

Sujet de thèse CIFRE à l'UPMC/Sorbonne
Société ROBEAUTE & l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique

**Guidage d'un microbot par neuronavigation
pour des applications de chirurgie minimalement-invasive dans le cerveau**

ISIR - Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique – U. Pierre et Marie Curie/ Sorbonne
4, place Jussieu, 75005 , Paris

Encadrement: Sinan Haliyo (sinan.haliyo@upmc.fr), Stéphane Régnier, Bertrand Duplat

L'équipe MICROROBOTIQUE de l'ISIR développe depuis plus de 10 ans des techniques et des méthodes pour interagir avec le micromonde. En particulier, elle s'est intéressée à la conception et au contrôle de microrobots flexibles et/ou hélicoïdaux pour suivre des trajectoires spatiales dans un environnement microfluidique complexe.

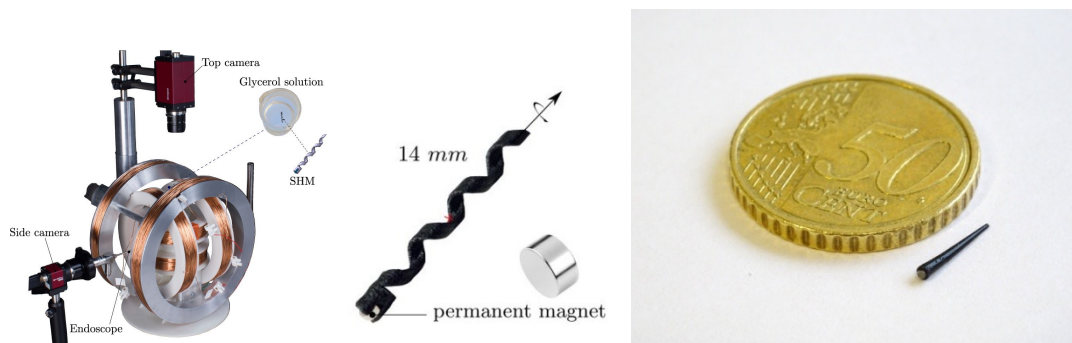


Fig. 1 : Différents microrobots nageurs réalisés à l'ISIR [1-5]

L'un des enjeux majeurs de la santé publique est corrélé aux différentes pathologies du cerveau qui touche plus de ½ milliard de personnes dans le monde. La difficulté de la chirurgie cérébrale rend le diagnostic et le traitement de ces pathologies extrêmement difficiles. L'utilisation de microrobots autopropulsés dans les voies naturelles du corps représenterait une innovation d'envergure dans cet objectif.

Cette thèse propose une approche nouvelle pour des interventions neurologiques à la résolution d'un neurone. Il s'agit d'exploiter un microbot prototype développé par la société ROBEAUTE et de développer les outils de guidage robotique pour atteindre des environnements complexes et difficiles d'accès dans le cerveau. Il s'agit d'une part de commander la propulsion du robot pour contrôler sa trajectoire et de l'autre de développer des méthodes de détection et de localisation pour connaître et commander sa position dans un milieu complexe.

Cette approche pourra également être utilisée en neuroscience pour l'étude in situ des neurones.

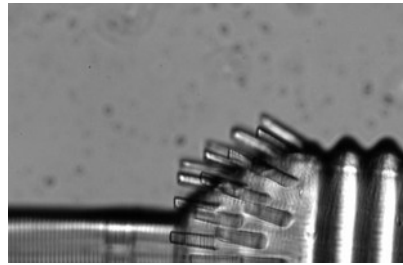


Fig.2 Détail du propulseur

Ce microbot de taille submillimétrique est composé d'un propulseur et d'une micropompe constituant sa motorisation, ainsi que d'une électronique embarquée et de microcapteurs. Il a une mobilité induite par des déformations et mouvements de sa de surface. Une première preuve de concept de la propulsion vient d'être établie.

L'un des aspects cruciaux de cette technologie est l'interface avec le neurochirurgien. Ce dernier doit disposer d'un retour visuel et du tracking du microbot pour maîtriser avec précision l'intervention. Il s'agit surtout d'établir une nouvelle façon d'opérer pour le praticien qui est radicalement différente des possibilités des outils classiques de la chirurgie. Pour répondre à ce défi, des techniques de la robotique chirurgicale peuvent être mises en œuvre pour la neuronavigation. Un scanner ou un IRM est utilisé pour reconstruire le modèle du cerveau, la tête et le visage en 3D à partir des différentes coupes réalisées par l'imagerie médicale. La localisation s'effectue par rapport à un trocart, le point d'entrée du robot dans le corps. Ces méthodes utilisent des techniques de recalage et d'imagerie hors ligne à partir de la reconstruction du système et de marqueurs pour le recalage.

Dans le cadre de ce projet, l'objectif est d'avoir un retour en temps réel sur la position spatiale du microbot. En particulier, dans un premier temps on utilisera une solution filaire entre le microbot et un trocart par un fil capable de transmettre l'énergie et l'information. Un émetteur sur le microbot et un récepteur sur le trocart définiront la position en temps réel du microbot par rapport au trocart. La connaissance de la position absolue du trocart dans son environnement à partir des techniques de neuronavigation donne ainsi couplée la position du microbot et son repérage par rapport au cerveau. Suivant cette première validation, on procédera à l'évaluation des techniques sans fil, à la fois pour la transmission de l'information et de l'énergie.

Différentes étapes sont actuellement prévues :

- analyser et améliorer la résolution de positionnement absolu du trocart (aujourd'hui seulement millimétrique) à partir de la neuronavigation (en particulier on pourra s'intéresser au développement lié au robot ROSA de Medtech)
- concevoir un système d'émission et de réception d'un signal permettant de mesurer en temps réel la position d'un microbot filaire dans son environnement
- développer une preuve de concept du système sur des systèmes fantômes pour des applications liées à la chirurgie
- proposer une solution originale sans trocart capable de recevoir dans le cerveau humain la position du robot dans le repère absolu

Les travaux seront menés à la fois dans les locaux de l'ISIR et ceux de Robeauté, tous les deux dans Paris. Une collaboration avec des grands centres hospitaliers de l'UPMC est à prévoir.

Pour postuler, merci d'envoyer une lettre de motivation, un relevé de notes et des lettres de recommandation à Sinan Haliyo.

Références

[1] Oulmas, A. and Andreff, N. and Régnier, S. (2016). Closed-loop 3D path following of scaled-up helical microswimmers. 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Pages 1725-1730. Stockholm, Sweden.

[2] Oulmas, A. and Andreff, N. and Régnier, S. (2016). Chained formulation of 3D path following for nonholonomic autonomous robots in a Serret-Frenet frame. 2016 American Control Conference (ACC). Pages 7275-7280. Boston, MA, USA

[3] Xu, T. and Hwang, G. and Andreff, N. and Régnier, S. (2016). Influence of Geometry on Swimming Performance of Helical Swimmers Using DoE. Journal of Micro-Bio Robotics. Vol 11 No 1 Pages 57-66

[4] Xu, T. and Hwang, G. and Andreff, N. and Régnier, S. (2015). Planar Path Following of 3-D Steering Scaled-Up Helical Microswimmers. IEEE Transactions on Robotics. Vol 31 No 1 Pages 117-127.

[5] Xu, T. and Hwang, G. and Andreff, N. and Régnier, S. (2014). Modeling and Swimming Property Characterizations of Scaled-Up Helical Microswimmers. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. Vol 19 No 3 Pages 1069 - 1079.