

Système micro-robotique magnétique d'injection guidé par imagerie multimodale pour le traitement de l'arthrose du genou

| | |
|----------------|---|
| Titre : | Système micro-robotique magnétique d'injection guidé par imagerie multimodale pour le traitement de l'arthrose du genou |
| Laboratoires : | Laboratoire PRISME - EA 4229, INSA Centre Val de Loire, Université d'Orléans. |
| Adresse : | 88 Boulevard Lahitolle, 18000, Bourges |
| Partenaires : | Laboratoire LaTIM (Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale) – UMR mixte 1101, de l'Inserm, de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), de l'IMT Atlantique et associant le CHU de Brest. |
| Durée : | 3 ans |
| Supervision : | Directeur de thèse : <ul style="list-style-type: none"> - Antoine Ferreira, Professeur INSA Centre Val de Loire, PRISME - Eric Stindel, Professeur Université-Praticien Hospitalier CHRU Brest/Université Bretagne Occidentale Co-encadrant : <ul style="list-style-type: none"> - Guillaume Dardenne, Ingénieur Recherche CHU Brest |
| Salaire: | 1600 euros nets par mois |
| Mots clés : | Robotique, Imagerie multimodale, Modélisation, Automatique, IA |

1- Contexte :

La livraison ciblée de médicaments dans des parties de corps humain, la manipulation de micro-organismes, ainsi que la micro-injection assistée sont des applications prometteuses de la micro-robotique dans le domaine médical. Parmi ces applications, la thérapie cellulaire pour la réparation du cartilage osseux est un traitement prometteur évitant de lourdes greffes osseuses au niveau des articulations mobiles du genou [1–3]. La thérapie clinique consiste à injecter des cellules souches mésenchymateuses (CSM) ayant un potentiel de différenciation multipotent permettant la réparation et la régénération du cartilage osseux [4]. Cependant, ces procédures d'injection intra-articulaires souffrent à l'heure actuelle, d'un manque de précision (injection manuelle, assistance limitée, difficulté de localiser la zone endommagée) et d'un manque de ciblage thérapeutique conduisant à des infections postopératoires. Afin d'éviter d'avoir recours à des méthodes très invasives, il est important de guider l'injection de manière sûre et efficace [5]. Dans ce sujet thèse, nous proposons de développer un système robotisé d'assistance du geste d'injection assisté par imagerie multimodale (échographique et arthroscopique). Les problématiques scientifiques concerneront la **modélisation**, la **simulation** et la **planification** per-opératoires ainsi que la navigation intra-opératoire guidée **par imagerie multimodale** combinant les systèmes d'imagerie arthroscopique (fibre optique) et échographique (sonde ultrasonore). Ce sujet de thèse sera réalisé en collaboration avec le Laboratoire PRISME (INSA Centre Val de Loire, Université d'Orléans) pour les aspects micro-robotiques et le Laboratoire de traitement de l'information médicale- LaTIM- (Inserm UMR 1101, Université de Bretagne Occidentale (UBO) pour les aspects imagerie multimodale et le CHRU de Brest pour les aspects de validation cliniques. Le groupe « Robotique » du Laboratoire PRISME possède une expertise reconnue dans le domaine de la micro-robotique magnétique pour des applications médicales.

2- Objectifs de la thèse:

L'objectif de la thèse est de développer un système micro-robotique magnétique d'injection guidé par imagerie multimodale pour le traitement de l'arthrose du genou. L'articulation du genou compte deux grandes structures cartilagineuses, à savoir le cartilage articulaire et les ménisques. Le cartilage articulaire recouvre les extrémités osseuses du tibia, du fémur et de la rotule qui sont en contact avec

l'articulation. Il est important d'assister le geste du praticien pour l'administration de particules magnétiques à base de cellules souches. Pour cela, le futur doctorant utilisera la combinaison de l'imagerie intra-articulaire (arthroscopie) et extracorporelle du genou (imagerie échographique) pour le suivi le long d'une trajectoire d'injection planifiée et contrôlée en temps-réel [6]. Pour assurer un ciblage thérapeutique précis et sûr, des microparticules magnétiques fonctionnalisées avec des cellules souches seront injectées et contrôlées magnétiquement le long de la trajectoire prédéfinie [7]. Le futur doctorant s'intéressera à la problématique de l'asservissement en position des microparticules injectées guidées par imagerie multimodale. Son travail de thèse sera décomposé de la manière suivante (voir Figure 1) :

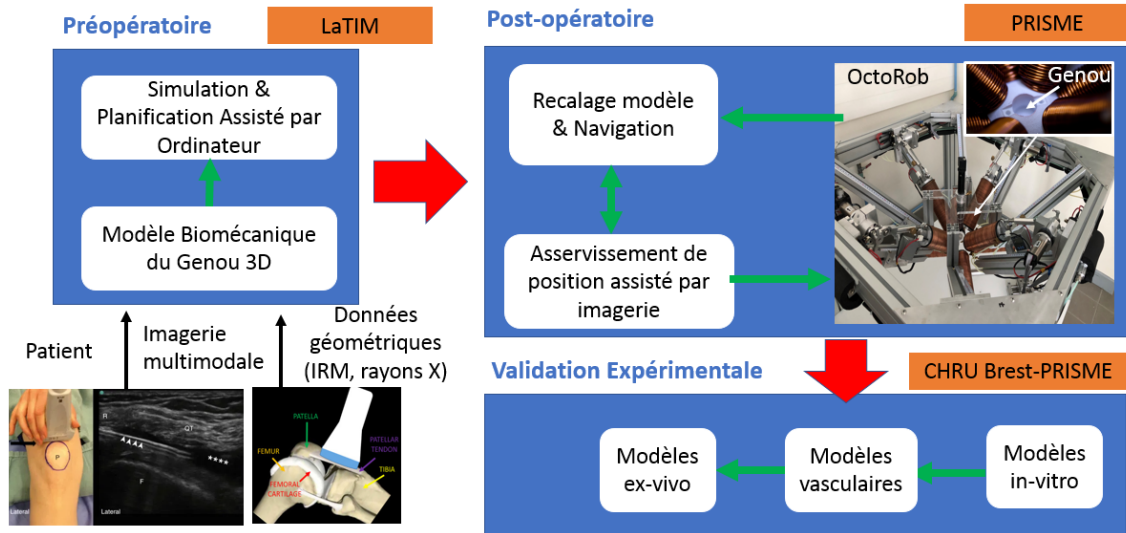


Figure 1 : Plan de travail.

3- Profil et compétences recherchées

La candidate ou le candidat devra être titulaire d'un master ou d'un diplôme équivalent en Robotique et/ou Automatique et/ou Imagerie Médicale avec de très bonnes compétences dans au moins un de ces domaines.

4- Candidature

Les candidats doivent envoyer un CV détaillé, une lettre de motivation, des relevés de notes (master ou équivalent) et les coordonnées (nom, institution, adresse électronique) de deux personnes de référence. Les documents doivent être envoyés dans un format zippé à : antoine.ferreira@insa-cvl.fr et guillaume.dardenne@univ-brest.fr

Bibliographie

- [1] C. Madeira, A. Santhagunam, J. B. Salgueiro, J. M. S. Cabral, Advanced cell therapies for articular cartilage regeneration. *Trends Biotechnol.* **33**, 35–42 (2015).
- [2] T. Negoro, Y. Takagaki, H. Okura, A. Matsuyama, Trends in clinical trials for articular cartilage repair by cell therapy. *npj Regen. Med.* **3**, 17 (2018).
- [3] U. Nöth, A. F. Steinert, R. S. Tuan, Technology insight: Adult mesenchymal stem cells for osteoarthritis therapy. *Nat. Clin. Pract. Rheumatol.* **4**, 371–380 (2008).
- [4] A. Goldberg, K. Mitchell, J. Soans, L. Kim, R. Zaidi, The use of mesenchymal stem cells for cartilage repair and regeneration: A systematic review. *J. Orthop. Surg. Res.* **12**, 39 (2017).
- [5] J. Li, X. Li, T. Luo, R. Wang, C. Liu, S. Chen, D. Li, J. Yue, S.-h. Cheng, D. Sun, Development of a magnetic microrobot for carrying and delivering targeted cells. *Sci. Robot.* **3**, eaat8829 (2018).
- [6] S. Jeon, S. Kim, S. Ha, S. Lee, E. Kim, S. Y. Kim, S. H. Park, J. H. Jeon, S. W. Kim, C. Moon, B. J. Nelson, J.-y. Kim, S.-W. Yu, H. Choi, Magnetically actuated microrobots as a platform for stem cell transplantation. *Sci. Robot.* **4**, eaav4317 (2019).
- [7] [Gwangjun Go](#) et al. Human adipose-derived mesenchymal stem cell-based medical microrobot system for knee cartilage regeneration in vivo, *Sci. Robot*, Vol 5, Issue 38 (2020)
- [8] L. Arcese, M. Fruchard, and A. Ferreira, "Endovascular magnetically-guided robots: navigation modeling and optimization," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 59(4), pp. 977–987, 2012.