

• **Titre du projet :**

Spectroscopie d'impédance électrique nomade pour des mesures de l'environnement ou de patients pour la ville numérique de demain

• **Laboratoire, institution :**

ESYCOM, UMR 9007

Laboratoire de recherche sous la tutelle du CNRS et de l'Université Gustave Eiffel situé sur le campus Descartes

(ESYCOM : Electronique, SYstème de COmmunication et Microsystèmes)

• **Équipe ou projet dans le laboratoire**

- Thème : Capteurs pour la santé et l'environnement
- Équipe participant au projet :
 - Patrick Poulichet : instrumentation
 - Olivier Français : modélisation et bio-impédance
 - Lionel Rousseau : microfabrication des électrodes

• **Partenaire international envisagé pour la poursuite en stage (mai-août)**

- Université de TOKYO, Laboratoire du Pr. Yoshio Mita :

Le laboratoire ESYCOM travaille depuis plusieurs années avec l'Université de Tokyo. Les collaborations concernent les aspects microtechnologies (Salle Blanche) et conception de circuits intégrés. Le séjour envisagé permettra une immersion dans un laboratoire de recherche ayant accès à des moyens de conception en termes d'électronique intégré (LSI) et une salle blanche permettant du prototypage. Le laboratoire du Pr. Y. Mita supervise un programme sur la conception et réalisation de circuits intégrés (VDEC).

• **Nom et adresse e-mail du tuteur :**

Patrick Poulichet : patrick.poulichet@esiee.fr

• **Filière visée :**

- Systèmes électroniques intelligent SEI (avec une appétence pour les interfaces avec les sciences du vivant)

ou

- Biotechnologie et e-santé (avec une appétence pour l'électronique pour l'acquisition de données)

• **Présentation générale du sujet (environ 5 à 10 lignes)**

La spectrométrie d'impédance est un outil de mesure permettant de caractériser des milieux aussi variés que des tissus biologiques, des sols ou encore des infrastructures. On peut ainsi fournir des indicateurs sur l'élément étudié : état physiologique, suivi de croissance, présence d'agents pathogènes ou bien dégradation de la structure.

Ce sujet se focalise sur le développement d'un système de mesure d'impédance autonome pour des utilisations en santé ou en environnement et pour la caractérisation de tissu végétal ou animal. Cette mesure ouvre de nombreuses perspectives pour suivre les évolutions des végétaux lors de période de stress hydrique ou de tissu vivant. Il s'appuiera sur l'utilisation de microélectrodes (réalisé au sein des SB de EP) pour leur utilisation dans ces domaines.

Il s'intègre dans deux projets en cours de développement au sein du laboratoire ESYCOM. Ils ont en commun la mesure d'impédance avec comme problématique scientifique le suivi de la viabilité du tissu cérébral (Projet ERC-Neurodiam) et le suivi de la réaction d'un tissu végétal à des stress hydriques en collaboration avec le CEREMA (Projet Isite - Mouvis).

• **Objectif du projet (environ 10 à 20 lignes)**

Il s'agit de développer une électronique discrète en s'appuyant sur une bibliothèque numérique compatible avec l'utilisation de micro-électrodes (diamètre typique de 50 μm) pour préparer la conception d'un circuit intégré en collaboration avec l'Université de Tokyo. Cette interface devra permettre la mise en œuvre d'une mesure d'impédance large bande [100 Hz - 10 MHz] avec une transmission sans fil des données. Les contraintes de consommation, portabilité et communication seront à prendre en compte lors de l'étude, ainsi que la calibration de système nomade.

Cette étude doit permettre d'aboutir à la définition d'un ASIC qui permette de réaliser la mesure en vue de son intégration au plus proche de l'implant. A partir d'une analyse bibliographique en terme de mesure d'impédance (transimpédance, pont...), d'électronique associée (part d'analogique/numérique, consommation, oscillateur, DDS...) et de traitement du signal (mesure fréquentielle, impulsionnelle, FFT, DFT,...), il faudra proposer des architectures en les comparant en terme de performance. Il faudra y inclure les problématiques de mise en œuvre (calibration, rapidité de mesure, résolution) mais aussi de communication des données sans fil.

L'ensemble doit être le plus petit possible afin de pouvoir envisager une utilisation embarqué sur le corps humain ou le petit animal ainsi que sur des végétaux (type plantes) sur du long terme (temps de mesure supérieur à 6 semaines) et de manière la plus autonome possible.

Ce projet bénéficiera de l'appui de l'équipe du Professeur Y. Mita de l'Université de Tokyo en termes de conception de l'ASIC.

• **Bibliographie**

[1] D. Naranjo-Hernandez, J. Reina-Tosina, M Min, 2019. Fundamentals, Recent Advances, and Future Challenges in Bioimpedance Devices for Healthcare Applications, *Journal of Sensors*, Vol 2019, ID 9210258 42 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/9210258>

[2] I. Jócsák, G. Végvári, E. Vozáry. 2019. Electrical impedance measurement on plants: a review with some insights to other fields, *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 31, 3, 359–375, <https://doi.org/10.1007/s40626-019-00152-y>

[3] Boutzen, J ; Valet, M ; Alviset , A ; Fradot , V ; Rousseau, L ; Français , O ; Picaud , S ; Lissorgues , G. Impedance spectroscopy study of the retinal pigment epithelium: Application to the monitoring of blue light exposure effect on A2E-loaded in-vitro cell cultures. *Biosensors and Bioelectronics*, Elsevier, 2020, 161, pp.112180. 12.

[4] K. Ben Hamed, W. Zorrig, A. H. Hamzaoui. 2016. Electrical impedance spectroscopy: A tool to investigate the responses of one halophyte to different growth and stress conditions, *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 376-383, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.006>.

[5] J. Boutzen. 2019. Contribution à la modélisation d'interface biologique par spectroscopie d'impédance : Application au suivi de l'épithélium pigmenté de la rétine durant sa croissance et face à diverses perturbations. Université de Paris Est. Thèse de doctorat soutenue le 10 septembre 2019.

[6] T. Xu, M. Lizarralde-Iragorri, J. Roman, R. Ghasemi, JP Lefevre, E. Martincic, V. Brousse. O. Français, W. El Nemer, B. Le Pioufle. Characterization of red blood cell microcirculatory parameters using a bioimpedance microfluidic device. *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 2020.