

Développement d'outils numériques pour la robotique continue

1. Contexte général

L'institut de recherche FEMTO-ST est un laboratoire de recherche multidisciplinaire regroupant 7 départements de recherche. Le département AS2M, spécialisé dans la micro-robotique et le micro-mécatronique, mène depuis plus de 10 ans des travaux sur la conception, la modélisation, la réalisation et la commande de microsystèmes et microrobots. Différents systèmes ont été réalisés pour des applications de micro-assemblage ou dans le domaine biomédical intégrant des mobilités, actionneurs et capteurs dans des volumes très restreints permettant un très haut niveau d'intégration. L'équipe Micro et Nano-Robotique (MNR) développe des robots à structures continûment déformables et à cinématique innovante. L'étude proposée sera menée en collaboration avec l'Institut de Mathématiques de Bourgogne.

2. Objectifs

Ces dernières années, la communauté robots continus s'est surtout focalisée sur l'assemblage concentrique des tubes pour obtenir les robots à tubes concentriques (RTC) [1, 2, 3]. Ces derniers présentent l'avantage d'être flexible et compacte tout en ayant la capacité de suivre des chemins complexes. Afin d'explorer des structures innovantes avec des performances robotiques inégalées, nous proposons un système robotique continûment déformable de taille centimétrique obtenu par une combinaison de tubes élastiques en assemblage excentrique (voir Figure 1), que l'on nommera robot à tubes excentriques (RTE). Ce type de structure robotique se modélise par des équations algébro-différentielles avec des conditions aux limites, connues également sous le nom de problèmes aux deux bouts.

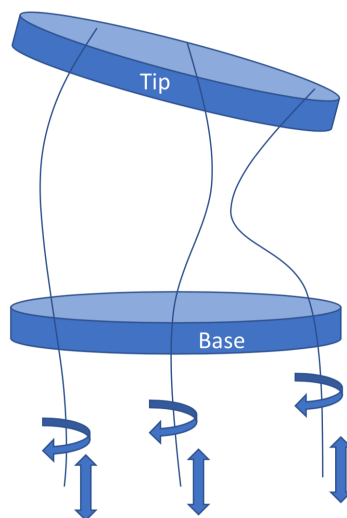


Figure 1 : Principe de fonctionnement du robot à tubes excentriques.

Le sujet proposé vise la mise en place d'un modèle similaire à ceux de l'état de l'art [4] et l'application d'une méthode d'analyse numérique pour l'étude de la stabilité [5] et l'étude de la dynamique [6, 7]. Il nécessite donc des compétences avancées en modélisation-simulation-optimisation et calcul haute performance.

3. Plan de travail

Le stage sera composé de 3 phases principales :

1. Prendre en main les modèles disponibles dans la littérature et implémenter sous Matlab et/ou Python pour la résolution ;
2. Appliquer la méthode d'analyse numérique (méthode de continuation et analyse de bifurcations) développée pour l'étude de la stabilité ;
3. Développer le modèle dynamique et mettre en place sa résolution.

4. Profil recherché

Le travail relève de la modélisation mécanique de structure élancée, du calcul numérique et l'optimisation. Le candidat sélectionné devra avoir un goût marqué pour ces disciplines.

La nature du projet permet de le proposer à des étudiants de Master 2 en mécanique/mathématiques appliquées.

5. Conditions de réalisation du stage

Gratification sur la période de 5-6 mois du stage (durée à discuter).

Le stagiaire sera basé à Besançon au sein du département AS2M de FEMTO-ST.

6. Contact et modalités de candidature

Kanty RABENOROSOA Maître de Conférences – ENSMM

rkanty@femto-st.fr 03 81 40 28 13

Franz CHOULY Professeur – UB

franz.Chouly@u-bourgogne.fr 03 80 29 90 59

Candidature : la candidature doit se faire par envoi de CV, lettre de motivation et relevés de notes des deux derniers semestres par e-mail en un fichier pdf unique.

7. Bibliographie

- [1] Dupont, P. E., Lock, J., Itkowitz, B., & Butler, E. (2009). Design and control of concentric-tube robots. *IEEE Transactions on Robotics*, 26(2), 209-225.
- [2] Webster III, R. J., & Jones, B. A. (2010). Design and kinematic modeling of constant curvature continuum robots: A review. *The International Journal of Robotics Research*, 29(13), 1661-1683.
- [3] Burgner-Kahrs, J., Rucker, D. C., & Choset, H. (2015). Continuum robots for medical applications: A survey. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(6), 1261-1280.
- [4] Black, C. B., Till, J., & Rucker, D. C. (2017). Parallel continuum robots: Modeling, analysis, and actuation-based force sensing. *IEEE Transactions on Robotics*, 34(1), 29-47.
- [5] Peyron, Q., Rabenoroso, K., Andreff, N., & Renaud, P. (2019). A numerical framework for the stability and cardinality analysis of concentric tube robots: Introduction and application to the follow-the-leader deployment. *Mechanism and Machine Theory*, 132, 176-192.
- [6] Till, J., Aloï, V., Riojas, K. E., Anderson, P. L., Webster III, R. J., & Rucker, C. (2020). A Dynamic Model for Concentric Tube Robots. *IEEE Transactions on Robotics*.
- [7] Tariverdi, A., Venkiteswaran, V. K., Martinsen, Ø. G., Elle, O. J., Tørresen, J., & Misra, S. (2020). Dynamic modeling of soft continuum manipulators using lie group variational integration. *PLoS ONE*, 15(7), e0236121.