

## Formulaire de candidature

Titre de la thèse	Commande dynamique d'une cordée de mini-ROV
Ecole Doctorale	ED548
Laboratoire	LIS & COSMER (50/50)
Discipline	Robotique, Automatique & Théorie du Contrôle
Directeur(s) de Thèse & Encadrant(s)	Nicolas BOIZOT (LIS, MCF HDR) Claire DUNE (COSMER, MCF)

## Description du sujet de recherche

---

(3 pages maximum - contexte scientifique, objectifs, mots clé, références)

Contexte, originalité et pertinence par rapport à l'état de l'art :

Les avancées récentes en technologies embarquée, la miniaturisation des capteurs et la diminution de leurs coûts ont accéléré le développement de mini drones sous-marins. Malgré la perte de performance par rapport aux engins opérationnels actuels, leur faible poids et encombrement sont intéressants car permettent de les déployer à une seule personne depuis des petites embarcations sans systèmes coûteux et encombrant de mise à l'eau ou de récupération, qui nécessiteraient de grands bâtiments et un équipage complet. Ils peuvent également être aisément couplés à des USV (véhicules de surface autonomes) pour produire des attelages autonomes [2]. Le câble qui relie le ROV au bateau à la surface reste à ce jour la seule manière de communiquer un volume d'information important sous l'eau, les ondes électromagnétiques étant absorbées dès les premiers centimètres. Alors que pour les ROVs industriels de grandes tailles, de type *working class*, la trainée de l'ombilical est facilement contrée par la masse et la puissance moteur du système, ce n'est plus le cas dès lors que l'on considère des petits engins à bas coût. Et ceci est d'autant plus vrai, lorsque l'on s'éloigne du bateau et que l'on s'approche de la zone côtière dite zone de surf avec fort courant et houle. Or c'est la zone de destination de ces mini-robots qui peuvent évoluer dans des faibles profondeurs d'eau. Leur mission les contraints donc à être particulièrement exposés aux perturbations marines. Afin d'aider un mini-ROV à contrer les perturbations de son ombilical, le laboratoire COSMER travaille sur le concept de *cordées de robots*. Il s'agit d'ajouter des mini-ROV régulièrement sur l'ombilical pour qu'ils effacent de manière coordonnées les perturbations du câble sur le robot leader. Cela permet également de positionner le câble dans l'espace en tenant compte des obstacles et d'éviter qu'il ne s'emmêle dans les systèmes ou sur lui-même.

Cette thèse s'inscrit donc dans l'une des thématiques de robotique mobile du laboratoire COSMER, à savoir la prise en compte de l'influence de l'ombilical sur la manœuvre d'un ROV léger. Cette thématique a déjà été abordée dans de précédents travaux dont l'objet était l'estimation de la *configuration* de l'ombilical afin d'estimer la position des ROVs composant une cordée de ROVs [1]. Une seconde thèse est en cours au COSMER. Elle porte sur la localisation de la cordée par des techniques de SLAM visuels. A ce stade, il est possible d'estimer en temps réel la position des éléments de la cordée dans une carte de l'environnement. L'étape suivante est de commander la cordée pour qu'elle puisse évoluer vers un objectif et en évitant les obstacles dans ces environnements reconstruits.

Le travail que nous proposons maintenant porte sur la commande de la cordée de robot considérée comme un seul système, composé de robots actionnés et de portions de câbles passives. L'objectif est de proposer une commande qui tient compte de la dynamique spécifique de la cordée, incluant une modélisation de la dynamique des engins et de la dynamique du câble en amortissant les effets de *platooning* (*effet d'accordéon des trains de véhicules*) et en rejetant les perturbations extérieures, telles que les courants dans la masse d'eau ---voir par exemple le *catenary robot* [6].

Nous nous placerons à l'intersection de la robotique et de la théorie du contrôle. La mise en œuvre de techniques dites *adaptatives* [5], ou relevant de l'*apprentissage par renforcement* pourront être aussi envisagées.

#### Objectifs :

Contribuer à la problématique du contrôle dynamique de ROV encordés en proposant des observateurs et des commandes adaptées à ces systèmes de flottilles contraintes.

#### Méthodes :

Commande prédictive, Asservissement Visuels Dynamiques, Planification Optimale, Commandes Robustes (par ex. loi  $L^1$  adaptative inspirée de [5]), mise en pratique expérimentale.

#### Retombées attendues :

Publications dans des conférences internationales en robotique IEEE ICRA, IEEE IROS, et en contrôle (CDC), des revues de ces deux domaines (RAS Robotique Automation Letters, IEEE Transaction on Automatic Control, IEEE Transactions on Control Systems Technology,...)

Mots clés : Cordée de ROV ; théorie du contrôle ; robotique sous-marine ; vision sous-marine.

#### Références :

[1] Laranjeira Moreira, Matheus & Dune, Claire & Hugel, Vincent. (2020).

*Catenary-based visual servoing for tether shape control between underwater vehicles.*

Ocean Engineering 200, 107018.

[2] seaclear, projet Européen de déploiement de ROVs depuis un USV. ([www.seaclear-project.eu](http://www.seaclear-project.eu))

[3] Nguyen, L.-H., Hua, M.-D., Allibert, G., and Hamel, T. (2020).

*A homography-based dynamic control approach applied to station keeping of autonomous underwater vehicles without linear velocity measurements.*

IEEE Transactions on Control Systems Technology, 29(5): 2065-2078.

- [4] Krupinski, S., Allibert, G., Hua, M.-D., and Hamel, T. (2017).  
*An inertial-aided homography-based visual servo control approach for (almost) fully-actuated Autonomous Underwater Vehicles*. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(5):1041-1060.
- [5] Divine Maalouf, Ahmed Chemori, Vincent Creuze. (2015)  
*Adaptive Depth and Pitch Control of an Underwater Vehicle with Real-Time Experiments*.  
*Ocean Engineering*, Elsevier, 98, pp.66-77.
- [6] Diego S. D'antonio, Gustavo A. Cardona, David Saldaña.  
*The Catenary Robot: Design and Control of a Cable Propelled by two Quadrotors*.  
[arXiv:2102.12519v2](https://arxiv.org/abs/2102.12519v2)

## **Encadrement et conditions matérielles pour le doctorant**

L'encadrement sera assuré par N. Boizot (MdC, HDR, LIS) et Claire Dune (MdC, COSMER). Ces deux laboratoires sont proches géographiquement. La doctorante sera hébergée dans l'un ou l'autre des laboratoires en fonction des besoins de la thèse et bénéficiera d'un poste de travail ainsi que du matériel expérimental du laboratoire de robotique COSMER.

Les appels de fond de l'ED548 seront l'occasion d'organiser des séjours scientifiques (conférences, workshops, écoles spécialisées...).

L'étudiant participera régulièrement à des campagnes d'expérimentation en Mer ou dans les centres d'essais partenaire : CEPHISMER, IFREMER.

## **Compétences attendues et personnes à contacter**

---

### **Compétences attendues :**

Les compétences attendues sont celles relevant de la robotique / robotique sous-marine, du contrôle linéaire et non-linéaire, avec un intérêt pour une connaissance des techniques d'apprentissage.

### **Personne(s) à contacter :**

Nicolas Boizot (LIS) / Claire Dune (COSMER).

[nicolas.boizot@univ-tln.fr](mailto:nicolas.boizot@univ-tln.fr) / [claire.dune@univ-tln.fr](mailto:claire.dune@univ-tln.fr)