

Equipe de recherche : GEPETTO

Titre du stage: Validation d'un système de semelles de mesure des actions mécaniques tridimensionnelles

Keywords : biomécanique, système embarqué,

Supervision : Bruno Watier, Vincent Bonnet et Kahina Chalabi

E-mail: bruno.watier@laas.fr, vincent.bonnet@laas.fr, kahina.chalabi@laas.fr

Durée du stage : 5 à 6 mois selon disponibilités

Niveau requis : Master 2 ou ingénieur en dernière année

Gratification : 660€/mois

Contexte :

L'objectif de ce stage consiste à valider un prototype de semelles instrumentées embarquées permettant la mesure des efforts de réaction tridimensionnelle au sol en temps réel. Ce stage s'inscrit dans le contexte de l'ANR HERCULES porté par le LAAS-CNRS et réalisé en interaction avec plusieurs laboratoires nationaux.

Description du stage :

Les forces et les moments de réaction au sol (GRFM) sont largement utilisés comme indicateurs clés pour les analyses biomécaniques dans de nombreuses applications de rééducation [1], d'optimisation de la performance sportive [2] et/ou d'ergonomie industrielle [3]. D'ordinaire, ces actions mécaniques sont quantifiées dans des conditions de laboratoire à l'aide de plateformes de force encastrées dans le sol. Elles permettent la mesure de quelques pas consécutifs en fonction de l'instrumentation mise en œuvre. Toutefois, ces conditions n'autorisent pas un suivi longitudinal que ce soit à la maison ou en milieu professionnel de l'évolution des actions mécaniques de contact. En particulier les problèmes d'instabilité chroniques liés à l'âge ou la pathologie locomotrice nécessitent un suivi quotidien des conditions de marche des sujets.

Afin de détecter l'instabilité, plusieurs auteurs ont ainsi déjà proposé des critères mécaniques d'instabilité de la locomotion. Basé sur des paramètres purement cinématiques (Hof et al.) ou dynamiques (Watier t al., Herr et al.). Plusieurs d'entre eux ont montré pouvoir détecter des situations instables.

Afin de pouvoir quantifier ces paramètres in-situ, plusieurs modèles commerciaux de semelles ont été développés ces dernières années. A l'aide de capteurs résistifs ou piézo-électriques ils permettent d'analyser les actions mécaniques de contacts perpendiculaires aux surfaces de contact. Toutefois la majorité des paramètres d'instabilité nécessitent la mesure des actions

mécaniques tridimensionnelles. C'est dans ce contexte que le LAAS-CNRS développe une semelle instrumentée (Fig. 1) à l'aide de jauges de déformation visant à reconstituer les 6 composantes du tenseur des actions mécaniques (forces et moments) à l'aide de matériels embarqués et d'algorithmes d'IA performants.

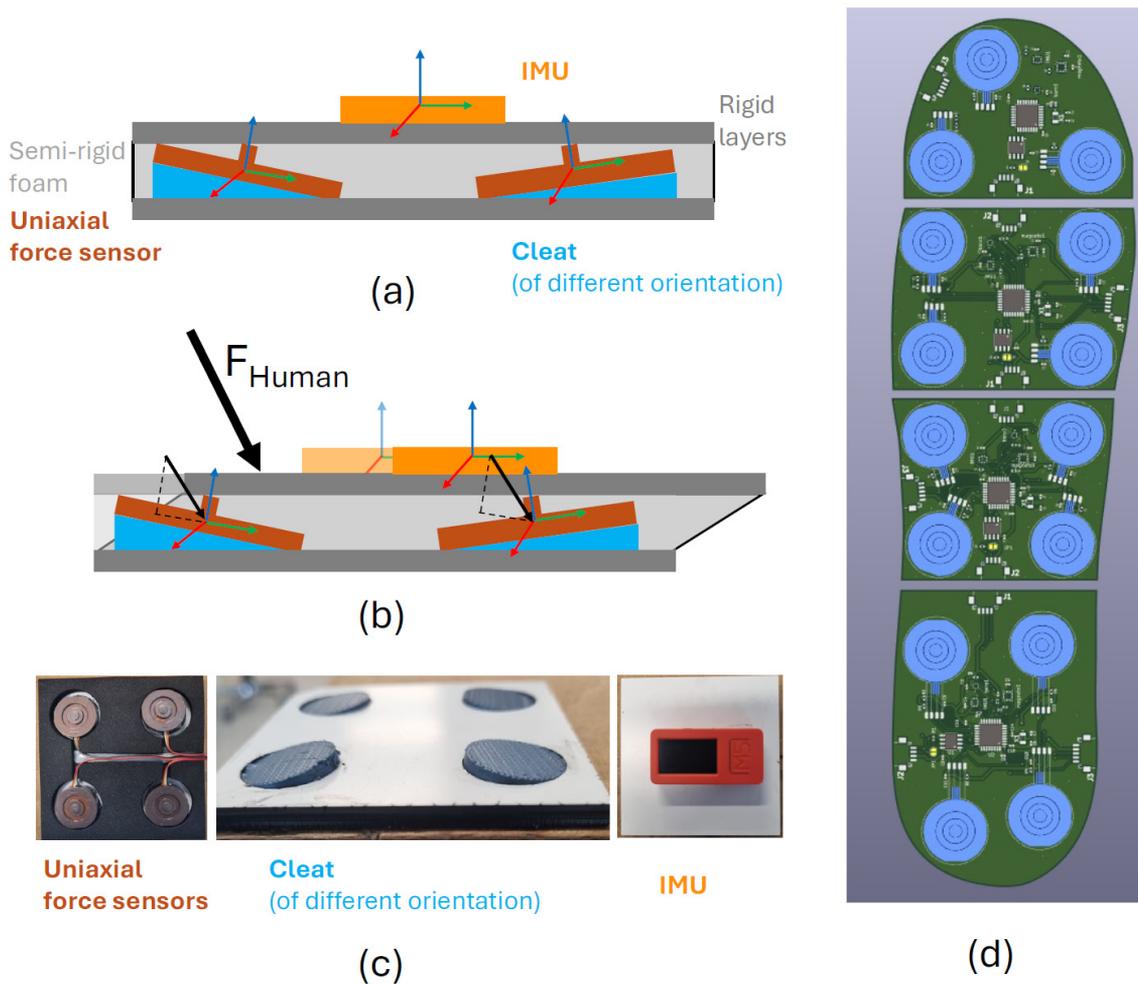


Figure : vue schématique du prototype. (a) Vue schématique du principe de fonctionnement du capteur. (b) Déformation de la mousse semi-rigide et détection de la force lorsqu'un effort externe est appliqué à la couche supérieure. (c) Prototype d'essai réel.

L'objectif du stage consiste donc à étudier la sensibilité de ces semelles à quantifier les actions mécaniques de contact chez des sujets pathologiques et/ou sportifs et à détecter éventuellement des anomalies dans les forces de contact. Les données recueillies pourront servir à détecter des instabilités de la locomotion ou des dissymétries droites/gauche des sujets lors de la locomotion.



Déroulé du stage

Ce stage d'une durée de 5 à 6 mois sera réalisé au sein du LAAS-CNRS à Toulouse et sera piloté par Bruno Watier, Vincent Bonnet et Kahina Chalabi et l'ensemble des partenaires du projet ANR Hercules.

Compétences requises

Le candidat de formation mécanique, sciences du sport, kinésithérapeute ou podologue sera capable de mettre en œuvre des expérimentations en analyse du mouvement et mesure d'actions mécaniques. Il maîtrisera l'anglais. Des compétences avérées en programmation python et/ou biomécanique seront un plus appréciées.

Pour candidater

Envoyer CV et lettre de motivation à

Bruno Watier : bruno.watier@laas.fr

Vincent Bonnet : vincent.bonnet@laas.fr

Kahina Chalabi : kahina.chalabi@laas.fr

Bibliographie

- [1] A. A. Jafarnezhadgero, A. Pourrahimghoroghchi, M. A. Darvishani, S. Aali, and V. C. Dionisio, "Analysis of ground reaction forces and muscle activity in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction during different running strike patterns," *Gait Posture*, 2021
- [2] M. P. McHugh, M. Hickok, J. A. Cohen, A. Virgile, and D. A. Connolly, "Is there a biomechanically efficient vertical ground reaction force profile for countermovement jumps?" *Transl. Sports Med.*, 2021.
- [3] J. Ahn, C. Simpkins, and F. Yang, "Ground reaction forces and muscle activities during anteriorly-loaded overground walking: Preliminary results," *Int. J. Ind. Ergon.*, 2022
- [4] A. L. Hof, M. G. J. Gazendam, et W. E. Sinke, « The condition for dynamic stability », *Journal of Biomechanics*, vol. 38, no 1, p. 1-8, janv. 2005, doi: 10.1016/j.jbiomech.2004.03.025.
- [5] F. Bailly, J. Carpentier, B. Pinet, P. Soueres, et B. Watier, « A Mechanical Descriptor of Human Locomotion and its Application to Multi-Contact Walking in Humanoids », in 2018 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob), Enschede: IEEE, août 2018, p. 350-356. doi: 10.1109/BIOROB.2018.8488125.
- [6] H. Herr et M. Popovic, « Angular momentum in human walking », *Journal of Experimental Biology*, vol. 211, no 4, p. 467-481, févr. 2008, doi: 10.1242/jeb.008573.
- [7] M. Popovic, A. Hofmann, et H. Herr, « Angular momentum regulation during human walking: biomechanics and control », in IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004, New Orleans, LA, USA: IEEE, 2004, p. 2405-2411 Vol.3. doi: 10.1109/ROBOT.2004.1307421.