



EUROMOV



CARTIGEN



MÉTIER : Ingénieur de Recherche en biomécanique

Résumé

Le développement de thérapies de bio-ingénierie du cartilage articulaire, en particulier celles visant à réparer les défauts locaux du cartilage induits par l'arthrose, nécessitent des détections précoces de la pathologie. Le développement d'un outil de segmentation automatique 3D complète du genou (os, cartilage, ménisque, ligament) et de calcul d'index morphologique (largeur, longueur, épaisseur, courbure) et mécanique (déformation articulaire *in vivo*) contribuera à la détection des pathologies articulaires de manière précoce et à améliorer le suivi des traitements actuels. L'association de différents laboratoires montpellierains (Euromov DHM, LMGC, le CHU de Montpellier et la plateforme CARTIGEN) donnera une vision large et nécessaire pour la mise en place de protocoles scientifiques de traitement des données pertinentes dans le milieu de la santé. L'ingénieur et l'étudiant recrutés pourront à la fois identifier les enjeux actuels du monde de la santé tout en utilisant des outils de métrologies performants et unique en France (IRM G SCAN ESAOTE) et des outils numériques permettant une rupture dans le suivi et le traitement clinique de pathologies articulaires.

Contexte scientifique

L'objectif principal de l'étude proposée est de continuer à développer une méthode expérimentale et numérique pour décrire les paramètres morphologiques et mécanique *in vivo* du genou chez le sujet sain et pathologique, en particulier pour les parties molles de l'articulation (cartilage, ménisques, ligaments). Un développement ultérieur de la méthode doit permettre d'évaluer la cinématique relative *in vivo* (rotation et translation) du tibia, du fémur et de la rotule lors d'un mouvement de flexion simple. Il est également envisagé d'évaluer la mobilité relative des ménisques et des ligaments croisés antérieurs et postérieurs. A terme, la méthodologie développée devrait permettre de suivre l'évolution de la morphologie du cartilage pathologique mais aussi d'évaluer l'impact des orthèses sur la cinématique et la charge mécanique du genou.

Le dispositif d'IRM G-Scan d'ESAOTE (figure 1), intégré à la plateforme CARTIGEN et exploité par l'ingénieur Dr. G. Dusfour, permet de réaliser des images dynamiques d'IRM 2D et 3D sous la charge propre du patient. Ce dispositif présente l'avantage d'être une IRM ouverte, ce qui laisse la possibilité d'effectuer des mouvements de grande amplitude pendant la phase d'imagerie. De plus, les images IRM sont généralement prises avec le sujet couché horizontalement, alors que l'IRM G-Scan ESAOTE permet au patient d'être positionné à la verticale. La verticalisation du sujet permet de se rapprocher des conditions de la vie quotidienne. Cet équipement est unique au niveau national.

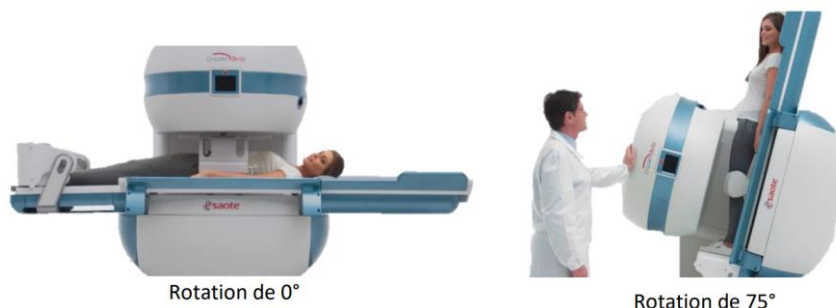


Figure 1 : IRM GSCAN ESAOTE

A ce jour, la plateforme CARTIGEN dispose d'une base de données d'image IRM de sujets sains, de plus il est prévu de répondre à des appels à projet interne au CHU pour augmenter cette base de données avec des images de sujets pathologiques suivi par le service de rhumatologie du professeur Christian Jorgensen et de médecine physique et de réadaptation du praticien hospitalier Marc Julia.

Notre stratégie de recherche

Des expériences préliminaires ont permis d'identifier des séquences IRM permettant la reconstruction 3D de l'articulation du genou en charge, en décharge et également en flexion sagittale, jusqu'à 120° d'angulation. Un deuxième type de séquence IRM en deux dimensions nous a permis de suivre la dynamique de flexion du genou.

De plus, le travail de Master effectué à la fois au LMGC et à CARTIGEN, financé par l'appel à projet Kim Biomarker and Therapy, a permis de développer et d'évaluer la précision de la segmentation automatique dites « atlas based » du tibia et du cartilage du plateau externe via notre outil numérique. Cette méthode de segmentation consiste à utiliser une segmentation manuelle comme référence (l'atlas). L'image de référence est transformée de manière rigide puis élastique afin que la différence de niveau de gris avec l'image à segmenter soit minimisée suivant différents critères [Bonaretti et al., 2020]). Nos résultats montrent une segmentation quasi identique à une segmentation manuelle pour les os (fémur, tibia, 97% de similarités) et de très bonne qualité pour les cartilages (87% de similarité, parmi les meilleurs résultats de la littérature [Bonaretti et al., 2020]). Ce stage a permis de valider la méthode de segmentation, mais s'est limité au tibia et au cartilage du plateau externe [voir figure 2]. L'expertise du LMGC a permis d'estimer la déformation *in vivo* du cartilage du plateau externe lors du chargement. Ce travail de stage a aussi permis d'optimiser les paramètres de la séquence 3D SHARC pour améliorer les résultats de la segmentation. Enfin, nous avons montré une forte dépendance de la qualité de la segmentation selon l'atlas utilisé.

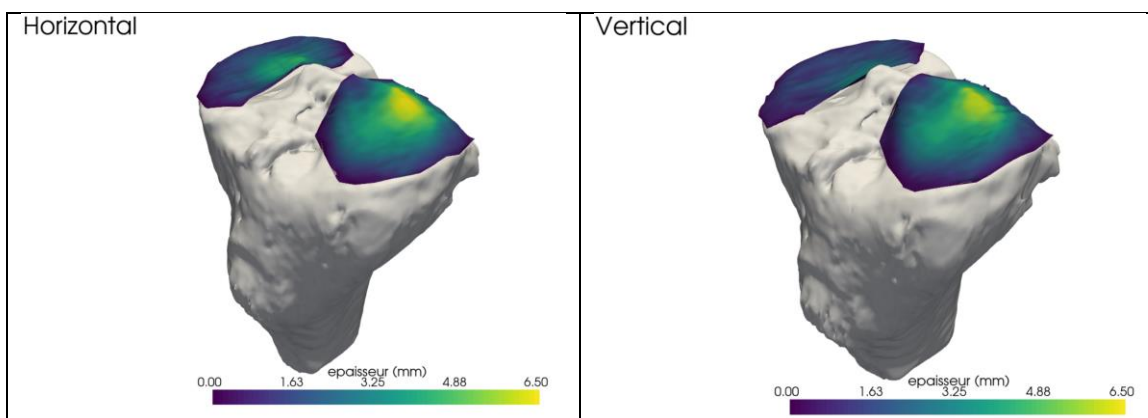


Figure 2: Modèle 3D du tibia et cartographie de l'épaisseur de ses cartilages articulaires en décharge (horizontal) et en charge (vertical). Les modèles 3D sont issus des segmentations automatiques. Visualisation qualitative de l'écrasement des cartilages articulaires.

Missions de l'ingénieur recruté :

- Développement et adaptation des outils de segmentation existant (pykneer : <https://sbonaretti.github.io/pyKNEEr/>, et https://gitlab.com/vvr/OActive/knee_segmentation_tools)
- Développement logiciel pour l'automatisation d'extraction de données morphologiques cliniques suite à la segmentation.
- Documenter le code et sa validation pour alimenter la documentation technique de nos produits
- Segmentation manuelle via itk Snap ou 3D Slicer (ground truth).
- Exploration d'autre stratégie numérique de segmentation (computational neural network CNN)

- Analyser les variations morphologiques des différents corps mous du genou (ménisque, cartilage, ligaments) pour les trois positions explorées (Debout genou tendu, couché genou tendu, couché genou fléchi)
- Réaliser l'acquisition d'image IRM du genou sur sujet sain en position couché/débout et couché-genou-fléchi
- Rédaction d'articles avec pour objectifs de publications dans des journaux scientifiques.
- Animer des réunions avec les encadrants pour assurer le suivi du projet.

Compétences requises

- Biomécanique
- Anatomie humaine
- Programmation python
- git
- Analyse de données, statistiques
- Anglais de niveau C1

Niveau : Master ou Phd en biomécanique/informatique.

Prise de poste : Idéalement Octobre/novembre 2023. Deadline : Décembre 2023

Rémunération et employeur :

En tant qu'employé de l'Université de Montpellier, au sein du laboratoire Euromov et de la plateforme CARTIGEN, deux niveaux de rémunération sont proposés en fonction de l'expérience :

- niveau 1 (INM 435) - salaire mensuel brut d'environ 2131€, net d'environ 1713€
- niveau 2 (INM 486) pour lequel il faut faire une demande à la DRH, justifiée par le profil et expérience du ou de la candidat.e - salaire mensuel brut d'environ 2381€, net d'environ 1913€.

Durée :

1 an. Possibilité de répondre à des appels à projet pour étendre la durée du travail.

Lieu :

Laboratoire de recherche Euromov DHM, 700 Av. du Pic Saint-Loup, 34090 Montpellier
Plateforme Cartigen CHU , 80 Av. Augustin Fliche, 34000 Montpellier

Envoyé votre lettre de motivation et votre CV à :

Gilles Dusfour : g-dusfour@chu-montpellier.fr

Références

1. Bonaretti, S., Gold, G. E., & Beaupre, G. S. (2020). pyKNEEr: An image analysis workflow for open and reproducible research on femoral knee cartilage. *Plos one*, 15(1), e0226501.

2. Lansdown, D., & Ma, C. B. (2018). The influence of tibial and femoral bone morphology on knee kinematics in the anterior cruciate ligament injured knee. *Clinics in sports medicine*, 37(1), 127-136.
3. Ambellan, F., Tack, A., Ehlke, M., & Zachow, S. (2019). Automated segmentation of knee bone and cartilage combining statistical shape knowledge and convolutional neural networks: Data from the Osteoarthritis Initiative. *Medical image analysis*, 52, 109-118.
4. Peterfy, C. G., Schneider, E., & Nevitt, M. (2008). The osteoarthritis initiative: report on the design rationale for the magnetic resonance imaging protocol for the knee. *Osteoarthritis and cartilage*, 16(12), 1433-1441.