

## Offre de thèse en photonique/imagerie

### Titre de la thèse

# Approches optique-hyperfréquences pour l'imagerie polarimétrique et la physique de la dépolarisation lumineuse

### Sujet

L'imagerie polarimétrique est une technique d'imagerie non conventionnelle qui consiste à mesurer l'état de polarisation de la lumière rétrodiffusée par un objet en tout point de l'image et à analyser le comportement polarimétrique des objets imagés. Ce type d'imagerie trouve des applications de plus en plus nombreuses, par exemple pour la microscopie (diagnostic/suivi de l'évolution de pathologies par exemple), le contrôle non destructif dans l'industrie et l'imagerie active pour la défense. Les méthodes usuelles nécessitent d'acquérir et traiter de multiples images (signaux multidimensionnels) dont doivent être extraites a posteriori les propriétés polarimétriques recherchées.

Au sein de la thématique en imagerie cohérente de l'Institut FOTON, nous avons démontré ces dernières années l'intérêt d'utiliser des approches optique-hyperfréquences pour ce type d'imagerie. En particulier, un nouveau concept d'imagerie polarimétrique par « brisure d'orthogonalité » a été proposé [1,2,3] et mis en œuvre pour des applications biomédicales [4,5] (en cours de déploiement sur la plateforme de microscopie cellulaire MRic/BIOSIT de Rennes) et l'imagerie active pour la défense dans la gamme du proche infrarouge [6,7].

Les développements les plus récents autour de cette technique ont permis de montrer que des approches optique-hyperfréquences similaires (couplant optique et électronique HF) doivent permettre d'obtenir un adressage physique direct des différents paramètres optiques d'un échantillon (diatténuation, biréfringence, en magnitude et orientation), et de leurs propriétés de dépolarisation. Grâce à cet adressage « direct », il sera ainsi possible d'atteindre une « vérité terrain » de ces différentes caractéristiques physiques des échantillons, sans avoir à recourir à des hypothèses - souvent délicates à justifier - sur les propriétés physiques des échantillons (type de décompositions matricielles à considérer dans l'imagerie de Mueller par exemple). L'étude de ces stratégies d'acquisition nouvelles ; l'analyse des propriétés d'anisotropie d'échantillons caractéristiques (échantillons tests, échantillons biologiques,...) et la comparaison avec les approches classiques à l'état de l'art constituera un premier volet de ce travail de thèse.

En parallèle de ces développements applicatifs, le travail de doctorat portera également sur l'étude plus fondamentale de la notion de dépolarisation spatio-temporelle de la lumière lors de son interaction avec la matière. En effet, si les mécanismes de dépolarisation lors d'une interaction surfacique ou volumique sont aujourd'hui assez bien compris lorsqu'on considère des effets d'ensemble (spectre lumineux suffisamment large ; et/ou surface éclairée grande devant la longueur d'onde ; et/ou grande ouverture numérique du système imageant), la notion de dépolarisation est à manier avec précaution dès que les conditions citées ci-dessus ne sont plus satisfaites [8,9].

Pour parfaire la compréhension de cette notion et orienter les modèles physiques, nous nous appuyons ici aussi sur des techniques expérimentales mêlant optique et approches hyperfréquences de manière unique au plan national, et international dans le domaine de la polarimétrie. Grâce à une instrumentation de pointe dédiée (analyseur de réseau vectoriel (VNA), banc de mesure de bruit de phase, détecteurs/oscilloscopes/analyseurs de spectre électrique rapides) et d'un parc laser important couvrant largement la gamme spectrale 400 nm –

1500 nm, nous pouvons en effet envisager des expériences originales, qui aborderont sous un angle inédit l'étude fondamentale de la dépolarisation lumineuse d'un point de vue spatial et temporel.

Outre les retombées applicatives potentielles de la technique d'imagerie polarimétrique « sélective » envisagée ci-dessus, ces travaux de thèse pourront avoir des retombées scientifiques importantes pour la communauté de l'imagerie polarimétrique, notamment sur l'interprétation fine des signatures des objets imagés.

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre de plusieurs collaborations nationales existantes, notamment avec l'Institut Fresnel (Marseille), les entreprises Thales Research & Technology (Palaiseau) et Mauna Kea Technologies (Paris).

[1] M. Alouini et J. Fade, Demande de brevet FR11.55527 déposée le 23/06/2011.

[2] J. Fade and M. Alouini, "Depolarization remote-sensing by orthogonality breaking", Phys. Rev. Lett., 109, 043901 (2012).

[3] N. Ortega-Quijano, J. Fade, E. Schaub, F. Parnet and M. Alouini, "Full characterization of dichroic samples from a single measurement by circular polarization orthogonality breaking," Optics Letters, 40, 1270-1273 (2015).

[4] F. Parnet, J. Fade and M. Alouini. "Orthogonality breaking through few-mode optical fiber," Applied optics, in press, (2016).

[5] E Schaub, J. Fade, N. Ortega-Quijano, C. Hamel and M. Alouini, "Polarimetric contrast microscopy by orthogonality breaking", Journal of Optics – Fast Track Communication, 16, (12), 122001 (2014).

[6] F. Parnet, J. Fade, N. Ortega-Quijano, G. Loas, L. Frein and M. Alouini. "Free-space active polarimetric imager operating at 1.55  $\mu\text{m}$  by orthogonality breaking sensing", Optics Letters, 42 (4), 723-726 (2017).

[7] N. Ortega-Quijano, J. Fade, F. Parnet, and M. Alouini. "Generation of coherent light beam with precise and fast dynamic control of the state and degree of polarization", Optics Letters, 42 (15), 2898-2901(2017).

[8] L. Pouget, J. Fade, C. Hamel and M. Alouini, "Polarimetric imaging beyond the speckle grain scale", Applied Optics, 50, (30), 7345-7356 (2012).

[9] J. Fade and N. Ortega-Quijano, "Differential description and irreversibility of depolarizing light-matter interactions," J. Opt., 18, 125604 (2016).

**Mots-clés :** imagerie, laser, polarimétrie, optique-hyperfréquence, traitement d'image

## Laboratoire

Institut FOTON, Université de Rennes 1, CNRS

Équipe DOP – Campus de Beaulieu, Rennes -<http://foton.cnrs.fr/>

## Collaborations

Institut Fresnel (Marseille, France) – MaunaKea Technologies (France)

## Formation requise

Ecole d'ingénieur avec Master 2, ou Master 2.

## Expérience et compétences

De bonnes compétences en **optique** et en **électronique** sont requises.

Des connaissances en **traitement du signal/image** seront appréciées.

Programmation: Matlab, C, Labview.

## Contacts

Julien FADE, Maître de conférences HDR, [julien.fade@univ-rennes1.fr](mailto:julien.fade@univ-rennes1.fr) – 02 23 23 52 15

## Modalités de candidature

Envoyer **CV**, **relevés de notes**, **copie de diplômes** et **coordonnées du directeur de Master**.