

Sujet de thèse

Titre : Optimisation multi-objectif pour la planification de chemin de drones dans un milieu incertain/dynamique.

Financement prévu : Projet ANR : OPMoPS

Directeur de thèse : Lhassane Idoumghar

E-mail : lhassane.idoumghar@uha.fr

Co-Directeur de thèse : Laetitia Jourdan

E-mail : laetitia.jourdan@univ-lille1.fr

Co-encadrant : Julien Lepagnot

Email : julien.lepagnot@uha.fr

Laboratoire : Laboratoire LMIA, Université de Haute Alsace, Mulhouse

Groupe Thématique : optimisation

Equipe : MAGE

Laboratoire : CRIStAL – UMR 9189

Groupe Thématique : OPTIMA

Equipe : groupe ORKAD

Contexte scientifique

L'équipe MAGE (Modélisation et Algorithmique GEométrique) est une des quatre équipes du LMIA, le Laboratoire de Mathématiques, Informatique et Applications, équipe d'accueil 3993. Les thématiques de recherche développées au sein du MAGE portent sur les « Métaheuristiques et optimisation » ainsi que la « géométrie algorithmique et applications ».

L'axe de recherche « Métaheuristiques et optimisation » a pour objectif d'étudier, de proposer et d'utiliser de nouveaux algorithmes, séquentiels/parallèles, pour la résolution de problèmes complexes insolubles par des méthodes exactes. Les méthodes développées sont basées principalement sur des métaheuristiques (optimisation par essaim particulière, stratégies d'évolution, algorithmes génétiques, etc.) hybrides. Elles sont appliquées aux problèmes d'optimisation mono-objectif ou multi-objectif. Ces problèmes peuvent être de natures continues, discrètes et combinatoires, avec la prise en compte de l'aspect dynamique dans certains cas.

L'équipe ORKAD (CRIStAL CNRS UMR 9189/ Université Lille 1) a pour objectif principal d'exploiter simultanément l'optimisation combinatoire et l'extraction de connaissances pour résoudre des problèmes d'optimisation. Bien que les deux domaines scientifiques se soient développés de manière plus ou moins indépendante, la synergie entre l'optimisation combinatoire et l'extraction de connaissances offre une opportunité d'améliorer les performances et l'autonomie des méthodes d'optimisation grâce à la connaissance et, d'autre part, de résoudre efficacement les problèmes d'extraction de connaissances grâce aux méthodes de recherche opérationnelle. Nos approches sont principalement basées sur l'optimisation combinatoire mono et multi-objectif et donnent lieu à la diffusion de logiciels libres.

Objectifs de la thèse

Les véhicules aériens non habités (unmanned aerial vehicles (UAVs)) ou drones, engins volants de taille réduite, moins chers et plus simples à mettre en œuvre qu'un avion, ils sont plus discrets, moins chers et leur perte est moins grave que celle d'un appareil et de son pilote.

Le planificateur de chemins (« path planner ») et de trajectoire est un élément clé du module de contrôle autonome du drone. Il permet au drone de calculer de manière autonome le meilleur chemin d'un point de départ à un point final. Alors que les lignes aériennes commerciales affichent des trajectoires prescrites constantes, les UAVs dans les zones opérationnelles doivent parcourir des trajectoires en constante évolution qui dépendent du terrain et des conditions particulières au moment de leur vol [1]. La planification de chemin devient multi-objectif lorsque, en plus de devoir minimiser la longueur du chemin, des objectifs supplémentaires s'ajoutent. Ce cas se présente, par exemple, lorsque plusieurs missions sont à effectuer simultanément par le drone.

Les métaheuristiques se montrent particulièrement efficaces pour résoudre le problème de planification de chemin pour les drones [1, 3, 5, 6, 7, 9] surtout lors de la prise en compte de plusieurs objectifs [8,9]. De plus l'environnement où évoluent les drones n'est malheureusement pas statique et le planificateur doit prendre en compte l'incertitude [2, 4, 10] de l'environnement (apparition d'obstacles, présence de conditions météorologiques dégradées, etc.).

Programme de travail

Décomposition en tâches et livrables

Tâche 1: État de l'art sur les méthodes d'optimisation pour la planification de chemin.

[T0 -> T4]

Livrable DL1 (T4) : Synthèse de l'état de l'art

Tâche 2 : Modélisation en problème d'optimisation multi-objectif.

[T4 -> T6]

En synthèse de l'état de l'art et de la compréhension de l'application, proposer une ou plusieurs modélisations

Livrable DL2 (T6) Modélisation Multiobjectif.

Tâche 3 : Résolution multi-objectif

[T6 -> T12]

Implémentation et déploiement

Livrable DL3 (T12) : Résultats et comparaison, étude du passage à l'échelle

Tâche 4 : Etat de l'art des algorithmes pour la planification de chemin dans un milieu incertain/dynamique

[T8 -> T14]

Livrable D4 (T14) : Synthèse de l'état de l'art

Tâche 5 : Modélisation en problème d'optimisation multi-objectif pour la planification de chemin dans un milieu incertain/dynamique.

[T14 -> T16]

En synthèse de l'état de l'art et de la compréhension de l'application, proposer une ou plusieurs modélisations

Livrable DL5 (T16) Modélisation Multiobjectif.

Tâche 6 : Résolution multi-objectif en cas d'incertitude

[T14 -> T30]

Intégration de différents objectifs. Modélisation et proposition de méthodes d'optimisation adéquates.

Livrable DL6 (T30) : Résultats et comparaison

Tâche 7 : Validation, Communication, Diffusion

[T4 -> T36]

Tout au long de la thèse un effort sera fait pour diffuser autour des résultats obtenus qui devront donc être au préalable validés.

Tâche 8 : Rédaction du manuscrit de thèse

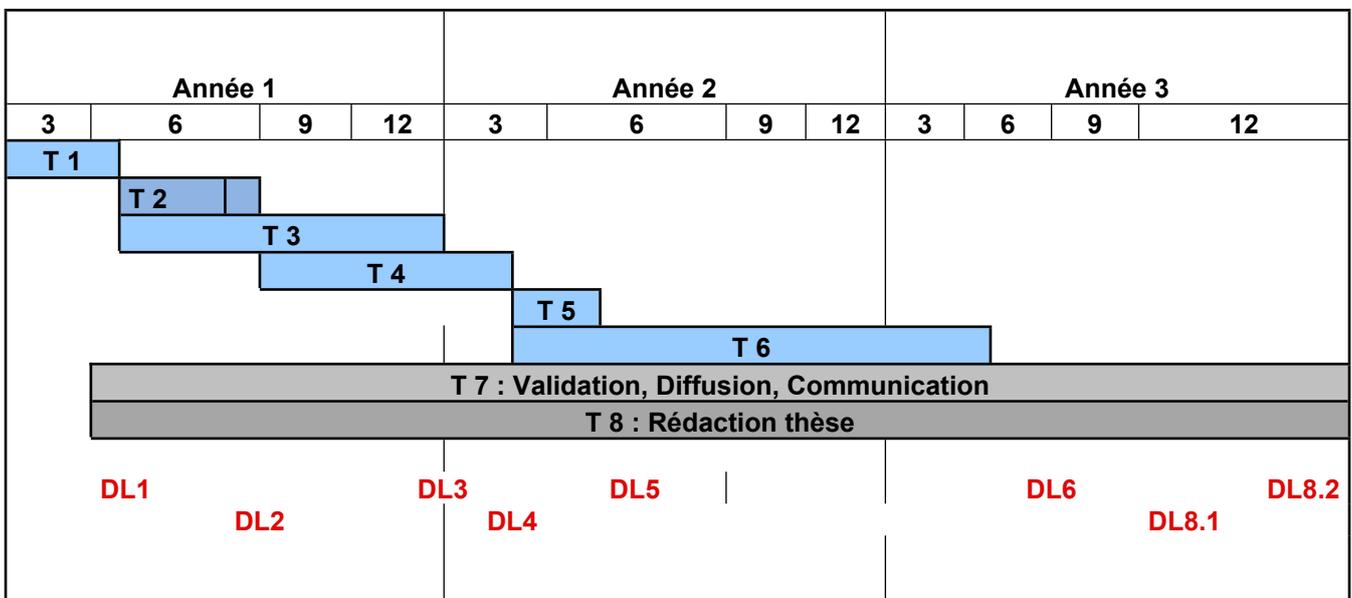
[T4 -> T36]

Cette tâche commencera dès la réalisation des premiers états de l'art pour se poursuivre jusqu'à la production du document final.

Livrable DL8.1 (T34) : Mémoire de thèse.

Livrable DL8.2 (T36) : Soutenance de thèse.

Planning prévisionnel



Pré-requis

- Formation de niveau M2 en Informatique ou mathématiques appliquées (récent)
- Développement en C/C++
- Optimisation combinatoire/Métaheuristiques
- Compétence de base en statistiques
- Anglais

Références

[1] Duan, H., & Li, P. (2014). *Bio-inspired computation in unmanned aerial vehicles*. Springer Berlin Heidelberg.

[2] Pongpunwattana, A., & Rysdyk, R. (2004). Real-time planning for multiple autonomous vehicles in dynamic uncertain environments. *JACIC*, 1(12), 580-604.

- [3] Stump, E., & Michael, N. (2011, August). Multi-robot persistent surveillance planning as a vehicle routing problem. In *Automation Science and Engineering (CASE), 2011 IEEE Conference on* (pp. 569-575). IEEE.
- [4] Jun, M., & D'Andrea, R. (2003). Path planning for unmanned aerial vehicles in uncertain and adversarial environments. In *Cooperative control: models, applications and algorithms* (pp. 95-110). Springer US.
- [5] Roberge, V., Tarbouchi, M., & Labonté, G. (2013). Comparison of parallel genetic algorithm and particle swarm optimization for real-time UAV path planning. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 9(1), 132-141.
- [6] Foo, J., Knutzon, J., Oliver, J., & Winer, E. (2006, September). Three-dimensional path planning of unmanned aerial vehicles using particle swarm optimization. In *11th AIAA/ISSMO multidisciplinary analysis and optimization conference, Portsmouth, Virginia*.
- [7] Li, P., & Duan, H. (2012). Path planning of unmanned aerial vehicle based on improved gravitational search algorithm. *Science China Technological Sciences*, 1-8.
- [8] Besada-Portas, E., De La Torre, L., Moreno, A., & Risco-Martín, J. L. (2013). On the performance comparison of multi-objective evolutionary UAV path planners. *Information Sciences*, 238, 111-125.
- [9] Oz, I., Topcuoglu, H. R., & Ermis, M. (2013). A meta-heuristic based three-dimensional path planning environment for unmanned aerial vehicles. *Simulation*, 89(8), 903-920.
- [10] Liu, C., Gao, Z., & Zhao, W. (2012, June). A new path planning method based on firefly algorithm. In *Computational Sciences and Optimization (CSO), 2012 Fifth International Joint Conference on* (pp. 775-778). IEEE.