

**Titre : « Reconstruction, fusion et analyse et d'images multi-modalités.  
Application au diagnostic et l'évaluation des traitements des traitements du  
cancer. »**

Directeur de Thèse : Jihad ZALLAT, Professeur

Co-encadrement : S. FAISAN, MdC.

Unité(s) d'Accueil(s) : ICUBE (UMR 7357) – équipes TRIO et MIV

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg / Télécom Physique Strasbourg

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : (LPICM - Ecole Polytechnique), MIV, IRCAD

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) :

Axe transverse « Imagerie Physique et Systèmes »

Canéropôle IDF projet : « Imagerie polarimétrique pour le diagnostic et le suivi du traitement du cancer du col utérin »

Résumé :

**Contexte de la thèse :**

Le projet de thèse s'intègre dans une collaboration entre deux laboratoires de physique (le LPICM à l'École polytechnique et le laboratoire ICUBE de l'Université de Strasbourg) et trois établissements de soins (l'IMM, le CHU de Bicêtre (KB) et l'Institut Gustave Roussy (IGR)). Il porte sur le développement de méthodes d'acquisition, d'analyse et de fusion d'images multi modalités (polarisation, spectrales, fluorescence etc.) issues d'instruments imageurs développés à ICUBE (Université de Strasbourg) ainsi qu'au LPICM (École Polytechnique). Le travail expérimental consiste en l'intégration de ces méthodes au sein de dispositifs de mesure opérationnels afin de construire une image enrichie de la scène. Le domaine d'application étant l'imagerie biomédicale.

Les développements au cours de cette thèse se feront dans un projet qui a pour ambition de progresser vers la mise au point de nouvelles méthodes de diagnostic optique afin d'améliorer la prise en charge des cancers du col utérin à divers stades de leur évolution, des dysplasies de haut grade habituellement traitées par conisation aux cancers localement avancés qui, eux, impliquent une curiethérapie et/ou une radiochimiothérapie avant, le cas échéant, une colpo hystérectomie élargie ou une hystérectomie totale, opérations qui ne sont pas sans conséquences et que les praticiens cherchent à mieux cibler. L'enjeu essentiel est donc d'améliorer la visualisation :

- des lésions dysplasiques d'une part, pour mieux choisir les sites à biopsier et mieux définir les marges d'exérèse en cas de conisation
- des tumeurs résiduelles éventuellement présentes après curiethérapie ou radiochimiothérapie dans le cas de cancers localement avancés, afin d'opérer le plus possible à bon escient

Nous nous proposons de progresser vers cet objectif en utilisant l'imagerie polarimétrique. Contrairement à l'imagerie optique classique, en imagerie polarimétrique les contrastes sont

liés à la manière dont l'objet étudié modifie la polarisation de la lumière incidente, et fournissent donc des informations inaccessibles à l'imagerie d'intensité habituelle.

### **Objectif du travail :**

L'objectif principal de cette tâche est de développer les outils méthodologiques avancés et les algorithmes nécessaires pour appréhender de manière raisonnée et optimale le traitement des images multi-spectrales de Mueller. Il s'agit notamment d'implémenter entre autres :

- les théories d'extraction de différentes informations qui caractérisent l'empreinte des zones saines et pathologiques ainsi que de différencier les différents types de lésions.
- les modules de traitement d'images (restauration, fusion, extraction de signatures/mécanismes, etc.)
- algorithmes de filtrage et de caractérisation du bruit
- méthode de réduction de données et problèmes inverses

Il s'agit de participer à la construction de la base de données des images médicales issues de nos instruments et de proposer un outil de traitement automatique non supervisé des données « images de Mueller ».

### **Programme détaillé des travaux :**

Dans le cadre des recherches sur l'acquisition et le traitement des images codées en polarisation, le ICUBE s'est attaché à explorer plusieurs aspects de cette modalité d'imagerie afin de construire une chaîne de traitement cohérente qui relie la formation de l'image (systèmes) et son filtrage aux algorithmes de segmentation, de traitement et de visualisation basés sur le contenu physique de l'image. L'ensemble de cette chaîne est maintenant parfaitement maîtrisée à une longueur d'onde : nous avons largement contribué aux théories nécessaires à sa mise en œuvre efficace et avons proposé un ensemble d'outils de traitement pour authentifier le contenu physique de ces images et d'en extraire l'information utile. Nos méthodes se distinguent par une approche globale de segmentation-estimation conjointes incorporant l'a priori physique par opposition à d'autres approches qui consistent en une étape de traitement physique suivie par un post-traitement de l'information image

Des avancées significatives ont été obtenues pour la détection des signatures et la segmentation des images codées en polarisation.

Des extensions aux méthodes déjà proposées, efficaces dans les contextes de prototypes de laboratoires, s'avèrent indispensables pour les généraliser aux situations opérationnelles du cadre hospitalier. Par ailleurs, l'introduction de l'a priori physique spécifique à la nature des tissus et des lésions étudiées est nécessaire dans les traitements pour fournir une information pertinente et précise pour le diagnostic médical.

Outre l'introduction explicite d'informations a priori sur la physique de formation des images dans les algorithmes de traitement, il s'agit d'aborder le traitement des données de Mueller avec une approche pluridisciplinaire où interagiront la modélisation physique de l'interaction lumière-tissu avec des décompositions de la matrice de Mueller orientés « mécanismes » afin de proposer des techniques optimales de traitement d'images (au sens de la physique et de la théorie de l'information).

Le programme de travail suit les étapes suivantes :

- Analyse du système imageurs physique et des solutions techniques choisies pour proposer le modèle d'observation direct qui assure le lien entre les observables et les paramètres physiques à analyser.
- Étude et analyse des processus physiques liés à l'interaction lumière-tissu afin de développer les procédures d'extraction contrôlée des mécanismes d'interaction identifiant la nature des tissus à partir des paramètres photométriques de la scène.
- Algorithmes de restitution des paramètres physiques ; méthodes d'analyse et traitement en considérant l'*a priori* physique dans le traitement de l'information.
- Développement d'une chaîne de traitement d'images multi-spectrales robuste, permettant la fusion d'observations hétérogènes à différentes résolutions.
- Évaluation quantitative complète d'échantillons bien documentés afin de caractériser la précision de nos approches.

**Mots-clefs** : optique biomédicale, imagerie de Mueller, tissus biologiques, biopsie optique.