www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

# PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : PERFECT: PErformant and Robust read-to-fly FIEet ConfiguraTion: from Robot to Mission Plan**

Référence : **TIS-DTIS-2024-15**
*(à rappeler dans toute correspondance)*

| | |
|---|---|
| **Début de la thèse :** 01/10/2024 | **Date limite de candidature :** 15/09/2024 |

**Mots clés** Configuration, système multi-agent, recherche opérationnelle, performance, robustesse

**Profil et compétences recherchées**

Bac +5 avec spécialisation en RO ou en SMA

**Présentation du projet doctoral, contexte et objectif**

Avec l'autonomie croissante des robots terrestres, aériens ou maritimes, les flottes de robots sont aujourd'hui utilisées pour de nombreux types de mission. C'est par exemple le cas de la livraison de colis, des taxis volants, de l'exploration de zones, de mission de sauvetage ou de l'intervention sur des lieux de catastrophe. Certaines de ces applications nécessitent des flottes de robots hétérogènes, *i.e.* qui ont des capacités différentes, *e.g. détecter*, *communiquer*, *observer*, *se déplacer*, *etc*. Par exemple, une mission d'exploration peut requérir la collaboration de robots terrestres ayant au moins la capacité *se déplacer* et de drones ayant au moins la capacité *observer*.

La réussite d'une mission multi-robots repose, entre autres, sur la configuration de la flotte réalisant la mission [1]. Par configuration, nous entendons le dimensionnement de la flotte, mais également le choix de l'ensemble des équipements de chaque robot, lui conférant certaines capacités. Ce problème soulève de nombreux sujets de recherche tels que (1) la représentation/modélisation de connaissances de configuration (langage compact de modélisation), (2) l'élicitation des contraintes (ce qui est autorisé ou interdit) et des critères (ce qui est préféré) qui s'appliquent, à la fois à la configuration de la flotte et à chaque robot la composant, mais encore (3) le développement d'algorithmes pour générer des solutions optimales ou tout du moins de bonne qualité.

Un aspect important pour une flotte multi-robot est que celle-ci soit performante et robuste pour la mission qu'elle devra réaliser. Par exemple, pour une mission de type livraison de colis, la performance de la flotte peut être définie par le temps nécessaire pour réaliser toutes les livraisons et sa robustesse par la capacité de la flotte à réaliser la mission malgré la panne d'un ou plusieurs robots avec une moindre perte de performance. L'évaluation de la performance et/ou la robustesse d'une flotte pour une configuration donnée passe généralement par la génération d'un (ou des) plan(s) de mission pour la flotte puis l'analyse de métriques associées à ce(s) plan(s). La génération de tels plans est un problème combinatoire. Nous entendons par plan(s) de mission, l'allocation des différentes tâches de la mission aux robots et leur ordonnancement, satisfaisant les contraintes (temporelles, disponibilité des ressources, etc.) et optimisant les critères de performance et/ou de robustesse (durée de la mission, minimisation des ressources utilisées, gestion des aléas, etc). Par exemple, déterminer le temps minimum pour réaliser la livraison de colis par un certain nombre de robots dont les capacités sont fixées a priori est un problème difficile (problème NP-complet de tournées de véhicules [2]). De même, les problèmes de planification sous incertitude constituent un vaste sujet de recherche ([3,4]).

En pratique, la performance et la robustesse d'une flotte pour sa mission sont souvent approximées au moment de sa configuration. C'est seulement une fois que la flotte est configurée qu'un plan performant et robuste pour la mission est généré, permettant ainsi d'évaluer finement la performance et la robustesse. Cependant, cet aspect séquentiel peut conduire à des solutions non optimales. Par exemple, une flotte sous-dimensionnée ou mal configurée peut impacter fortement la performance d'une mission ou même la mettre en échec. Dans l'autre sens, certaines missions peuvent requérir des configurations de flotte

spécifiques et/ou des configurations de robots spécifiques pour que les objectifs de performance soient atteints. Par exemple, une mission de sauvetage peut demander des capacités de communication particuliers pour certains robots servant de routeur. Par ailleurs, certains travaux de recherche traitent simultanément la configuration d'une flotte et la planification optimale de cette dernière [5,6,7,8]). Toutefois, le problème de configuration associé est faiblement combinatoire dans le sens où il est possible d'énumérer l'ensemble des configurations au moment de la planification de la mission.

Dans cette thèse, nous souhaitons adresser les contraintes et critères de performance et de robustesse dès la phase de configuration de la flotte, et ce dans les cas où la configuration est complexe.

Plus précisément, étant donnés un ou plusieurs types de mission pour la flotte avec des performances et robustesse cibles et des capacités de robot associées, un ensemble d'équipements possibles avec leurs contraintes de compatibilité et les relations entre équipements et capacités de robot, nous cherchons à définir le nombre de robots composant la flotte et la configuration de chaque robot de manière à atteindre les objectifs de performance et de robustesse désirés. La problématique consiste alors à explorer l'espace des configurations en étant guidé par l'évaluation de la performance et de la robustesse.

Cette problématique peut être abordée de plusieurs manières. Tout d'abord, se pose la question de l'expression des connaissances, des contraintes et des préférences, que ce soit du point de vue de la configuration de la flotte que de la performance et de la robustesse liées à la mission [9]. Des approches de type programmation par contraintes et modélisation organisationnelle multi-agent [10] pourront être utilisées. Il faut ensuite développer des stratégies de résolution adaptées. Une piste possible serait de s'inspirer de l'optimisation bi-niveaux ([11,12,13]) et définir un niveau dédié à la configuration et un autre à l'évaluation de la performance ou de la robustesse. L'enjeu est alors de permettre aux niveaux d'interagir et de se guider mutuellement vers des solutions optimales. Plusieurs approches algorithmiques pourront être suivies : programmation par contraintes, recherche locale, métaheuristiques ainsi que d'éventuels couplages avec des stratégies basées apprentissage. Les approches développées au cours de la thèse pourront être validées par des expérimentations menées sur des problèmes multi-robots représentatifs des applications traitées à l'ONERA.

*Références*

[1] Sanjay Mittal and Felix Frayman. Towards a generic model of configuration tasks. In Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 2, IJCAI'89, page 1395–1401, San Francisco, CA, USA, 1989. Morgan Kaufmann Publishers Inc.

[2] Aderemi Oluyinka Adewumi and Olawale Joshua Adeleke. A survey of recent advances in vehicle routing problems. International Journal of System Assurance Engineering and Management, 9(1):155–172, 2018.

[3] Jim Blythe. An overview of planning under uncertainty. Artificial intelligence today, pages 85–110, 1999.

[4] Tarek Chaari, Sondes Chaabane, Nassima Aissani, and Damien Trentesaux. Scheduling under uncertainty: Survey and research directions. In 2014 International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT), pages 229–234, 2014.

[5] George F List, Bryan Wood, Linda K Nozick, Mark A Turnquist, Dean A Jones, Edwin A Kjeldgaard, and Craig R Lawton. Robust optimization for fleet planning under uncertainty. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 39(3):209–227, 2003.

[6] Rafael F.F. Lemme, Edilson F. Arruda, and Laura Bahiense. Optimization model to assess electric vehicles as an alternative for fleet composition in station-based car sharing systems. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 67:173–196, 2019.

[7] Roberto Pinto, Alexandra Lagorio, and Ruggero Golini. Urban freight fleet composition problem. IFAC-PapersOnLine, 51(11):582–587, 2018. 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018.

[8] Şule Yıldırım, Barış Yıldız. Electric bus fleet composition and scheduling. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 129:103197, 2021.

[9] Alexander Felfernig, Lothar Hotz, Claire Bagley, and Juha Tiihonen. Knowledge-based Configuration – From Research to Business Cases. Morgan Kaufmann Publishers, United States, 2014.

[10] Jomi Fred Hübner, Jaime Simao Sichman, and Olivier Boissier. Moise+: Towards a structural, functional, and deontic model for MAS organization. In Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: Part 1, AAMAS '02, page 501–502, New York, NY, USA, 2002. Association for Computing Machinery.

[11] Chao Lei, Wei-Hua Lin, and Lixin Miao. A two-stage robust optimization approach for the mobile facility fleet sizing and routing problem under uncertainty. Computers & Operations Research, 67:75–89, 2016.

[12] Hamid Reza Sayarshad and Reza Tavakkoli-Moghaddam. Solving a multi periodic stochastic model of the rail–car fleet sizing by two-stage optimization formulation. Applied Mathematical Modelling, 34(5):1164–1174, 2010.

[13] Paul Pitiot, Michel Aldanondo, Elise Vareilles, Paul Gaborit, Meriem Djefel, and Sabine Carbonnel. Concurrent product configuration and process planning, towards an approach combining interactivity and optimality. International Journal of Production Research, 51(2):524–541, 2013.

**Collaborations envisagées** Elise VAREILLES – ISAE/DISC

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA**
Département : DTIS
Lieu (centre ONERA) : Toulouse
**Contact** : Stéphanie Roussel et Gauthier Picard
Tél. : 0562252670 Email : stephanie.roussel@onera.fr, gauthier.picard@onera.fr

**Directeur de thèse**
Nom : Stéphanie Roussel
Laboratoire : ONERA
Tél. : 0562252670
Email : stephanie.roussel@onera.fr

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche