

Commande hybride mouvement-raideur des robots continus

M. Taha Chikhaoui, Vincent Lebastard, Frédéric Boyer



1 Contexte

La robotique vit aujourd'hui un renversement paradigmatique. Le « stiffer is better » de nos robots rigides est de plus en plus remis en cause au profit d'une nouvelle génération de robots aptes à subir des déformations contrôlées de grandes amplitudes. Cette idée s'instancie de manière emblématique dans les robots continus aux formes douces de la robotique médicale [1]. Ces bras consistent dans leur principe, en une âme centrale flexible (typiquement en Nitinol, un alliage à mémoire de forme hyper-élastique à froid), le long de laquelle sont fixés des disques tirés par des câbles acheminés le long de la structure jusqu'à une base fixe motorisée. Bien que technologiquement maîtrisés (endoscopes commercialisés), ces systèmes restent difficiles à commander et leurs potentiels pour les applications médicales, sont encore loin d'être pleinement exploités. En particulier, leurs redondances cinématique et d'actionnement n'ont pu être pleinement exploitées aux fins de la navigation dextre (par exemple pour reproduire les mouvements inspirés des serpents), et du raidissement opérationnel (nécessaires à la production des efforts réclamés par une biopsie par exemple). Cet écart entre les possibilités mécaniques offertes par ces robots continus, et leur usage actuel est dû au fait qu'il n'existe pas de modèle de ces systèmes adaptés à leur commande.

2 Objectifs et déroulement de la thèse

Dans cette thèse nous exploiterons des modèles récemment proposés dans [2, 3, 4] que nous appliquerons à la commande des robots continus chirurgicaux [5, 6], afin :

- (1) d'exploiter la redondance cinématique de ces systèmes pour maximiser leur dextérité tout en minimisant l'espace occupé par leur corps ;
- (2) d'exploiter l'hyper-statisme interne de ces systèmes pour contrôler la raideur opérationnelle (et même de forme).

In fine, nous attendons de nouvelles stratégies de commandes hybrides en "raideur-mouvement" basées sur de nouveaux modèles, analytiques et précis de ces systèmes. Ces travaux en modélisation et commande seront appliqués à une plateforme de robot continu actionné par câbles en cours de développement au laboratoire TIMC de Grenoble. Le plan de travail est le suivant :

- (1) Etat de l’art sur les robots continus à câbles (conception, modélisation, commande)
- (2) Modélisation pour la conception, commande et simulation des robots à câbles
- (3) Synthèse de lois de commande basée modèle et testée en simulation
- (4) Implémentation et caractérisation des lois de commande sur prototype

3 Organisation et encadrement

Le contexte organisationnel de la thèse est celui d’une collaboration entre l’équipe Robotique Et Vivant ([REV](#)) du LS2N et de l’équipe Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur ([GMCAO](#)) du laboratoire TIMC de Grenoble dans le cadre du projet [ANR COSSEROOTS](#). Chacun de ces deux laboratoires est un des acteur majeur (en France et à l’international) dans les domaines impactés par la thèse. Le LS2N est connu pour ses travaux en robotique bio-inspirée (ANR Robot Anguille, projet Européen ANGELS). Il apportera ici sa maîtrise en modélisation des systèmes continus pilotés en forme, héritage de ses travaux en locomotion inspirée des poissons et serpents. L’équipe GMCAO est réputée pour ses travaux pionniers en robotique médicale (coordinateur du LabEx du domaine [CAMI](#)). Elle développe des techniques et outils d’assistance aux gestes médico-chirurgicaux, et construit aujourd’hui une plateforme expérimentale de robots continus sur laquelle seront testés les résultats fondamentaux de la thèse. Ainsi, le.a doctorant.e recruté.e sera le pivot d’une complémentarité bi-laboratoires, motivée par des objectifs ciblés et fortement attendus dans la communauté de la robotique continue.

Début de thèse : Octobre 2021

Durée prévue : 36 mois

Lieux d’exercice : TIMC à Grenoble et LS2N à Nantes

M. Taha Chikhaoui

Chargé de Recherche, CNRS

Taha.Chikhaoui@univ-grenoble-alpes.fr

+33 4 56 52 00 10

Vincent Lebastard

Maître de Conférences, IMT Atlantique

Vincent.Lebastard@imt-atlantique.fr

+33 251 85 83 07

Frédéric Boyer

Professeur des Universités, Centrale Nantes

Frederic.Boyer@imt-atlantique.fr

+33 251 85 83 08

4 Profil recherché et modalités de candidature

Le.a doctorant.e sera diplômé.e d’un Master en Robotique, Mécanique, Automatique ou dans un domaine similaire. Il.Elle aura le goût de la théorie et de l’expérimentation. Sur ce dernier point, des compétences ou une attirance pour la mécatronique est un plus. La créativité, le goût pour le travail expérimental et interdisciplinaire sont souhaitables.

La candidature s’effectue par **l’envoi par mail aux encadrants d’un seul fichier pdf** contenant (i) le CV détaillé, (ii) la lettre de motivation, (iii) les relevés de notes sur les deux

dernières années et (iv) les noms de deux référent·e·s. Merci de spécifier "Candidature thèse TIMC-LS2N" dans le titre du mail.

References

- [1] Jessica Burgner-Kahrs, D. Caleb Rucker, and Howie Choset. Continuum robots for medical applications: A survey. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(6):1261–1280, Dec 2015.
- [2] John Till, Vincent Aloï, and Caleb Rucker. Real-time dynamics of soft and continuum robots based on cosserat rod models. *The International Journal of Robotics Research*, 38(6):723–746, 2019.
- [3] Frederic Boyer, Vincent Lebastard, Fabien Candelier, and Federico Renda. Dynamics of continuum and soft robots: A strain parameterization based approach. *IEEE Transactions on Robotics*, 37(3):847–863, June 2021.
- [4] Farrokh Janabi-Sharifi, Amir Jalali, and Ian D. Walker. Cosserat rod-based dynamic modeling of tendon-driven continuum robots: A tutorial. *IEEE Access*, 9:68703–68719, 2021.
- [5] M. Taha Chikhaoui, Sven Lilge, Simon Kleinschmidt, and Jessica Burgner-Kahrs. Comparison of modeling approaches for a tendon actuated continuum robot with three extensible segments. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(2):989–996, 2019.
- [6] M. Taha Chikhaoui and Jessica Burgner-Kahrs. Control of continuum robots for medical applications: State of the art. In *International Conference on New Actuators*, pages 154–164, 2018.