

Commande hybride mouvement-raideur des robots continus Hybrid Motion-Stiffness Control for Continuum Robots

Laboratoire : LS2N

Début : OCTOBRE 2020

Financement : IMT-A

Cofinancement : ANR

Encadrement :

Frédéric Boyer, LS2N, frederic.boyer@imt-atlantique.fr

M. Taha Chikhaoui, TIMC-IMAG, taha.chikhaoui@univ-grenoble-alpes.fr;

Mots clés en français : Robotique continue, Commande robotique

Mots clés en anglais : Continuum robotics, Robot control

Contexte

Motivation scientifiques : 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. Ces bras consistent dans leur principe, en une âme centrale flexible (typiquement en Nitinol, un alliage à mémoire de forme hyperélastique 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 (cf. fig. 1).

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 (e.g. 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.

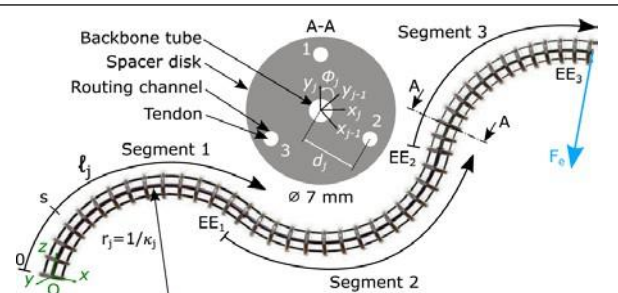


Fig. 1: Robot continu piloté par des câbles en traction [1].

Encadrement et intégration : Le contexte organisationnel de la thèse est celui d'une collaboration entre l'équipe Robotique Et Vivant du LS2N et de l'équipe Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur (GMCAO) du laboratoire TIMC-IMAG de Grenoble. Chacun de ces deux laboratoires est un des acteurs majeurs (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 robot continu sur laquelle seront testés les résultats fondamentaux de la thèse. Ainsi, le.e 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.

Objectifs

Dans cette thèse nous exploiterons des modèles récemment proposés dans [2] que nous appliquerons à la commande des robots continus chirurgicaux [1,3], 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-staticisme 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-IMAG de Grenoble.

Le plan de travail est le suivant :

- (1) Etat de l'art des 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.

Références :

[1] M.T. Chikhaoui, S. Lilge, S. Kleinschmidt, J. Burgner-Kahrs, "Comparison of Modeling Approaches for a Tendon Actuated Continuum Robot with Three Extensible Segments", IEEE Robot. Autom. Lett., 4(2): 989-996 (2019).

[2] F. Boyer, V. Lebastard, F. Candelier, F. Renda, "Forward dynamics of continuum and soft robots: a strain parametrization based approach", submitted to the IEEE Trans. Robot.: Oct. 2019: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02318617>

[3] M.T. Chikhaoui, J. Burgner-Kahrs, "Control of Continuum Robots for Medical Applications: State of the Art", Int. Conf. on New Actuators, pp. 154-164 (2018).

Compétences requises

Le.e 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.