

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Titre Thèse Title | Conception of new neurobiohybride interfaces closing the loop between living and artificial neuron networks : Towards new biomimetic Implants | |
| (Co)-Directeur | Pr. Virginie Hoel | E-mail : virginie.hoel@univ-lille.fr |
| (Co)-Directeur | Dr. Christel Vanbesien-Mailliot | E-mail : christel.vanbesien-mailliot@univ-lille.fr |
| (Co)-Encadrant (s) | Dr. Alexis Vlandas | E-mail : alexis.vlandas@univ-lille.fr |
| Laboratoire(s) | IEMN | https://www.iemn.fr/ |
| Groupe(s) | CSAM | https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/groupe-csam |
| | BIOMEMS | https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/biomems/members |
| Financement acquis ? | Oui <input type="checkbox"/> | Non <input checked="" type="checkbox"/> |
| | Origine : | |
| Financement demandé | Contrat Doctoral <input checked="" type="checkbox"/> | Etablissement porteur : Univ. Lille <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/> |
| | Région <input checked="" type="checkbox"/> | Co-financement acquis : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) : |
| | Autre : | |

Résumé :

Ce travail de thèse est proposé dans le cadre de l'interdisciplinarité. Il est à l'interface entre 3 domaines de recherche (Neurosciences, BioMems, Nanoélectronique) et s'appuie sur une collaboration initiée il y a 5 ans entre 2 équipes de l'IEMN, à savoir CSAM et BioMEMS. Le groupe CSAM cherche à améliorer drastiquement les performances énergétiques des systèmes de traitement de l'information. Le groupe BioMEMS développe des biocapteurs et des dispositifs innovants en microfluidique.

Ce projet de thèse, à la croisée de l'intelligence artificielle, de la neuroingénierie et des neurosystèmes, s'appuie sur l'ingénierie neuromorphique. Dans ce contexte, une boîte à outils brevetée contenant des neurones et synapses artificiels en technologie CMOS 65nm ultra-efficace en énergie sera utilisée. La convergence de ces disciplines et la particularité des neurones artificiels qui ont la même signature électrique que des neurones vivants ouvrent de vastes perspectives pour le développement de solutions matérielles « biomimétiques » à visée thérapeutique.

Notre vision directrice se concentre sur le développement de ces nouvelles options thérapeutiques palliatives dans le contexte de maladies neurodégénératives comme la dégénérescence maculaire liée à l'âge et la maladie de Parkinson. Ces travaux fondamentaux menés dans le cadre de la thèse ouvriront la voie à des thérapies efficaces de neuromodulation basées sur une nouvelle génération d'implants neuronaux adaptatifs aux fonctions optimisées.

L'objectif de recherche à long terme (d'ici 5 à 7 ans) est de mettre au point de nouveaux implants adaptatifs biomimétiques in vivo, autoalimentés, ultra-efficaces en énergie et dotés de capacités d'apprentissage pour offrir de nouvelles solutions à la neurodégénérescence. Ce but ultime sera atteint en développant au préalable un modèle physiologique in vitro (une interface neurobiohybride) reproduisant l'environnement de l'organe ciblé chez le patient afin de démontrer qu'une communication bidirectionnelle en temps réel et économe en énergie entre neurones artificiels et vivants est possible.

Le travail proposé abordera les défis technologiques suivants : a) développement du dispositif neurobiohybride permettant une interface physiologique adéquate entre les neurones biologiques et les neurones artificiels, b) développement d'un banc électronique permettant à la fois la stimulation et l'enregistrement de diverses cellules neuronales vivantes, couplé à l'imagerie calcique pour s'assurer de la réalité biologique des événements électriques enregistrés.

Les travaux s'inscrivent dans la continuité des résultats obtenus précédemment, dans le cadre de projets de recherche financés par l'Isite ULNE, le projet NeuroDG (IEMN), les CPER Wavetech/Imitech/TechSanté et de la start-up Axorus. Le travail sera mené à l'Université de Lille, plus précisément au laboratoire de l'IEMN, dans le cadre des deux projets phares : "Technologies for Health" et "Neuromorphic Technologies" et également dans le cadre de l'Alliance NeurotechEU au niveau international et humAIn dans les Hauts-de-France.

Les candidats et candidates talentueux et enthousiastes, dotés de bonnes capacités d'analyse et de communication, sont encouragés à postuler. Une solide expérience dans le domaine des dispositifs électroniques, de la conception de circuits et/ou dans le domaine des neurosciences serait un avantage. Il en va de même pour les compétences en culture de cellules neuronales et/ou en électrophysiologie. Une formation complète sur les autres aspects sera fournie dans l'environnement multidisciplinaire de l'Université de Lille.

Mots clés : neurones artificiels/vivants, neuromorphique, BioMEMS, ingénierie des micro-nanosystèmes, systèmes pour applications en médecine, stimulation cérébrale profonde (DBS), prothèses neuronales ultra efficace en énergie, interfaces bioélectroniques.

Abstract:

This PhD work is proposed in the framework of interdisciplinarity. It stands at the interface between 3 research fields (Neurosciences, BioMems & Nanoelectronic) and relies on a collaborative work initiated 5 years ago between CSAM and BioMEMS, two teams of IEMN laboratory. The CSAM group aims at improving the high-energy efficiency information processing systems reducing their energy costs. The BioMEMS multidisciplinary expertise group develops biosensors, and microfluidics advanced technological solutions.

This PhD project stands at the crossroads between artificial intelligence, neuroengineering and neurosystems, and relies on neuromorphic engineering. In this context, a complete ultra-high energy efficient 65nm CMOS artificial neurons and synapses patented toolbox (manufactured to develop neuro-inspired computing networks) will be used. The convergence of these fields and the particularity of artificial neurons, which present the same electrical signature as living ones, open large perspectives for the development of "biomimetic" hardware solutions for therapeutic applications.

Various degenerative neuronal diseases are potential targets for such innovative neural implants. Our driving vision focuses on the development of novel palliative therapeutic options in the context of neurodegenerative diseases such as age-related macular degeneration (AMD) and Parkinson's disease.

The long-term research objective (within 5-7 years) is to develop novel in vivo biomimetic, self-powered, ultra-energy efficient adaptive implants with learning capabilities to offer new solutions to neurodegeneration. This ultimate goal will be reached by developing a physiological in vitro model (a neurobiohybrid interface) mimicking the environment of the patients' target organ in order to demonstrate that a real-time energy-efficient bidirectional communication between artificial and living neurons is possible. The proposed work will address the following technological challenges: a) development of the neurobiohybrid device allowing an adequate physiological interface between biological neurons and artificial ones, b) development of an electronic bench allowing both stimulation and recording of various living neuronal cells, coupled with calcium imaging to ensure the biological reality of the recorded electrical events.

The work will be the continuation of previous research projects funded by Isite ULNE, the NeuroDG project (IEMN), the CPER Wavetech/Imitech/TechSanté and the start-up Axorus. The work will be carried out at the University of Lille, more precisely at the IEMN laboratory, within the context of the two flagship projects: "Technologies for Health" and "Neuromorphic Technologies". It will also be driven in the frame of the NeurotechEU alliance at the international level and the humAIn alliance in the Hauts-de-France.

Talented and enthusiastic candidates with strong analytical and communication skills are encouraged to apply. A solid background in electronic devices, circuit design and/or neuroscience would be an advantage. Skills in neural cell culture and/or electrophysiology would also be an advantage. Extensive training in all aspects will be provided in the multidisciplinary environment of the University of Lille.

(Key words: artificial/living neurons, neuromorphic, BioMEMS, micro and nano systems engineering, systems for applications in medicine, Deep Brain Stimulation, ultra-low power neural prostheses, bioelectronic interfaces)