

Equipe de Recherche : GEPETTO

Titre du Stage : *Modèle mécanique d'une chaussure destinée à mesurer les forces d'appui*

Mot(s)-clé(s) : *Modélisation, biomécanique, semelles, capteurs à effet hall*

Responsables du sujet : Bruno Watier & Vianney Monnier

E-mail: bruno.watier@laas.fr & vianney.monnier@laas.fr

Durée du Stage : 5 à 6 mois selon disponibilité

Niveau : *Master/ Ingénieur*
Nombre d'Elèves : *Monôme* *Binôme*

Gratification : 660€/mois

Contexte

c

La quantification des actions mécaniques tridimensionnelles lors de la locomotion (forces et moments d'appui) est un sujet difficile à étudier avec des méthodes classiques. En effet, elle ne peut se faire aujourd'hui qu'à l'aide de matériels de laboratoire, de plateformes de force, dispositifs coûteux et surtout impossible à déplacer étant encastés dans le sol. Depuis, quelques années, on a vu apparaître des semelles instrumentées à l'aide de capteurs capacitifs ou résistifs mais qui ne donnent que la valeur de la pression et donc de la composante normale de l'action mécanique de contact. L'objectif de ce projet est de développer et de valider selon des technologies novatrices des semelles embarquées, à même de fournir des informations tridimensionnelles, c'est-à-dire les composantes normales mais aussi tangentielles des actions mécaniques. Ces dispositifs sont largement attendus par la communauté avec des applications dans le domaine de la santé, du sport, du vieillissement ou encore de la robotique. Elles seraient ainsi amenées à être diffusées bien au-delà du LAAS-CNRS.

Objectif du projet

Le projet e-shoes vise ainsi à concevoir une technologie de semelle, dont le développement dépasse maintenant largement le simple cadre de l'ANR BAC2WALK, et nécessite de la part du LAAS-CNRS un accompagnement à la croisée des sciences de la vie, de la robotique, de l'IA et de l'électronique embarquée. Ce développement réalisé entièrement au laboratoire utilise l'impression 3D et intègre des capteurs magnétométriques associé à la réalisation d'un élément magnétique. Les forces exercées sur chaque élément magnétique (cylindre fabriqué en matériau polymère) créent un flux magnétique mesuré par les magnétomètres. Des premières simulations ont permis de montrer que la réponse des magnétomètres était linéairement proportionnelle aux forces résultantes exercées sur le capteur dans les 3 directions répondant ainsi aux attentes des différents projets en cours. Ces capteurs permettront de donner une mesure précise de la force exercée pendant l'activité, à différents endroits du pied. Deux centrales inertielles seront intégrées également dans la semelle afin de disposer de données supplémentaires sur l'accélération et l'angle de rotation. Plusieurs volets seront étudiés lors de la fabrication additive

de la semelle (Fig. 1) : matériau utilisé (TPU, PDMS), structure de fabrication (nid d'abeille, gyroïde), intégration des capteurs, dimensions, communication, algorithme...

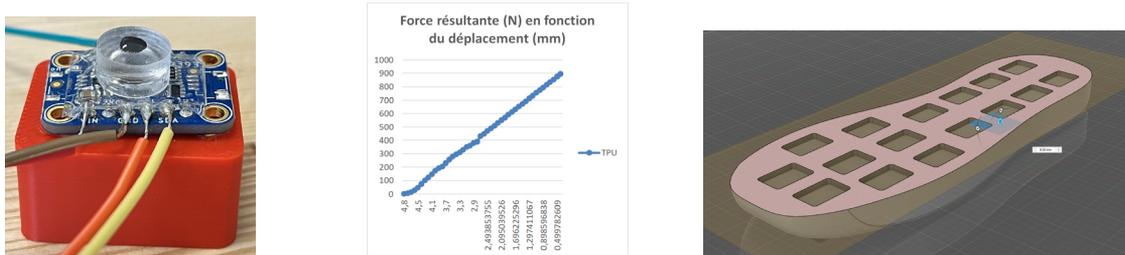


Figure 1 : conception de la semelle au LAAS-CNRS

Les données fournies devraient permettre de calculer les actions mécaniques de contacts (forces et moments). Dans le cadre de la phase de caractérisation et de validation au sein de la plateforme robotique du LAAS, l'équipe GEPETTO mobilisera son système de capture de mouvement tridimensionnel infrarouge (23 caméras jusqu'à 240 Hz) et ses 5 plateformes de forces encastrées. Pour cela, une communication Bluetooth sera privilégiée entre la chaussure (Fig. 2) et ces dispositifs extérieurs. Le processus de validation et de correction sera itératif.

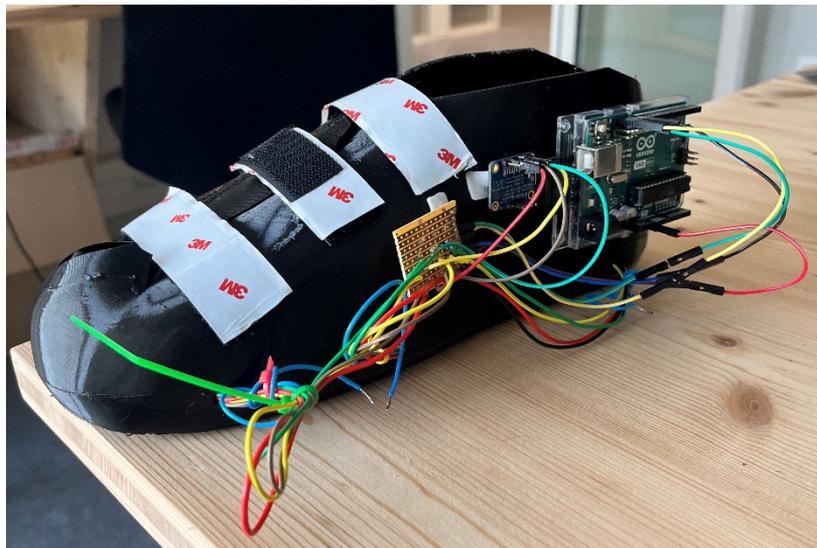


Figure 2 : premier prototype de chaussure avec capteurs et électronique embarqués

Dans le travail demandé, il s'agira de réaliser des tests de déformation de la semelle afin d'en quantifier les déformations en fonction des contraintes appliquées et en parallèle d'en construire un modèle éléments finis. Effectivement, si chaque capteur intégré dans la semelle donne une information tridimensionnelle, il reste à bien connaître la déformation de la semelle de la chaussure lorsqu'elle est soumise à des contraintes extérieures afin de pouvoir ensuite sommer ces actions mécaniques dans un repère unifié et d'obtenir un tenseur unique exprimé dans un repère bien identifié. En l'état, la déformation locale des semelles donne à chaque capteur une information dans son repère propre. Il convient donc de connaître cette déformation locale pour pouvoir corriger les erreurs d'alignement entre capteurs.



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 Vianney Monnier et Bruno Watier et l'ensemble des partenaires du projet e-shoes et de l'ANR BAC2WALK.

Compétences requises

Le candidat de formation mécanique (mécanique du solide et MMC) sera capable de mettre en œuvre des expérimentations et des modèles éléments finis de semelles de chaussures en grande déformation. Il maîtrisera l'anglais. Des compétences avérées en programmation python et/ou biomécanique seront un plus apprécié.

Pour candidater

Envoyer CV et lettre de motivation à

Bruno Watier : bruno.watier@laas.fr

Vianney Monnier : vianney.monnier@laas.fr

Bibliographie

1. Granja Domínguez A, Romero Sevilla R, Alemán A, Durán C, Hochsprung A, Navarro G, Páramo C, Venegas A, Lladonosa A, Ayuso GI. Study for the validation of the FeetMe® integrated sensor insole system compared to GAITRite® system to assess gait characteristics in patients with multiple sclerosis. PLoS One. 2023 Feb 9;18(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272596>
2. Zhang Z, Xu Z, Chen W, Gao S. Comparison between Piezoelectric and Piezoresistive Wearable Gait Monitoring Techniques. Materials. 2022; 15(14):4837. <https://doi.org/10.3390/ma15144837>
3. Miller JD, Cabarkapa D, Miller AJ, Frazer LL, Templin TN, Eliason TD, Garretson SK, Fry AC, Berkland CJ. Novel 3D Force Sensors for a Cost-Effective 3D Force Plate for Biomechanical Analysis. Sensors. 2023; 23(9):4437. <https://doi.org/10.3390/s23094437>