

# Recrutement contrat PostDoctoral

Jordan Ninin et Benoit Clément

## 1 Objet

- **Durée du contrat:** 1 an
- **Début du contrat:** dès que possible
- **Diplôme demandé:** Docteur en Informatique, Mathématique Appliquée ou Automatique
- **Financement:** DGA projet AID
- **Salaire brut:** 2498€ (soit environ 2000€ net)
- **Nom du projet:** Robustesse et fiabilité de loi de commande adaptative (RoFiCom)
- **Laboratoire:** Lab-STICC
- **Établissement:** ENSTA-Bretagne
- **Adresse:** 2 rue François Verny, 29200 Brest, France
- **Encadrement:**
  - Jordan NININ *email:* jordan.ninin@ensta-bretagne.fr
  - Benoit CLÉMENT *email:* benoit.clement@ensta-bretagne.fr

## 2 Profil recherché

Ce projet étant à l'interface de l'automatique, de l'optimisation globale et des méthodes basées sur l'analyse par intervalles, toute candidature intégrant des compétences dans 2 de ces domaines peut être envisagée: Automatique/Optimisation, Optimisation/Intervalle ou Automatique/Intervalles.

Il est nécessaire de savoir programmer en C++. Des connaissances sur les interfaçages avec Matlab, Simulink ou Ibex seront appréciées.

## 3 Objet

L'objectif du Postdoc concerne la conception d'un logiciel permettant de réaliser une  $\mu$ -synthèse. La  $\mu$ -synthèse est une approche fréquentielle de l'automatique permettant de proposer des commandes robustes pour des contrôleurs en intégrant les incertitudes des modèles dès la conception. Ainsi, il sera possible de garantir la stabilité ou les performances d'un contrôleur sur un ensemble

de systèmes linéaire possible. Cela permettrait d'être robuste non pas pour une situation unique, mais pour un ensemble de situations pouvant être rencontré. Actuellement, de façon générale, la synthèse robuste et la  $\mu$ -analyse s'envisagent comme deux étapes distinctes. Concrètement, fusionner ces deux étapes dès la conception, comme nous le soutenons, permettrait d'atteindre des objectifs de robustesse et d'adaptabilité dans un même temps. Mathématiquement, ces objectifs correspondent à la résolution d'un problème d'optimisation non-linéaire. Seule une approche inédite d'optimisation globale basée sur des algorithmes de branch-and-bound et l'arithmétique d'intervalles permettrait d'envisager sa résolution optimale.

## 4 Synthèse du projet RoFiCom

L'ambition de ce projet est de construire une nouvelle méthodologie pour automatiser et synthétiser des lois de commandes de drones sous-marins et bâtiments maritimes.

Les commandes permettant de piloter de tels engins doivent répondre impérativement à des exigences de sécurité, de robustesse et de fiabilité. Les systèmes nécessitant une loi de commande ou une régulation sont parfois sensibles et stratégiques. Les campagnes de tests sont souvent coûteuses, voire impossibles à réaliser. En effet, il est par exemple compliqué d'immobiliser un navire ou un sous-marin plusieurs heures afin d'y intégrer une nouvelle commande ou de récolter des données sur son comportement. L'intégration de ses changements doit donc pouvoir être certifiée mathématiquement en amont pour garantir sa sécurité et son effectivité. Nous nous focaliserons donc sur les méthodes numériques permettant d'établir des preuves mathématiques fiables : les outils développés envisageront des approches globales et robustes permettant de garantir les résultats numériques. Par ailleurs, les problématiques de performance du point de vue de la longévité et de l'autonomie des véhicules sont toujours d'actualité. Et ce, qu'il s'agisse de protéger des ressources environnementales ou d'augmenter la capacité opérationnelle des véhicules. Ainsi, les opérateurs doivent pouvoir s'appuyer sur les solutions logicielles performantes permettant d'exploiter et de résoudre de façon fiable les problèmes mathématiques associés. En effet, trouver une solution ne suffit pas, il faut aussi pouvoir garantir à l'automaticien de lui trouver l'optimum pour garder un avantage décisif et compétitif. Et c'est dans cet objectif éminemment stratégique que s'inscrit ce projet.

De plus, l'environnement marin est très contrasté, avec beaucoup de situations différentes, qui nécessitent une adaptation constante, sans perdre de fiabilité. Tous les objectifs poursuivis (robustesse, sécurité, performance) doivent pouvoir être garantis en amont avec des preuves scientifiques sans qu'il soit nécessaire de réaliser de lourdes campagnes de tests en milieu réel.

C'est à la lumière de ces enjeux que nous proposons de développer et de construire une toute nouvelle méthodologie en automatique. Ainsi, les contraintes de fiabilité et de robustesse seront intégrées dès le début de la conception de la loi de commande. L'utilisateur doit pouvoir traduire facilement ses contraintes physiques et ses critères de performance. Actuellement, leur traduction mathématique est parfois réservée au seul expert. Or, la démocratisation d'un tel outil doit également être envisagée pour faciliter son utilisation et son acceptation par le plus grand nombre. Ainsi, un démonstrateur interfacé avec Matlab et une intégration en condition réelle pour commander un drone sous-marin permettra de démontrer et de promouvoir notre méthodologie.

## 5 Bibliographie connexe

- Juan Luis Rosendo, Benoit Clement, and Fabricio Garelli. Experimental validation of constraint mitigation algorithm in underwater robot depth control. Proceedings of the In-

stitution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 233(3):264–275, 2019.

- R. Yang, Y. Liu, D. Monnet, B. Clement, and A. Mansour. Structured H<sub>∞</sub> regulations applied to auv yaw control. In IEEE Oceans Conference, Marseille, France, 2019
- A.M. Yazdani, K. Sammut, A. Lammas, O.A. Yakimenko, and B. Clement. Cooperative guidance system for auv docking with an active free-floating docking station. In IEEE Oceans Conference, Marseille, France, 2019
- Yoann Sola, Gilles Le Chenadec, K. Sammut and Benoit Clement. Auto-tuning PID controller based on machine learning algorithms for robust control of autonomous underwater vehicles. In IEEE Oceans Conference, Marseille, France, 2019.
- Alexandre Lefort, Xavier Dal Santo, Benoît Clement, Jordan Ninin, AUV H<sub>∞</sub> Robust Control Design using Interval Analysis with Experimental Validation. In IEEE Oceans Conference, Marseille, France, 2019.
- Alexandre Lefort, Xavier Dal Santo, Jordan Ninin, Benoît Clement. Depth Control of a Submarine: An Application of Structured  $H_{\infty}$  Synthesis Method for Uncertain Models based on Interval Analysis. 2018 Australian & New Zealand Control Conference (ANZCC), Dec 2018, Melbourne, Australia. pp.269-274
- Alexandre Lefort, Jordan Ninin, Benoit Clement. Structured  $H_{\infty}$  synthesis method with interval analysis: Application to the robust control of an auv. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2018), Oct 2018, Madrid, Spain.
- Dominique Monnet, Juan Luis Rosendo, Hernán de Battista, Benoît Clément, Jordan Ninin, et al.. A global optimization approach for non-linear sliding mode control analysis and design. 9th IFAC Symposium on Robust Control Design (ROCOND'18), Sep 2018, Florianopolis, Brazil.
- Juan Luis Rosendo, Dominique Monnet, Benoît Clément, Fabricio Garelli, Jordan Ninin. Control of an Autonomous Underwater Vehicle subject to robustness constraints. 9th IFAC Symposium on Robust Control Design (ROCOND'18), Sep 2018, Florianopolis, Brazil.
- Dominique Monnet, Jordan Ninin, Benoit Clement. Optimisation globale de problèmes Min-Max : application à la synthèse de loi de commande robuste. 19ème Congrès annuel de la Société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision (ROADEF 2018), Lab-STICC Feb 2018, Lorient, France.
- Alexandre Lefort, Xavier Dal Santo, Benoît Clement. Autopilot for a marine vessel : a formal proof of robustness and optimal control based on an uncertain model. In SHARC, France, 2018.