

## **LIMOS - Axe SIC et Equipe Réseau & Sécurité**

**Directeur de thèse : Pascal LAFOURCADE (PU), [pascal.lafourcade@uca.fr](mailto:pascal.lafourcade@uca.fr)**

**Co-encadrant : Anaïs DURAND (MCF), [anaïs.durand@uca.fr](mailto:anaïs.durand@uca.fr)**

**Titre du sujet de thèse : Essaims de robots lumineux dans des environnements discrets hostiles**

### **Résumé du sujet de thèse :**

#### **Contexte.**

Les essaims de robots représentent une branche très active de la robotique et ont de nombreuses applications, notamment dans l'industrie et l'agriculture. Ce domaine étudie les problèmes de coordination pour des flottes composées d'un grand nombre de robots. Ces robots sont autonomes, c'est-à-dire qu'ils peuvent prendre leurs propres décisions, sans coordinateur global prédéterminé, en se basant uniquement sur leur environnement et en utilisant leurs capacités de calcul. Ils peuvent s'agir de robots à roues ou de drones. Les robots doivent coopérer pour accomplir des tâches complexes, par exemple, patrouiller dans un complexe industriel, nettoyer un entrepôt, répandre un traitement sur un champ ou cartographier la santé et l'état des cultures. La décentralisation leur permet d'être plus robustes face à la défaillance d'un robot. Pourtant, concevoir des algorithmes distribués pour coordonner des robots sans contrôle central est une tâche difficile [7].

Un nombre croissant d'études considère un modèle spécifique : les robots lumineux [8]. Ils sont équipés de quelques lumières de différentes couleurs qui peuvent être allumées et éteintes par le robot et peuvent être vues par les autres robots à proximité. Ces lumières peuvent être utilisées à la fois comme mémoire et canal de communication. Les robots n'ont aucune autre capacité de communication ou de mémoire persistante. Ils peuvent avoir d'autres capacités limitées telles qu'une distance de visibilité limitée, pas de boussole, etc. Ce modèle a été largement étudié, en particulier pour les problèmes de coordination dans des environnements discrets, par exemple [5,6]. Cependant, la plupart de ces études considèrent des environnements statiques, simples, à deux dimensions, c'est-à-dire des environnements dont la topologie ne change pas dans le temps et est modélisée par un graphe à deux dimensions, par exemple, un anneau ou une grille.

#### **Objectifs.**

L'objectif principal de cette thèse est d'étudier les problèmes de coordination pour les flottes de robots lumineux dans des environnements plus hostiles afin de s'attaquer à des scénarios plus réalistes. Les problèmes classiques sont l'exploration (parcourir chaque emplacement de l'environnement discret), le rassemblement (réunir tous les robots au même endroit) et la dispersion (dispenser les robots vers différents emplacements). Plusieurs directions peuvent être explorées, comme par exemple :

1. Ajouter une dimension supplémentaire et considérer des tores, des grilles 3D, etc.
2. Ajouter des obstacles et des trous qui peuvent obstruer les mouvements et la visibilité.
3. Considérer des environnements dynamiques dont la topologie peut changer dans le temps, par exemple, des obstacles apparaissant ou disparaissant, des embouteillages obstruant certains trajets...

Seuls quelques résultats existent pour ces environnements, par exemple [1–4], et encore moins pour les robots lumineux [4]. Le but est d'étudier la faisabilité, c'est-à-dire quelles capacités du robot sont nécessaires pour atteindre leur objectif, et la complexité, c'est-à-dire combien de robots et combien de couleurs sont nécessaires.

#### **Références.**

- [1] S. Bhagat and K. Mukhopadhyaya. Gathering asynchronous robots in the presence of obstacles. In *WALCOM'17 - 11th International Conference and Workshops on Algorithms and Computation*, pages 279–291, Hsinchu, Taiwan, March 29–31, 2017.
- [2] M. Bournat, A. K. Datta, and S. Dubois. Self-stabilizing robots in highly dynamic environments. *Theoretical Computer Science*, 772:88–110, 2019.
- [3] M. Bournat, S. Dubois, and F. Petit. Gracefully degrading gathering in dynamic rings. In *SSS'18 - 20th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems*, volume 11201, pages 349–364, Tokyo, Japan, November 4–7, 2018.

- [4] Q. Bramas, S. Devismes, A. Durand, P. Lafourcade, and A. Lamani. Beedroids: How luminous autonomous swarms of uavs can save the world? In *FUN'22 - 11th International Conference on Fun with Algorithms*, pages 7:1–7:21, Island of Favignana, Sicily, Italy, May 30-June 3, 2022.
- [5] Q. Bramas, P. Lafourcade, and S. Devismes. Finding water on poleless using melomaniac myopic chameleon robots. In *FUN'21 - 10th International Conference on Fun with Algorithms*, pages 6:1–6:19, Favignana Island, Sicily, Italy, May 30-June 1, 2021.
- [6] S. Das, P. Flocchini, G. Prencipe, N. Santoro, and M. Yamashita. Autonomous mobile robots with lights. *Theoretical Computer Science*, 609:171–184, 2016.
- [7] P. Flocchini, G. Prencipe, and N. Santoro. *Distributed Computing by Oblivious Mobile Robots. Synthesis Lectures on Distributed Computing Theory*. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
- [8] D. Peleg. Distributed coordination algorithms for mobile robot swarms: New directions and challenges. In *IWDC'05 - 7th International Workshop on Distributed Computing*, pages 1–12, Kharagpur, India, December 27-30, 2005.

