

## PhD thesis topic proposal in Electronics and sensing

### EIC PATHFINDER Open European program:

### SWEATPATCH: REMOTE SWEAT SKIN PATCH FOR MONITORING BREAST CANCER THERAPEUTIC RESPONSE

**PhD thesis Title :** Protocol Establishment and Performance Assessment of Graphene-Based Sensors for Monitoring Breast Cancer Therapeutic Response in Controlled Conditions

**Duration:** 36 months (start: between January and March 2025)

**Location:** Bordeaux, France (IMS Laboratory, Building A31, 351 Cours de la Libération, 33405, Talence)

**Contact :** Hamida HALLIL, [hamida.hallil-abbas@u-bordeaux.fr](mailto:hamida.hallil-abbas@u-bordeaux.fr), Bordeaux University

**The scientific areas covered by the Swetapatch research project:** chemical and biosensing, instrumentation, measurement, microwave and mechanical devices, and the analysis and study of selectivity using advanced algorithms.

**The general scientific context of the SWEATPATCH project:** the candidate's work is part of the collaborative project, funded under the EIC PATHFINDER program. SWEATPATCH gathers an interdisciplinary consortium with complementary expertise in functional nanomaterials (UPV), miniaturized sensors nano- engineering (CLI and TDK), advanced sensors analysis (UBx-INP), integrated and communications systems (Glasgow Univ. and NEURO), data analysis and machine learning (CTK), sensors, system integration, data analysis sand prototyping (INVN), BC microenvironment and tumor infiltrate characterizations by cellular and molecular analyses (IRST), molecular and clinical oncology (ULille-COL, INSERM and CSS).

**The main objective of the project :** SWEATPATCH envisions to radically improve patients' outcome and quality of life through personalized monitoring to tailor the therapeutic strategy in real-time to achieve better control of tumor response and avoid unnecessary administration of costly and potentially harmful anticancer treatments. The real-time monitoring, delocalized out of the hospital, of selected VOCs biomarkers from sweat using a non-invasive wearable patch for all treated patients will enable a quick, patient-specific, adjustment of therapeutic strategy over time that is unavailable today. This revolutionary response monitoring approach will provide a fully new paradigm to precision oncology. SWEATPATCH will achieve the following four key objectives:

1. Synthesize self-reset sensitive material for biomarker detection
2. Create scalable footprint wireless skin-patch
3. Generate functional bioengineered 3D culture models (Organoids)
4. Demonstrate clinically proof of concept of SWEATPATCH

### The experimental protocol (PhD position and work description)

#### Objectives :

1) Optimize Integration of Graphene-Based Nanomaterials: Demonstrate the optimized integration of graphene-based functional nanomaterials on phononic microstructures by developing an adapted calibration in a controlled environment.

2) Selective Detection of Targeted Analytes: Demonstrate the selective detection of targeted multi-analytes, specifically at very low traces of breast cancer VOCs. This involves developing advanced instrumentation, acquisition, and data analysis methods to characterize the performance of the developed sensors.

**Methodology:** Validation of the functionalized graphene-based BC VOCs sensory array & Sensing performance of the VOCs sensors:

1) Investigate Interaction Mechanisms: Understand the interfacial mechanisms between functionalized graphene-based BC VOCs and the viscoelastic effects at the interface of phononic platforms.

2) Use Calibration Sensors Technology: Avoid interference from parameters such as pressure and temperature by using calibration sensors technology.

3) Define Measurement Protocols: Ensure reliable and reproducible results through well-defined measurement protocols.

4) Evaluate Sensitivity and Specificity: Assess the sensitivity, specificity, and main influencing factors (such as flow and temperature) of the sensors.

### **Research Plan: Year 1/Year2/Year3**

- Conduct literature review and theoretical studies on graphene-based nanomaterials and phononic microstructures.
- Begin the experimental integration of graphene-based nanomaterials on phononic platforms.
- Develop initial calibration protocols in controlled environments.
- Optimize the integration process based on initial results.
- Develop and refine advanced instrumentation and acquisition methods.
- Begin characterization of sensor performance, focusing on sensitivity and specificity.
- Complete the selective detection studies of targeted multi-analytes, specifically breast cancer VOCs.
- Finalize data analysis methods and validate the performance of the developed sensors.
- Prepare and defend the PhD thesis, and publish findings in peer-reviewed journals.

### **Expected Outcomes:**

- A thorough understanding of the integration and calibration of graphene-based nanomaterials on phononic microstructures.
- Development of highly sensitive and specific sensors for detecting breast cancer VOCs.
- Published research articles in high-impact scientific journals.

The PhD project aims to push the boundaries of current sensor technology, contributing significantly to the field of biomedical diagnostics and environmental monitoring.

### **Expected Skills:**

1. Functional Nanomaterials: Proficiency in integrating nanomaterials, particularly graphene, onto phononic microstructures and utilizing additive technologies.
2. Sensor Development and Evaluation: Skills in developing sensors, defining measurement protocols, and assessing sensitivity and specificity under multimodal conditions.
3. Simulation and Numerical Modeling: Expertise in finite element method (FEM) calculations.
4. Fabrication and Characterization of Nanotechnological Devices: Experience in microfabrication, micromachining, and electrical characterization of devices with advanced calibration.

## Projet de thèse de doctorat en électronique et capteurs

### Programme européen EIC PATHFINDER OPEN :

#### **SWEATPATCH : PATCH CUTANÉ POUR LE SUIVI DE LA RÉPONSE THÉRAPEUTIQUE AU CANCER DU SEIN**

**Titre de la thèse de doctorat :** CONCEPTION, FABRICATION ET ÉVALUATION DE CAPTEURS À BASE DE GRAPHÈNE POUR LA DÉTECTION DE COVS

**Durée :** 36 mois (début : entre Janvier and Mars 2025)

**Lieu :** Bordeaux, France (Laboratoire IMS, Bâtiment A31, 351 Cours de la Libération, 33405, Talence)

**Contact :** Hamida HALLIL, [hamida.hallil-abbas@u-bordeaux.fr](mailto:hamida.hallil-abbas@u-bordeaux.fr) (Responsable du WP3, système multimodal sensoriel nez électronique), Université de Bordeaux

**Les domaines scientifiques couverts par le projet de recherche Swetapatch :** Capteurs durables, instrumentation, mesure, dispositifs micro-ondes et mécaniques, ainsi que l'analyse et l'étude de la sélectivité à l'aide d'algorithmes avancés.

**Contexte scientifique général du projet SWEATPATCH :** Le travail du candidat s'inscrit dans le cadre du projet collaboratif financé par le programme EIC PATHFINDER. SWEATPATCH rassemble un consortium interdisciplinaire avec des expertises complémentaires en nanomatériaux fonctionnels (UPV), nano-ingénierie de capteurs miniaturisés (CLI et TDK), analyse avancée de capteurs (UBx-INP), systèmes intégrés et communications (Université de Glasgow et NEURO), analyse de données et apprentissage machine (CTK), intégration de capteurs, analyse de données et prototypage (INVN), microenvironnement du cancer et caractérisations des infiltrats tumoraux par analyses cellulaires et moléculaires (IRST), oncologie moléculaire et clinique (ULille-COL, INSERM et CSS).

**Objectif principal du projet :** SWEATPATCH vise à améliorer radicalement le pronostic et la qualité de vie des patients grâce à un suivi personnalisé pour adapter la stratégie thérapeutique en temps réel, afin d'obtenir un meilleur contrôle de la réponse tumorale et d'éviter l'administration inutile de traitements anticancéreux coûteux et potentiellement nocifs. Le suivi en temps réel, délocalisé hors de l'hôpital, des biomarqueurs sélectionnés de COVs à partir de la transpiration à l'aide d'un patch portable non invasif pour tous les patients traités permettra un ajustement rapide et spécifique au patient de la stratégie thérapeutique au fil du temps, ce qui n'est pas disponible aujourd'hui. Cette approche révolutionnaire de suivi de la réponse fournira un nouveau paradigme complet pour l'oncologie de précision. SWEATPATCH atteindra les quatre objectifs clés suivants :

1. Synthétiser un matériau sensible à auto-réinitialisation pour la détection des biomarqueurs
2. Créer un patch cutané sans fil à empreinte scalable
3. Générer des modèles de culture bio-ingénierie 3D fonctionnels (Organoïdes)
4. Démontrer la preuve de concept clinique de SWEATPATCH

**Protocole expérimental (position de doctorat et description du travail) :** Objectifs :

1) Optimiser l'intégration de nanomatériaux à base de graphène : Démontrer l'intégration optimisée de nanomatériaux fonctionnels à base de graphène sur des microstructures phononiques en développant une calibration adaptée dans un environnement contrôlé.

2) Détection sélective des analytes ciblés : Démontrer la détection sélective de multi-analytes ciblés, en particulier à des traces très faibles de COVs liés au cancer du sein. Cela implique le développement de méthodes avancées d'instrumentation, d'acquisition et d'analyse de données pour caractériser les performances des capteurs développés.

**Méthodologie :** Validation de l'ensemble de capteurs à base de graphène fonctionnalisé pour les COVs du cancer du sein et performances de détection

1) Étudier les mécanismes d'interaction : Comprendre les mécanismes d'interface entre les COVs du cancer du sein à base de graphène fonctionnalisé et les effets viscoélastiques à l'interface des plateformes phononiques.

2) Utiliser la technologie des capteurs de calibration : Éviter les interférences dues à des paramètres tels que la pression et la température en utilisant la technologie des capteurs de calibration.

3) Définir les protocoles de mesure : Assurer des résultats fiables et reproductibles grâce à des protocoles de mesure bien définis.

4) Évaluer la sensibilité et la spécificité : Évaluer la sensibilité, la spécificité et les principaux facteurs influents (comme le flux et la température) des capteurs.

\* Collaborateurs: UBx-INP, CLI, UPV, INVN, ULille-COL. (UBx-INP, CLI, UPV, ULille-COL)

#### **Plan de recherche : Année 1 / Année 2 / Année 3**

- Réaliser une revue de la littérature et des études théoriques sur les nanomatériaux à base de graphène et les microstructures phononiques.
- Commencer l'intégration expérimentale de nanomatériaux à base de graphène sur des plateformes phononiques.
- Développer des protocoles de calibration initiaux dans des environnements contrôlés.
- Optimiser le processus d'intégration basé sur les résultats initiaux.
- Développer et affiner les méthodes avancées d'instrumentation et d'acquisition.
- Commencer la caractérisation des performances des capteurs, en se concentrant sur la sensibilité et la spécificité.
- Compléter les études de détection sélective des multi-analytes ciblés, en particulier les COVs liés au cancer du sein.
- Finaliser les méthodes d'analyse de données et valider les performances des capteurs développés.
- Préparer et défendre la thèse de doctorat, et publier les résultats dans des revues scientifiques à comité de lecture.

#### **Résultats attendus :**

- Une compréhension approfondie de l'intégration et de la calibration des nanomatériaux à base de graphène sur des microstructures phononiques.
- Le développement de capteurs hautement sensibles et spécifiques pour la détection des COVs liés au cancer du sein.



- Publication d'articles de recherche dans des revues scientifiques de haut impact.

Le projet de doctorat vise à repousser les limites de la technologie actuelle des capteurs, contribuant de manière significative au domaine du diagnostic biomédical et de la surveillance environnementale.

**Compétences attendues :**

1. Nanomatériaux fonctionnels : intérêt des nanomatériaux, en particulier carbonés, pour la fonctionnalisation de surface de capteurs.
2. Développement et évaluation de capteurs : Compétences en développement de capteurs, définition de protocoles de mesure, et évaluation de la sensibilité et de la spécificité dans des conditions de mesures multimodales.
3. Simulation et modélisation numérique : calculs et simulations par la méthode des éléments finis (FEM).
4. Fabrication et caractérisation de dispositifs : Expérience en microfabrication technologies CMOS et additive, et caractérisation électrique de dispositifs.