

Titre : Micro-Capteurs électromagnétiques planaires pour la caractérisation des propriétés diélectriques d'échantillons biologiques en environnement microfluidique : du large bande vers le résonateur

Ce stage est proposé par le laboratoire ESYCOM (UMR 9007, CNRS) de l'Université Gustave Eiffel
Durée : 4 mois. Lieu : Champs-sur-Marne (77)

Encadrement : Elodie Richalot, Olivier Français, Hakim Takhedmit et Patrick Poulichet

Contexte, problématique et enjeux : L'imagerie diélectrique large bande appliquée à la biologie permet de développer des outils innovants de caractérisation cellulaire dans une démarche de différenciation. Technique de mesure non-invasive et ne nécessitant pas de marquage spécifique des composés biologiques, elle est compatible avec la mise en œuvre de plusieurs tests successifs au sein d'un dispositif intégré, et elle permet une mesure des caractéristiques membranaires ainsi que du contenu intracellulaire en regard des gammes de fréquence mises en jeu (GHz). Ces techniques ont tout d'abord été appliquées à l'échelle des tissus biologiques (qq mm) afin d'en suivre les propriétés diélectriques en vue de la détection de pathologies et de suivi dans le temps. Avec le développement des microtechnologies, il est désormais possible d'appliquer ces principes à l'échelle de la cellule unique (qq μm). Les enjeux concernent alors la détection de cellules cancéreuses, le suivi de la croissance cellulaire ou encore l'analyse du phénomène d'apoptose. La caractérisation des propriétés d'une cellule unique, au-delà des outils technologiques adéquats à mettre en place et qui constituent en soi une problématique, nécessite la mise en œuvre de techniques d'inversion afin d'extraire la permittivité complexe de la cellule dans son milieu à partir de la mesure, cette permittivité étant un biomarqueur spécifique du type cellulaire.

Sujet de stage : L'utilisation du champ électromagnétique comme moyen d'interroger des milieux biologiques est une thématique forte au sein des laboratoires en Génie Électrique avec des travaux en direction des sciences du vivant. La mesure macroscopique de milieux diélectriques homogènes est désormais une technique de mesure classique, qui peut être effectuée à l'aide d'appareils commerciaux (disponibles au laboratoire ESYCOM) permettant d'effectuer l'extraction des paramètres diélectriques. Pour pouvoir interroger des volumes plus faibles, inférieurs au nl, la communauté scientifique se heurte à des défis technologiques pour fabriquer les micro-dispositifs de test, au choix des structures hyperfréquences sensibles (lignes, résonateurs) à intégrer au sein d'un canal microfluidique contenant le milieu à analyser, et à la difficulté d'extraction des paramètres diélectriques à partir des résultats de mesure. Il n'existe pas à ce jour de solution satisfaisante qui permette d'effectuer une mesure robuste et reproductible à ces échelles. Ce sujet de stage vise à proposer une ou plusieurs solutions originales en vue de disposer à terme d'outils fiables capables d'interroger une cellule unique dans son milieu de culture.

Travail demandé : Ce travail s'inscrit dans la continuité de la thèse de Houssein Mariam récemment soutenue dans l'équipe et s'appuiera sur l'existence de capteurs large bande développés au cours de ce travail ainsi que de développements théoriques sur l'extraction des propriétés diélectriques.

Des mesures à l'aide des micro-capteurs existants permettront tout d'abord de prendre en main les méthodes de mesure et d'analyse tout en testant les nouvelles fonctionnalités ajoutées qui permettront le piégeage d'une cellule dans la zone sensible du capteur.

Ensuite, nous nous intéresserons aux technologies des capteurs à bande étroite basés sur des résonateurs, offrant une bonne complémentarité avec les capteurs large bande développés en vue d'une caractérisation plus précise du milieu analysé. En s'appuyant sur une étude bibliographique d'une part, et sur les technologies développées au sein de l'équipe d'autre part, de nouvelles structures seront proposées, analysées et optimisées à l'aide de simulations électromagnétiques, et ceci au regard des propriétés des milieux à analyser. Il s'agira ensuite de réfléchir aux étapes de fabrication et de produire les masques nécessaires.

Ce stage est susceptible d'être prolongé par une poursuite en thèse.

Profil Recherché :

Disciplines : Electromagnétisme, Dispositifs RF et microondes, Résonateur RF, Ligne de propagation, Microtechnologies, Mesures hyperfréquences.

Profil : formation en "Interaction Ondes - Matière ", attirance pour la mesure hyperfréquence, l'instrumentation et la mise en œuvre de systèmes expérimentaux, intérêt pour les applications à la biologie. Des notions sur des matériaux biologiques seraient évidemment un plus.

Contact : elodie.richalot-taisne@univ-eiffel.fr, hakim.takhedmit@u-pem.fr

Références bibliographiques :

1. GONZALEZ, P. Jaque, DUBUC, David, GRENIER, Katia, et al. Millifluidic Sensor Dedicated to the Microwave Dielectric Spectroscopy of Liquids. In : 2019 49th European Microwave Conference (EuMC). IEEE, 2019. p. 204-207.
2. NEFZI, Amani, CARR, Lynn, DALMAY, Claire, et al. Microdosimetry Using Rhodamine B Within Macro- and Microsystems for Radiofrequency Signals Exposures of Biological Samples. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2019, vol. 68, no 3, p. 1142-1150.
3. JUAN, Carlos G., BRONCHALO, Enrique, POTELON, Benjamin, et al. Concentration Measurement of Microliter-Volume Water-Glucose Solutions Using Q Factor of Microwave Sensors. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2018, vol. 68, no 7, p. 2621-2634.
4. SU, Lijuan, MATA-CONTRERAS, Javier, VÉLEZ, Paris, et al. Analytical method to estimate the complex permittivity of oil samples. Sensors, 2018, vol. 18, no 4, p. 984.
5. SONG, Chunrong et WANG, Pingshan. A radio frequency device for measurement of minute dielectric property changes in microfluidic channels. Applied Physics Letters, 2009, vol. 94, no 2, p. 023901.