

Directeur de thèse : Sami HAGE-ALI, MCF HDR

Co-directeur : Thierry Aubert, PR

Institut Jean Lamour, UMR 7198, Université de Lorraine – CNRS, <http://ijl.univ-lorraine.fr/en/a-la-une/>

Phone : 03 3372742585

E-mail : sami.hage-ali@univ-lorraine.fr ; thierry.aubert@univ-lorraine.fr

Offre de thèse : CARDIOSAW : Capteurs sans fil à ondes élastiques de surface pour la mesure de la pression intraventriculaire

Description du sujet de thèse et objectifs

La pression intraventriculaire est une donnée fondamentale pour un grand nombre de pathologies cardiaques [1]. Pour les dispositifs de mesure implantables, la gestion de l'énergie est cruciale et la nécessité de changer/recharger les batteries est un véritable problème. Pour cette raison, des dispositifs sans fil et sans batterie, comme le système CARDIOMEMS [2] présente un intérêt clair, mais ce dernier est très cher, encombrant et avec une portée d'interrogation faible.

Dans ce contexte, les capteurs à ondes élastiques de surface (SAW), qui sont sans fil, sans batterie et interrogeables jusqu'à plusieurs mètres en champ lointain grâce à des interrogateurs dédiés sont particulièrement attractifs. Leur intérêt a déjà été démontré dans le cadre de l'électronique sur peau [3]. Les mesures de pression sont réalisées grâce à un dispositif à membrane déformable avec une chambre de référence. La déformation de la membrane impacte la géométrie du capteur ainsi que la vitesse de l'onde, ce qui est détecté par un changement de fréquence ou de délai [4]. Dans le passé, les mesures SAW sans fil dans les milieux à fortes pertes électromagnétiques était ardues, mais les progrès récents, notamment des interrogateurs sans fil, a rendu les mesures possibles en milieu aqueux [5] ou celui du corps humain [6].

La rupture proposée ici réside dans l'utilisation de substrats composites de type piézoélectriques sur isolants POI [7],[8] qui constituent une révolution dans le domaine comparé aux substrats piézoélectriques massifs. Parmi leurs nombreux avantages, ils permettent l'obtention de meilleurs facteurs de qualité, coefficient de couplages électromagnétique, et donc un meilleur niveau de signal rétrodiffusé et une meilleure portée. Pour les capteurs de pressions, ils pourront permettre la réalisation de membranes, tout en gardant un effet POI grâce à un usinage de volume maîtrisé. En addition d'une rupture claire sur le capteur, le projet mettra en œuvre des antennes ultra-conformables et étirables innovantes [3] sur élastomère, ce qui permettra une implantation harmonieuse.

Le principal résultat attendu est la production d'un démonstrateur performants ex-vivo d'un capteur de pression SAW sans fil dans un milieu fortes pertes.

Profil et environnement de travail

Le profil recherché est un(e) master/ingénieur(e) spécialisé(e) dans un ou des domaines suivants : mécanique, physique appliquée, microsystemes, microtechnologies, électronique, RF, passionné(e) par le domaine biomédical et la recherche pluridisciplinaire.

Ce sujet de doctorat comporte des composants théoriques et expérimentaux :

Modélisation mécanique du capteur, microfabrication de microcapteurs sur membranes en salle blanche, réalisation d'un banc de test de pression. Selon les compétences, les aspects d'antennes/ télétransmissions dans l'environnement du corps humain seront également abordés.

Le/la candidat(e) bénéficiera d'un environnement de recherche complet à l'Institut Jean Lamour (IJL), un des plus grands laboratoires européens en sciences des matériaux, au sein du département Nanomatériaux, Electronique et Vivant. L'IJL possède un environnement de recherche à la pointe de la technologie (salle blanche, microscopies MEB/TEM de très haut niveau, chambre anéchoïde...). Le/la candidat(e) mènera son projet de doctorat au sein de l'équipe de recherche « Micronanosystèmes » qui bénéficie d'une forte expertise ans dans le développement de capteurs SAW, avec une montée en puissance des activités autour du vivant et des applications biomédicales.

Tous les anciens doctorants de l'équipe sont insérés soit comme chercheur ou enseignant-chercheur, ou comme cadre dans de grandes entreprises.

Début de la thèse : 01/10/2024

Rémunération : 2.100€ brut/mois

- [1] M. Courtois, S. J. Kovács, and P. A. Ludbrook, "Physiological early diastolic intraventricular pressure gradient is lost during acute myocardial ischemia," *Circulation*, vol. 81, no. 5, pp. 1688–1696, May 1990, doi: 10.1161/01.CIR.81.5.1688.
- [2] "About the CardioMEMS HF System." <https://www.cardiovascular.abbott/us/en/hcp/products/heart-failure/pulmonary-pressure-monitors/cardiomems/about.html> (accessed Jun. 30, 2023).
- [3] C. Floer, S. Hage-Ali, L. Verzellesi, L. Badie, O. Elmazria, and S. Zhgoon, "Wireless stretchable SAW sensors based on Z-cut lithium niobate," in *2019 IEEE SENSORS*, Oct. 2019, pp. 1–3. doi: 10.1109/SENSORS43011.2019.8956784.
- [4] P. Nicolay et al., "A LN/Si-Based SAW Pressure Sensor," *Sensors*, vol. 18, no. 10, Art. no. 10, Oct. 2018, doi: 10.3390/s18103482.
- [5] R. Shi et al., "SAW Tags With Enhanced Penetration Depth for Buried Assets Identification (Aug. 2020)," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 68, no. 9, pp. 8863–8873, Sep. 2021, doi: 10.1109/TIE.2020.3018056.
- [6] L. Zou, C. McLeod, and M. R. Bahmanyar, "Wireless Interrogation of Implantable SAW Sensors," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 67, no. 5, pp. 1409–1417, May 2020, doi: 10.1109/TBME.2019.2937224.
- [7] E. Butaud et al., "Smart Cut™ Piezo On Insulator (POI) substrates for high performances SAW components," in *2020 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)*, Sep. 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/IUS46767.2020.9251517.
- [8] B. Paulmier, S. Hage-Ali, J. Maufay, D. Ba, H. Mjahed, T. Aubert, and O. Elmazria, "LiNbO₃/SiO₂/Si Poi Heterostructure Surface Acoustic Wave Sensor for Intermediate High Temperatures," *IEEE Ultrasonics Symposium IUS 2023*, Montréal, Canada, Sept. 2023