

Reconstruction d'itinéraires en milieu urbain à partir des données de téléphonie mobile.

Loïc Bonnetain

LICIT (UDL, IFSTTAR, ENTPE), France

Angelo Furno

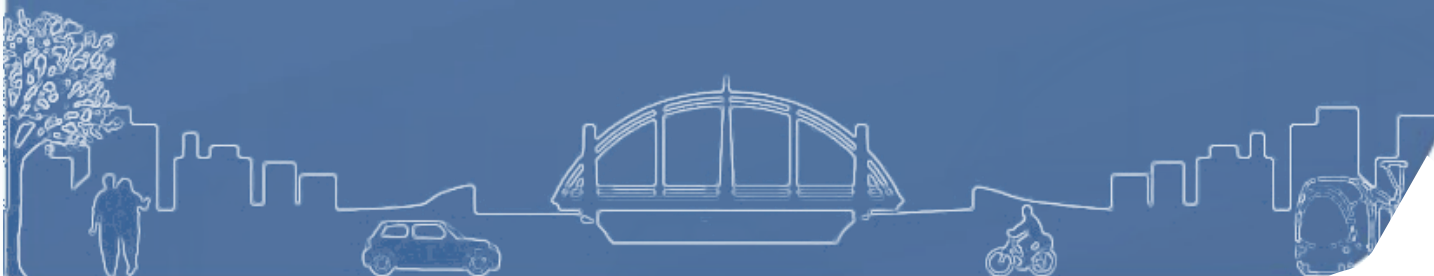
LICIT (UDL, IFSTTAR, ENTPE), France

Jean Krug

LICIT (IFSTTAR, ENTPE), France

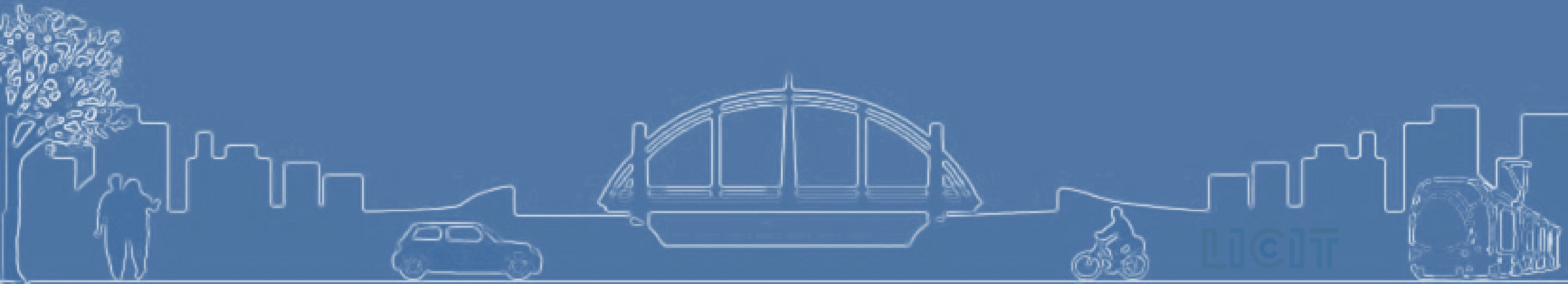
Nour-Eddin El Faouzi

LICIT (UDL, IFSTTAR, ENTPE), France



1.

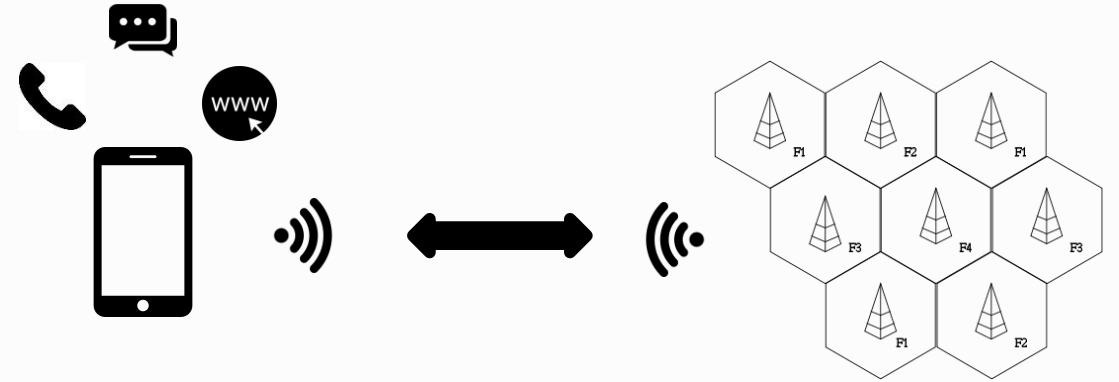
CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE



Contexte



Source : <https://bembelly.wordpress.com/2015/05/09/avant-les-smartphones-dans-les-transports-en-commun/>
Source : <https://www.flickr.com/photos/legoblock/16297638252>

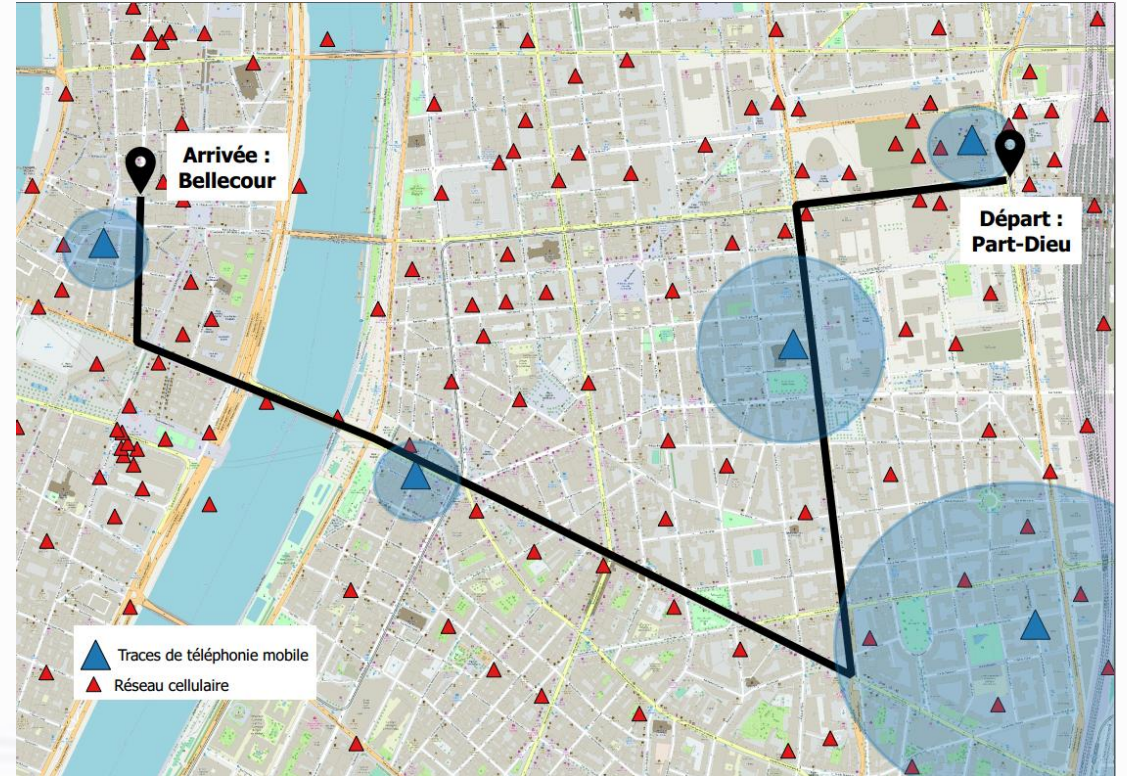


- ❑ Données passives de téléphonie mobile :
 - Taux de représentativité élevé
 - Large échelle

- ❑ Fort potentiel pour l'analyse de la mobilité

Problématisation

Est-il possible de reconstruire des itinéraires de mobilité dans un contexte urbain ?



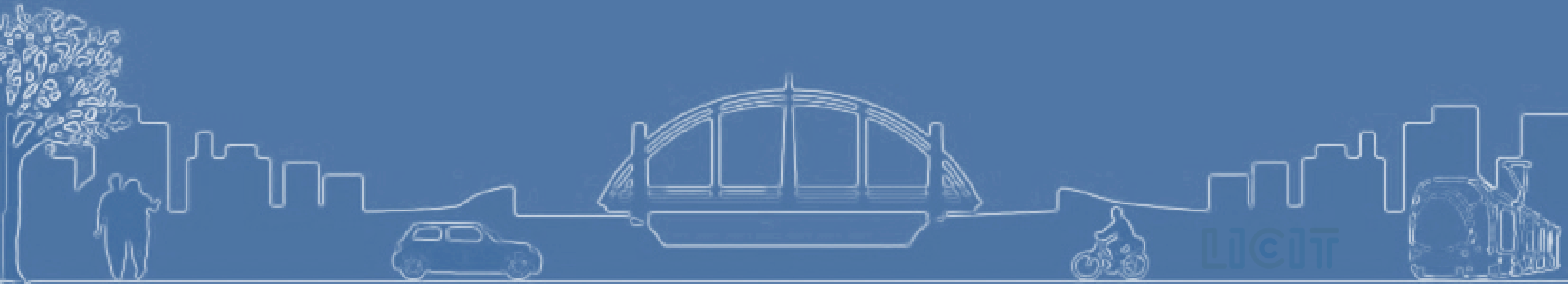
Etat de l'art

- ❑ Les approches de map-matching pour les données passives de téléphonie mobile sont inspirées de celles pour les données GPS
- ❑ Tableau récapitulatif des approches pour les données passives de téléphonie mobile :

Approche	Type	Modèle	Temps d'exécution	Réseau de transport
Sculze <i>et al.</i> [23]	Offline	Probabiliste	Long (Recherche de sous-graphe + plus court chemin distance de Dijkstra)	Réseau routier
Jagadeesh <i>et al.</i> [24]	Online	HMM supervisé et Affectation	Court (Temps-réel)	Réseau routier
Thiagarajan <i>et al.</i> [25]	Online	HMM supervisé	Court (Temps-réel)	Réseau routier
Algizawy <i>et al.</i> [26]	Online	HMM supervisé	Court (Temps-réel)	Réseau routier
Asgari <i>et al.</i> [27]	Offline	HMM non-supervisé	Long	Réseau multimodal

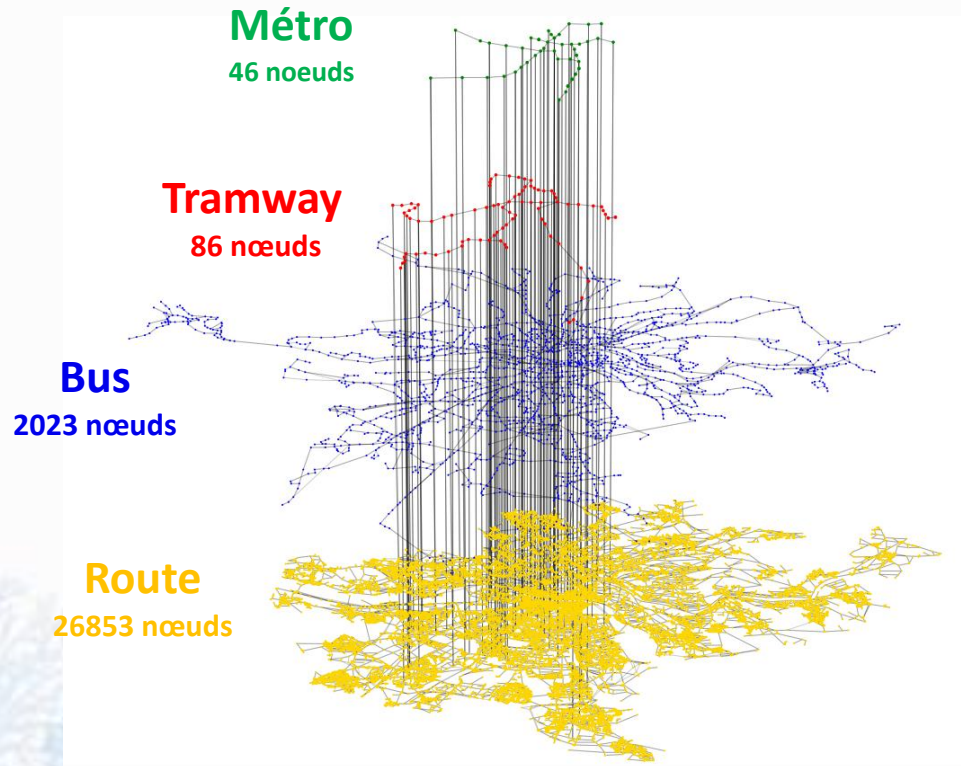
2.

METHODOLOGIE



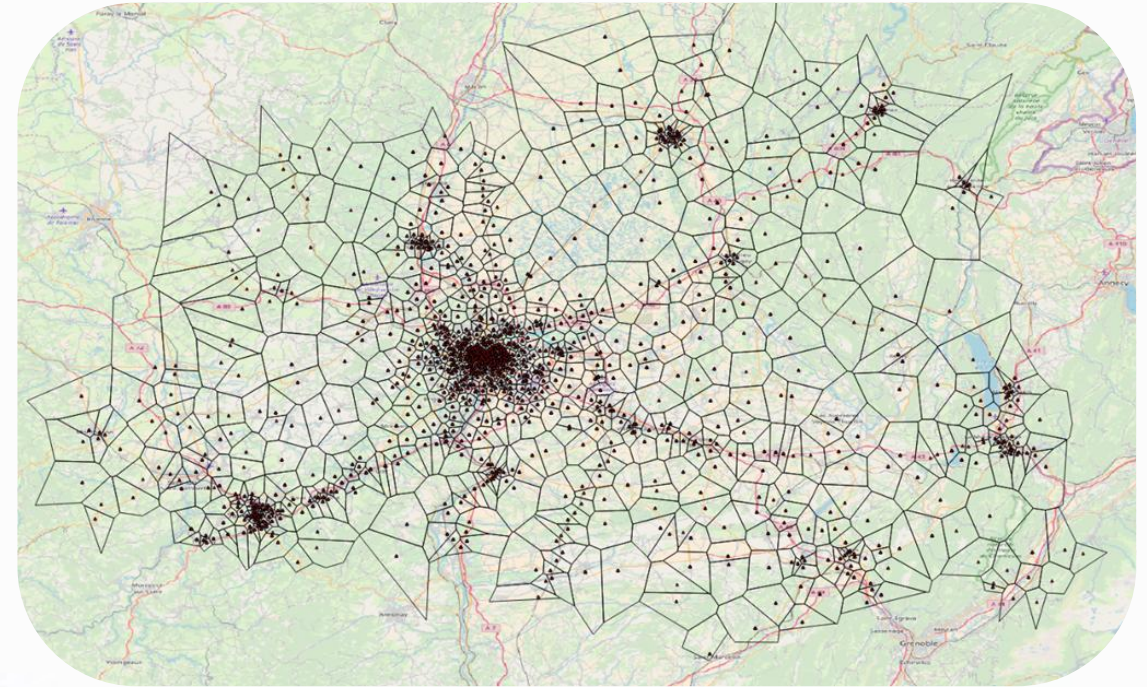
Modélisation des réseaux

Réseau de transport multimodal urbain de Lyon



→ Graphe multi-couches,
Librairie : networkX (python)

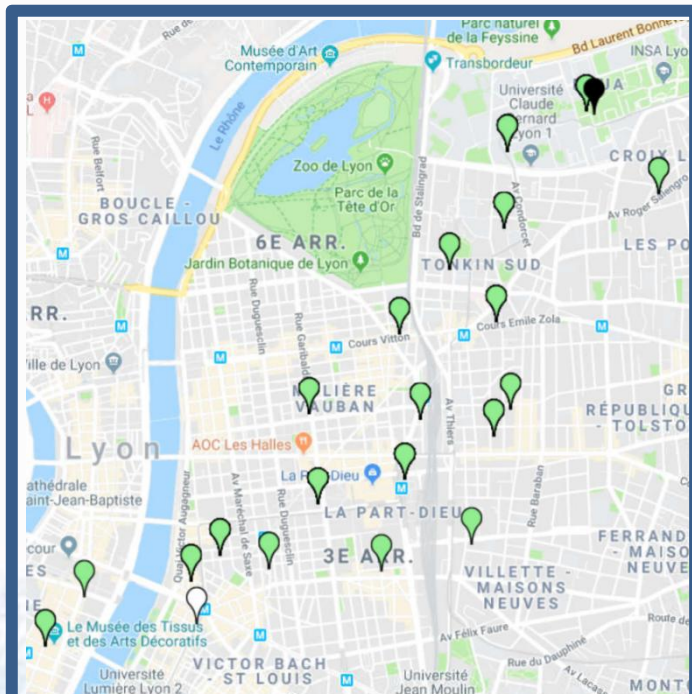
Réseau cellulaire sur la zone du Grand Lyon



→ Prise en compte de l'azimuth des antennes

Approche de reconstruction d'itinéraire

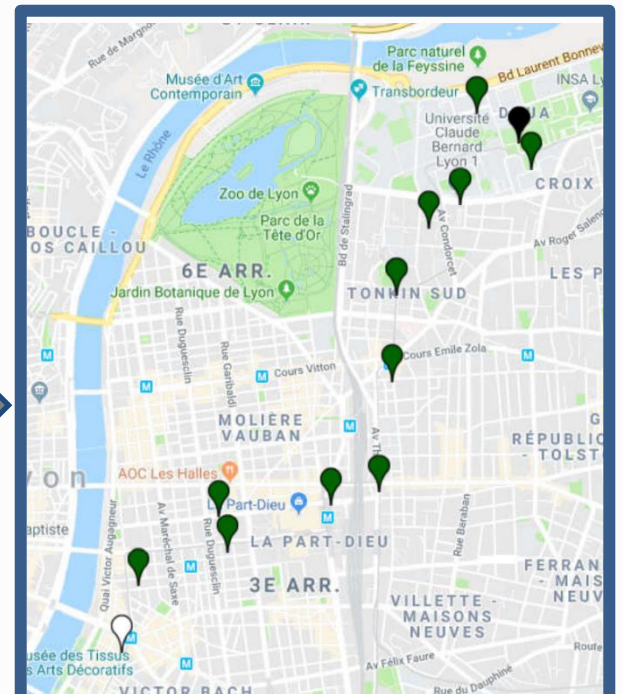
❖ Etape 1 : Filtrage des traces de téléphonie



Entrée : trace non-filtrée

- ☐ Recursive Look Ahead Filter [Sultan *et al*]
- ☐ Barycentre de la position des antennes (pas d'agrégation 2min)
- ☐ Suppression des positions successives identiques

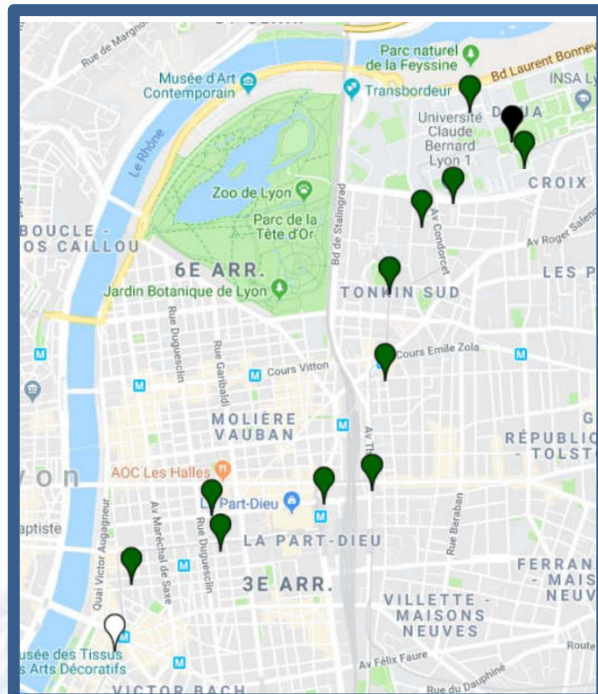
Algorithme 1



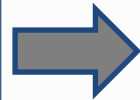
Sortie : trace filtrée

Approche de reconstruction d'itinéraire

❖ Etape 2 : Modèle de Markov Caché (MMC)



Entrée : trace filtrée

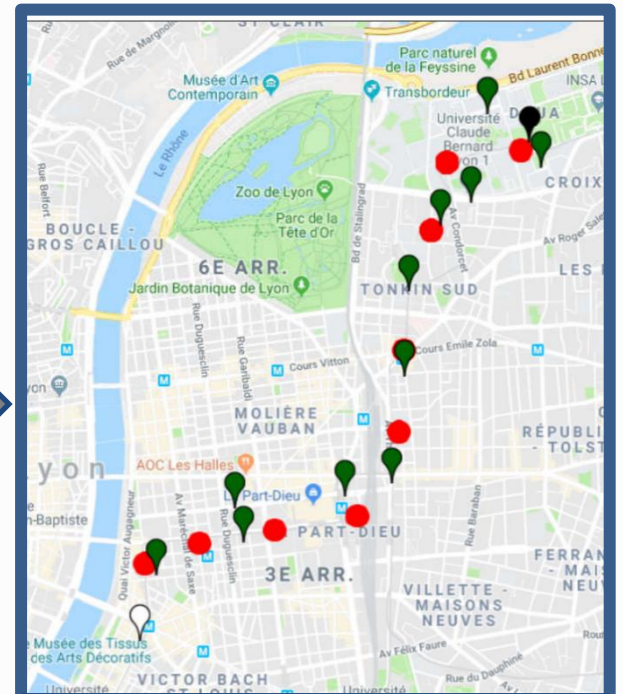


❑ Modélisation par un MMC non-supervisé :

- ❖ Etats cachés : nœuds
- ❖ Observations : antennes
- ❖ Probabilités initiales
- ❖ Probabilité d'émission
- ❖ Probabilité de transition

❑ Application d'un l'algorithme de Viterbi optimisé

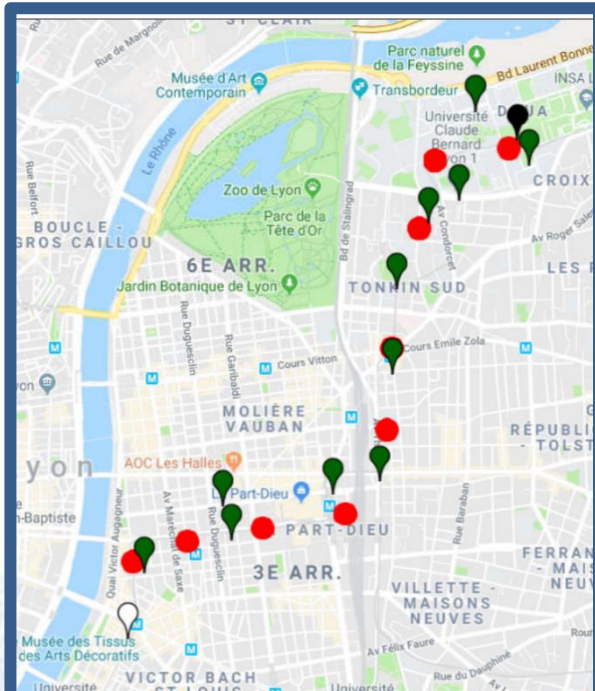
Algorithme 2



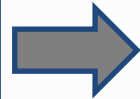
Sortie : séquence de nœuds

Approche de reconstruction d'itinéraire

❖ Etape 3 : Reconstruction d'itinéraire final

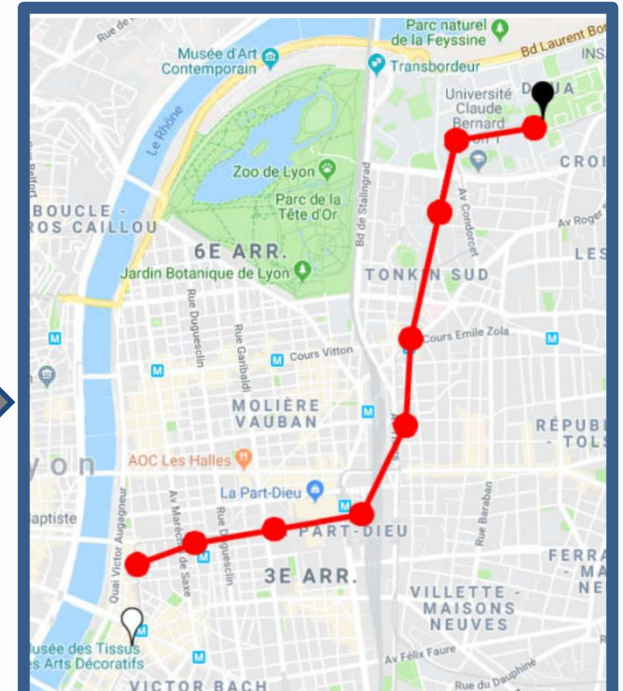
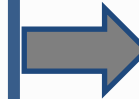


Entrée : séquence de nœuds



❑ Compléter la séquence de nœuds en formant une séquence de nœuds adjacents sur le graphe par le plus court chemin

Algorithme 3

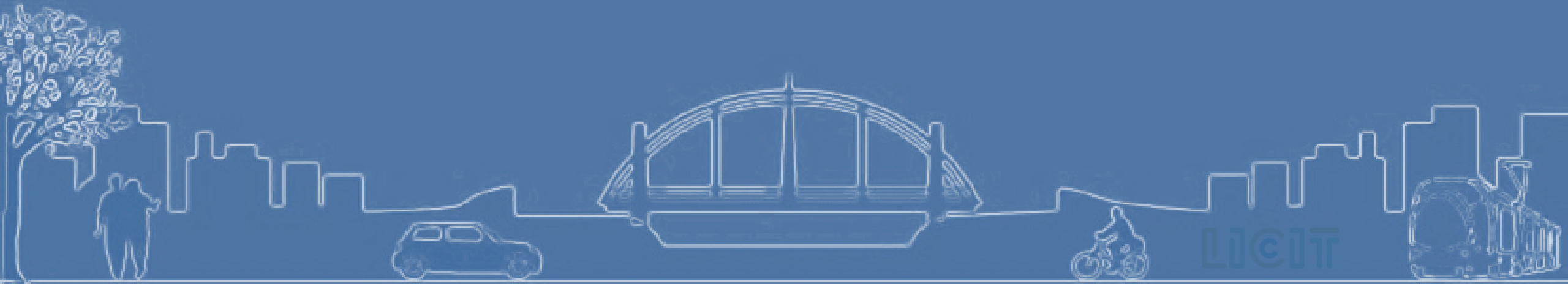


Sortie : itinéraire final

3.

EVALUATION, CAS D'ETUDE : LYON

Validation microscopique et macroscopique



Validation microscopique

❖ *Quelques résultats qualitatifs :*

Type : Traces GPS recueillies par une application (volontariat) et traces de téléphonie mobile fournies par Orange.

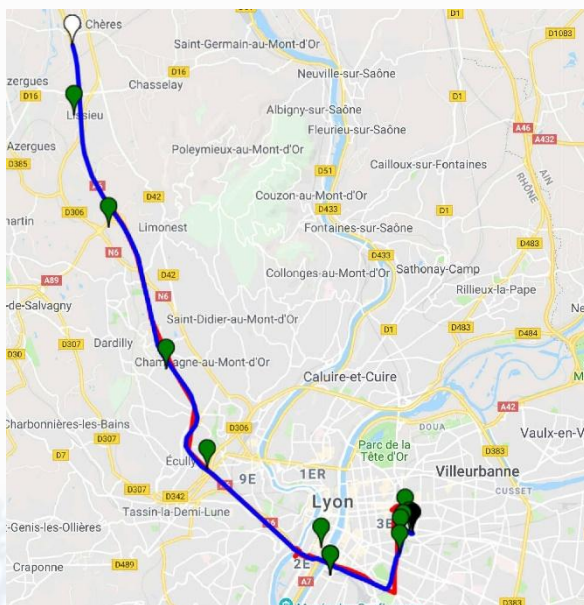
Volume : 150 itinéraires (dizaine d'utilisateurs)

Date : Novembre 2016

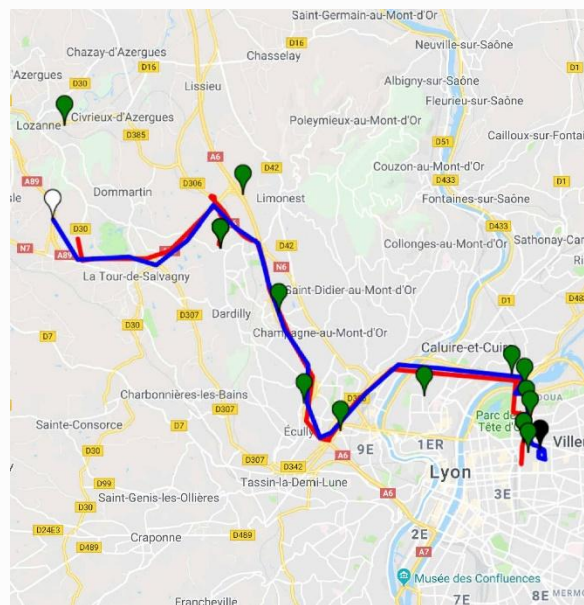
Lieu : Métropole de Lyon



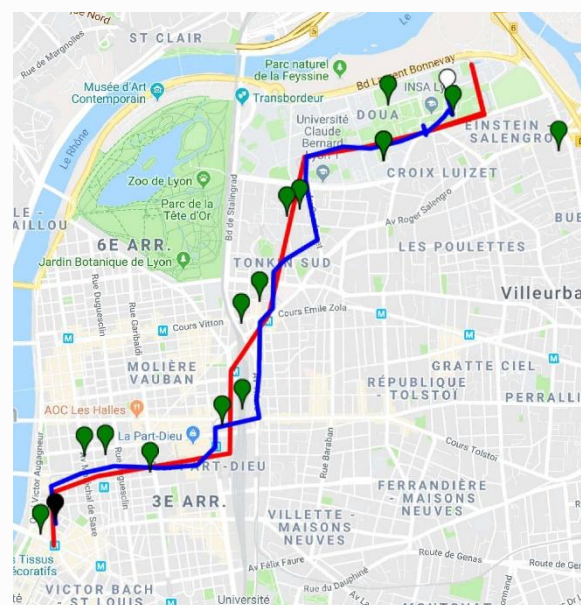
Itinéraire 1



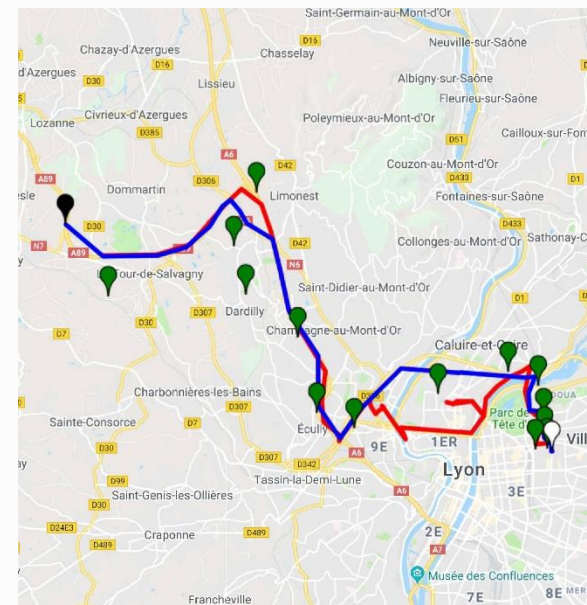
Itinéraire 2



Itinéraire 3



Itinéraire 4



Légende :



Trace GPS



Itinéraire reconstruit

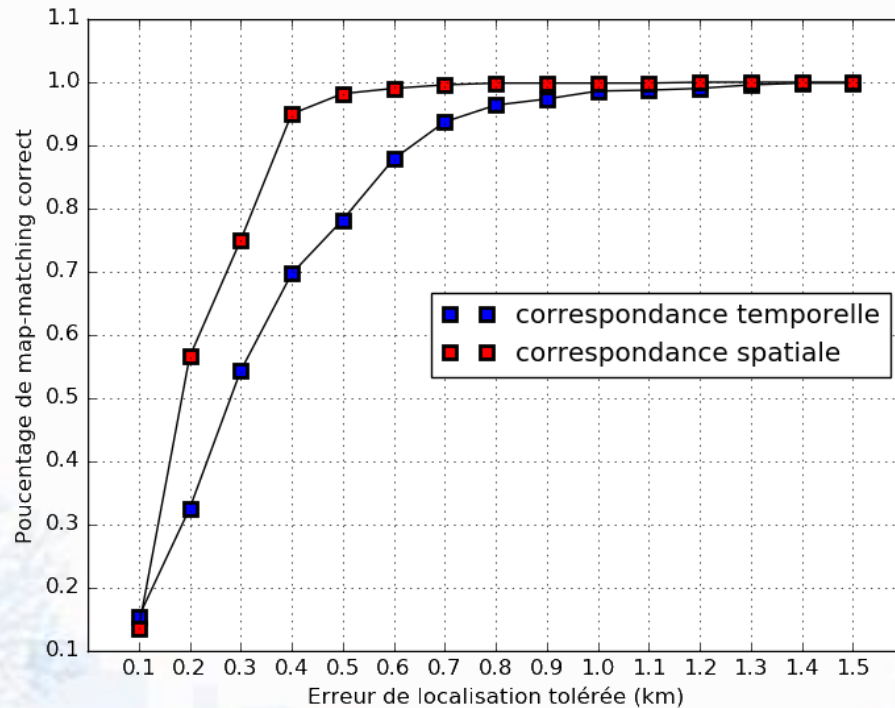


Trace de téléphonie mobile

Validation microscopique

❖ *Quelques résultats quantitatifs :*

Erreur spatiale



✓ **70%** de nœud « map-matchés » correctement avec une erreur comprise entre **270m** et **400m**

Type : Traces GPS recueillies par une application (volontariat) et traces de téléphonie mobile fournies par Orange.

Volume : 150 itinéraires (dizaine d'utilisateurs)

Date : Novembre 2016

Lieu : Métropole de Lyon



Temps d'exécution

	classique	optimisé	optimisé + parallélisé
6111 nœuds sur Core i7	18 h	27 sec	3.5 sec
29 012 nœuds sur Xeon	442 j	4.33 h	5 min

- ✓ Réduction d'un facteur 2400, optimisation Viterbi
- ✓ Réduction d'un facteur NbCoeurs, parallélisation
- ✓ Utilisation librairie Python : *joblib* et *multiprocessing*

Validation macroscopique

❖ *Mobile phone data VS E.M.D*

Type : Traces de téléphonie mobile fournies par Orange

Volume : 2300 itinéraires (PD vers SF)

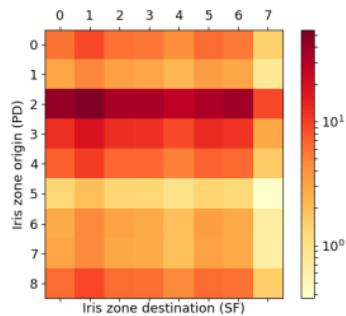
2100 itinéraires (SF vers PD)

Date : Septembre 2015

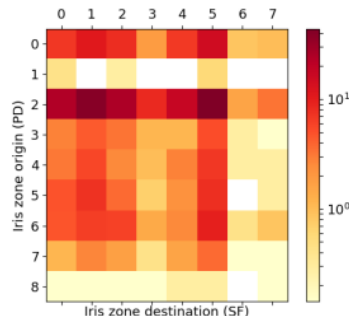
Lieu : Entre Part-Dieu (PD) et Sainte-Foy-lès-Lyon (SF)

DATA

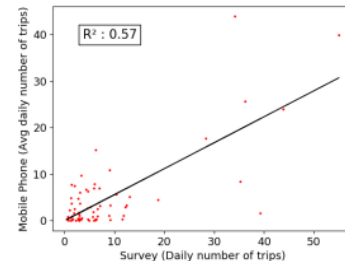
Comparaison Matrice OD entre PD et SF



(a) Survey-based OD matrix

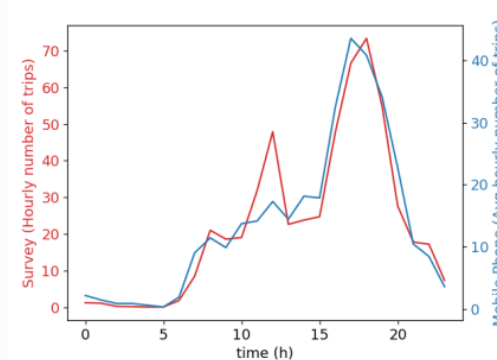


(b) Mobile Phone-based OD matrix

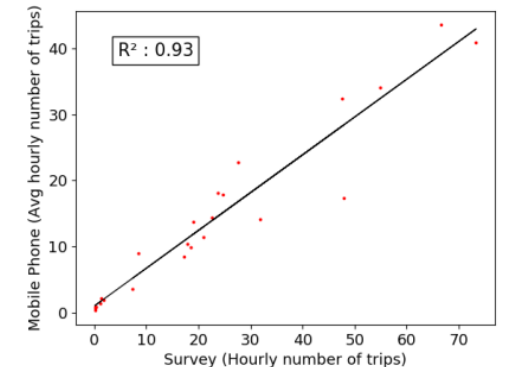


(c) Linear regression - Origin Destination Matrix

Comparaison profil temporel entre PD et SF



(a) Daily temporal profile

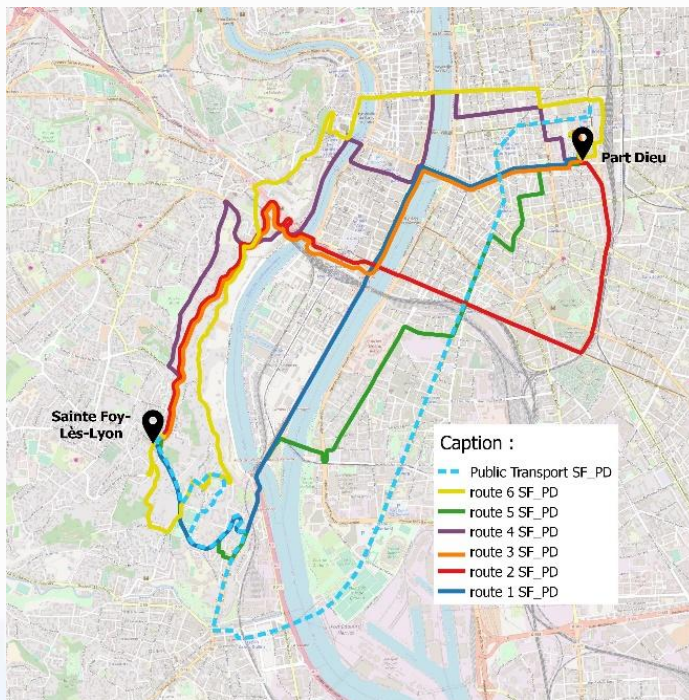


(b) Linear regression - Temporal profile

Validation macroscopique

❖ *Chemins populaires entre PD et SF*

Simulation



Type : Traces de téléphonie mobile fournies par Orange

Volume : 2300 itinéraires (PD vers SF)

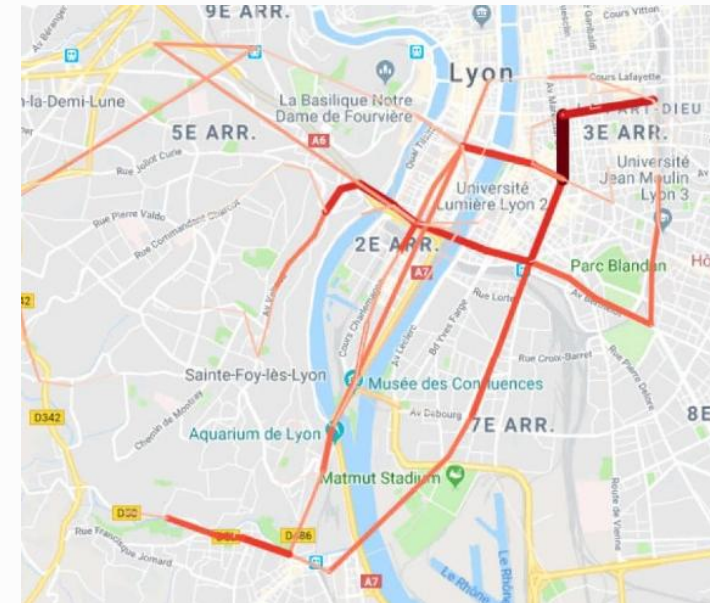
2100 itinéraires (SF vers PD)

Date : Septembre 2015

Lieu : Entre Part-Dieu (PD) et Sainte-Foy-lès-Lyon (SF)

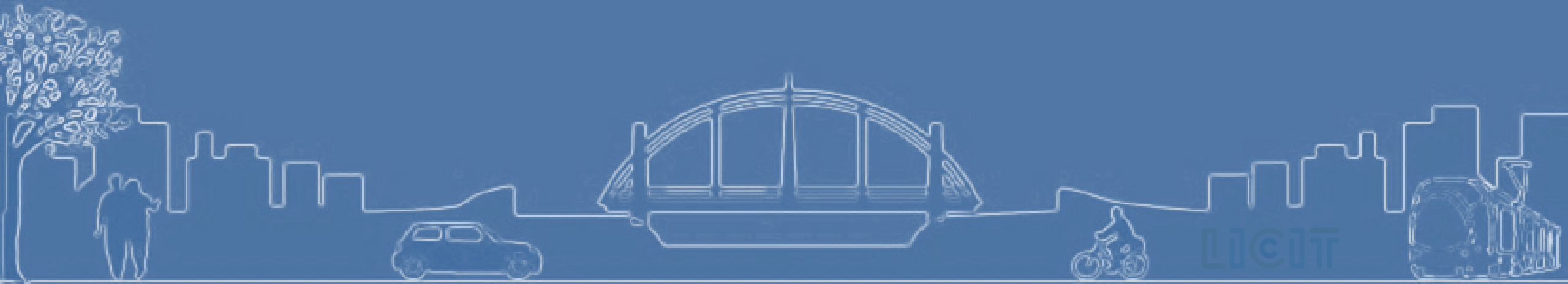
DATA

Mobile Phone



4.

DIRECTIONS FUTURES



Démarche : Etape 1

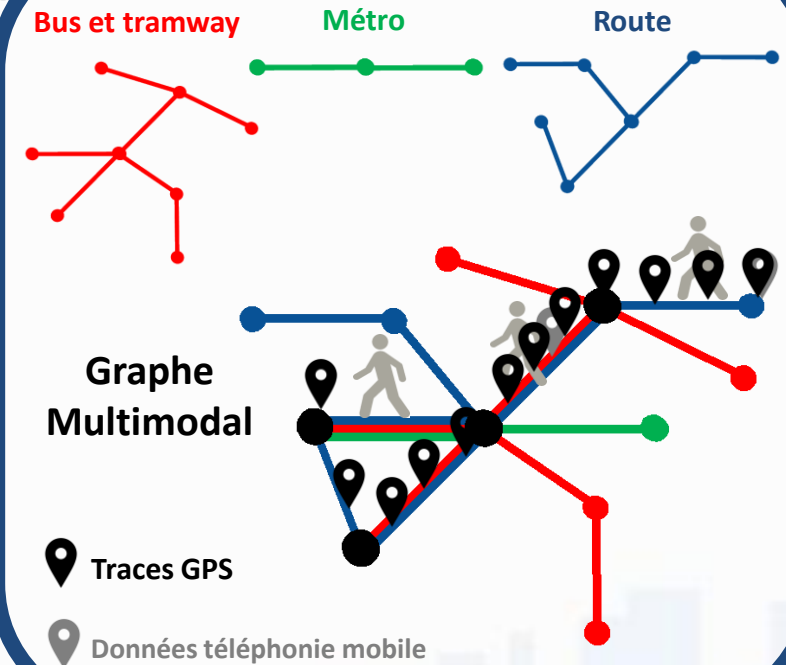
Reconstruction d'itinéraire probable

- Modélisation multimodale
- *Map Matching*
- Validation des méthodes proposées

1

Verrous scientifiques

- Définition et validation de techniques d'extraction automatique d'itinéraire



Démarche : Etape 2

Reconstruction d'itinéraire probable

- Modélisation multimodale
- *Map Matching*
- Validation des méthodes proposées

1

Extraction des caractéristiques de mobilité

- Analyse individuelle des sources de données
- Fusion puis analyse des données

2

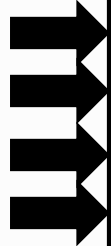
Verrous scientifiques

- Définition et validation de techniques d'extraction automatique d'itinéraire



Démarche : Etape 2

Données
massives et
multi-sources
historiques



Reconstruction d'itinéraire probable

- Modélisation multimodale
- *Map Matching*
- Validation des méthodes proposées

1

Extraction des caractéristiques de mobilité

- Analyse individuelle des sources de données
- Fusion puis analyse des données
- Extraction des pratiques de mobilité
- Comparaison avec l'EMD Lyon 2015

2

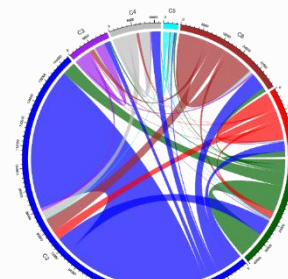


Verrous scientifiques

- Définition et validation de techniques d'extraction automatique d'itinéraire
- Elaboration de solutions d'apprentissage statistique pour l'estimation des caractéristiques de mobilité

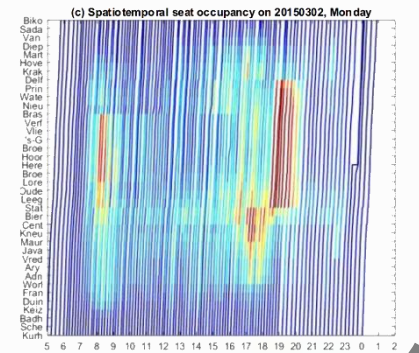
- Approche Big Data : « data-driven »
Méthodes de machine learning

Matrice origine
destination

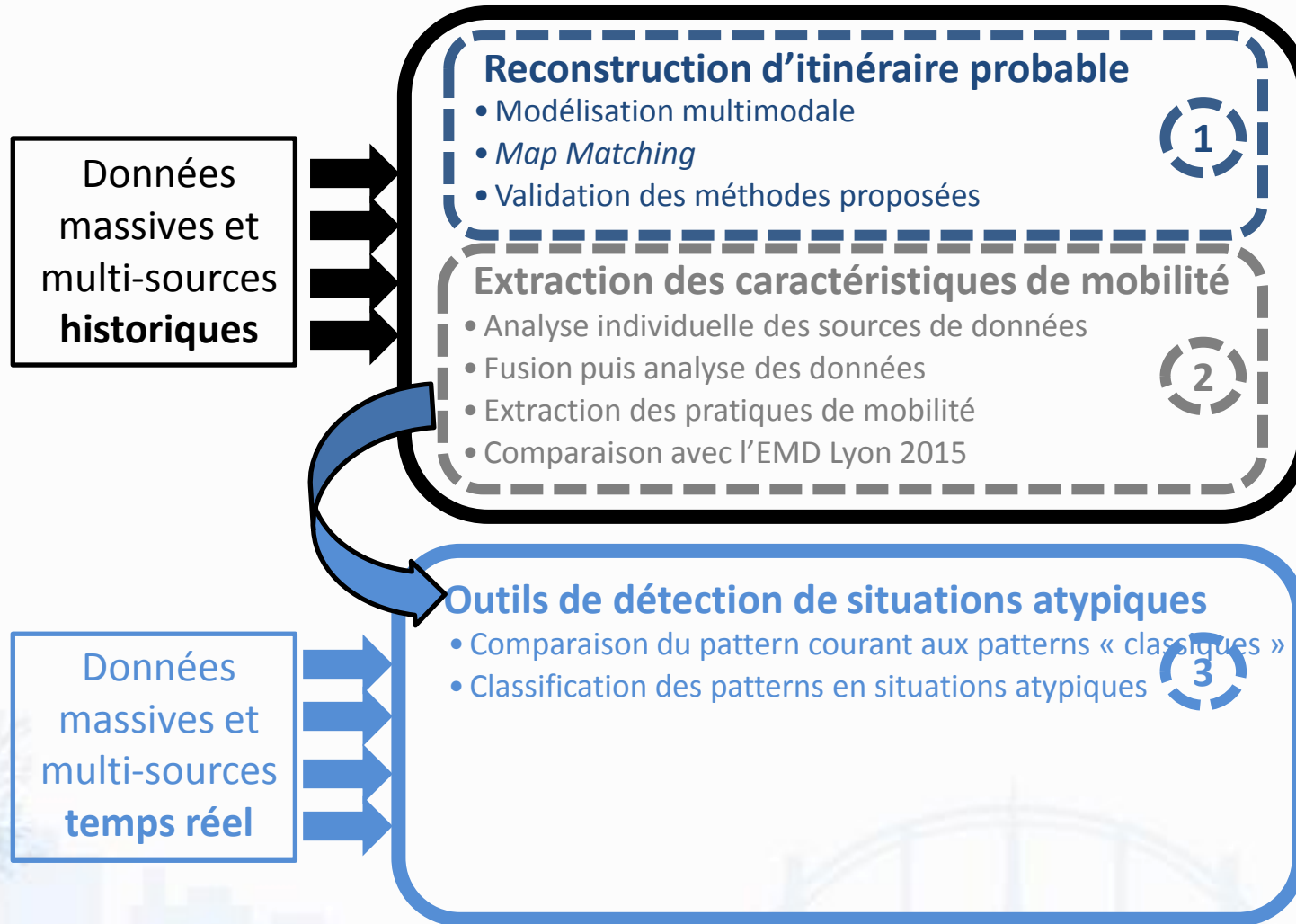


Parts modales

Fonctions urbaines
Patterns de mobilité



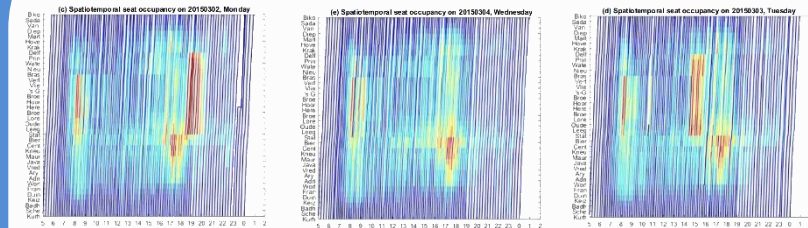
Démarche : Etape 2



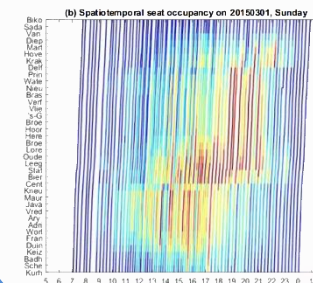
Verrous scientifiques

- Définition et validation de techniques d'extraction automatique d'itinéraire
- Elaboration de solutions d'apprentissage statistique pour l'estimation des caractéristiques de mobilité

Patterns « classiques »

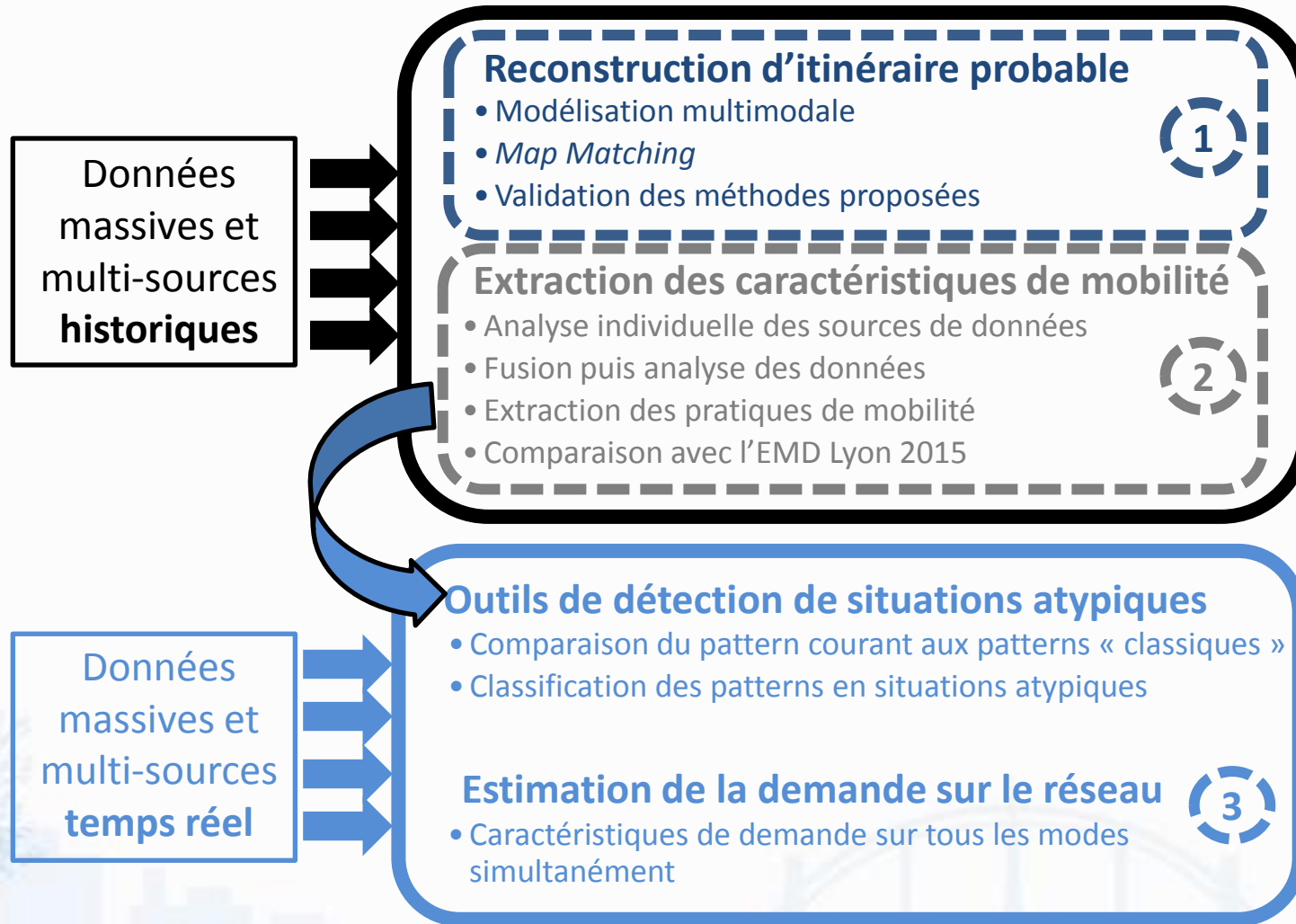


Pattern à analyser



Atypique ?
Si oui quelle situation ?

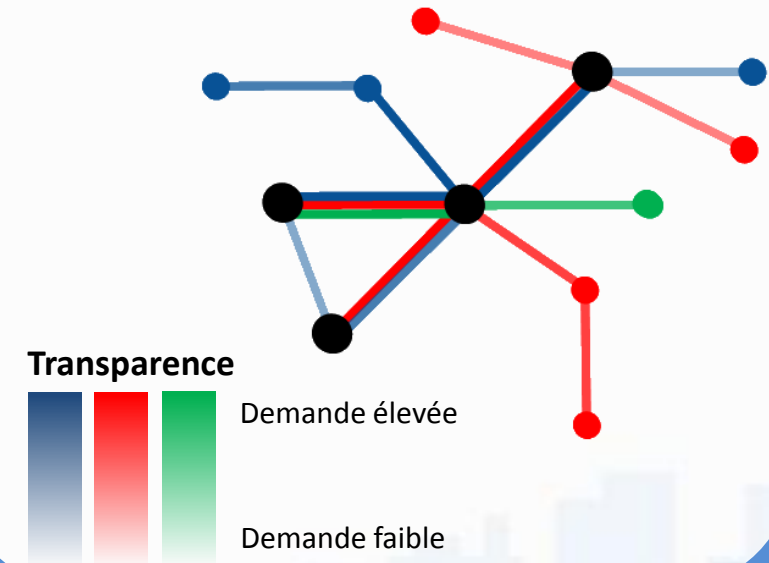
Démarche : Etape 3



Verrous scientifiques

- Définition et validation de techniques d'extraction automatique d'itinéraire
- Elaboration de solutions d'apprentissage statistique pour l'estimation des caractéristiques de mobilité
- Identification des changements de patterns en situations dégradées

Graphe multimodal avec niveau de demande par mode



MERCI DE VOTRE
ATTENTION

