

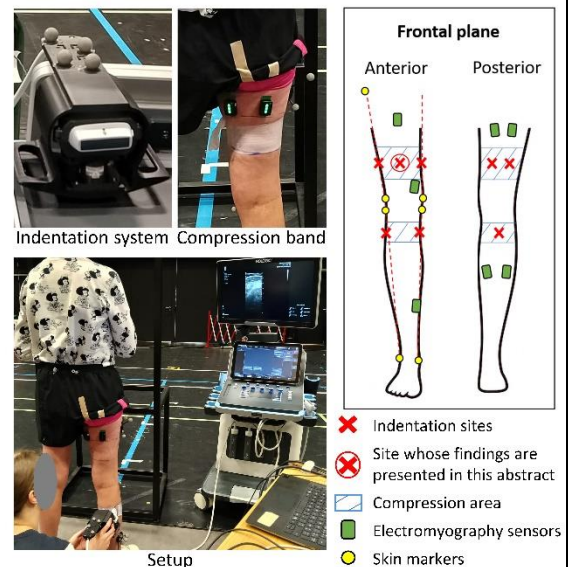
PROPOSITION DE SUJET DE STAGE

Laboratoire de rattachement	Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR_T9406). Université Claude Bernard Lyon 1 (Lyon 1). Université Gustave Eiffel (Univ Eiffel).
Sujet du stage en Français	Analyse et modélisation des propriétés mécaniques des tissus mous à l'interface jambe-orthèse à partir de données d'indentation
Sujet du stage en Anglais	Analysis and modeling of soft tissue mechanical properties at the leg-orthosis interface using indentation data
Localisation	LBMC Campus Univ-Eiffel Lyon-Bron
Période	Septembre 2026, avec flexibilité
Contacts	Elisa Jolas, doctorante, elisa.jolas@univ-eiffel.fr

Contexte :

Les orthèses de genou sont couramment utilisées dans la prise en charge conservatrice de l'arthrose du genou, mais leurs mécanismes biomécaniques restent encore mal compris (Petersen et al., 2016). La modélisation musculosquelettique constitue un cadre non invasif permettant d'étudier les effets des orthèses lors de tâches dynamiques, mais une représentation précise des interactions entre la jambe et l'orthèse nécessite une modélisation appropriée des tissus mous, ceux-ci étant souvent négligés (Scherb et al., 2023). La raideur des tissus mous de la jambe a déjà été évaluée à l'aide de techniques d'indentation (par exemple Fougeron et al., 2020; Zheng and Mak, 1999), mais elle varie en fonction du sexe, de l'âge, de l'activation musculaire et de la localisation anatomique. Par conséquent, les paramètres de raideur doivent être estimés dans des conditions spécifiques au sujet et au contexte étudié.

Dans ce cadre, une méthode d'indentation assistée par échographie a été développée afin de caractériser localement la raideur des tissus mous au niveau des principales zones de contact entre la jambe et une orthèse de genou. Les expérimentations ont été réalisées en mars et avril 2026 à l'École Normale Supérieure de Rennes auprès de 19 participants sains, sans douleur au genou. Un dispositif portable combinant un capteur de force et une sonde échographique a été conçu afin de mesurer simultanément la force appliquée et la déformation des tissus mous, via le suivi de la distance sonde-os sur les images échographiques. Huit sites d'indentation, correspondant aux principales zones de contact avec l'orthèse, ont été étudiés sur la cuisse et la jambe. Quatre conditions expérimentales représentant différents niveaux de sollicitation musculaire ont été évaluées, avec ou sans compression externe appliquée à l'aide d'une bande de tissu reproduisant la pré-compression induite par l'orthèse.



Une première pipeline d'analyse a été développée afin de traiter les données expérimentales et d'extraire les courbes force-déplacement associées à chaque essai d'indentation. Toutefois, l'analyse complète de l'ensemble des participants et des sites anatomiques reste à finaliser. Par ailleurs, le comportement mécanique des tissus mous observé expérimentalement doit encore être modélisé.

Objectif et travail attendu :

L'objectif de ce stage est d'exploiter une base de données expérimentale acquise sur 19 participants sains afin d'estimer les paramètres de raideur des tissus mous à l'interface jambe/orthèse à partir de données d'indentation, et d'identifier un modèle mécanique capable de reproduire les relations force-déplacement observées. L'objectif final est de fournir une représentation simplifiée des tissus mous sous forme de paramètres mécaniques intégrables dans un modèle musculosquelettique du membre inférieur.

Déroulé du stage

1. Revue de la littérature

- Recenser les approches de caractérisation mécanique des tissus mous par indentation, depuis l'acquisition jusqu'à l'analyse des courbes force-déplacement.
- Identifier les modèles mécaniques des tissus mous et les méthodes permettant d'en estimer les paramètres à partir de données expérimentales.

2. Analyse de données expérimentales existantes

- Exploiter une base de données de 19 participants sains.
- Extraire et analyser les courbes force-déplacement.
- Quantifier l'influence de la localisation anatomique, de l'activité musculaire et du serrage sur la raideur des tissus.

3. Développement et évaluation d'un modèle mécanique

- Implémenter et comparer différents modèles mécaniques.
- Identifier leurs paramètres à partir des données expérimentales.
- Sélectionner le modèle le plus pertinent pour une future intégration dans un modèle musculosquelettique.

Compétences recherchées :

- Formation en biomécanique, mécanique ou génie biomédical.
- Connaissances en mécanique des matériaux et/ou modélisation mécanique.
- Compétences en programmation (Python et/ou Matlab).

Merci d'envoyer :

- une lettre de motivation
- un CV académique
- vos relevés de notes universitaires

Références :

- Fougeron, N., Rohan, P.-Y., Haering, D., Rose, J.-L., Bonnet, X., Pillet, H., 2020. Combining Freehand Ultrasound-Based Indentation and Inverse Finite Element Modeling for the Identification of Hyperelastic Material Properties of Thigh Soft Tissues. *Journal of Biomechanical Engineering* 142, 091004. <https://doi.org/10.1115/1.4046444>
- Petersen, W., Ellermann, A., Zantop, T., Rembitzki, I.V., Semsch, H., Liebau, C., Best, R., 2016. Biomechanical effect of unloader braces for medial osteoarthritis of the knee: a systematic review (CRD 42015026136). *Arch Orthop Trauma Surg* 136, 649–656. <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2388-2>
- Scherb, D., Wartzack, S., Miehl, J., 2023. Modelling the interaction between wearable assistive devices and digital human models—A systematic review. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 10, 1044275. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1044275>
- Zheng, Y.P., Mak, A.F.T., 1999. Extraction of Quasi-Linear Viscoelastic Parameters for Lower Limb Soft Tissues From Manual Indentation Experiment. *Journal of Biomechanical Engineering* 121, 330–339. <https://doi.org/10.1115/1.2798329>