

Ecole Graduée 631 MADIS

Sujet de thèse en Mathématique proposé en 2025

Titre : Inférence des propriétés de la tumeur et du micro-environnement à partir de mesures d'impédance : développement de méthodes inverses combinant apprentissage statistique et modèles physiques

Directeur de thèse : Olivier Bouaziz

E-mail : olivier.bou-aziz@univ-lille.fr

Co-directrice de thèse (sous réserve d'obtention de l'HDR) : Charlotte Baey

E-mail : charlotte.baey@univ-lille.fr

Co-encadrant de thèse : Alexandre Poulain

E-mail : alexandre.poulain@univ-lille.fr

Laboratoire : Laboratoire Paul Painlevé

Equipes : Probabilités et Statistique ainsi qu'Analyse Numérique et Équations aux Dérivées Partielles

Descriptif : Le cancer de la peau non mélanocytaire est l'une des formes de cancer les plus courantes. Bien que cette maladie soit généralement bien traitée, il est nécessaire de la détecter précocement. Le diagnostic repose sur l'examen de la lésion par un dermatologue, dont l'interprétation est subjective. Il peut être approfondi via une biopsie, mais cet examen est invasif, douloureux et peut même aggraver la lésion dans certains cas. L'objectif de la thèse est de concevoir un modèle mathématique de spectroscopie/tomographie par impédance électrique pour caractériser la lésion en profondeur à partir de mesures acquises de manière non invasive, sur la surface de la peau. Les travaux envisagés visent à combiner des données expérimentales acquises sur une réplique in vitro d'une lésion cutanée et une méthode d'apprentissage profond basée sur une modélisation physique afin de résoudre le problème inverse. Les données expérimentales fourniront un ensemble de données comprenant des mesures d'impédance à la surface de la peau et une quantification 3D des composants dermiques. En adaptant un modèle mathématique liant les propriétés des tissus et la distribution de conductivité au sein du derme et de la lésion, nous serons en mesure de créer des données in silico (mesure d'impédance – composants cutanés). Par la suite, un algorithme d'apprentissage basé sur la physique sera entraîné pour pouvoir étudier les lésions en s'appuyant uniquement sur les mesures d'impédance à la surface de la peau.

Plus précisément, les objectifs de la thèse sont listés ci-dessous :

- Construction d'un modèle capable de prédire la mesure de spectroscopie d'impédance électrochimique.
- Estimation des paramètres du modèle en intégrant les données expérimentales. Cette estimation se fera en utilisant des méthodes de statistiques afin de résoudre le problème des données manquantes. Un traitement des données expérimentales qui seront possiblement de différents types sera nécessaire afin qu'elles puissent être utilisées de manière efficace dans la phase d'estimation.
- Entraînement d'un algorithme permettant d'effectuer de manière automatique une prédiction des propriétés du tissu à partir d'une nouvelle mesure d'impédance à la surface d'une lésion.
- Étude et vérification de la méthode conçue.
- Étude de la portabilité de la méthode de caractérisation du tissu et de la lésion pour être appliqué au diagnostic des lésions chez les patients.