

Projet Pherosensor : contribution à la conception et caractérisation d'un MEMS résonant suivi de la conception du circuit électronique de conditionnement pour une application en détection de phéromones

Projet TREMPLIN RECHERCHE 2025/2026

Investigateur principal/ Coordonnateur: Gaëlle Lissorgues, ESIEE ESYCOM UMR 9007 ; email : gaelle.lissorgues@esiee.fr

Co-Encadrant: Lionel Rousseau, ESIEE ESYCOM UMR 9007 et Thuy NGUYEN, Post-Doc, ESYCOM UMR 9007

Description du Projet :

Le projet s'inscrit dans le cadre du projet ANR Cultiver Protéger Autrement Pherosensor, intitulé « Détection précoce des insectes ravageurs à l'aide de capteurs olfactifs utilisant des récepteurs phéromonaux », piloté par INRAE (<https://anr.fr/Projet/A-20-PCPA-0007>).

La détection précoce d'insectes ravageurs est un enjeu majeur pour une action optimale pour les stratégies de biocontrôle ciblées. Le projet PheroSensor utilise le fait que les phéromones constituent des signaux indiquant la présence d'une espèce d'insecte donnée et que la détection des phéromones est basée sur des récepteurs uniques en termes de sensibilité et de spécificité. Nous proposons de concevoir, construire et tester dans les champs des capteurs bioinspirés, basés sur les récepteurs phéromonaux d'insectes, pour la surveillance précoce de trois espèces d'insectes ravageurs invasifs, le charançon rouge du palmier (*Rhynchophorus ferrugineus*), la légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*) et la noctuelle du coton (*Spodoptera littoralis*).

ESIEE-ESYCOM est en charge avec le CEA LIST de la conception, réalisation, caractérisation d'un capteur physique de type MEMS résonant pour la détection de phéromones et du circuit de préconcentration microfluidique nécessaire en amont.

Contexte et Problématique :

Les capteurs seront hautement sélectifs grâce au développement d'un revêtement sensible basé sur des phéromones d'insectes (T2.1), et des transducteurs à membranes résonantes de type CMUT à base de diamant tirant parti des propriétés mécaniques du matériau diamant (T2.2). Le transducteur CMUT consiste en un substrat à base de silicium contenant des cavités submicroniques. Des électrodes métalliques seront placées dans ces cavités, elles-mêmes fermées par une couche supérieure de diamant fortement dopé au bore, afin de réaliser une capacité variable. Une solution intermédiaire plus simple consiste en une membrane avec des jauges piézorésistives placées aux encastrement et permettant de détecter les déformations mécaniques.

Travail attendu :

- Analyse bibliographique sur les MEMS résonants (CMUT et membrane simple encadrée)
- Découverte de l'état d'avancement du projet (thèse Oumaima Zaki soutenue en juillet 2025 + résultats du Post-doc en cours depuis février 2024)
- Prise en main puis amélioration du protocole de caractérisation mécanique (par vibrométrie optique) et analyse des résultats sur les nouveaux MEMS fabriqués
- Proposition d'un circuit électronique de conditionnement pour la membrane simple, par détection piézorésistive à double pont de Wheatstone, en vue d'acquies les fréquences de résonance (travail en lien avec un prestataire ayant développé une board V1 à optimiser)
- Conception et simulation du circuit électronique proposé
- Fabrication d'un ou plusieurs PCB de test des circuits et caractérisation
- Validation du protocole de mesure des MEMS résonants avec cette nouvelle carte

Profil : compétences en électronique, systèmes embarqués, instrumentation, microtechnologies

Lieu : ESIEE PARIS, Champs/Marne et visites ou visio avec les partenaires

Références bibliographiques :

Sahli. (1997). Electronic characterization and fabrication of CVD diamond piezoresistive pressure sensors [Michigan State University]. <https://doi.org/10.25335/7BWB-F948>

Bongrain, A., Uetsuka, H., Rousseau, L., Valbin, L., Saada, S., Gesset, C., Scorsone, E., Lissorgues, G., & Bergonzo, P. (2010). Measurement of DNA denaturation on B-NCD coated diamond micro-cantilevers. *Physica Status Solidi (a)*, 207(9), 2078-2083. <https://doi.org/10.1002/pssa.201000049>.

Manai, R., Scorsone, E., Rousseau, L., Ghassemi, F., Possas Abreu, M., Lissorgues, G., Tremillon, N., Ginisty, H., Arnault, J.-C., Tuccori, E., Bernabei, M., Cali, K., Persaud, K. C., & Bergonzo, P. (2014). Grafting odorant binding proteins on diamond bio-MEMS. *Biosensors and Bioelectronics*, 60, 311-317. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2014.04.020>

Yamada. (2021). Highly sensitive VOC detectors using insect olfactory receptors reconstituted into lipid bilayers. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd2013>

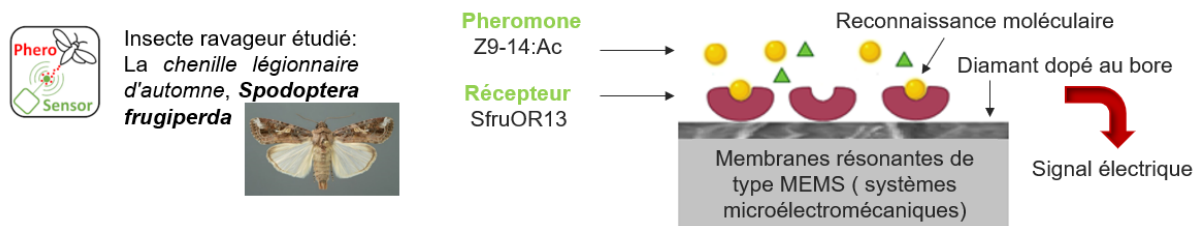
Cali, K., Scorsone, E., & Persaud, K. (2017). Odorant binding proteins based sniffing device for detection of tobacco. 2017 ISOCs/IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), 1-3. <https://doi.org/10.1109/ISOEN.2017.7968918>

Yanli Lu. (2015). Olfactory biosensor for insect semiochemicals analysis by impedance sensing of odorant-binding proteins on interdigitated electrodes — ScienceDirect — https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566314007921?pes=vor&utm_source=acs&getft_integrator=acs

Mohammad Maadi, Roger Zemp [2016] Modelling of large-scale multi-frequency CMUT arrays with circular membranes - Conference: Ultrasonics Symposium (IUS), IEEE- <https://doi.org/10.1109/ULTSYM.2016.7728876>

Illustrations:

Principe général du projet Pherosensor



Montage expérimental pour le banc de vibrométrie optique

