

Titre de la thèse : Élaboration et caractérisation de micro-capteurs chimiques implantables dans des textiles intelligents.

Laboratoire d'accueil : FEMTO-ST, 15B avenue des Montboucons 25000 Besançon Département MN2S, équipe MINAMAS // SCION, 49 Sala Street, Rotorua 3010, New Zealand

Spécialité du doctorat préparé : matériaux, microsystèmes

Mots-clefs : micro-capteurs chimiques, textile intelligent, matériaux biosourcés

Descriptif détaillé de la thèse :

Introduction / contexte : cette étude doctorale s'inscrit dans le cadre du projet européen UPWEARS (HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01-32) rassemblant 15 partenaires européens et internationaux dont les objectifs et challenges scientifiques et techniques reposent sur le développement de textiles durables et innovants en fibres végétales, pour l'industrie des textiles sportifs. Ce projet a notamment pour vocation de développer et d'intégrer des micro-capteurs chimiques dans ces textiles pour la mesure en continu de l'exposition aux polluants atmosphériques.

Un des défis de ce projet réside en l'identification de couches sensibles capables de détecter différents polluants de l'air avec des températures de fonctionnement proche de l'ambiante. En effet, une contrainte liée à l'implantation de micro-capteurs dans des textiles concerne l'alimentation électrique de ces microsystèmes [1]. Par ailleurs, pour répondre aux exigences du projet UPWEARS, les matériaux à privilégier doivent être biosourcés. Dans ce contexte, la conception de ces micro-capteurs chimiques fera appel à des procédés de chimie douce permettant d'élaborer des couches sensibles hybrides à base de matériaux biosourcés tels que la lignine et ses dérivées [2, 3]. Le système de transduction privilégié sera la technologie des capteurs de type résistif où l'information est obtenue par simple mesure de la variation de résistance électrique de la couche sensible.

La morphologie, la composition chimique de surface et les propriétés semi-conductrices de ces couches seront étudiées en détail afin de mieux comprendre leur influence sur les capacités de détection de divers polluants présents à l'état de traces dans des environnement contraints c'est-à-dire en présence d'humidité. Outre le développement de matériaux innovants pour la production de capteurs sensibles, l'idée originale de ce travail est d'utiliser l'intelligence artificielle afin de classer les différentes atmosphères représentatives des environnements à analyser [4]. Par ailleurs il faudra également réfléchir à l'intégration des capteurs dans le textile intelligent.

L'étude doctorale se déroulera au sein du département Micro Nano Sciences et Systèmes (MN2S) de l'institut FEMTO-ST de Besançon. Cet institut s'appuie sur des technologies de haut niveau, équipements et plateformes, en particulier la centrale de micro et nanotechnologies MIMENTO. La personne retenue aura également l'opportunité de rejoindre le laboratoire SCION en Nouvelle-Zélande afin de réaliser quelques expériences sur la préparation des films sensibles.

Travaux envisagés : après une étude bibliographique sur l'état de l'art, cette étude doctorale se découpera en plusieurs phases complémentaires :

- Elaboration de couches sensibles hybrides et intégration sur micro-plateformes,
- Caractérisations physico-chimiques de ces couches minces,
- Evaluation des capacités de détection de molécules en phase gazeuse,
- Elaboration d'un modèle prédictif pour classification des atmosphères en fonction du profil de réponses électriques des capteurs.
- Tests des micro-capteurs en conditions réelles (présence d'interférents).
- Participation aux réunions de consortium du projet UPWEARS.

Références bibliographiques :

- [1] Sensors, 21(11), (2021), 3806; doi.org/10.3390/s21113806
 [2] Carbohydrate Polymers 278, (2022), 118920; doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118920
 [3] Trends in Chemistry, 6, (2024), doi.org/10.1016/j.trechm.2023.12.001

[4] Machine Learning for Advanced Functional Materials, Springer, (2023); doi.org/10.1007/978-981-99-0393-1_8

Profil demandé :

Master en matériaux, chimie, sciences de l'ingénieur.

Capacité à définir et à mener des expériences.

Compétences en recherche bibliographique et communication écrite (anglais/français).

Curiosité, motivation, assiduité, goût du travail en groupe.

Maîtrise de l'anglais écrit et parlé

Financement : HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01-32, projet N° 101130741

Dossier à envoyer pour le **15/05/2024**

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2024 (contrat 36 mois)

Direction de la thèse

FEMTO-ST : Jean-Baptiste SANCHEZ jbsanche@femto-st.fr (directeur)

SCION : Yi Chen yi.chen@scionresearch.com (co-encadrant)

Les candidats sont invités à soumettre leur candidature aux directeurs de thèse, accompagnée des documents suivants :

- CV
- Lettre de motivation
- Une lettre de recommandation
- Notes de master (M1, M2)

Thesis title: Development and characterization of chemical gas sensors for integration into smart textiles.

Host Laboratory: FEMTO-ST, 15B avenue des Montboucons 25000 Besançon Département MN2S, équipe MINAMAS // SCION, 49 Sala Street, Rotorua 3010, New Zealand

Speciality : materials, microsystems

Keywords: chemical gas sensors, e-textile, bio-based materials

Job description:

Introduction/ context: This doctoral research is part of the European project UPWEARS (HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01-32), which involves collaboration among 15 European and international partners. The project is centered on the development of sustainable and innovative textiles using plant-based fibers for the sports textile industry. Its main objective is to integrate chemical micro-sensors into these textiles to enable continuous monitoring of air pollutant exposure.

One of the challenges of this project lies in the identification of sensitive layers capable of detecting different air pollutants with operating temperatures close to the ambient. Indeed, a constraint related to the implantation of micro-sensors in textiles concerns the power supply of these microsystems [1]. In addition, to meet the requirements of the UPWEARS project, the preferred materials must be bio-sourced. In this context, the design of these chemical micro-sensors will use gentle chemistry processes to develop hybrid sensitive layers based on bio-sourced materials such as lignin and its derivatives [2, 3]. The preferred transduction system will be the technology of resistive type gas sensors where the information is obtained by simple measurement of the electrical resistance variation of the sensitive layer.

The morphology, surface chemical composition and semiconducting properties of these bio-based sensitive layers will be decisive in their interactions with the chemical compounds of the gas phase. In addition to the development of innovative materials for the production of sensitive sensors, the original idea of this work is to use artificial intelligence in order to classify the different atmospheres representative of the environments to be analyzed and thus be able to give the alert in case of polluted environment [4]. Alongside developing innovative materials, consideration must also be given to integrating the sensors into smart textiles.

The doctoral research will be conducted within the Micro Nano Sciences and Systems Dpt (MN2S) at the FEMTO-ST Institute located in Besançon. This institute is renowned for its cutting-edge technologies, advanced equipment, and specialized platforms, notably including the micro and nanotechnology facility known as MIMENTO. The successful candidate will have the opportunity to conduct experiments at Scion in New Zealand. Scion is New Zealand Forest Research Institute with expertise in biomaterials and sustainable electronics.

Planned work: after a bibliographical study on the state of the art, the project in which this doctoral study is taking place will be divided into several complementary tasks:

- Elaboration of hybrid sensitive layers on micro-hotplates,
- Physico-chemical characterization of these thin layers,
- Evaluation of detection performance,
- Development of a predictive model for classifying atmospheres according to the sensor electrical response profile,
- Real-life sensor tests (presence of interferents).
- Attending UPWEARS consortium meetings.

Bibliography:

- [1] Sensors, 21(11), (2021), 3806; doi.org/10.3390/s21113806
[2] Carbohydrate Polymers 278, (2022), 118920; doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118920
[3] Trends in Chemistry, 6, (2024), doi.org/10.1016/j.trechm.2023.12.001
[4] Machine Learning for Advanced Functional Materials, Springer, (2023); doi.org/10.1007/978-981-99-0393-1_8

Applicant profil:

Master's degree in materials, chemistry, engineering sciences.

Ability to define and conduct experiments.

We are looking for a highly motivated PhD candidate to work in an international environment, interacting with international partners in Italy, Portugal, Sweden, Belgium, UK, New Zealand.

The candidate will have acquired skills in literature review, written and oral communication in English. An experience in computer programming and signal processing would be a bonus.

Financing Institution: HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01-32, projet N° 101130741

Application deadline: **May 15 2024**

Start of contract: October 1, 2024 (36 months)

Thesis Supervisor :

FEMTO-ST : Jean-Baptiste SANCHEZ jbsanche@femto-st.fr (director)

SCION : Yi Chen yi.chen@scionresearch.com (co-director)

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- CV
- Cover letter
- At least 1 reference letter
- Master's results (M1, M2)