Laboratoire de Biomécanique Appliquée
UMR T24

Laboratoire ESYCOM

Recherche 2025-2025

Conception d'un bioréacteur instrumenté pour la caractérisation multiphysique de modèles de lésions médullaires

Laboratoires d'accueil :

ESYCOM, Université Gustave Eiffel, Campus Marne La Vallée : jordan.roy@esiee.fr

LBA, Université Gustave Eiffel, Campus Aix-Marseille : morgane.evin@univ-eiffel.fr

Mots Clefs : Bioréacteur - Instrumentation multiphysique - Lésions médullaires - Modèles tissulaires - Impression 3D

Contexte :

Les lésions de la moelle épinière (blessures médullaires) entraînent des pertes fonctionnelles majeures en raison de la capacité très limitée du système nerveux central à se régénérer. Cela concerne 500 000 personnes dans le monde par an (Organisation Mondiale de la Santé). Le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques nécessite de mieux comprendre la dynamique du tissu lésé .

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration scientifique interdisciplinaire entre deux laboratoires de recherche :

- **Laboratoire ESYCOM (CNRS - UMR 9007) :** Apport de l'expertise en micro-capteurs, systèmes embarqués et instrumentation multiphysique.
- **Laboratoire LBA (Aix-Marseille Université) :** Apport de l'expertise en biomécanique des traumatismes, caractérisation des tissus biologiques et modélisation.

L'objectif commun est de développer une **macro-plateforme de culture et de test contrôlée (*ex vivo*)** permettant d'appliquer des déformations mécaniques maîtrisées et de mesurer simultanément la réponse mécanique, électrique et biochimique du tissu modèle au cours du temps. Ces résultats doivent permettre d'alimenter des modèles de comportement et de régénération des tissus.

Objectifs et Programme de recherche

L'objectif de ce tremplin recherche est de concevoir, prototyper et valider un premier démonstrateur expérimental « modulaire ». Le projet s'articule autour de 4 axes de travail (*Work Packages*) :

- **WP1 – Enceinte environnementale et micro-environnement analytique :** Concevoir une chambre de culture étanche et stérile assurant la régulation stricte du micro-environnement physique (thermique à 37 °C, hygrométrique et perfusion). besoin spécifique du test de tissus biologiques [1].
- **WP2 – Système d'actuation mécanique de précision (Volet LBA) :** Développer un sous-système de sollicitation mécanique (compression/étirement) capable

d'appliquer des profils de charge contrôlés pour induire et caractériser des déformations de type lésionnel [2, 3].

- **WP3 – Chaîne de mesure multiphysique *in situ* (Volet ESYCOM) :** Intégrer un protocole d'acquisition associant la mesure des efforts appliqués, le suivi par des mesures type : impédance, électrophysiologique, pH et de Sp02. Exemple de mesure de traction biaxiale [4].
- **WP4 – Validation sur des modèles synthétiques et modélisation des comportements :** Élaborer des fantômes biomimétiques (Hydrogel, Tissu mou, ….) pour calibrer la chaîne instrumentale, valider la répétabilité des mesures et identifier les lois de comportement électro-mécaniques des milieux sous tests [5].

Au travers de ce projet, vous serez amené à mettre en œuvre des capteurs, micro contrôleur, et concevoir par impression 3D l'enceinte environnementale.

Profil recherché (H/F)

Vous êtes autonome, curieux et force d'innovation. Au cours de ce tremplin, vous serez encadré par les équipes des deux laboratoires qui vous formeront aux besoins spécifiques du projet, ainsi qu'à la recherche scientifique.

Bibliographie

1. Neumann, O., R. G. Ramachandran, H. V. Surana, F. Paulsen, M. Scholz, S. Gaffling, P. Steinmann, and S. Budday. Multimodal mechanical characterization pipeline for spinal cord tissue. *Acta Biomaterialia* 216:248–271, 2026. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2026.04.036

2. Sadeghi, M., and B. Sawatzky. Effects of vibration on spasticity in individuals with spinal cord injury: a scoping systematic review. *Am J Phys Med Rehabil* 93:995–1007, 2014. https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000098

3. Prager, J., C. F. Adams, A. M. Delaney, G. Chanoit, J. F. Tarlton, L.-F. Wong, D. M. Chari, and N. Granger. Stiffness-matched biomaterial implants for cell delivery: clinical, intraoperative ultrasound elastography provides a "target" stiffness for hydrogel synthesis in spinal cord injury. *J Tissue Eng* 11:2041731420934806, 2020. https://doi.org/10.1177/2041731420934806

4. Evin, M., P. Sudres, P. Weber, Y. Godio-Raboutet, P.-J. Arnoux, E. Wagnac, Y. Petit, and Y. Tillier. Experimental Bi-axial tensile tests of spinal meningeal tissues and constitutive models comparison. *Acta Biomaterialia* 140:446–456, 2022. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.11.028

5. Han, G., N. S. Lavoie, N. Patil, O. G. Korenfeld, H. Kim, M. Esguerra, D. Joung, M. C. McAlpine, and A. M. Parr. 3D-Printed Scaffolds Promote Enhanced Spinal Organoid Formation for Use in Spinal Cord Injury. *Adv Healthc Mater* 14:e04817, 2025. https://doi.org/10.1002/adhm.202404817