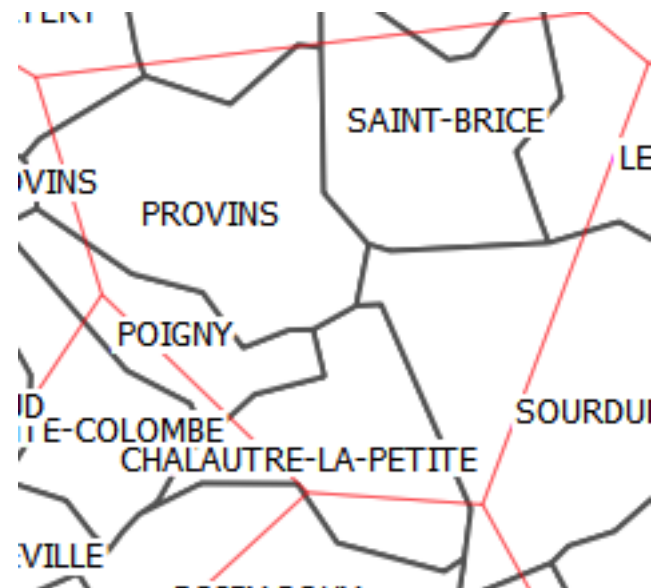
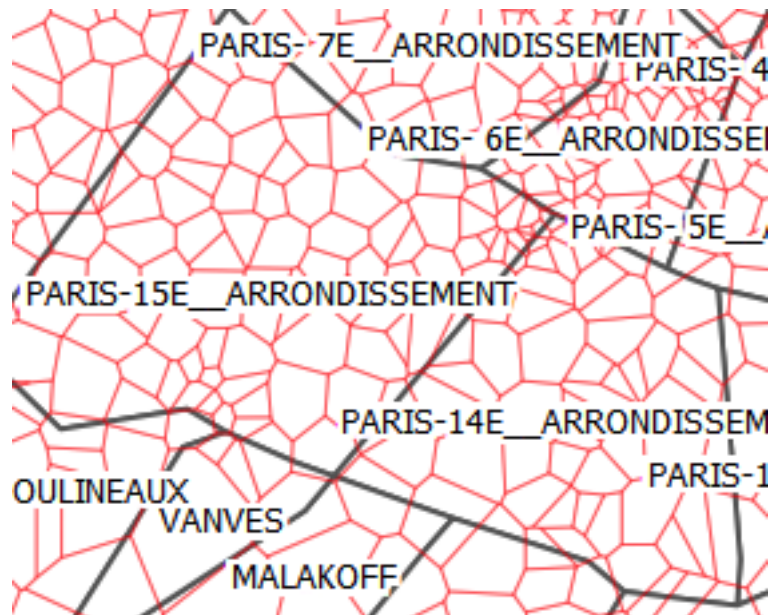
# Problématique générale



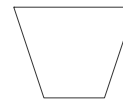
# Présentation des données (1)



# Présentation des données (2)

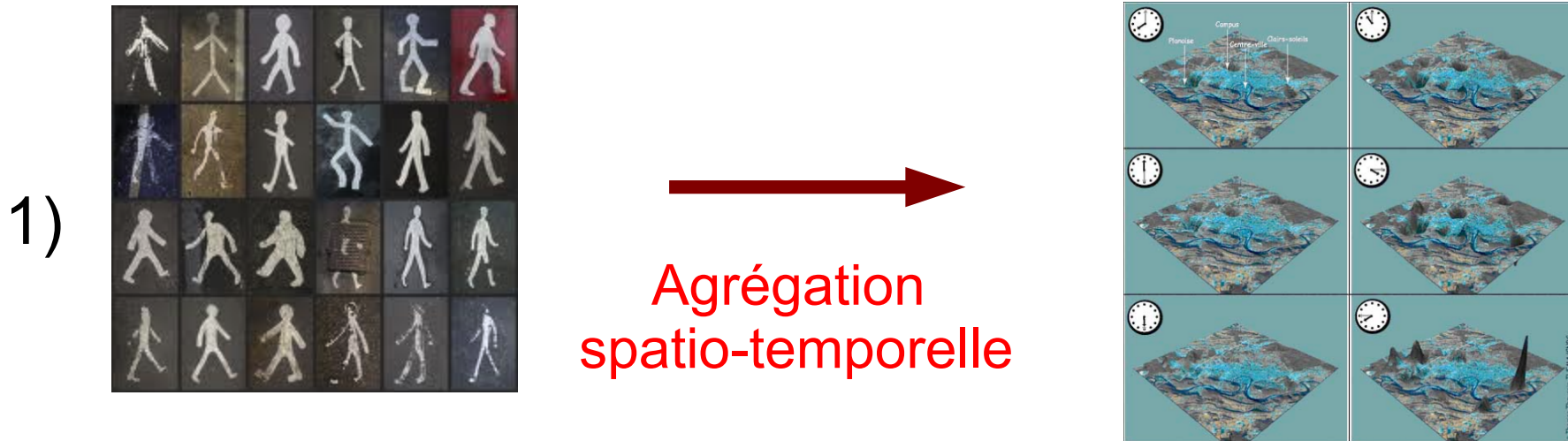


Limites du polygone de Voronoï  
autour des stations du réseau



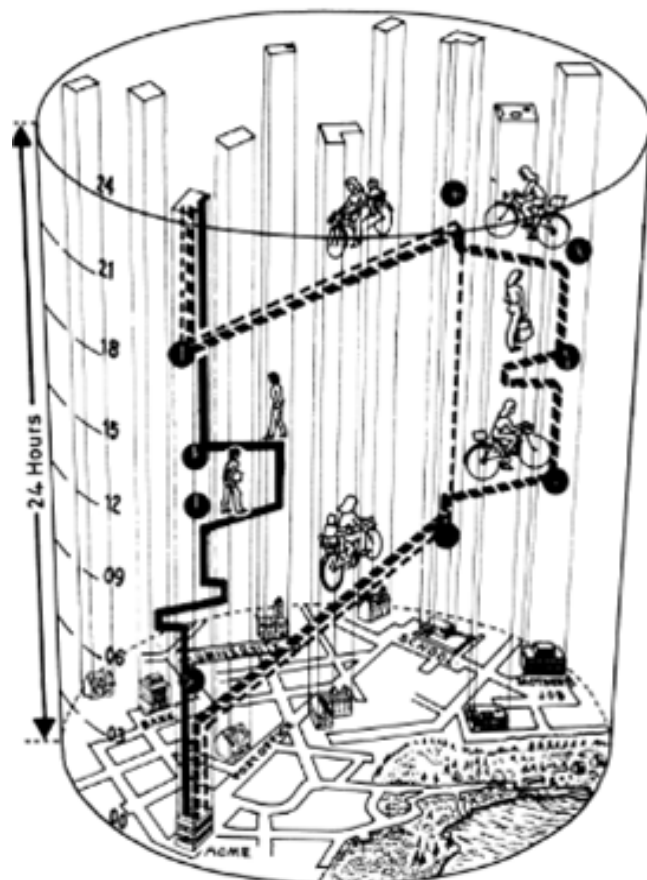
Limites des arrondissements  
ou des communes

# Une problématique de thèse double



2) Peut on **enrichir sémantiquement** cette information (*motifs, modes de transport,...*) **en la couplant** avec d'autres types de données ?

# Une perspective à long terme

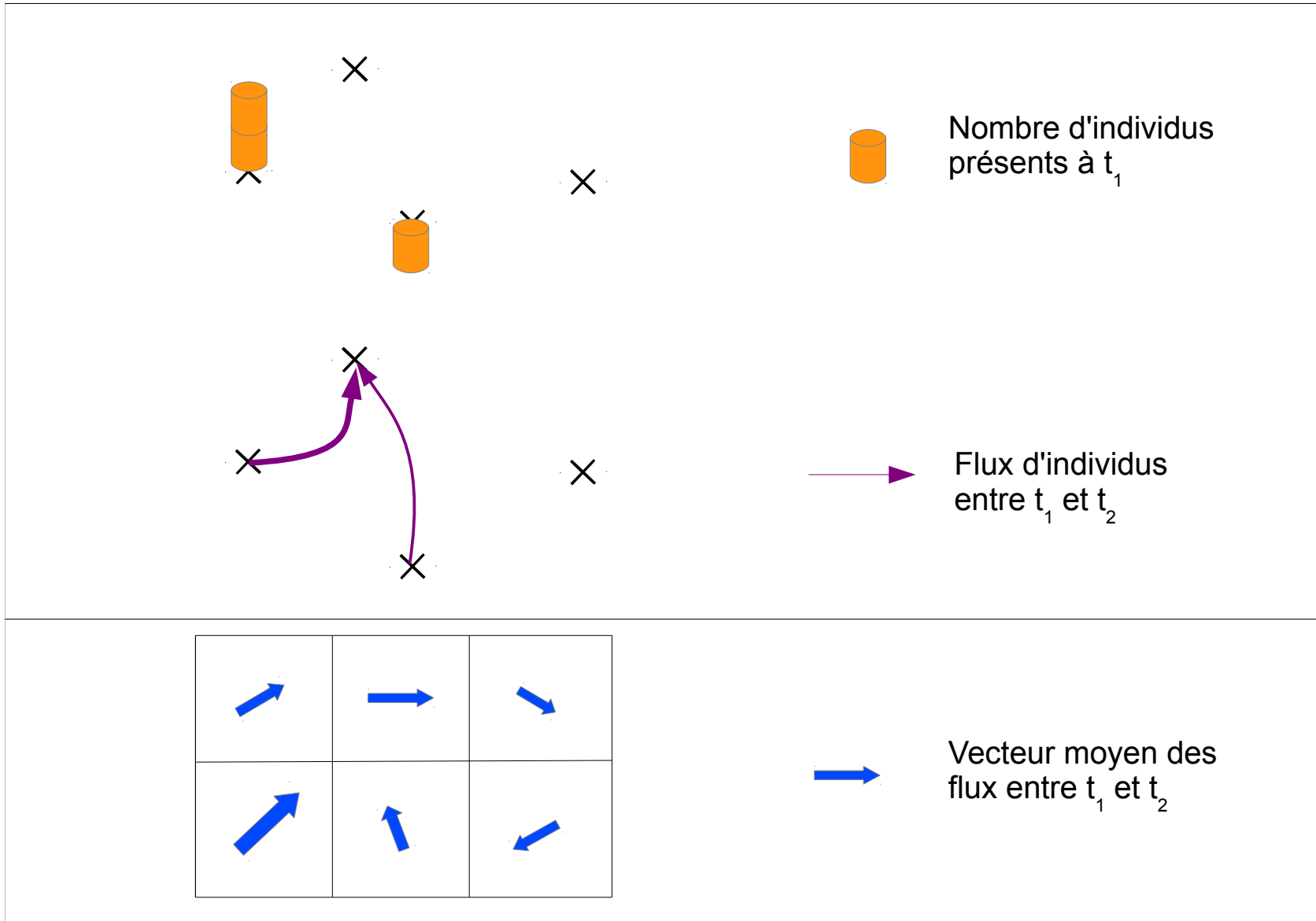


Source: LENNTORP B.,  
1978

Le prisme spatio-temporel de la Time Geography



# Une construction progressive d'agrégations spatiales et temporelles



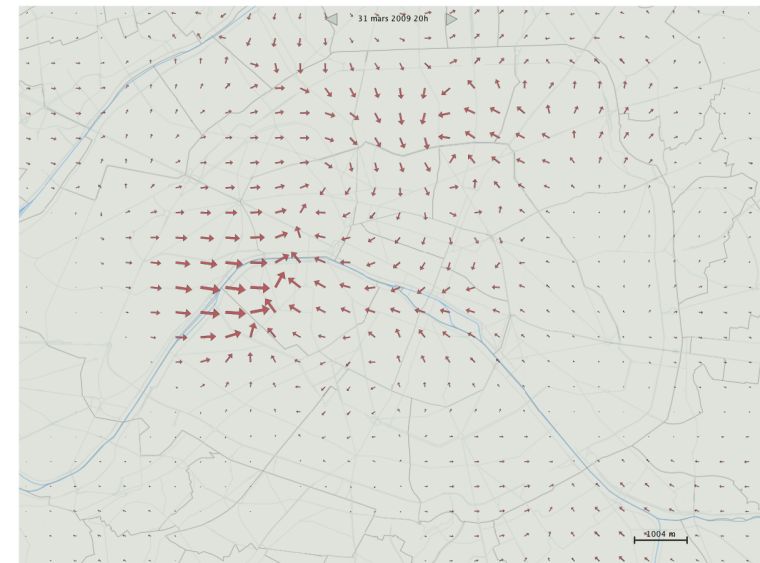
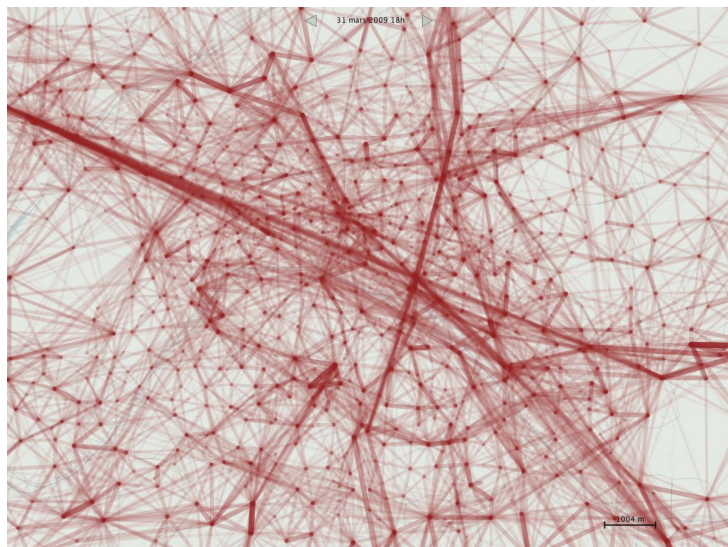
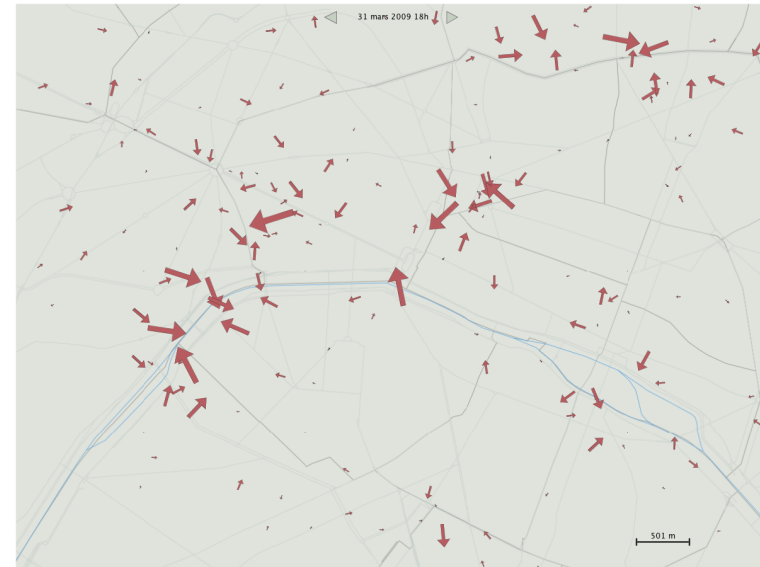
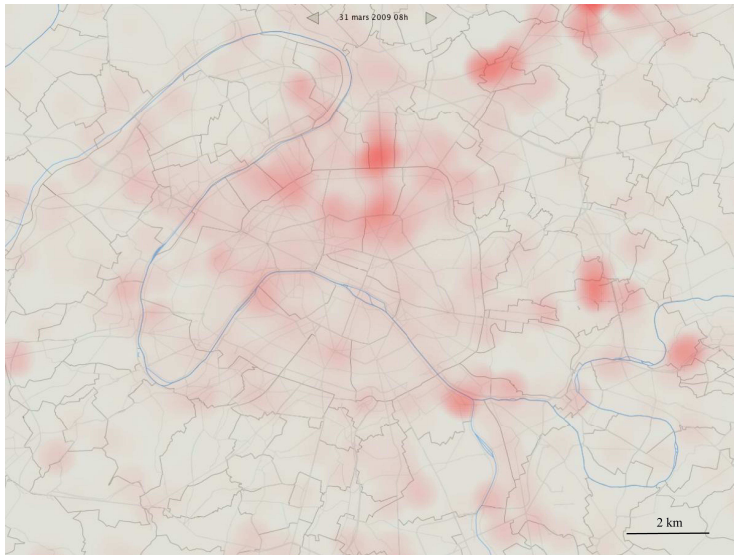
# Mise au point d'un outil de visualisation

The screenshot shows a software interface for visualizing a network graph. The main window displays a dense network of red lines representing connections between stations. The interface includes several interactive elements:

- Menu:** A red box highlights a menu on the left side of the interface with options: "Carte", "Noeud", "Arc", "Lissée", "Log", "Exp(1/x)", and "Box Cox".
- Variation de la plage horaire:** A red box highlights a date and time selector at the top center, showing "31 mars 2009 08".
- Diagrammes de distribution:** A red box highlights a distribution analysis panel on the left. It contains two histograms: "effectif" (top) and "poids" (bottom). The "poids" histogram shows a distribution with a peak at 99 and a total of 10146. The "effectif" histogram shows a distribution with a peak at 1 and a total of 449. A "lambda" parameter is also visible, set to 1.000.
- Variation de l'échelle avec la souris:** A red box highlights a scale bar at the bottom right, showing a distance of 2009 m.
- Paramètre à faire varier avec la souris:** A red box highlights a "lambda" parameter slider at the bottom center, with a value of 1.000 and a range from -1.500 to 1.500.

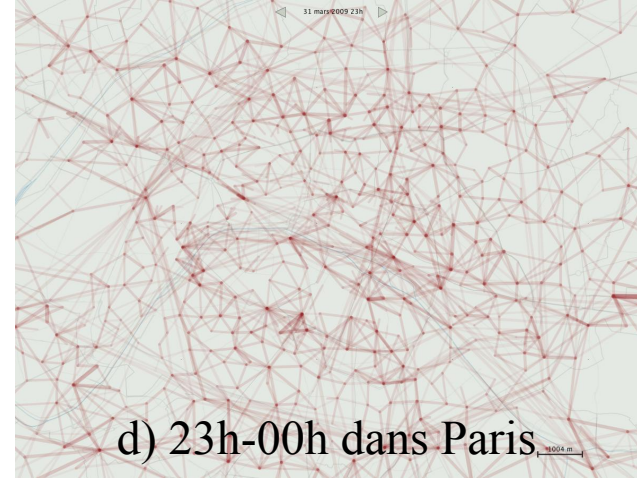
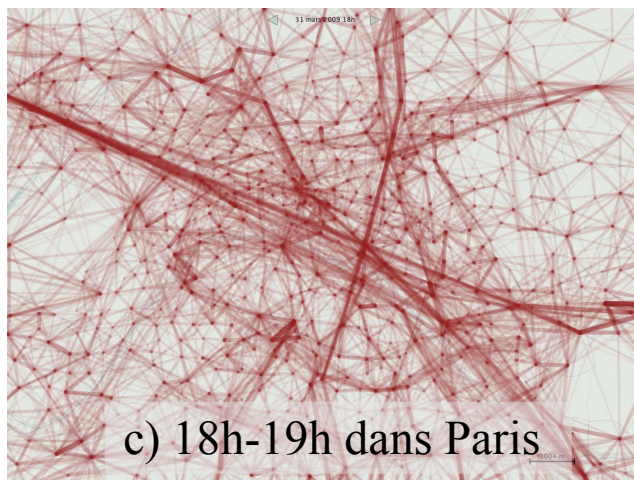
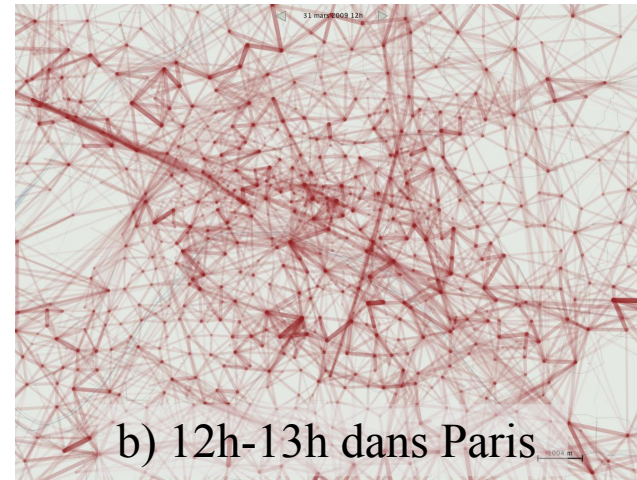
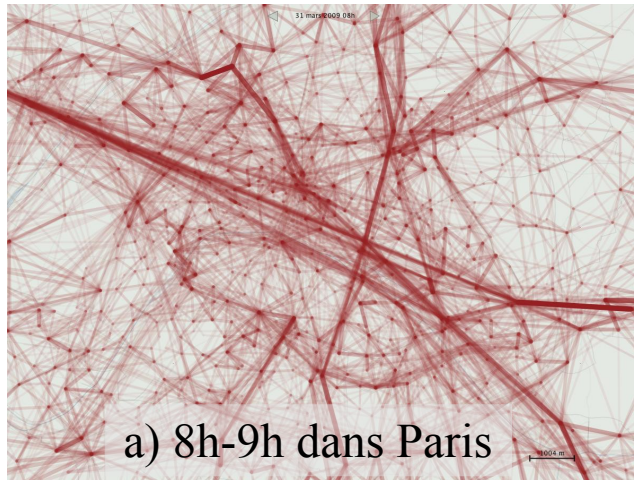
The main window title is "friscipif.touristflow.TouristFlow". The text "Distribution transformée par une box Cox" and "Transformation du nombre de déplacements entre stations par la méthode de box cox" is displayed in the center of the map area.

# Des vues complémentaires sur l'espace



# Dynamique spatio-temporelle

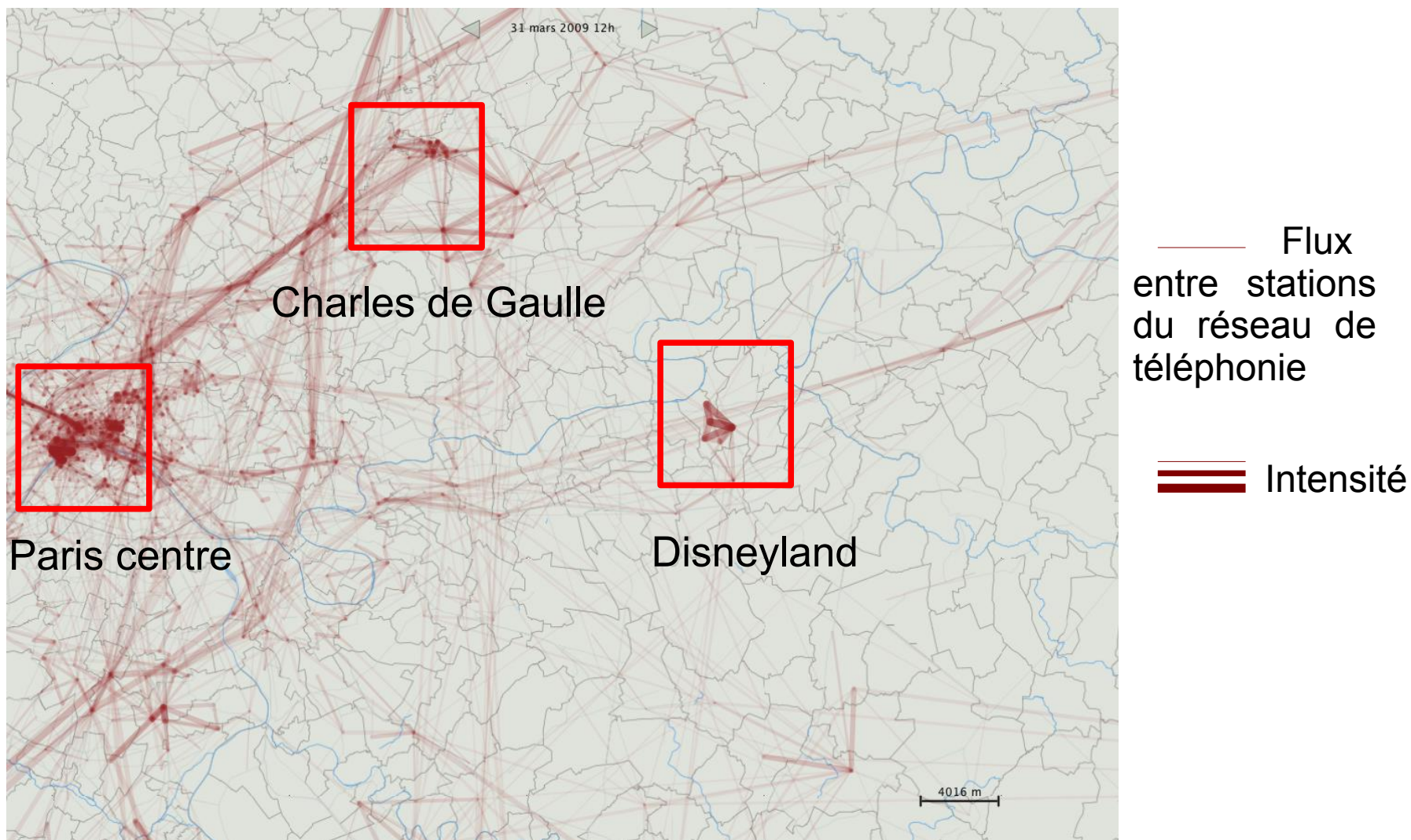
- Les rythmes des mobilités régulières



— Flux  
entre stations  
du réseau de  
téléphonie

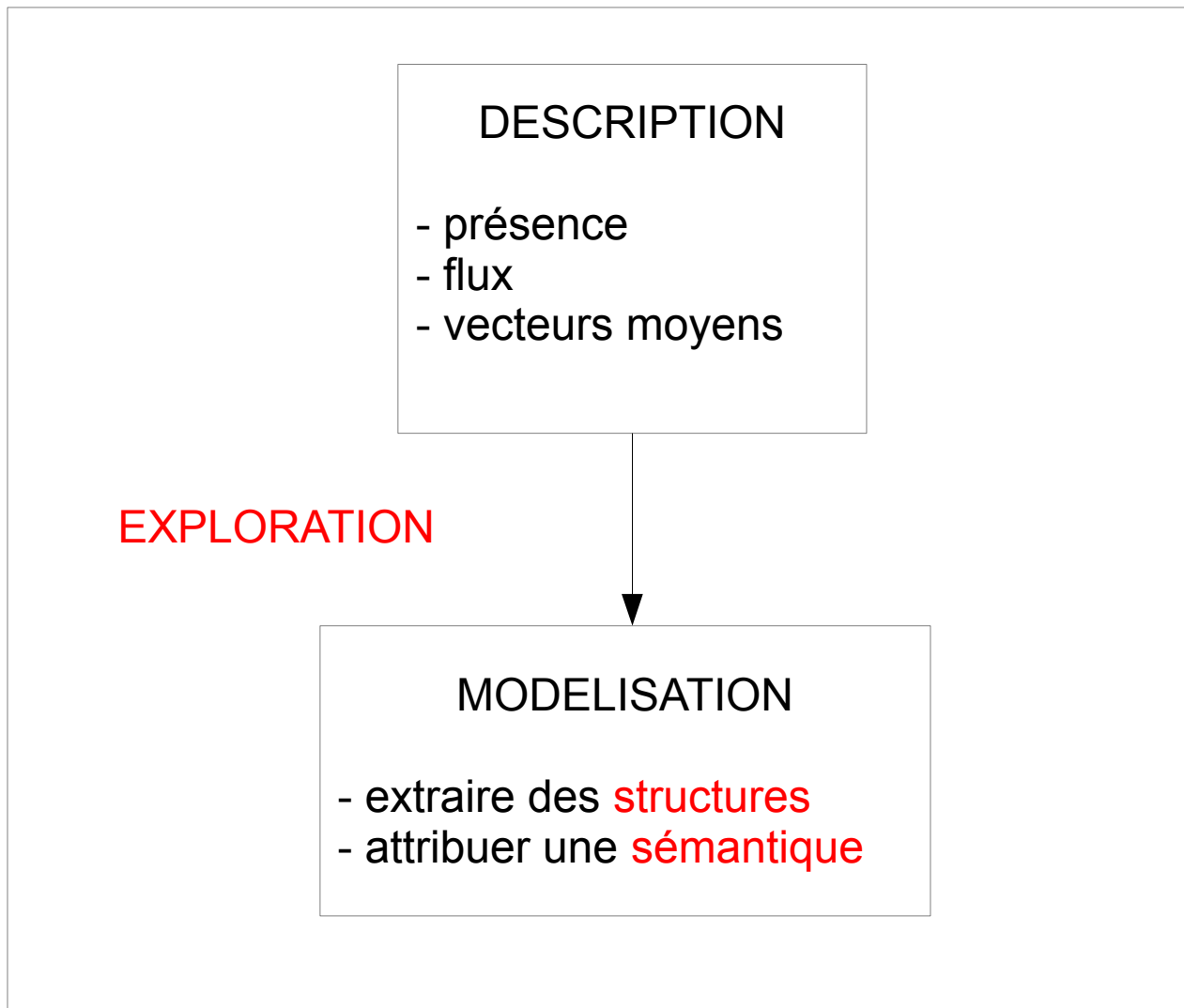
== Intensité

# Sélection de sous-groupes

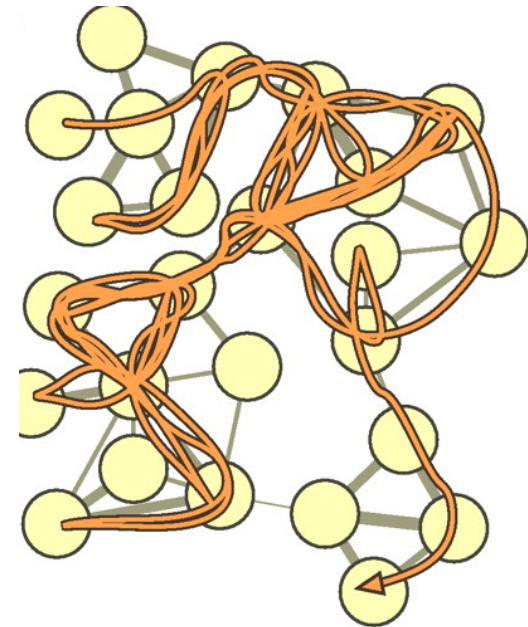
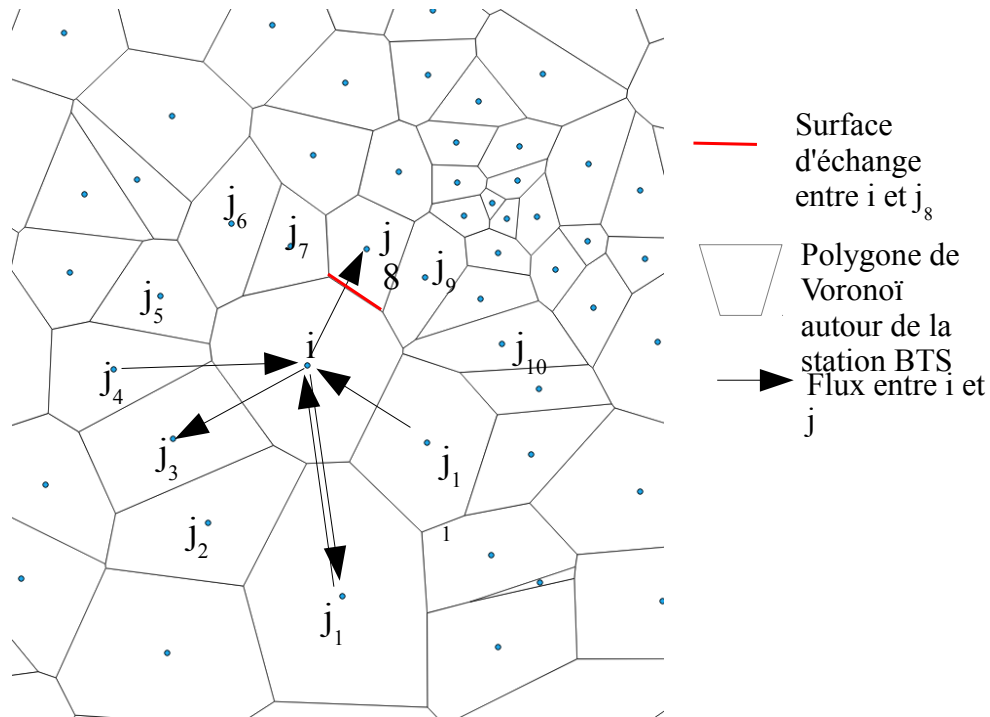


Principaux flux de déplacements de visiteurs étrangers le 31/03/2009 entre 8h et 9h. Source : Orange Labs

# De la description à la modélisation



# Mesure d'écart à un mouvement brownien ou comment la physique statistique peut aider à modéliser les mobilités



Flux théorique de  $i$  vers  $j$ ,  $\Phi_{th}(i \rightarrow j)$ :

$$\Phi_{th}(i \rightarrow j) = \min\left(\Phi(i) \frac{f(i, j)}{\sum_{k \in \text{voisins}(i)} f(i, k)}, \Phi(j) \frac{f(j, i)}{\sum_{k \in \text{voisins}(j)} f(j, k)}\right)$$

$\Phi(i)$ : la somme des flux émis par  $i$

$\Phi(j)$ : la somme des flux reçus par  $j$

$f(i, j)$ : frontière commune des polygones de Voronoï de  $i$  et  $j$

$\sum_{k \in \text{voisins}(i)} f(i, k)$ : périmètre du polygone de Voronoï autour de  $i$

$w(i \rightarrow j)$  = Intensité du lien entre  $i$  et  $j$ , défini ssi  $\leq$  flux observé est non nul

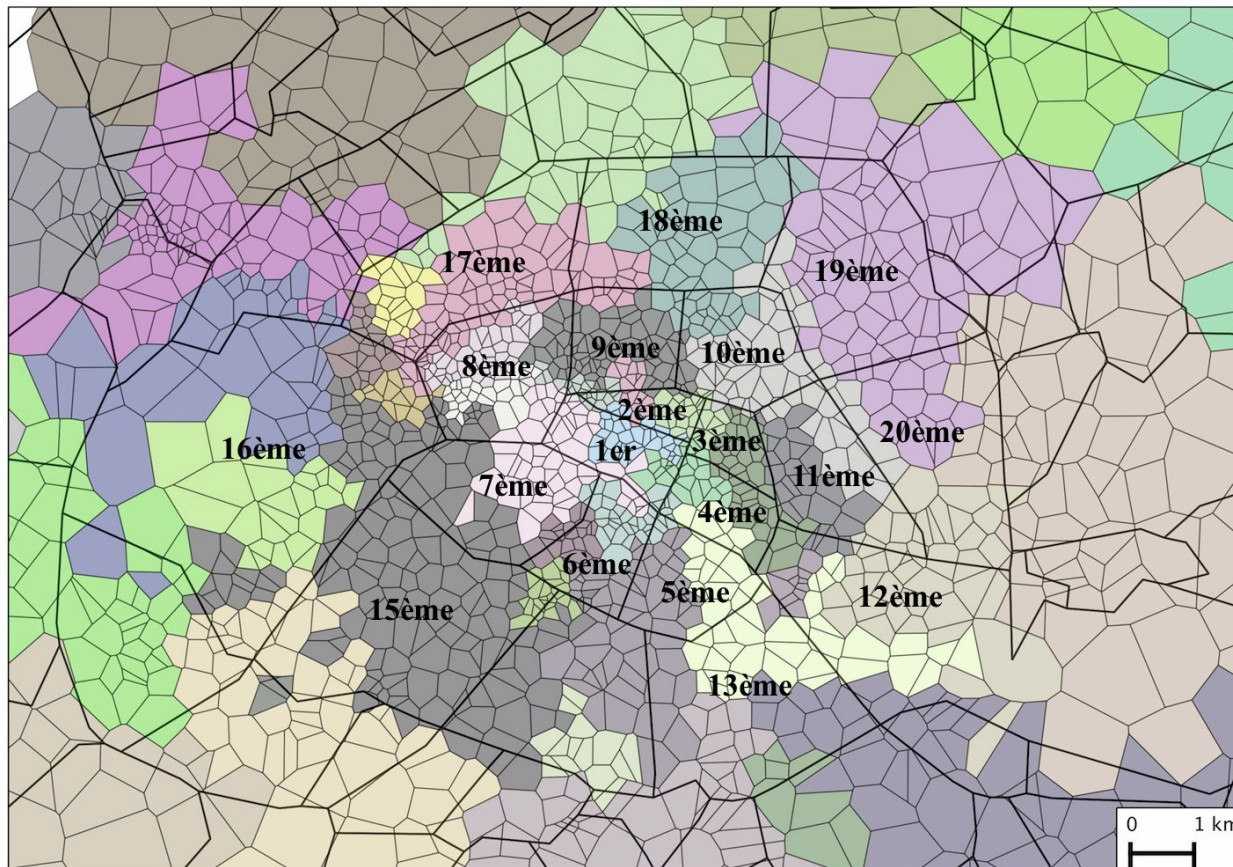
$$w(i \rightarrow j) = \frac{\Phi(i \rightarrow j)}{\Phi_{th}(i \rightarrow j)}$$

$\Phi(i \rightarrow j)$ : flux observé de  $i$  vers  $j$

$\Phi_{th}(i \rightarrow j)$ : flux théorique de  $i$  vers  $j$

# Les « villages » d'Ile-de-France

- Une régionalisation de l'espace en fonction des déplacements préférentiels entre stations



- Voronoï autour des stations de téléphonie mobile
- Communauté de stations ayant des déplacements privilégiés entre elles

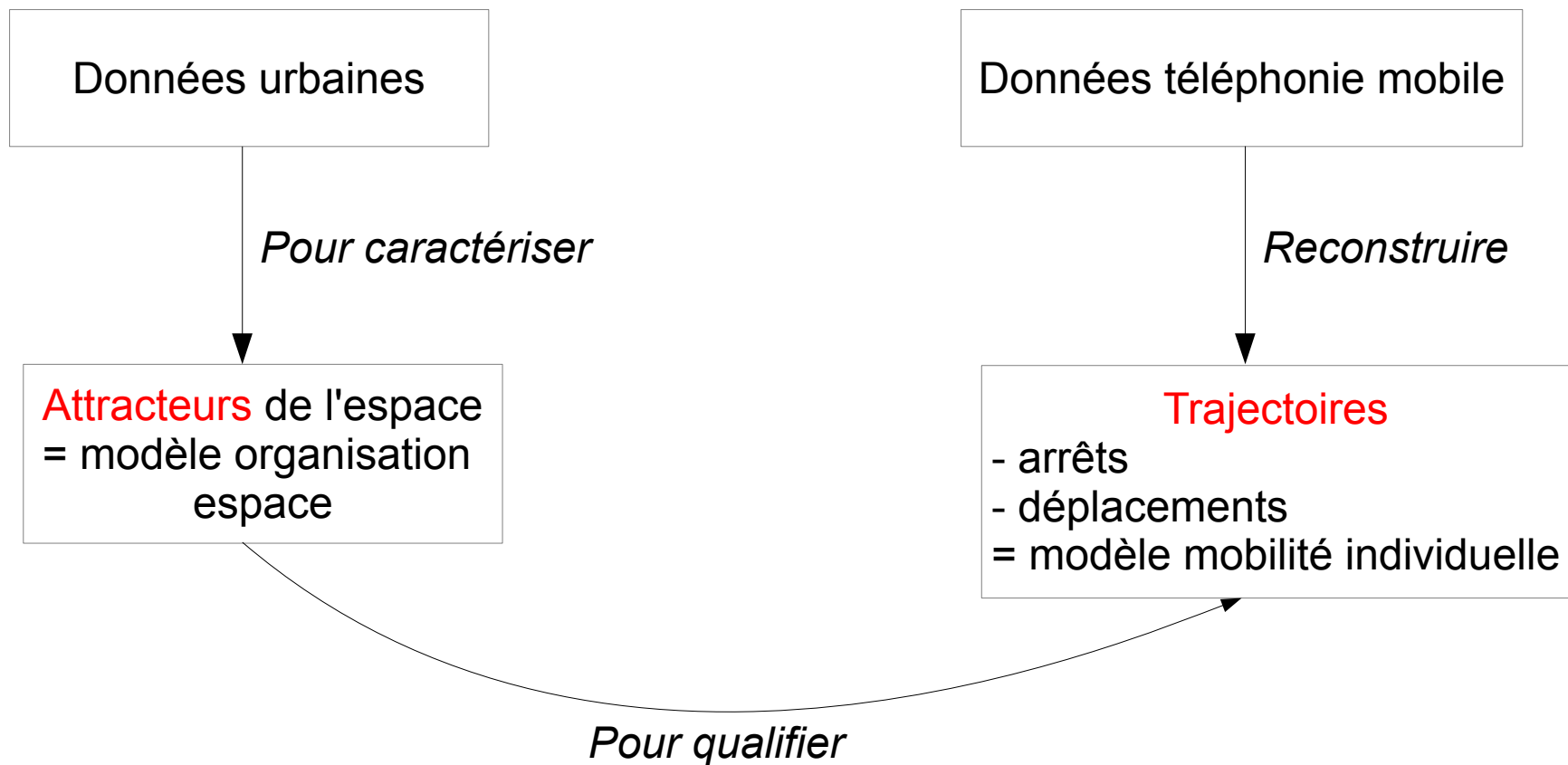


# Perspectives pour compléter cette recherche

- Pistes d'amélioration :
  - Faire varier le voisinage (ordre 1)
  - Intégrer l'asymétrie des flux
- Comparaison systématique avec :
  - D'autres algorithmes de « clustering »
  - D'autres modèles (interactions spatiales)

# Les attracteurs urbains pour construire du sens ?

*Ou le rôle de la géomatique dans la (re)construction du sens*



# Méthode et résultats

- Un exemple d'**attracteur urbain** : les sites touristiques
- Identification des **aires d'influence** des sites « touristiques »
- Identification des périodes de **non-mobilité** au sein de ces aires d'influence = fréquentation
- → **une source unique pour classer l'intensité** de fréquentation des espaces publics

# Bilan de cette recherche du sens

## Avantages

- Une **activité spécifique**  
Exemple : cas des visiteurs étrangers et de la « **fréquentation** » des sites touristiques
- à partir des connaissances préexistantes et de **méthodes de couplage** des données : construire de la sémantique

## Inconvénients

- **Hypothèses de départ** sur le lien entre usage du sol, fonctions urbaines et pratiques des individus
- **Polyfonctionnalité** de l'espace urbain difficile à prendre en compte

# Perspectives de recherche

- Caractérisation plus formelle du processus d'agrégation spatiale et temporelle : automatiser la définition des seuils d'agrégation
- Evaluation des possibilités d'assimilation de ces données par des modèles urbains (mobilité, exposition aux risques, chronotopie...)
- Formalisation des conditions d'utilisation de ces données passives : une réflexion éthique nécessairement interdisciplinaire

# Ils sont partout ! Apprenons à les maîtriser et les exploiter

