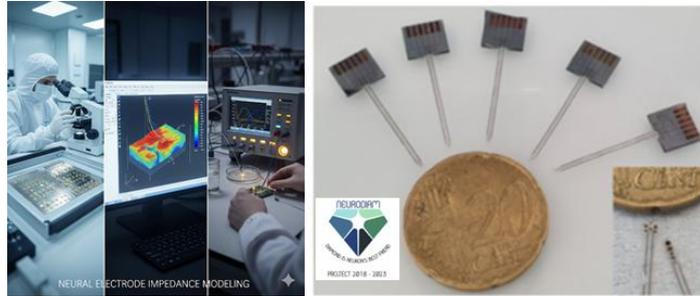


Sujet de Stage / Cadre Programme Recherche ESIEE Paris

Modélisation et Caractérisation de l'Impédance Électrique d'Électrodes Neuronales Miniaturisées



Lieu du stage

Laboratoire ESYCOM (UMP 9007, Université Gustave Eiffel), Campus Marne La Vallée, ESIEE Paris

Equipe

Microcapteurs → Microdispositifs pour l'humain / le vivant → Interface neurologique

<https://esycom.cnrs.fr/la-recherche/themes-de-recherche/micro-capteurs/>

Encadrants

Olivier Français, Professeur - ESYCOM (contact principal : olivier.francais@esiee.fr)

Patrick Poulichet, MCF - ESYCOM

Lionel Rousseau, Responsable Salle Blanche ESIEE Paris -ESYCOM

Contexte du stage

Le développement d'implants neuronaux pour la mesure de signaux électrophysiologiques est un enjeu majeur en neurosciences et en recherche médicale. Ces dispositifs permettent de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau, de diagnostiquer des pathologies neurologiques et d'envisager de nouvelles thérapies. L'un des défis majeurs dans ce domaine est la miniaturisation des électrodes afin d'améliorer la résolution spatiale et de réduire la réaction inflammatoire des tissus. La miniaturisation, cependant, a un impact significatif sur les propriétés électriques de l'interface entre l'électrode et le tissu neural, en particulier sur son **impédance électrique**.

L'impédance de l'électrode est un paramètre critique qui influence la qualité et la force du signal mesuré. Une impédance élevée peut entraîner un mauvais rapport signal/bruit, tandis qu'une impédance trop faible peut saturer l'électronique de lecture. Comprendre et optimiser ce paramètre est donc essentiel pour la conception d'implants haute performance. Ce stage, réalisé au sein du laboratoire ESYCOM, vise à explorer l'évolution de l'impédance électrique des électrodes en fonction de leur taille, dans le but de passer de l'échelle millimétrique à la micro-métrique. Il s'intègre dans la poursuite d'un projet de recherche Européen, ERC Neurodiam (<https://www.neurodiam.eu/>).

Objectifs

L'objectif principal du stage est d'établir un modèle prédictif de l'impédance électrique d'électrodes neuronales en fonction de leur géométrie, en particulier de leur surface. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

1. **Caractérisation expérimentale** : Mesurer l'impédance électrique d'une série d'électrodes de différentes tailles (du millimètre au micromètre), fabriquées en salle blanche. Ces mesures seront réalisées dans des environnements simulés (solutions salines) pour imiter les conditions in vivo. Les données de l'impédance seront collectées sur une gamme de fréquences pertinentes pour l'enregistrement électrophysiologique (typiquement de 1 Hz à 10 kHz).
2. **Modélisation sous COMSOL** : Développer un modèle de calcul par éléments finis (FEM) sous le logiciel COMSOL Multiphysics. Ce modèle servira à simuler le comportement électrochimique de l'interface électrode-électrolyte et à prédire l'impédance des électrodes en fonction de leur géométrie.
3. **Corrélation et validation** : Corréler les résultats expérimentaux aux simulations. L'analyse des écarts entre les mesures et les simulations permettra d'affiner le modèle et d'identifier les paramètres physiques (tels que la résistance de l'électrolyte, la capacité de double couche) qui influencent le plus l'impédance à l'échelle micrométrique.

Missions du stagiaire

Le stagiaire sera responsable des tâches suivantes :

- **Planification et exécution des mesures** : Réaliser les mesures d'impédance électrochimique (EIS - Electrochemical Impedance Spectroscopy) sur les électrodes.
- **Création de modèles numériques** : Concevoir et développer les modèles FEM sous COMSOL pour différentes géométries d'électrodes.
- **Analyse de données** : Traiter et analyser les données de mesure et de simulation, et les présenter de manière claire et concise.
- **Rédaction et présentation** : Rédiger un rapport de stage détaillé et présenter les résultats lors d'un séminaire de fin de stage.

Compétences attendues et environnement de travail

Le candidat idéal est un étudiant en Ecole d'Ingénieurs (ou Master) avec un fort intérêt pour l'interdisciplinarité et les interfaces entre l'électronique, la physique et la micro-fabrication. Une première expérience avec un logiciel de simulation par éléments finis (type COMSOL) est un atout.

Le stage se déroulera au sein du laboratoire ESYCOM, à Marne-la-Vallée, dans un environnement de recherche stimulant et équipé d'infrastructures de pointe, notamment une salle blanche pour la micro-fabrication et des instruments de mesure de l'électronique de haute fréquence.