



## PROPOSITION DE PROJET FIN D'ÉTUDES/M2R DCSD-2017-03

**Titre:** Multi-robot missions based on cooperative task control

**Laboratoire d'accueil Onera:** branche TIS, département DCSD, unité CD

**Adresse:** centre de Toulouse, 2, avenue E. Belin, B.P. 74025, 31055 TOULOUSE CEDEX 4

**Téléphone:** 5.62.25.25.61 - Télécopie: 5.62.25.25.64

**Responsable(s) Onera:**

Christophe Grand, tel: 5.62.25., mail: Christophe.Grand@onera.fr

Charles Lesire, tel: 5.62.25.27.71, mail: charles.lesire@onera.fr

**Durée:** 6 mois

**Type de stage:** M2R

### RÉSUMÉ

#### Multi-robot missions based on cooperative task control

Using many heterogeneous robots to realize a particular task is nowadays a common approach to improve both performance and robustness. This allows to cope with unforeseen events that can lead to have one or more robots unavailable, and also to address challenging tasks that need different types of robots in order to be realized (using different sensors or actuators for example). The problems related to multi-robot operations are both in the planning and supervision of individual or sub-team activities and the cooperative control of them. The first point relies in defining activities of each agents like motion, observation, communication; and optimize their allocation to each available robots considering their own capabilities (in motion, sensing or communication). Then supervision of plan execution is done and could address hazardous events by replanning activities to different agents (Bechon et al., 2015; Casanova et al., 2015).

In this internship, we will focus on the second aspect to deal with cooperative control of sub-team of robots. The idea is both to alleviate the mission planner by allocating some specific task directly to a sub-group of robots, as a global objective without any detailed discrete actions; and both to allow some more complex tasks that need a tight and continuous cooperation between agents (i.e., for multi-point of view observation, or for target tracking with an aerial robot and a ground robot).

The work developed during this internship will consider two particular tasks, the cooperative guidance (waypoints, trajectory guidance) with obstacle avoidance and the cooperative perception to take advantage of multi-point of view sensing (Piasco et al., 2016). The student will analyze state of the art approaches on cooperative control including consensus based method (Knorn et al., 2015; Murray, 2007), model-predictive control (Müller et al., 2011), constraint based formation control (Kahn et al., 2015) and select the most appropriate approach to deal with these tasks. The algorithms will be evaluated in simulation using MORSE simulator (Degroote et al., 2015) and then on real-robots (multi-rotor UAVs and a all-terrain UGV

equipped with vision and lidar sensors). An expected output of the internship is a formal description of cooperative activities that could be used in the mission planner.

The ONERA Flight Dynamics and Control Department (DCSD) is looking for a highly motivated master student with solid skills in Robotics and Computer Science and basic knowledges in Control Theory. Previous experiences in Linux with C/C++/Python programming is required. Some knowledges in robotic middleware like ROS or Orocos will be appreciated.

### References

- Patrick Bechon, Magali Barbier, Charles Lesire, Guillaume Infantes, and Vincent Vidal. Using hybrid planning for plan reparation. In Mobile Robots (ECMR), 2015 European Conference on, pages 1-6. IEEE, 2015.
- Guillaume Casanova, Cédric Pralet, and Charles Lesire. Managing Dynamic Multi-Agent Simple Temporal Network. In AAMAS, Istanbul, Turkey, 2015.
- Arnaud Degroote, Pierrick Koch, and Simon Lacroix. Integrating realistic simulation engines within the morse framework. In Workshop on Rapid and Repeatable Robot Simulation (R4 SIM), at Robotics: Science and Systems, 2015.
- Arthur Kahn, Julien Marzat, Héline Piet Lahanier, and Michel Kieffer. Cooperative estimation and fleet reconfiguration for multi-agent systems. IFAC-PapersOnLine, 48(5): 11-16, 2015.
- S. Knorn, Z. Chen, and R. Middleton. Overview: Collective control of multi-agent systems. IEEE Transactions on Control of Network Systems, PP(99):1-1, 2015.
- Matthias A Müller, Marcus Reble, and Frank Allgöwer. A general distributed mpc framework for cooperative control. IFAC Proceedings Volumes, 44(1):7987-7992, 2011.
- Richard M Murray. Recent research in cooperative control of multivehicle systems. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 129(5):571-583, 2007.
- Nathan Piasco, Julien Marzat, and Martial Sanfourche. Collaborative localization and formation flying using distributed stereo-vision. In IEEE International Conference on Robotics and Automation, Stockholm, Sweden, 2016.

La version électronique du sujet est accessible [ici](#)<sup>1</sup>, rubrique DCSD.

<b>PROFIL DU CANDIDAT</b>
<b>Spécificités souhaitées:</b> Ecole d'ingénieur, Master

---

<sup>1</sup><http://www.onera.fr/stages/index.php>



## PROPOSITION DE PROJET FIN D'ÉTUDES/M2R DCSD-2017-08

**Titre:** Gestion des pannes dans un système autonome

**Laboratoire d'accueil Onera:** branche TIS, département DCSD, unité CD

**Adresse:** centre de Toulouse, 2, avenue E. Belin, B.P. 74025, 31055 TOULOUSE CEDEX 4

**Téléphone:** 5.62.25.25.61 - Télécopie: 5.62.25.25.64

**Responsable(s) Onera:**

Xavier Pucel, tel: 5.62.25.22.09, mail: xavier.pucel@onera.fr

Stéphanie Roussel, tel: 5.62.25.22.74, mail: stephanie.roussel@onera.fr

**Encadrement extérieur:** Louise Travé-Massuyès

**Coordonnées:** Tél. 5 61 33 63 02, mail louise@laas.fr

**Durée:** 5 mois

**Type de stage:** M2R

### RÉSUMÉ

L'essor de la robotique s'accompagne d'une augmentation permanente de l'autonomie décisionnelle des robots, ainsi que de la criticité des tâches qui leur sont confiées. Par exemple, des missions telles que l'exploration d'un corps céleste requièrent une autonomie presque complète, à cause des délais de communication importants, mais également une fiabilité à la hauteur du coût de la mission.

Dans un tel système, la gestion des pannes (FDIR, Fault Detection Identification and Recovery) doit être totalement automatisée, notamment sur les aspects suivants : détection des symptômes d'un dysfonctionnement, la recherche des causes possibles de ces symptômes, la réactivité du système pour tenir compte des pertes de fonctionnalités ou des dégradations de performances. L'objet du stage est de se former et contribuer au développement d'une méthode de gestion de pannes développée à l'ONERA. Les applications visées sont des missions mono et multi-robots hétérogènes dans des environnements incertains.

La méthode de gestion de pannes en question repose sur une approche à base de modèles de type Systèmes à Événements Discrets (DES) basé sur deux langages: une logique modale (PTLTL, Past-Time Linear Temporal Logic), et une théorie de préférences conditionnelles. Le premier langage permet de décrire le comportement du système, et en particulier l'impact des pannes sur les performances des fonctionnalités rendues. Le deuxième langage permet de mettre en œuvre une stratégie de FDIR au travers du choix du diagnostic préféré, en fonction de critères spécifiques au contexte opérationnel. Des travaux existants ont démontré l'adéquation de cette approche avec les missions de robotique autonome en environnement incertain, notamment par sa capacité à gérer pannes, perturbations extérieures, et pannes intermittentes avec une grande flexibilité.

L'objet du stage est de prendre en main ce cadre de gestion des pannes, et de contribuer à son développement. Plus précisément, on s'intéresse aux propriétés que doivent respecter les modules de FDIR basés sur ce cadre, par exemple la correction (le module renvoie le véritable diagnostic), la couverture du domaine de définition (le module renvoie un diagnostic quelles que

soient les observations), la stabilité (le module ne renvoie pas un diagnostic différent à chaque pas de temps lorsque le défaut n'est pas intermittent). La première contribution du stage est la définition formelle de ces propriétés. Dans un deuxième temps, des procédures pour vérifier ces propriétés devront être mises en œuvre. Elles pourront s'appuyer sur des outils de type model-checking (par exemple Electrum). Finalement, les procédures développées seront validées sur un exemple multi-robots en environnement incertain.

*Profil de candidat souhaité* : Étudiant d'école d'ingénieur ou de M2R avec composante informatique marquée.

Références :

- 1 M. Ghallab, D. Nau, and P. Traverso. Automated Planning: Theory and Practice. Morgan Kaufmann, 2004.
- 2 Alexander Felfernig and Monika Schubert. Fastdiag: A diagnosis algorithm for inconsistent constraint sets. In Proceedings of the 21st International Workshop on the Principles of Diagnosis (DX 2010), Portland, OR, USA, pages 31- 38, 2010.
- 3 C. Pralet, X. Pucel and S. Roussel. Diagnosis of Intermittent Faults with Conditional Preferences. In Proceedings of the 27th Workshop of Principles of Diagnosis (DX'16). Denver. October 2016
- 4 N. Macedo, J. Brunel, D. Chemouil, A. Cunha and D. Kuperberg. Lightweight Specification and Analysis of Dynamic Systems with Rich Configurations. In Foundations of Software Engineering, 2016

La version électronique du sujet est accessible [ici](#)<sup>1</sup>, rubrique DCSD.

<b>PROFIL DU CANDIDAT</b>
---------------------------

<b>Spécificités souhaitées:</b> Informatique, Robotique et/ou Intelligence Artificielle
---

---

<sup>1</sup><http://www.onera.fr/stages/index.php>



## PROPOSITION DE PROJET FIN D'ÉTUDES/M2R DCSD-2017-12

**Titre:** Techniques de décisions hiérarchiques pour l'allocation et l'ordonnancement de tâches

**Laboratoire d'accueil Onera:** branche TIS, département DCSD, unité CD

**Adresse:** centre de Toulouse, 2, avenue E. Belin, B.P. 74025, 31055 TOULOUSE CEDEX 4

**Téléphone:** 5.62.25.25.61 - Télécopie: 5.62.25.25.64

**Responsable(s) Onera:**

Guillaume Infantes, tel: 5.62.25.29.27, mail: guillaume.infantes@onera.fr

Cédric Pralet, tel: 5.62.25.29.24, mail: cedric.pralet@onera.fr

Stéphanie Roussel, tel: 5.62.25.22.74, mail: stephanie.roussel@onera.fr

**Durée:** 5 mois

**Type de stage:** M2R

### RÉSUMÉ

Dans beaucoup de problèmes de décision rencontrés en pratique, il est utile de pouvoir raisonner à différents niveaux d'abstraction. C'est le cas:

- pour des problèmes d'exploration multi-robots, où l'on peut s'intéresser (a) à haut niveau, à la manière dont les différentes tâches d'acquisition à réaliser sont réparties entre les robots, (b) à plus bas niveau, aux déplacements successifs de chaque robot au sein d'un graphe de points de passage pour réaliser les tâches qui lui sont allouées, (c) encore à plus bas niveau, à l'évolution fine de la quantité d'énergie disponible au niveau de chaque robot au fur et à mesure du déroulement de la mission;
- pour des problèmes de planification des activités d'une constellation de satellites d'observation de la Terre, pour lesquels on peut considérer (a) à haut niveau, l'allocation des tâches d'acquisition candidates aux différents satellites, (b) à haut niveau également, la réalisation de tâches d'observation complexes de type couverture de zones géographiques étendues, (c) à plus bas niveau, la réalisation des tâches d'observations élémentaires requises pour réaliser les tâches d'observation complexes, (d) encore à plus bas niveau, la cinématique fine des satellites pour déterminer la possibilité d'enchaînement des acquisitions successives;
- pour l'implémentation de fonctions sur une architecture avionique, avec (a) au plus haut niveau, des problèmes d'allocation de tâches sur des unités de calcul; (b) à plus bas niveau, l'ordonnancement de tâches sur calculateurs temps réel; (c) encore à plus bas niveau, le routage explicite de données sur un réseau disponible entre calculateurs.

Dans ce type d'applications, il est ainsi nécessaire de considérer différents niveaux de décisions tels que la décomposition de tâches de haut niveau en tâches de plus bas niveau, l'allocation des tâches sur l'ensemble des ressources disponibles, ou encore l'ordonnancement des tâches sur ces ressources, tout cela en prenant en compte de manière plus ou moins fine la dynamique

d'évolution de l'état du système. Pour répondre à ces besoins, une première approche souvent utilisée en pratique consiste à décomposer explicitement le problème à résoudre en plusieurs sous-problèmes et à définir pour chacun de ces sous-problèmes une technique de résolution dédiée. Une seconde approche consiste à utiliser des solutions plus génériques, comme cela est fait en planification avec le cadre des HTNs (Hierarchical Task Networks [1,2]), dans lequel le problème générique considéré est de décomposer des tâches de haut niveau en tâches dites atomiques, en utilisant un catalogue de méthodes de décomposition de tâches fourni en entrée.

Le sujet de ce stage s'inscrit dans la deuxième catégorie d'approches, avec l'ambition par rapport au cadre existant des HTNs de manipuler des représentations hiérarchiques adaptées aux problèmes d'ordonnancement sous contraintes reposant sur des modèles "tâches-ressources", définis par un ensemble de tâches candidates et par un ensemble de ressources disponibles pour les réaliser, et non sur des modèles HTN "état-action", définis par les paramètres décrivant l'état du système et par les actions disponibles pour faire évoluer cet état, avec pour chacune de ces actions des préconditions d'application et des effets sur les paramètres de l'état.

Dans ce stage, on s'intéresse plus particulièrement à un type de problème d'ordonnancement : le Job Shop Scheduling Problem (JSSP) hiérarchique. Étant données des tâches de haut niveau (jobs) se décomposant en plusieurs tâches de bas niveau (opérations), éventuellement à travers plusieurs niveaux de décomposition, étant données des machines sur lesquelles les opérations peuvent être réalisées, et étant données des contraintes pouvant porter sur ces éléments (précédence entre opérations et/ou jobs, utilisation des machines par les opérations et/ou les jobs, ségrégation entre opérations et/ou jobs, etc.) , il s'agit de minimiser le temps nécessaire pour réaliser l'ensemble des jobs (makespan). Le premier objectif du stage est d'analyser l'adéquation des outils disponibles actuellement pour traiter le JSSP hiérarchique. Il faudra pour cela d'abord réaliser un état de l'art du domaine. On pourra ensuite s'intéresser à la traduction du JSSP hiérarchique (1) en un problème d'ordonnancement classique (non hiérarchique) et l'utilisation de solveurs tels que CPOptimizer [3], (2) ou en un problème de planification HTN avec encodage dans les formalismes de planification associés [1,4]. Le deuxième objectif consiste à proposer des procédures théoriques et/ou algorithmiques pour arriver à mettre en œuvre à haut niveau des stratégies permettant de produire des premières solutions gros grain qui soient d'une part robustes vis-à-vis d'incertitudes sur la durée des opérations, et d'autre part exploitables à plus bas niveau pour produire des solutions complètes en temps restreint.

[1] K. Erol, J. Hendler, and D. S. Nau. HTN Planning: Complexity and Expressivity. In Proc. of the 12th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94), 1994.

[2] P. Bechon, M. Barbier, G. Infantès, C. Lesire, and V. Vidal. HiPOP: Hierarchical Partial-Order Planning. In Proc. of STAIRS 2014.

[3] P. Laborie. "IBM ILOG CP Optimizer for detailed scheduling illustrated on three problems.» International Conference on AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

[4] S. Stock, M. Mansouri, F. Pecora, and J. Hertzberg. Online Task Merging with a Hierarchical Hybrid Task Planner for Mobile Service Robots. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015.

La version électronique du sujet est accessible [ici](http://www.onera.fr/stages/index.php)<sup>1</sup>, rubrique DCSD.

## PROFIL DU CANDIDAT

**Spécificités souhaitées:** Ecole d'ingénieur ou M2R Informatique/Recherche Opérationnelle

<sup>1</sup><http://www.onera.fr/stages/index.php>



## PROPOSITION DE PROJET FIN D'ÉTUDES/M2R DCSD-2017-13

**Titre:** Investigating planning paradigms for specification of autonomous robots missions by human operators

**Laboratoire d'accueil Onera:** branche TIS, département DCSD, unité CD

**Adresse:** centre de Toulouse, 2, avenue E. Belin, B.P. 74025, 31055 TOULOUSE CEDEX 4

**Téléphone:** 5.62.25.25.61 - Télécopie: 5.62.25.25.64

**Responsable(s) Onera:**

Magali Barbier, tel: 5.62.25.27.61, mail: Magali.Barbier@onera.fr

Guillaume Infantes, tel: 5.62.25.29.27, mail: guillaume.infantes@onera.fr

Charles Lesire, tel: 5.62.25.27.71, mail: charles.lesire@onera.fr

Cédric Pralet, tel: 5.62.25.29.24, mail: cedric.pralet@onera.fr

**Durée:** 5 mois

**Type de stage:** M2R

### RÉSUMÉ

Autonomous robots allow to perform some missions in a safe and efficient way for human-beings, because they can operate continuously on hazardous areas, with a remote control from the human operators. Good examples of such missions are search-and-rescue missions after (natural or industrial) disasters, in air/ground/sea environments. In order to realize such missions, autonomous skills of the robots must be enhanced through task and motion planning. Moreover, in order to face unforeseen events occurring at execution, autonomous robots must be able to face any situation, using e.g., replanning approaches or robust controller synthesis. Recent works on these topics at Onera/DCSD have led to the development of Hierarchical Partial-Order Planners (Bechon et al., ECMR 2015), used to plan and repair multi-robot tasks for an exploration mission.

In a lot of missions, human operators want to have some control on the behavior of the robots, either in terms of defining *recipes* for performing some specific tasks, or by defining some actions to execute when specific events occur. The latter can naturally be expressed using Partial-Order Plans, while the former could take benefit of a hierarchical description. Moreover, human operators systematically use *conditional plans* when describing a mission, by using instruction sets of the form "if the robot is in this state, then do that".

The objective of this internship is to analyze some autonomous robots missions developed and/or deployed at Onera (submarine mine-warfare, air-ground exploration, ...) and to investigate how the mission constraints coming from human operators could be modeled in a planning framework. Such a framework should at least consider hierarchical information, partial plans, and conditional plans. The internship objective is finally to provide to a human operator some modeling tools to specify a mission. Some planners and supervision architectures available at Onera could then be used to implement these missions on-board simulated and real robots owned at Onera.

La version électronique du sujet est accessible [ici](#)<sup>1</sup>, rubrique DCSD.

<sup>1</sup><http://www.onera.fr/stages/index.php>

## PROFIL DU CANDIDAT

**Spécificités souhaitées:** Computer Sciences, AI, Robotics