

## **PROPOSITION DE STAGE BAC+5**

### **DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME BASEE SUR LA SPECTROSCOPIE OPTIQUE POUR L'ETUDE DU PROCESSUS DE LIGAMENTOPLASTIE DE LA CHEVILLE**

**Laboratoire d'accueil :** LIP6 (Sorbonne Université, UMR CNRS 7606), campus Pierre et Marie Curie (métro Jussieu), Paris, France

**Durée :** 6 mois

**Début de stage :** Entre janvier et mars 2023.

**Gratification :** Environ 555€/mois (+ pour participation aux frais de transport en commun) [1].

**Contact :** [sylvain.feruglio@lip6.fr](mailto:sylvain.feruglio@lip6.fr)

**Résumé :** Ce stage s'intègre dans le cadre d'un projet de recherche en ingénierie pour le biomédical. Soutenue par l'Institut Universitaire d'Ingénierie en Santé (IUIS) [2], la collaboration entre le Laboratoire d'Information de Paris 6 (LIP6) et le service de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Enfant (CORE) de l'Hôpital Armand Trousseau a pour ambition de participer à l'étude du processus de ligamentoplastie de la cheville, grâce à spectroscopie optique dans le visible et l'infra-rouge, principalement, qui sera couplée à d'autres techniques.

Dans le cadre de ce stage, il sera question de réaliser différentes expérimentations in-vivo, ex-vivo, in-vitro et in-silico et de les confronter suite à un traitement des signaux et des données. Cela conduira ensuite à la réalisation d'un dispositif embarqué spécifique, avec son IHM.

**Profil souhaité :** Etudiant d'école d'ingénieur ou master 2 en Ingénierie pour la santé, physique appliquée, sciences de l'Ingénieur, robotique ou EEA.

**Compétences requises :**

- Bases solides en électronique et programmation.
- Expérience dans l'usage de microcontrôleur indispensable.
- Notions en optique, mécanique et modélisation multiphysique.
- Une première expérience dans la réalisation d'un PCB et en impression 3D est appréciée.
- Gout prononcé pour l'expérimentation et sa mise en œuvre.
- Intérêt pour l'ingénierie biomédicale et le travail en équipe.
- Rigoureux et sens critique.
- Bonnes capacités rédactionnelle et oratoire.
- Bonne compréhension écrite de l'anglais technique.

**Poursuite du travail de stage en thèse de doctorat envisageable selon les résultats du stage et la réponse aux demandes en cours.**

**Contexte :** L'entorse de cheville est une pathologie fréquente générant un coût de santé publique important [3], dont la principale complication est l'apparition d'une instabilité chronique apparaissant dans près de 20 % des cas [4, 5]. En cas d'entorse grave et d'échec du traitement médical, le ligament ne peut plus remplir sa fonction et la cheville présente une instabilité chronique. La chirurgie ou ligamentoplastie devient alors le seul moyen de traitement pour stabiliser la cheville, et ainsi prévenir l'apparition de lésions, pouvant mener à l'arthrose tibio-talienne [6, 7].

Quand la ligamentoplastie est indiquée, la reconstruction anatomique avec une greffe est nécessaire et le tendon du gracilis peut être prélevé [8, 9] pour reconstruire le Ligament Talo Fibulaire Antérieure (LTFA) et Ligament Calcanéo-Fibulaire (LCF). Le succès de la ligamentoplastie dépendra ensuite du moment de la décision du chirurgien pour les étapes suivantes post-opératoires (à savoir l'appui complet, le début de rééducation et la reprise du sport).

De nos jours, le chirurgien se base seulement sur sa propre perception et son expérience pour se décider et ne dispose pas d'examen précis lui permettant une analyse dynamique et biomécanique, afin de le guider à prendre la bonne décision. Pour répondre à ce besoin, nous proposons d'utiliser une technique

d'analyse de la perfusion tissulaire du ligament transplanté par trans-illumination, qui pourra être couplée à des techniques additionnelles, telles que la mesure d'impédance électrique et de contraintes.

La trans-illumination est une technique de spectroscopie optique dans le visible et l'infrarouge qui permet d'obtenir, de manière totalement non-invasive, une information en temps réel sur les variations hémodynamique de la région monitorée [10-12]. Cette technique permettrait donc une analyse dynamique avec évaluation de la structure dans différentes positions de détente ou de tension.

**Objectifs et résultats attendus :** Soutenu par l'IUIS, ce projet répond à un besoin clinique clairement identifié. L'objectif est ici le développement de dispositifs spécifiques dans le but de mieux comprendre et traiter une pathologie.

L'étudiant recruté sera binômé avec un étudiant en médecine tout au long du stage. Une interaction forte est donc attendue des deux parties.

Les principaux objectifs de ce projet sont de développer :

- Un modèle expérimental permettant d'étudier le signal de perfusion tissulaire d'un tendon par trans-illumination,
- Une preuve de concept en application humaine pour l'étude des ligamentoplasties de la cheville.
- Un démonstrateur nous indiquant une métrique utile au médecin dans sa prise de décision.

### **Bibliographie :**

- [1] <https://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire>
- [2] <https://iuis.sorbonne-universite.fr/>
- [3] Shah S, et al. Incidence and Cost of Ankle Sprains in United States Emergency Departments. *Sports Health*. 2016 Dec; 8(6):547–52.
- [4] Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med*. 1977 Dec; 5(6):241–2.
- [5] Konradsen L, et al. Seven years follow-up after ankle inversion trauma. *Scand J Med Sci Sports*. 2002 Jun;12(3):129–35.
- [6] Harrington KD. Degenerative arthritis of the ankle secondary to long-standing lateral ligament instability. *J Bone Joint Surg Am*. 1979 Apr; 61(3):354–61.
- [7] Vuurberg G, et al. Anatomic stabilization techniques provide superior results in terms of functional outcome in patients suffering from chronic ankle instability compared to non-anatomic techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2018 Jul; 26(7):2183–95.
- [8] Lopes R, et al. Arthroscopic anatomical reconstruction of the lateral ankle ligaments: A technical simplification. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2016; 102(8S):S317–S322.
- [9] Guillo S, et al. Arthroscopic anatomical reconstruction of the lateral ankle ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2016 Apr; 24(4):998–1002.
- [10] Wyser D, et al. Wearable and Modular Functional Near-Infrared Spectroscopy Instrument with Multidistance Measurements at Four Wavelengths. *SPIE Neurophotonics*. 2017 Aug; 4(4): 041413, doi: 10.1117/1.NPh.4.4.041413.
- [11] Han S, et al. Design of Multi-Wavelength Optical Sensor Module for Depth- Dependent Photoplethysmography. *MDPI Sensors*. Dec 2019; 19(24):5441, doi: 10.3390/s19245441.
- [12] Mainard N, et al. Intraoperative Optical Monitoring of Spinal Cord Hemodynamics Using Multiwavelength Imaging System. *MDPI Sensors*. 2022 May; 22:3840. <https://doi.org/10.3390/s22103840>.