

Sujet de thèse
Equipe INRIA-INSA Chroma, Lyon

Titre	Planification d'itinéraires multi-robots hétérogènes pour des opérations culturales
Directeurs de thèse	<i>Olivier Simonin, Prof. INSA Lyon</i> <i>Alessandro Renzaglia, Chargé de Recherche INRIA</i> Labo CITI, équipe Inria Chroma, INSA Lyon.
Financement	Bourse de thèse INRIA, dans le cadre du projet NINSAR (New ItiNerarieS for Agroecology using cooperative Robots) du PEPR Agroécologie & Numérique (2023-2028) - début de la thèse sept. 2024.
Mots clés	Partitionnement et couverture de l'environnement, Planification de chemins, Allocation de tâches, Coopération multi-robot.
Contact	olivier.simonin@insa-lyon.fr

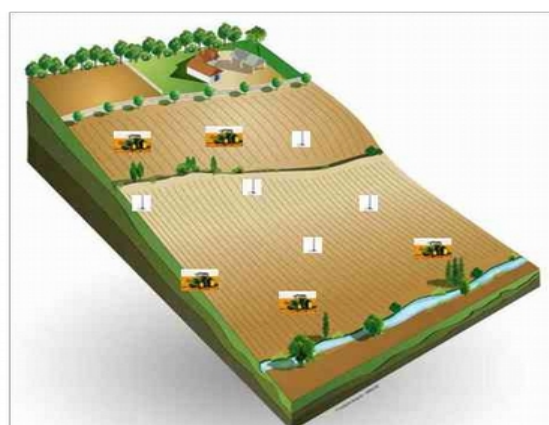


Figure 1 - a. illustration du simulateur 3D b. schéma de scénario.

Problématique

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet NINSAR, du PEPR Agroécologie & Numérique, qui vise à étudier et expérimenter le déploiement de robots mobiles agricoles pour réaliser des opérations culturales sur des parcelles agricoles. Cela peut concerner des tâches de semis, de désherbage ou de récolte. Mais dans le projet NINSAR, il s'agira aussi de déployer des robots pour collecter des données en particulier en passant près de capteurs enfouis dans le sol (technologie RFID), cf. Figure 1.b. Enfin, le monitoring des missions sera réalisé par un ou des drones survolant les parcelles, et donc participant aux missions.

La thèse se focalise sur la planification hors-ligne des opérations des robots afin qu'ils réalisent une couverture des parcelles dans un temps minimum et une consommation énergétique optimale. Certaines opérations culturales demandent le déploiement de deux ou trois robots en formation dans un champ, c'est une forme de coopération qui devra être proposée dans le calcul des plans de couvertures. Par ailleurs, des sources d'énergie étant présentes en certains points de l'environnement, les plans des robots devront intégrer le besoin de recharge régulière. Si l'essentiel de l'étude sera menée en simulation (cf. Figure 1.a), les algorithmes devront être définis pour être déployables par les partenaires avec les robots réels du projet. Des échanges avec les expérimentateurs permettront de faire évoluer les solutions proposées.

Méthodologies et objectifs

La planification de chemins multi-robots est un sujet qui a été largement abordé, et la thèse commencera par un travail d'état de l'art sur les différentes approches existantes (eg. [1,2,3,4]). Ensuite, il s'agira de modéliser les spécificités du problème posé ici, qui présente des contraintes particulières comme le besoin de tenir compte des points de recharges électrique, la variabilité des robots (terrestres ou aériens, fonctionnalités différentes) et des sols (traversabilité variable), et le maintien de connectivité entre robots. La modélisation du problème reposera sur une carte sémantique 2D, celle-ci alimentée par une base de données (fournie par les partenaires) et les mesures réalisées par les robots lors de leur déploiement sur les parcelles.

Le coeur de la thèse consistera à développer et adapter des algorithmes de planification en privilégiant des outils tels que :

- l'algorithmique sur les graphes pour la planification de chemins de couverture multi-agents hors ligne (centralisée), fondée sur des méthodes exactes (eg. [4] [9]) et heuristiques (e.g. [6]),
- le partitionnement de l'environnement en parcelles équivalentes - ou temps de traitements équivalents - en adaptant des approches heuristiques comme l'algorithme DARP [7],
- l'allocation de tâches, en particulier de coopération, entre robots pour leur permettre de réaliser des opérations culturales variables pendant leur mission. On pourra considérer des approches exactes comme présentées dans [5] et [8]. L'une des originalités fortes de cette thèse sera de combiner planification de chemins de couverture et allocation de tâches multi-robot.

La simulation 3D de scénarios réalistes permettra d'évaluer et de faire évoluer les solutions développées (on exploitera un simulateur reposant sur GAZEBO et fourni par le partenaire INRAE). Une fois montrée l'efficacité des solutions, elles seront évaluées avec des robots réels par les partenaires du projet NINSAR. Dans ce cadre, il sera demandé de participer à des campagnes d'expérimentation avec les partenaires.

Profil et compétences recherchées

Le/la candidat/e disposera d'un niveau Master 2 ou équivalent, en IA et/ou Robotique. Une expérience en planification robotique, simulation robotique ou optimisation sous contrainte sera un plus.

Candidature :

Contactez par courrier électronique Olivier Simonin (olivier.simonin@insa-lyon.fr) avec :

- un CV
- tout document susceptible d'appuyer la candidature.

Références

- [1] Steven M. LaValle, Planning Algorithms, Cambridge University Press, 842 pages, 2006 (<http://lavalle.pl/planning/>)
- [2] Ghallab Malik, Nau Dana S., Traverso Paolo, Automated Planning: Theory and Practice, Morgan Kaufmann, (2004).
- [3] Roman Barták, Miguel A. Salido, Francesca Rossi, Constraint Satisfaction Techniques in Planning and Scheduling, Journal of Intelligent Manufacturing manuscript, 2010.

- [4] Enric Galceran, Marc Carreras, A survey on coverage path planning for robotics, *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 61, Issue 12, 2013, Pages 1258-1276,
- [5] Yaniel Carreno, Eric Pairet, Yvan Petillot, Ronald P. A. Petrick, Task Allocation Strategy for Heterogeneous Robot Teams in Offshore Missions, *AAMAS 2020*.
- [6] X. Peng, O. Simonin, C. Solnon "Non-Crossing Anonymous MAPF for tethered robots", in *Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR)*, 78, pp.357-384, 2023
- [7] A. C. Kapoutsis, S. A. Chatzichristofis, and E. B. Kosmatopoulos, "DARP: divide areas algorithm for optimal multi-robot coverage path planning," *Journal of Intell. & Robotic Systems*, vol. 86, 2017
- [8] Hamza Chakraa, François Guérin, Edouard Leclercq, Dimitri Lefebvre. Optimization techniques for Multi-Robot Task Allocation problems: Review on the state-of-the-art. *Robotics and Autonomous Systems*, 2023, 168, pp.104492.
- [9] P. Grippa, A. Renzagila, A. Rochebois, M. Schranz, O. Simonin "Inspection of Ship Hulls with Multiple UAVs: Exploiting Prior Information for Online Path Planning", 2022 *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2022.