



Colloque IMT

« Les sciences de l'information au service des nouvelles mobilités »

13 octobre 2022

Posters

Nouveaux services de mobilité

Stakeholder



Authors

Chijia LIU
Dominique FEILLET
Alain QUILLIOT
Hélène TOUSSAINT

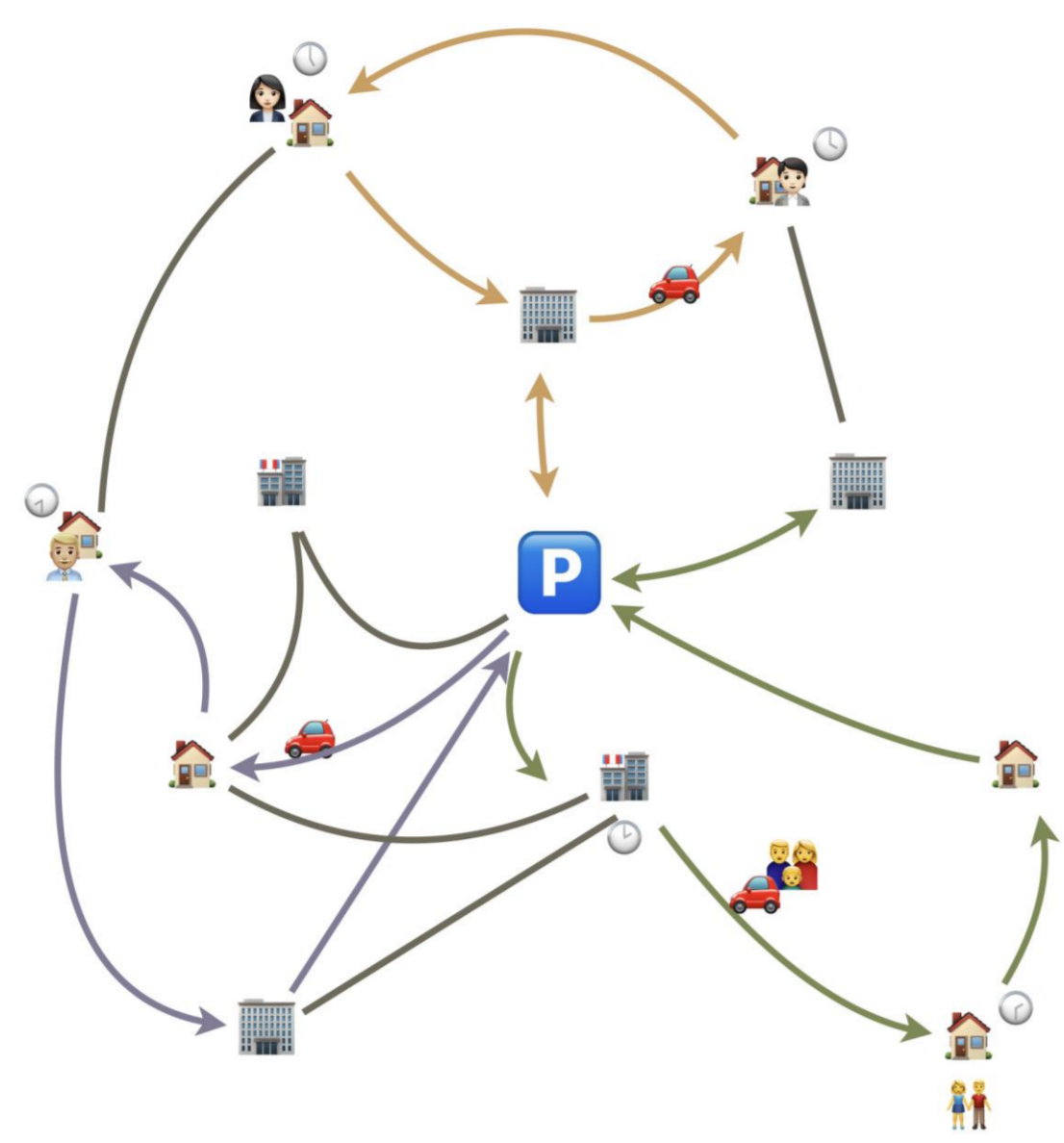
Partners



Bibliography

Daniel J. Fagnant and Kara M. Kockelman. *Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas*. Transportation, 45(1):143–158, January 2018.

Shuo Ma, Yu Zheng, and O. Wolfson. *T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service*. In 2013 IEEE 29th International Conference on Data Engineering (ICDE), pages 410–421, Bris_x0002_bane, QLD, April 2013.

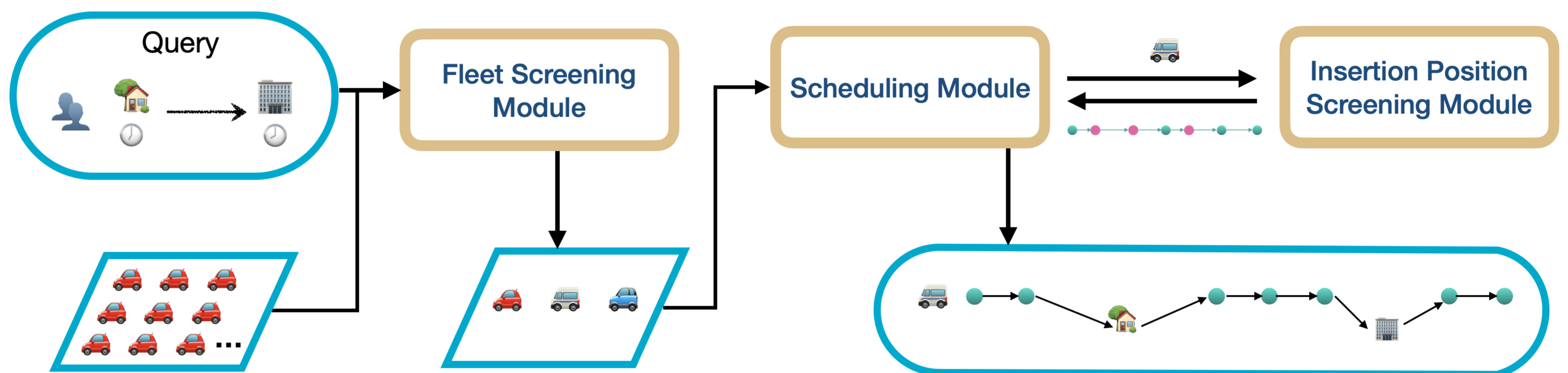


Objective

We aim to solve a **large-scale SAV** (Shared Autonomous Vehicle) **DARP** (Dial-A-Ride Problem), where the system has to process a large number of passenger requests (around 100,000 for a time horizon of 10h per day). One of the main objectives is to speed up the dispatching and scheduling process while maintaining a good decision quality. For this, we introduce different techniques:

- ▶ The use of a **fleet filter** in order to quickly identify a small subset of SAVs that are worth exploring given a passenger request.
- ▶ The use of an **insertion position filter** in order to quickly identify a subset of insertion positions within the route of a candidate SAV that are worth examining.

The system framework



The fleet screening module

- ▶ **The fleet filter:** We introduce an index matrix M , serving as a fleet filter. The road network and time horizon are partitioned into zones and periods. Each cell $M[z, h]$ contains a set of SAVs that could potentially reach the zone z during the period h .
- ▶ **The fleet screening process:** Given a new passenger query, we explore simultaneously from the origin and the destination sides all the cells with zones and periods related to the query, take all the concerned SAVs, sort them by score and keep the first few to form the candidate set.

period	H0	H1	H2	H3
zone				
Z0		
Z1
Z2
Z3

Illustration of the fleet filter M . The new query's origin is related to the zone Z1 and the period H2, while its destination is related to the zone Z0 and the period H3. The corresponding cells $M[Z1, H2]$ and $M[Z0, H3]$ are thus simultaneously taken into account.

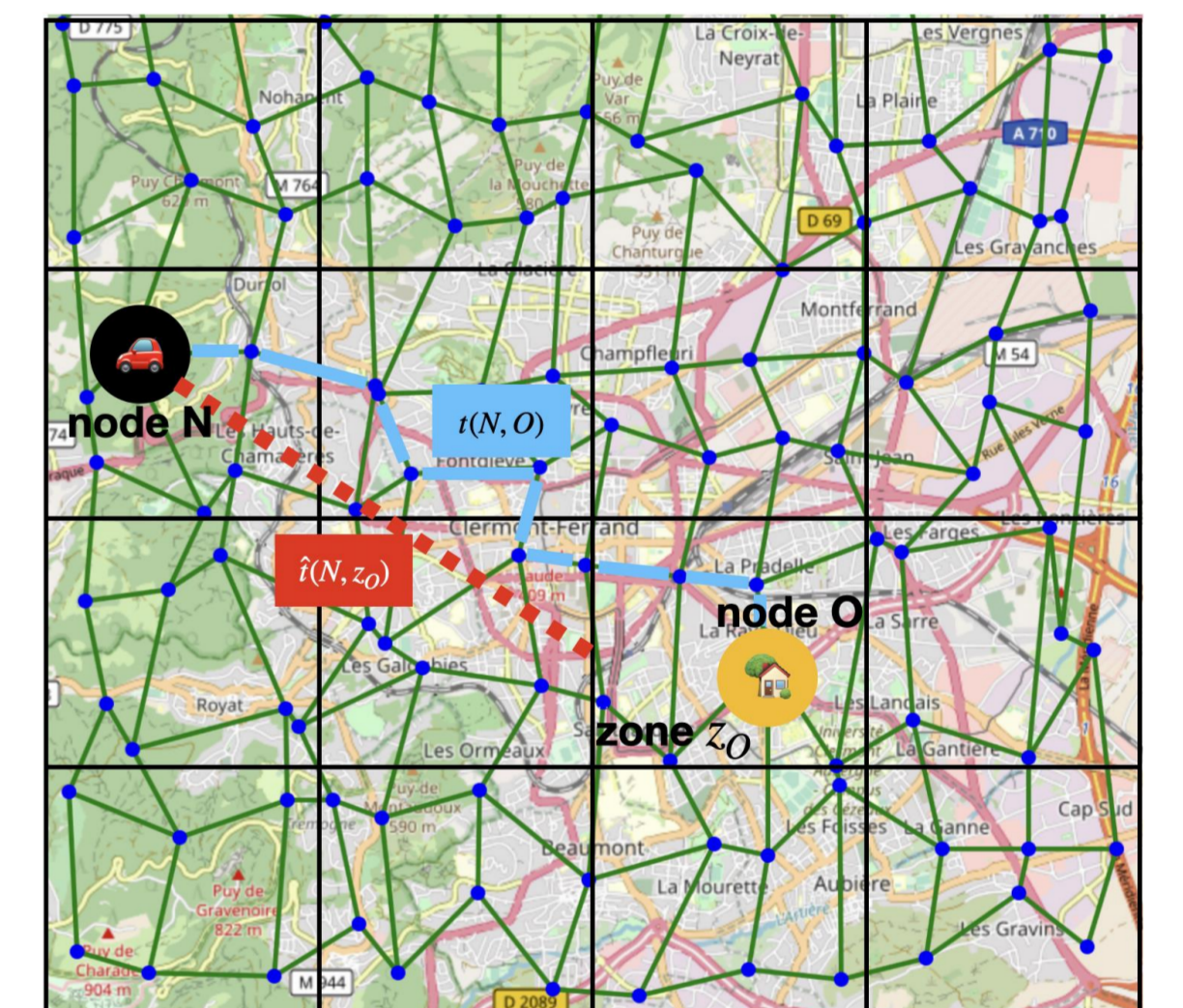


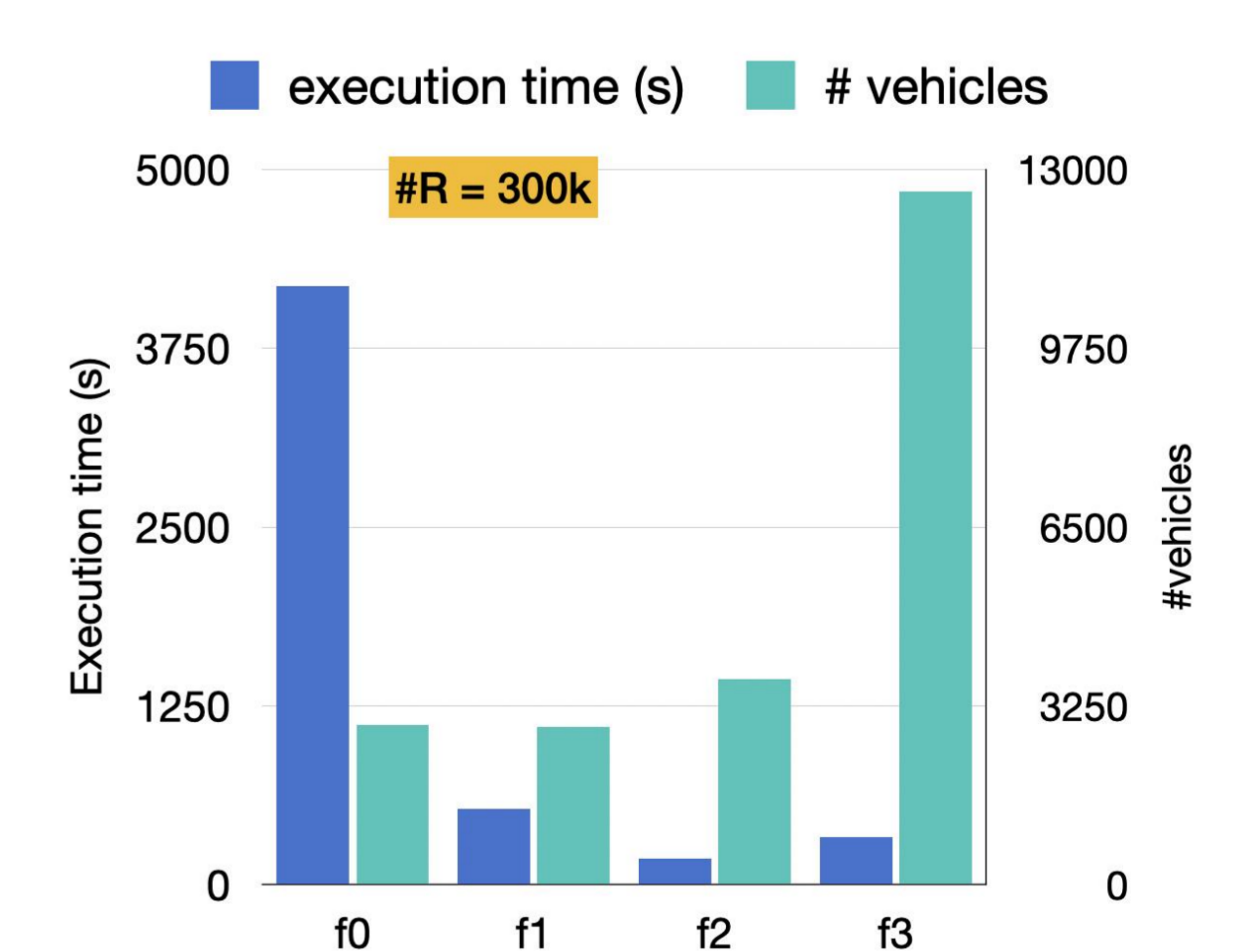
Illustration of the partition of the road network and a basic example. An SAV is scheduled to pass the node N during a certain time window. To know departing from N, whether it can reach the origin O of the target request, we first check if it can approximately pass the zone Z0 using the estimated node-zone travel time (represented by the red dotted line).

The insertion position screening module

- ▶ **The insertion position filter:** For each SAV, a structure M_{aux}^v is used to serve as an insertion position filter. Each cell $M_{aux}^v[z, h]$ contains a set of points, departing from which the SAV could pass the zone z during the period h .
- ▶ **The insertion position screening process:** Given a candidate SAV, the insertion positions for the query's origin and the destination are selected from the related cells of M_{aux}^v . In addition, a position is called a candidate only if it could arrive at the target zone during the time window imposed by the query.

period	H0	H1	H2	H3
zone				
Z0	$\{P_2, P_4, P_5, P_6, P_8\}$
Z1	$\{P_1, P_3, P_7\}$...
Z2
Z3

The fleet filter M_{aux}^v for the candidate vehicle v . The new query's origin is related to the zone Z1 and the period H2, while its destination is related to the zone Z0 and the period H3. The corresponding cells $M_{aux}^v[Z1, H2]$ and $M_{aux}^v[Z0, H3]$ are thus respectively taken into account while



Test results on a network with 130 nodes and 474 arcs. f0: no filter applied; f1: the SAV candidate set contains all the SAVs found by the fleet filter M; f2: the SAV candidate set contains the top 10 selected SAVs; f3: the SAV candidate set contains the top 5 selected SAVs.

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF AN ON-DEMAND RAIL-ROAD TRANSPORTATION SYSTEM IN SPARSELY POPULATED AREAS

Jean JODEAU^{1,2}, Nabil ABSI², Rémy CHEVRIER¹, and Dominique FEILLET²

¹SNCF, DTIPG, 1-3 Avenue Francois Mitterrand, 93200 Saint-Denis, France

²Mines Saint-Étienne, CMP/SFL, CNRS UMR 6158 LIMOS, F-13541, Gardanne, France

Mobility in sparsely populated areas

- Sparsely populated areas with a **lack of mobility solutions and public transport**
- **Inadequate** public transport offer with low frequency
- **First and last miles problem** almost impossible to solve
- Personal car quasi-mandatory to move

Flexy vehicle



Flexy Vehicle

- **Rail-Road** vehicle that can switch mode without stopping
- 6/9 seats for customers
- **Lighter** and **cheaper** than heavy regional trains
- **Reduced maintenance costs** for vehicle and infrastructure

On-demand Transportation

- Facilitate the travel of inhabitants with **door-to-door** transportation
- New transport offer designed for sparsely populated areas
- Revive small and **unused train lines** (~ 9000 km in France)
- **Boost railway** transportation

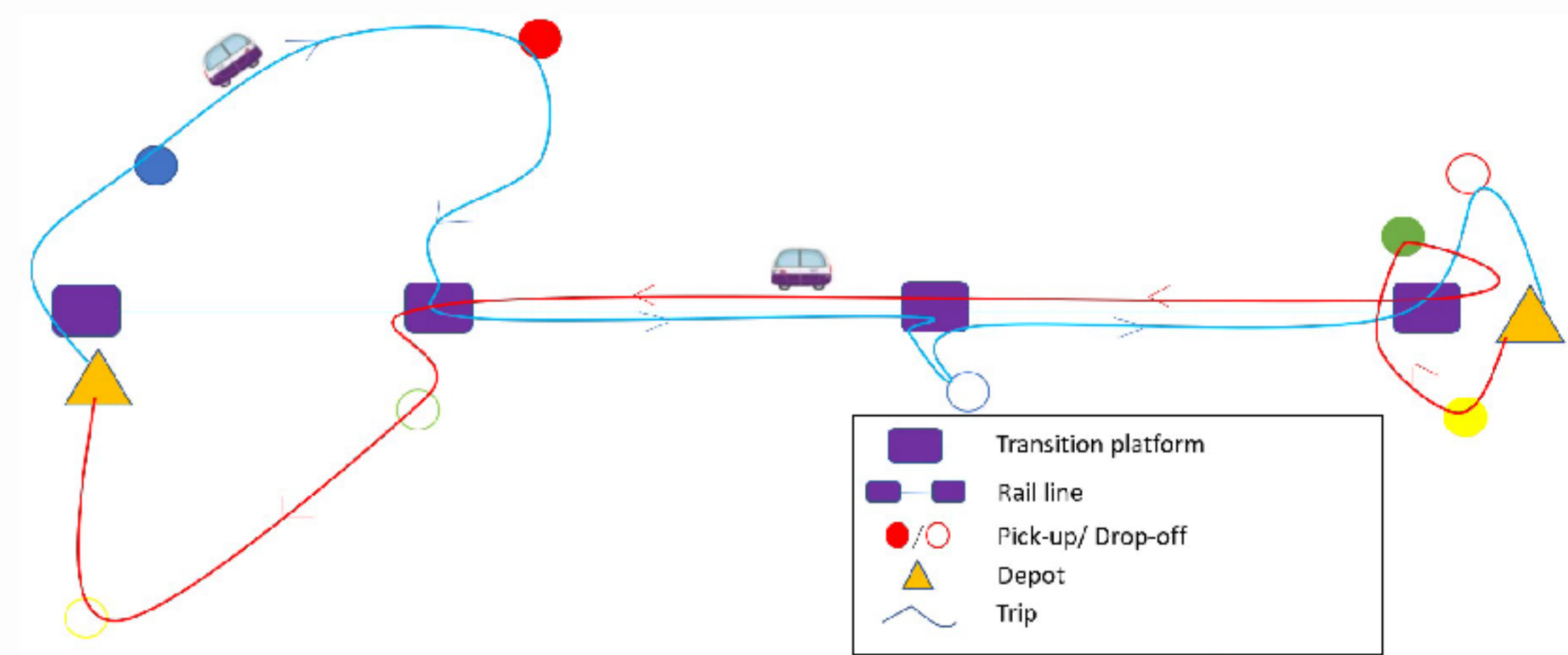


Unused rail and Flexy on rail

Original problem

Hybridisation between the Dial A Ride problem and the single track railway scheduling problem:

- Maximize the **number of clients serviced**
- Respect the coupling constraints specific to railtrack utilization



Route example with 2 vehicles

Results and perspectives

- Model as a Dial A Ride problem with railway constraints [1]
- Generation of *realistic instances* based on a small line candidate for the FLEXY
- Generic algorithm** adapted to the solution of any vehicle routing problems with resource synchronisation [2, 3]
- Study the impact of the vehicle's **rail and road speed** on the number of clients serviced
- Evaluate the impact of the new on-demand transport with a **multi-agent simulator**: MATSim
- Dynamic case**: Accept new clients while vehicles are in service
- 3-step system:
 - Acceptance of new clients through a **booking** phase
 - **Optimization** with confirmed requests for the service
 - Deal with **new clients** while the system is running

References

- [1] J. Jodeau, N. Absi, R. Chevrier, D. Feillet, Optimization of a Dial-A-Ride service with rail-road vehicles, Verolog 2022
- [2] T. Gschwind, M. Drexler, Adaptive large neighborhood search with a constant-time feasibility test for the dial-a-ride problem, Transportation Science 53 (2) (2019) 480–491
- [3] P. Grangier, M. Gendreau, F. Léhuédé, L.-M. Rousseau, The vehicle routing problem with cross-docking and resource constraints, Journal of Heuristics 27 (1) (2021) 31–61

Proactive and reactive planning for medical transportation

Context and problem description

Decisions:

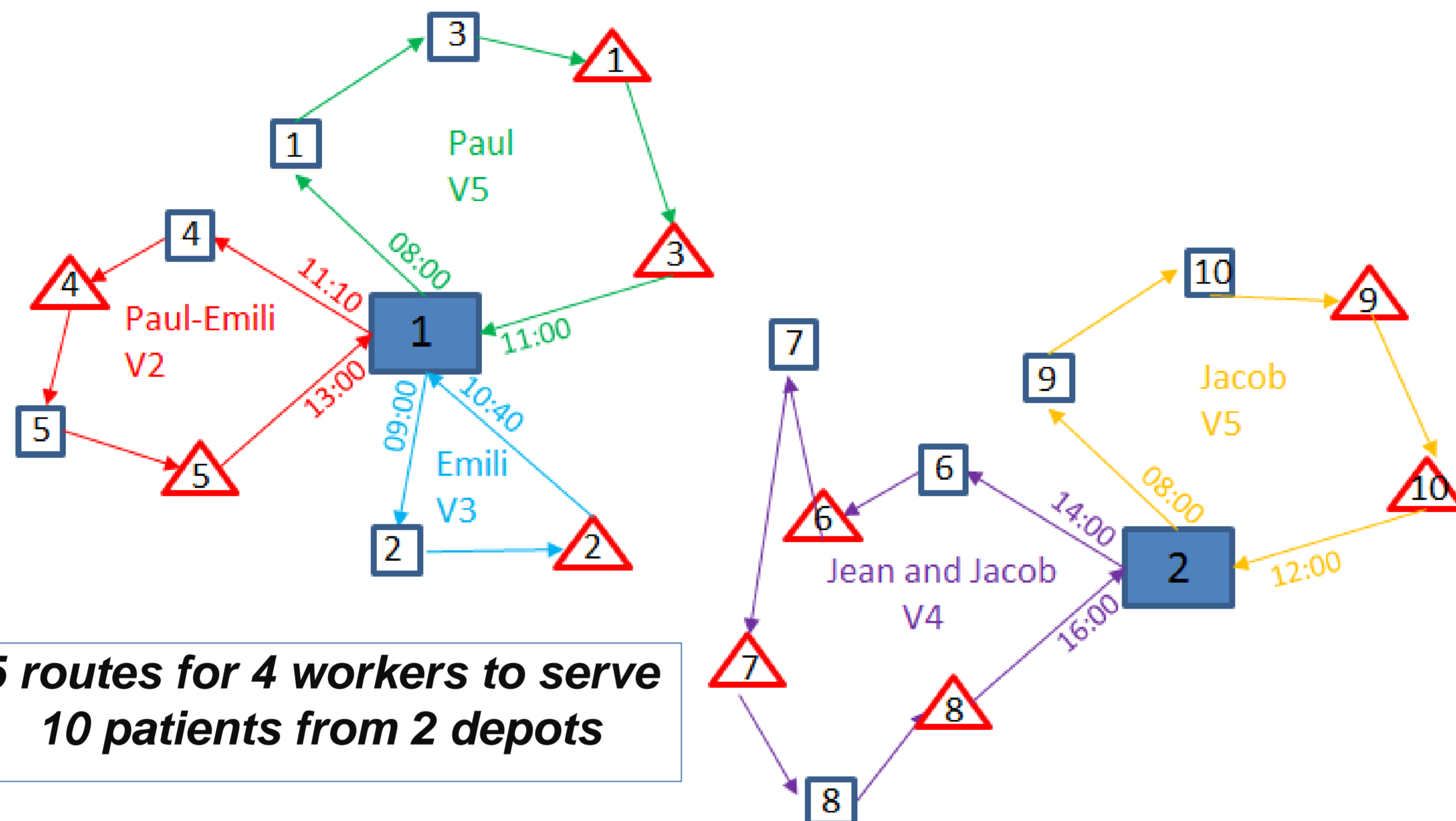
- To assign the drivers and assistants to some vehicles (ambulance, taxi, light medical vehicle). The **crews can be modified** during the day
- To **reject** some requests
- To **dispatch** the medical transportation requests to the vehicles
- To decide on the **operating time** of the workers

Constraints:

- To serve the maximal number of requests
- To satisfy the time constraints for the requests
- The skills of the crew have to match with the request requirements
- Local working rules on breaks and lunch breaks have to be satisfied



A regulation center



5 routes for 4 workers to serve 10 patients from 2 depots

Data characteristics

- From 100 to **2,000 requests** per day
- From 30% to 70% of the requests are known the day before
- From 20 to **300 drivers** and vehicles
 - Up to ten attributes for workers (spoken languages, diploma, experience, taxi licence, ...)
 - Different initial working periods
- From 10 to **250 vehicles** based in 5 to **60 depots**
- 3 types of vehicles with different costs:
 - Ambulances (2 workers)
 - Taxi
 - Light Medical Vehicle

Solution framework

➤ A first **proactive plan** is built the day before

- It defines the beginning of the working period of some workers
- It fixes some service times in the planning
- Two approaches are applied to build the proactive plan:
 - The final objectives minimization
 - To balance the workloads
 - To unbalance the workloads, i.e., to keep some drivers available

➤ During the day **the plan is dynamically updated**

- **Deep modifications** are allowed: If the move to the patient did not start, the current assignment can be modified
- The **flexibility** on the service times and the limits of the working periods are used to insert new requests
- A large neighborhood search combined with a local search is able to find good solutions to the static and the dynamic problems



The Lomaco Online solution

Numerical results

● On the static problem

- Our heuristic outperforms the manual approach:
 - From 1 to 6.5 uncovered requests
 - The global evaluation of the solutions is improved by a factor 2
- Our heuristic improves the best known solutions for some special cases with multiple trips and some variants of the dial-a-ride problem
- The average number of trips per worker is 1.3 and 5.0 on some large instances.

● On the dynamic problem

- Our approach outperforms two manual strategies in 93% of the simulated cases
- Using the proactive plan to initiate the dynamic process, improves the final solution from 3% to 14% depending on the context

References

- [1] Skiredj, M. *Planification proactive et réactive des réseaux d'ambulance*. PhD Thesis. 2021
- [2] Azi, N. et al. *An adaptive large neighborhood search for a vehicle routing problem with multiple trips*. *Comp. and Op. Res.*, 2014.
- [3] Lim S.A.. et al. *Pickup and delivery service with manpower planning in Hong Kong public hospital*. *Transp. Sc.*, 2017.

Partner school



Authors

Mohammed Skiredj
Thierry Garaix
Xiaolan Xie

Partners

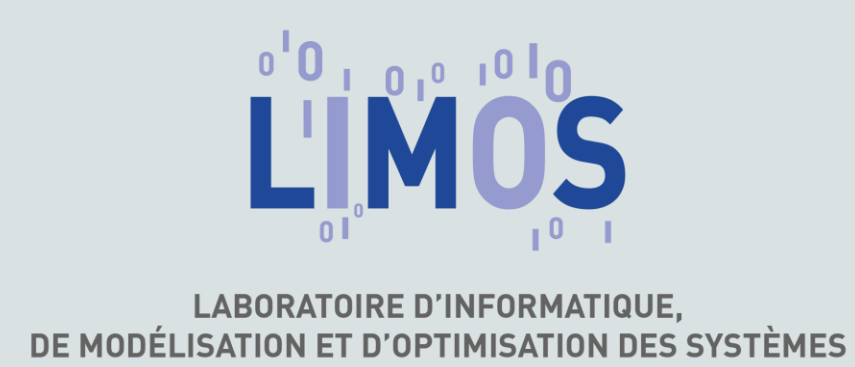


Multiagent Coordination In On-demand Transport with Connected Autonomous Vehicles

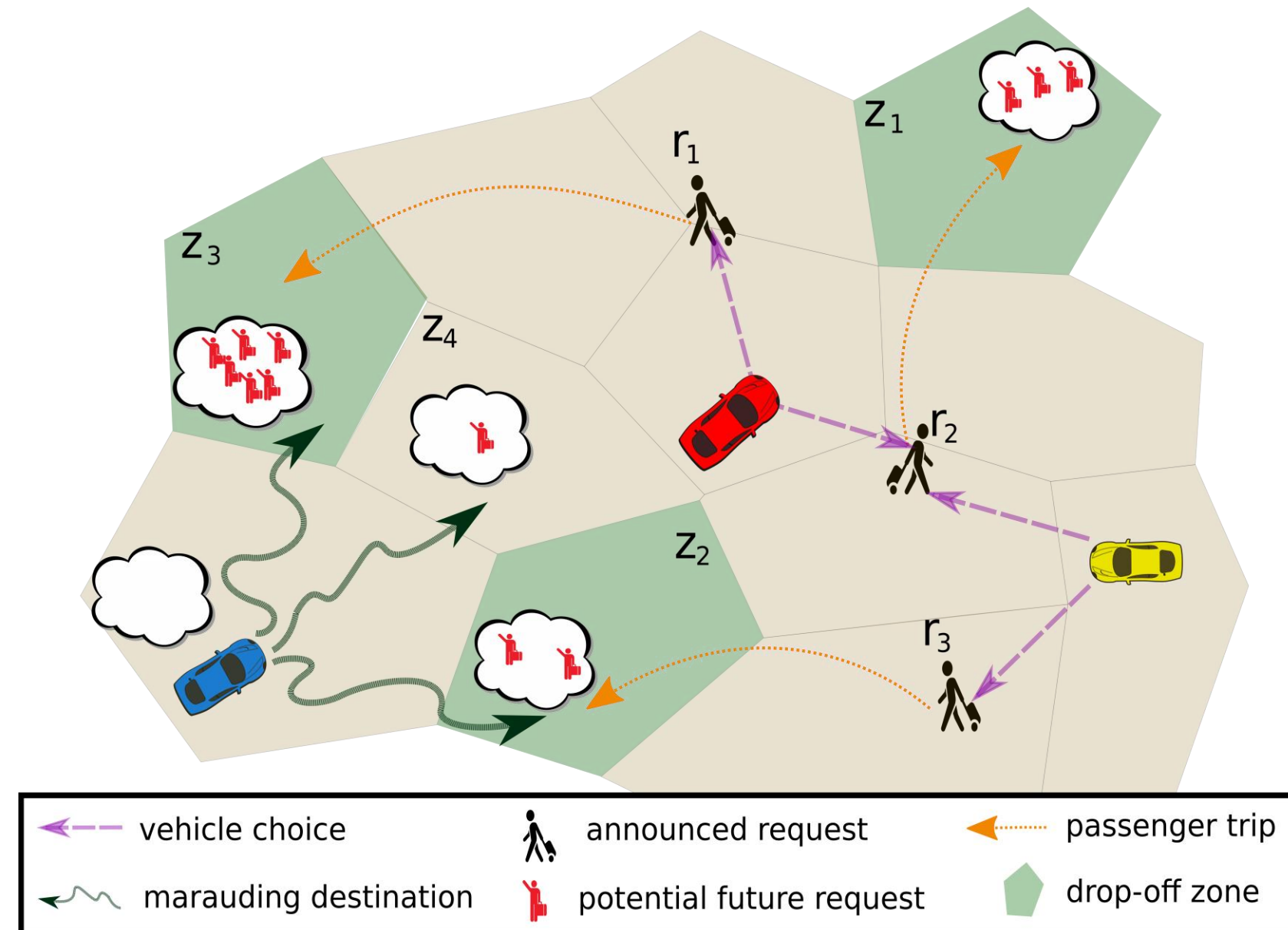
A decentralized resource allocation approach

Authors

Alaa DAOUD
Flavien Balbo
Paolo Gianessi
Gauthier Picard



Plateforme Territoire



Application domain : On-demand Transport (ODT)

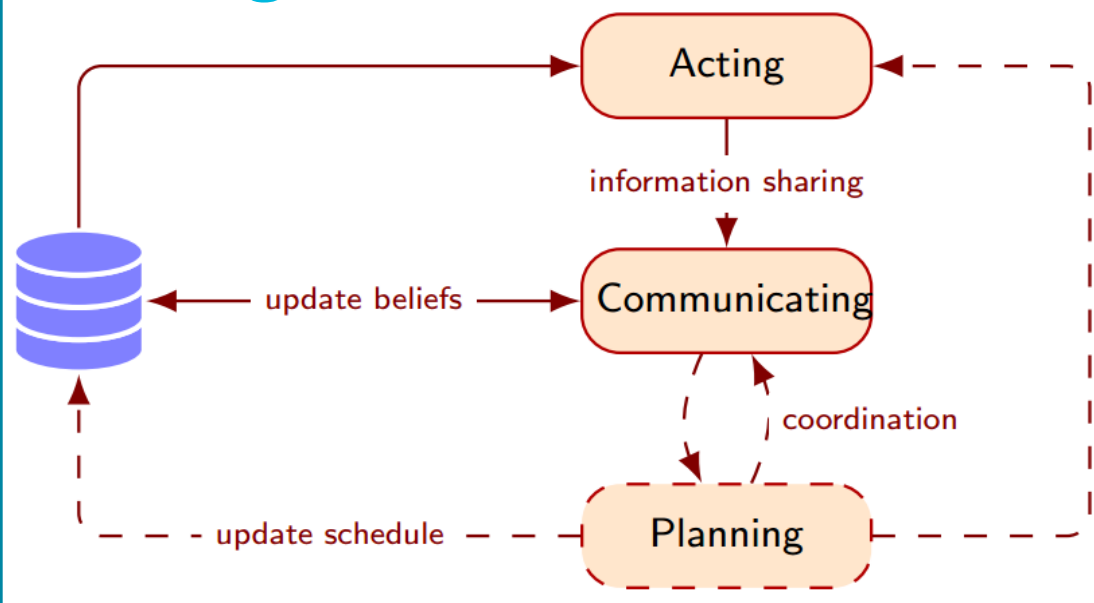
AV-OLRA

An extension to a more generic model (OLRA) adapted to ODT with AVs and their communication constraints

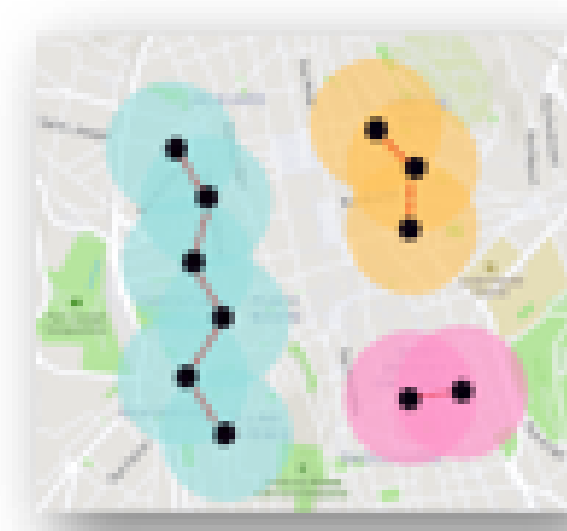
(R, V, G, T)

- ▶ R – a dynamic set of requests (ressources)
- ▶ V – a set of connected autonomous vehicles (consumers with communication constraints)
- ▶ G – a graph defining the road network
- ▶ T – the problem's time horizon (discretization of time dimension)

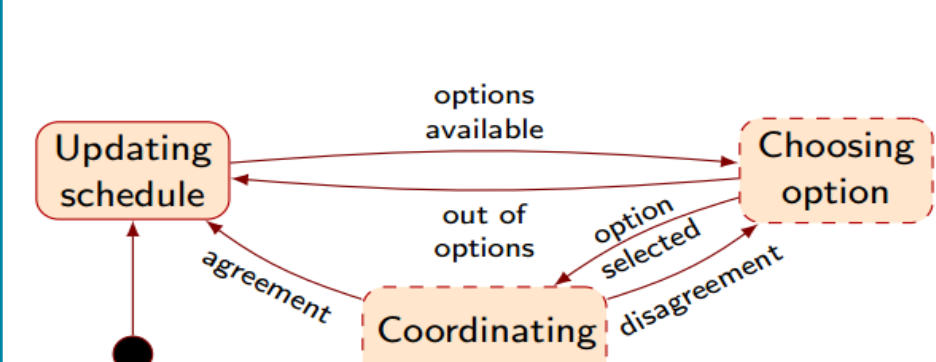
AV Agent



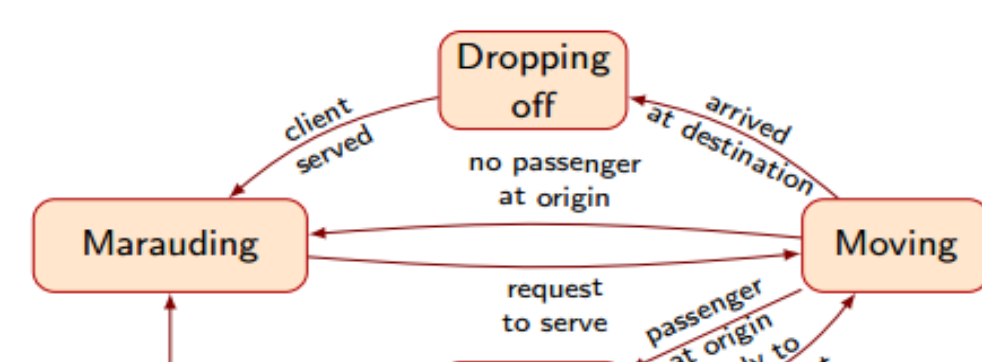
Generic Autonomous Vehicle Behavior



Communication model connected sets (CSs) are formed through vehicles limited communications ranges



Planning sub-behavior
The coordination mechanism defines the solution method

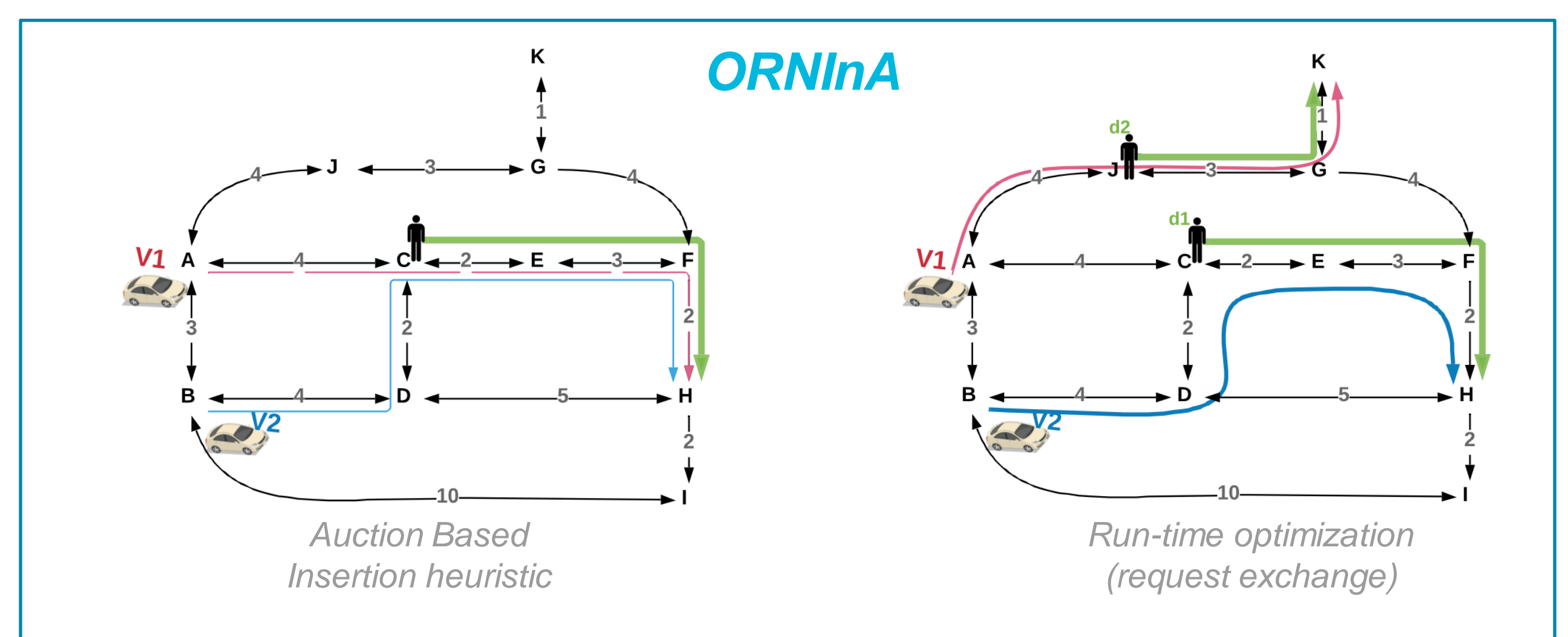


Acting sub-behavior

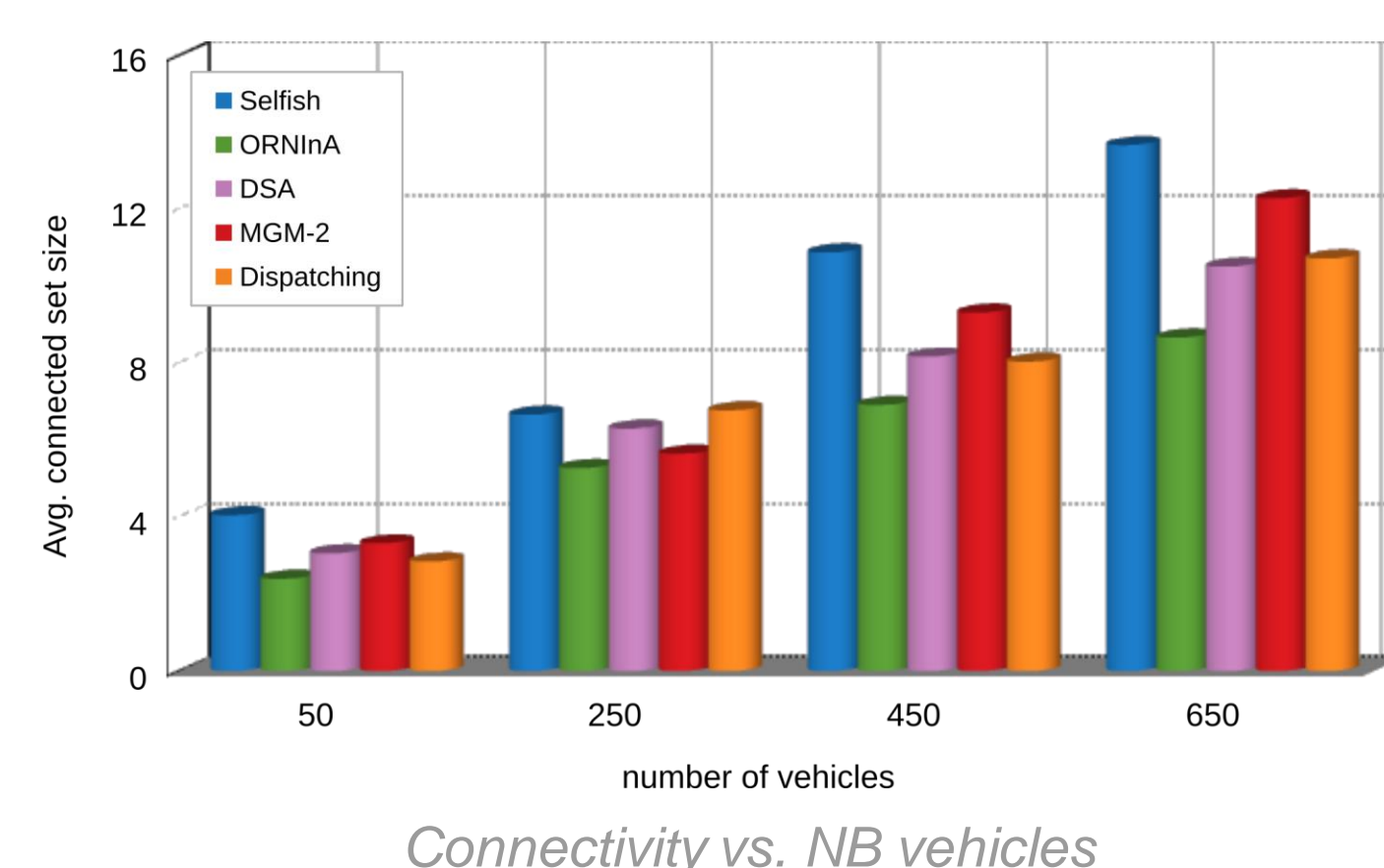
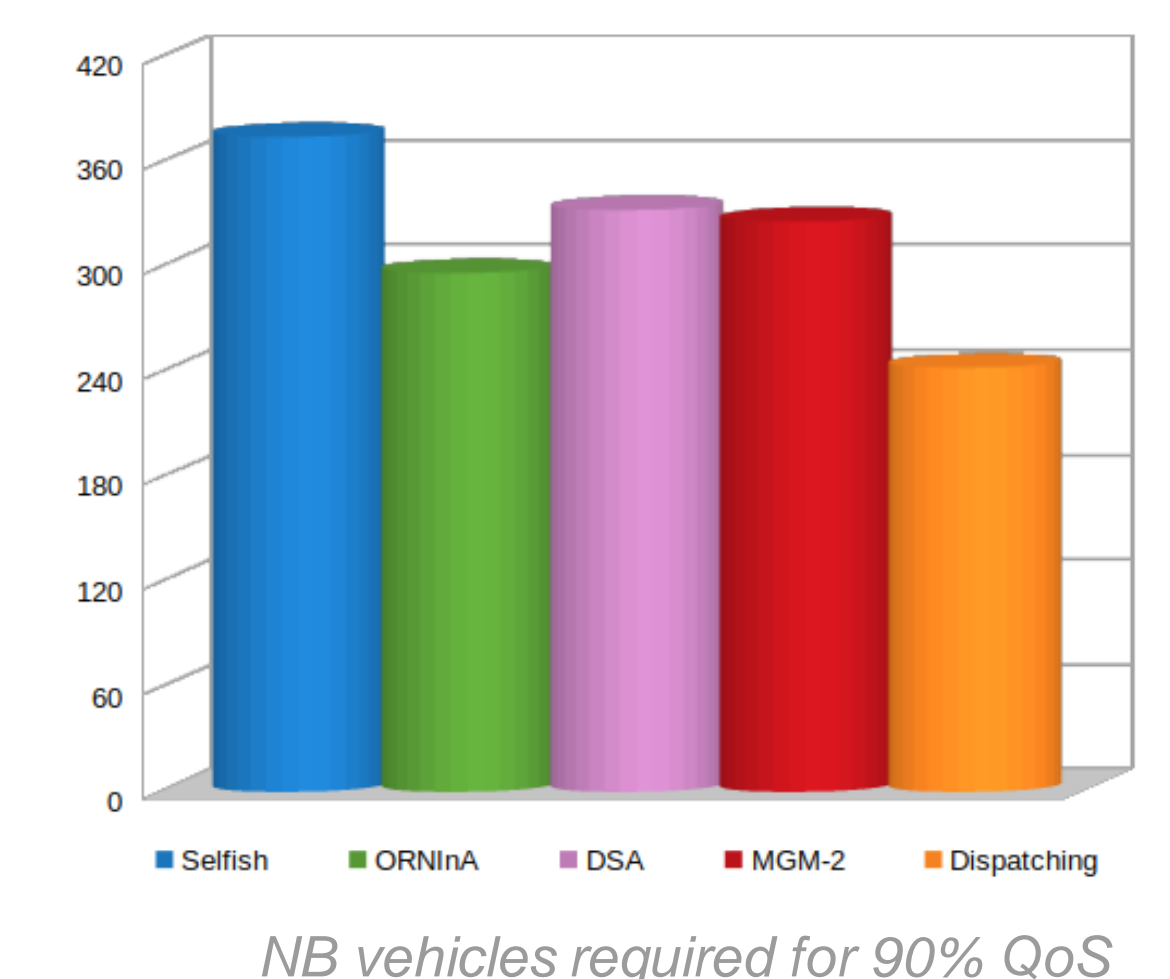
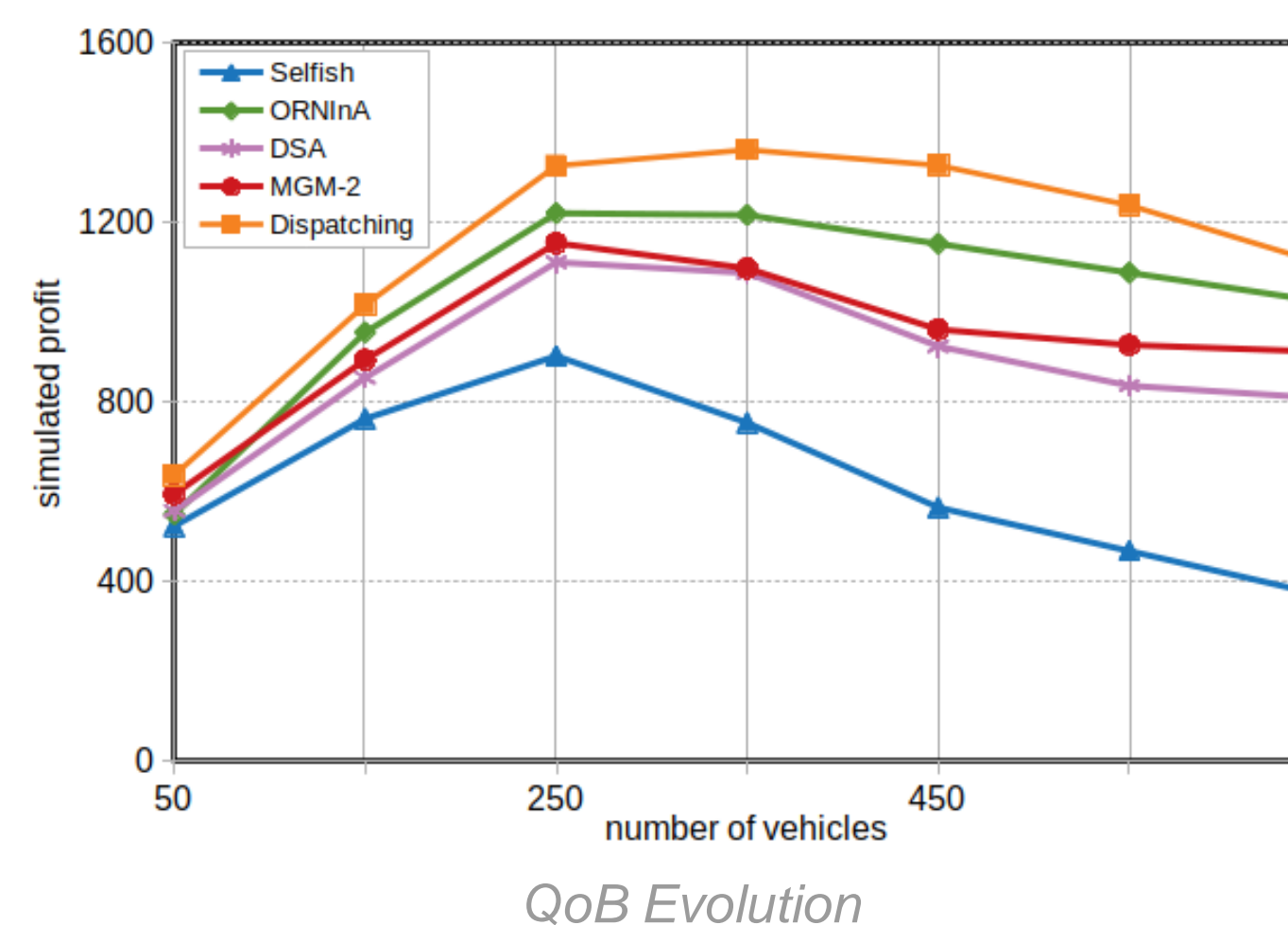
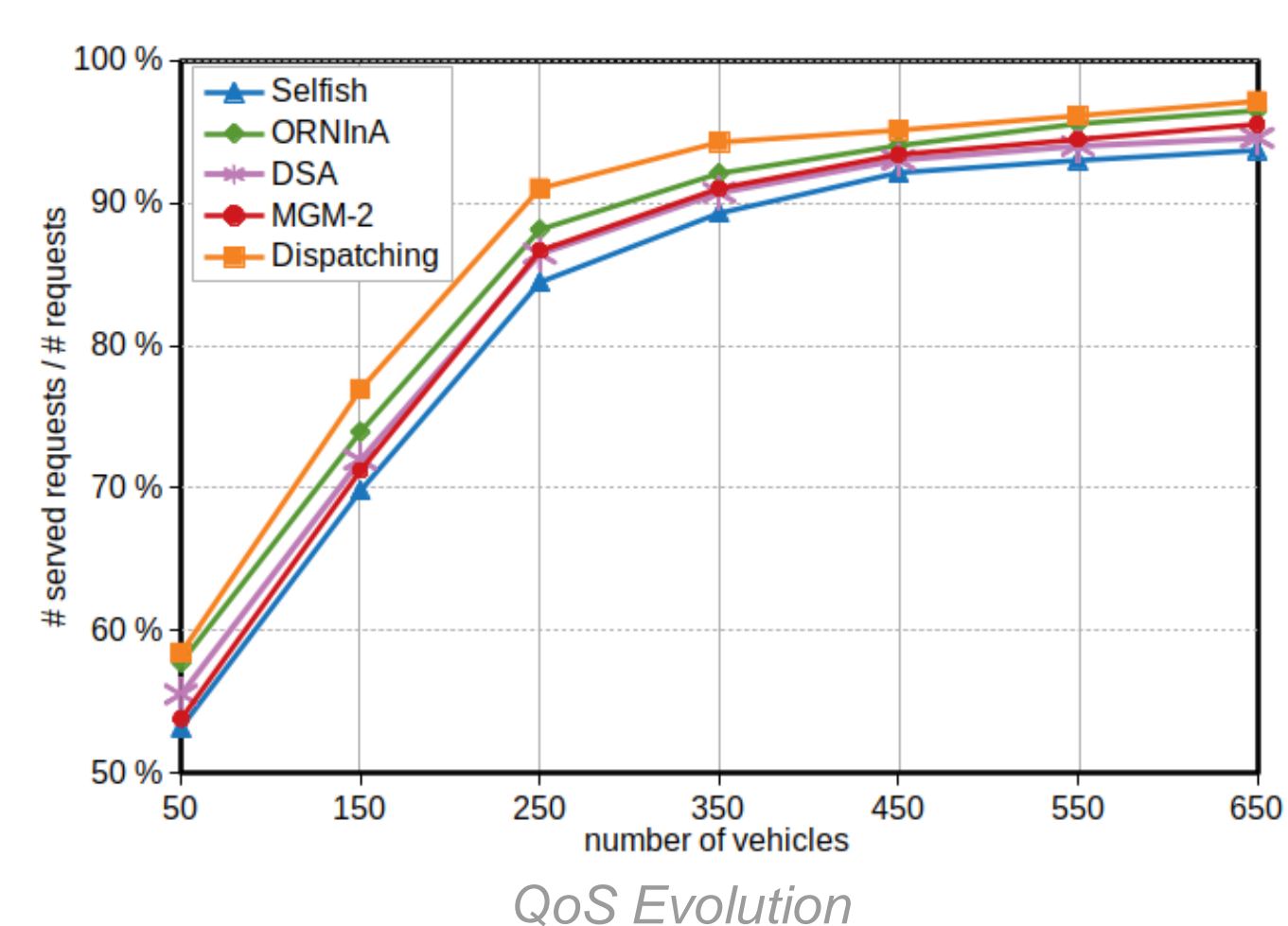
Deploying autonomous vehicle fleets, with limited communication ranges, in order to provide ODT service requires a careful choice and evaluation of solution methods for resource allocation problems.

Our Multiagent Approach

- ▶ **Generic Modeling (AV-OLRA)** – Autonomous Vehicles Online Localized Resource Allocation: A generic model to ODT's dynamic resource allocation problem in connected autonomous vehicle fleets, taking into account the limited connectivity and communication constraints
- ▶ **Behavior Abstraction (AV Agent)** – Each Autonomous vehicle is an agent whose behavior consists of 3 sub-behaviors: (Acting, Communicating and Planning)
- ▶ **Solution Abstraction (CM)** – A coordination mechanism defines the characteristics of a solution methods and requirements to implement the corresponding planning sub-behavior
- ▶ **Evaluation Testbed (AV-SIM)** – A multiagent simulator based on "Plateforme Territoire" with a set of evaluation criteria (QoB, QoS, Communication load, Connectivity)
- ▶ **A new solution method (ORNInA)** – A Decentralized, Auction-based, coordination approach with run-time optimization



Experimental evaluation with AV-SIM on real-world data (NYC-TLC trip records)



- ▶ The problem is split into sub-problems (per CS), the global solution is an aggregation of the sub-solutions
- ▶ Consequences of increasing the number of vehicles (enlarging the fleet size) :
 - More requests are served (better QoS) with more operational cost (a decrease in QoB after some threshold) => a trade-off: QoS vs. QoB
 - More connectivity between vehicles (larger connected set sizes) => more coordination messages and communicational cost
- ▶ The centralized (**Dispatching**) is optimal for (fleet size / QoS), the greedy method (**Selfish**) is the worst, while decentralized coordination methods (**MGM-2**, **DSA**, **ORNInA**) are good alternatives in the middle (ORNInA performs slightly better with lower communicational cost)

References

- Alaa DAOUD. (2022). Coordination in Connected Autonomous Vehicle fleets: A Multiagent Resource Allocation Approach to Online On-Demand Transport. (Ph.D. Thesis)
- Alaa Daoud et al. "A Generic Multi-Agent Model for Resource Allocation Strategies in Online On-Demand Transport with Autonomous Vehicles". In: AAMAS-21. 2021, p. 3.
- Alaa Daoud et al. "ORNInA: A decentralized, auction-based multi-agent coordination in ODT systems". In: AI Communications 34.1 (15 February 2021), pp. 37–53.
- M. Zargayouna, et al. « Generic model for resource allocation in transportation. Application to urban parking management », Transportation Research Part C 71 (2016), p. 538 - 554.
- Plateforme Territoire : <https://territoire.emse.fr/>

Contact : alaa.daoud@emse.fr , flavien.balbo@emse.fr , paolo.gianessi@emse.fr , gauthier.picard@onera.fr

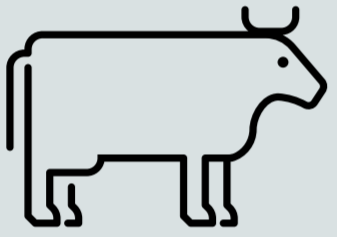
Contexte de la recherche



Phase amont du projet **Taxirail©/ADEME**



Train hybride qui se conduit tout seul et voyage à la demande. Possibilité de mettre 40 Normands et Normandes à l'intérieur.



Résultats

Peu de risques perçus sur le plan de la fiabilité technique

- ▶ L'autonomie : un gage de ponctualité, de rapidité, de fiabilité sur le plan de la conduite (Fraszczuk et al., 2015 ; Nordhoff et al., 2017 ; Lemonnier et al., 2022).
- ▶ Les transports sans conducteur.ice : plus sécurisants que les humains (moins de comportements dangereux sur la route) (Fraszczuk & Mulley, 2017 ; Hoarau & Cahour, 2021)
- ▶ Une limite : la gestion des situations imprévues (routes coupées, carrefours saturés...) (López-Lambas & Alonso, 2019 ; Salonen & Haavisto, 2019)

Un sentiment d'insécurité lié à l'absence de personnel à bord

- ▶ Les « autres » : des voyageur.euses perçu.es comme manaçant.es : pas de personnel à bord pour temporiser les éventuels conflits ou intervenir en cas d'agressions (Allinc, 2018 ; López-Lambas & Alonso, 2019).
- ▶ L'absence de premiers secours en cas de besoin : « bystander effect » et citoyen.nes non formé.es (Karnoven et al., 2011 ; Case et al., 2018 ; Morand et al., 2022).
- ▶ L'absence d'informations en temps réel (Kim et al., 2020 ; Dangerfield et al., 2021).
- ▶ Renoncement de certains publics à utiliser ces transports : populations vieillissantes (Tillous, 2014) ; femmes (Labbé, 2018) ; personnes transgenre (FRA, 2014)...

Des dispositifs de réassurance possibles

- ▶ Mais quelle acceptabilité de ces dispositifs par le grand public ?
→ Par exemple : controverse de la caméra de surveillance



Autrices et auteur

Marion Gras Gentiletti
Béatrice Cahour
Stéphane Safin

Département SES
Télécom Paris-IPP



Perspectives

Un modèle pour comprendre et agir sur le sentiment d'(in)sécurité

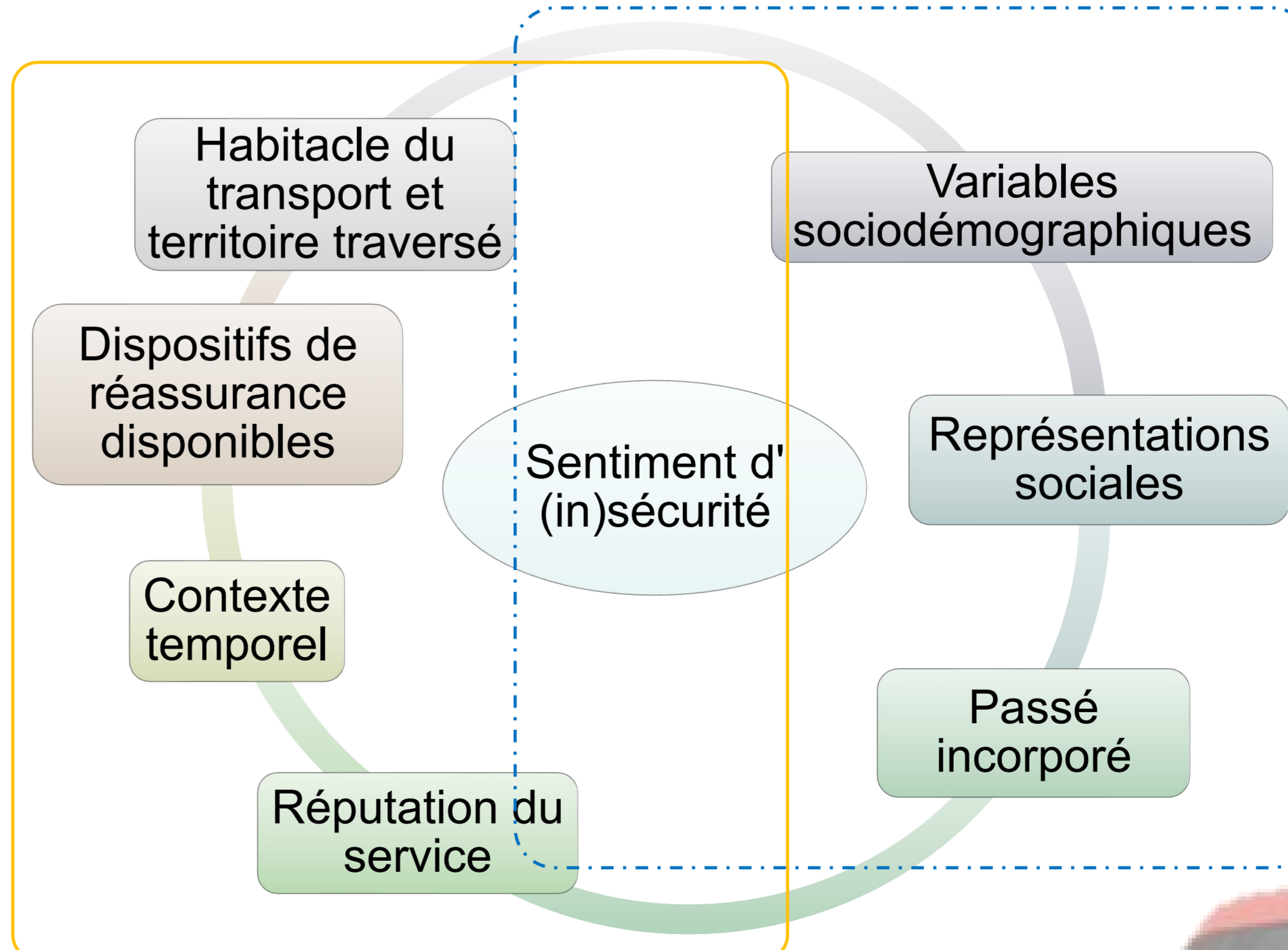
Déterminants externes

Possibilité de voir, d'être vu.e, de s'échapper

Outils mis à disposition des voyageur.ices

Créneau horaire Jour/nuit

Médiatisation
Mise en circulation de récits



Déterminants internes

Âge, genre, rôle social...

Ensemble de perceptions et d'opinions qu'un individu possède

Ce que la personne a vécu comme expérience de transports en commun

Un projet de conception à venir : Taxirail©

Documenter les facteurs influant sur le sentiment d'(in)sécurité afin de nourrir la conception du projet Taxirail©

Analyse de l'activité existante (entretiens et observations)

Simulation de l'activité future par des techniques d'immersion projective

Conception participative

Utilisation d'une base de données graphe pour l'étude d'un réseau de transport combiné

Parties prenantes

s@movar

Auteurs

Cathia Le Hasif

Encadrants

Dimitri Watel
Stefania Dumbrava
Andrea Araldo

Partenaires



Contexte

- La pollution des transports
- Les transports en commun
- La faille : des zones mal desservies
- La solution : le transport à la demande ou 'DRT' (Figure 1) combiné au réseau de transport

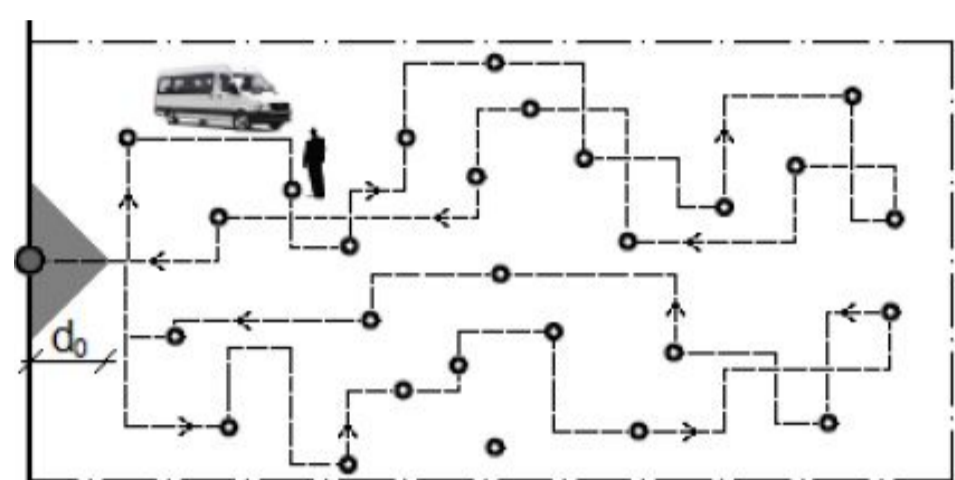


Figure 1 : schéma du cycle d'un véhicule DRT [1].

- Distribution **équitable** de l'accessibilité
- **Optimisation** de l'affectation des véhicules DRT (Figure 2)

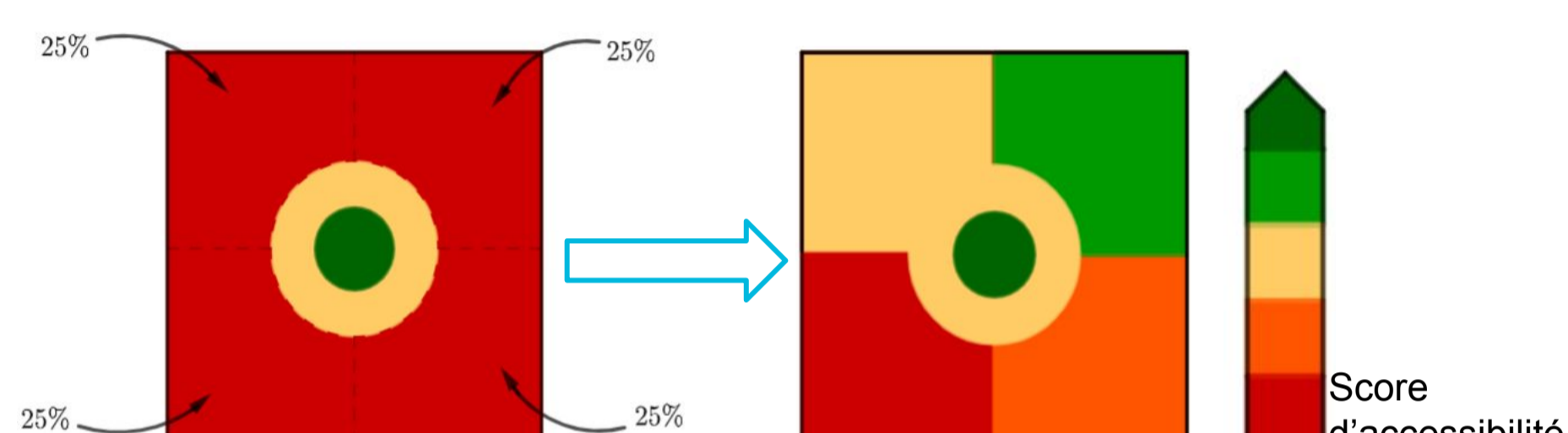
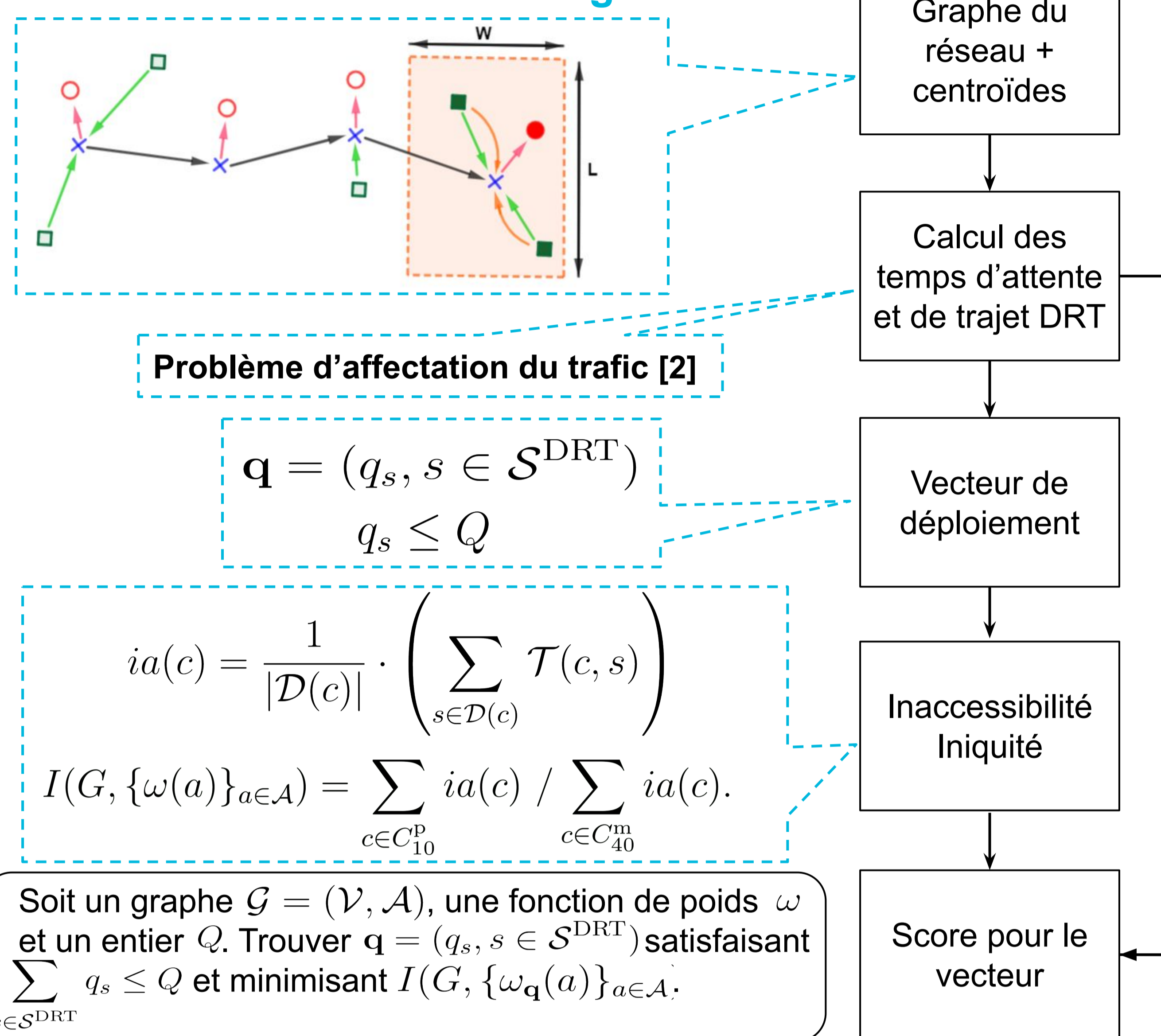


Figure 2 : Illustration de l'impact du déploiement de véhicules DRT sur l'accessibilité.

Méthodologie



Qu'est-ce que Neo4j ?

- Base de données orientée graphe
- Visualiser un ensemble de données interconnectées
- Graphe dirigé composé de nœuds et d'arcs
- Modèle dynamique : modification du graphe possible via des requêtes en langage Cypher
- Contient des algorithmes de graphe permettant d'effectuer des calculs en un temps raisonnable

Neo4j

Requête pour récupérer la durée d'un plus court chemin :

```
MATCH (s:Centroid), (t:Stop)
WHERE s.centroid_id = 0 AND t.stop_id = 124
CALL gds.shortestPath.dijkstra.stream('graph',
{sourceNode : id(s), targetNode : id(t),
relationshipWeightProperty : 'inter_time'})
YIELD sourceNode, targetNode, totalCost,
nodels, path
RETURN totalCost
```

Graphe :

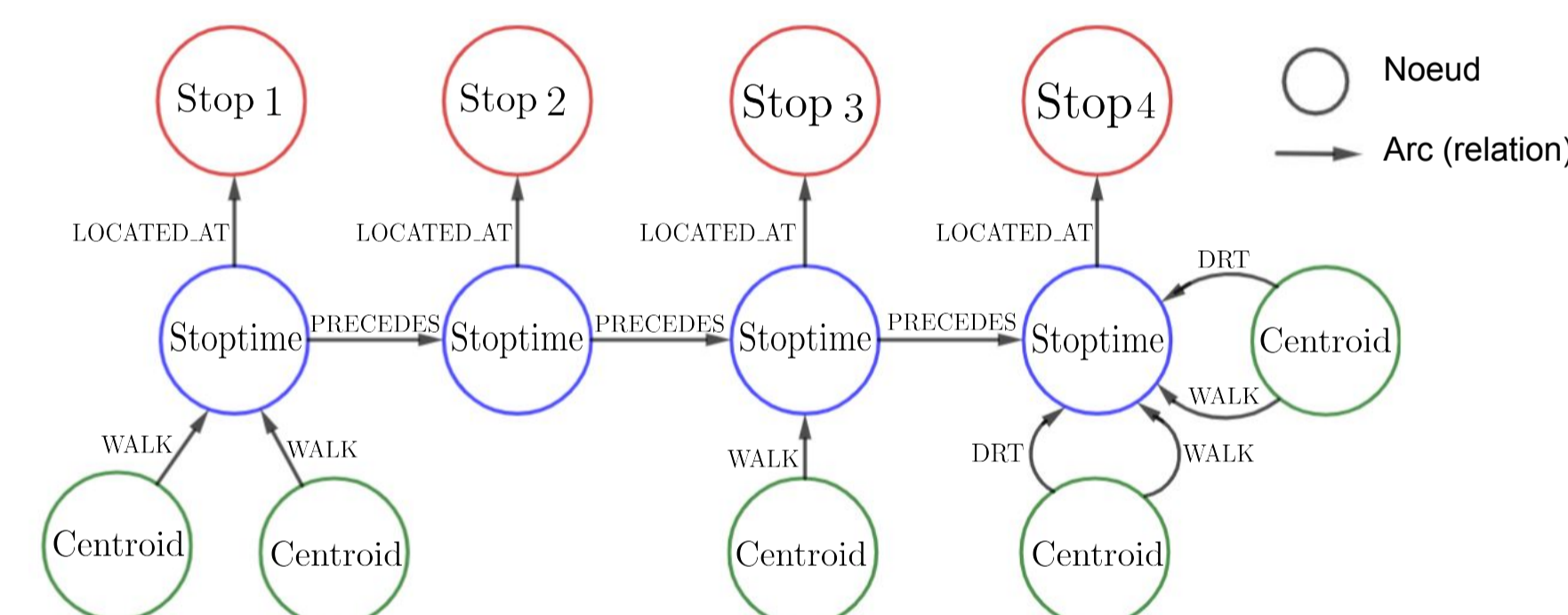


Figure 3 : Schéma du graphe sur Neo4j de notre modèle du système de transport combiné.

Toute l'information est stockée dans un multi-graphe dirigé composé de nœuds et d'arcs attributaires. Le graphe final contient alors seulement 3 types de nœuds et 5 types de relations différents.

Les données

Le graphe du réseau de transport :

Format GTFS utilisé pour l'échange de données de transport.

Toutes les informations sur un réseau de transport sont réunies dans plusieurs fichiers texte.

Les liens entre les données s'identifient parmi les champs des tables (cf. Figure 4).

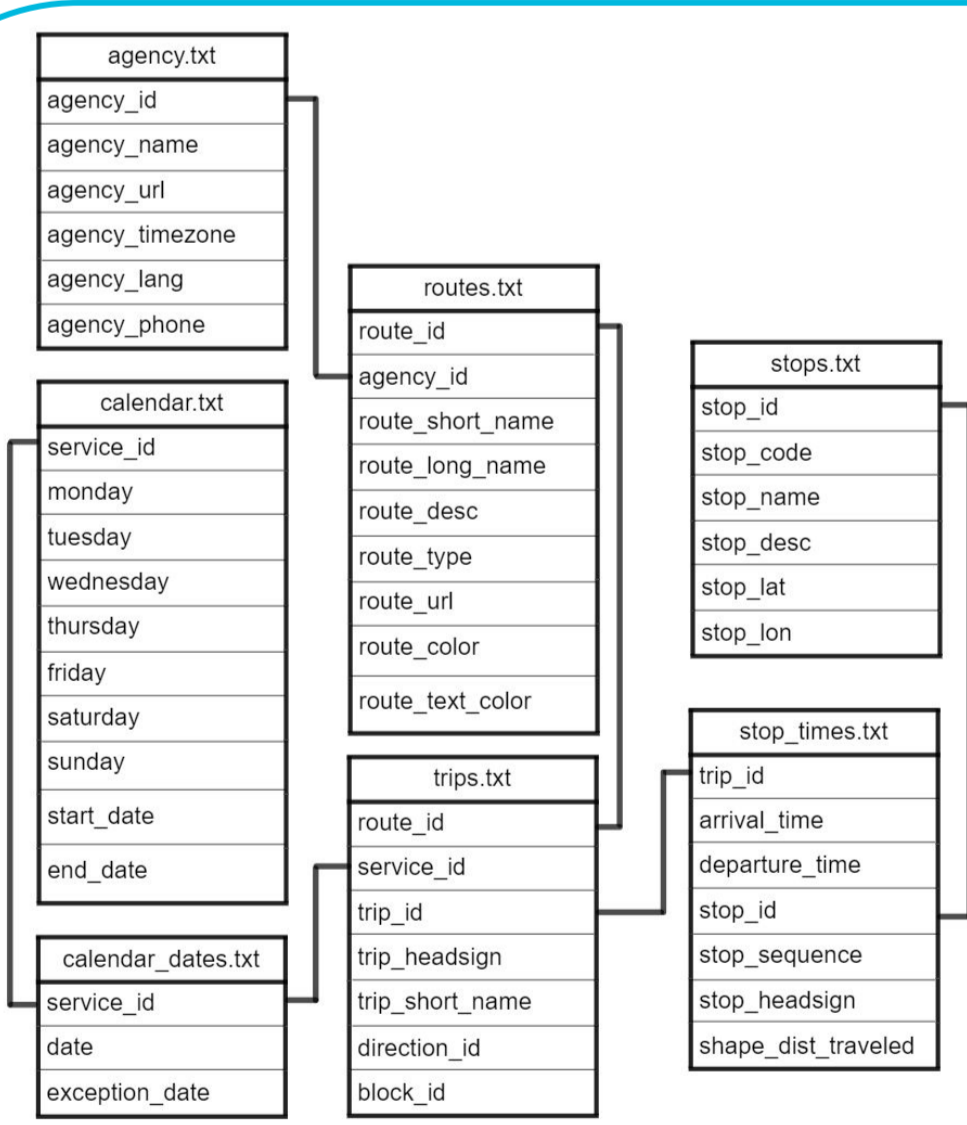


Figure 4 : schéma des fichiers GTFS sous forme de tables.

Centroïdes :

- Positions de départ des usagers
- Pavage d'une zone urbaine
- Propriété : horaire de départ
- Centre d'un pavé = 1 centroïde

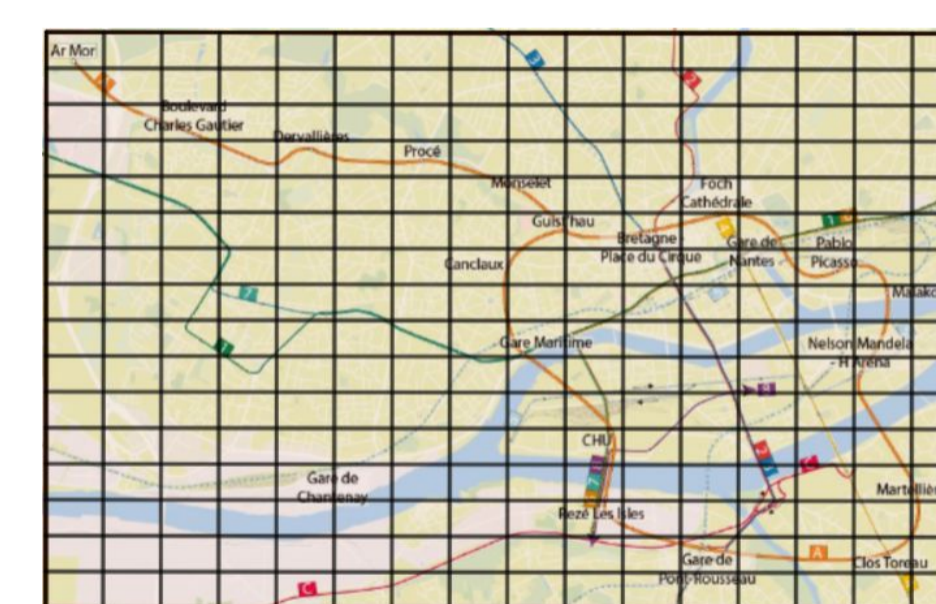


Figure 5 : Pavage du réseau tan de Nantes.

Résultats préliminaires

- Application sur le réseau Cara'bus de Royan
- 20 stations bénéficiant du service DRT
- Calcul des accessibilités sur le graphe sans service DRT puis avec service DRT

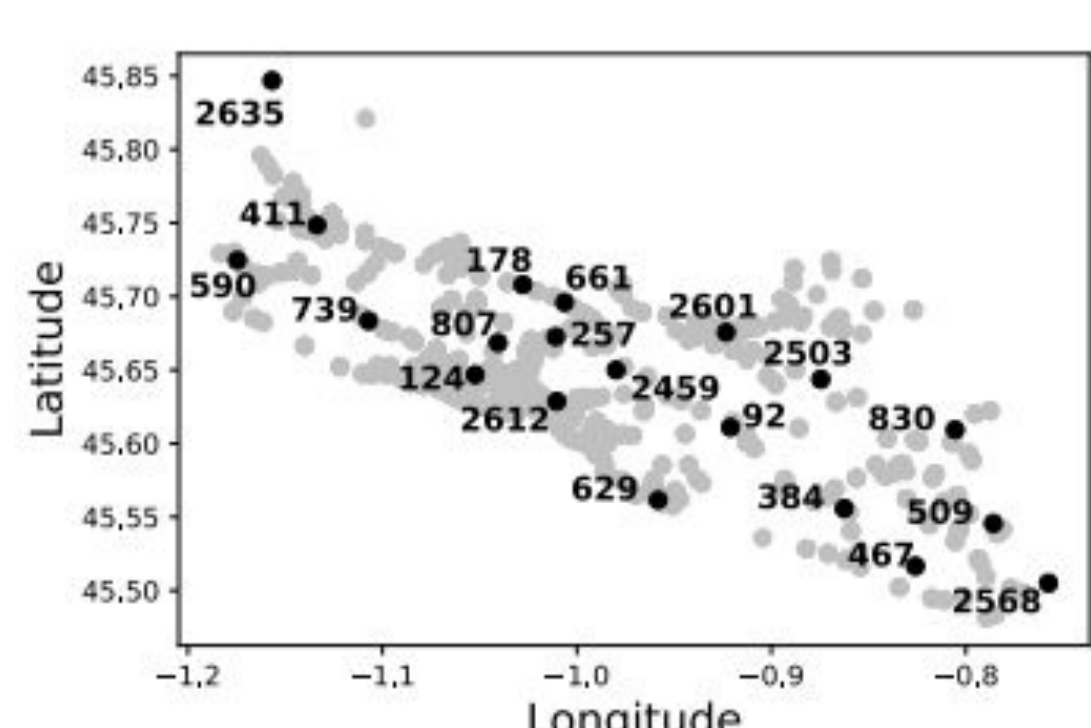


Figure 6 : Position des stations (gris = station, noir = station DRT).

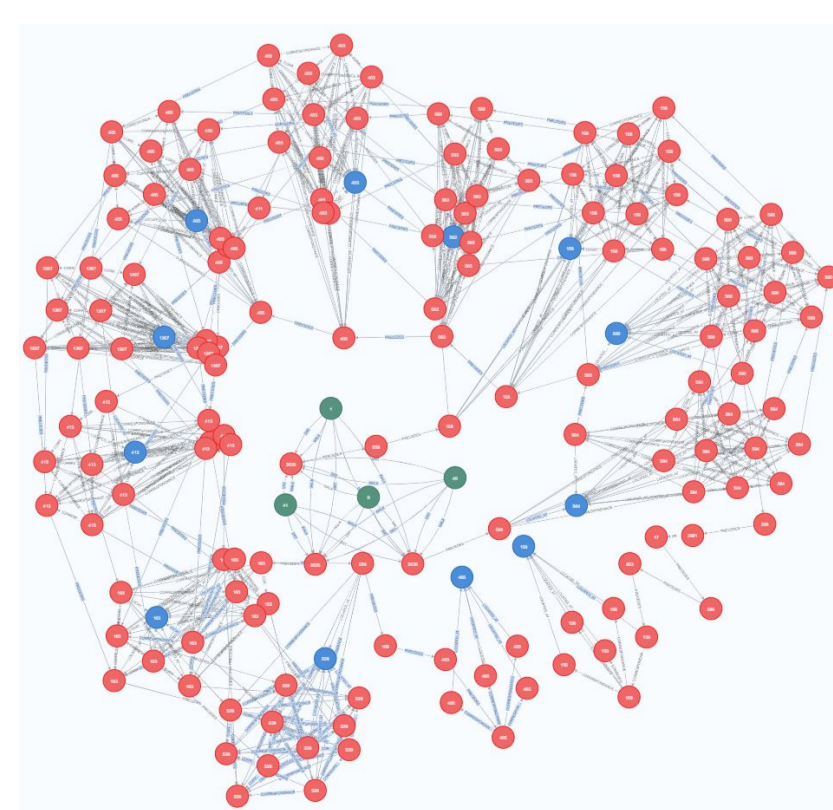


Figure 7 : Aperçu du graphe Neo4j du réseau combiné dans Royan.

Commentaires :

- Amélioration dans certaines zones
- Importance de l'affectation des véhicules

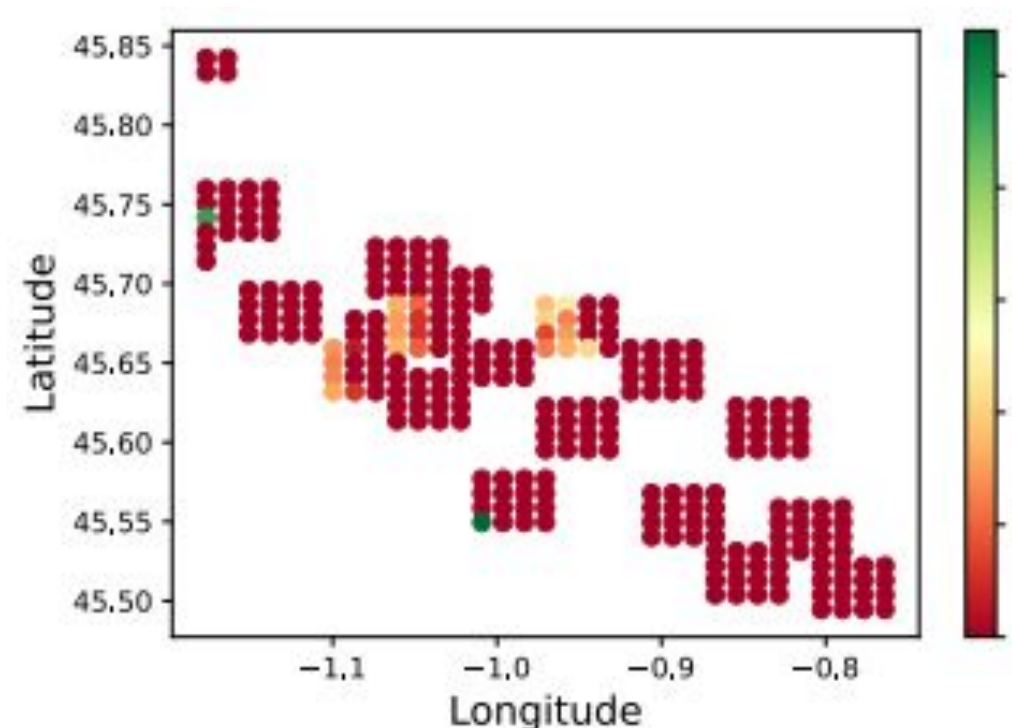


Figure 8 : Amélioration de l'accessibilité des centroïdes situés dans une zone DRT.

Perspectives

- Ajouter des destinations d'intérêt réelles dans le graphe (écoles, commerces, etc.)
- Améliorer la modélisation du service DRT
- Appliquer notre approche à d'autres réseaux de tailles différentes afin d'évaluer son comportement, ses limites

Références

- [1] L. Quadrioglio and X. Li, "A methodology to derive the critical demand density for designing and operating feeder transit services".
[2] A. Badeanlou *et al.*, "Assessing transportation accessibility equity via open data".

Contact :

cathia.lehasif@gmail.com

dimitri.watel@ensiie.fr

stefania.dumbrava@ensiie.fr

araldo@imtbs-tsp.eu

Large-Scale Allocation of Personalized Incentives

Partner Institution

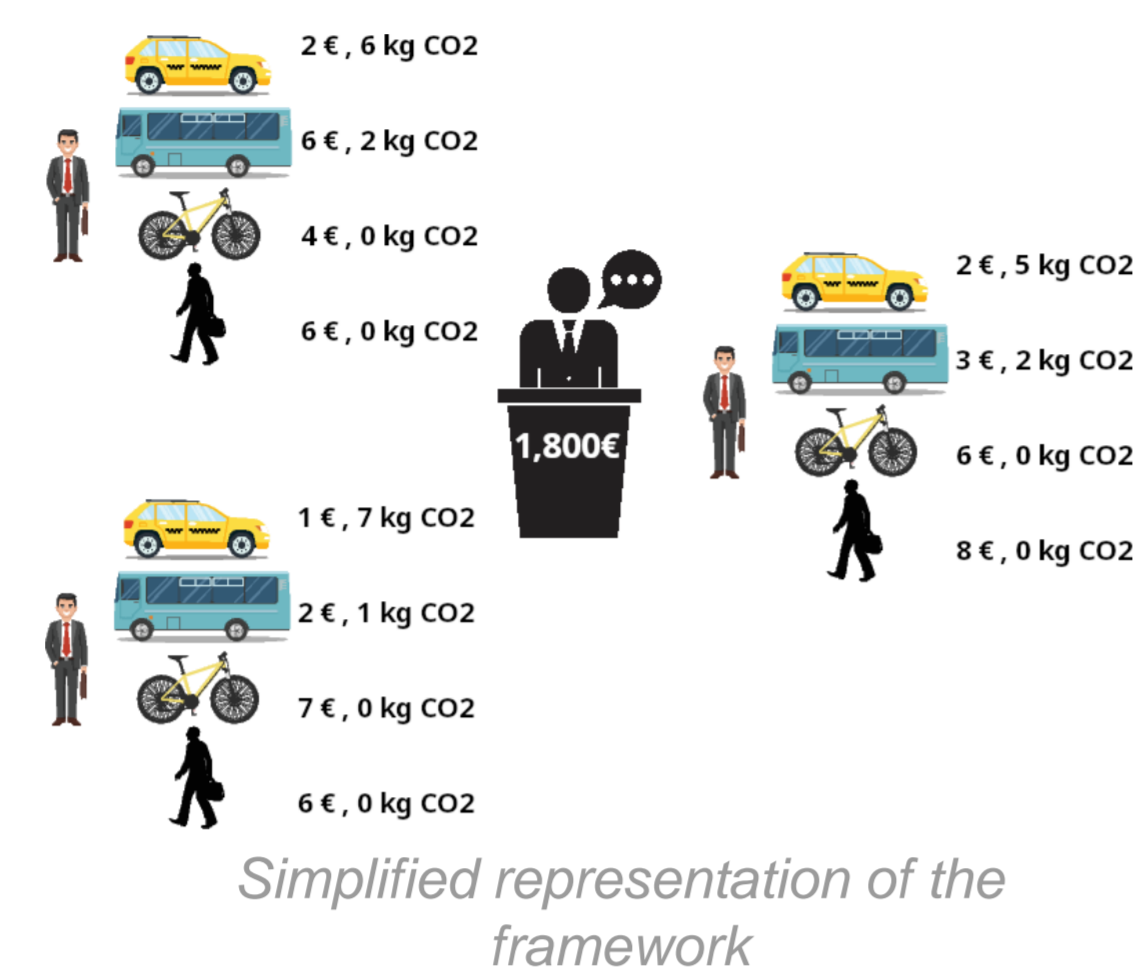


Authors

Lucas Javaudin
Andrea Araldo
André de Palma

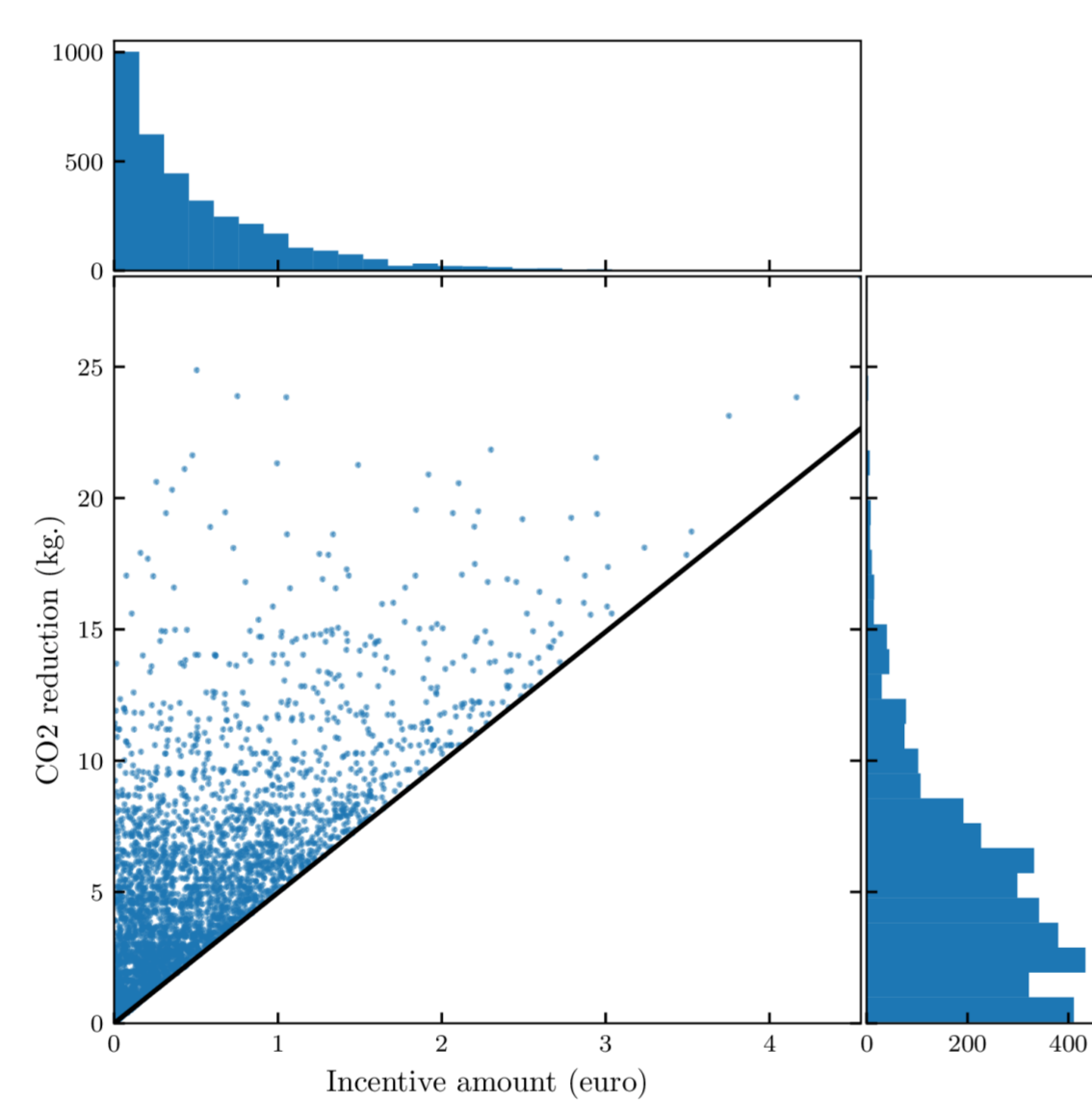
Conference paper

Javaudin, Lucas, et al. "Large-scale allocation of personalized incentives." 2022 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC). IEEE, 2022.



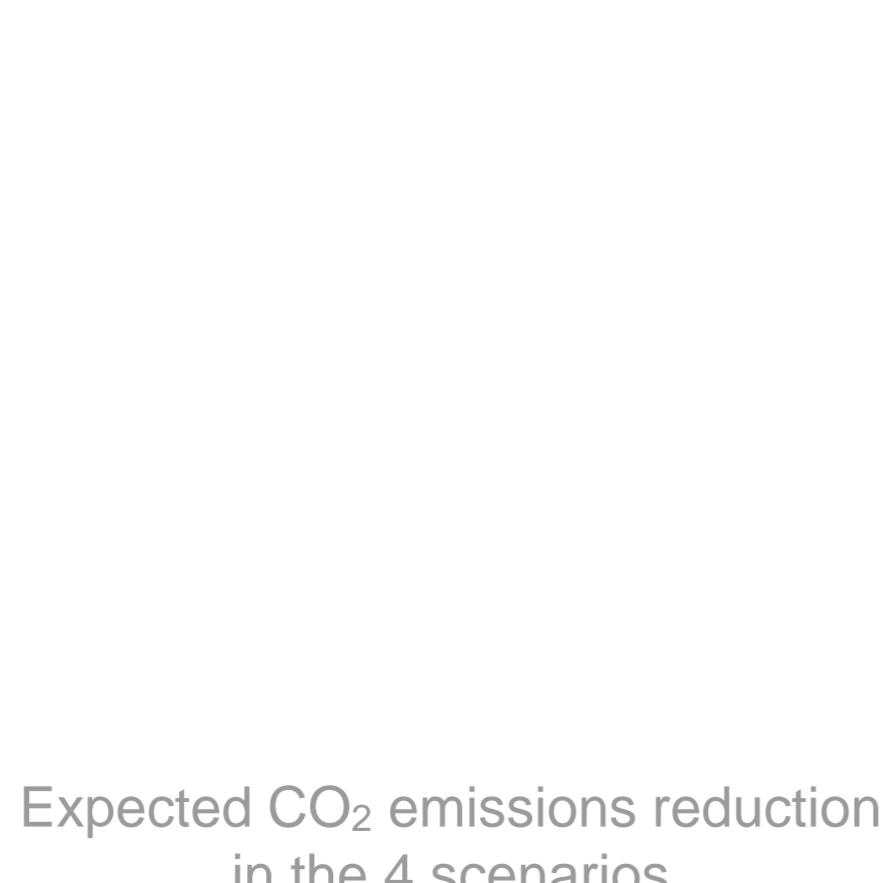
$$\begin{aligned}
 & \text{Min. over all incentive allocations} \\
 & \min_{y \in \mathcal{Y}} \sum_i \sum_j \pi_{i,j}(y) \cdot b_{i,j} \\
 \text{s.t.} & \sum_i \sum_j \pi_{i,j}(y) \cdot y_{i,j} \leq Q \\
 & y_{i,j} \geq 0, \forall i, j
 \end{aligned}$$

Optimization problem of the regulator



	car	public transit	walking	cycling	motorcycle	total
car	55.839%	1.163%	0.099%	0.128%	0.097%	57.326%
public transit	0.005%	27.29%	0.037%	0.032%	0.005%	27.368%
walking	0%	0%	9.481%	0%	0%	9.481%
cycling	0%	0%	0%	4.339%	0%	4.339%
motorcycle	0%	0.005%	0.001%	0.001%	1.479%	1.486%
total	55.843%	28.458%	9.618%	4.5%	1.581%	100%

Evolution of modes shares before and after the policy (Scenario 3)



Definitions and Framework

Personalized-Incentive Policy

- ▶ **Topic:** Mode choice for the commute to work of many individuals
- ▶ Each mode of transportation is characterized by an **individual value** (or *utility*) and a level of **CO₂ emissions**
- ▶ A **regulator proposes incentives** to induce individual to switch to another transportation mode
- ▶ **Goal of the regulator:** Minimize CO₂ emissions, subject to the **budget constraint**
- ▶ **Assumptions:** Fixed congestion; independent CO₂ emissions

Solution under Perfect Information

Multiple-Choice Knapsack Problem and Greedy Algorithm

- ▶ **Perfect information:** The regulator knows exactly the individual values for each mode of each commuter
- ▶ The regulator optimization problem reduces to a **multiple-choice knapsack problem**
- ▶ A near-optimal incentive allocation can be found in polynomial time, using a **greedy algorithm** from Kellerer et al. (2004)
- ▶ **Properties:** Anytime algorithm, diminishing returns on budget spent

Solution under Imperfect Information

Choice Probabilities and a Novel Algorithm

- ▶ **Imperfect information:** The regulator knows the distribution of the individual values
- ▶ A **novel polynomial-time algorithm** can be used to find a near-optimal incentive allocation
- ▶ The algorithm uses **acceptance probabilities** (probability that the individual accepts the incentive)

Large-Scale Application

Mode Choice in Lyon Metropolitan Area

- ▶ Over **200 thousands individuals** and over **1 million alternatives**
- ▶ **5 modes of transportation:** car, public transit, walking, cycling and motorcycle
- ▶ **Four scenarios:**
 1. imperfect information with default unobserved,
 2. imperfect information with default observed,
 3. perfect information,
 4. proportional subsidy
- ▶ With a **daily budget of 25k euros**, CO₂ emissions can be reduced by **25 tons** (scenario 1), **50 tons** (scenario 2), **67 tons** (scenario 3) or **15 tons** (scenario 4)
- ▶ The **average incentive amount** is 3.99 euros in scenario 1, 1.56 euros in scenario 2 and 1.92 euros in scenario 3
- ▶ The **mode share of car** decreases from 57.3 % to 57.1 % (scenario 1), 52.6 % (scenario 2) or 51.8 % (scenario 3)

Les données de mobilité : de la collecte à l'analyse

Outils pour la conception de lignes et l'attribution de fréquences dans le cadre de l'optimisation d'un réseau de bus

Problématique

Volonté de l'entreprise Lumiplan : Compléter au niveau stratégique le logiciel Heurès actuellement proposé par Lumiplan et axé sur les étapes de graphicage et habillage

Au niveau stratégique, les besoins concernent le design des lignes (phase 1) et la détermination des fréquences de ces lignes (phase 2)

Résolution : Méthode en deux phases (phase 1 et phase 2)

Parties prenantes



Auteurs

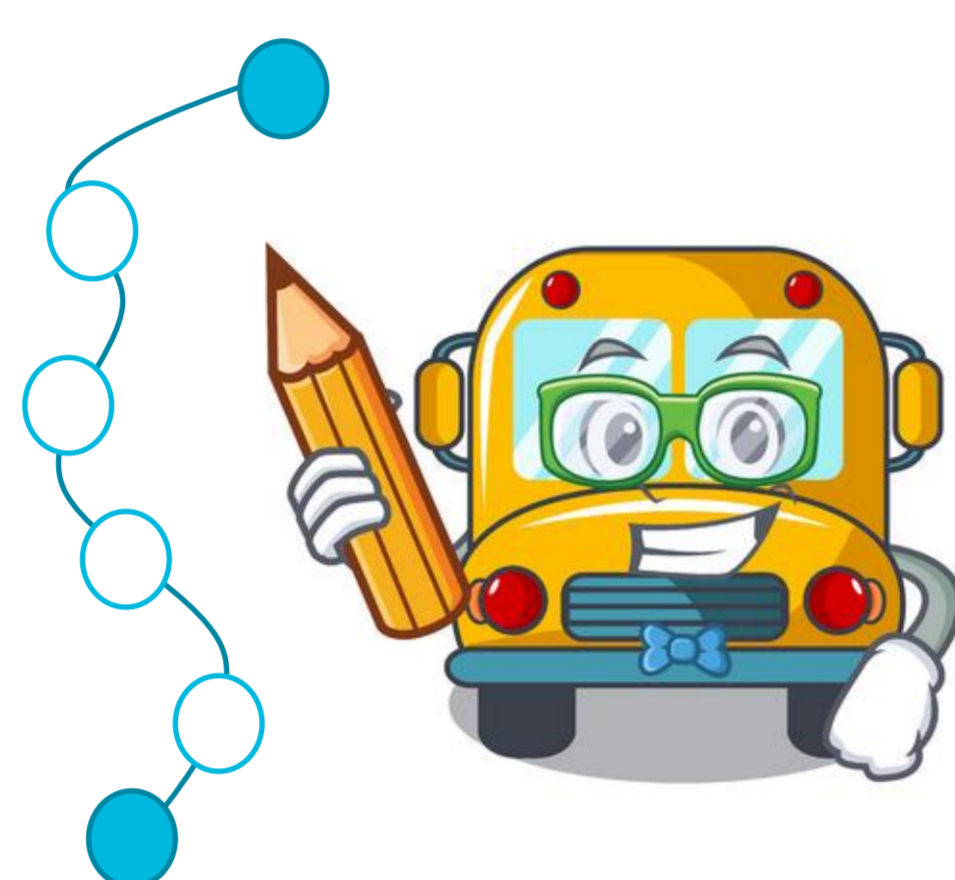
Hector GATT
Docteurant

Jean-Marie FRECHE
Directeur technique Lumiplan

Arnaud LAURENT
Co-encadrant de thèse

Fabien LEHUEDE
Directeur de thèse

Thomas YEUNG
Co-encadrant de thèse



Phase 1 : Design des lignes

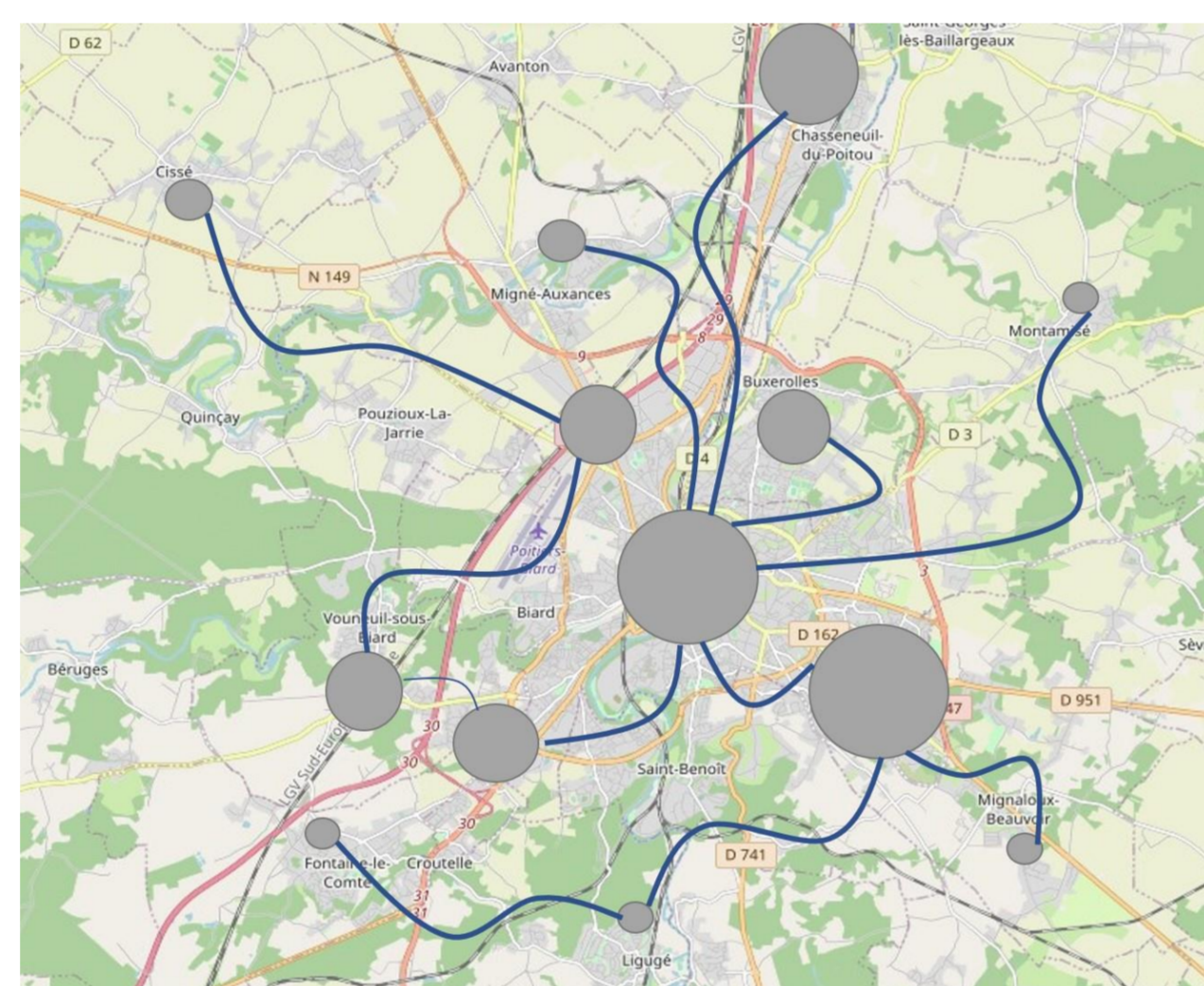
Problème : Définir un ensemble de lignes à exploiter satisfaisant un ensemble de demandes voyageurs origine/destination

Contribution : Minimisation des coûts d'exploitation estimés et introduction de paramètres de qualité de service pour prendre en compte la satisfaction des voyageurs

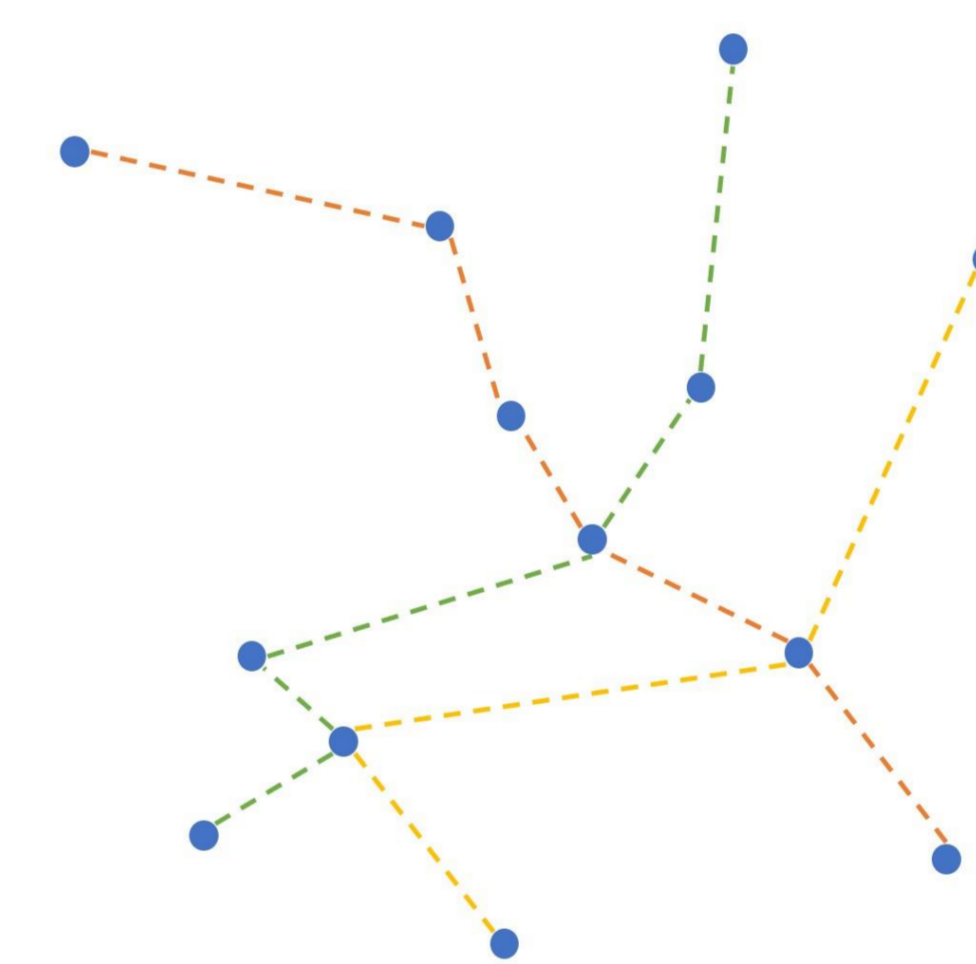
Méthode : Basée sur deux étapes

1. Etape de génération de colonnes afin de générer simultanément chemins de voyageurs et lignes de bus.
2. Etape d'énumération de colonnes avec bornes sup et inf trouvées pour renforcer l'ensemble des lignes de bus et de chemins de voyageurs générés.

Demandes des voyageurs



Tracé des lignes



Diminution potentielle de 17% des coûts d'exploitation estimés pour le cas d'étude de Poitiers

Phase 2 : Détermination des fréquences

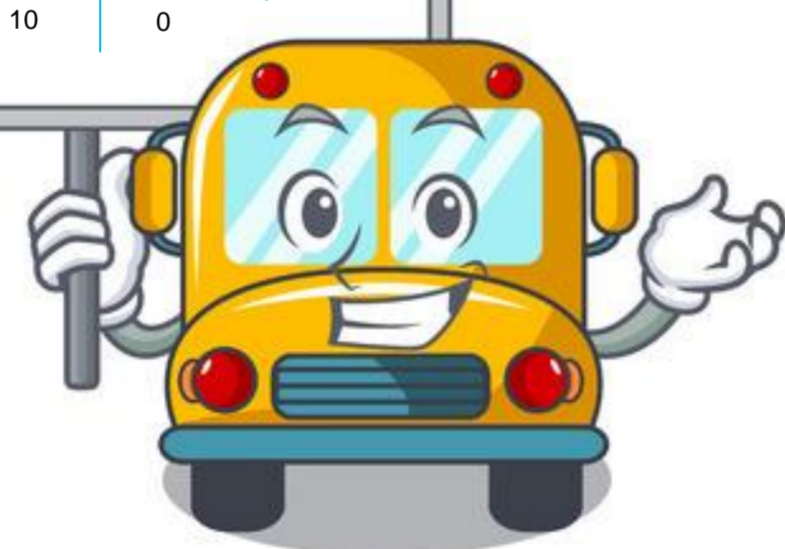
Problème : Déterminer les fréquences horaires de chaque ligne pour chaque période horaire en prenant en compte le choix de chemin fait par les passagers

Contribution : Minimisation des coûts d'exploitation estimés et intégration d'une contrainte de plus court chemin pour les passagers, dépendante des temps d'attente et donc des fréquences des lignes.

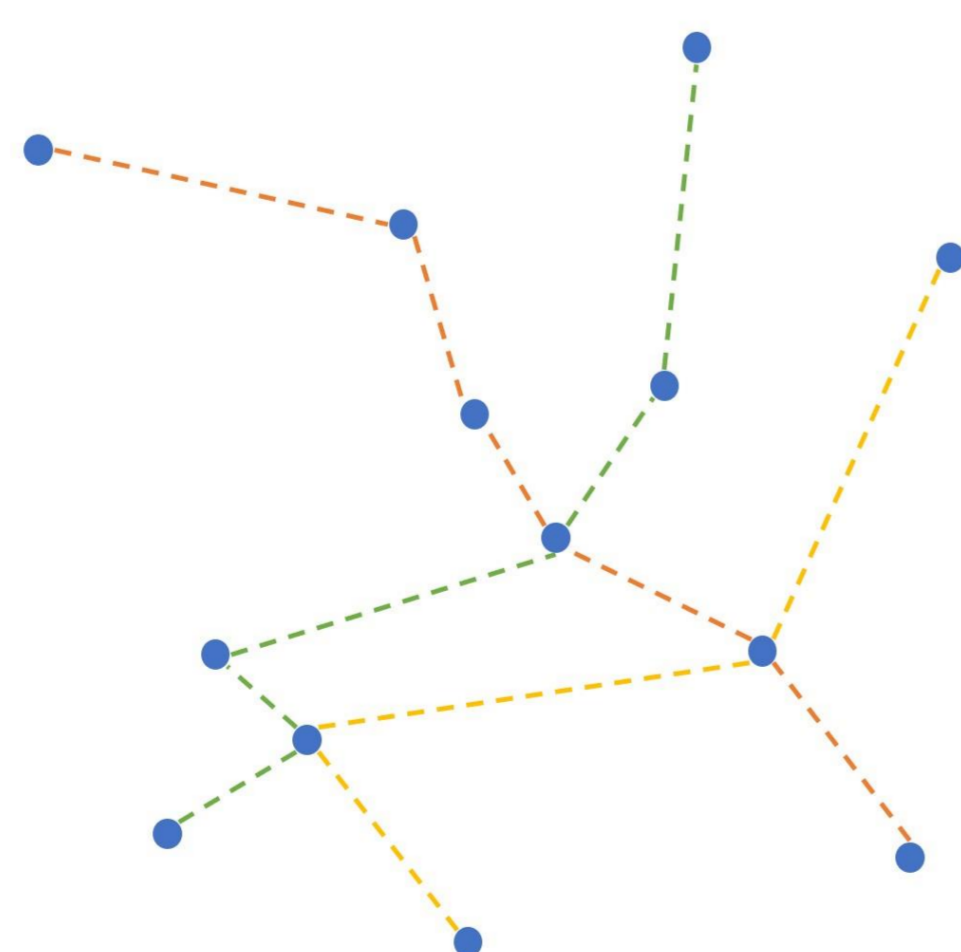
Méthode : Basée sur trois étapes

1. Détermination d'un ensemble Ω de chemins empruntables
2. Recherche d'une solution réalisable avec un sous-ensemble des chemins de Ω
3. Amélioration de cette solution en y intégrant d'autres chemins issus de Ω

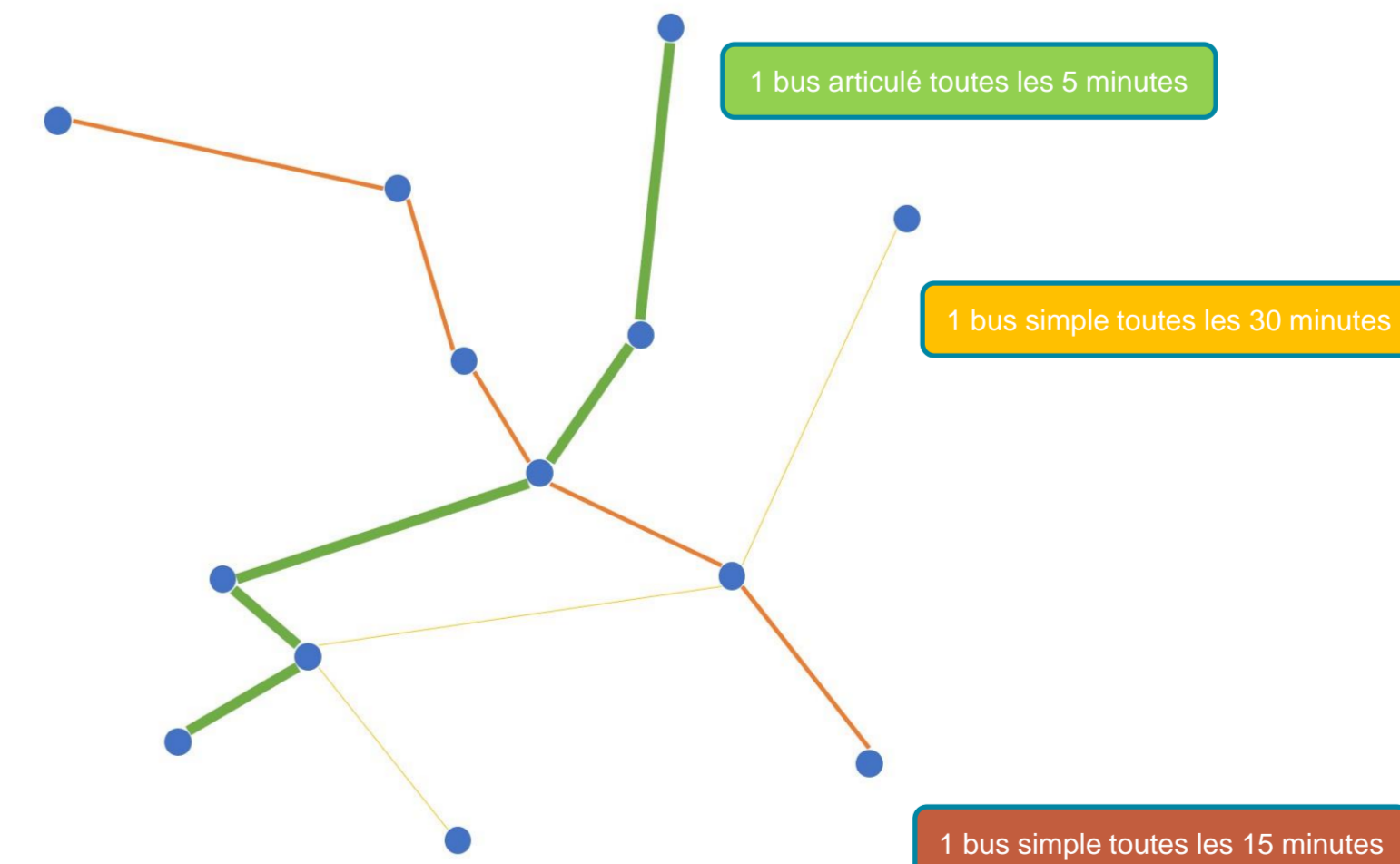
	Bus simple	Bus articulé
Ligne 1	0	10
Ligne 2	0	5
Ligne 3	10	0



Tracé des lignes



Fréquences des lignes

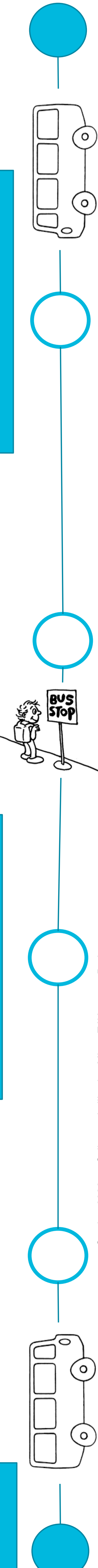


Conclusions et perspectives

Proposition de processus de résolution des problèmes de design des lignes et d'attribution de fréquences

Résultats prometteurs sur les instances de la littérature et sur le cas d'étude de Poitiers

Entamer la transition entre nos processus et le logiciel Heurès proposé par Lumiplan



Contexte : l'intermodalité comme réponse aux problèmes de mobilité actuels

- ▶ Coût des carburants
- ▶ Pollution
- ▶ Embouteillages



...

Qu'est-ce que l'intermodalité ?

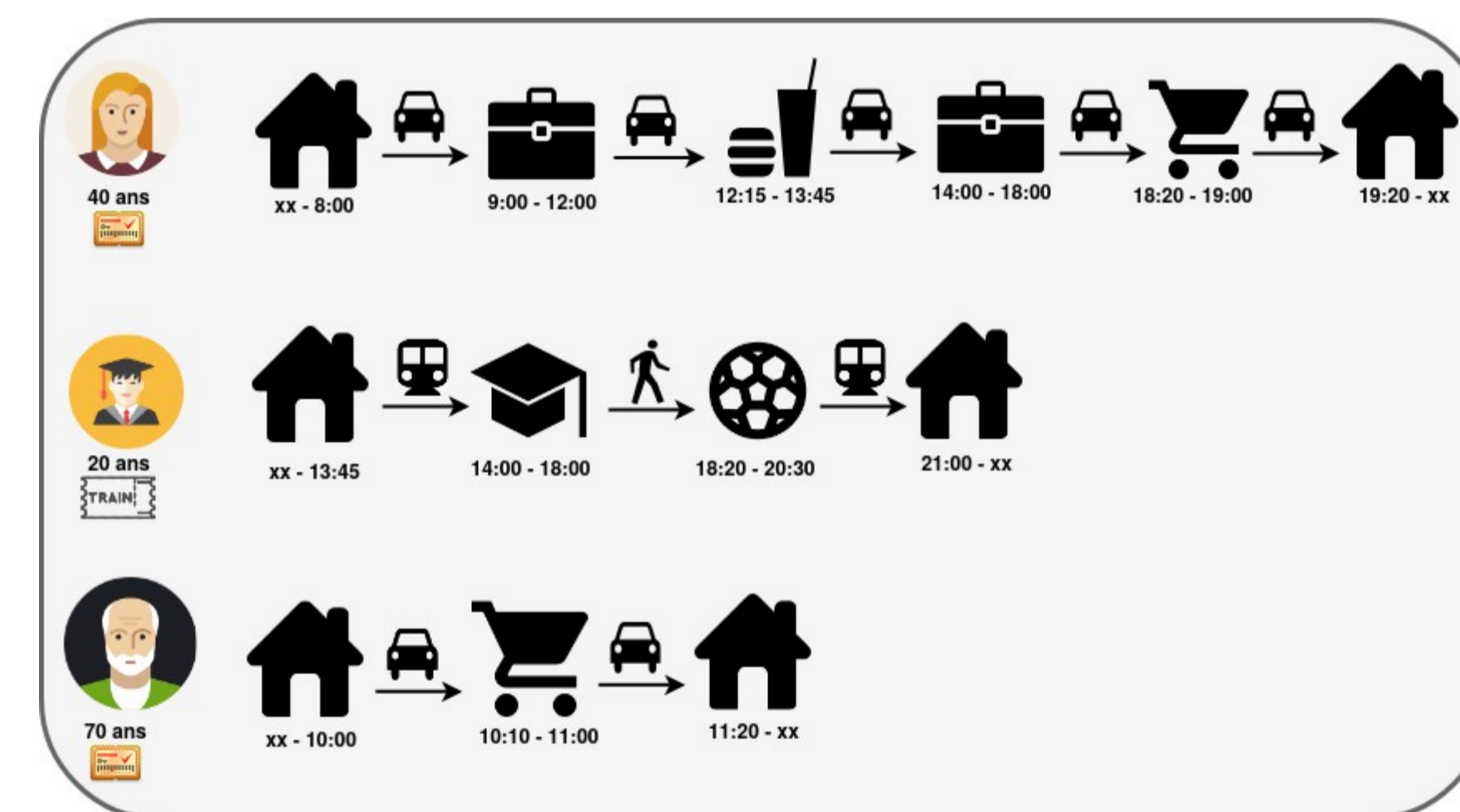
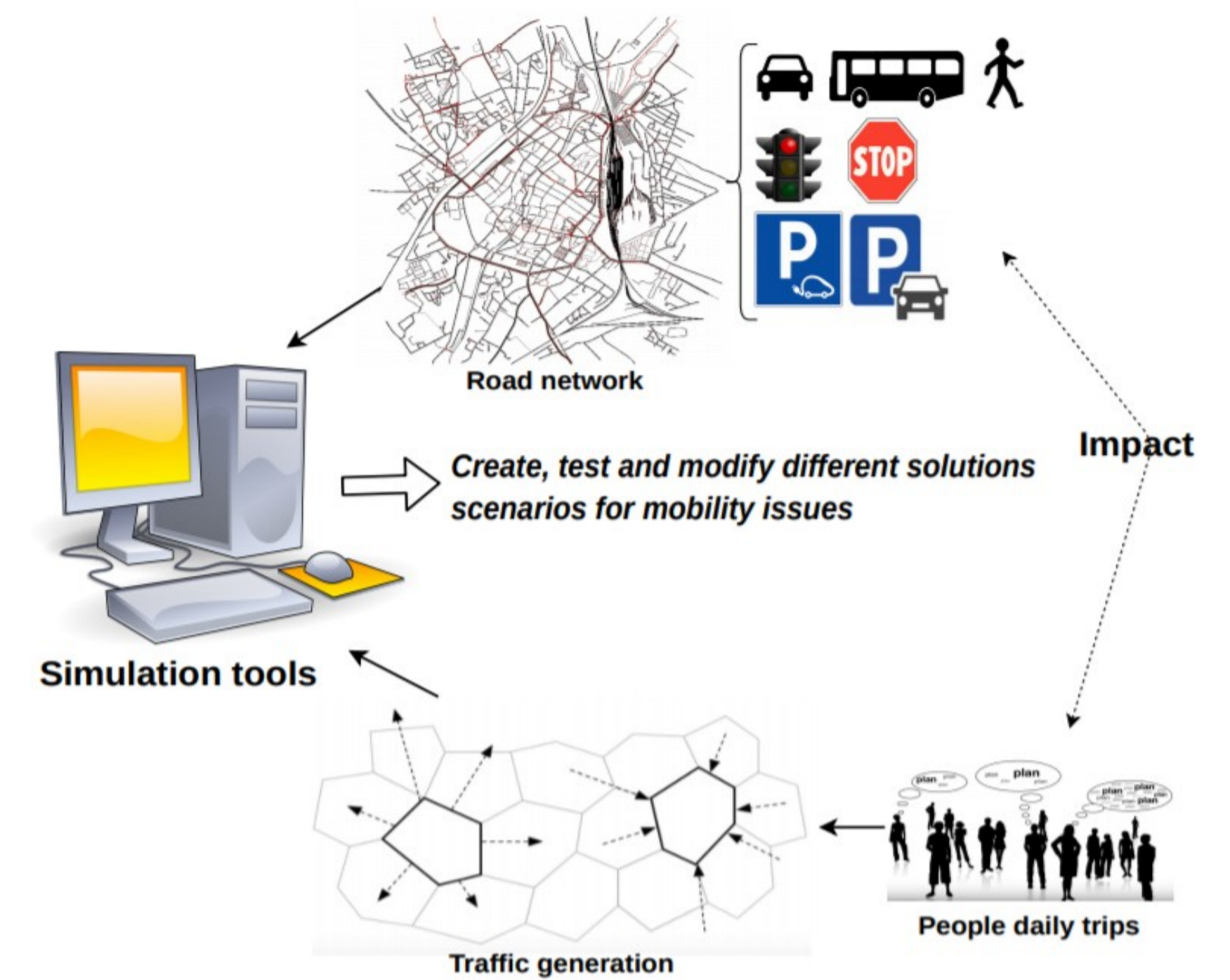
- ▶ Utilisation de 2 (ou plus) modes de transport sur un trajet
- ▶ Exemples d'intermodalité possibles :



Comment simuler des politiques territoriales d'intermodalité :

- ▶ Approche « Bottom-up » : la performance du système de transport résulte des interactions entre les usagers et l'offre de transport
- ▶ Simulation multi-agents :

- chaque usager (piéton, cycliste, automobiliste,...) possède ses propres objectifs et caractéristiques
- chaque usager dispose d'un comportement qui lui est propre dans le choix de ses modalités de déplacement. Ce comportement est modélisé par des fonctions d'utilités à maximiser
- les différents paramètres des agents sont estimés sur la bases de données de mobilités (Enquêtes ménages déplacements données de recensement)



Parties prenantes



IMT Nord Europe
École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille



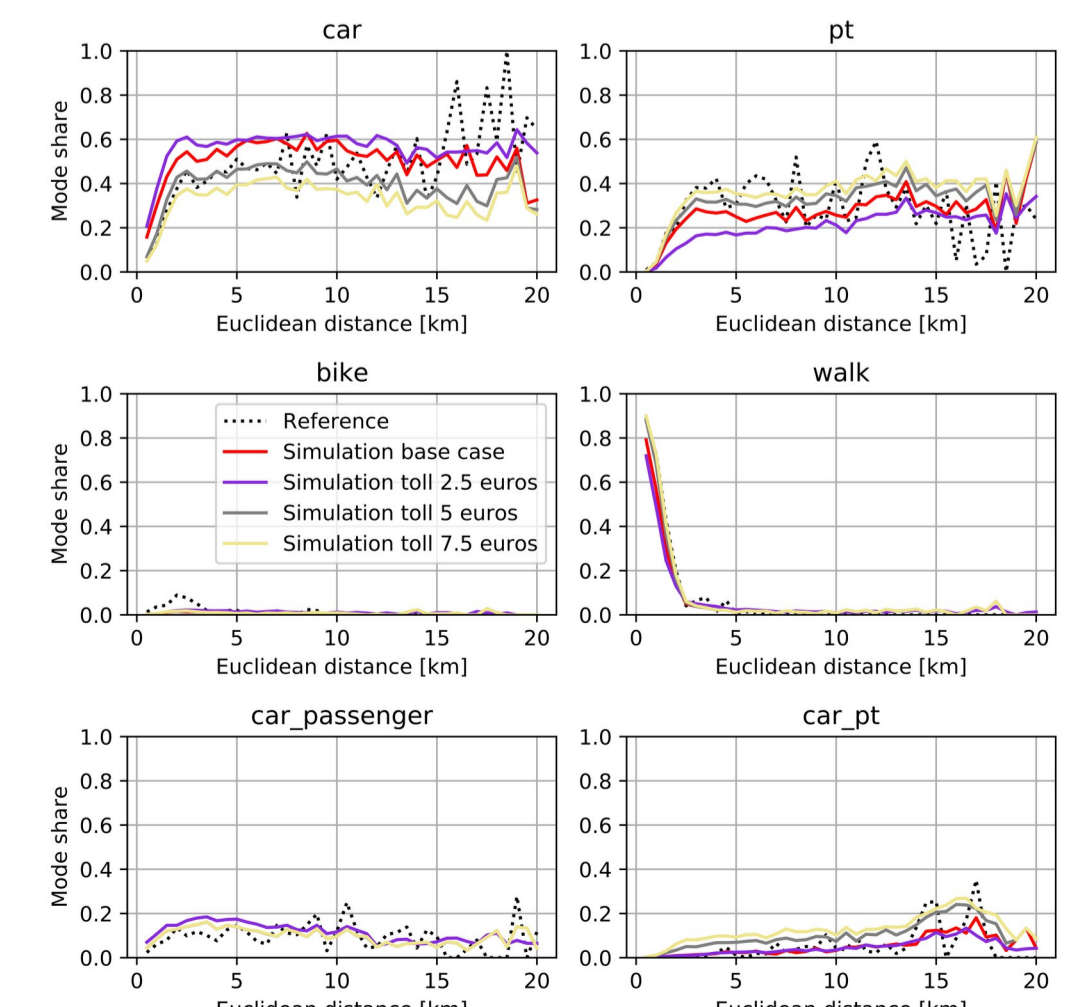
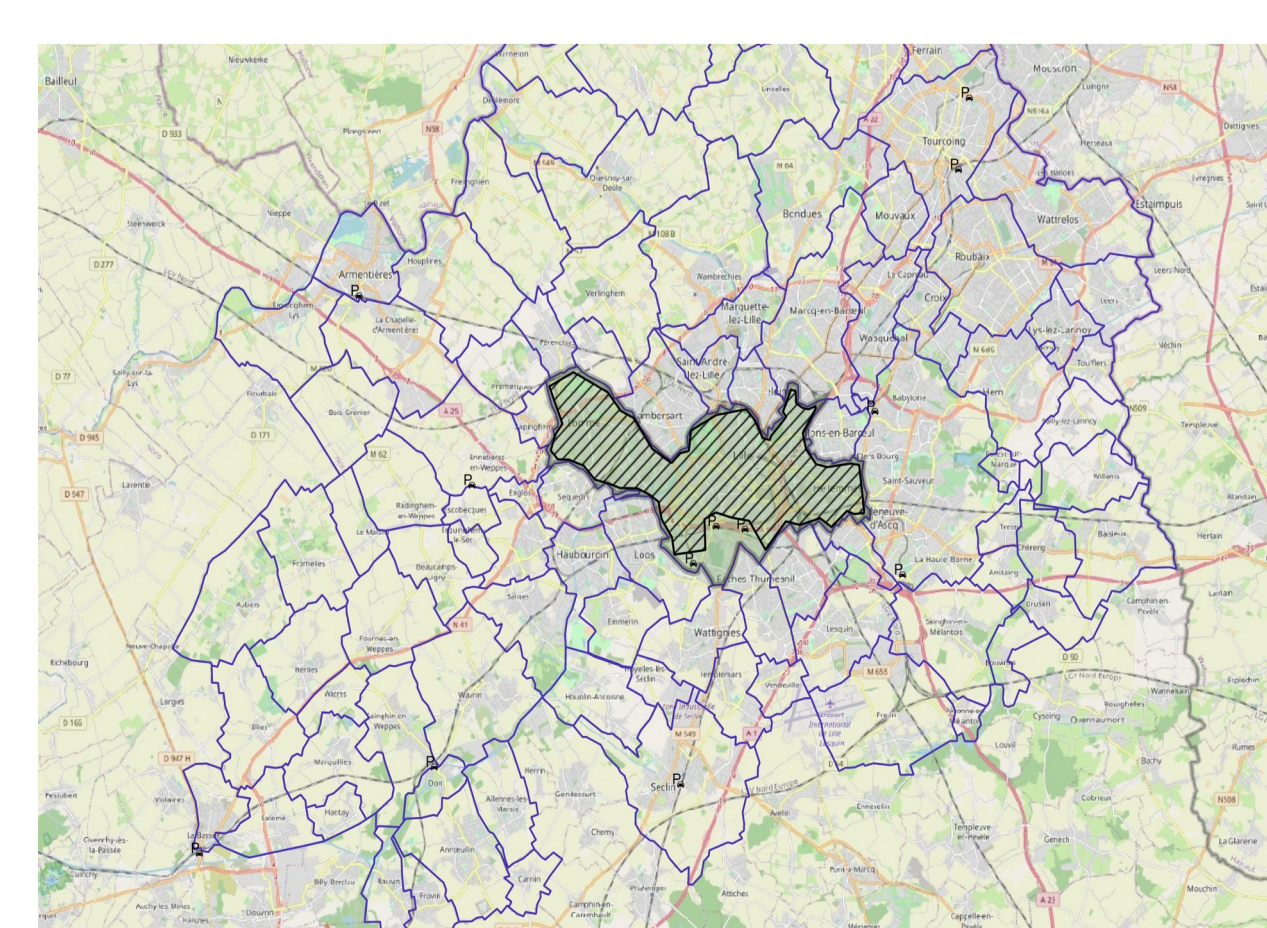
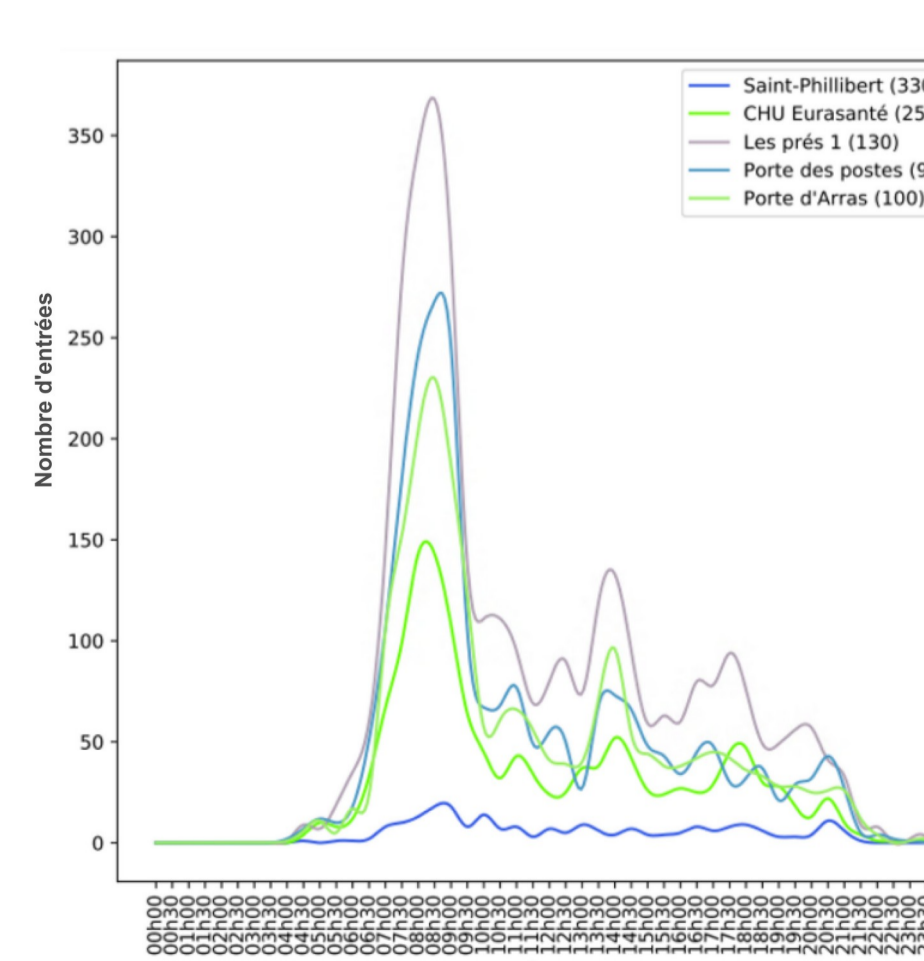
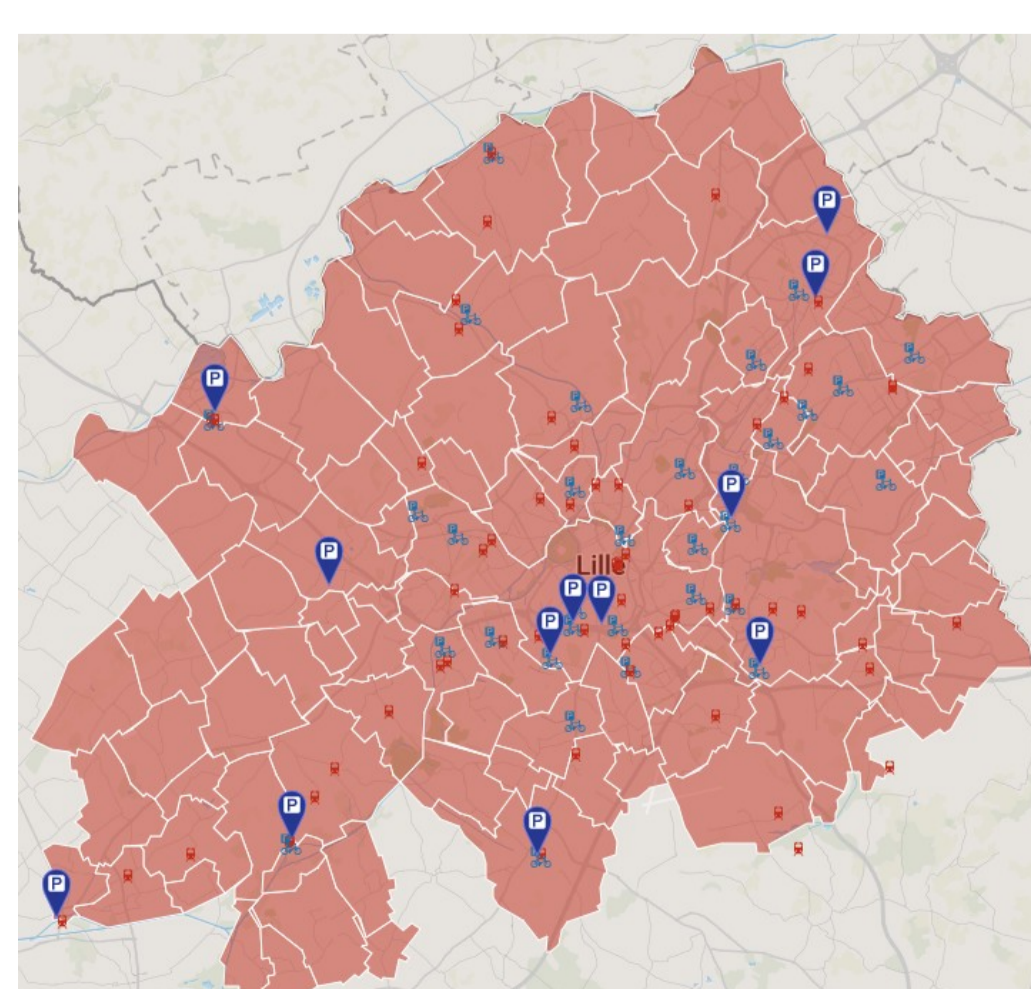
Université Polytechnique
HAUTS-DE-FRANCE

Auteurs

Azise Diallo
Guillaume Lozenguez
René Mandiau

Expérimentations

- ▶ Cas d'étude de la Métropole Européenne de Lille
- ▶ Implémentation sous MATSim
- ▶ Différents scénarios :
 - Usage des parking relais
 - Installation de péages urbains



Support d'aide à l'évaluation et au déploiement de stratégies de mobilité et de logistique urbaine

Parties prenantes



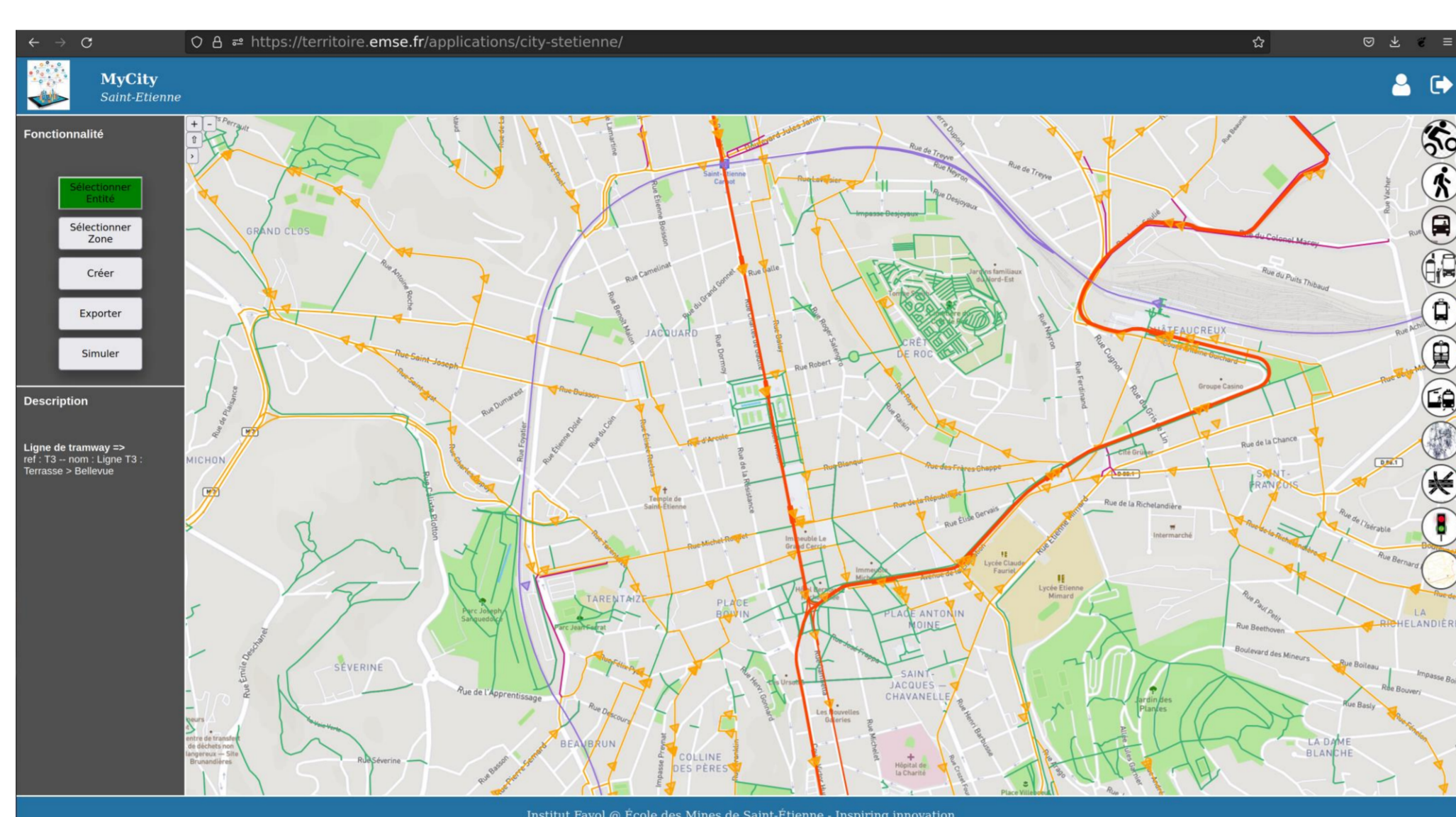
Auteurs

Flavien Balbo
Fabien Badeig

Soutenue par

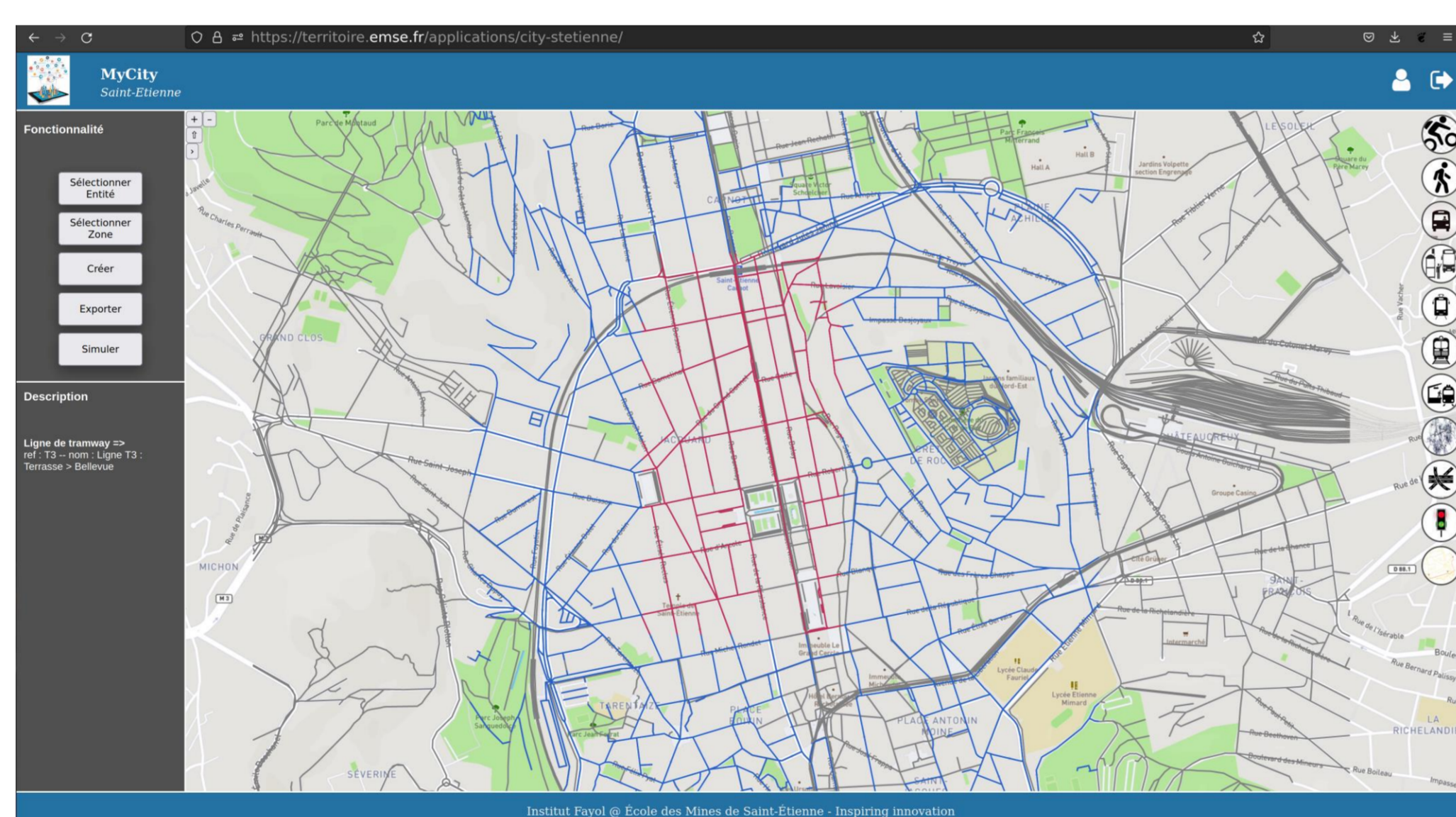


ODDs



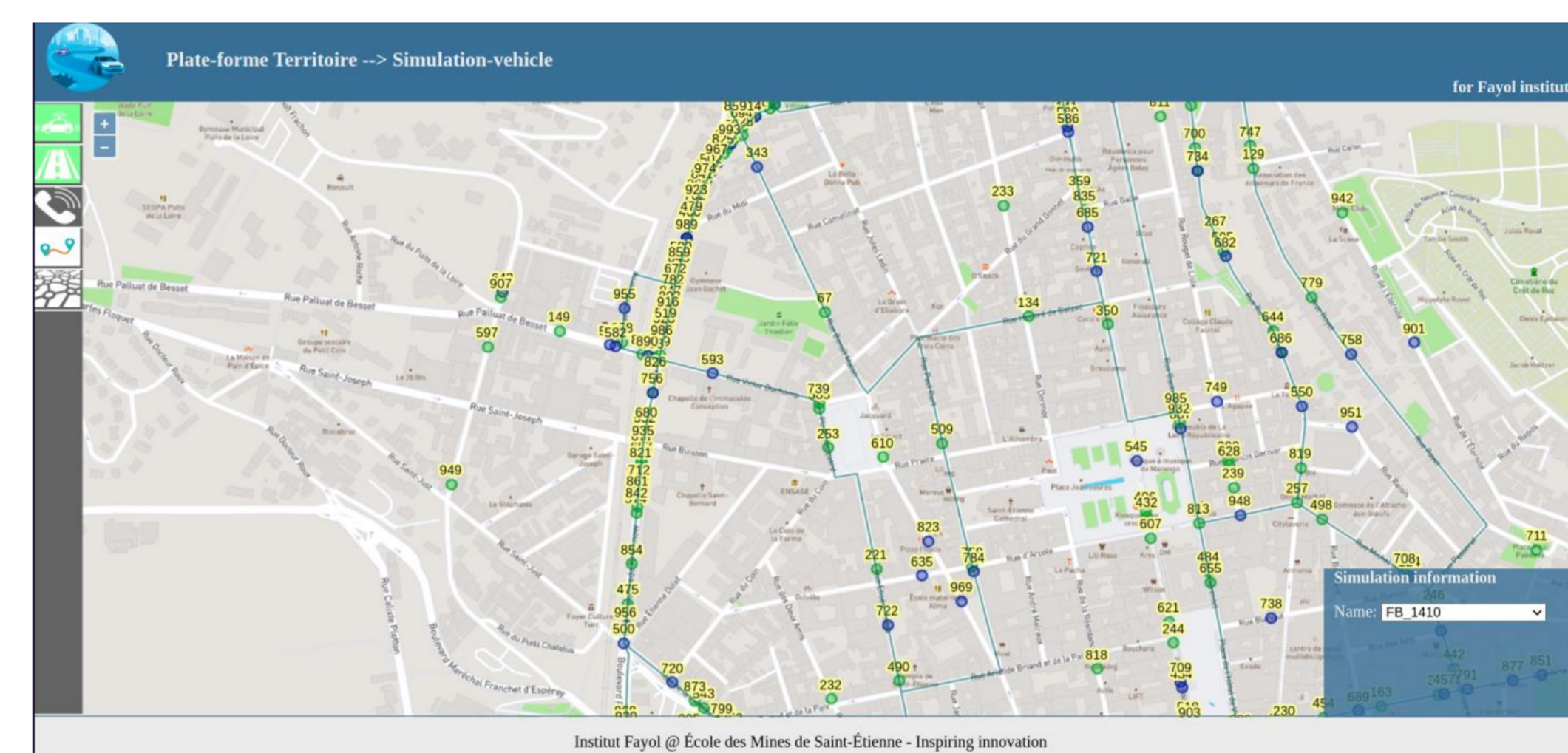
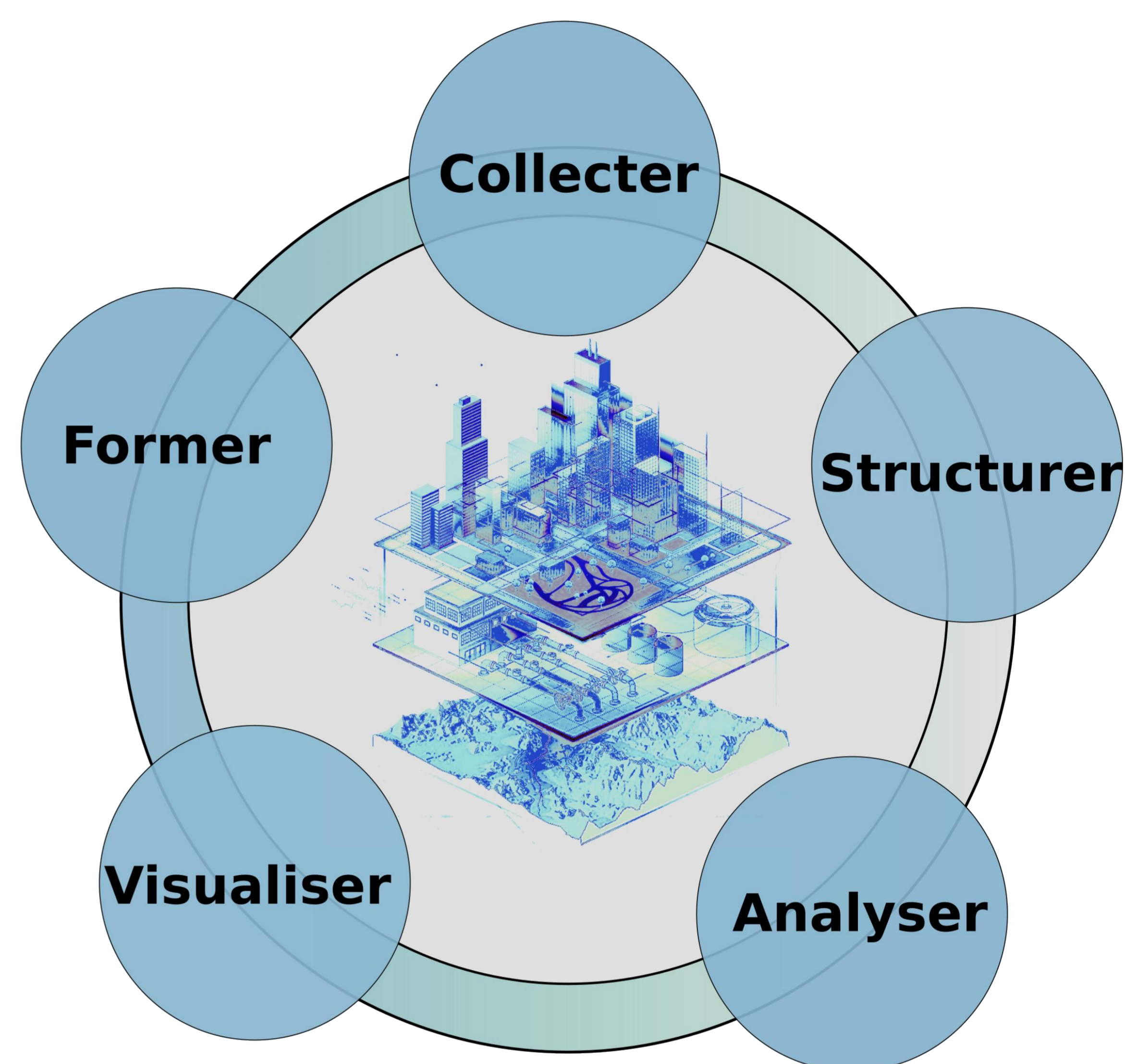
► Construction d'un **observatoire**

Collecte et enrichissement de données, conception de services et d'interfaces pour l'accès aux données.



► Définition de **scénarios**

Manipulation de réseaux, définition de règles d'accès, configuration, indicateurs de satisfaction individuelle et collective.



► Exécution et **évaluation** de scénarios

Simulation multi-agent sur plusieurs jeux de données, algorithmes d'optimisation pour le transport, calcul des indicateurs de performance.

Logistique urbaine Projet ANR ANNONA

► Étudier l'impact d'un centre de distribution urbain (CDU) sur la ville de Saint-Étienne

- [**Observatoire**] Collecter les données des magasins du centre urbain stéphanois.
- [**Observatoire**] Caractériser la demande hebdomadaire de marchandises à livrer.
- [**Scénarios**] Identifier l'emplacement d'un CDU.
- [**Scénarios**] Définir les paramètres du scénario (taille des camions, pourcentage de magasins captés, ...).
- [**Évaluation**] Construire les tournées des camions en fonction des paramètres du scénario.
- [**Évaluation**] Calculer les indicateurs économiques et environnementaux des différentes tournées.

Mobilité Projet ZFE

► Étudier l'impact de zones à faible émission (ZFE) flexibles sur la ville de Saint-Étienne

- [**Observatoire**] Collecter les données des réseaux de mobilités stéphanois (routier, tramway, train, bus, vélo).
- [**Observatoire**] Caractériser les réseaux tramway, train, bus (horaires, accessibilité, ...).
- [**Scénarios**] Créer des zonages dynamiques pour extraire des sous-réseaux.
- [**Scénarios**] Définir des règles de régulation pour les différents sous-réseaux.
- [**Évaluation**] Simuler le déplacement d'utilisateurs avec des contraintes et préférences liées à leurs déplacements.
- [**Évaluation**] Calculer les indicateurs de satisfaction et de congestion.

OPTIMISATION ET APPRENTISSAGE DYNAMIQUE POUR LA REPLANIFICATION DANS UN SYSTÈME FERROVIAIRE DENSE

Hugo BELHOMME

Encadrants :

Stéphane DAUZERE-PERES (MSE)

Mathieu GAGNON (SNCF)

François RAMOND (SNCF)

Laboratoire : Mines Saint-Etienne, Département

Science de la Fabrication et Logistique,

Entreprise : SNCF, Direction Technologie, Innovation et Projets Groupe

Contexte et enjeux

- ✓ En tant que zone dense, le réseau Transilien est sensible aux petites perturbations.
- ✓ Les GTI (Gestionnaires du plan de Transport et de l'Information voyageurs) doivent prendre des décisions pour limiter l'impact de ces perturbations.
- ✓ Pour les y aider, un outil de replanification (1) a été développé lors d'une thèse précédente (Estelle Altazin, 2018).
- ✓ Il s'agit de résoudre un problème de replanification multi-objectif en temps réel.



Amélioration de la prise en compte du caractère multi-objectif

Concept de matrice-dominance :

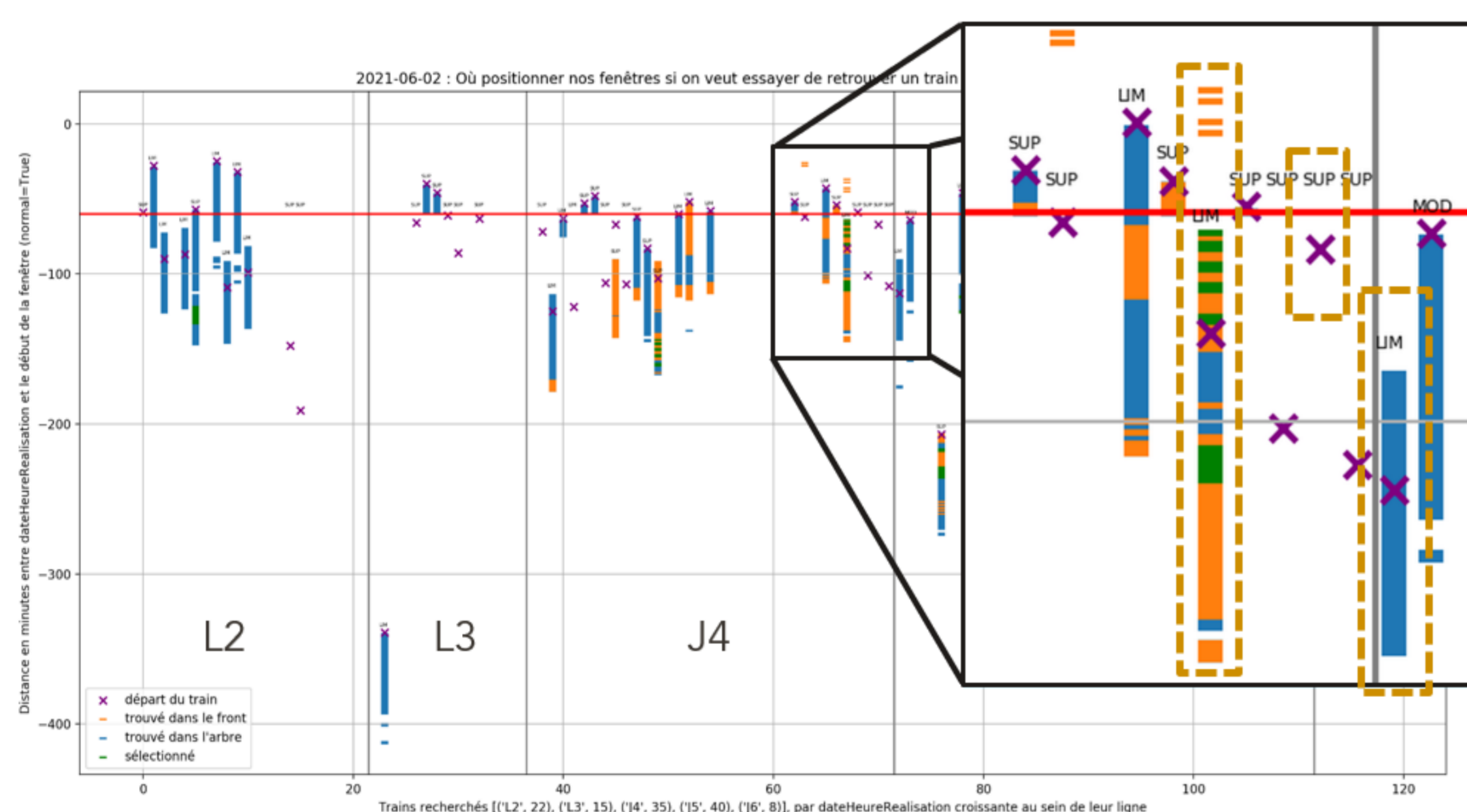
- ✓ Extension de la dominance de Pareto,
- ✓ Basé sur des exigences de gains par type d'action et par objectif,
- ✓ Meilleure maîtrise de la calibration,
- ✓ Plus grande finesse que des coûts et des poids.

Autres améliorations :

- ✓ Processus de sélection basé sur les rangs,
- ✓ Nouvelles façons de définir une perturbation,
- ✓ Nouvelle heuristique d'exploration des solutions basée sur la matrice-dominance.

Critère	Limitation	Suppression de train	Suppression d'arrêt	Ajout d'arrêt	Unité
Durée de la perturbation	-100	-120	-1000	0	min
Temps de voyage	0	0	0	-3	min/voy
Temps d'attente	0	0	0	-1	min/voy
Somme des retards	-150	-150	-1000	0	min

2 : Exemple de matrice de gains exigés



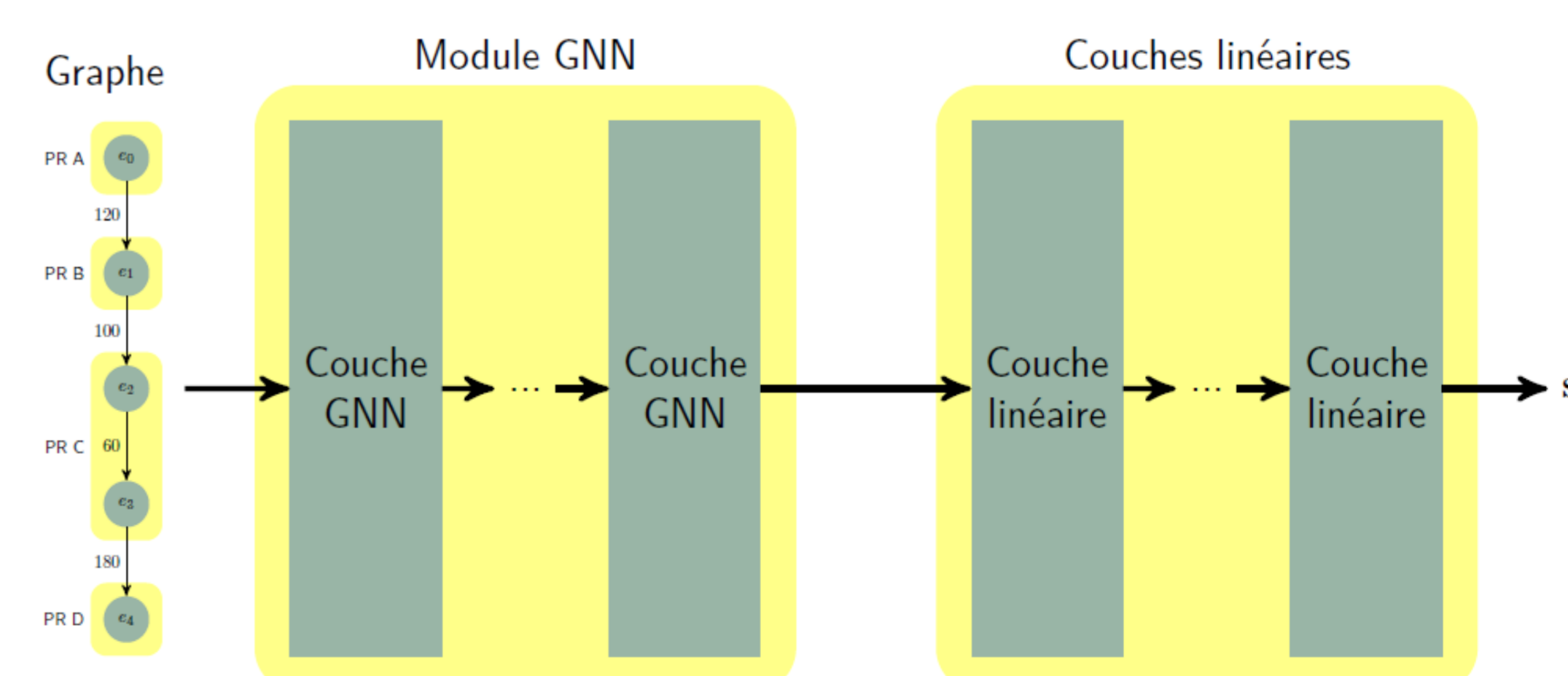
3 : Rejeu à froid d'une journée

Utilisation d'historiques de données

- ✓ **Données** : historiques de plans de transport et d'actions de replanification prises par les GTI.
- ✓ pour évaluer les performances du moteur en se comparant aux décisions historiques (3),
- ✓ pour estimer des scores pour les actions et donc améliorer leur exploration (4),
- pour enrichir le processus de sélection,
- pour aider à la construction des matrices de gains exigés.

Perspectives diverses

- Nouvelles expérimentations en conditions réelles.
- Résolution uniquement par apprentissage automatique.
- Autres utilisations des données pour de l'apprentissage.
- Reconception en supposant l'existence d'un outil de replanification.



4 : Graph Neural Network



Partner Institutions



Authors

Andrea Araldo
Y. Chaabouni, S. Arib, A. de Palma, M. Diana, V. Gauthier, A. Badeanlou, G. Calabrò, M. Ben-Akiva, R. Seshadri, S. Oh, G. Inturri

Projects

Multimodal Transit for Accessibility and Sustainability (MuTAS), ANR JCJC, 2022-26

Data-Driven Models of Multi-Modal Transit" (2D3MT), BayFrance, 2022-23

AI for more accessible cities (AI-4-MAC), Hi!Paris, 2023-24

Ride-sharing for Transit, Intercarnot, 2021

Publications

Badeanlou, Amirhesam, Araldo, Andrea, and M. Diana. "Assessing transportation accessibility equity via open data". In: hEART 2022.

Calabrò, G., Araldo, A., S. Oh, R. Seshadri, G. Inturri, and M. Ben-Akiva. "Integrating Fixed and Demand Responsive Transportation for Flexible Transit Network Design". In: TRB 2021.

Badeanlou, Amirhesam, Araldo, Andrea, M. Diana, and V. Gauthier. "Scoring transit lines based on accessibility distribution equity : An open-data based approach". In: TRB 2023

Y. Chaabouni, A. Araldo, A. D. Palma, and S. Arib. "PoolLines: Modeling Carpooling as Ephemeral Lines in GTFS for effective integration with Public Transit". In: ACM SIGSPATIAL IWCTS 2022

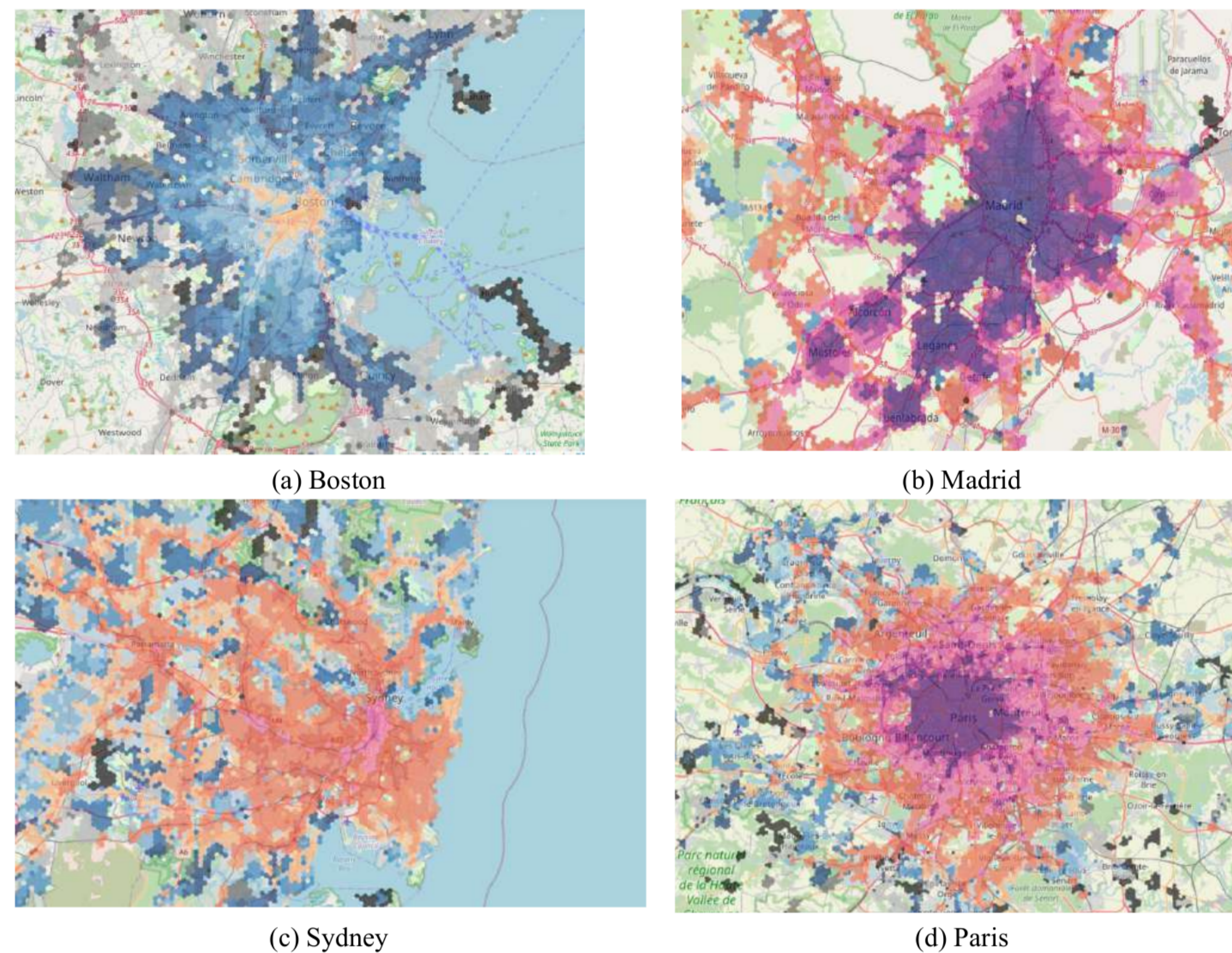
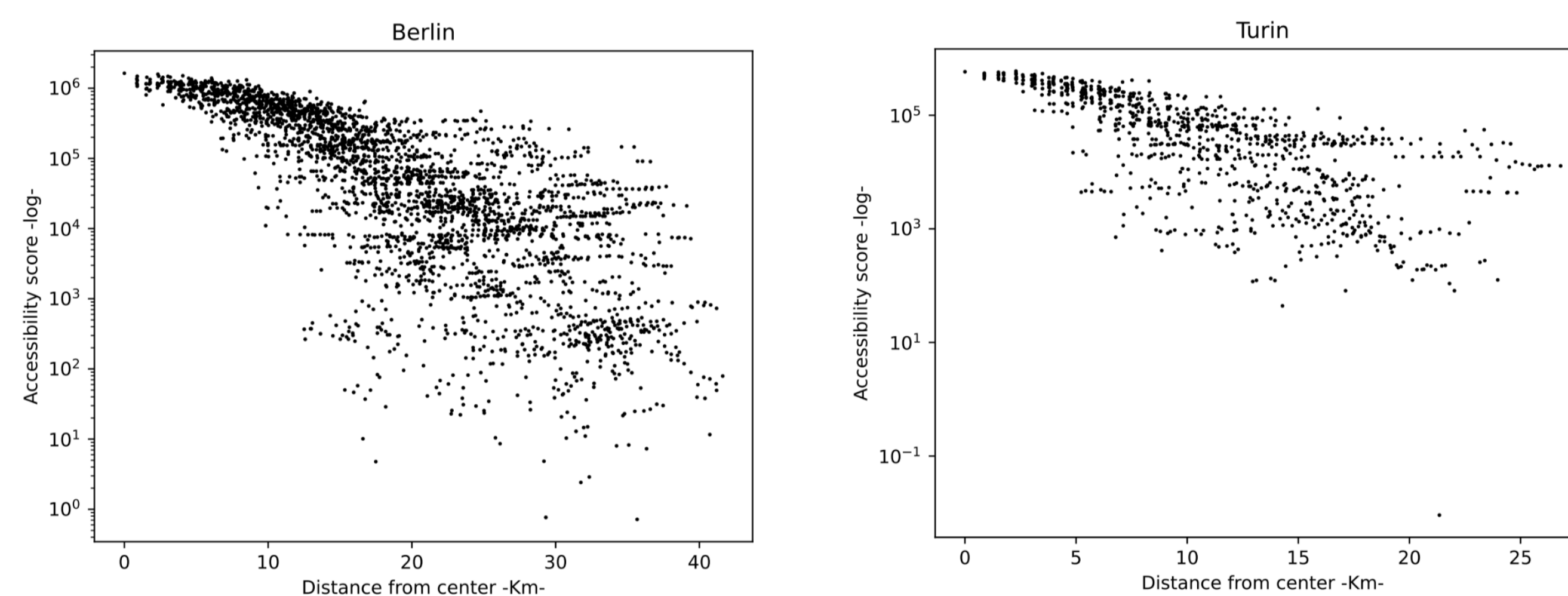


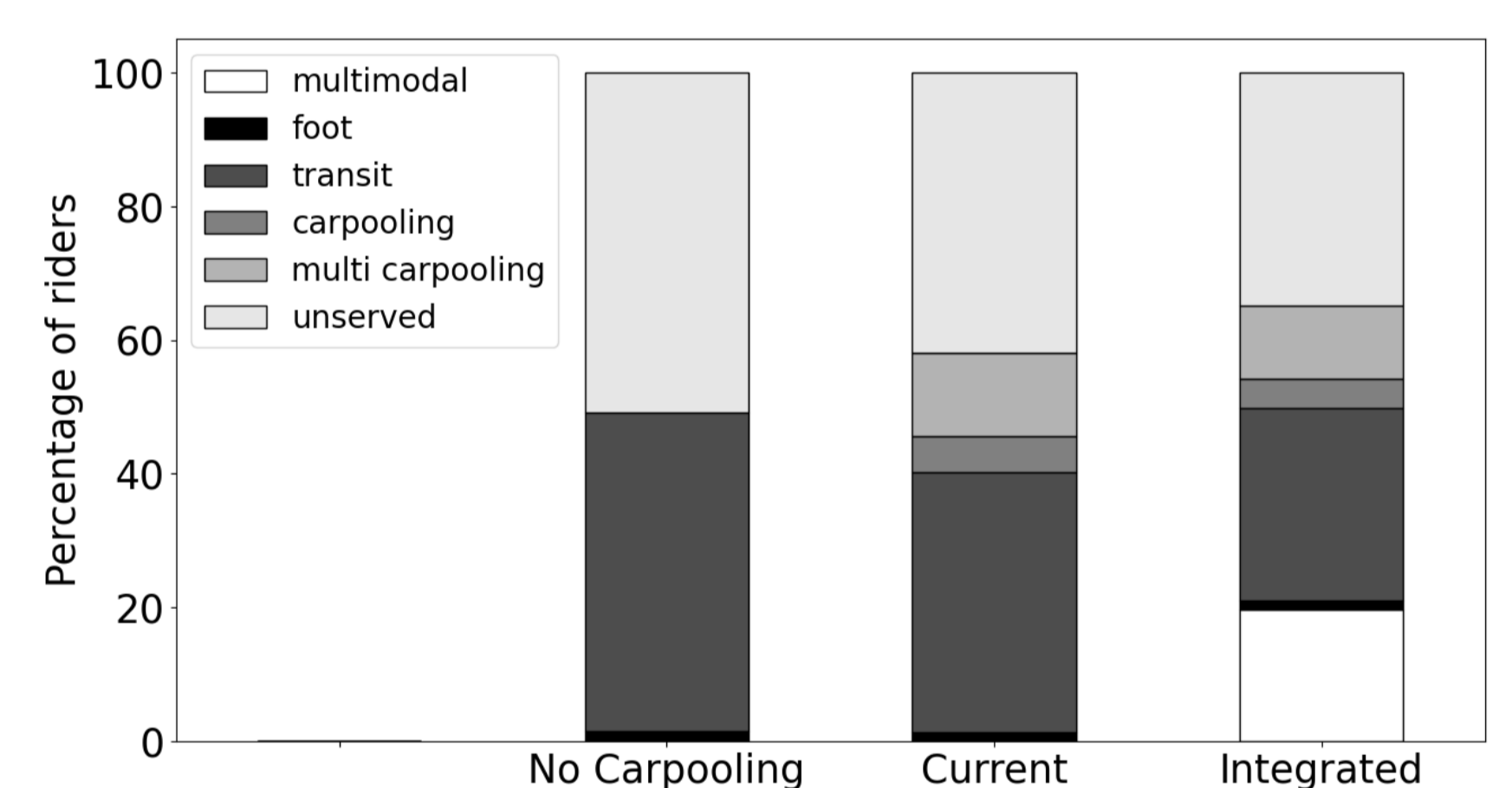
Figure A2: Sociality scores



Multimodal solution 1

Integrating public transit and carpooling

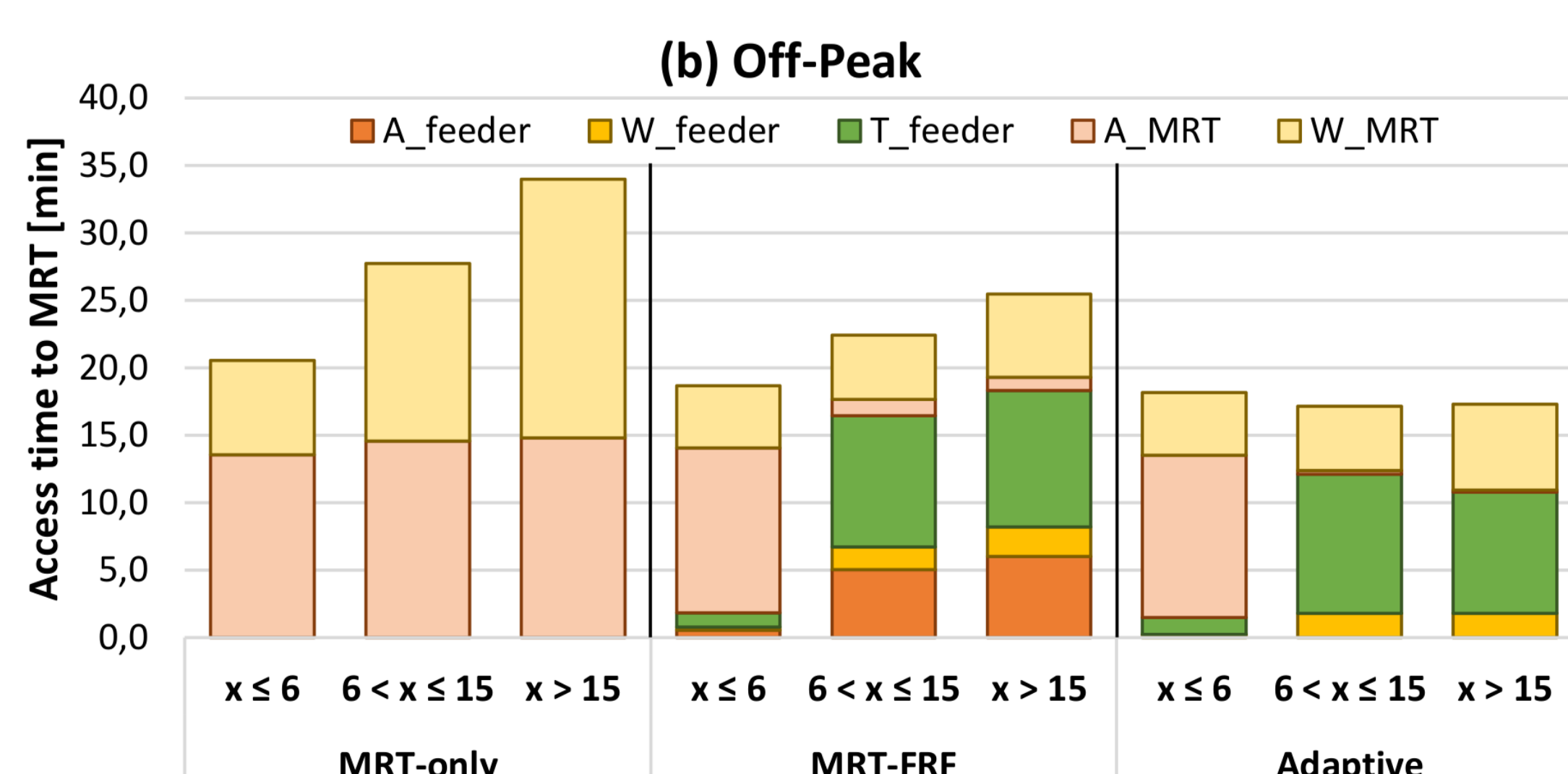
- ▶ Synchronize carpooling routes to transit schedules
- ▶ Increase of travel opportunities for users
- ▶ Reduction of car dependency
- ▶ Preliminary study in Portland: carpooling routes are integrated into GTFS data



Multimodal solution 2

Adaptive transit

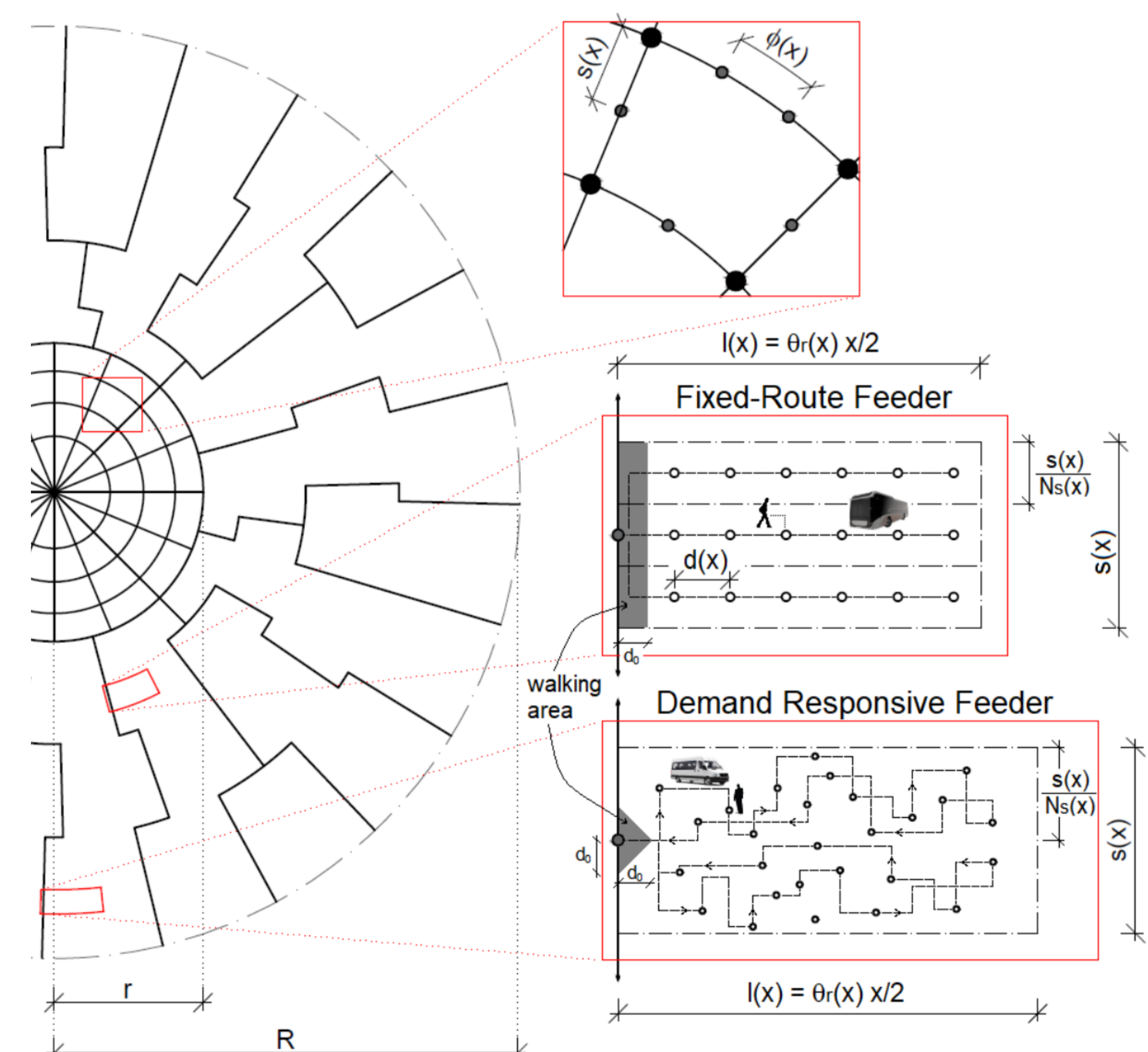
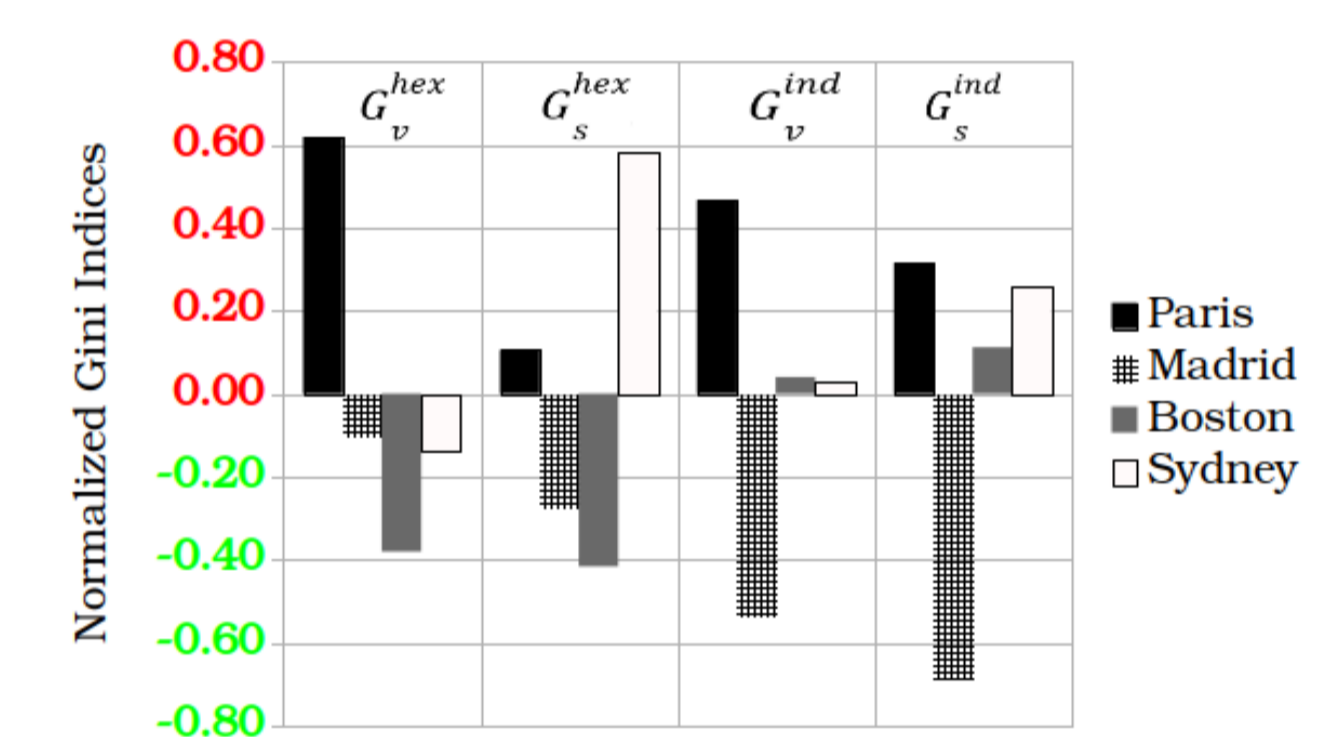
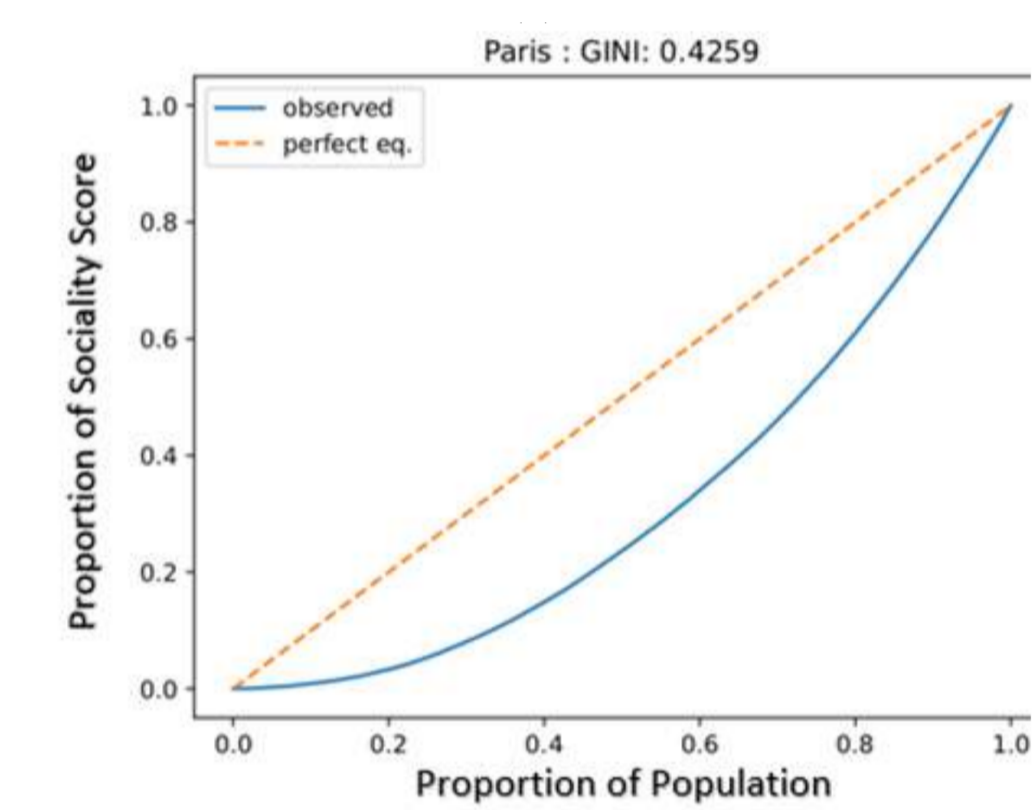
- ▶ Optimally combining traditional public transit (fixed lines) and demand-responsive transit
- ▶ Analytic model (continuous approximation)
- ▶ Interior-point method for resolution



Measurement

Accessibility of public transit is unequal

- ▶ The accessibility of a location measures the ease of reaching surrounding opportunities
- ▶ Open data (GTFS) allow to measure its distribution in a urban area
- ▶ We can quantify inequality via the Gini index



Communication, coopération et automatisation des véhicules

Multi-Objective and Multi-Scenarios Control Methodology: Application to Car Lateral Control Synthesis

Contexte

The Tuning of ADAS's Control Laws

- ▶ **Ensure safe and efficient behavior:** for public acceptance
- ▶ **Tuning criteria:** efficiency, comfort, safety, consumption, stability robustness
 - ↔ What is the right trade-off ?
- ▶ **1 tuning:** for each vehicle and each configuration
 - ⚠ Long process

Objectives

Reduce time of ADAS tuning

- ▶ Give the designers a 1st synthesis insuring a certain level of stability and performance.
- ▶ Establish linkage between tuning parameters and performance criteria to facilitate understanding of calibration and retouching.
- ▶ Design a generic method to quickly adapt to different configurations and models.

Optimize the performance

- ▶ Use of multi-objective optimization algorithms based on simple criteria.
- ▶ Manage more nominal cases for a controller (to limit the size of the embedded software).

Auteurs

Simon Mustaki
Philippe Chevrel
Mohamed Yagoubi
François Fauvel

Partenaires



RENAULT



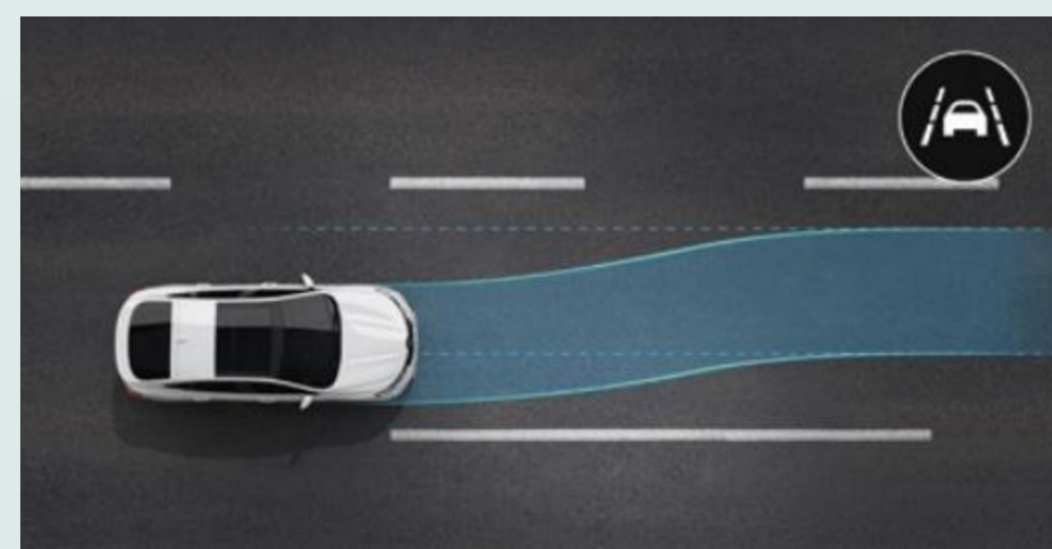
IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom



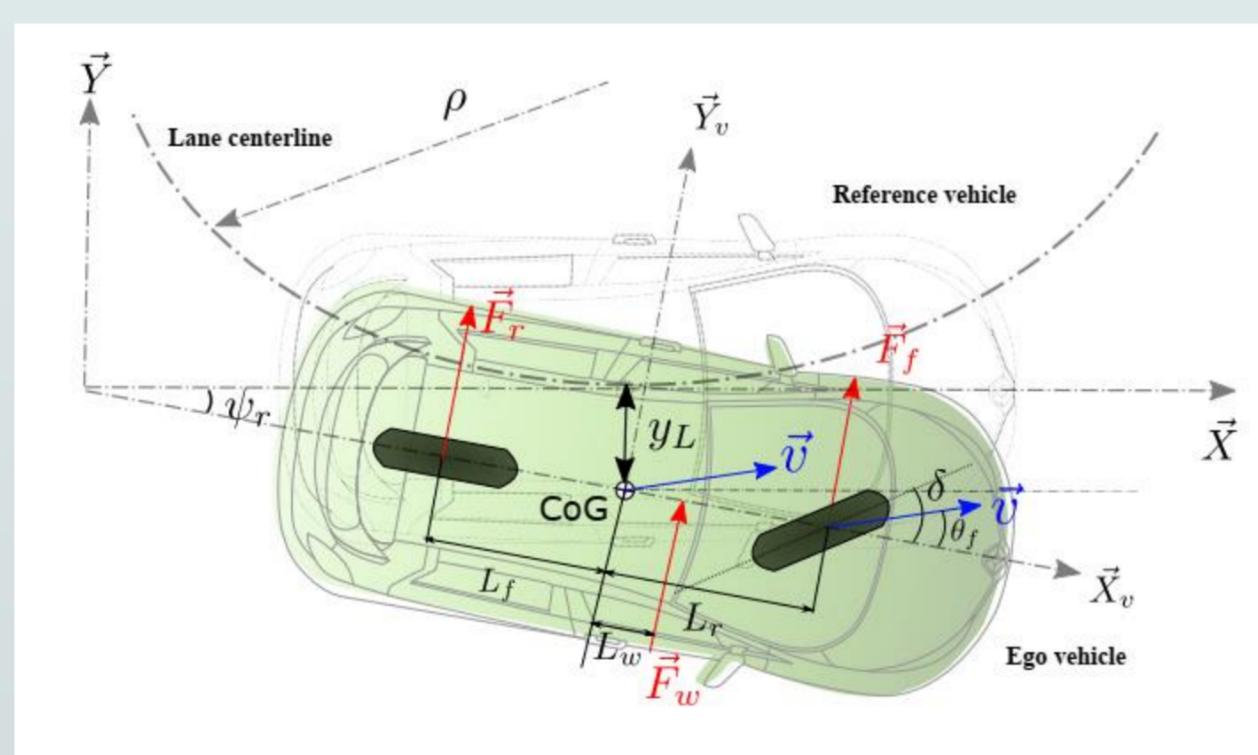
LABORATOIRE DES SCIENCES DU NUMÉRIQUE DE NANTES

Methodology

LCA: Lane Centering Assistance



Vehicle model



Service

- ▶ Conversion of service's specifications to criteria usable by an optimization algorithm

Comfort

Lateral Jerk
Steering Jerk

Performance and Robustness

Lateral Error
Robustness Margin

Synthesis Algorithms

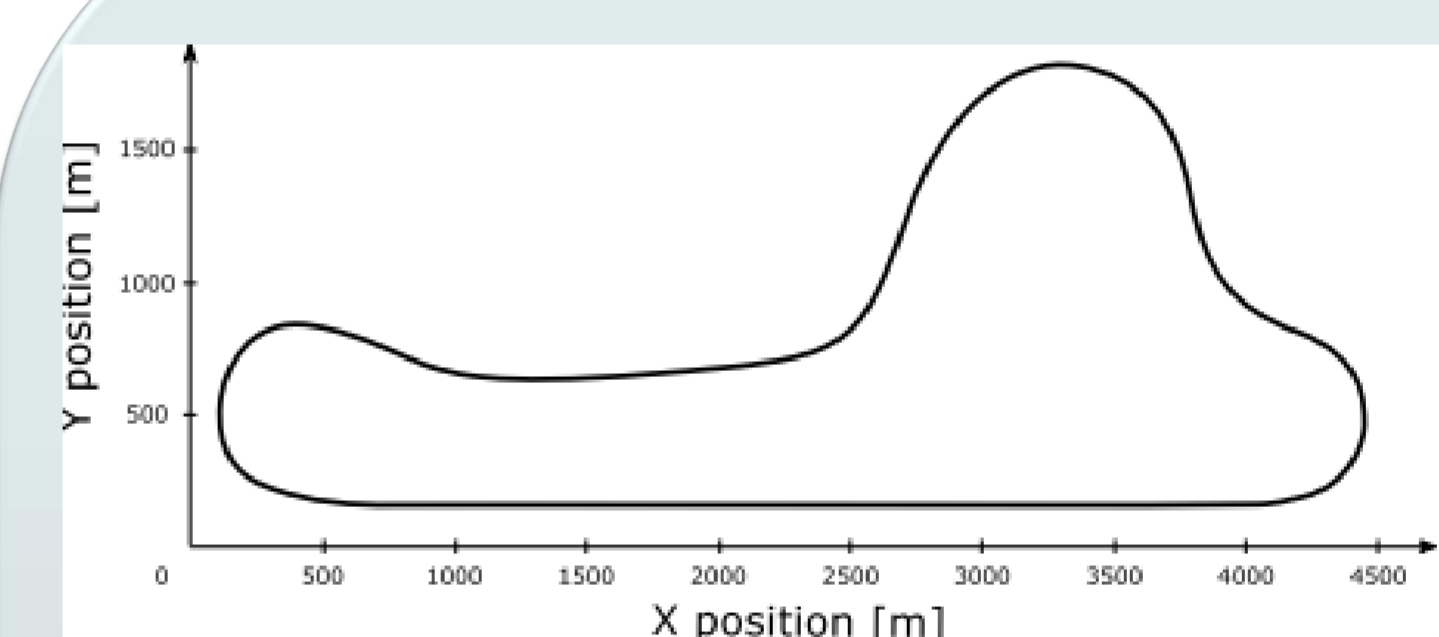
- ▶ Multi-objective and multi-model optimization in a framework
- ▶ No analytical solution
- ▶ Non-convex and non-smooth problem

Use of Non-Smooth Algorithms

Non-convex:
local minimums

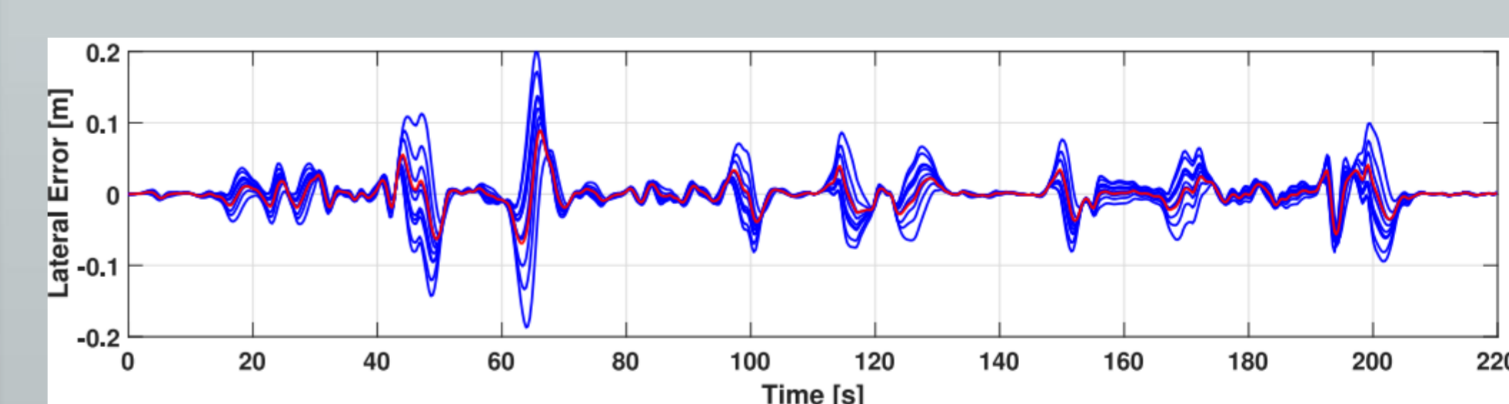
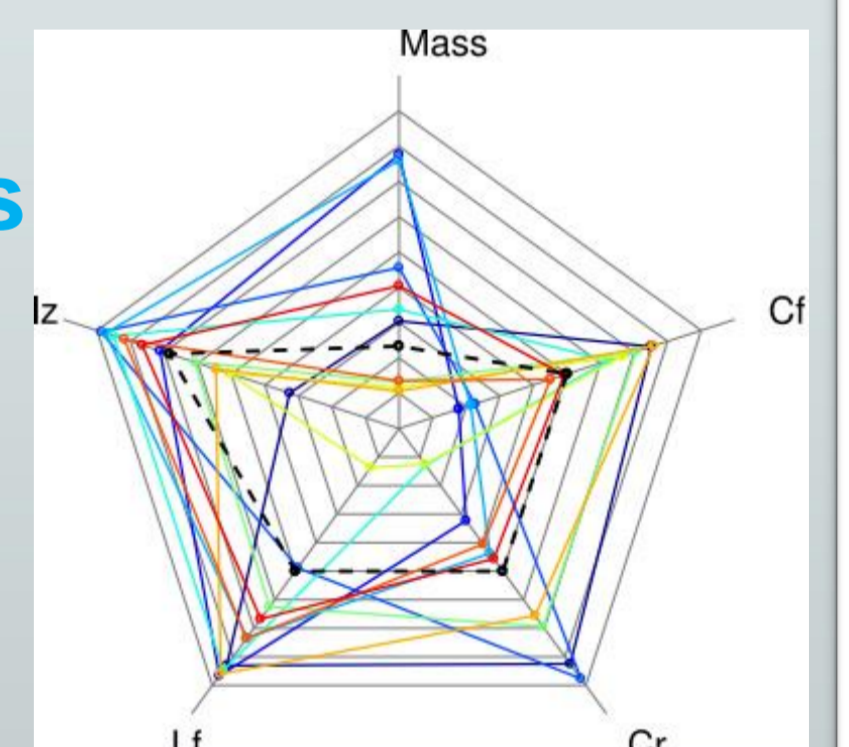
Non-smooth:
the gradient does not exist at every point, leading to difficulties in defining the descent direction.

Results

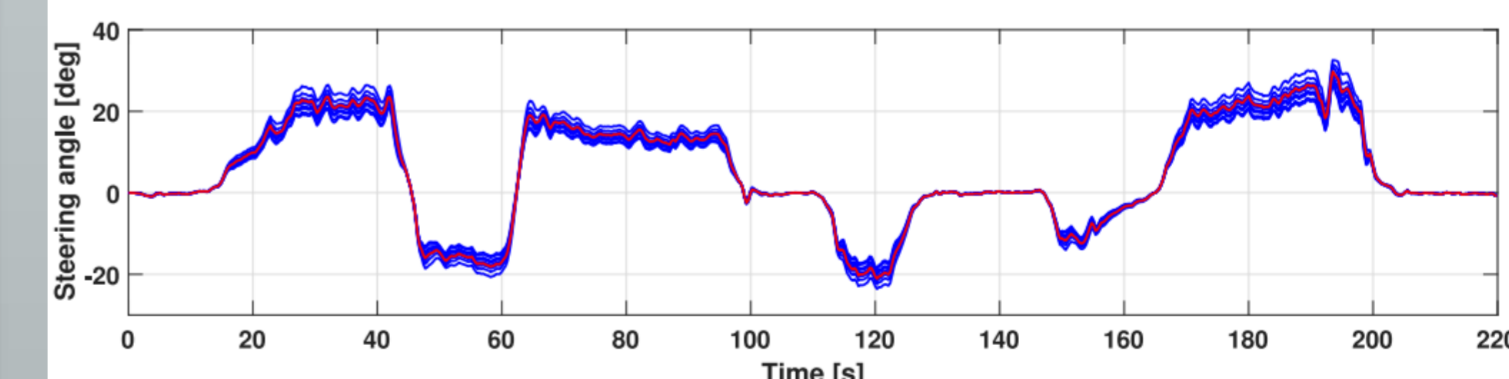


- ▶ Simulations based on real tracks

- ▶ **Dispersion of uncertain parameters for the simulations**
The black dashed line represents the nominal values. Each parameter varies between +/- 20% from its nominal value.



- ▶ Lateral error



- ▶ steering angle

- ▶ 10 random sets of uncertain parameters (blue) and of the nominal one (red).

Conclusion

A methodology to design a LCA, which structure is constrained according to engineering specifications is presented. Convenient indicators, closely linked to practical specifications are used in the optimization process in order to keep a physical signification. What we call a multi-scenarios approach is to consider performance with regard to different cases of use, e.g. curves or gusts of wind. Finally, parametric uncertainties are explicitly taken into account by using multi-model synthesis.

Financement

Thèse Cifre ANRT
Renault – IMT
Atlantique

Contact

philippe.chevrel@imt-atlantique.fr

Stratégies d'Intelligence Collective pour des Véhicules Industriels Autonomes Efficaces

De la simulation vers des expérimentations réelles

Parties prenantes



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom



Auteurs

Juliette Grosset

Jean-Marie Bonnin
Alain-Jérôme Fougères
Moïse Djoko-Kouam

Partenaires



Région
BRETAGNE

Thèse : mots-clés

- Industrie 4.0
- Contexte ITS
- Autonomie coopérative
- Systèmes distribués, systèmes multi-agents
- Robotique
- IA (machine learning, deep learning)

Contact :
juliette.grosset@imt-atlantique.fr

CONTEXTE

Les défis de l'**Industrie 4.0** portent notamment sur le développement et l'optimisation des flux de données, de produits et de matériaux dans les entreprises de production. Certaines briques technologiques ont été définies, notamment pour l'utilisation de véhicules guidés automatisés (AGV) et autres robots autonomes.

Problématique : Difficulté de mise en place et de déploiement de flottes de véhicules industriels autonomes (VIA) en raison de :

- l'acceptabilité des employés
- la localisation des véhicules
- la fluidité du trafic
- la perception par les véhicules d'environnements changeants (dynamiques).

L'autonomie des VIA est donc réduite à des trajectoires prédéterminées.

INTRODUCTION

Le contexte de l'industrie 4.0 amène de plus en plus vers des **solutions décentralisées** et des décisions locales, car la centralisation montre rapidement ses limites.

Les VIA doivent être de plus en plus intelligentes et **coopératives**. Cette perspective de coopération accrue implique une forte capacité des VIA à échanger des informations contextuelles et pertinentes sur leurs conditions de trafic.

L'infrastructure peut également participer à cette coopération avec ses éléments communicants (balises, capteurs, caméras, etc.) et fournir aux VIA des sources locales d'information sur leur environnement.

OBJECTIFS

Concevoir et développer des **algorithmes coopératifs intelligents** pour effectuer dynamiquement :

- la prise de décision collective pour l'adaptation aux contraintes du trafic :
 - . les intersections
 - . l'évitement des collisions et des obstacles
 - . l'entrée des VIA dans le plan de circulation

Ces algorithmes coopératifs s'appuient sur des messages standardisés pour assurer l'interopérabilité dans des environnements avec des flottes de robots hétérogènes.

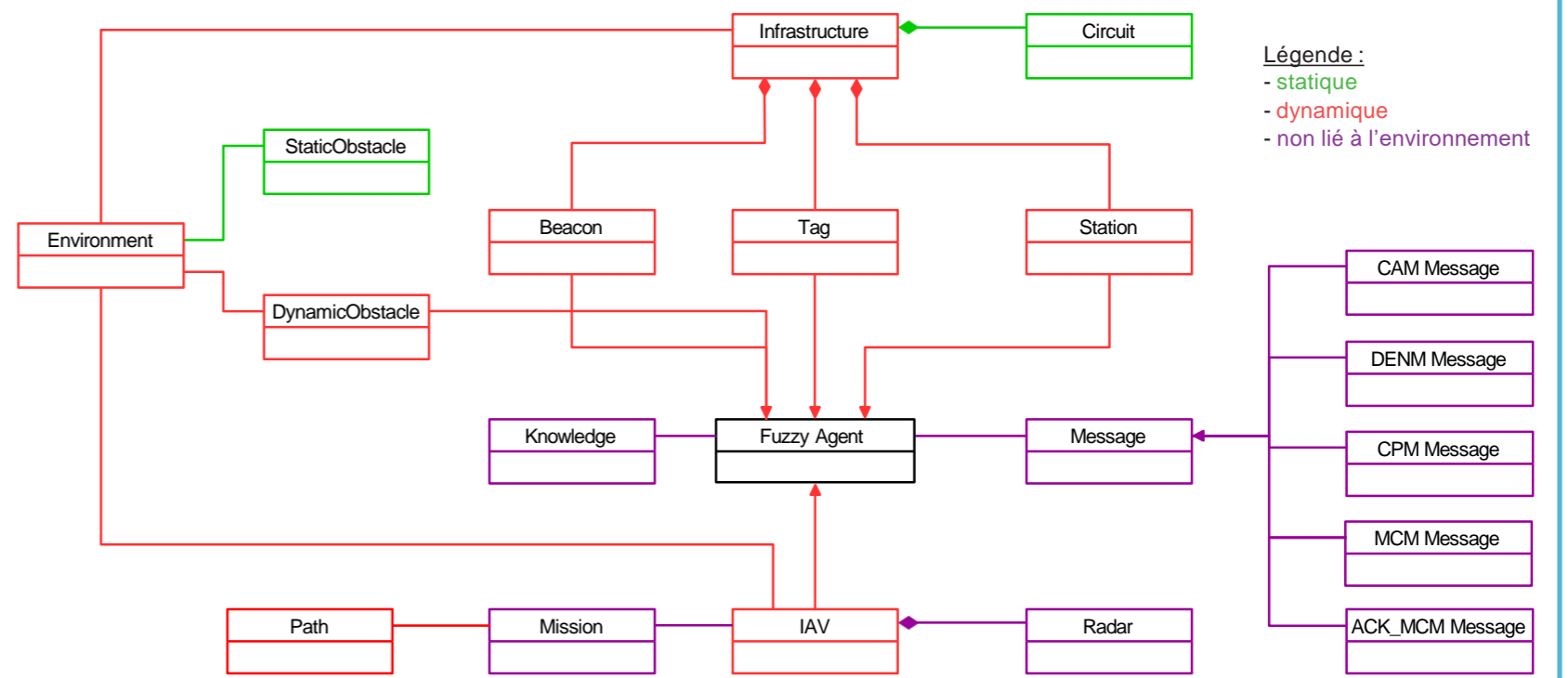
- Les autres objectifs qui en découlent sont :
- une réduction collective de l'impact énergétique des VIA,
 - une géolocalisation collective des VIA,
 - une cartographie collective de l'environnement de ces VIA.

MODÉLISATION AGENTS

Proposition d'un **modèle d'agent adaptable** :

- Une **infrastructure** est déployée dans l'environnement et est composée d'un plan de circulation, et d'éléments actifs tels que des balises, des tags, des stations.
- Des **obstacles** statiques ou dynamiques (ex. : des opérateurs) peuvent être présents dans l'**environnement**.
- Les agents **VIA** effectuent des missions définies par des chemins sur le plan de circulation.
- Les agents **VIA** sont équipés d'un **radar** et grâce à leur **connaissance** de l'environnement, ils peuvent éviter les collisions.
- Les agents **VIA** peuvent également coopérer en communiquant avec différents types de **messages standardisés**.

- En perspective, les agents AIV auront des connaissances incomplètes, fragmentées, floues et **incertaines**.



SIMULATION - RÉSULTATS

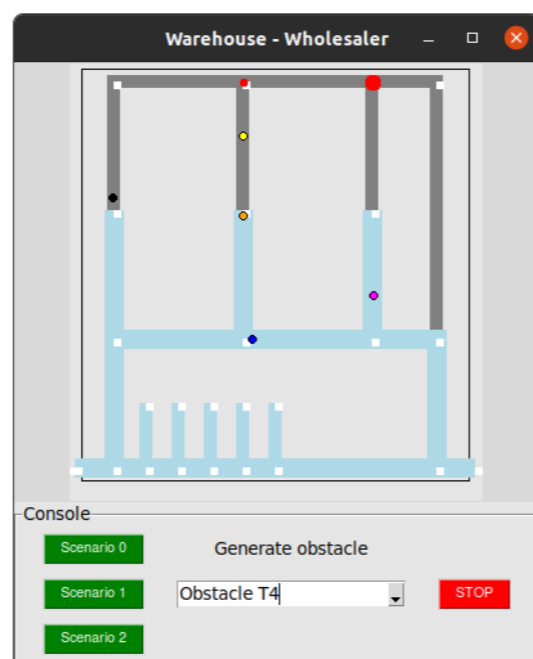
Simulation d'un **algorithme coopératif** pour l'évitement de collisions aux intersections et avec des obstacles statiques :

- solution multi-agents décentralisée
- utilisation de messages **MCM** à l'approche d'une intersection
- utilisation de messages **CPM** à la perception d'un obstacle :
 - . utilisation de **Dijkstra** par les VIA si l'obstacle se situe sur leur trajet de mission

Contributions :

Simulation of a collision and obstacle avoidance algorithm for cooperative industrial autonomous vehicles. 2nd IFSA Winter Conf. on Automation, Robotics & Communications for Industry 4.0 (ARCI'2022)

Collective obstacle avoidance strategy - an agent-based simulation approach. 4th Int. Conf. on Advances in Signal Processing and Artificial Intelligence (ASPAI'2022), Corfu, Greece, October 19-21, 2022.



EXPÉRIMENTATIONS RÉELLES

Afin de réaliser des **expérimentations réelles** avec les robots, une deuxième phase de simulation est réalisée. La phase de simulation consiste à **émuler** le comportement des robots dans le simulateur **Gazebo**.

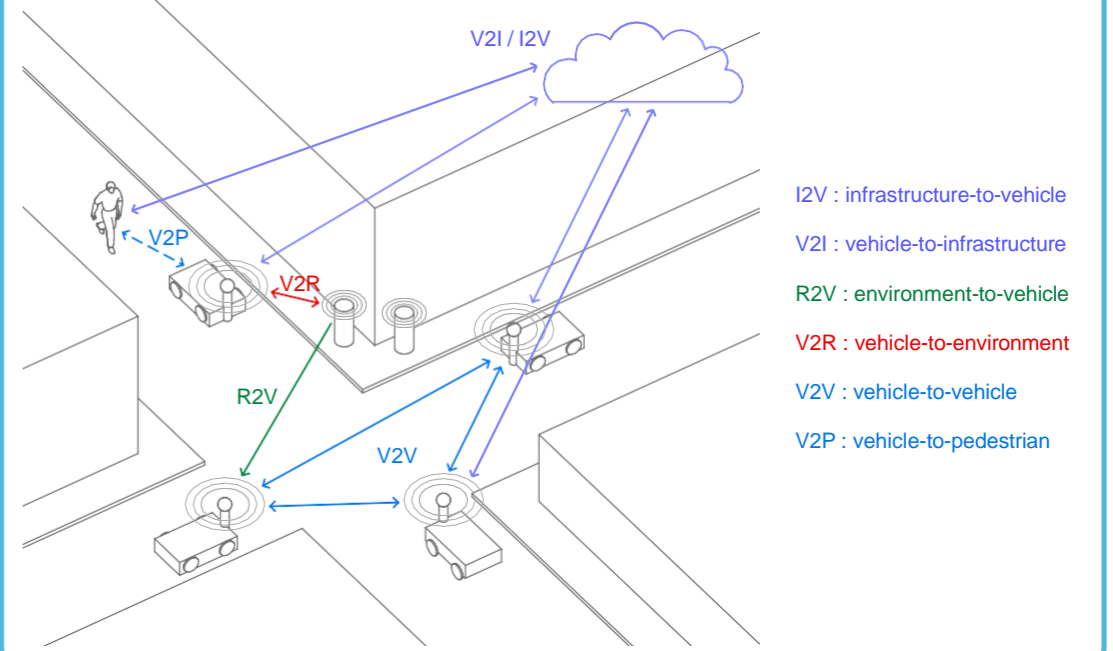
La simulation et les expériences réelles permettent de visualiser et de démontrer l'**amélioration du contrôle de l'autonomie** des VIA et l'optimisation de différents indicateurs de performance (temps de réalisation de la mission, évitement des collisions entre VIA ou avec des obstacles statiques/dynamiques, consommation d'énergie).

ROS2



COMMUNICATION V2X

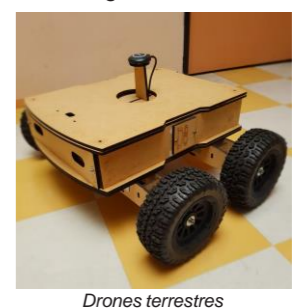
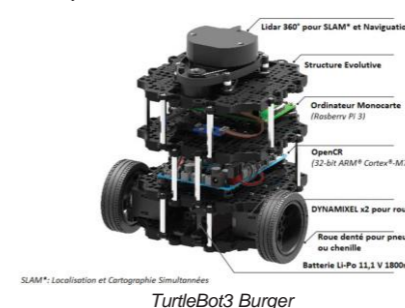
Messages	Situations
CAM : Cooperative Awareness Message	Envoyer sa position
DENM : Decentralized Environmental Message	Panne, accident, circulation non fluide
CPM : Cooperative Perception Message	Perception d'un obstacle statique (ex. : marchandises dans les allées) ou dynamique (ex. : opérateurs)
MCM : Maneuver Coordination Message	Changement de trajectoire (changement de voie), signifier son intention directionnelle pour traverser une intersection.
ACK_MCM : Acknowledge Maneuver Coordination Message	Envoyer son accusé de réception lié à un message MCM précédemment reçu.



HÉTÉROGÉNÉITÉ

L'utilisation de **messages standards** permet l'**interopérabilité** entre différents types de véhicules hétérogènes. Ceci est très important car dans une zone industrielle, un aéroport ou même un entrepôt, l'industriel peut être équipé de différents robots mobiles et même de systèmes hétérogènes.

Perspectives : utiliser des drones terrestres et des robots TurtleBot3 Burger en simulation, co-simulation et ensuite aller vers des expériences réelles pour prouver la capacité d'interopérabilité des protocoles de communication. Cela permettrait de montrer également la capacité de **déploiement** possible et efficace de flottes de véhicules hétérogènes.



Unsupervised Learning Algorithms for Denial of Service Detection in Connected Vehicles

Connected Cars Context

- ▶ 237 millions connected cars in the world in 2021 and over 400 millions by 2025.
- ▶ Global ITS (**Intelligent Transportation System**) market from \$22.91 billion in 2021 to \$42.80 billion in 2028
- ▶ Cybersecurity of the connected cars is highly critical.
- ▶ **Denial of Service** (DoS) attacks jam and flood the network by mass of malicious messages.

Parties prenantes



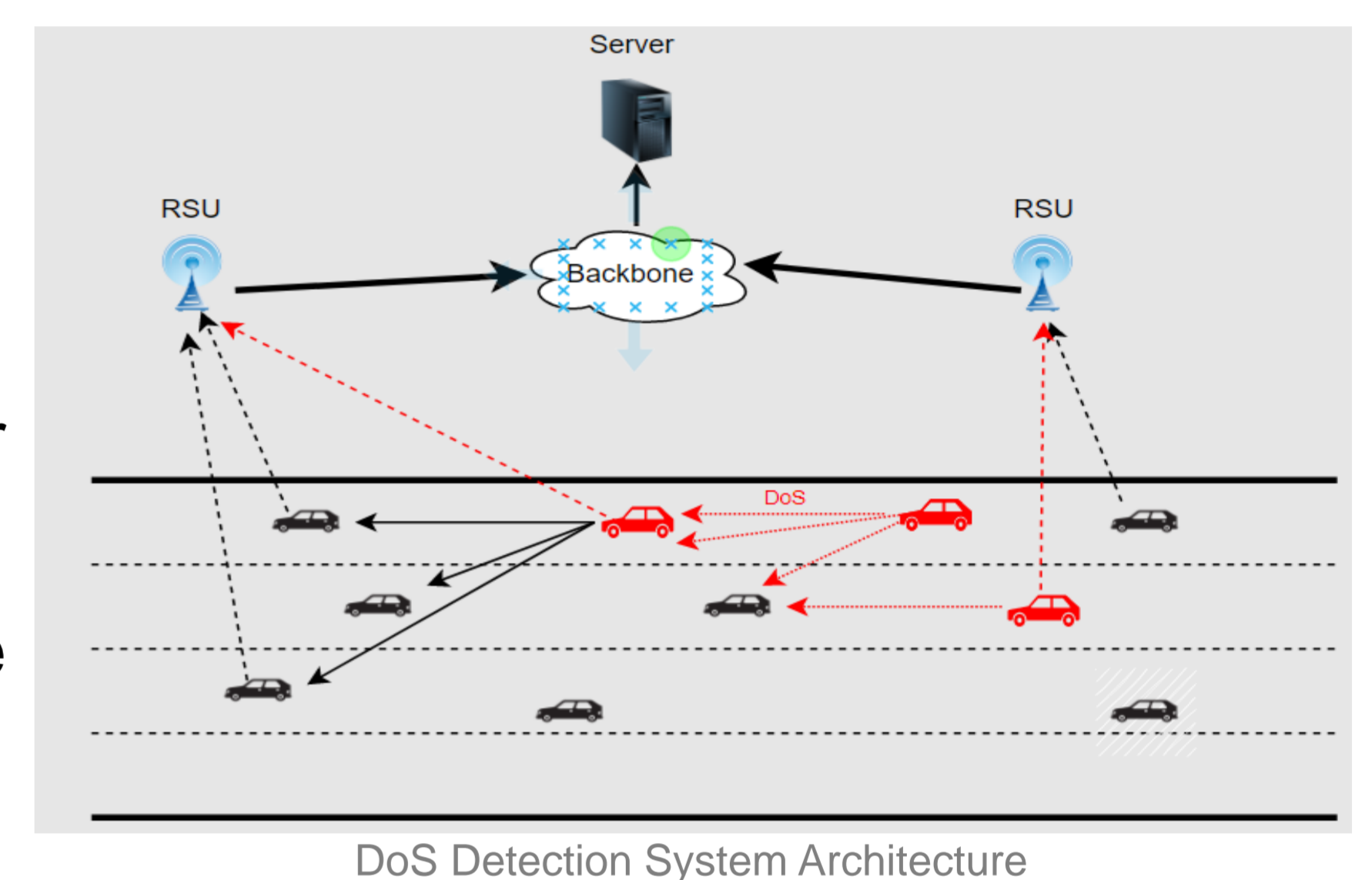
Auteurs

Ali EL ATTAR
Rida Khatoun
Fadlallah Chbib
Ahmad Fadlallah

Partenaires



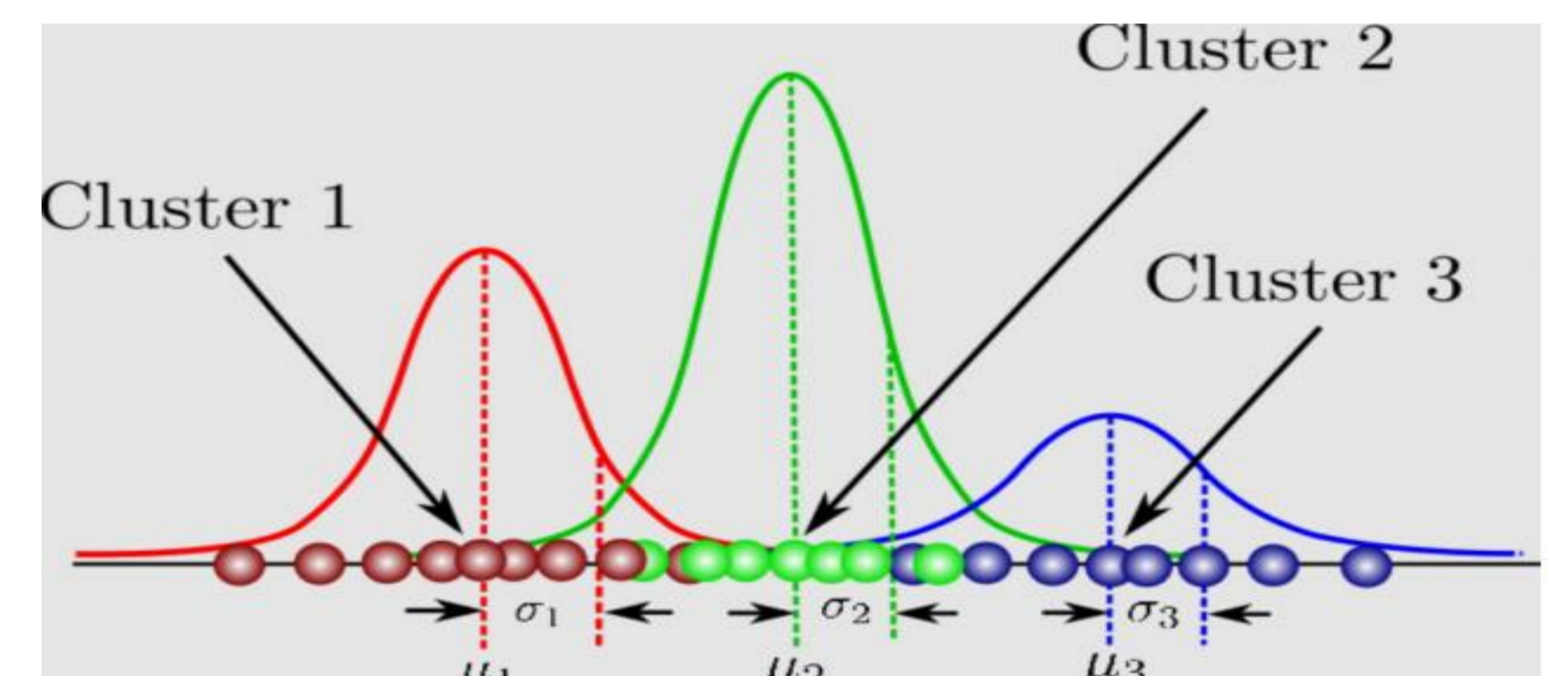
- ▶ Proposed DoS detection system architecture:
 - CAM DoS attack generated by one or more malicious vehicles.
 - CAM messages contain information (position, velocity, etc.).
 - CAM messages are sent to a central or distributed servers for analysis.
 - **Clustering-based** detection algorithms are applied to separate benign and malicious data.



DoS Clustering-based Model Detection

Several Clustering algorithms are applied:

- ▶ Centroid-based clustering (e.g. **K-Means, CLARA**)
- ▶ Density-Based clustering (e.g. **DBSCAN**)
- ▶ Probabilistic Model-based Clustering (e.g. **GMM**). EM (Expectation-Maximization) algorithm to estimate the parameters of GMM, it alternates between two steps:
 - **E step**: compute the log likelihood expectation using the current parameter estimation.
 - **M-step**: estimate of the parameters by maximizing the expected log likelihood found in the (E) step.



Example of clustering with a Gaussian Mixture Model of three components

Results and Analysis

- ▶ Evaluation based on Vehicular Reference Misbehavior (**VeReMi**) dataset, containing the message logs for each vehicle in the simulation:
 - Position, velocity, acceleration and heading vectors.
 - Position noise, velocity noise, acceleration noise.
 - Reception timestamp, transmission time, sender, ID message, etc.
- ▶ GMM produces the best results in terms of **F-measure**. It is approximately 95% for the three subsets (**DoS (D1)**, **random DoS (D2)** and **disruptive DoS (D3)**), with high precision and recall values.

Criterion	K-means	GMM	Clara	DBSCAN
Specificity	0.6179	0.8103	0.5079	0.0647
Sensitivity	0.9856	0.9541	0.5049	0.8993
Precision	0.8823	0.936	0.7489	0.7365
Recall	0.9856	0.9541	0.5049	0.8993
F-Measure	0.9311	0.945	0.6031	0.8098

Detection Results on (B,D1,D2,D3)

Criterion	K-means	GMM	Clara	DBSCAN
Specificity	0.5084	0.5137	0.4965	0.0806
Sensitivity	0.5061	0.9714	0.5037	0.8961
Precision	0.8785	0.9334	0.8754	0.8725
Recall	0.5061	0.9714	0.5037	0.8961
F-Measure	0.6422	0.952	0.6394	0.8841

Detection Results on (B,D1,D3)



Aide à la décision pour le transport de marchandises

The Tree of Hub Location Problem with Inter-hub stopovers.

Auteur

Oscar Ariztegui-Beltrán^{1,2}
PhD Student

¹IMT Atlantique
Département
Automatique
Productique
Informatique
Nantes, France

²Universidad de La Sabana
Sistemas Logísticos
Chía, Colombia
e-mail: oscar.ariztegui-beltran@imt-atlantique.fr

Thesis supervisors

David Cortés-Murcia¹
William Guerrero¹
Mehrdad Mohammadi²
Olivier Péton²
¹Universidad de La Sabana, Chía, Colombia.
²IMT-Atlantique, France.



Abstract

This research focuses on the strategic design of networks, in particular for waterborne transportation with a context of physical internet. In the special case of river transport, the underlying topology corresponds to a tree. We relaxed some assumptions for classic Hub Location Problems. 1st we can have elements located between inter-hub arcs, thanks to this relaxation we introduced a new element for the network, it is called stopovers. And 2nd, we can have direct shipments of demanded commodities between origin i and destination j . Two Strategic decisions are taken: 1) location of hubs and stopovers and 2) allocation of spokes to hubs. A MILP formulation was proposed. The objective function is formulated to minimize the overall transportation costs for demanded. A set of valid inequalities was also proposed to improve the LP bound. Computational experiments were performed using actual data from the Illinois waterway.

Our starting point is the hub location problem (HLP)

The HLPs are classic optimization problems in which one must establish the best possible location for hubs and allocate the spokes to them. The network stakeholders can achieve economies of scale if they use the hubs to consolidate, sort and distribute the commodities between nodes.

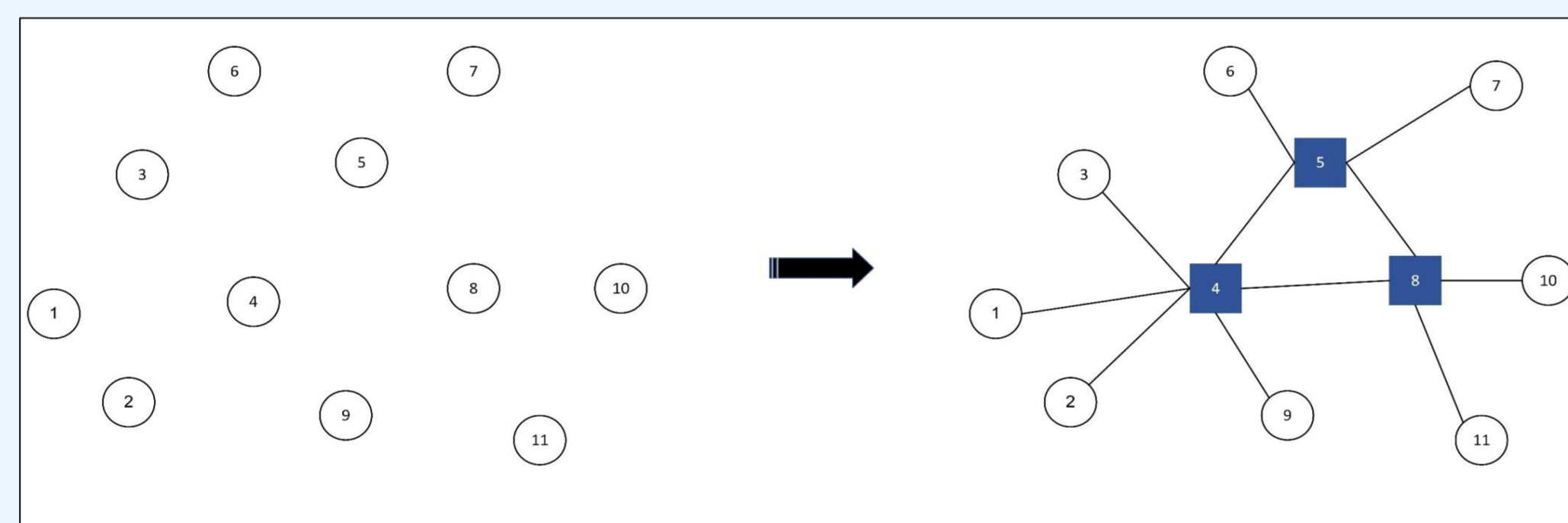


Figure 1: the Hub Location problem

Introducing a new type of nodes : stopovers

- ▶ Stopovers are located on inter-hub links, not between hubs and spokes
- ▶ The proposed topology with stopovers can reduce the number of transshipments.
- ▶ It can also reduce the operational costs.

- ▶ Stopovers are particularly suitable on tree-type networks.
- ▶ This leads to **the tree-of-hubs location problem with stopovers.**
- ▶ Possible fields of applications: maritime, waterborne or rail transportation, full truckload transportation, energy networks...

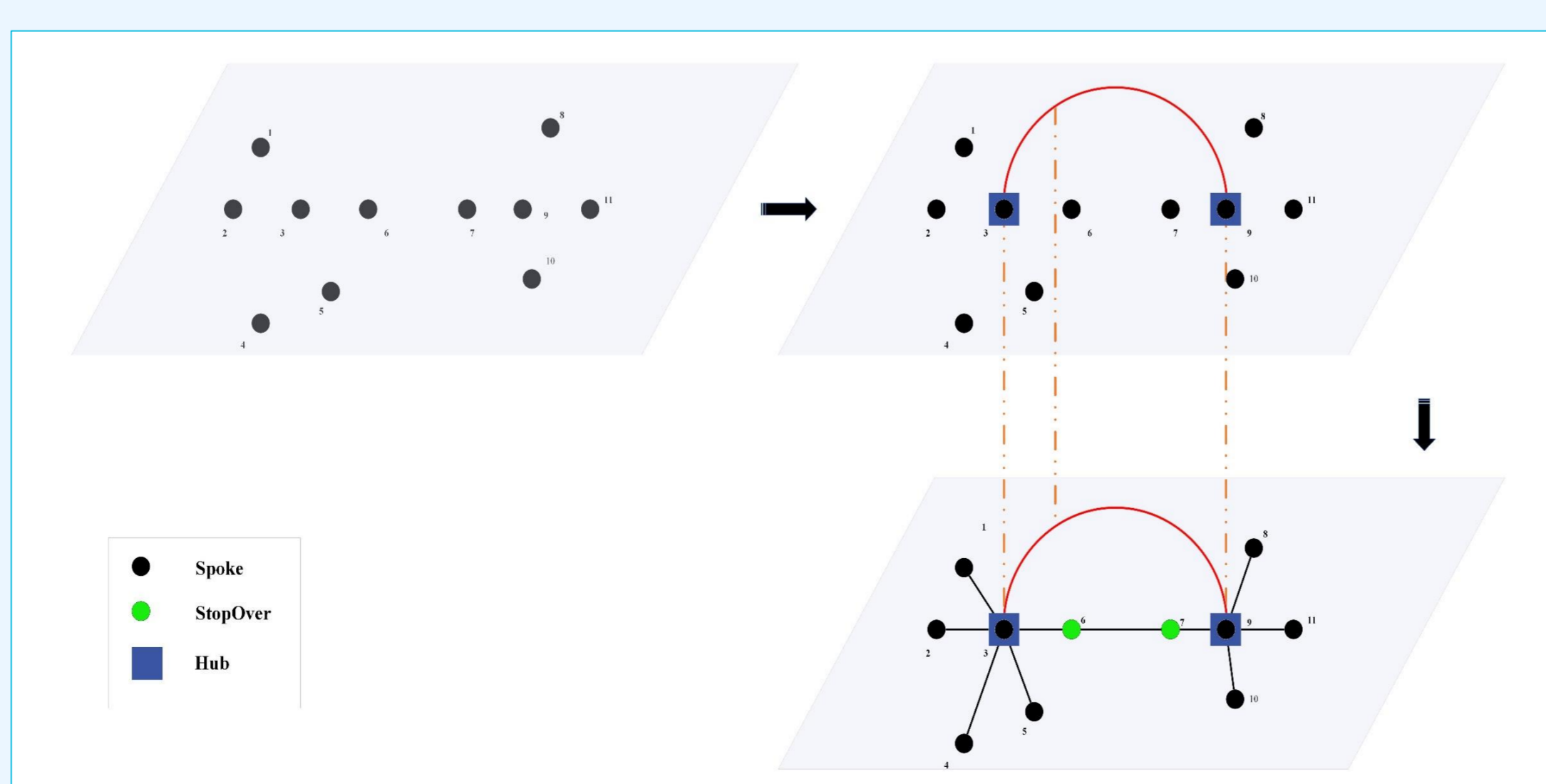


Figure 2: Graphical representation of the Tree of Hub Location with stopovers

MILP formulation of the problem

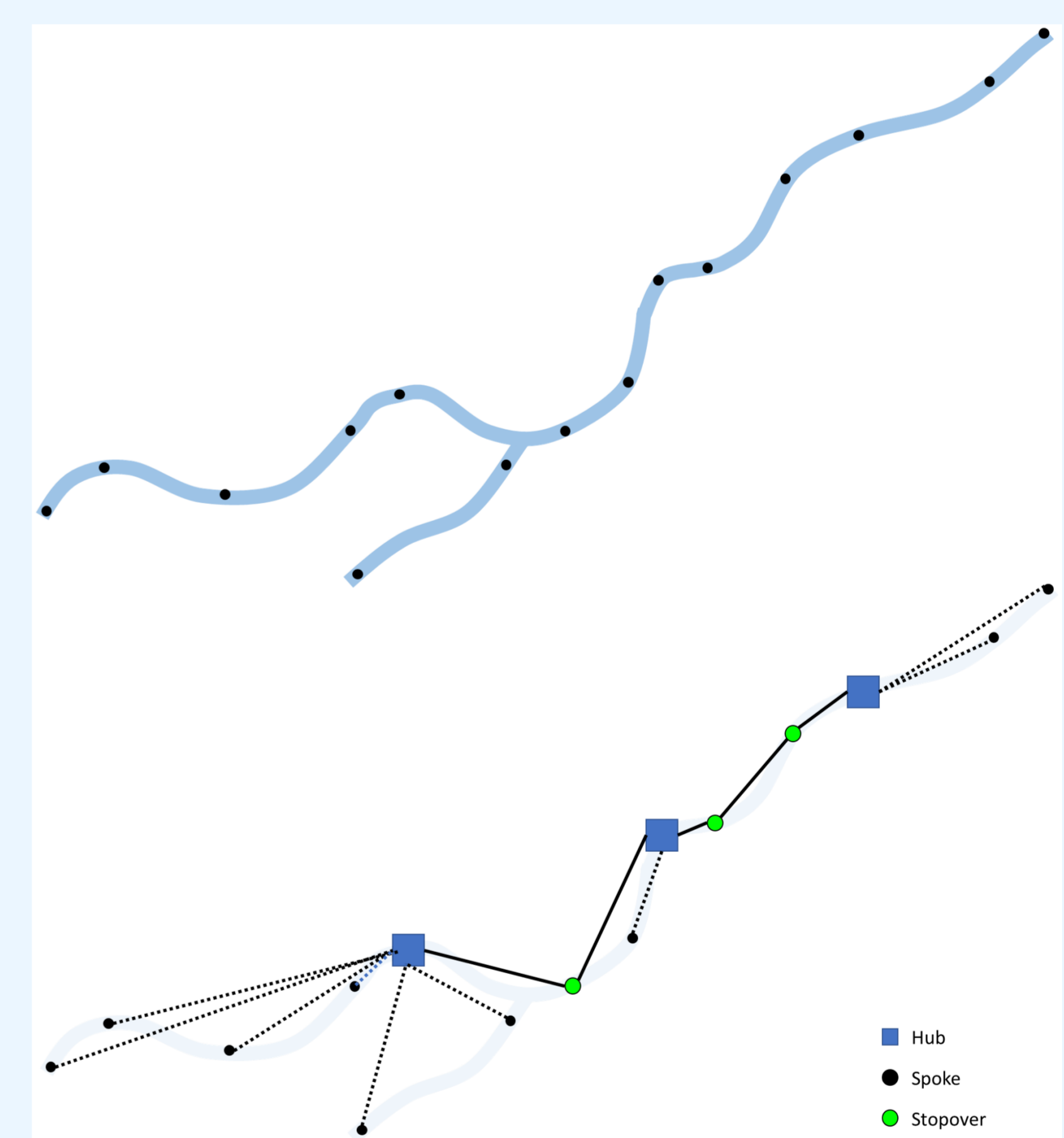
Problem decisions	Mathematical model assumptions
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Hub and stopover location ▶ Spokes allocation 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Classical assumptions for hubs and spokes are still valid ▶ The network restricted to hubs and stopovers is a tree ▶ Direct deliveries from an origin i to a destination j are possible. ▶ Split of demand is allowed

Results of numerical experiments on a case study (data generated from Illinois waterways, USA)

Problem				thlp-so + NC					
n	α	β	%gap	CPU(s)	n	α	β	%gap	CPU(s)
10	0,2	0,36	0	15	10	0,2	0,36	0	37
	0,2	0,6	0	14		0,2	0,6	0	38
	0,2	0,84	0	19		0,2	0,84	0	9
	0,5	0,6	0	1		0,5	0,6	0	25
	0,5	0,75	0	7		0,5	0,75	0	14
	0,5	0,9	0	14		0,5	0,9	0	9
	0,8	0,84	0	6		0,8	0,84	0	7
	0,8	0,9	0	10		0,8	0,9	0	7
	0,8	0,96	0	17		0,8	0,96	0	12
15	0,2	0,36	0	2789	15	0,2	0,36	4%	7200
	0,2	0,6	9%	7200		0,2	0,6	5%	7200
	0,2	0,84	0	1052		0,2	0,84	0	573
	0,5	0,6	0	155		0,5	0,6	0	340
	0,5	0,75	0	925		0,5	0,75	0	532
	0,5	0,9	0	5715		0,5	0,9	8%	7200
	0,8	0,84	0	81		0,8	0,84	0	322
	0,8	0,9	0	110		0,8	0,9	0	308
	0,8	0,96	0	279		0,8	0,96	0	1016
20	0,2	0,36	11%	7200	20	0,2	0,36	19%	7200
	0,2	0,6	23%	7200		0,2	0,6	28%	7200
	0,2	0,84	10%	7200		0,2	0,84	5%	7200
	0,5	0,6	0	6894		0,5	0,6	7%	7200
	0,5	0,75	11%	7200		0,5	0,75	16%	7200
	0,5	0,9	18%	7200		0,5	0,9	0	4047
	0,8	0,84	0	496		0,8	0,84	0	2983
	0,8	0,9	0	3478		0,8	0,9	3%	7200
	0,8	0,96	0	6866		0,8	0,96	5%	7200

Problems with 3 hubs

Problems with 5 hubs



Graphic representation for the solution of an instance.
Source : Oscar A.

Conclusions

- ▶ The use of stopovers contributes to significantly reduce the traveled distance
- ▶ The stopovers slightly increase the traveling time of some commodities, and significantly decreases the traveling time of all commodities that use the stopovers.
- ▶ The use of stopovers avoids costly backward trip and transshipment : this reduces operational costs.
- ▶ The process to define the network is complex despite the fact the tree is already established in a river.

Future work

- ▶ Develop a heuristic or exact solution method to tackle medium and large scale problems.
- ▶ Extend the model by considering the distances and demands from ad-hoc cities that are not located on the river (but not too far).
- ▶ Enrich the model by considering the interconnections with other types of networks, e.g., maritime, rail, roads...
- ▶ Consider constraints on capacity, frequency and transportation modes, so the environment modeled will be closer to an actual one.

Auteure

Justine Castan
Doctorante

Encadrants

Olivier Péton
IMT Atlantique

Maria-Isabel Restrepo
IMT Atlantique

Juliette Médina
CRC Services



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom



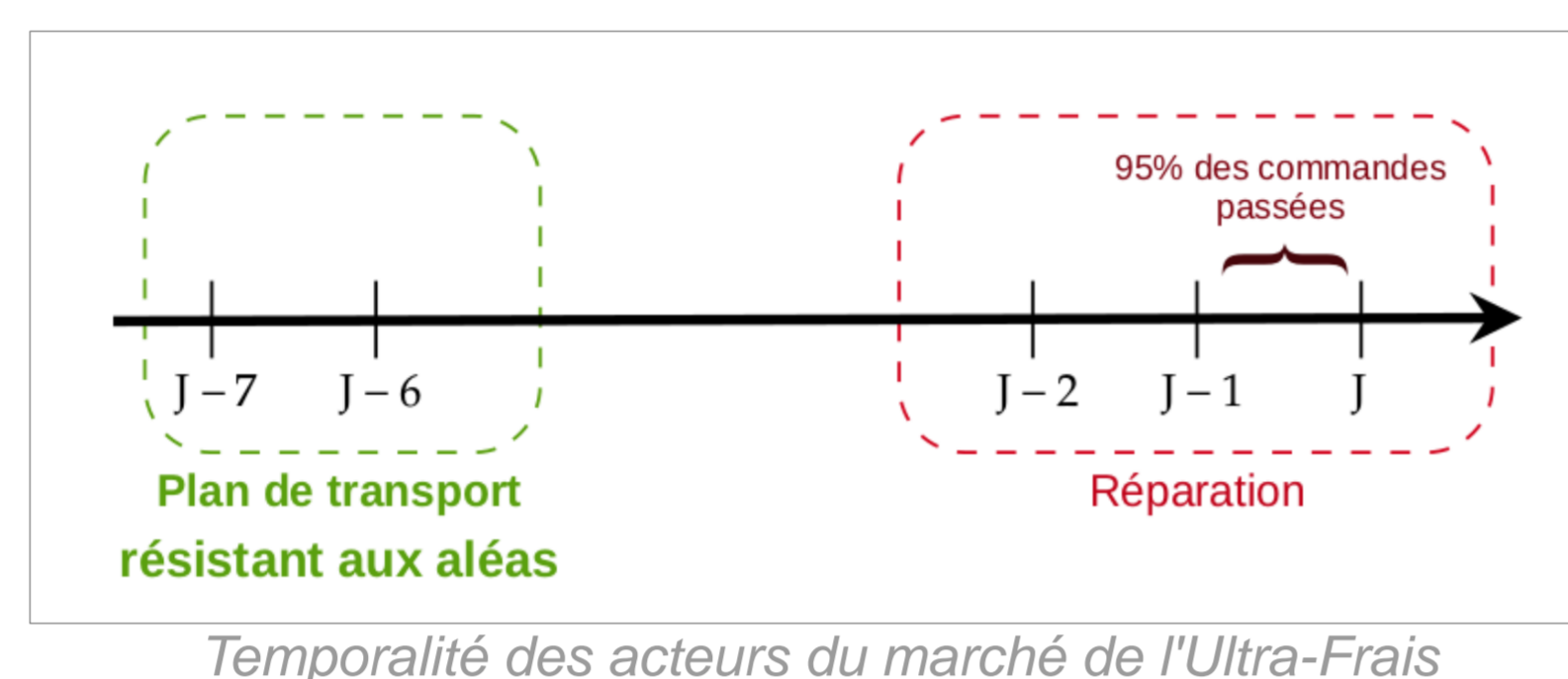
LABORATOIRE
DES SCIENCES
DU NUMÉRIQUE
DE NANTES



Modélisation
Optimisation
Décision



CRC Lab



Temporalité des acteurs du marché de l'Ultra-Frais

La mutualisation du transport de marchandises dans l'Ultra-Frais

Un marché du transport sous pression

- ▶ De plus en plus d'**aléas** dans la supply chain
- ▶ **Crise énergétique**
- ▶ **Inflation**
- ▶ Difficulté à trouver des **chauffeurs**

+ **Enjeu**: réduction des émissions de **gaz à effet de serre**

➔ **MUTUALISATION**

L'Ultra-Frais: un secteur en tension

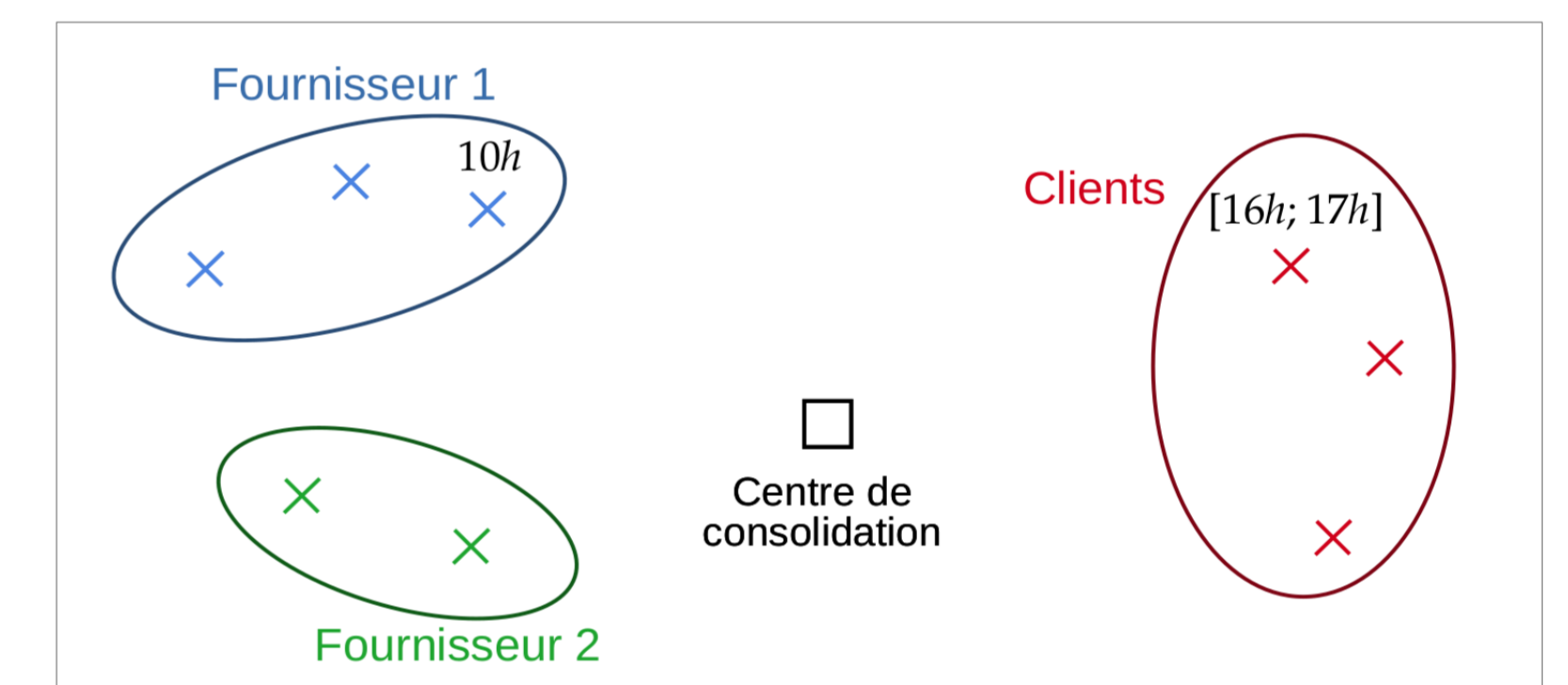
- ▶ Dates limites de consommation courtes → **Commandes à J-1 ou J** pour livraison à J
 - ▶ Commandes tous les jours: flux tendus
 - ▶ Organisation à S-1: préparation du **plan de transport** (parcours des commandes et des véhicules réservés) avec des **prévisions**
- Risque de propagation des aléas

➔ **PROBLÉMATIQUE**: Comment établir un plan de transport fiable pour un ensemble d'acteurs souhaitant mutualiser leurs flux alors qu'il y a une incertitude sur le volume de ces flux?

Un réseau logistique mutualisé

Structure

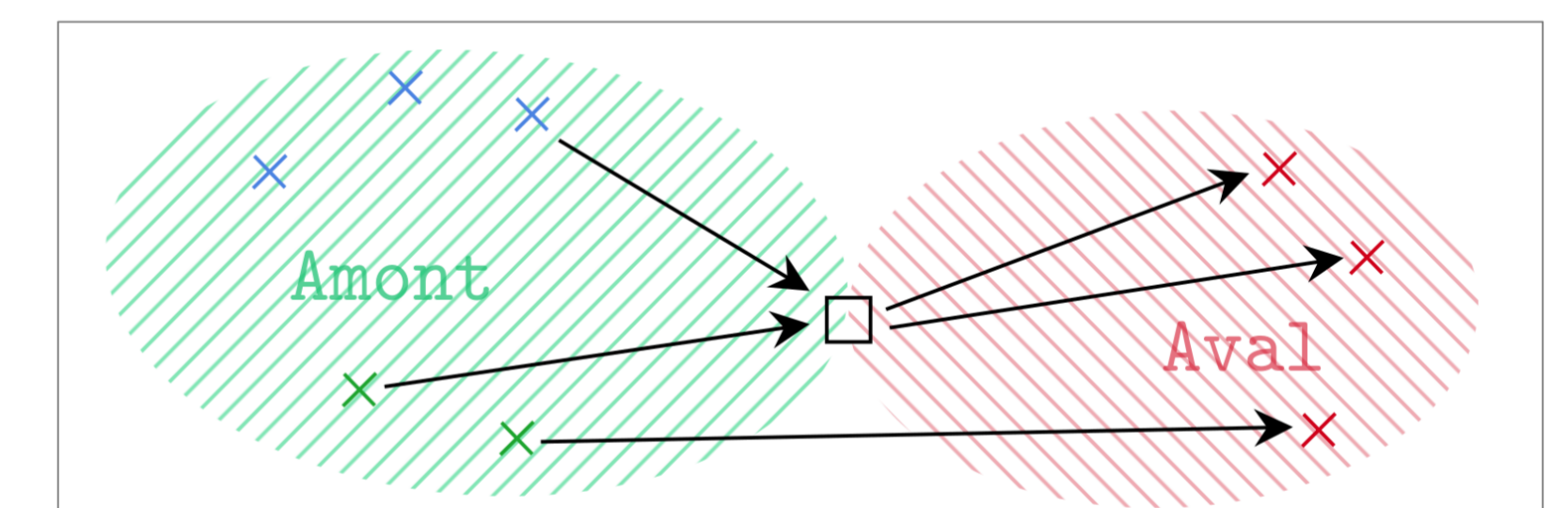
- ▶ Un **centre de consolidation** pour massifier les flux
- ▶ Plusieurs entrepôts par fournisseur
- ▶ Des **heures de mise à disposition** et des **fenêtres de livraison**



Structure générale du réseau

Modes d'envoi

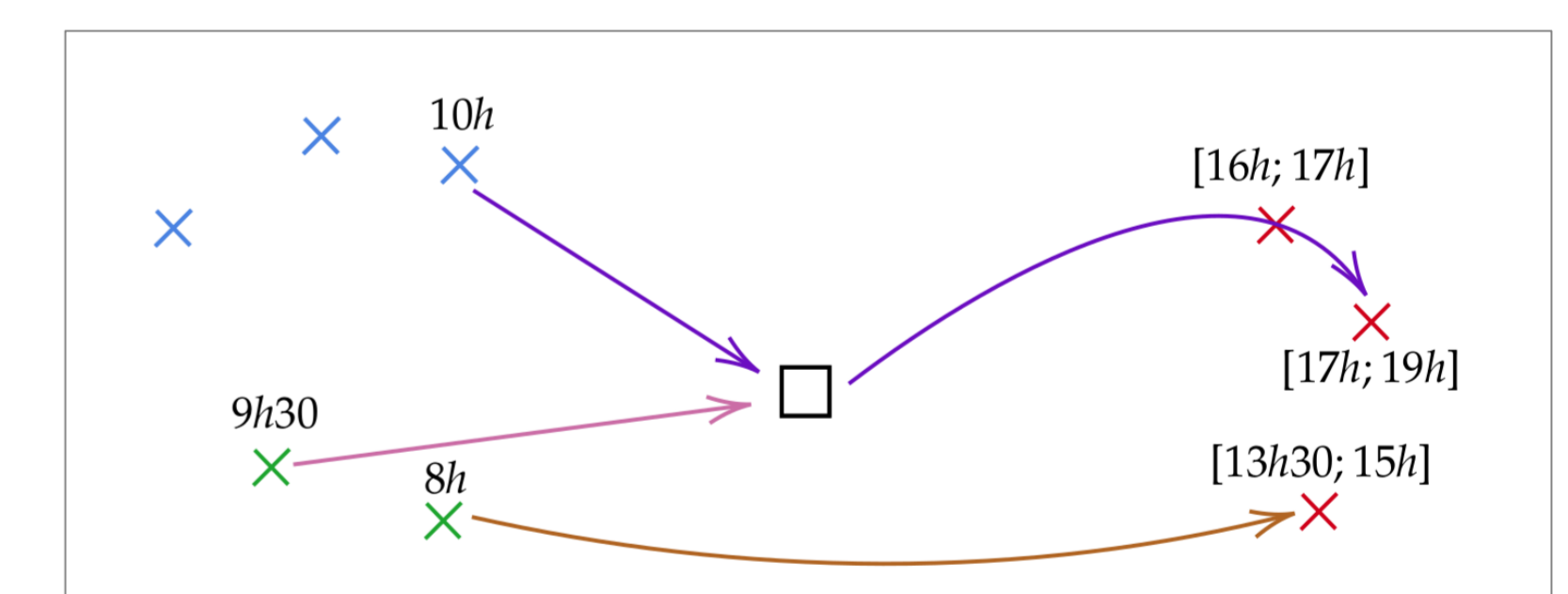
- ▶ Deux modes d'envoi:
 - **Direct**: sans passer par le centre de consolidation
 - **Mutualisé**: passage par le centre de consolidation (amont + aval)



Modes d'envoi et découpage du réseau

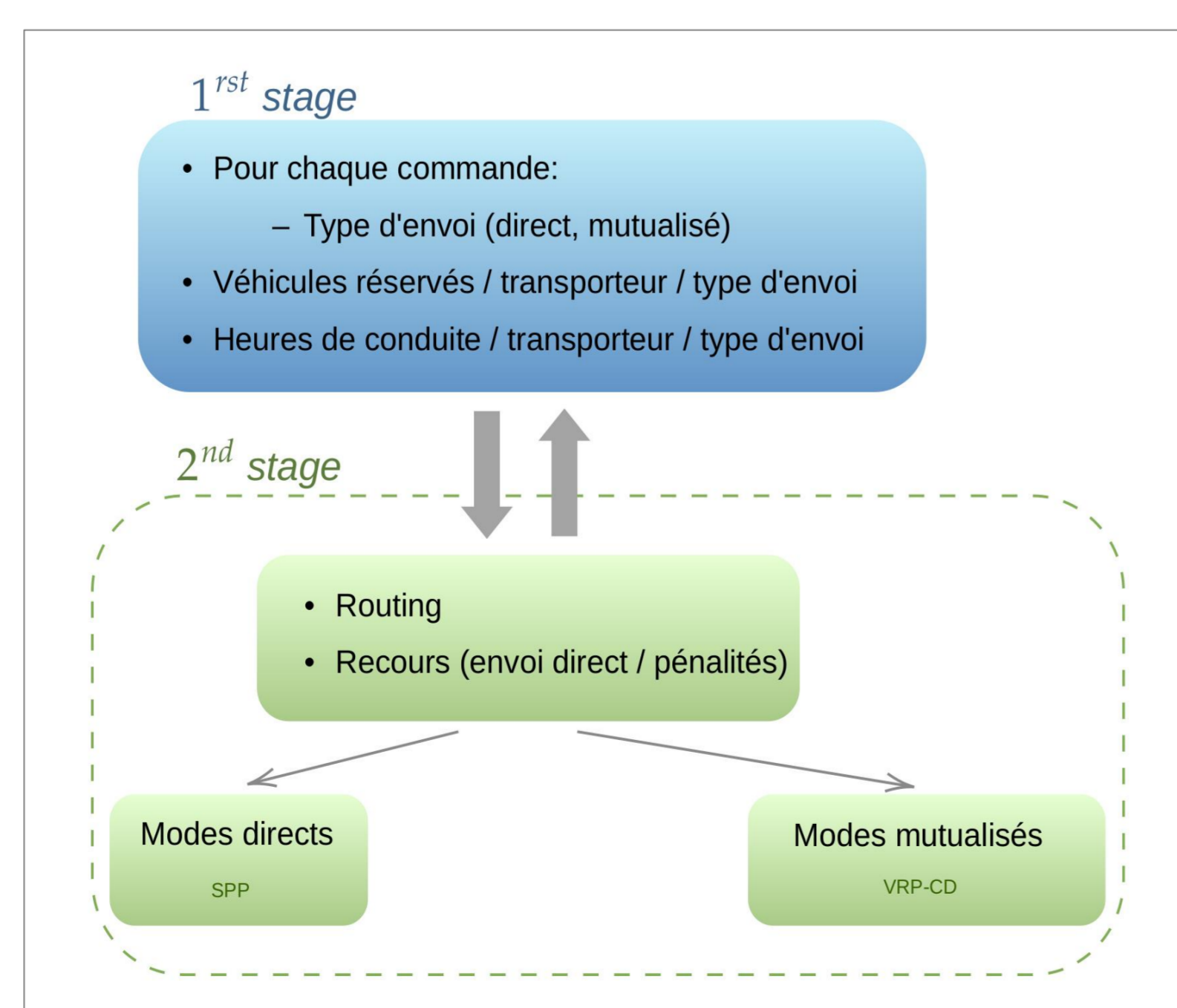
Plan de transport

- ▶ **Réservation de véhicules** auprès de **multiples transporteurs** avec des **flottes hétérogènes**
- ▶ **Coûts**:
 - Coûts fixes de réservation de véhicules
 - Coûts variables liés aux routes: distance, durée, quantités...
 - Coûts de passage à quai



Exemple de tournées possibles

➔ **OBJECTIF**: Livrer toutes les commandes à temps, quels que soient les volumes réels, tout en minimisant les coûts de transport



Décomposition proposée

Approche de résolution: décomposition en 2 niveaux

- ▶ Temporalité → Modèle **2-stage**
- ▶ **Historique de commandes** et des prévisions associées → **Scénarios**
- ▶ Réservation de véhicules + modes d'envoi des commandes = décisions immuables
- ▶ Estimation des heures de conduite par transporteur et mode d'envoi: lier les scénarios entre eux, organisation plus facile
- ▶ Recours:
 - Envoi de commandes en direct si manque de véhicules
 - Pénalités si mauvaise estimation des heures de conduite

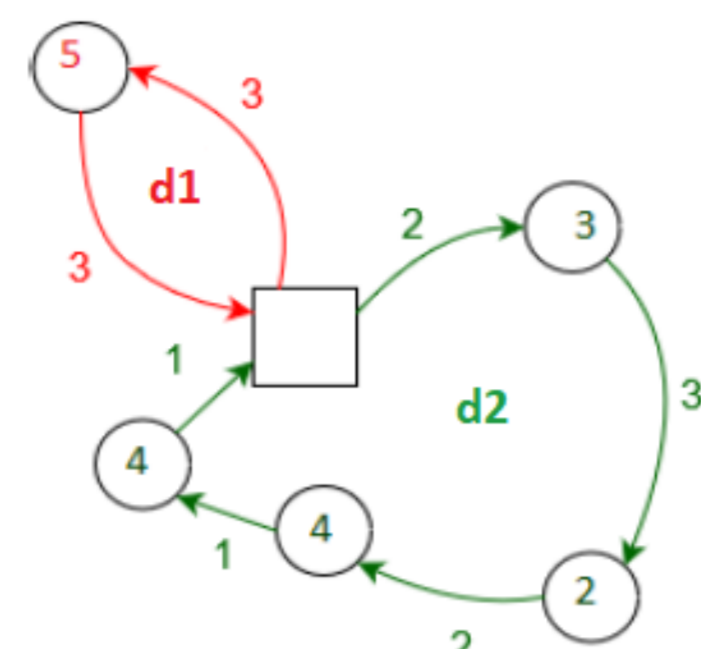
Perspectives ▶ Développement d'une **méthode de résolution** basée sur la décomposition proposée
▶ **Application** prévue avec des entreprises clientes de CRC Services

Contact : justine.castan@imt-atlantique.fr

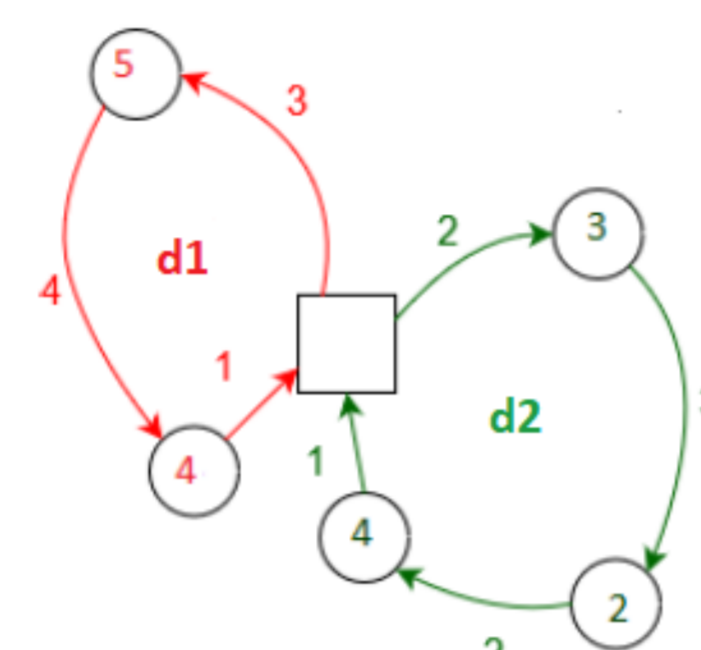
Workload equity in vehicle routing with a medium-term perspective

Context and problem description

- Gain of interest of [equity in the Vehicle Routing Problem \(VRP\)](#) literature [1]
- Common way of addressing equity in the routing context : balance vehicle routes when computing the routing plan on a daily basis
- Weaknesses of this approach :
 - Routing cost largely impacted
 - Perception that drivers may have of inequity is on a medium-term perspective (instead of a daily basis)
- [Test-bed problem selected in the field of healthcare logistics](#):
 - Patients need to be transported either from home to hospital or from hospital to home
 - A set of K drivers is available to provide transportation services on a time horizon of [several days](#) $[1, \dots, T]$
 - Patients requests are revealed day by day and each day, two decisions are made, [routing and assignment](#) of routes to drivers
 - Metric to balance fairly: route painfulness, a constant-sum metric (the sum of workload assigned to drivers remains constant for any solution)
- Objectives:
 - Propose [different solution frameworks](#) to ensure equity globally on the time horizon
 - Evaluate how addressing equity with this medium-term perspective allows [limiting its impact on routing costs](#) through extensive [numerical experiments](#) on a benchmark of realistic instances



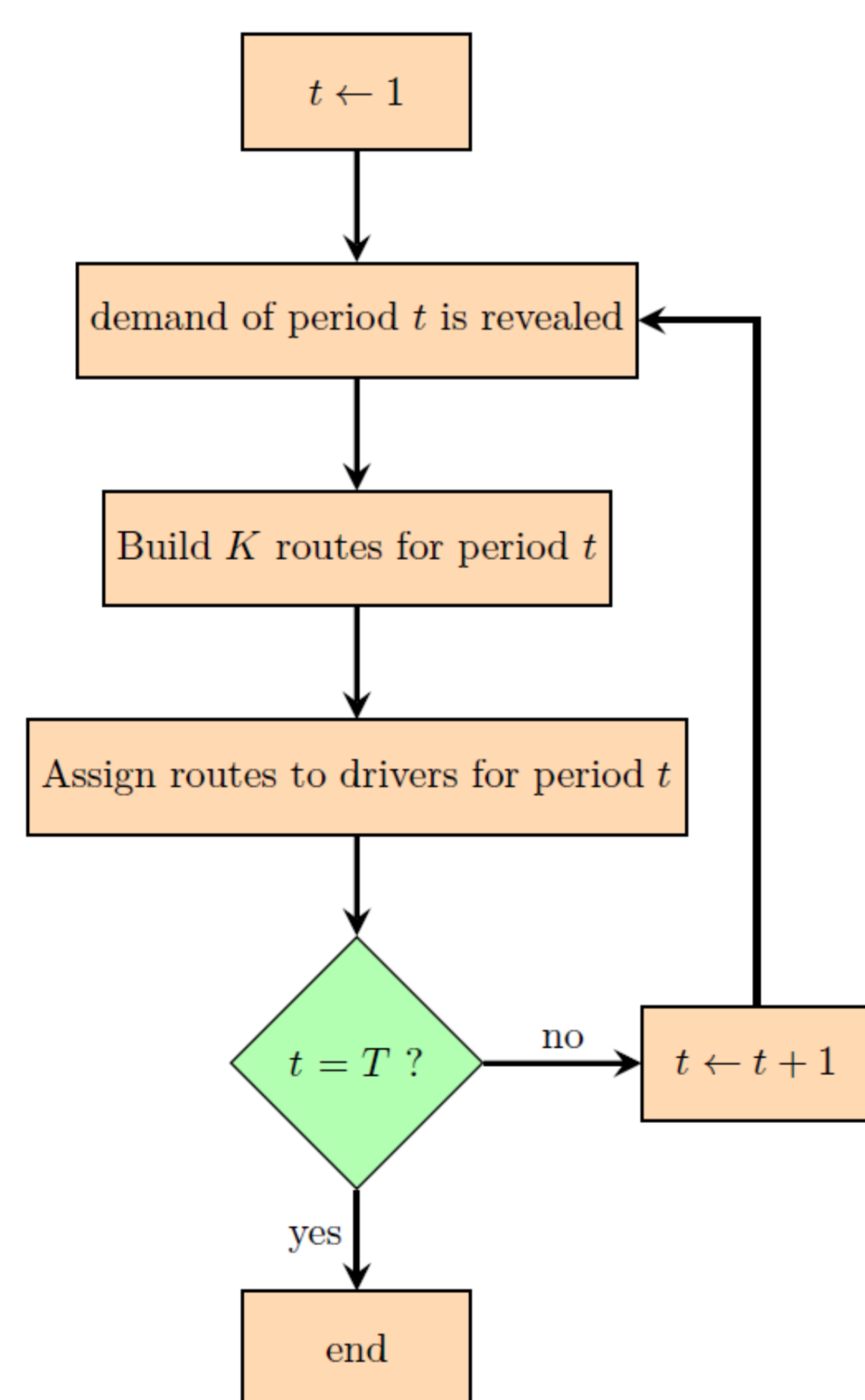
Solution S1



Solution S2

Two solutions for a daily routing problem

- **Solution S1**: routing cost = 15; drivers d1 and d2 serve 1 and 4 customers with costs 6 and 9 ([efficient solution](#))
- **Solution S2**: routing cost = 16; drivers d1 and d2 serve 2 and 3 customers with costs 8 and 8 ([equitable solution](#))



Decision process

Solution frameworks

- We propose [5 solution frameworks](#) which consist in sequentially solve daily routing problems and assign the built routes to drivers
- The same [assignment strategy](#) is used for all frameworks and is proven to be [optimal](#) with regards to the accumulative routes assigned to drivers up to the current day
- Frameworks only differ in the way equity is considered when solving the daily routing problems. Different [equity constraints are considered](#) in the routing problem
- The daily routing problem is formulated as a [set partitioning problem](#) and solved with a [branch-and-price](#) algorithm [2]. It is [adapted to suit every solution frameworks](#)

Numerical results and perspectives

- 30 realistic instances of 5, 10 and 20 days generated and tested with the 5 solution frameworks
- Solution frameworks are [compared based on different measures](#) among equity and routing cost
- Results highlight the [weaknesses and strengths](#) of each solution frameworks. Particularly, they show the [small impact on the routing cost](#) of the new solution frameworks (against the commonly used one) with effective equity measures
- Perspectives :
 - Investigate [variable-sum metrics](#) such as route cost
 - Consider a driver-dependant equity metric (e.g. [drivers with different perceptions](#) of patient painfulness)
 - Consider several transportation companies and propose equity between them in terms of profit

References

- [1] Matl, P., Hartl, R.F., Vidal, T., 2018. Workload equity in vehicle routing problems: A survey and analysis. *transportation Science* 52, 239–260
- [2] Agius, M., Absi, N., Feillet, D., Garaix, T., 2022. A branch-and-price algorithm for a routing problem with inbound and outbound requests. *Computers & Operations Research*, 105896

Partner school



Authors

Maxime Agius
Nabil Absi
Dominique Feillet
Thierry Garaix

Partners



Optimization of the hinterland in real-world container transportation

Artificial Intelligence for the optimization of real-world port logistics

Stakeholders



Authors

Diana Serhal Abi-Nader
Nabil Absi
Dominique Feillet
Thierry Garaix
Taki-Eddine Korabi

Partners



Context and Problem description:

- ▶ Intermodal container transportation growth
- ▶ Increase in CO2 emissions
- ▶ Tremendous delays
- ▶ All the supply chain is impacted: Gain losses
- ▶ Not much studied in the literature

PhD thesis under CIFRE with DMS Logistics:

- ▶ **Goal:** Optimize the hinterland while considering **real-world data** and **constraints**, to complete the literature with more practice-oriented models and help **DMS Logistics** in **optimizing the global port logistics chain**. More specifically, we address **drayage operations** which are container movements realized by trucks of transportation companies (DMS Logistics clients).

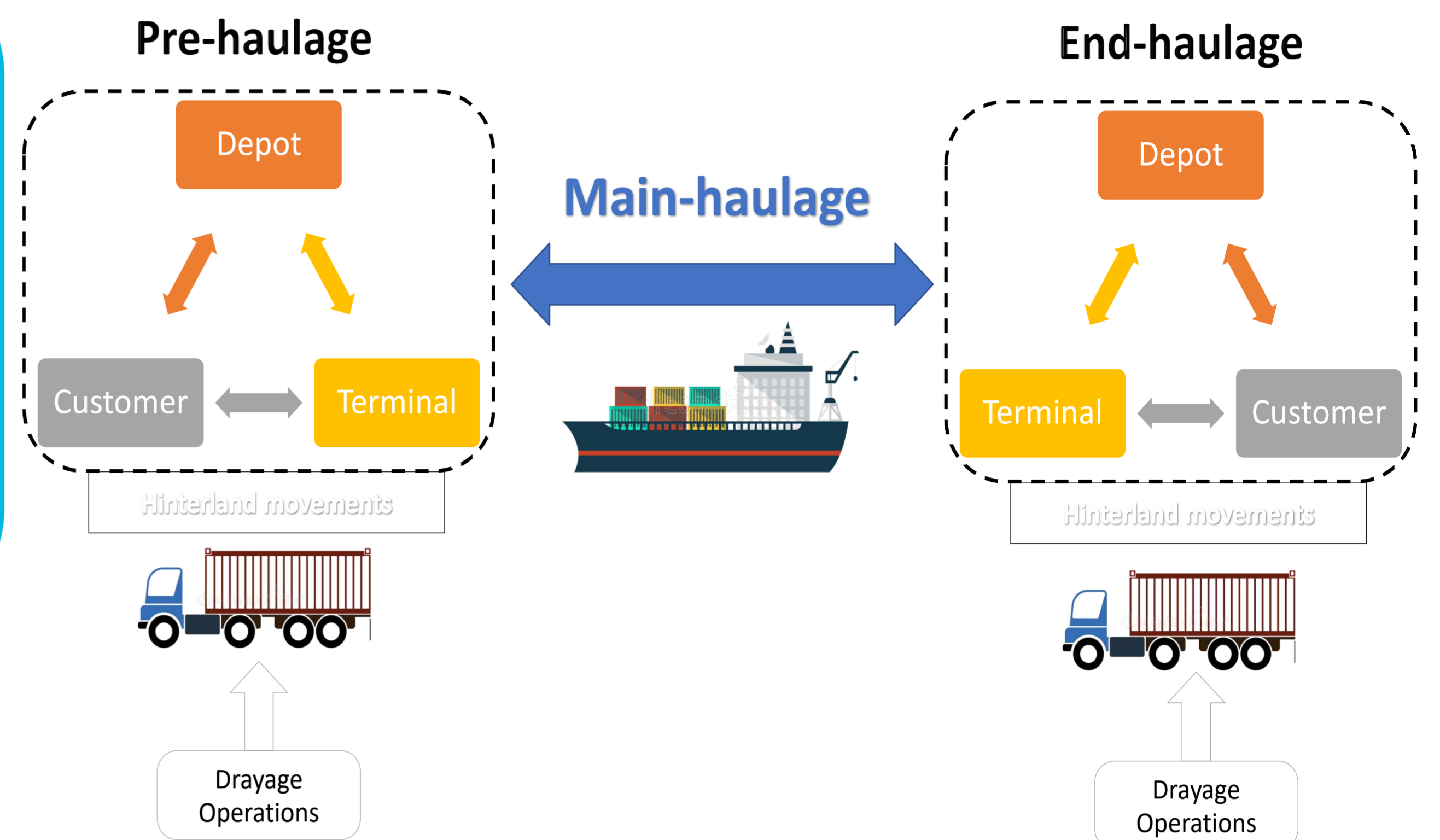


Figure 1: Intermodal transportation phases

Specificities of the problem:

Container missions can be (Figure 2):

- **Import requests:** a **full import** followed by an **empty repositioning**
- **Export requests:** an **empty supply** followed by a **full export**
- **Single requests:** any movement of an empty/full container

Import and export requests are composed of two single ordered requests with a **minimal time lag**, incurring **synchronization** for the same container when carried by a different truck (precedence constraint in Figure 3).

- ▶ The **fleet** as well as **container sizes** are **heterogeneous**.

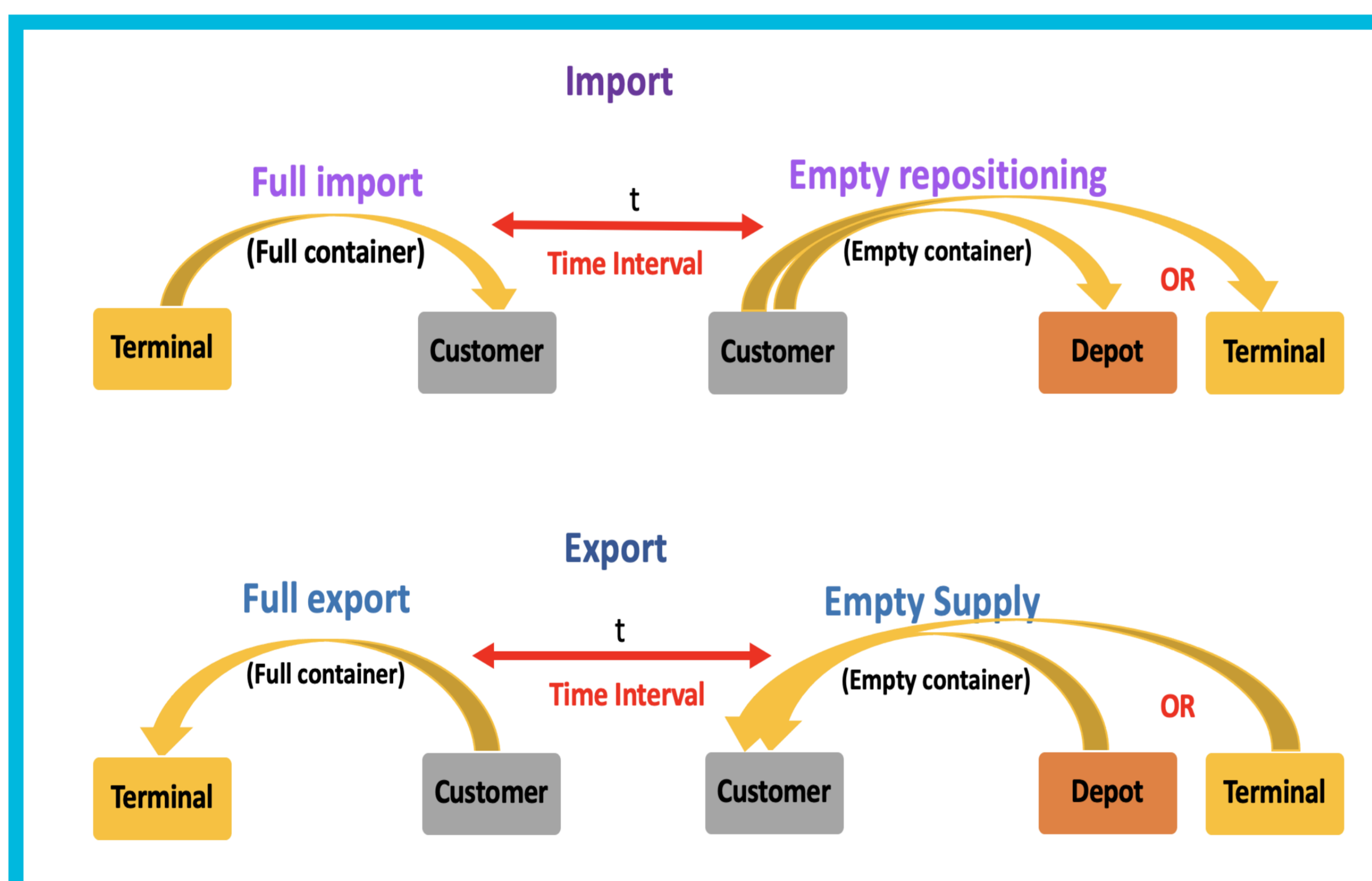


Figure 2: Type of container movements

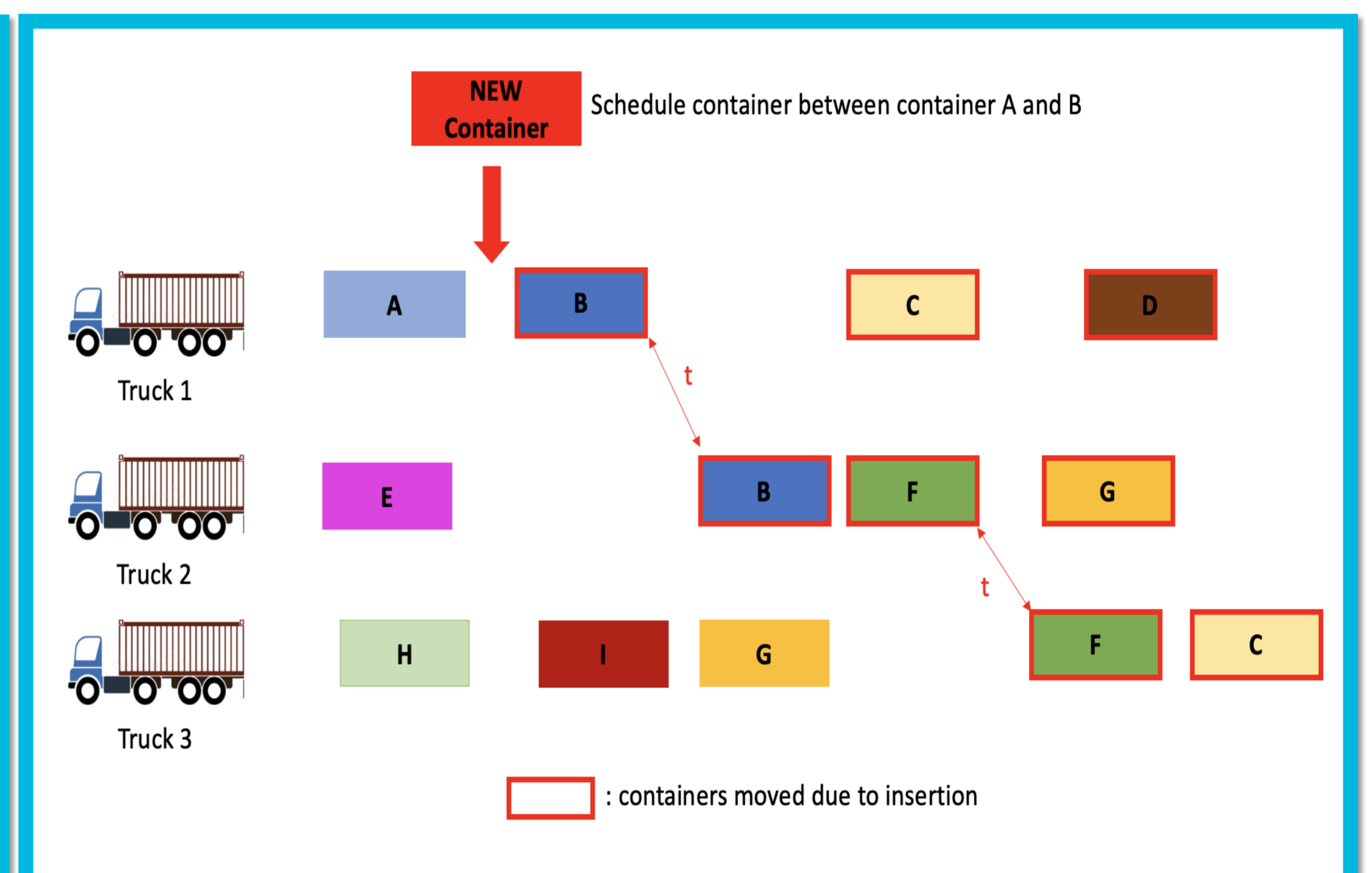


Figure 3: Rescheduling effect

Solution method:

We developed a **generalized** model to provide an **optimal planning** of a fleet of trucks to **serve a set of container missions**.

To solve large instances, we developed a dedicated **Large Neighborhood Search (LNS) heuristic**:

- destroy a part of the solution and repair with a **best insertion** procedure
- improve with **local search**
- iterate and control with **simulated annealing**

Conclusion:

- We formulated a **real-world drayage** problem taking into account **requests precedence constraints** as well as trucks and **containers heterogeneity**.
- We developed a **dedicated LNS heuristic** that served requests in **less than a minute**.

Perspective:

- Address terminal problems from which predicting the stochastic time of serving containers at terminals using Machine Learning techniques, optimize resources allocation, etc.

