

RÉSOLUTION PAR NÉGOCIATION DU PROBLÈME DE TRANSPORT À LA DEMANDE

flavien.balbo@emse.fr

Le transport à la demande consiste à construire l'offre sur la base des réservations des clients avec différentes modalités

Aujourd'hui

- ▶ Conception de tournées de minibus sur réservation
- ▶ Flotte de taxis individuels ou collectifs
- ▶ Flotte de VTC
- ▶ Covoiturage dynamique



Demain

- ▶ Flotte de véhicules autonomes (VA) ?
 - Limiter le nombre de véhicules particulier en circulation et à l'arrêt
 - Donner accès à la mobilité individuelle à tous
 - Optimiser les coûts

Problème : comment passer à l'échelle ?



CONTEXTE : PROBLÈME DU TRANSPORT À LA DEMANDE

DARP (Dial a Ride Problem) est un cas particulier du VRPPD (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery) (Cordeau 2007)

- Quelques travaux illustratifs des problèmes à traiter
 - ▶ **Selon la demande** : une partie des demandes apparaissent ou disparaissent dans la journée pour une population spécifique (heuristique d'insertion, maximiser le nombre de demandes acceptées (Vallee 2020); minimiser le retard global)
 - ▶ **Selon l'offre** : E-DARP avec la prise ne compte des contraintes de gestion de batterie (MILP + algorithme Branch and cut, minimiser le temps de parcours total des véhicules et supplémentaire pour les clients (Bongiovanni 2019))
 - ▶ **Combiner avec d'autres alternatives** : DARP-PV-AN pour combiner transport public avec quelques arrêts (Alternative Nodes) pour des demandes particulières traitées par des Véhicules Privées qui peuvent prendre d'autres passagers (MILP + algorithme mémétique, (Brevet 2019))

C. Bongiovanni, M. Kaspi, and N. Geroliminis. The electric autonomous dial-a-ride problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 122:436{456, 2019.

D. Brevet, C. Duhamel, M. Iori, and P. Lacomme. A dial-a-ride problem using private vehicles and alternative nodes. *Journal on Vehicle Routing Algorithms*, 2(2):89-107, 2019.

J.-F. Cordeau and G. Laporte. The dial-a-ride problem: models and algorithms. *Annals of Operations Research*, 153(1):29{46, June 2007.

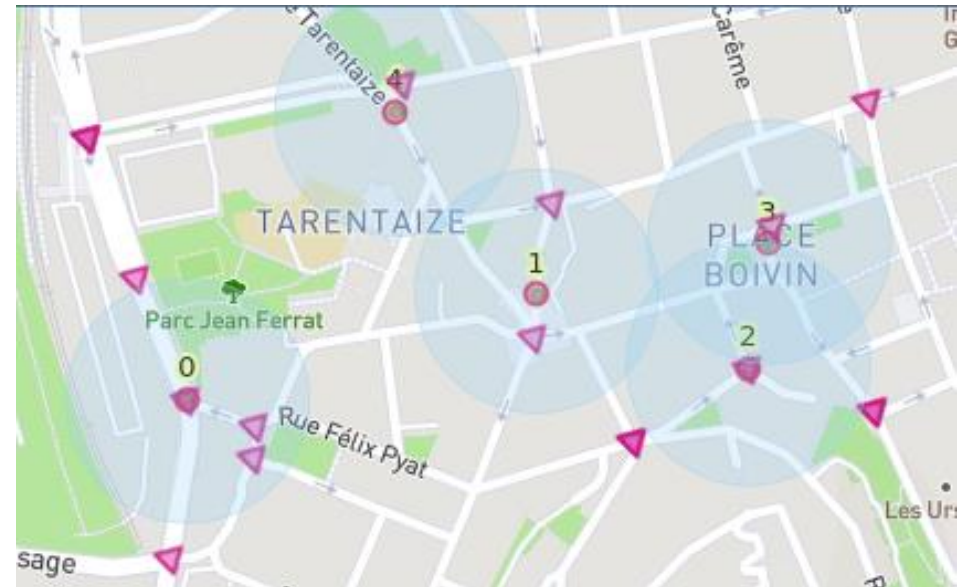
T. Gschwind and M. Drexler. Adaptive large neighborhood search with a constant-time feasibility test for the dial-a-ride problem. *Transportation Science*, 3(2):480{491, 2019

U. Ritzinger, J. Puchinger, Rudloff et al. Comparison of anticipatory algorithms for a dial-a-ride problem. *European Journal of Operational Research*, 2022, vol. 301, no 2, p. 591-608.

S. Vallee, A. Oulamara, and W. Cherif-Khettaf. New online reinsertion approaches for a dynamic dial-a-ride problem. *Journal of Computational Science*, 47, 2020.

Solution proposée

- Utiliser le paradigme multiagent de résolution de problèmes pour
 - ▶ Déléguer le processus de décision aux véhicules
 - ▶ Trouver un compromis décentralisé entre satisfaction du client et du véhicule
- Traiter le transport à la demande sous l'angle du problème d'allocation de ressources sous contraintes
 - ▶ spatio-temporelles
 - Véhicule : contraintes physiques
 - Demande : besoin client
 - ▶ fonctionnelles
 - Les véhicules sont des ressources non partageables
 - Les clients font leur demande quand ils le souhaitent
 - Les demandes ont une période de validité
- Intégrer dans la solution les dimensions d'ouverture et de dynamique de l'environnement



4 dimensions à modéliser selon l'approche Vowels

- **Agent** : modélisation des composants décisionnels du système
- **Environnement** : modélisation de ce qui n'est pas agent et ce qui supporte leur exécution/communication
- **Interaction** : modélisation des mécanismes d'influences entre agents
- **Organisation** : modélisation des règles du système

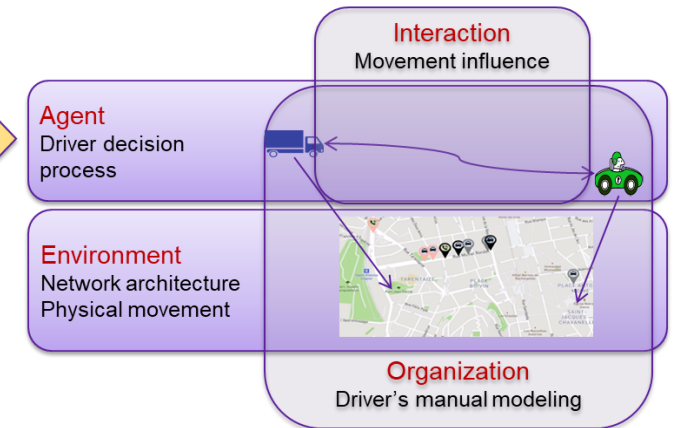
Nos hypothèses

- Aucune centralisation des données et/ou décision
- Aucune connaissance sur la demande
- Les demandes sont valides selon une fenêtre de temps
- Uniquement de la communication pair à pair (Vanet)



Real System: a transportation network

Modeling



Notre modélisation

Des agents véhicules autonomes (VA) organisés selon une flotte coopérative et qui s'influencent par messages sur un Vanet afin d'obtenir l'allocation globale la plus proche possible de l'optimale.

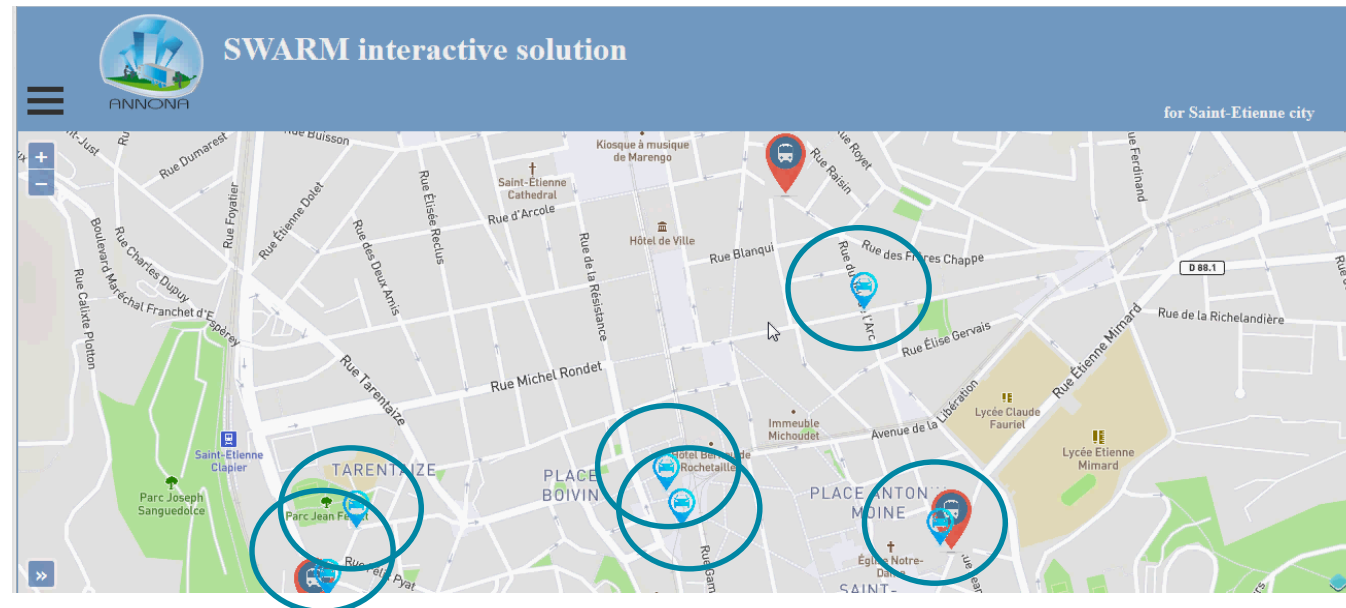
RÉSOLUTION : CRITÈRE EVALUATION

Qualité

- Qualité de service
 - ▶ Nombre de clients satisfait
 - ▶ Temps attente moyen
- Qualité du business
 - ▶ Minimiser le nombre de véhicules
 - ▶ Minimiser les trajets à vide

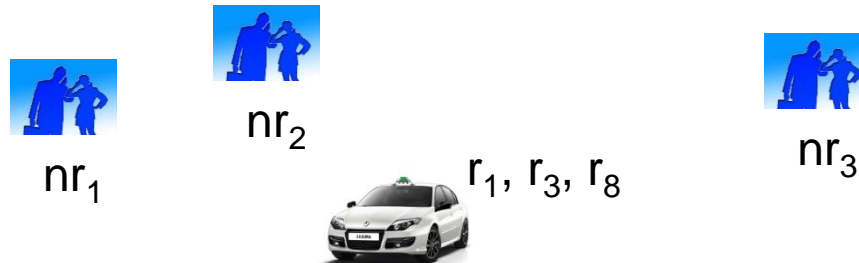
Passage à l'échelle

- Nombre de messages
- Temps d'exécution



Approche par marché (Thèse Alaa Daoud ; F. Balbo, P. Gianesi, G. Picard)

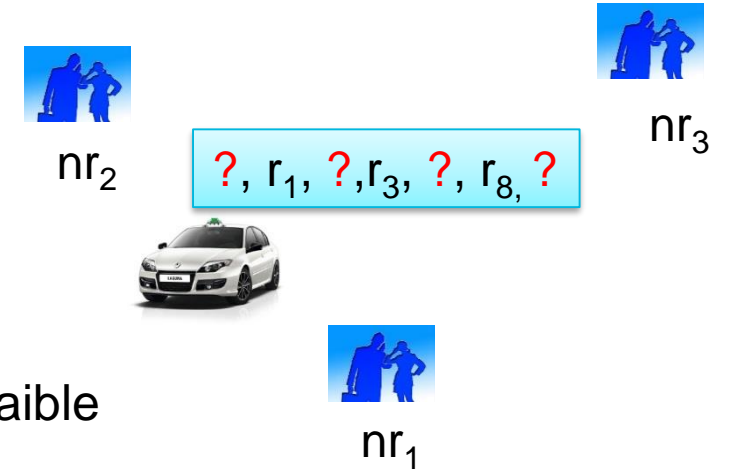
- Reprise des hypothèses et contraintes
- Calcul de tournées
- Mise en place d'un protocole d'enchère continue : vue d'ensemble
 - ▶ Chaque nouvelle demande d'un client donne lieu à une enchère parmi les véhicules possibles
 - Appartenant au même *Connected Set*
 - Pouvant satisfaire la demande dans sa fenêtre de temps
 - ▶ Chaque véhicule ne considère une enchère que pour sa nouvelle requête « préférée »
 - ▶ Chaque nouvelle allocation peut engendrer des remises en cause des allocations précédentes



RÉSOLUTION : MISE EN PLACE DES ENCHÈRES

Intérêt pour une requête

- Inverse du coût d'insertion
- Estimation dépendante du temps et de la position
- Classement des demandes selon cette priorité

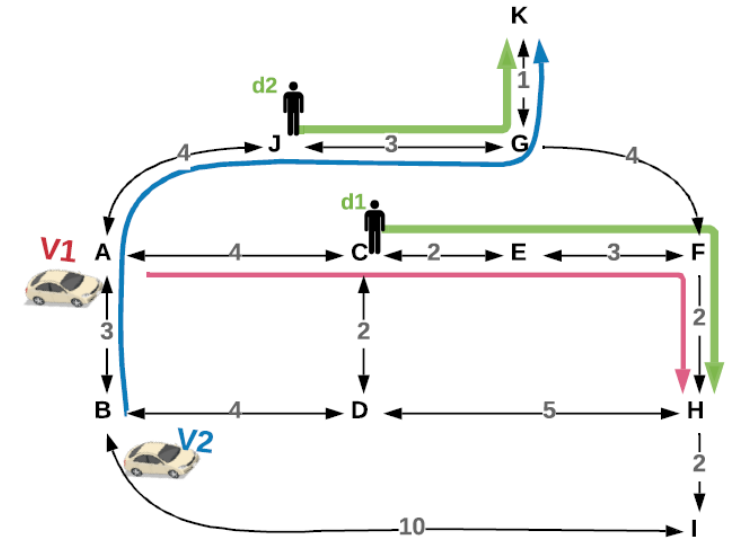


Enchère

- Choix de la demande : celle qui entraîne le coût marginal le plus faible
- Diffusion d'une offre de service aux autres VA en considérant
 - ▶ Le coût de la course
 - ▶ L'horaire de prise en charge du client
- Détermination du vainqueur
 - ▶ Chaque VA s'auto détermine vainqueur ou perdant selon les offres reçues après un certain temps (critère du coût)
 - ▶ Diffusion du résultat

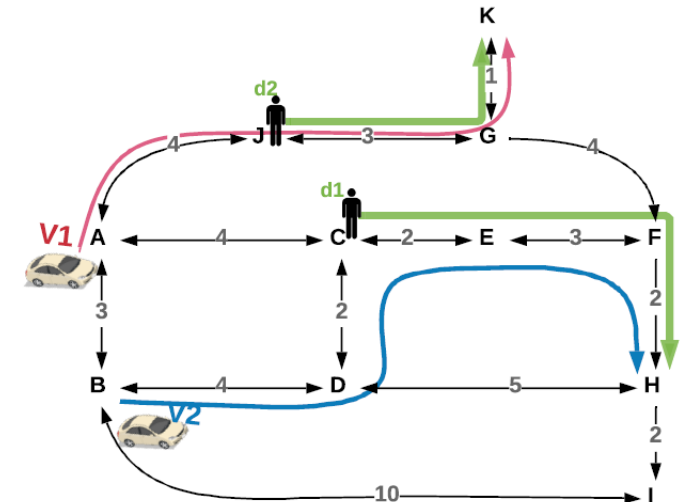
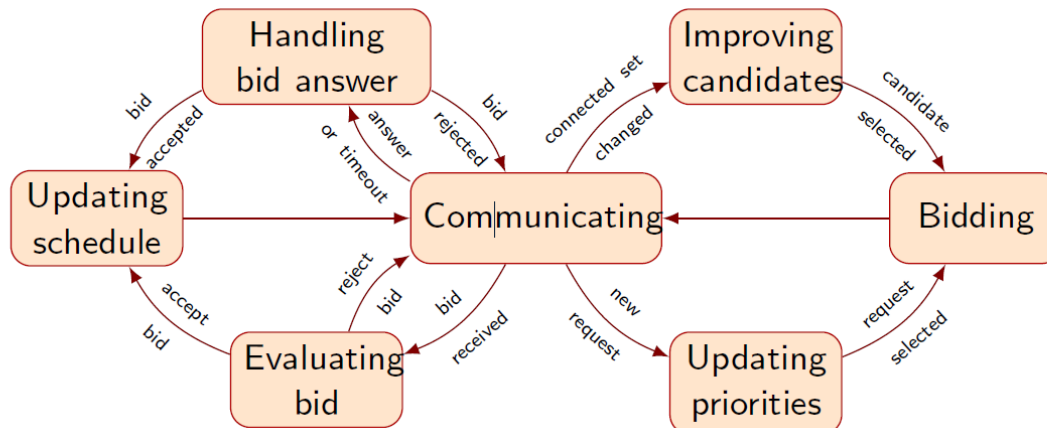
Les allocations réalisées mais non exécutées ne doivent pas bloquer les nouvelles

- Un VA doit pouvoir remettre en cause son planning pour une amélioration globale
- Un VA ne considère qu'une seule permutation pour éviter l'explosion combinatoire
- Il peut y avoir simultanément n permutations pour n VA.



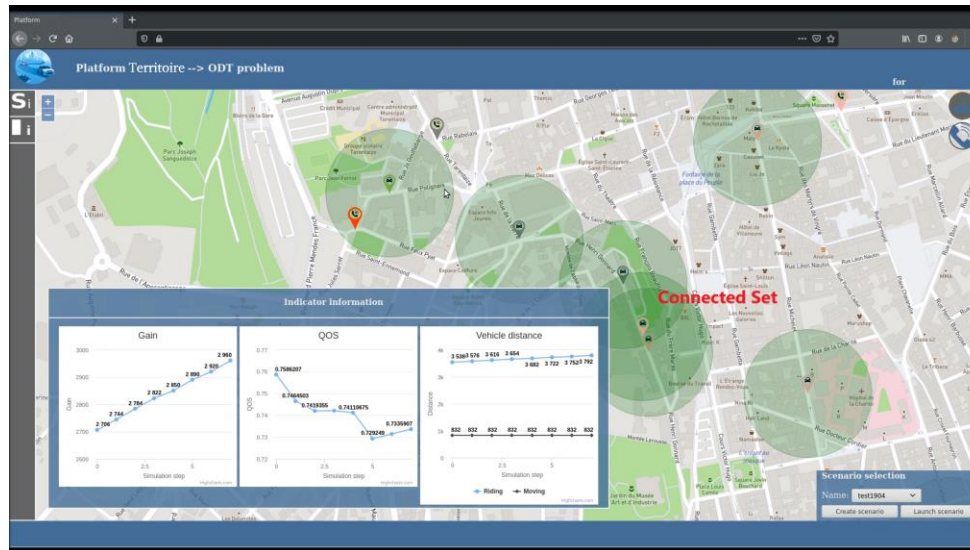
Pull-demand Protocole

- Complète le protocole d'enchère pour les anciennes demandes



Plateforme Territoire

- Plateforme de simulation et de communication
- Framework de comparaison
- Données synthétiques pour évaluer les propositions sur des scénarios contrôlés
- Data set Manhattan pour évaluer les proposition sur de vraies données
- Comparaison de solutions centralisées et décentralisées



Synthetic Scenarios

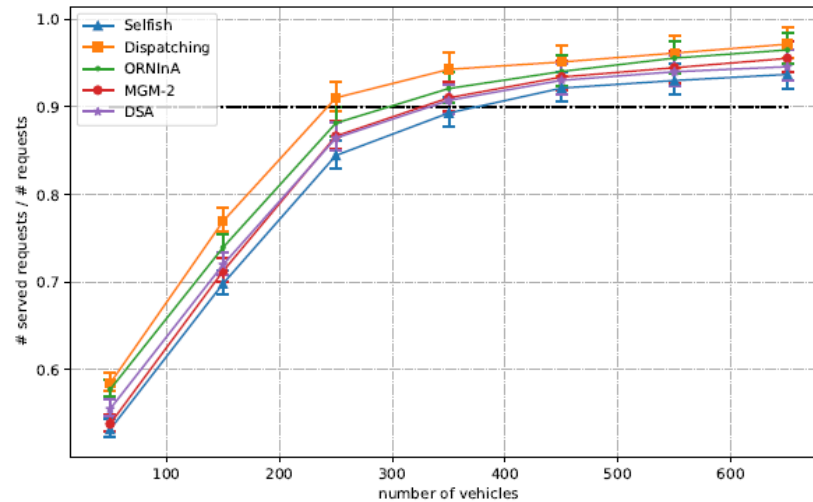
- Saint-Étienne road network
- 1400 edges, $|S| = 40$
- variable fleet size [4, 20]
- 100 ~ 1000 request per instance
- DSRC : 250m communication range
- Intel i7-8650U CPU @ 1.90GHz, with 32GB DDR4 RAM

Real-world Scenarios

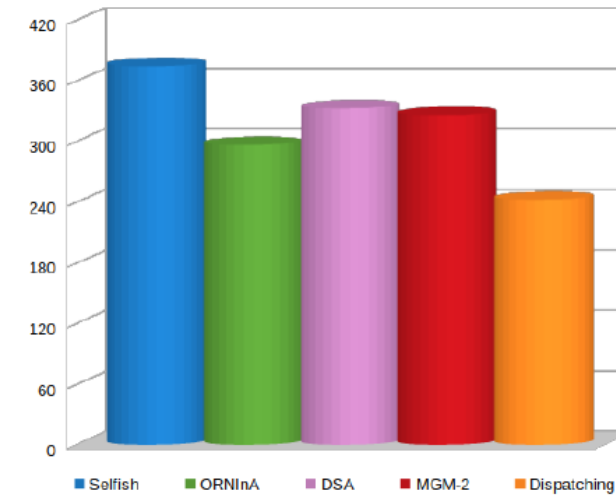
- NYC Road network (Manhattan)
- 4535 edges, $|S| = 100$
- variable fleet size [50, 650]
- 10k ~ 100k request per instance
- DSRC : 250m communication range
- Intel Xeon E-2146G CPU @ 3.50GHz with 32GB DDR4 RAM

CMs: Selfish, Dispatching, Market-based (ORNInA), DCOP (DSA-A & MGM-2)
Implementation: Java, IBM ILOG CPLEX, FRODO

Scénario Manhattan



Evolution of the Quality of Service



Required fleet size for 90% QoS

- A. Daoud, F. Balbo, P. Gianessi, G. Picard : *ORNInA: A decentralized, auction-based multi-agent coordination in ODT systems*. *AI Commun.* 34(1) : 37-53 (2021)
- A. Daoud, F. Balbo, P. Gianessi, G. Picard: A Generic Multi-Agent Model for Resource Allocation Strategies in Online On-Demand Transport with Autonomous Vehicles. *AAMAS 2021*: 1489-1491
- A Daoud, F. Balbo, P. Gianessi, G. Picard: Un modèle agent générique pour la comparaison d'approches d'allocation de ressources dans le domaine du transport à la demande. *JFSMA 2021*: 127-136
- A Daoud, F. Balbo, P. Gianessi, G. Picard: Decentralized Insertion Heuristic with Runtime Optimization for On-demand Transport Scheduling. *ATT@ECAI 2020*: 9-15
- G Picard, F. Balbo, O. Boissier: Approches multiagents pour l'allocation de courses à une flotte de taxis autonomes. *Rev. d'Intelligence Artif.* 32(2): 223-247 (2018)
- G. Picard, F. Balbo, O. Boissier: Approches multiagents pour l'allocation de courses à une flotte de taxis autonomes. *JFSMA 2017*: 75-84

Conclusion

- Démarche
 - ▶ Des contraintes fonctionnelles fortes : décentralisation, communication, demande
 - ▶ Une modélisation prenant en compte la dynamique et l'ouverture du système
 - ▶ Une modélisation support de différentes approches de résolution
- Résultats
 - ▶ Des solutions décentralisées pour un passage à l'échelle
 - ▶ Des solutions proches de l'optimale
 - ▶ Une implémentation support de la modélisation permettant une comparaison sans biais

Perspectives

- Lever la contrainte sur la demande
- Intégrer des contraintes relatives à l'électromotricité des taxis
- Développer de nouvelles stratégies