

Titre de la thèse : Développement d'un modèle de fouille de données multimodal permettant d'identifier des paramètres prédictifs d'insatisfaction de patients opérés d'une prothèse de genou.

Directrice de thèse : Laurence Chèze (Professeure des Universités, Université Lyon 1, Lyon, France)

Email : laurence.cheze@univ-lyon1.fr

Laboratoire : Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR_T9406)

<https://lbmc.univ-gustave-eiffel.fr/>

Co-directrice de thèse : Neila Mezghani (Professeure, Université TELUQ, Montréal, Québec / Canada)

Email : Neila.Mezghani@telug.ca

Laboratoire : Laboratoire d'innovation ouverte en technologies de la santé (LIO-ETS)

<https://www.etsmtl.ca/laboratoires/lio>

Co-encadrants : Sacha Guitteny (LBMC UMR_T9406)

Cécile Batailler (LBMC UMR_T9406, Hospices Civils de Lyon)

Présentation du projet

La prothèse totale du genou (PTG) constitue aujourd'hui l'intervention de remplacement articulaire la plus pratiquée, avec des résultats globalement satisfaisants, notamment pour le retour à domicile et la reprise d'activité physique. Toutefois, la révision de prothèse totale du genou (rPTG) demeure un enjeu critique, avec des taux d'insatisfaction pouvant atteindre 34 %, principalement en raison de douleurs persistantes et de limitations fonctionnelles. Les modèles prédictifs actuellement utilisés reposent essentiellement sur des questionnaires et des mesures cliniques simples, sans intégrer les informations biomécaniques pourtant essentielles pour comprendre les mécanismes d'échec. L'absence d'une approche véritablement multimodale constitue ainsi un verrou scientifique majeur.

La thèse proposée vise à développer un modèle de fouille de données multimodal adapté aux patients opérés d'une prothèse de genou, permettant d'identifier des paramètres prédictifs fiables d'insatisfaction post-opératoire. Pour cela, une base de données cohérente et diversifiée sera constituée, incluant imagerie, scores PROM (Patient Reported Outcome Measures), tests psychologiques, ainsi que des données biomécaniques issues de la cinématique et de la dynamique inverse de la marche et de mouvements fonctionnels.

L'originalité du projet repose sur l'intégration explicite des incertitudes dans les modèles prédictifs, grâce à des approches hybrides combinant apprentissage profond, modèles probabilistes bayésiens et mécanismes d'attention multimodale. Cette stratégie permettra d'exploiter efficacement la diversité des sources de données, d'identifier des biomarqueurs et d'évaluer la confiance associée aux prédictions, en particulier pour les profils de patients atypiques. Le méta-modèle développé constituera le socle d'un jumeau numérique patient-spécifique, capable de simuler différents scénarios cliniques et de prédire l'évolution post-opératoire du patient, ouvrant la voie à une prise en charge personnalisée et plus fiable.

Mots clefs : Prothèse totale de genou, Analyse du mouvement, Fouille de données, Quantification des incertitudes

Encadrement :

La thèse sera co-encadrée par trois acteurs complémentaires, garantissant une approche multidisciplinaire et une forte adéquation entre les objectifs scientifiques et les compétences mobilisées. Le **Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC)** apportera son expertise en biomécanique, notamment sur l'analyse du mouvement, ainsi que dans le développement de méthodes innovantes pour la capture et l'interprétation des données biomécaniques. Le **Laboratoire en Innovation Ouverte en Technologies de la Santé (LIO-ETS)** apportera ses compétences en science

des données, en méta-modélisation et en gestion des incertitudes, des éléments clés pour la conception de modèles prédictifs robustes et fiables. Enfin, les **services d'orthopédie des Hospices Civils de Lyon (HCL)** offriront un accès privilégié aux cohortes cliniques, ainsi qu'une expertise chirurgicale reconnue (centre de référence pour la chirurgie du genou) et un suivi patient indispensable pour la collecte et l'interprétation des données cliniques : 150 patients sont opérés annuellement pour une reprise d'arthroplastie totale du genou.

Pour limiter les risques liés à la durée d'acquisition de données de qualité, et compléter le jeu de données prospectives, une collecte de données rétrospectives sera initiée dès le démarrage du projet. En effet, le service d'orthopédie des HCL, important centre de reprise en France, dispose de plus de 1000 dossiers de reprises d'arthroplastie totale du genou dans ses archives. Les critères d'inclusion seront les mêmes que ceux de l'étude prospective. Les données cliniques et fonctionnelles manquantes seront simulées par une autre équipe du PEPR INSIDE, permettant au doctorant recruté de bénéficier au plus tôt de données pour travailler sur le modèle.

Bibliographie :

Batailler, C., Lording, T., Massari, D. D., Witvoet-Braam, S., Bini, S., & Lustig, S. (2021). Predictive Models for Clinical Outcomes in Total Knee Arthroplasty: A Systematic Analysis. *Arthroplasty Today*, 9, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.artd.2021.03.013>

Geary, M. B., Macknet, D. M., Ransone, M. P., Odum, S. D., & Springer, B. D. (2020). Why Do Revision Total Knee Arthroplasties Fail? A Single-Center Review of 1632 Revision Total Knees Comparing Historic and Modern Cohorts. *The Journal of Arthroplasty*, 35(10), 2938–2943. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.05.050>

Kimpton, L., Paun, L., Colebank, M., & Volodina, V. (2025). Challenges and opportunities in uncertainty quantification for healthcare and biological systems. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 383. <https://doi.org/10.1098/rsta.2024.0232>.

Kumar, S., Datta, S., Singh, V., Singh, S. K & Sharma, R. (2024) "Opportunities and Challenges in Data-Centric AI," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 33173-33189, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3369417>.

Lustig, S., Magnussen, R., Chèze, L., & Neyret, P. (2012). The KneeKG system: a review of the literature. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20, 633–638. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1867-4>.

Seoni, S., Jahmunah, V., Salvi, M., Barua, P., Molinari, F., & Acharya, U. (2023). Application of uncertainty quantification to artificial intelligence in healthcare: A review of last decade (2013-2023). *Computers in biology and medicine*, 165, 107441. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2023.107441>.

Winther, S. B., Klaksvik, J., Wik, T. S., Husby, O. S., Egeberg, T., Snildalsli, S., ... Foss, O. A. (2023). Higher Dissatisfaction Rate Following Revision Compared With Primary Total Knee Arthroplasty: 1-Year Follow-up of 2151 Primary and 235 Aseptic Revision Surgeries. *Orthopedics*, 46(1), e52–e57. <https://doi.org/10.3928/01477447-20221031-09>

Financement :

Une demi-bourse de thèse est financée dans le cadre du projet *PEPR INSIDE* (ANR-25-PESN-0007). L'autre demi-bourse de thèse est financée par la Graduate School *Medical Device*. Une mobilité depuis Lyon vers Montréal sera prise en charge dans le cadre du LIA *EVASYM* (<https://evasym.univ-gustave-eiffel.fr/>).

Profil du candidat :

Compte tenu des spécificités du financement, le candidat doit être de nationalité autre que française et primo-arrivant en France pour la thèse. Une bonne connaissance du français est requise (pour faciliter les interactions avec les patients et le personnel paramédical). Une bonne connaissance de l'anglais écrit et parlé est aussi requise (pour l'analyse bibliographique et la valorisation des travaux sous la forme de publications et conférences internationales).

Le candidat idéal pour cette thèse doit avoir un diplôme de Master ou Ingénieur avec des compétences en Biomécanique, expérimentations in vivo, fouille de données, et statistiques. Il doit également avoir

de bonnes capacités à travailler en équipe et une forte motivation pour mener des recherches interdisciplinaires dans le domaine de la santé.

Contact : Pr. Laurence CHEZE : laurence.cheze@univ-lyon1.fr