

Un modèle agent générique pour la comparaison d'approches d'allocation de ressources dans le domaine du transport à la demande

A. Daoud, F. Balbo, P. Gianessi, G. Picard
Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents
28 Juin - 30 Juin 2021
Bordeaux, France

1. Contexte et motivation

2. Contribution

3. Évaluation

4. Conclusion

Contexte et motivation

Transport à la demande

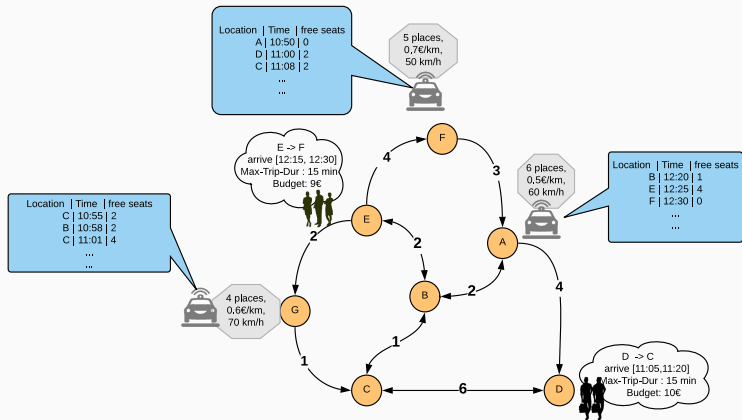
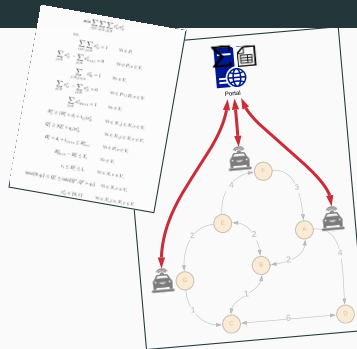


Figure 1: Dial A Ride Problem (DARP)



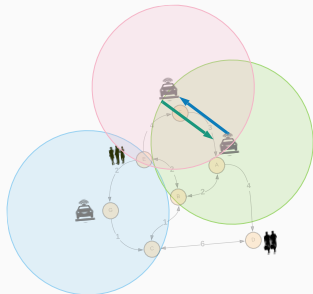
Répartition centralisée

- Les demandes sont centralisées dans un portail
- Modèles PLNE (Programmation Linéaire en Nombres Entiers)
 - ⇒ problème NP-difficile, manque de scalabilité
- Accès continu au portail
 - ⇒ coûteux, portail ressource critique (goulot)



Répartition décentralisée

- Décisions autonomes décentralisées
 - ⇒ besoin de protocoles de détection et résolution, ou d'évitement des conflits
- communication peer-to-peer (P2P)
 - ⇒ besoin d'un modèle de communication évolutif pour assurer le meilleur partage des informations



Un modèle multi-agents générique

- Autonomie : Chaque véhicule est un agent autonome (résolution de sous-problèmes)
- Dynamique : La solution globale est une accumulation dynamique de solutions locales
- Communication sous contrainte de connectivité : un modèle de communication évolutif.
 - Communication globale: \Rightarrow graphe complet
 - Peer-to-Peer dans un rayon de connexion limité : \Rightarrow graphe incomplet
- Généricité : Abstraction du comportement de l'agent :
 \Rightarrow adaptable à différentes méthodes de solution

Contribution



- modèle générique pour le problème d'allocation dynamique des ressources de l'ODT
- Extension du modèle OLRA (Online Localized Resource Allocation) [Zargayouna et al., 2016]. en considérant les flottes de véhicules autonomes (AV) avec des contraintes de communication.

$$\text{AV-OLRA} := \langle \mathcal{R}, \mathcal{V}, \mathcal{G}, \mathcal{T} \rangle$$

- \mathcal{R} : ensemble dynamique de requêtes
- \mathcal{V} : flotte de m véhicules
- \mathcal{G} : graphe définissant le réseau routier
- \mathcal{T} : l'horizon temporel du problème

Portée de la communication et connexion directe

Les véhicules communiquent dans un rayon de communication limité

$$d_ctd : \mathcal{V} \times \mathcal{V} \times \mathcal{T} \rightarrow \{0, 1\}$$

définit si deux véhicules sont connectés directement l'un à l'autre

$$d_ctd(v_1, v_2, t) = \begin{cases} 1, & \text{distance}(\text{loc}_{v_1}^t, \text{loc}_{v_2}^t) \leq \min(\text{rng}_{v_1}, \text{rng}_{v_2}) \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

Connexion transitive

Pour maximiser leur connexion, deux véhicules peuvent être connectés de manière transitive

$$\text{ctd} : \mathcal{V} \times \mathcal{V} \times \mathcal{T} \rightarrow \{0, 1\}$$

généralise le d_ctd avec la connexion transitive.

$$\text{ctd}(v_1, v_2, t) = \begin{cases} 1, & \text{d_ctd}(v_1, v_2, t) \text{ or } \exists v' : \text{ctd}(v_1, v', t) \wedge \text{ctd}(v', v_2, t) \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

Ensembles connectés

Un ensemble connecté est un ensemble d'entités qui sont connectées de façon directe ou transitive.

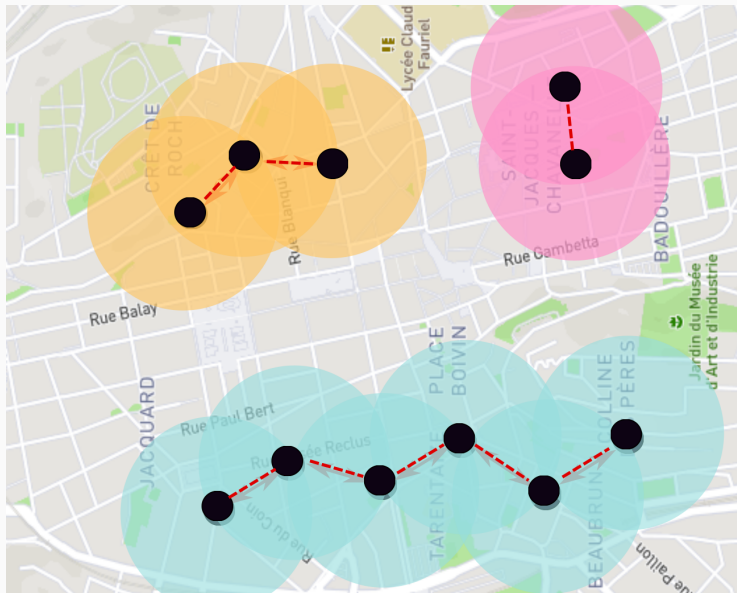
$$CS : \mathcal{V} \times \mathcal{T} \rightarrow P(\mathcal{V})$$

$$CS(v, t) = \{v' \in \mathcal{V} | ctd(v, v', t)\}$$

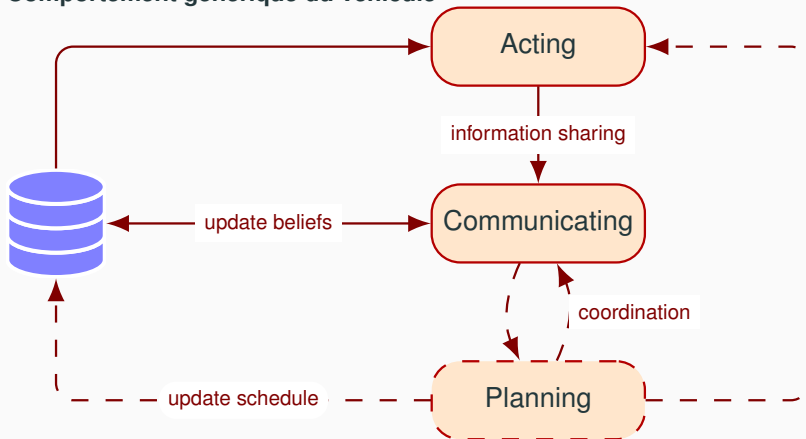
Les ensembles connectés sont des entités dynamiques ; ils sont créés, divisés, fusionnés pendant l'exécution en fonction du mouvement des véhicules.

Un véhicule v peut communiquer au temps t par messages diffusés à tous les membres de son ensemble connecté (broadcast) ou envoyés à un destinataire spécifique (faisant partie de l'ensemble)

Communication entre véhicules (cont.)



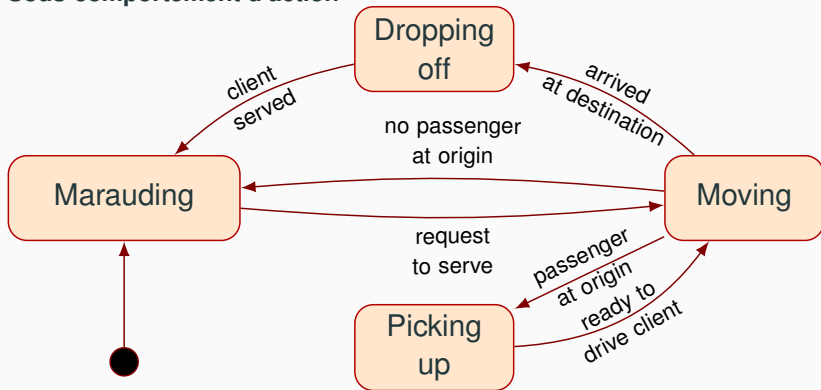
Comportement générique du véhicule



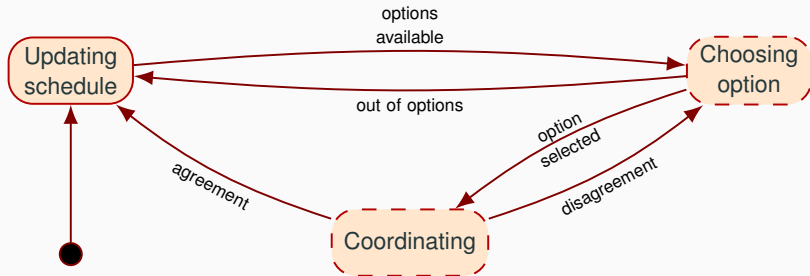
Sous-comportement de communication

- $\text{join}(c)$: l'agent se joint au CS c du fait qu'il se trouve dans le rayon de communication d'au moins l'un de ses membres ;
- $\text{leave}(c)$: l'agent quitte le CS c car il n'est plus dans le rayon de communication d'aucun de ses membres ;
- $\text{send}(m, a)$: l'agent envoie un message m à un autre agent a faisant partie de son même CS ;
- $\text{receive}(m)$: l'agent reçoit un message m d'un autre agent de son CS (une fois reçu et lu, le message est stocké dans la base de croyances de l'agent) ;
- $\text{broadcast}(m)$: similaire à $\text{send}(m, a)$ mais ici l'agent ne spécifie pas l'agent récepteur, il diffuse plutôt le message à l'ensemble des membres de son CS.

Sous-comportement d'action



Sous-comportement de planification



Une solution pour AV-OLRA est définie comme l'accumulation des répartitions de tous les véhicules d'un ensemble connecté CS, aux requêtes connues à chaque instant par les membres de CS, et ce, pour chaque ensemble connecté CS tout au long de son existence".

Les méthodes de solution dépendent principalement du mécanisme de coordination (CM) adopté :

$$CM := \langle DA, AC, AM \rangle$$

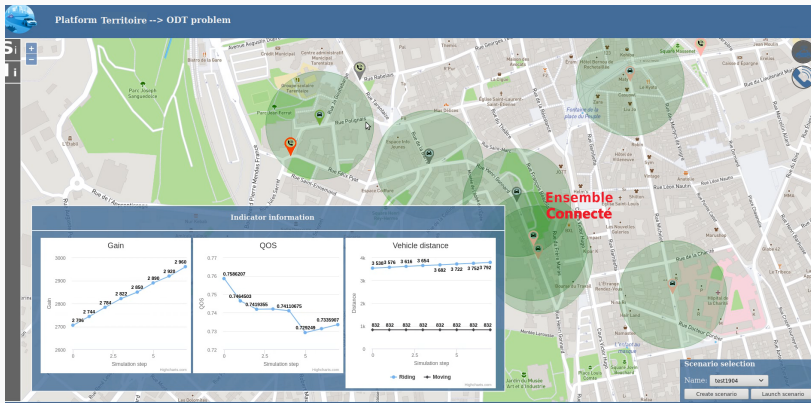
- *DA* : autonomie de décision \Rightarrow centralisé (*C*) / décentralisé (*D*)
- *AC* : niveau de coopération \Rightarrow partage (*S*) / sans partage (*N*)
- *AM* : processus d'allocation \Rightarrow *GREEDY* / *MILP* / *DCOP* / *AUCTIONS*

mecanismes de coordination implémentés

- *Égoïste*: $\langle D, N, \text{GREEDY} \rangle$ [van Lon et al., 2012]
- *Répartiteur*: $\langle C, S, \text{MILP} \rangle$ [El Falou et al., 2014]
- *Enchères*: $\langle D, S, \text{AUCTIONS} \rangle$ [Daoud et al., 2021]
- *DCOP*: $\langle D, S, \text{DCOP} \rangle$
 - MGM-2 [Pearce and Tambe, 2007]
 - DSA, variante A, $p = 0.5$ [Zhang et al., 2005]

Évaluation

Simulateur de transport (Plateforme Territoire)



Réseau urbain : un même réseau urbain pour toutes nos expériences

- entre (45.4325,4.3782) et (45.437800,4.387877)
- extrait d'Open Street Map (OSM)
- post-traité pour produire un graphe formé de 71 arcs
- 40 sources (un ensemble spécifique de lieux de pris en charge et de dépôt)

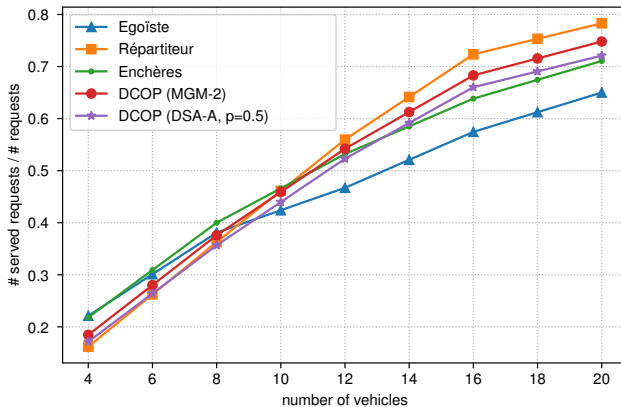
Communication : La communication P2P entre véhicules via la communication dédiée à courte portée (DSRC) - portée de communication réaliste de 250 mètres.

Execution : Le système multi-agents et le simulateur sont implémentés en Java

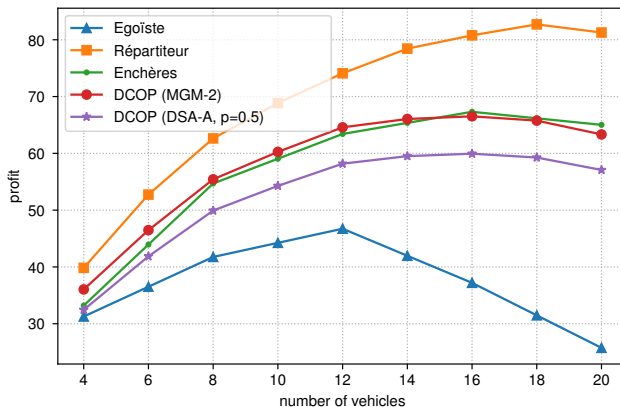
Tous les scénarios ont une durée de 1000 cycles
processeur Intel(R) Core(TM) i7-8650U à 1.90 GHz
32 Go de RAM DDR4.

DCOPs mis en œuvre sous FRODO [Léauté et al., 2009]

Évolution de la QoS



Évolution de la QoB



Statistiques des coûts de communication et de prise de décision

	max	avg	msg per	comm.	reschedule
Coordination	msg size	msg size	agent	load	rate
Egoïste	140	88	6	2.21 MB	2.0
Répartiteur	3500	168	21	11.2 MB	3.0
Enchères	140	112	53	37.7 MB	1.5
DCOP(MGM-2)	210	25	5040	297.6 MB	12.0
DCOP(DSA-A)	236	20	5015	75.1 MB	13.0

Conclusion

Notre contribution

- Un modèle multi-agent du système ODT
- Un modèle générique pour les méthodes de solution
- Mise en œuvre d'une variété de mécanismes de coordination
- Comparaison préliminaire de leurs performances et de leur robustesse

Travaux en cours et futurs

- Évaluation avec des ensembles de données du monde réel (NYC-TLC)
→ évaluation systématique sur un scénario réel
- Exploration de l'orientation des méthodes de prédiction ML
→ demandes déterministes
- Exploration de la direction de l'explicabilité
→ fournir des recommandations transparentes pour les méthodes de solution et les paramètres appropriés pour les différentes instances du problème

Des Questions?



Daoud, A., Balbo, F., Gianessi, P., and Picard, G. (2021).

Ornina: A decentralized, auction-based multi-agent coordination in odt systems.

AI Communications, .:1–17.



El Falou, M., Itmi, M., El Falou, S., and Cardon, A. (2014).

On demand transport system's approach as a multi-agent planning problem.

In *2014 International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, pages 53–58, Tunis, Tunisia. IEEE, IEEE.



Léauté, T., Ottens, B., and Szymanek, R. (2009).

FRDO 2.0: An open-source framework for distributed constraint optimization.

In *Proceedings of the IJCAI'09 Distributed Constraint Reasoning Workshop (DCR'09)*, pages 160–164, Pasadena, California, USA.

<https://frodo-ai.tech>.



Pearce, J. P. and Tambe, M. (2007).

Quality guarantees on k-optimal solutions for distributed constraint optimization problems.

In Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'07, page 1446–1451, San Francisco, CA, USA.

Morgan Kaufmann Publishers Inc.



van Lon, R. R., Holvoet, T., Vanden Berghe, G., Wenseleers, T., and Branke, J. (2012).

Evolutionary synthesis of multi-agent systems for dynamic dial-a-ride problems.

In Proceedings of the fourteenth international conference on Genetic and evolutionary computation conference companion - GECCO Companion '12, page 331, Philadelphia, Pennsylvania, USA. ACM Press.



Zargayouna, M., Balbo, F., and Ndiaye, K. (2016).

Generic model for resource allocation in transportation. application to urban parking management.

Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 71:538 – 554.



Zhang, W., Wang, G., Xing, Z., and Wittenburg, L. (2005).

Distributed stochastic search and distributed breakout: properties, comparison and applications to constraint optimization problems in sensor networks.

Artificial Intelligence, 161(1):55 – 87.

Distributed Constraint Satisfaction.