

# Approche décentralisée pour l'allocation de courses à la demande à une flotte de taxis autonomes

Flavien Balbo, Olivier Boissier, Gauthier Picard

MINES Saint-Étienne, Institut Henri Fayol, Laboratoire Hubert Curien UMR CNRS 5516, France  
{flavien.balbo,olivier.boissier,gauthier.picard}@emse.fr

**Mots-clés :** *allocation de ressources, systèmes multi-agents, optimisation distribuée, auto-organisation*

## 1 Le problème d'allocation de course à la demande

L'essor des véhicules autonomes, capables de communiquer de manière pair-à-pair, ainsi que l'engouement pour les solutions de transport à la demande, sont à l'origine de cette étude. Dans le cadre d'un partenariat avec le constructeur automobile Renault, nous nous intéressons à la mise en place d'une flotte de taxis électriques autonomes, pouvant répondre en l'absence de contrôle central à des demandes de courses dans une ville. Nous explorons les bénéfices et désavantages de différents comportements des taxis (non coopératifs, coopératifs, coordonnés) comparés à une solution faisant appel à un appariteur centralisé pour résoudre ce problème d'allocation de ressources dynamique et distribué.

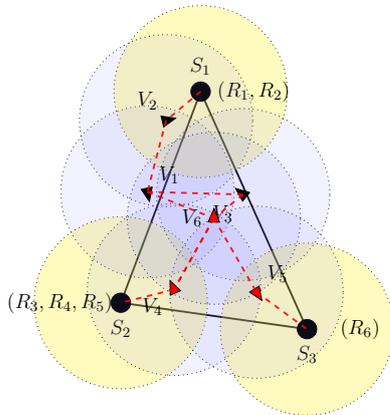


FIG. 1 – Exemple de RSP

Dans le scénario envisagé (voir figure 1), les requêtes  $R_i$  sont émises de manière non-déterministe <sup>1</sup> par trois sources  $S_j$ . Une requête est définie par sa source, sa destination, une fenêtre temporelle de validité, et des propriétés optionnelles (nombre de passager, siège enfant, etc.). Les taxis  $V_k$  sont mobiles, distribués et communiquent via un réseau intervéhiculaire adhoc (VANET, représenté en rouge) ou par réseau cellulaire (4G, non représenté car global). En fonction de leur comportement, les taxis pourront ou non échanger des informations sur les requêtes qu'ils connaissent, leur état ou leurs décisions. Nous souhaitons déterminer quelle configuration de la flotte (pour ce qui est de la taille, du comportement, du rayon de communication) permet d'atteindre une qualité de service d'au moins 90%. Nous avons modélisé ce problème, nommé RSP, en étendant le modèle d'allocation de ressources en ligne OLRA [2], par l'ajout de contraintes de communication limitée.

## 2 Modèles multi-agents

Nous optons pour une approche multi-agent, où chaque taxi est un agent devant prendre ses propres décisions en fonction des informations locales dont il dispose. Nous identifions deux processus pouvant être décentralisés : l'accès aux requêtes et l'allocation des requêtes aux taxis ; résultant en plusieurs types d'infrastructures. (1) *Requêtes centralisées et allocation centralisée* : les requêtes sont accessibles par un portail web et l'allocation est effectuée de manière optimale à chaque pas de temps, par programmation linéaire. (2) *Requêtes centralisées et allocation décentralisée* : les agents

1. nous ne disposons pas de modèle probabiliste de la répartition des requêtes

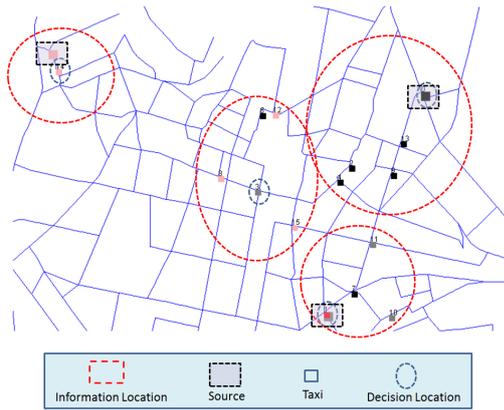


FIG. 2 – Les simulations ont effectué sur la carte de Saint-Étienne (données OpenStreetMap)

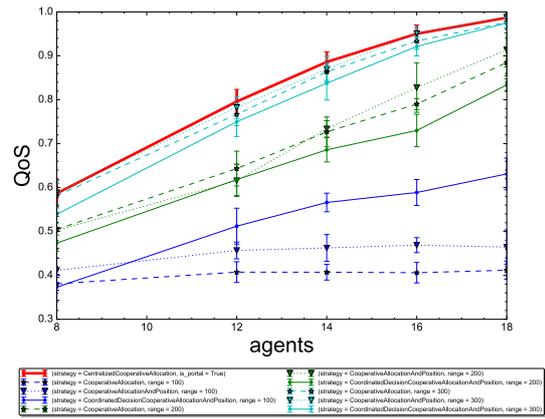


FIG. 3 – Qualité de service fournie en fonction du nombre de taxi pour plusieurs comportements étudiés

doivent décider par eux-mêmes de leur allocation. Comme les requêtes sont centralisées, lorsqu'un agent s'alloue une requête, elle n'est plus disponible pour les autres. (3) *Requêtes décentralisées et allocation partiellement centralisée* : les requêtes sont diffusées par le VANET et les agents étant directement ou indirectement connectés via le réseau se coordonnent optimalement en utilisant un processus d'optimisation sous contrainte distribué (DCOP) [1]. (4) *Requêtes décentralisées et allocation décentralisée* : les agents ne se coordonnent même pas pour décider des requêtes à satisfaire.

Les agents peuvent également coopérer ou non. (1) *Comportement non coopératif* : les agents ne diffusent que les requêtes qu'ils connaissent, et se dirigent vers la requête la plus urgente, qu'ils peuvent satisfaire. (2) *Comportement coopératif* : les agents diffusent les requêtes et des informations sur leur disponibilité (position où le véhicule sera à nouveau disponible après une course ou une recharge) pour pouvoir prendre des décisions plus informées. Enfin, indépendamment du comportement d'allocation, nous avons proposé deux stratégies de repositionnement lorsque les taxis sont libres.

### 3 Performance de la décentralisation

Nous avons étudié toute la palette de solutions possibles par combinaison de ces infrastructures, comportements d'allocation, et stratégies de repositionnement. Nous avons simulé ces solutions sur un environnement réaliste (cartographie OpenStreetMap, distributions de demande par pics, vitesse des véhicules, autonomie, temps de recharge, etc.), illustré en figure 2. Nous avons évalué les différents comportements des taxis, au travers de critères suivants : (i) optimalité (en terme de qualité de service, de temps moyen d'attente des passagers), de bénéfice); (ii) robustesse (lorsque les communications sont perturbée); (iii) passage à l'échelle (nombres de messages émis/reçus, temps de calcul). La figure 3 présente par exemple la qualité de service obtenue en fonction du nombre de taxis (agents), avec différents rayons de communication. Nous observons qu'un comportement coopératif (diffusion des requêtes et des états), même non coordonné, permet d'obtenir une qualité de service équivalent à celle d'une solution centralisé reposant sur un appareil, avec le même nombre de véhicules. L'avantage d'une solution décentralisé est également sa robustesse à la perte de messages lorsque les communications sont perturbées.

### Références

- [1] J. Cerquides, A. Farinelli, P. Meseguer, and S. D. Ramchurn. A tutorial on optimization for multi-agent systems. *The Computer Journal*, 57(6) :799–824, 2014.
- [2] Mahdi Zargayouna, Flavien Balbo, and Khadim Ndiaye. Generic model for resource allocation in transportation. application to urban parking management. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, 71 :538–554, 2016.