

La ville numérique et l'enjeu de la mobilité : une approche systémique

Dominique Barth

DAVID : Données et Algorithmes pour la Ville Intelligente et Durable
&

Fédération de recherche CNRS « **SIHS** : Sciences Informatiques, Humaines et Sociales »

Université de Versailles – St Quentin



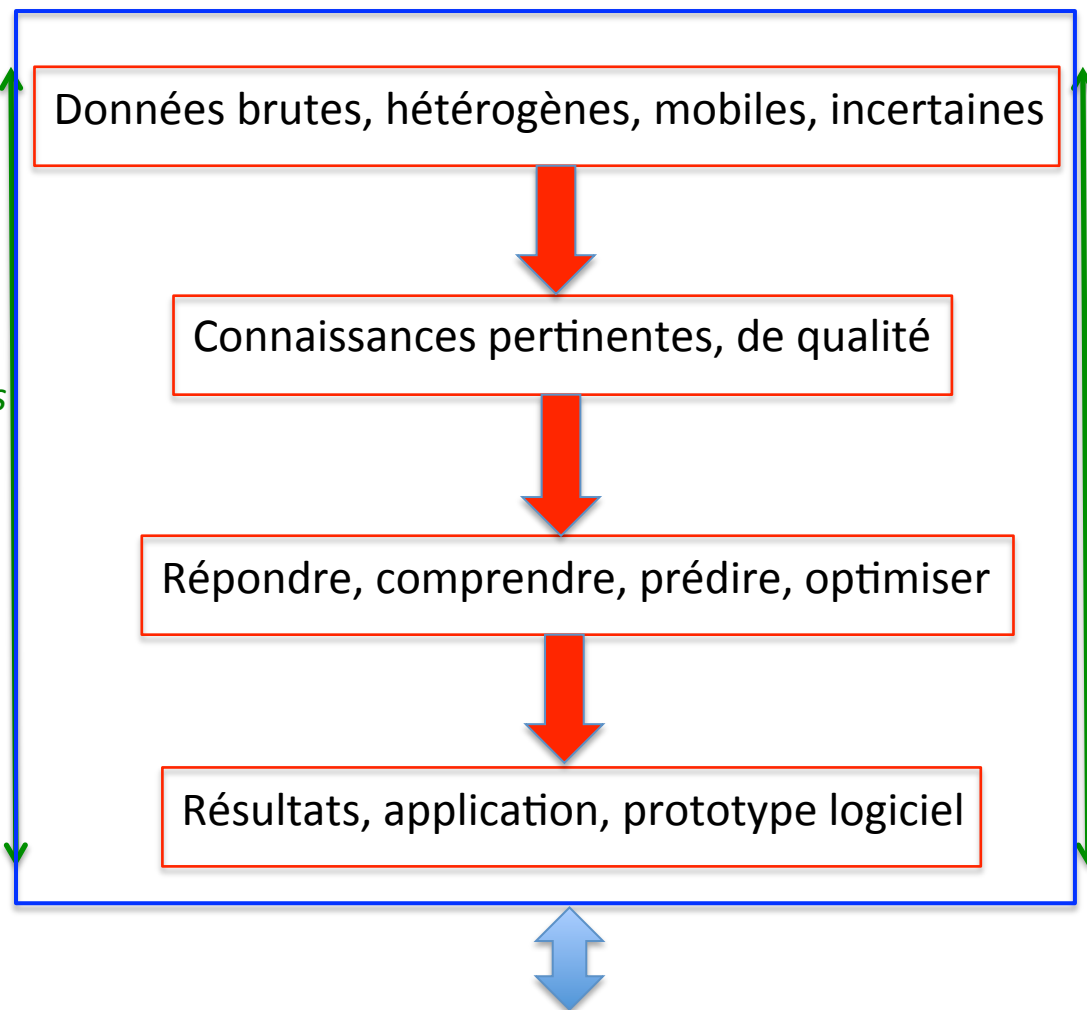
données et algorithmes
pour une ville intelligente et durable

de l'individu à l'infrastructure

Un projet de recherche scientifique pluri-thématique et tourné vers l'interdisciplinarité pour couvrir la chaine allant des données jusqu'à l'application dans le domaine de la ville intelligente et durable

Bigdata -> données sécurisées -> connaissances -> modélisation -> algorithmes -> applications

*Confidentialité et
sécurité des données,
Statut juridique des
données et algorithmes*



*Validation théorique,
Analyse par simulation*

Interaction avec les disciplines concernées par les domaines d'application abordés

Trois équipes de recherche reconnues dans leur domaine d'expertise:

ADAM : Ambient Data Access and Mining

(9 chercheur permanents, 9 doctorants); Resp. **Karine Zeitouni**

Big data, fouilles de données, , bases de données spatio-temporelles, qualité des données, performance des traitements.

ALMOST : Algorithms and Stochastic Models

(13 chercheurs permanents, 15 doctorants); Resp. **Dominique Barth**

Modèles stochastiques, analyse des données; Performances, simulation; Algorithmique et optimisation; Machine learning et I.A., Théorie algorithmique des jeux ; Fiabilité, Sureté de fonctionnement

PETRUS (UVSQ-INRIA) : Personnel and trusted cloud

(6 chercheurs permanents, 6 doctorants); Resp. **Nicolas AnCIAUX**

Systèmes de gestion de bases de données, Confidentialité des données, Vie privée, Architectures de confiance, Cloud personnel, Privacy-by-Design, Empowerment

Trois axes de recherche transverses :

Mobilités et villes urbaines : solutions numériques pour la compréhension des Mobilités dans leur complexité, la gouvernance des infrastructures et l'expérimentation et la prédiction de nouveaux usages et solutions.

Données, justice et société : analyse et prédiction de jurisprudences, statut juridique de la donnée et usages de données sociologiques respectueux de la vie privée.

Energie et ville durable : outils d'intelligence artificielle pour la gestion intelligente de l'énergie en milieu urbain et à l'analyse et la restitution de données d'exposition à la population urbaine.

Fédération de Recherche en Sciences Informatiques, Humaines et Sociales

de Versailles – St Quentin **(SIHS)**

Laboratoires membres à l'UVSQ



: Droit des Affaires et Nouvelles Technologies, EA UVSQ



: Données et Algorithmes pour la Ville Intelligente et Durable, EA UVSQ



**: Centre de recherches Sociologiques sur le Droit et les Institutions Pénales,
UMR CNRS**



: Centre d'Histoire Culturelle des Sociétés contemporaines, EA UVSQ



: Professions Institutions Temporalités, UMR CNRS



**: Centre d'études sur la mondialisation, les conflits, les
territoires et les vulnérabilités, EA UVSQ**

Susciter et développer une réelle interdisciplinarité entre différentes disciplines des **SHS** (*droit, histoire, sociologie, sciences politiques*), et des disciplines des **STIC** pour relever des défis sociétaux majeurs

- Thème **Territoire et environnement**

La ville métabolique; Territoires et inégalités

- Thème **Mobilités**

Mobilité et transports, Mobilité des populations

- Thème **Société réelle et société virtuelle**

Statut et protection des données; Marchés et nouvelles technologies;
Intelligence collective, nouvelles pratiques professionnelles

- Thème **Culture et patrimoine**

Patrimoine; Média et communication

Contact : Dominique Barth (Dominique.Barth@uvsq.fr)

Thèmes de recherche :

Thème Mobilités

Laboratoires/équipes partenaires : *DANTE, DAVID, PRINTEMPS.*

Mots clefs :

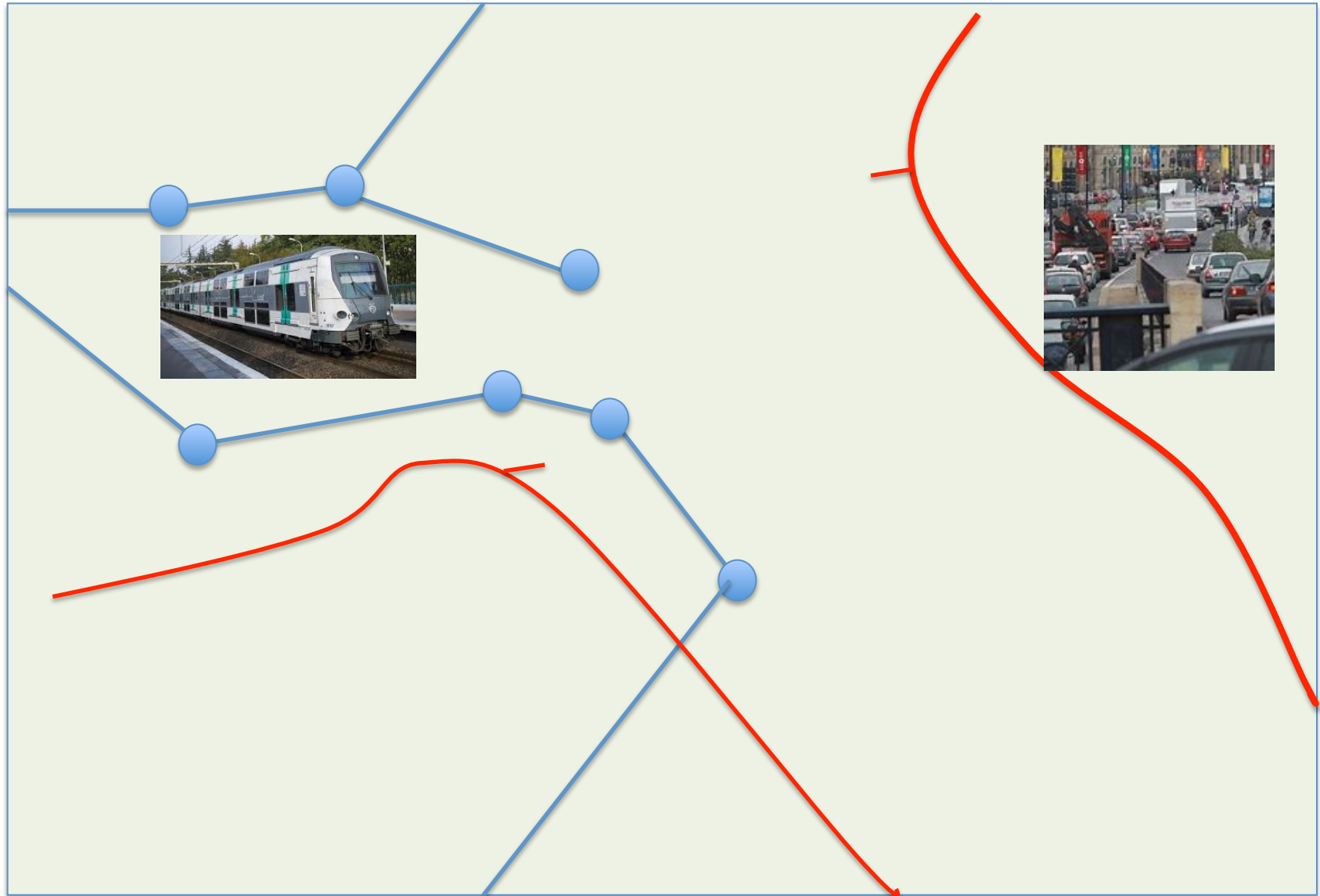
Mobilité et transport : sûreté de fonctionnement (des individus) et appropriation des véhicules de demain (autonomes, communicants, durables) ; ingénierie collaborative et modes d'organisation pour les projets de conception de nouveaux véhicules ; usages sociaux de l'automobile et analyse quantitative ; modélisation des flux de population pour le dimensionnement d'infrastructures de transport.

Mobilités des populations : mobilités urbaines et analyse de traces (données sociales, traces de mobilité des réseaux télécoms cellulaires) ; études des migrations internationales et extraction/analyse de connaissances.

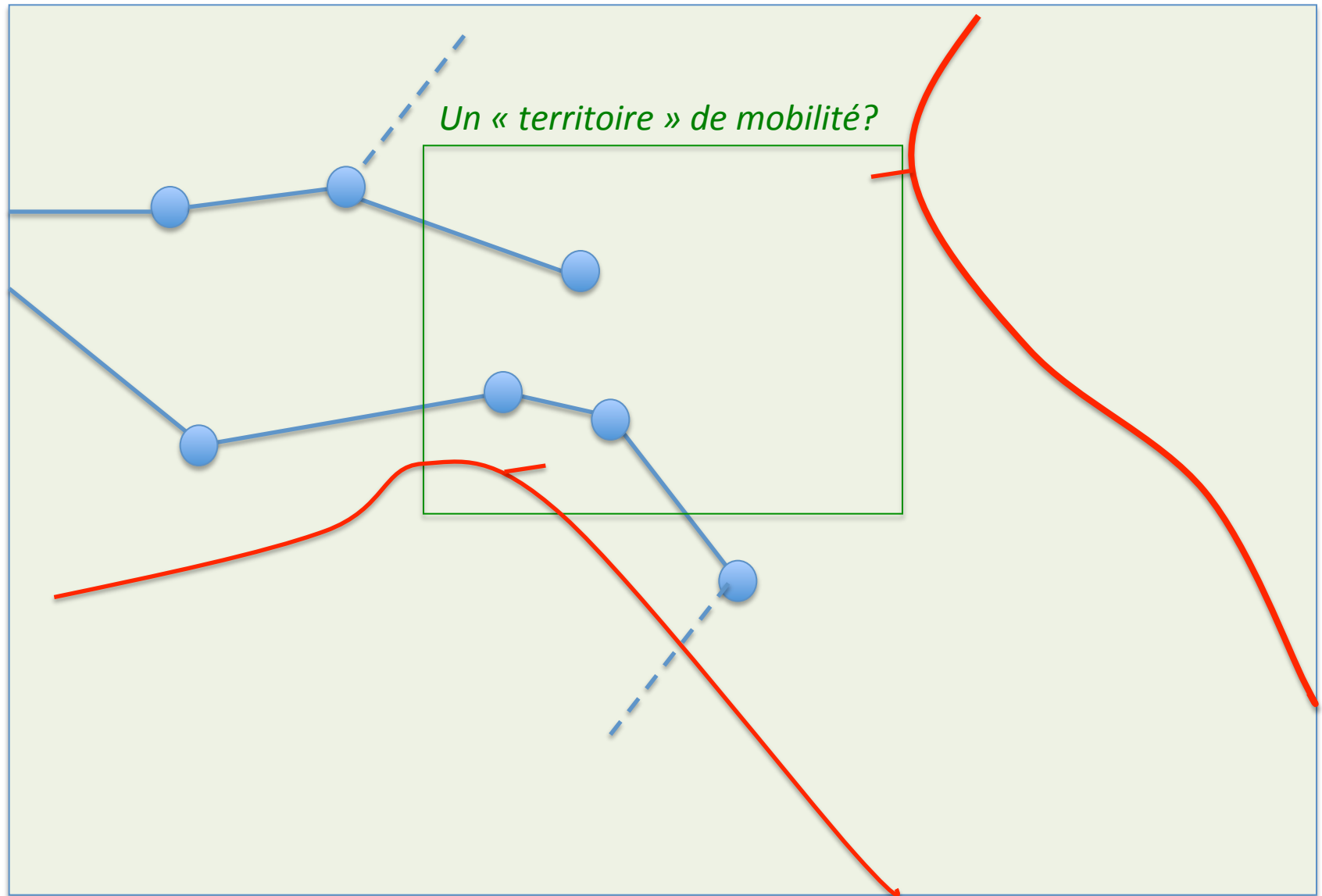
Une vision systémique des mobilités

« dans son ensemble, sa complexité, avec une approche interdisciplinaire (géographie, histoire, sociologie, économie,...) »

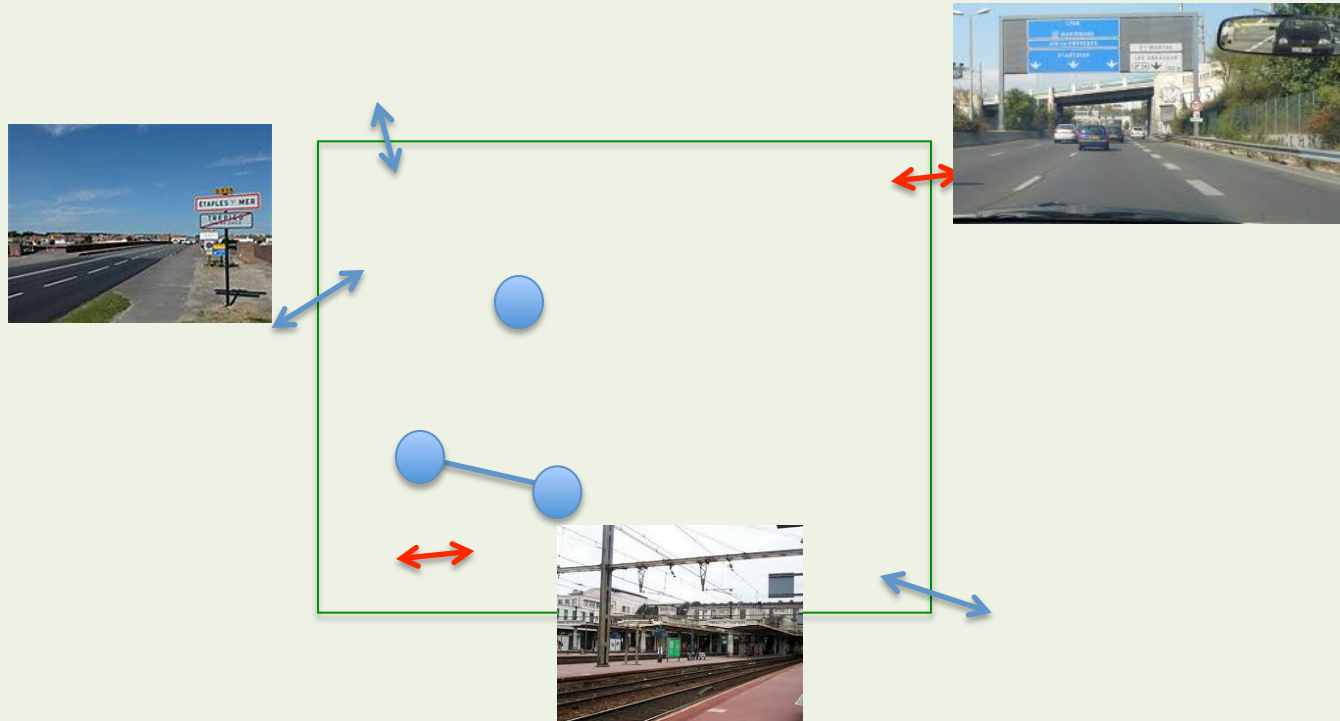
Mobilités urbaines : une vision systémique



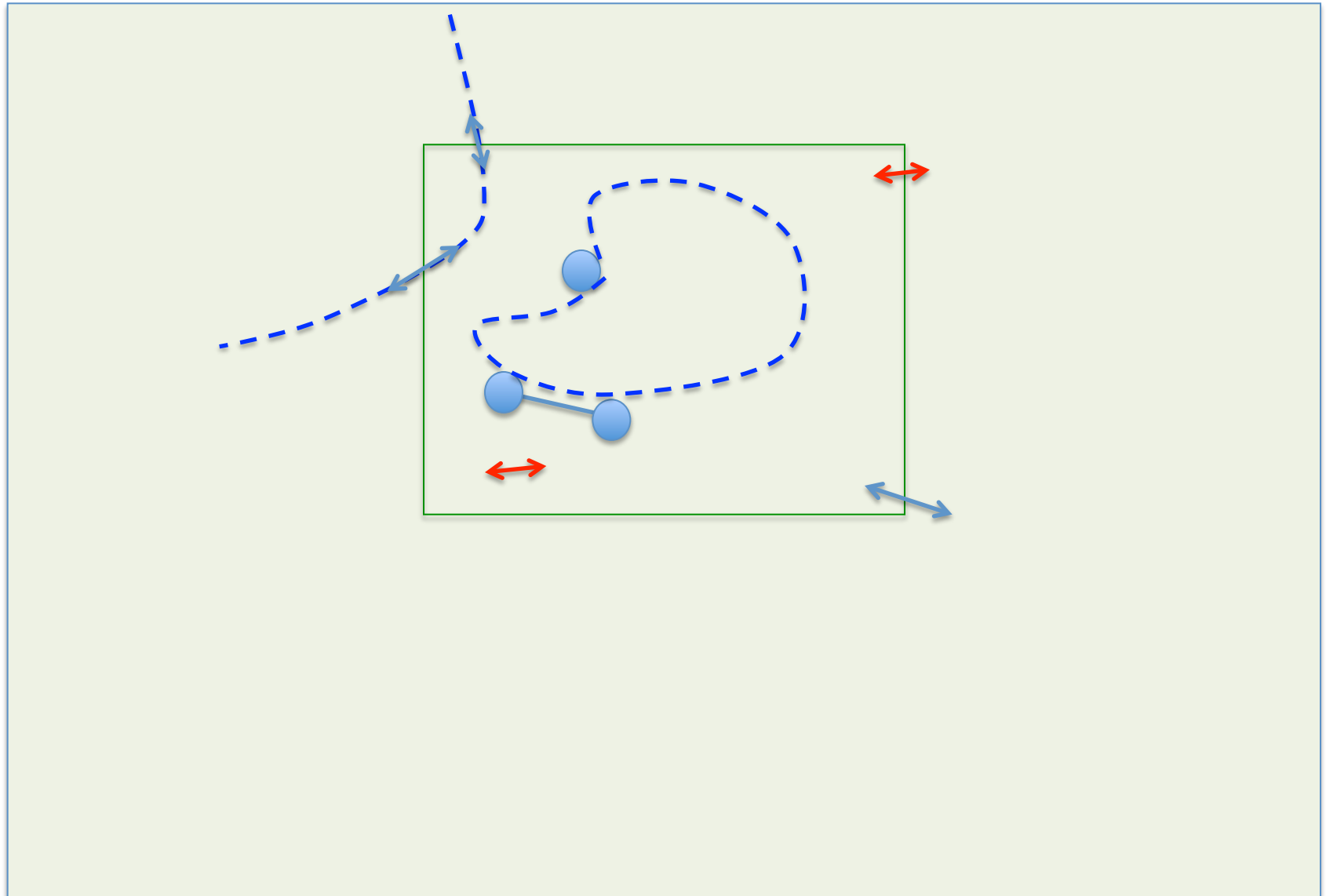
Mobilités urbaines : une vision systémique



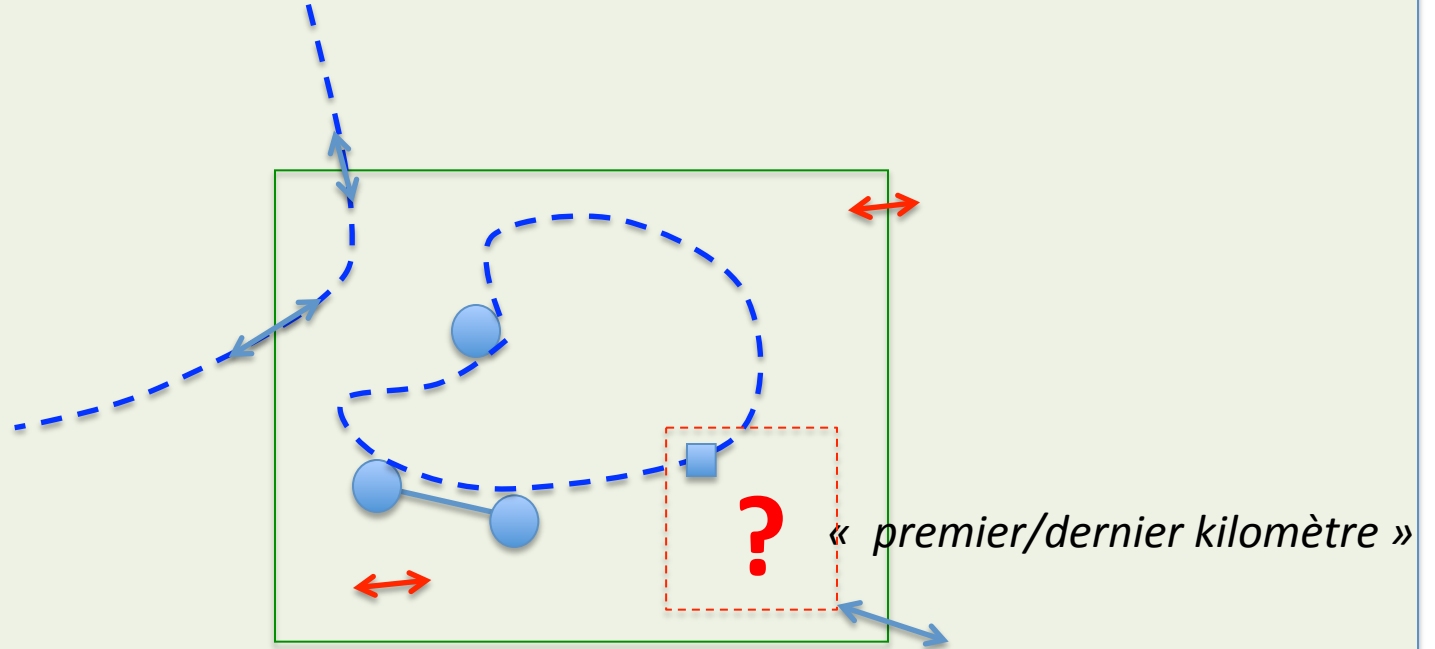
Mobilités urbaines : une vision systémique



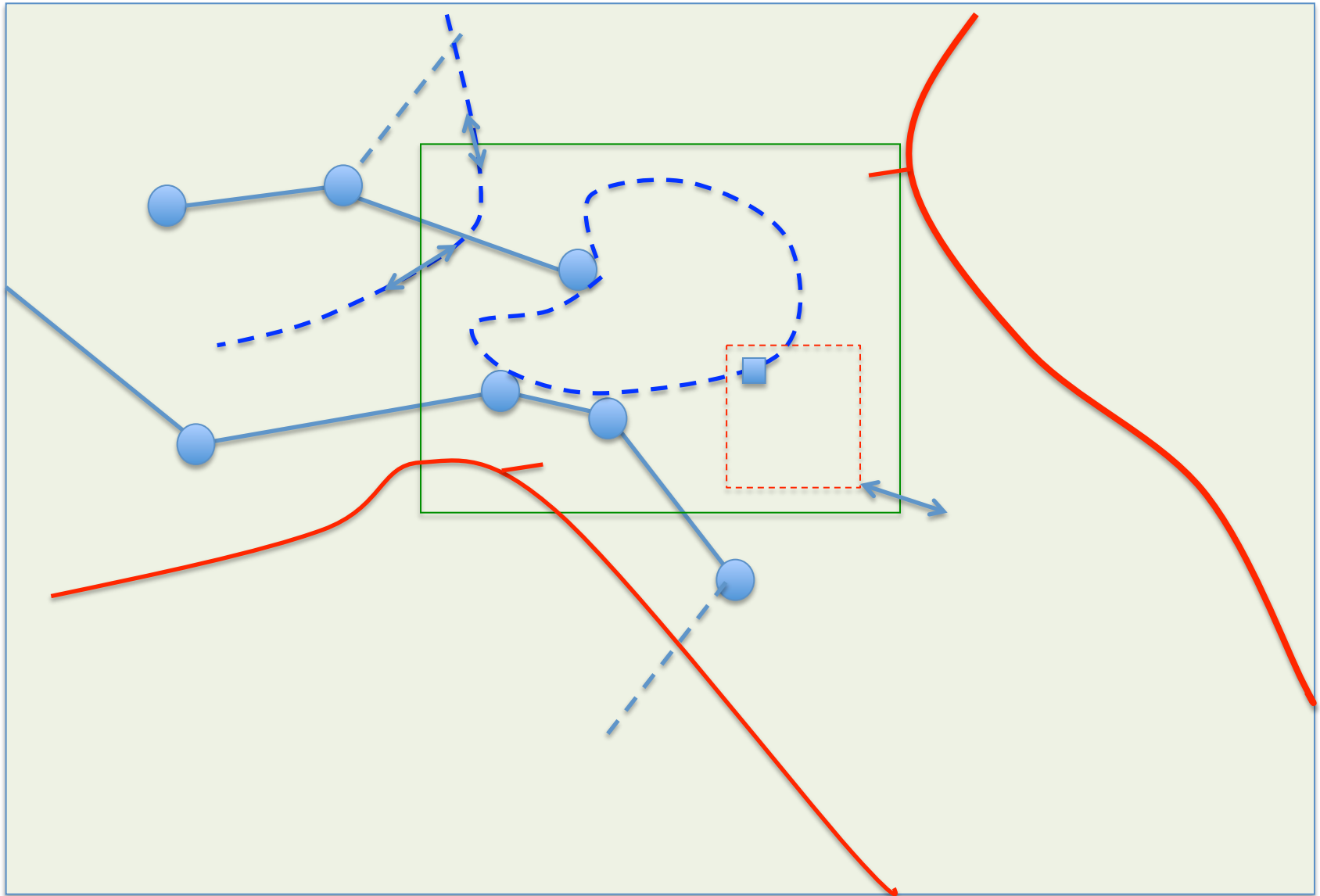
Mobilités urbaines : une vision systémique



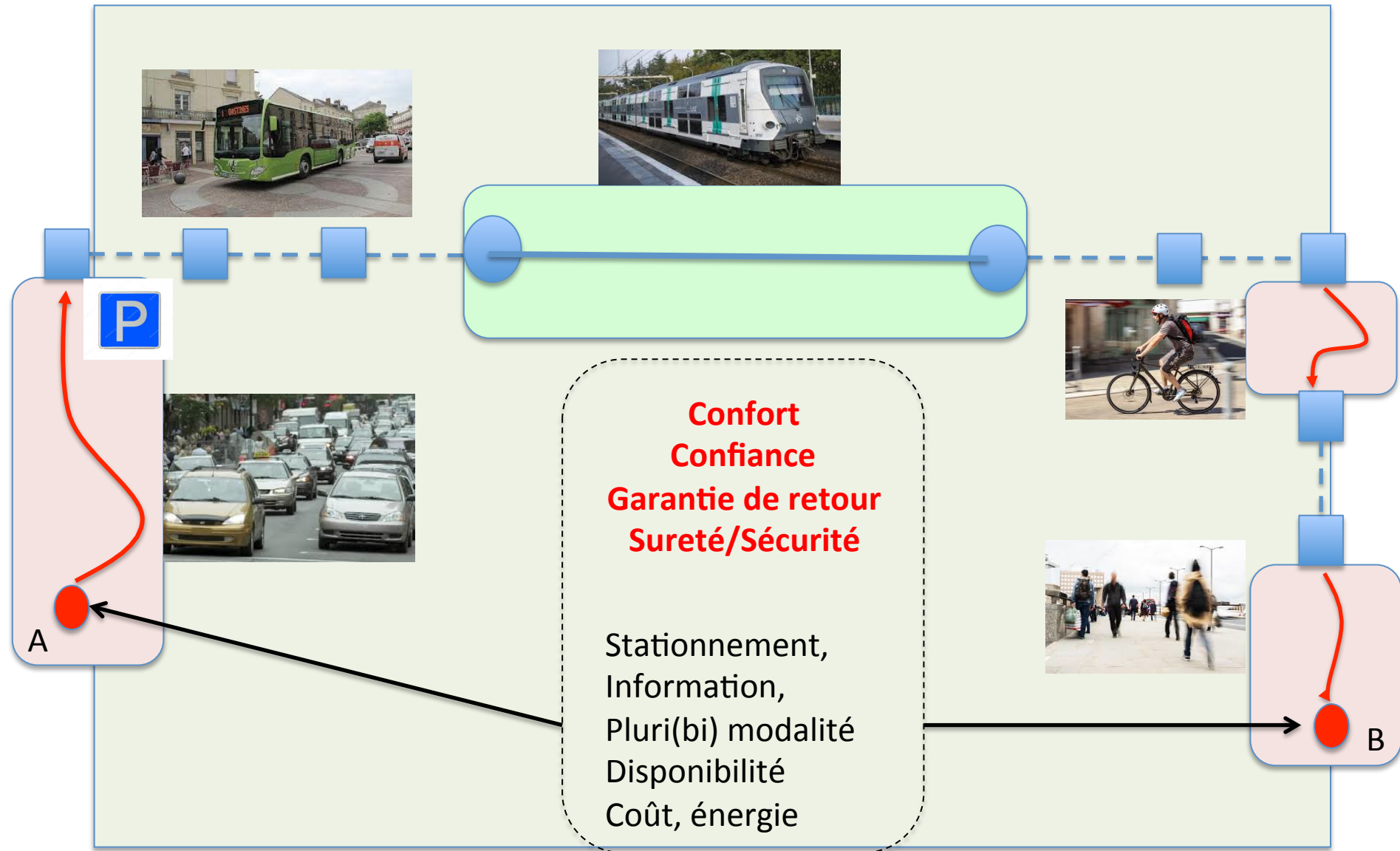
Mobilités urbaines : une vision systémique



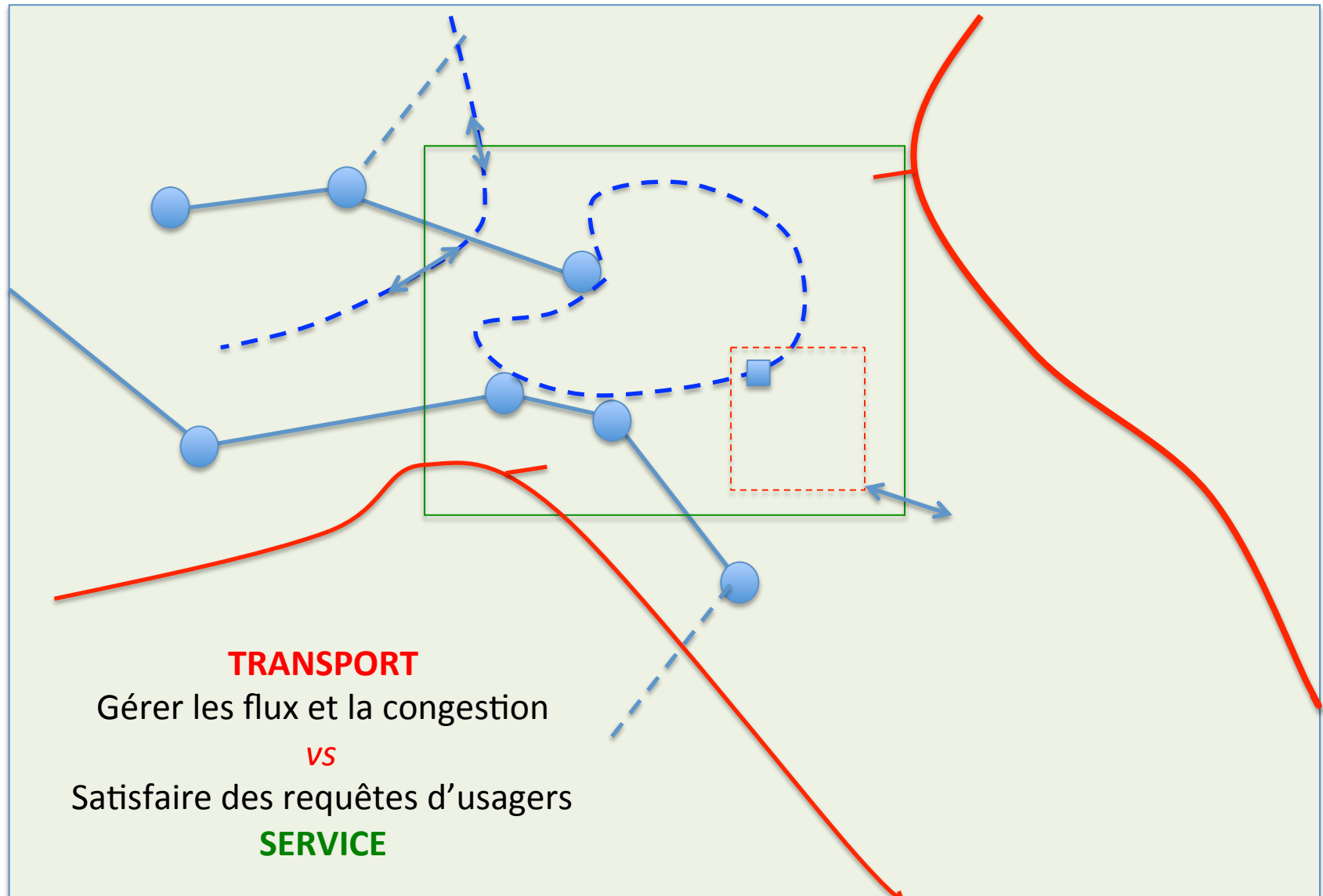
Mobilités urbaines : une vision systémique



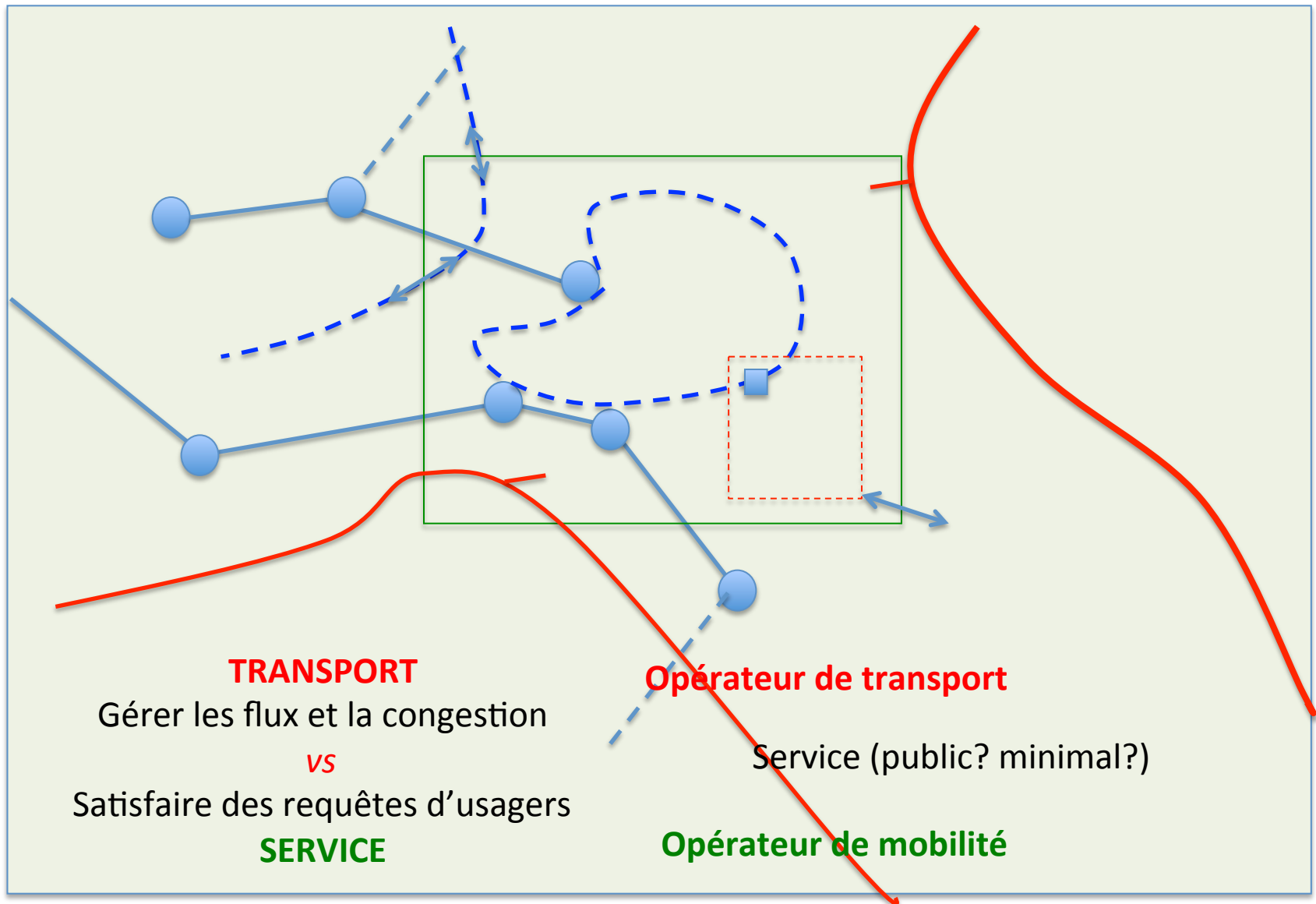
La mobilité vue de l'utilisateur



Une vision systémique et sociologique?



Une vision systémique et sociologique?



Vers quelles solutions par l'évolution des infrastructures de transport?

Agir sur l'infrastructure de transport (TCSP) : capacité, fréquence, adaptabilité, énergie, envt?



« On avait espéré, lors du vote du Chemin de Fer Métropolitain, que celui-ci, en emportant ses cargaisons de voyageurs, déblaierait d'autant la chaussée. Il n'en fut rien et cette vérité apparut que plus on offre au public des moyens de circuler, plus il circule. »

TRANSPORT

Gérer les flux et la congestion

vs

Satisfaire des requêtes d'utilisateurs

SERVICE

Lecture Pour Tous, 1909

Vers quelles solutions pour la mobilité des personnes et des biens?

Boîte à outils « MaaS » :

- Multi-modalité/ confort de déplacement
- Information des usagers (*population en fracture*)
- Mobilité douce, vélo en prêt, ...
- Auto-partage, stationnement
- Transport à la demande (coût/service)
- Livraison partagée, service public mobile



TRANSPORT

Gérer les flux et la congestion

vs

Satisfaire des requêtes d'usagers

SERVICE

Vers quelles solutions pour la mobilité des personnes et des biens?

Boîte à outils « MaaS » :

EVITER UNE LOGIQUE DE SILOS

- Multi-modalité/ confort de déplacement
- Information des usagers (*population en fracture*)
- Mobilité douce, velo en prêt, ...
- Auto-partage, stationnement
- Transport à la demande (coût/service)
- Livraison partagée, service public mobile

**Co-construction, appropriation,
Pas « acceptabilité » !**



TRANSPORT

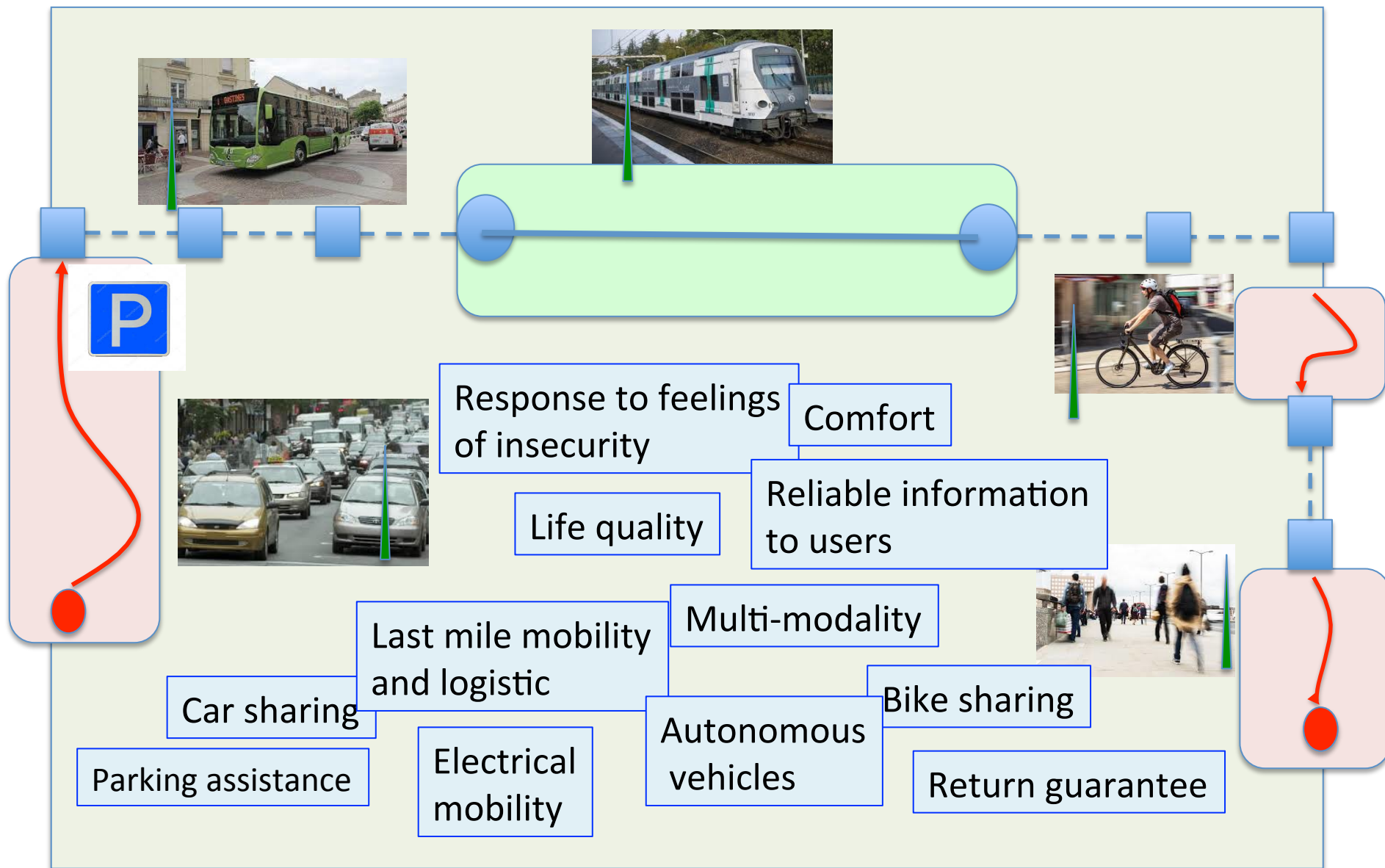
Gérer les flux et la congestion

vs

Satisfaire des requêtes d'usagers

SERVICE

Vers quelles solutions pour la mobilité des personnes et des biens?



Vers quelles solutions territoriales?

Ville numérique et mobilité:

Optimiser l'organisation du territoire et de ses activités

- Planifier et dimensionner en fonction de la mobilité
- Inclure la composante énergétique
- Coordonner en concertation les horaires d'ouverture/fermeture de différents acteurs
- Nouveaux comportement professionnels, de commerce, d'accès aux services publics

Associer les citoyens et les acteurs d'un territoire

Répondre aux situations de fracture

Comprendre la mobilité dans sa complexité



Enjeux de la ville de demain pour la mobilité

1. Comprendre les mobilités urbaines dans leur complexité

- Usages et territoires (mobilité choisie/subie), flux, mobilité et activités
- Lier mobilité, qualité de vie, spécificité, santé,...
- Transport et multi-modalité (usage et appréhension)
- Impacts énergétique et environnementaux
- Fractures sociales/numériques/mobilité

Enjeux de la ville de demain pour la mobilité

1. Comprendre les mobilités urbaines et péri-urbaines

2. Permettre une gouvernance agile de la mobilité

- Equipement, infrastructures (transport, énergie, télécom) et services de mobilité
- Information et interaction (ciblée) avec les usagers
- Coordonner mobilités et activités du territoires, traitement des urgences

Enjeux de la ville de demain pour la mobilité

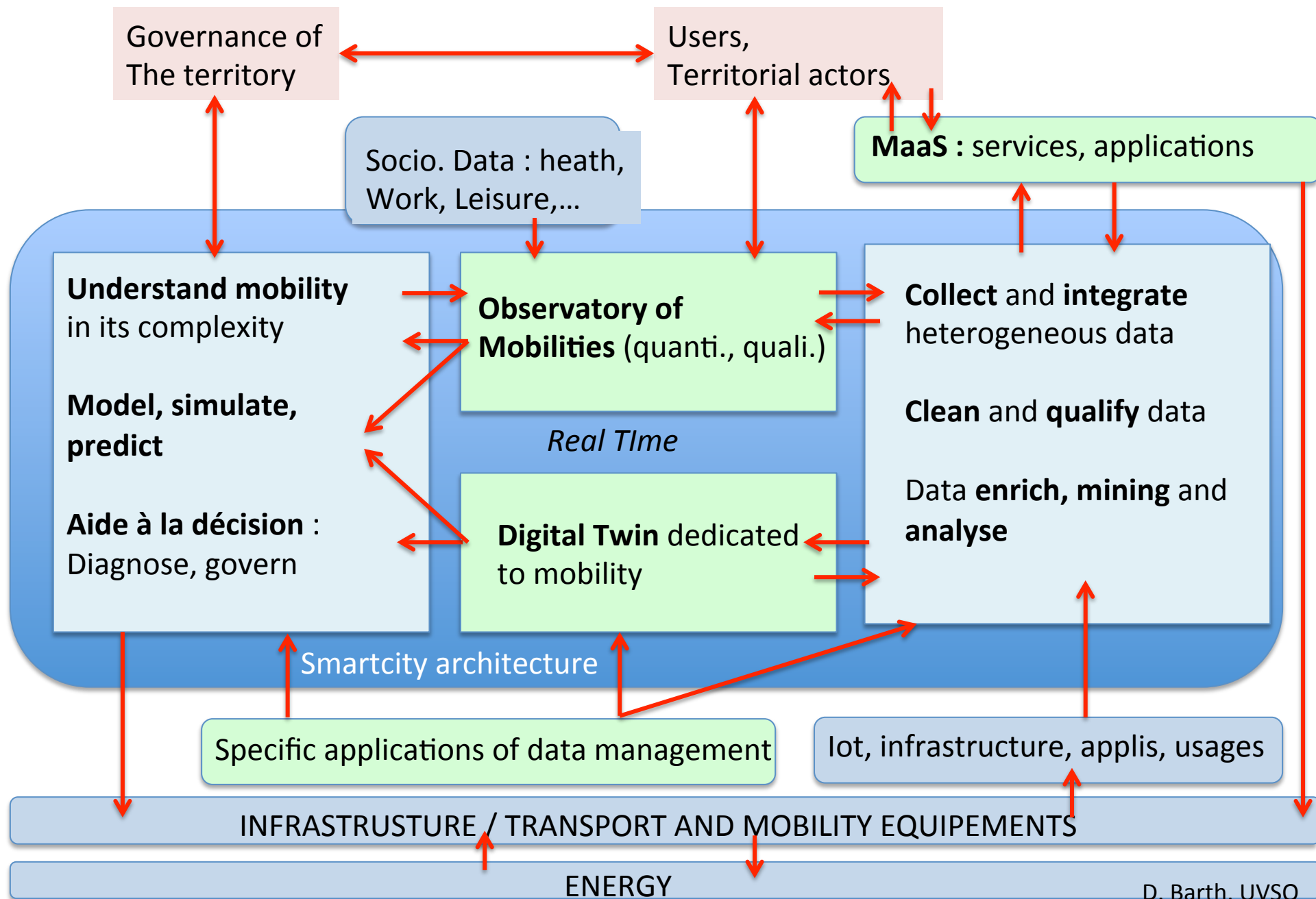
1. Comprendre la mobilité urbaine et péri-urbaine

2. Permettre une gouvernance agile

3. Innover, simuler, expérimenter

- Comprendre, anticiper, inciter les nouveaux usages
- Futurs services de mobilité, intelligence collective
- Moyens de coordonner la mobilité et l'organisation et les activités des territoires
- Prédire et anticiper les évolutions, les nouvelles infrastructures, accompagner les transitions
- Nouvelles pratiques professionnelles (télétravail, temps choisi, tiers lieux,...)

Mobilités et ville numérique



Programme en quatre semaines thématiques (septembre 2019)

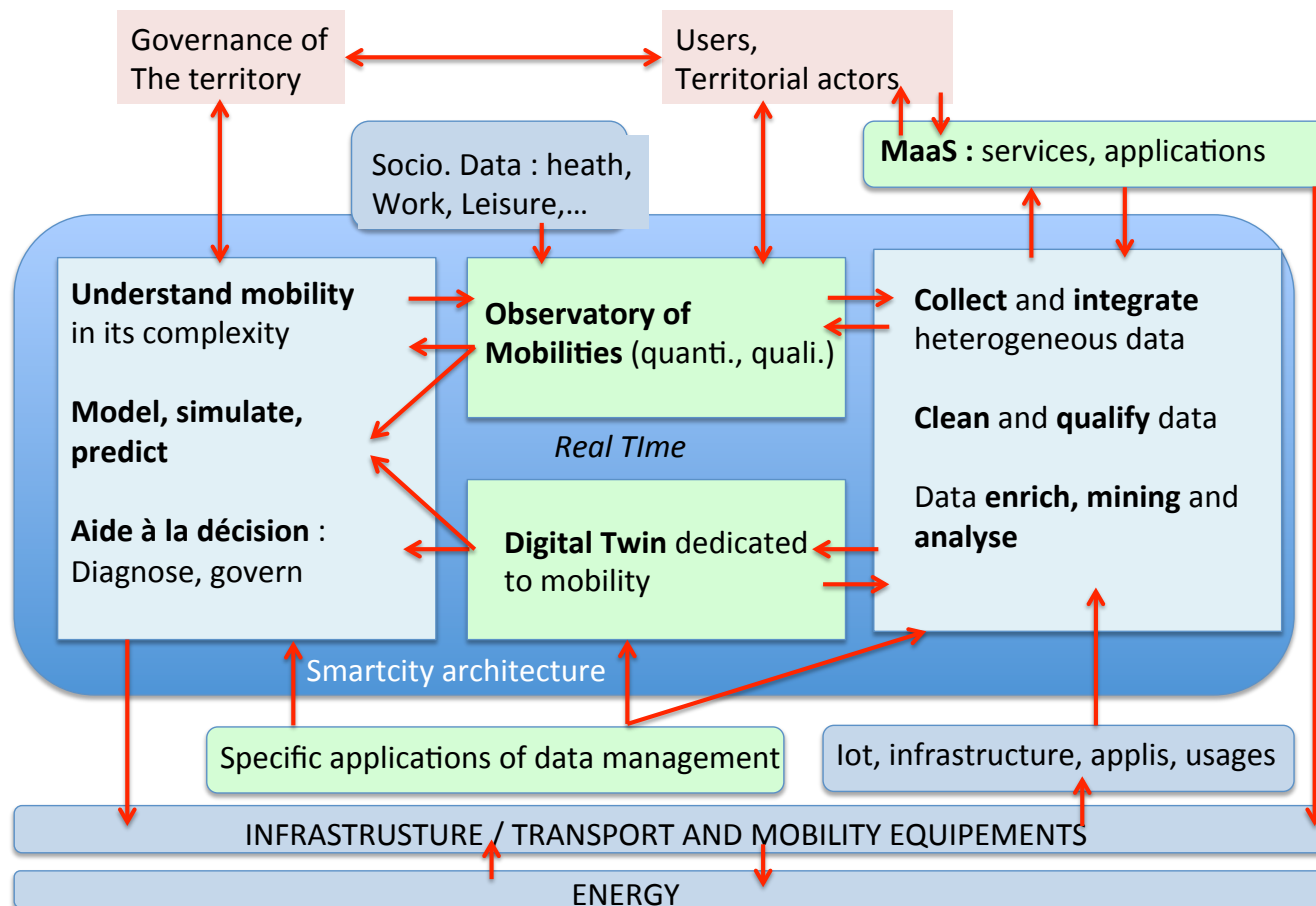
Institut Pascal, Paris-Saclay

Theme 1: mobility data

Theme 2: understanding the mobility (*Observatory*)

Theme 3: modeling, analyzing and predicting mobility (*Digital Twin*)

Theme 4: rethinking the territory and its mobility (*Movinsaclay*)



Understanding and anticipating Usages of mobility

- Impact of chosen/constraint mobility on life quality
- Impact of evolution of working activities on mobility

Smart city :

Observatory of mobilities

- inter-disciplinarity (IA/Humanities)
- Quanti./Quali. micro/macro data
- Definition of metrics for life quality
- Data analyses

Digital Twin

- Infrastructures modeling
- Real time usage data
- Simulation and prediction
- Governance

- IoT, telecommunication
- IA, Bigdata
- Privacy/Safety/Security

Numeric, data sciences

Thinking together :

- Conception of autonomous vehicles
- Smartgrids, electrical alimentation
- Infrastructures interoperability

Equipements and infrastructures

Quelques travaux de recherche sur la mobilité urbaine au sein de DAVID

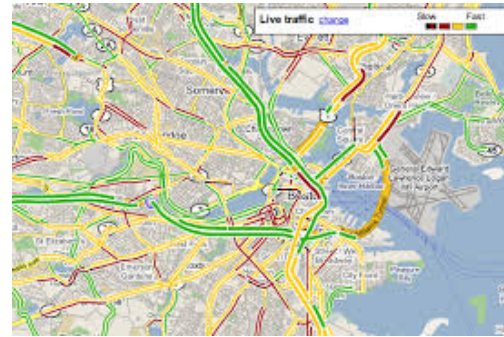
- Distributed vehicular traffic re-routing system for congestion avoidance (*DAVID-PETRUS*)
- Conceptualization & characterization of use cases for autonomous vehicles (*DAVID-ALMOST / IRT SYSTEMX*)
- Mobility trajectory clustering (*DAVID-ADAM*)
- Machine learning for urban parking assistance (*DAVID-ALMOST / Védécom*)

Distributed Vehicular Traffic Re-routing System for Congestion Avoidance

- **Objective: privacy-preserving mobile participatory sensing**
 - Collect and compute **any spatial aggregate function** from the mobile probe samples moving freely (e.g., pedestrians) or constrained by a transportation network (e.g., cars)
 - E.g., average speed, noise or pollution level, etc.
 - No need to deploy additional sensor infrastructures (e.g., use sensors in smartphones)
 - Send the **aggregation map** to the participants in **real-time**
- **Privacy concerns**
 - The participants' locations are disclosed to untrustworthy entities
 - Location could be used to identify the users and their habits [Scientific reports'2013]
- **Our solution: PAMPAS ([SSDBM'16], David Lab, Inria & NJIT)**
 - Use secure portable hardware devices at the user side
 - Propose efficient privacy-preserving distributed protocols to aggregate users' sample data
- **We can provide the real-time service (i.e., continuously compute the aggregation map) without leaking any personal data**



Distributed Vehicular Traffic Re-routing System for Congestion Avoidance



■ Motivation

- Centralized systems (Waze, Google Maps, INRIX, Navigon...) are prone to privacy and scalability problems
 - Privacy conscious users may refuse to share data (i.e., Big Brother effect)
 - Difficult to scale for large numbers of vehicles (i.e., compute new routes in real-time)

■ Our solution: DIVERT ([TMC'17], David Lab, Inria & NJIT)

- Use a hybrid architecture
 - A central server collects traffic from vehicles data (over Internet) and detects congestion
 - Path computation and re-routing decisions are offloaded to vehicles which take collaborative decisions over VANETs

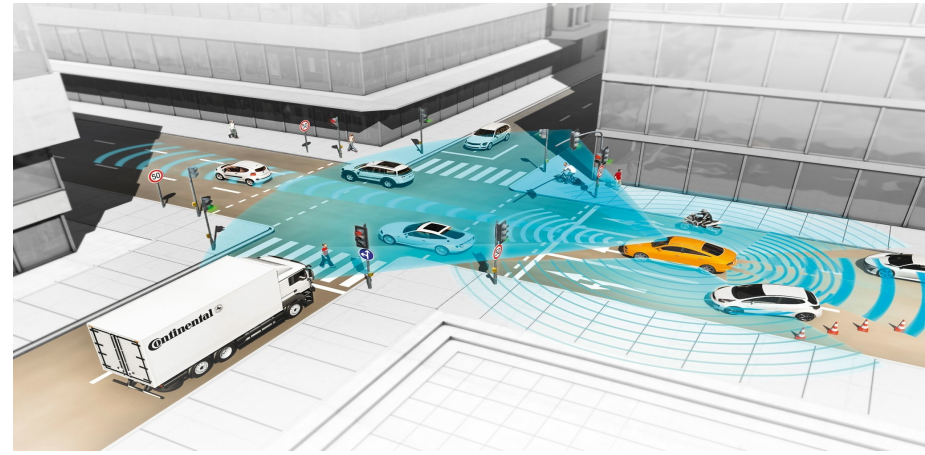
■ Solved challenges

- **User privacy protection:** protect user identity and location traces from the server using privacy-aware traffic location updates
- **Traffic re-routing effectiveness:** similar with a centralized solution and achieved through optimized data dissemination techniques in VANETs

Conceptualization & Characterization of use cases for Autonomous Vehicles

Autonomous Vehicles (AV) must evolve in

- ✓ Unpredictable environment
- ✓ Dynamic context
- ✓ Strong interactions



Safety of AV requires to

- Validate all decisions made by AV in all the situations
- Identify all possible use cases (scenarios) covering all situations

Question : How to generate automatically these use cases ?

Conceptualization & Characterization of use cases for Autonomous Vehicles

Objective : develop a complete approach

- Conceptualization and characterization of use cases
 - ❖ Identify the key concepts and possible relationships between the elements involved in the different execution contexts
 - ❖ Define the terms designating these concepts and relationships without ambiguity
- ➔ *A formal, explicit, and shared conceptualization : ontology*
- Formal modeling of use cases
- Automatic generation of use cases
- Classification of these contexts in terms of impact on the performances and safety of AV

Trajectory Clustering: NetSCAN Algorithm

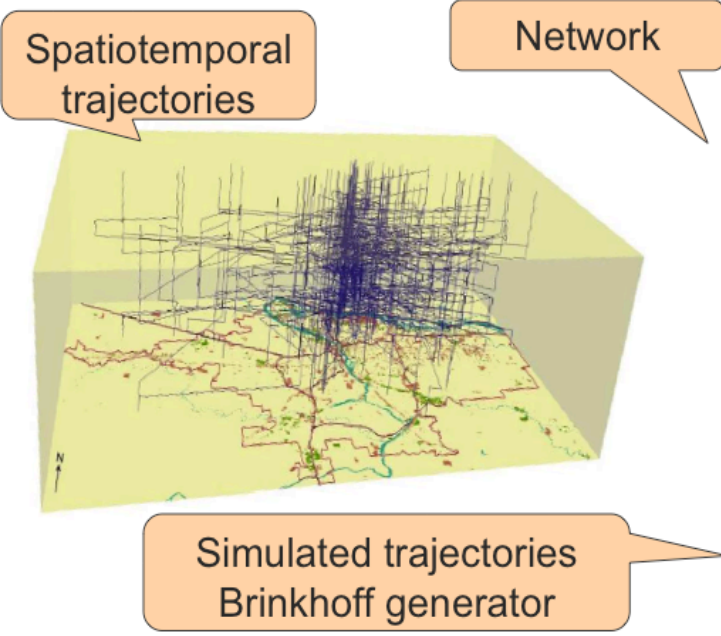
Objective: Identifying **groups sharing similar routes** from a trajectory DB

➤ **Applications:** Transportation planning, Mobility analysis, ...

Proposal: **NetSCAN**, a sub-trajectory clustering algorithm based on an underlying network topology:

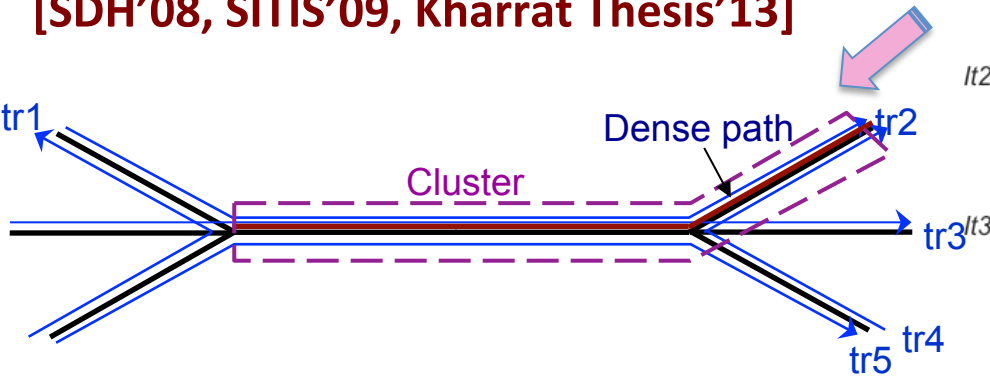
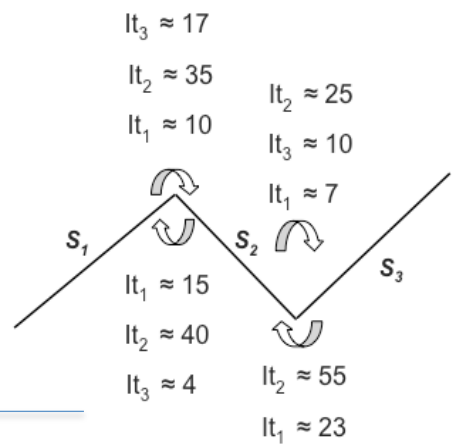
- 1. Computes a transition matrices weighted by the trajectory number.
- 2. Identifies the dense paths starting from the most traversed transitions
- 3. Groups the sub-trajectories by similarity to these paths.
- 4. Repeat the process for every time intervals (if interested in spatio-temporal clusters)

[SDH'08, SITIS'09, Kharrat Thesis'13]

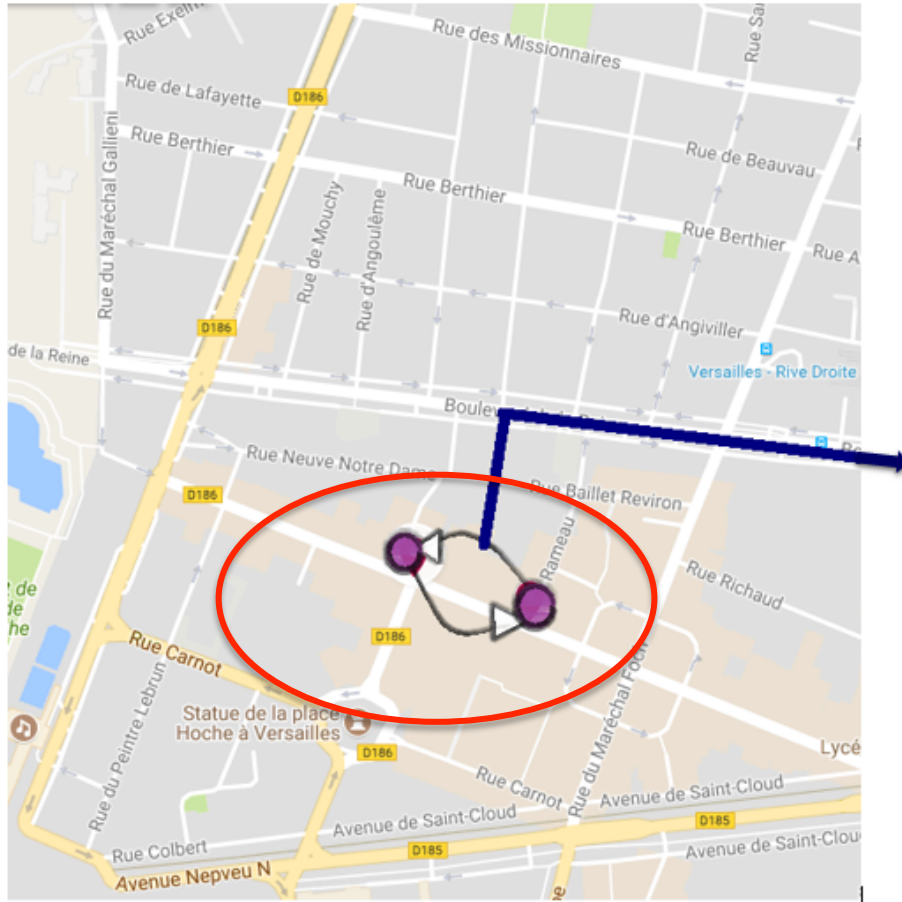


Collecting Statistics - transition matrices

	$\mathcal{P}$	S_1	S_2	S_3
It_1	S_1	0	10	0
	S_2	15	0	7
	S_3	0	23	0
It_2	S_1	0	35	0
	S_2	40	0	25
	S_3	0	55	0
It_3	S_1	0	17	0
	S_2	4	0	10
	S_3	0	14	0



Machine learning for urban parking assistance



Principes :

- **Trajet comme une ressource :**
déterminer un itinéraire de déplacement dans une zone de stationnement maximisant l'espérance de temps de trouver une place.
- **Granularité des ressources :**
Chaque (portion de) rue vues comme une capacité dynamique de stationnement.
- **Granularité temporelle :**
Capacité de chaque rue par période de temps homogène

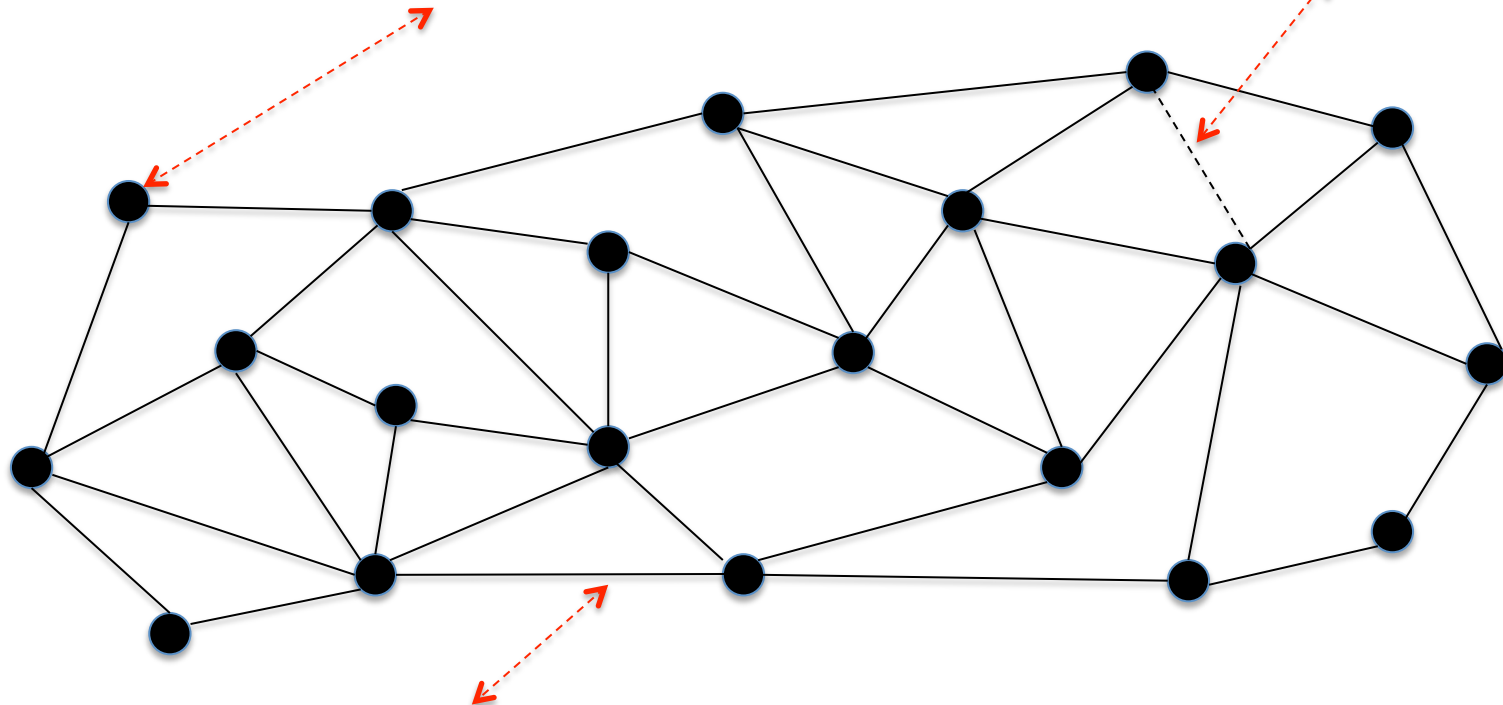
Modélisation de la zone routière urbaine

Intersection/carrefour

- Temps de traversée moyen pour tout couple entrée/sortie

Rues piétonnes

- distance

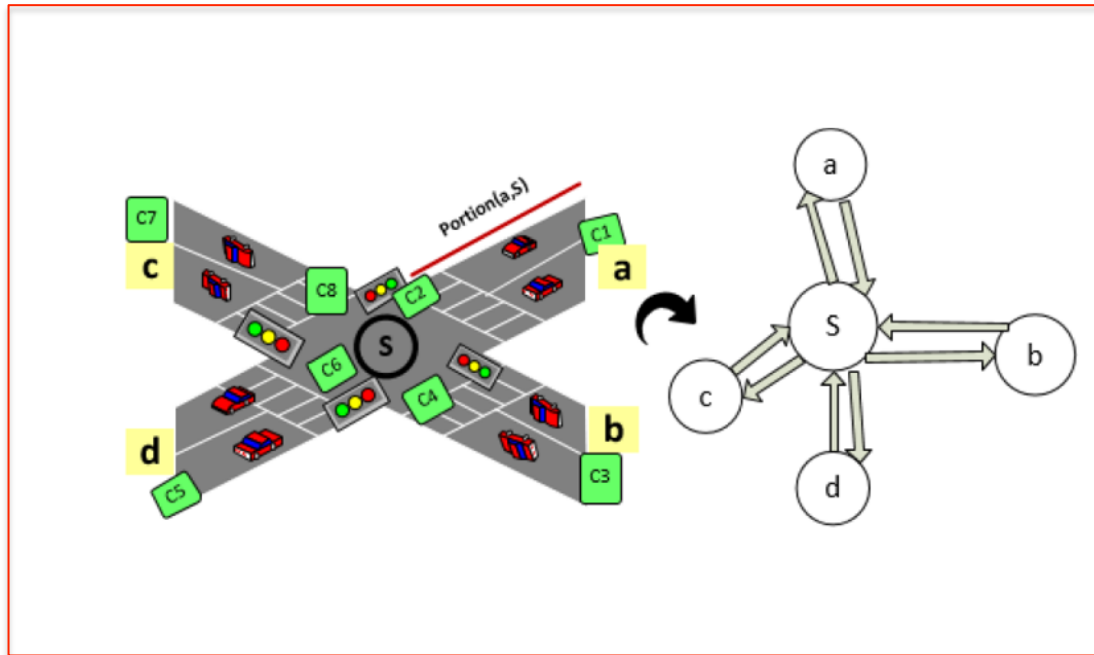


Lien mono/bidirectionnel = **Portion de rue sans intersection**

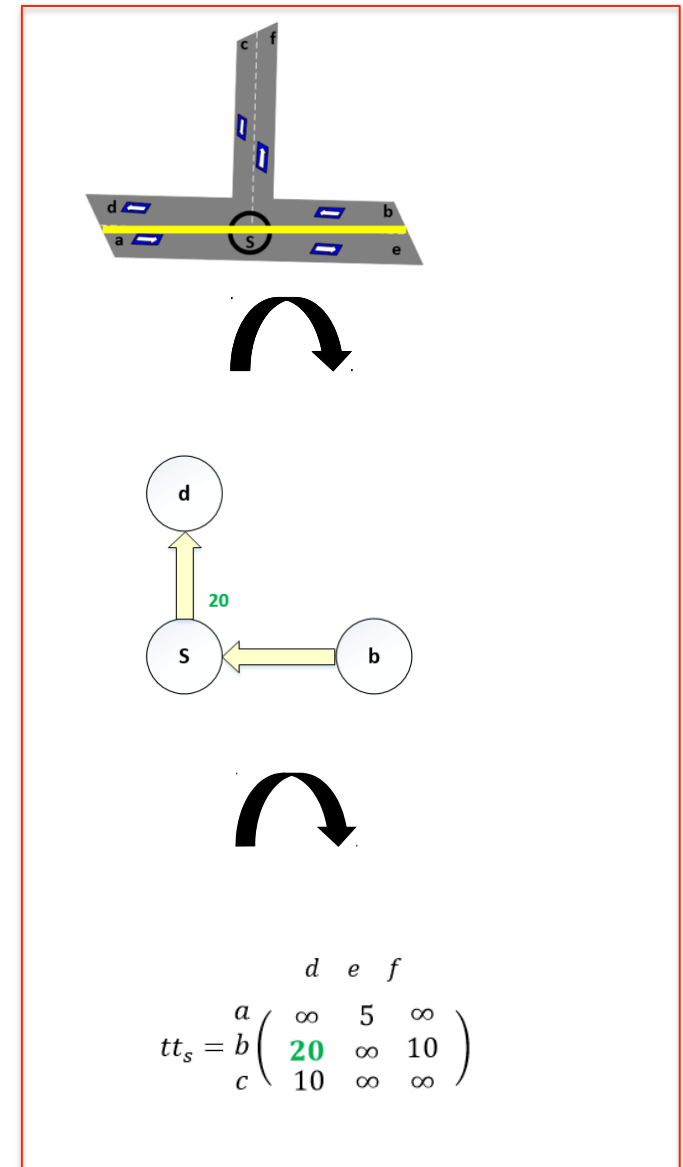
- Longueur (stat.)
- Vitesse limite (stat.)
- Nombre de places de stationnement (stat)
- Congestion (dyn.)
- Probabilité de places disponibles (dyn.)

DAVID-ALMOST / Védécom,

Modélisation de la zone routière urbaine

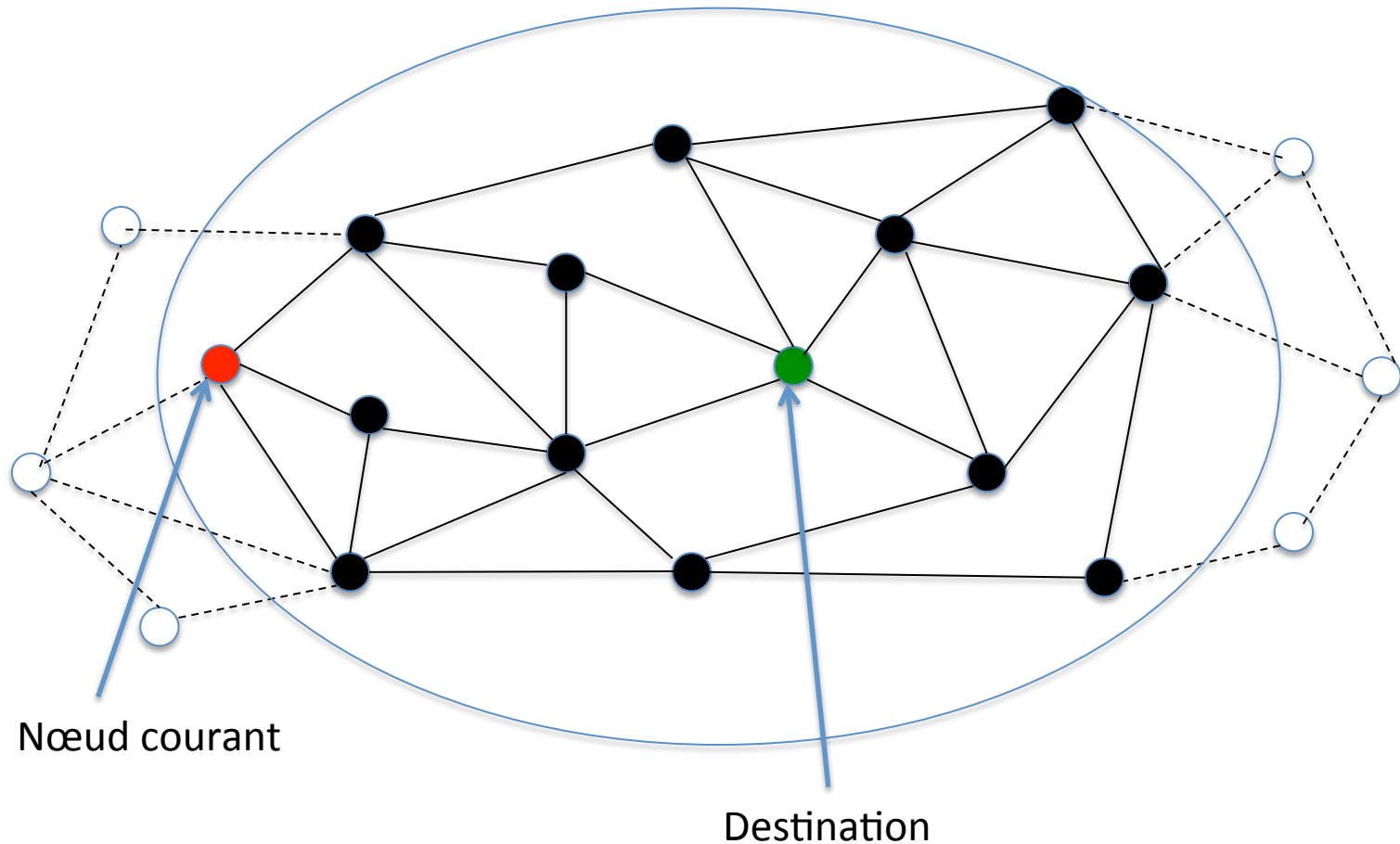


Modélisation des temps/possibilité de transition
Au niveau des carrefours

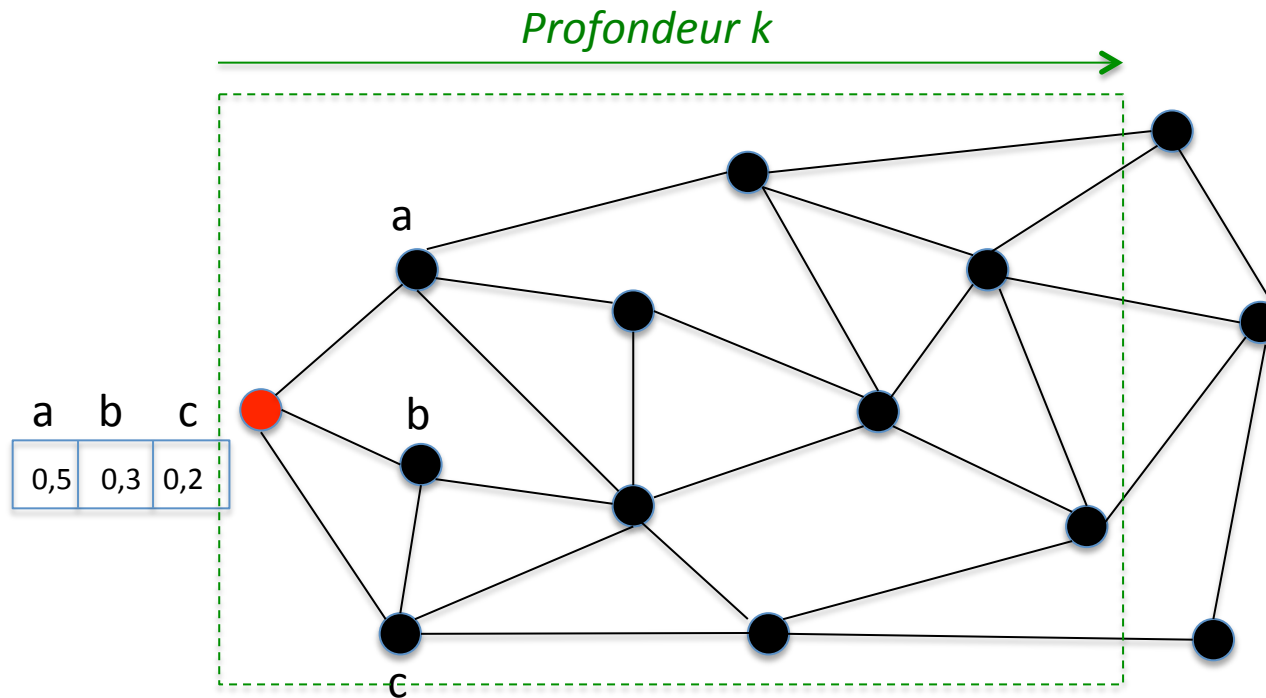


Requête et orbite de stationnement

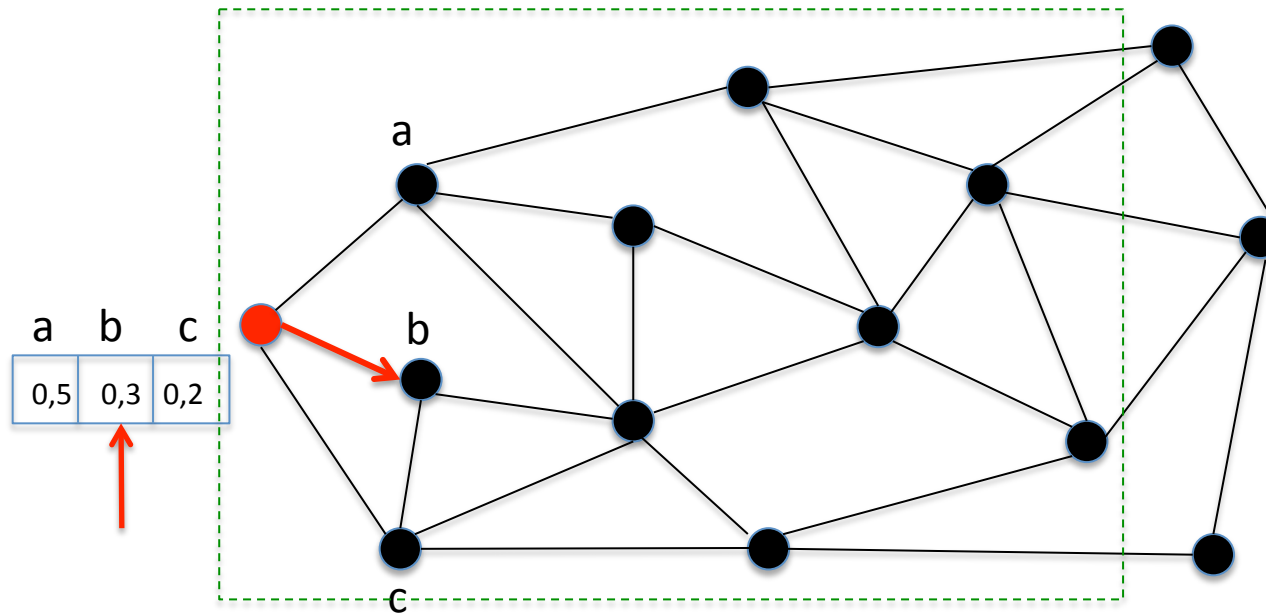
Orbite de stationnement (*distance à pied de la destination*)



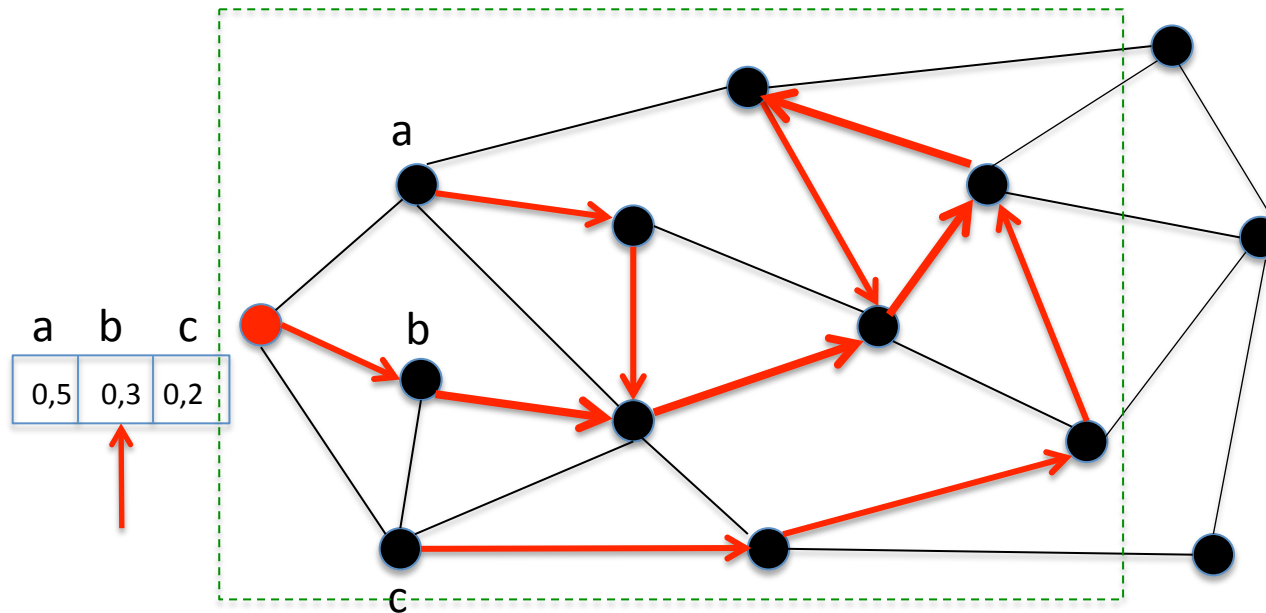
Machine learning pour la recherche d'itinéraire



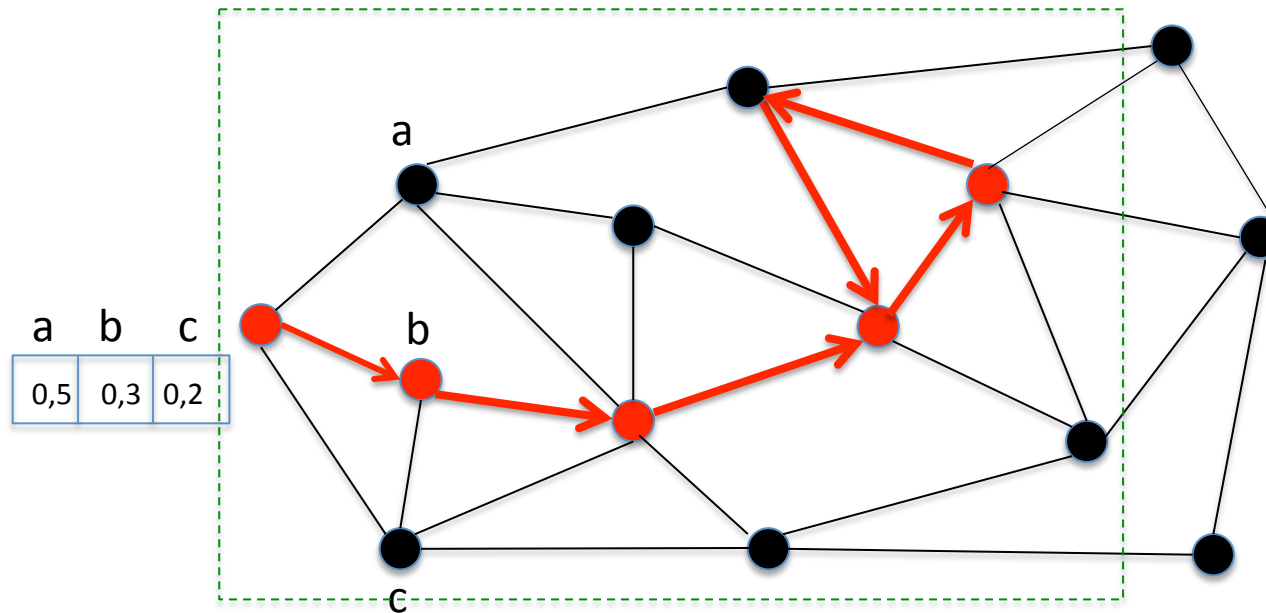
Machine learning pour la recherche d'itinéraire



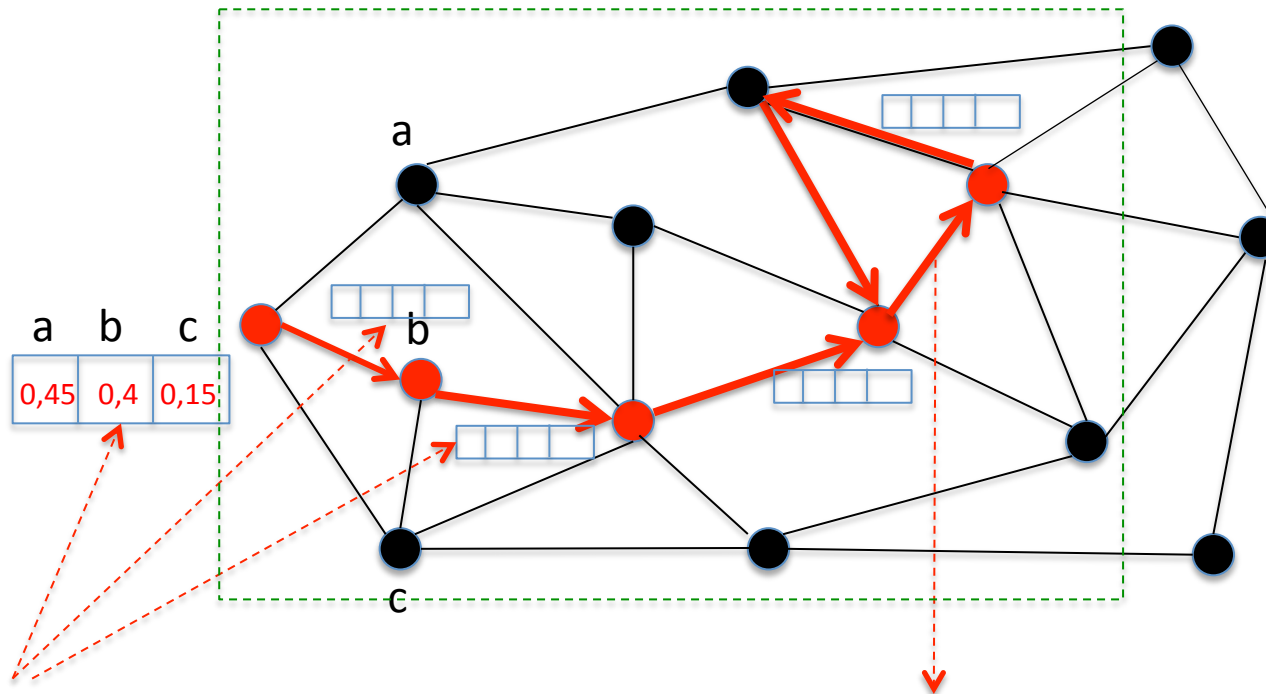
Machine learning pour la recherche d'itinéraire



Machine learning pour la recherche d'itinéraire



Machine learning pour la recherche d'itinéraire

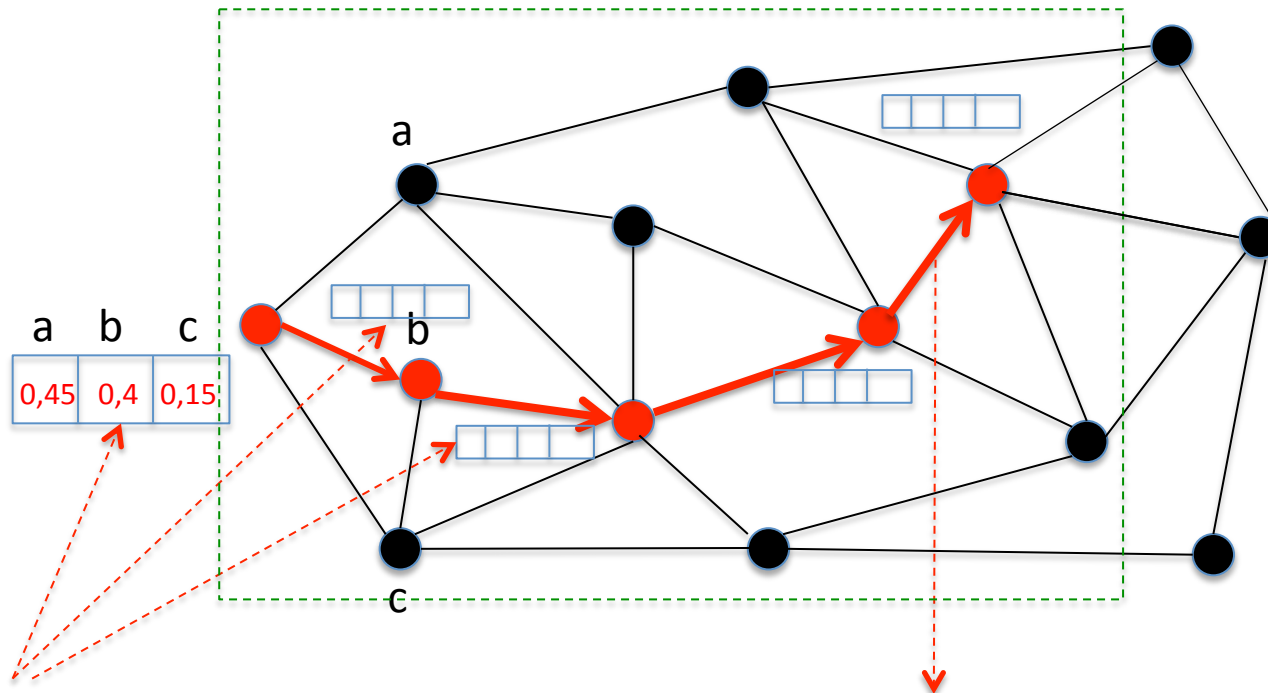


*Mise à jour
Des vecteurs*

Espérance de temps de stationnement de l'itinéraire

Machine learning pour la recherche d'itinéraire

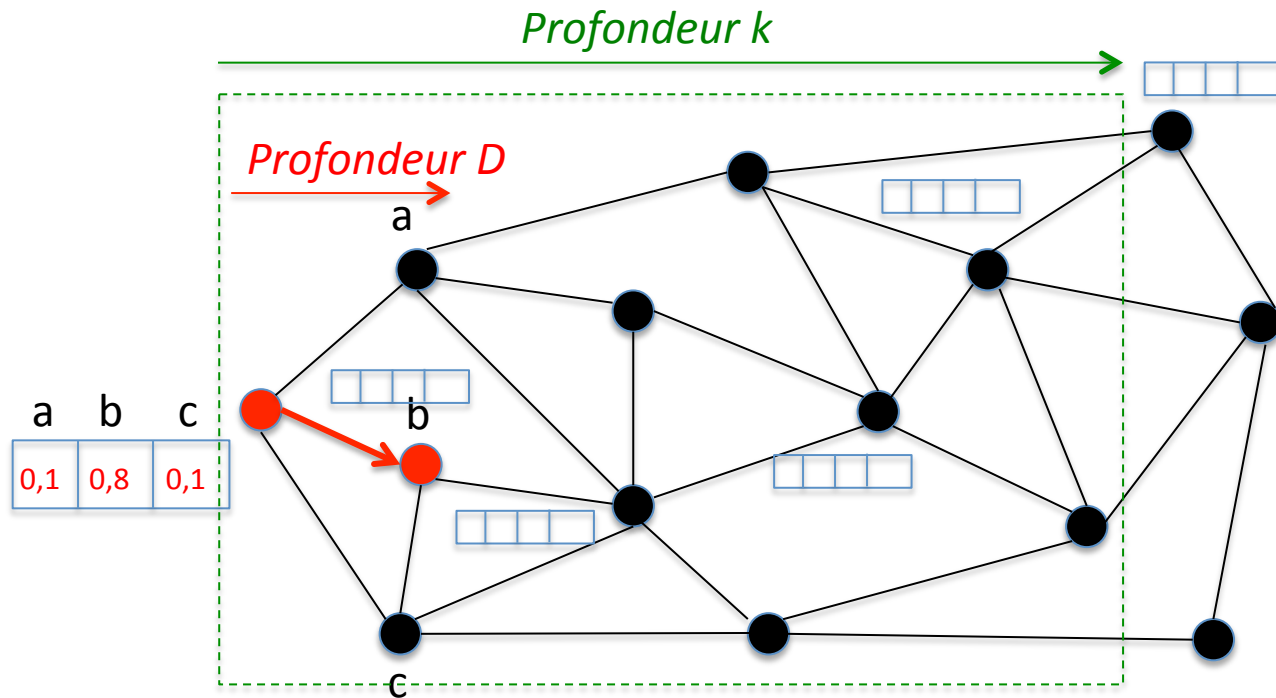
Itération du jeu jusqu'à stabilité



Mise à jour
Des vecteurs

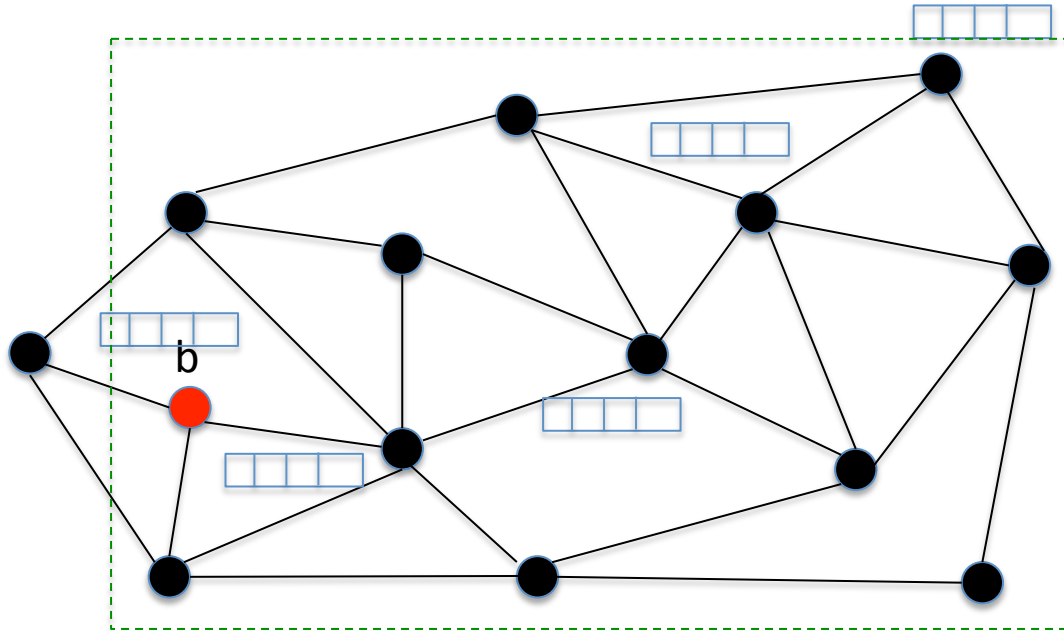
← Espérance de temps de stationnement de l'itinéraire

Machine learning pour la recherche d'itinéraire



Choix du futur sommet courant (*ou des futurs D sommets courants*)

Machine learning pour la recherche d'itinéraire

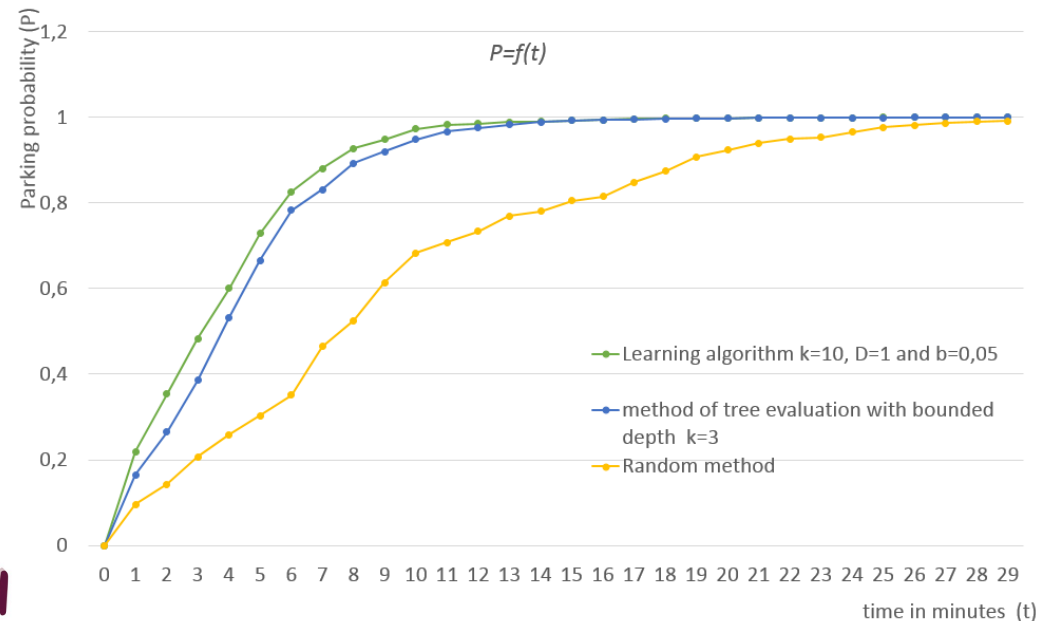
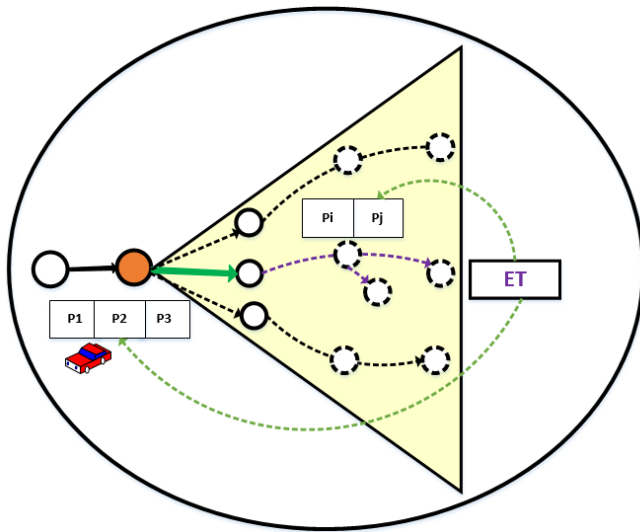


Définition d'une nouvelle zone de recherche

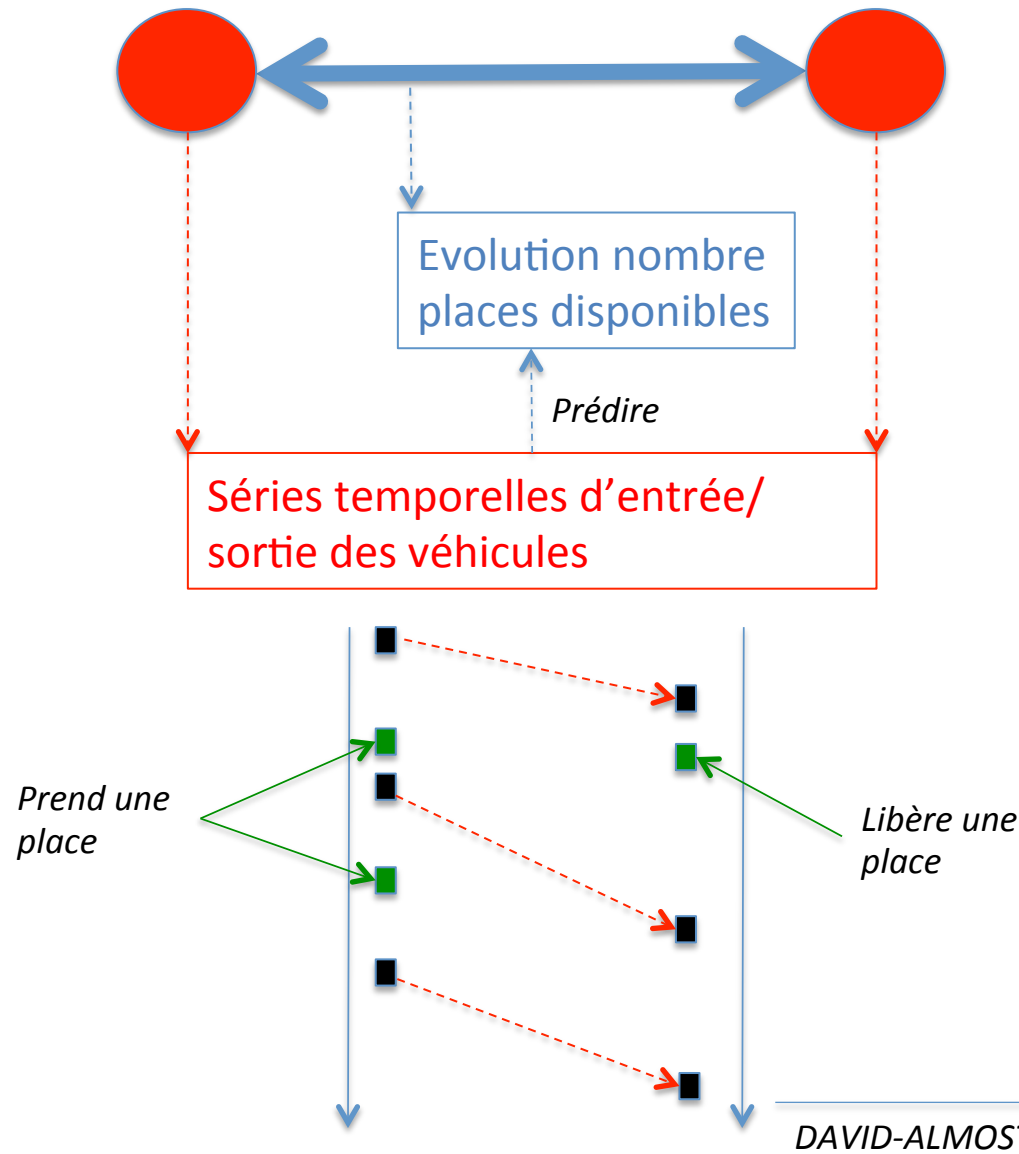
Machine learning for urban parking assistance

Distributed reinforcement learning approach :

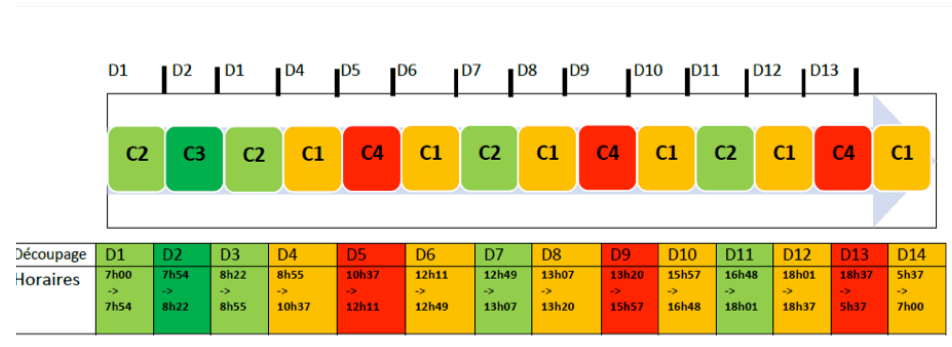
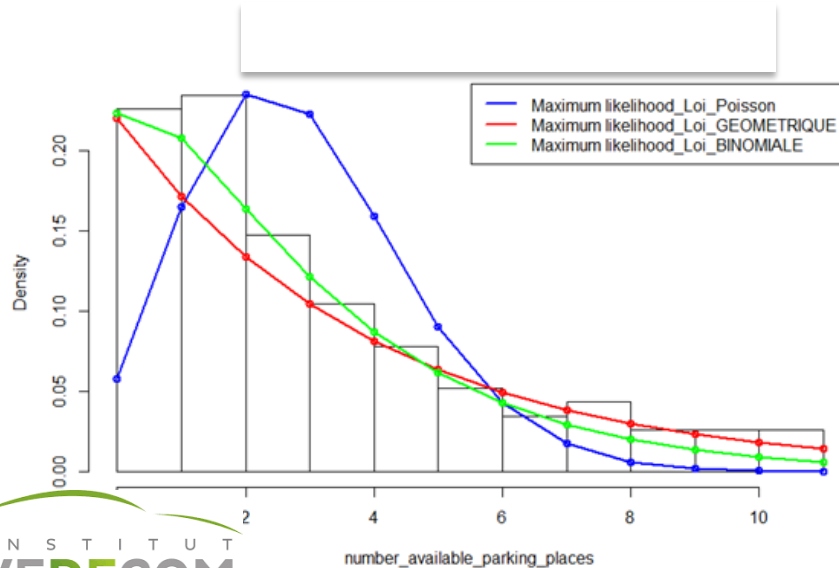
- each crossroad in the zone learns the next best street choice, and all the choices form a itinerary.
- The final itinerary is constructed step by step by iterating the learning process
- Each crossroad learns from all the previous learning process.



Calcul de probabilités de places libres/rue



Calcul de probabilités de places libres/rue



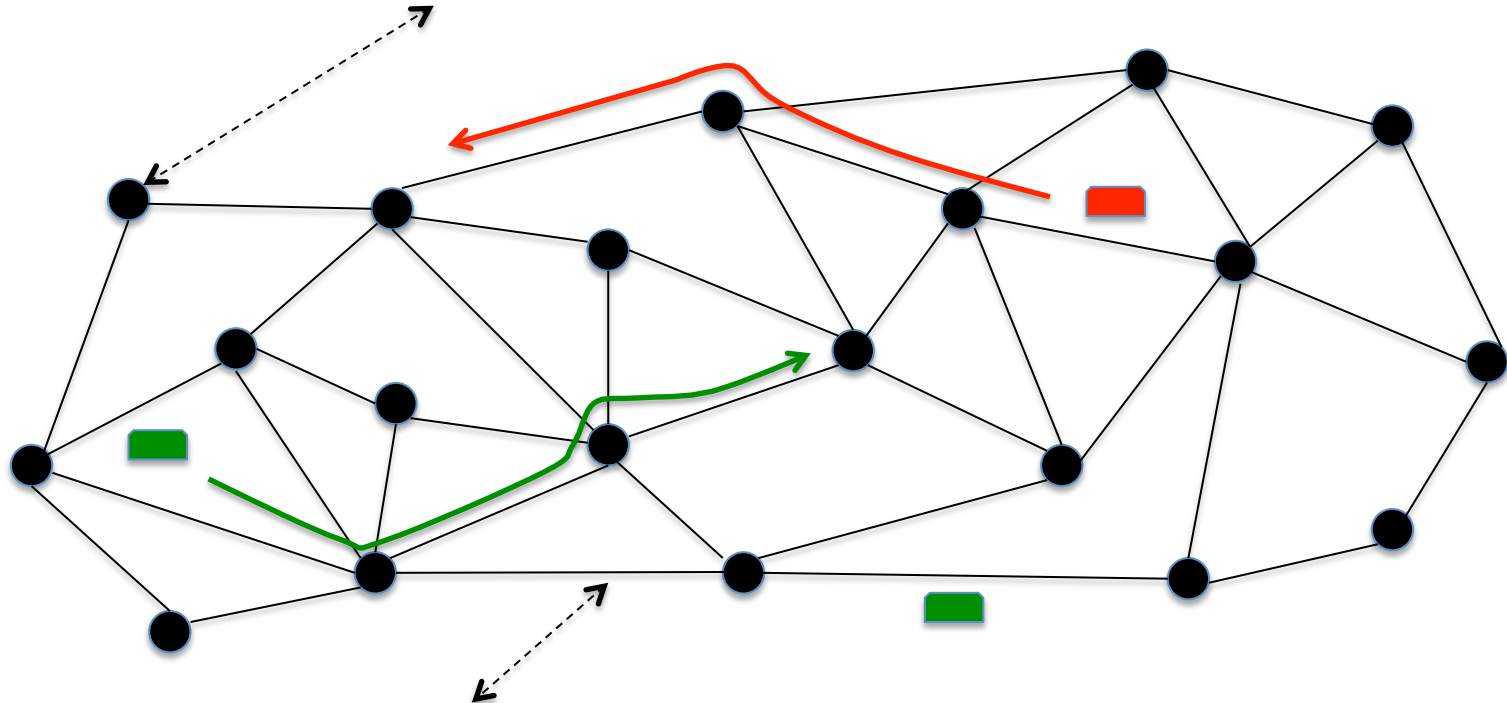
Gestion optimisée et temps réel d'une flotte de taxis autonomes

Intersection/carrefour

- Temps de traversée moyen pour tout couple entrée/sortie

Disponibilité de systèmes de recharge

- Temps de traversée moyen pour tout couple entrée/sortie



Lien mono/bidirectionnel = **Portion de rue sans intersection**

- Longueur (stat.)
- Vitesse limite (stat.)
- Nombre de places de stationnement (stat)
- Congestion (dyn.)
- Probabilité de places disponibles (dyn.)

DAVID-ALMOST / Védécom,

En résumé

- Nécessité d'une approche systémique et interdisciplinaire de la mobilité urbaine
- Laboratoire DAVID et Fédération SIHS ouverts à des partenariats
- Penser la mobilité non seulement d'un point de vue technologique mais aussi Sociétal : interdisciplinarité STIC/SHS
- Ecosystème de Paris-Saclay