

# Commande dynamique d'une cordée de mini-ROV

Nicolas Boizot, Claire Dune

May 16, 2022

## Sujet

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.

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 platoonning (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 [5].

Nous nous placerons à l'intersection de la robotique et de la théorie du contrôle. La mise en œuvre de techniques dites adaptatives [4], 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 [4]), mise en pratique expérimentale.

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

**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 ou le doctorant(e) sera hébergé(e) 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'essai en Mer ou dans les centres d'essais partenaires (CEPHISMER, IFREMER).

**Compétences attendues** Les compétences attendues sont celles relevant du contrôle linéaire et non-linéaire, de la robotique / robotique sous-marine, avec un intérêt pour une connaissance des techniques d'apprentissage. Les langages qui doivent être maîtrisés par la ou le candidat sont Python, le C ou le C++. Des compétences en ROS seraient appréciées. La ou le candidat retenu(e) devra avoir de bonnes compétences en méthodologie de recherche, en rédaction et synthèse en anglais, et un goût pour l'expérimentations de terrain en robotique sous-marine.

## 0.1 Personne(s) à contacter

Eric Busvelle (LIS) [eric.busvelle@univ-tln.fr](mailto:eric.busvelle@univ-tln.fr) / Nicolas Boizot (LIS) [Nicolas.boizot@univ-tln.fr](mailto:Nicolas.boizot@univ-tln.fr) / Claire Dune [claire.dune@univ-tln.fr](mailto:claire.dune@univ-tln.fr) (COSMER)

## 0.2 Pour candidater

Avant le 10 juin, Remplissez ce formulaire en ligne : <https://forms.gle/1418LD8hrv7WVnP88>

## References

- [1] Laranjeira Moreira, Matheus, Dune, Claire and Hugel, Vincent. (2020). Catenary-based visual servoing for tether shape control between underwater vehicles. *Ocean Engineering* 200, 107018.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Divine Maalouf, Ahmed Chemori, and Vincent Creuze. (2015) Adaptive Depth and Pitch Control of an Underwater Vehicle with Real-Time Experiments. *Ocean Engineering*, Elsevier, 98, pp.66-77.
- [5] Diego S. D'antonio, Gustavo A. Cardona, and David Saldaña. The Catenary Robot: Design and Control of a Cable Propelled by two Quadrotors. [arXiv:2102.12519v2](https://arxiv.org/abs/2102.12519v2)