


Mesure de dépolarisation par polarimétrie de Mueller endoscopique pour applications à la caractérisation de tissus biologiques


Dominique PAGNOUX, dominique.pagnoux@xlim.fr
Tél : 0555457247
Tél : 0

Equipe : BIOElectroPhotonique, Institut Xlim (Limoges)

Mots clés : biophotonique; polarimétrie; endoscopie, fibres optiques, métrologie et instrumentation;

Résumé de la thèse :

 L'objet de la thèse sera, sur la base d'une technique de polarimétrie bi-chromatique démontrée à Xlim, de rechercher et d'expérimenter des solutions pour réaliser des images de cibles diffusantes, mesurer la dépolarisation à travers une fibre, acquérir des images dans un temps court, compatible avec les applications. Pour ce faire d'autres configurations de polarimètres seront étudiées. A terme, des mesures comparatives sur des tissus fibrosés, en relation avec les laboratoires de la faculté de médecine de Limoges et le LPICM de l'Ecole Polytechnique, seront effectuées et analysées.

 On the basis of a two-wavelength technique previously demonstrated at Xlim Institute, this thesis aims at addressing different technical and fundamental issues especially for scattering targets imaging, depolarization measurements and images acquisition time reduction. For this, novel configurations of polarimeters will be studied. Finally, comparative measures on fibrosis tissues will be performed and analysed, in relation with laboratories of the faculty of medicine in Limoges and with the Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces of Ecole Polytechnique (Palaiseau- France)

Objectifs :

- Apporter une contribution significative à l'analyse polarimétrique de la lumière à l'échelle du grain de speckle (théorie, simulations, expériences), avec application à la polarimétrie de Mueller complète à travers une fibre optique monomode ;
- propos

Description complète du sujet de thèse :

L'analyse des modifications de la polarisation de la lumière induites par son interaction avec des tissus biologiques (polarimétrie optique) est un moyen d'obtenir des renseignements précieux sur la structure submicronique de ces tissus, indétectables par ailleurs, pour l'aide au diagnostic de diverses pathologies, telles que certains cancers ou des fibroses. La polarimétrie de Mueller est la plus complète de ces techniques puisqu'elle donne accès au retard de phase linéaire et circulaire (biréfringence), à la diatténuation et à la dépolarisation. Son couplage avec les techniques d'endoscopie ou d'endomicroscopie présente un intérêt certain pour l'imagerie d'organes internes, en limitant le recours aux biopsies. Cependant, le déport de la lumière par fibre optique, communément utilisé en endoscopie, apparaît difficilement compatible avec des

mesures polarimétriques car la fibre se comporte comme un perturbateur incontrôlable des états de polarisation guidés entre la source de lumière et le tissu cible d'une part, ce tissu cible et les systèmes de détection et d'analyse d'autre part.

Xlim a récemment proposé une solution permettant de contourner cette incompatibilité apparente. Les travaux, qui s'inscrivaient dans le cadre d'une thèse (Jérémy Vizet) soutenus par un programme ANR (Imagerie de Mueller endoscopique = IMULE)), ont débouché sur la première démonstration de principe d'un polarimètre de Mueller fonctionnant à travers une fibre optique souple, en collaboration avec le Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces (LPICM – Palaiseau). Le principe exploité est celui d'une mesure simultanée à deux longueurs d'onde proches (mesure "bichromatique"), la première servant à sonder et à caractériser la fibre seule, la seconde sondant l'ensemble "fibre+cible". De ces deux mesures, un traitement mathématique ad'hoc permet d'extraire la matrice de Mueller de la cible d'intérêt. Cependant, en vue d'aboutir à un véritable microendoscope polarimétrique opérationnel, un certain nombre de problèmes restent à résoudre. La première partie de cette thèse consistera à rechercher et expérimenter des solutions à ces problèmes :

- le filtrage spatial opéré par la fibre optique sur le faisceau renvoyé par la cible empêche la mesure du taux de dépolarisation de ce faisceau. Or cette information est très importante pour le diagnostic. Des techniques de moyennage et de traitement statistique sur les mesures effectuées seront explorées pour retrouver le taux de dépolarisation mesuré en polarimétrie grand champ;
- sur des échantillons biologiques épais, le niveau de signal récolté est faible et le rapport signal à bruit est dégradé. Diverses solutions seront mises en œuvre pour améliorer ce rapport signal à bruit;
- le temps d'acquisition des images est aujourd'hui beaucoup trop long pour une application opérationnelle. Les causes de ce problème seront analysées et, pour chacune d'elle, des pistes d'amélioration seront explorées;
- ...

Dans un deuxième temps, le polarimètre sera exploité pour l'analyse de tissus biologiques en relation avec le milieu médical (CHU – université de Limoges, Institut Mutualiste Montsouris – Paris, ...). En particulier, il sera adapté pour des mesures dans des gammes de longueurs d'onde différentes pour permettre des analyses superficielles et plus en profondeur. Les mesures seront comparées à celles produites par des polarimètres grand champ et confrontées avec les observations/analyses de spécialistes (anatomopathologistes, biologistes...). Le but sera de confirmer le potentiel opérationnel du dispositif réalisé et de contribuer à l'analyse des structures des tissus biologiques sains et pathologiques.

Ce projet de thèse comportera une partie théorique et simulateur mais sera majoritairement à caractère expérimental

Compétences à l'issue de la thèse :

- conception et réalisation de dispositifs optiques/photoniques complexes, incluant lasers, fibres optiques, composants passifs bulk et fibrés, systèmes de détection sensibles, etc.. - maîtrise de l'ensemble des aspects théoriques et expérimentaux liés à

Présentation de l'équipe d'accueil :

L'équipe bio-électro-photonique comprend une quinzaine de chercheurs dont une dizaine de chercheurs en enseignants chercheurs. 3 axes de recherche sont développés : l'axe 1 s'intéresse à des nouvelles modalités d'endomicroscopie (imagerie polarimétrique et imagerie

multiphotonique principalement) pour l'imagerie cellulaire ou de tissus à l'échelle submicronique. L'objectif à terme est de d'aboutir à une véritable imagerie in vivo in situ. L'axe 2 porte sur la mise au point de nouveaux instruments pour la microspectroscopie non linéaire, en particulier pour de l'identification moléculaire de type Raman cohérent (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering (CARS)). Une des originalités des travaux réside dans le couplage des techniques CARS avec une mise sous champ électrique continu ou impulsionnel des cibles visées. Enfin, l'axe 3 concerne la génération d'ondes électriques profilées spectralement et temporellement (impulsions nanosecondes et picosecondes) et leur synchronisation avec des signaux optiques pour l'imagerie. Le but est l'analyse fine de la réponse d'objets biologiques sous champ.

Financement : Lot1: Sujet financé sur crédits institutionnels (sujets fléchés)

Spécialité de Doctorat : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Domaine de compétences principal: Sciences pour l'Ingénieur

Domaine de compétences secondaire: Physique

Candidat :

Compétences souhaitées : connaissances de base en photonique, en optique guidée et en mathématique (algèbre matricielle linéaire)

- intérêt pour la recherche appliquée et pluridisciplinaire
- Intérêt pour l'expérimentation
- sens de l'initiative, autonomie, rigueur et méthode.

Conditions restrictives de candidature : Aucune

Date Limite de candidature : 4 Juin 2016 - 18h