

# Journées Des Doctorants de l'Institut Fresnel

## 14 et 15 juin 2012



*Presqu'île de Giens*

## **JOURNEES DES DOCTORANTS 2012**

- **1<sup>ère</sup> années = session poster le vendredi (17 posters)**
- **2<sup>ème</sup> années = présentations orales de 10 mn (16 exposés)**
- **3<sup>ème</sup> années = présentations orales de 10 mn (18 exposés)**

### **Petit rappel :**

**Votre présentation doit s'adresser à tous les membres du laboratoire**

**Nous attirons votre attention sur l'importance du **respect du temps de parole** afin que nous puissions respecter le planning de ces journées !**

**A chaque pause, merci de télécharger les présentations sur le PC pour la session suivante...**

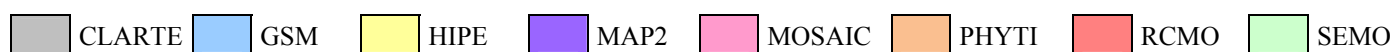
**Les posters pourront être affichés dès jeudi midi**

# Jeudi 14 juin 2012

CLARTE
  GSM
  HIPE
  MAP2
  MOSAIC
  PHYTI
  RCMO
  SEMO

|                      |  |    |  |
|----------------------|--|----|--|
| <b>10H00</b>         | <b>Accueil café en terrasse<br/>Introduction en Salle Méditerranée</b>                     |    |  |
| <b>10H15</b>         | <b>REHN Simon</b>  | 3A | Selective imaging of biological tissues: Contribution of polarization for depth selectivity  |
| <b>10H25</b>         | <b>GABRIEL Chadi</b>   | 2A | Système de communication optique pour un réseau de capteurs sous-marins  |
| <b>10H35</b>         | <b>RUAN Yi</b>   | 3A | High Resolution and Quantitative 3D Imaging with Tomographic Diffractive Microscopy  |
| <b>11H45</b>         | <b>WANG Xiao</b>   | 2A | High speed polarimetric fluorescence microscopy for direct monitoring of cell membrane molecular order   |
| <b>11H55</b>         | <b>DUPONT Guillaume</b>  | 3A | Invisibilité: de l'optique à l'hydrodynamique  |
| <b>11H05</b>         | <b>LIN Tao</b>   | 2A | Denoising Hyperspectral Image by component jointly filtering   |
| <b>11H15</b>         | <b>GAO Lihong</b>  | 3A | A posteriori determination of the opto-geometrical parameters (thickness, refractive index) of metallic or dielectric thin film coatings inside a stack. Application to Thin Film Reverse Engineering. |
| <b>11H25</b>         | <b>GOULDIEFF Céline</b>  | 2A | Interaction laser-matière dans les composants optiques complexes   |
| <b>11H35</b>         | <b>JAY Sylvain</b>   | 3A | Détection et estimation en imagerie hyperspectrale : application à l'environnement côtier  |
| <b>11H45</b>         | <b>LIU Yan</b>   | 2A | Homogenization of the periodic photonic structures and its application to metamaterials  |
| <b>11H55</b>         | <b>LIU Xuefeng</b>   | 3A | Noise Reduction in Hyperspectral Image   |
| <b>12H30 à 14h30</b> | <b>Déjeuner<br/>Remise échelonnée des clés à la réception du Club entre 12h00 et 16h00</b> |    |  |
| <b>14H30</b>         | <b>VALADES CRUZ César</b>  | 2A | Mesure d'anisotropie de polarisation de fluorescence par microscopie de super-résolution   |
| <b>14H40</b>         | <b>CAILLY Alexis</b>   | 3A | Etude locale du sous espace signal pour l'analyse des images hyperspectrales   |
| <b>14H50</b>         | <b>MIRET David</b>   | 2A | Diffraction électromagnétique par des surfaces rugueuses en incidence rasante : application à la surface de la mer.  |
| <b>15h00</b>         | <b>CASADESSUS Olivier</b>  | 3A | Imagerie et caractérisation de greffons cornéens humains : étude de développement de l'œdème   |
| <b>15H10</b>         | <b>YANG Guowei</b>   | 2A | Performance Analysis for Correlated MIMO Free-Space Optical Communication Systems  |
| <b>15H20</b>         | <b>VAUSELLE Alexandre</b>  | 3A | Métrologie des dimensions critiques : scattérométrie et développement avancés  |
| <b>15H30</b>         | <b>ROLLY Brice</b>   | 2A | Nano-antennes optiques   |
| <b>15h40</b>         | <b>VIAL Benjamin</b>   | 3A | Analyse modale de structures diffractives par la méthode des éléments finis  |
| <b>15h50</b>         | <b>ZHANG Ting</b>  | 2A | Imagerie d'objet enfouis en utilisant la décomposition de l'opérateur de retournement temporel   |
| <b>16h00</b>         | <b>Pause-café puis temps libre ☺</b>   |    |  |
| <b>Dès 19h30</b>     | <b>Diner</b>   |    |  |

# Vendredi 15 juin 2012



|               |   |    |  |
|---------------|---|----|--|
| Dès 7H30      | <b>Petit-déjeuner – Remise des clés des chambres après le petit-déjeuner</b>  |    |  |
| 9H15          | <b>Accueil en Salle Méditerranée</b>  |    |  |
| 9H30          | SHU Da  | 3A | Réseaux résonnants accordables pour filtrage optique bande étroite   |
| 9H40          | NOUNOUH Soufiane  | 2A | Calibrage d'un scanner plan dédié à l'imagerie quantitative du sous-sol  |
| 9H50          | ZHANG Yi  | 3A | Optimizing signal processing techniques for cooperative diversity  |
| 10H00         | BIOUD Fatma-Zohra   | 2A | Lecture de l'organisation moléculaire par microscopie non-linéaire   |
| 10H10         | FU Xinghai  | 3A | Etude théorique et expérimentale de l'interaction laser/ couches minces optiques en régime nanoseconde               |
| 10H20 à 11H30 | <b>SESSION POSTERS 1<sup>ère</sup> ANNEES</b><br><b>Pause-café</b>  |    |  |
| 11h30         | <b>Raphaël PIERRE</b><br>Ancien doctorant de l'Institut Fresnel<br>Ingénieur Conception Produits chez Thales Underwater Systems |    |  |
| 12H00 à 14h30 | <b>Pause-déjeuner – Remise des clés des chambres impérativement avant 14h30</b>   |    |  |
| 14H30         | BOUGHNIM Nabil  | 2A | Traitement du signal pour interface de communication homme machine sans contact                                      |
| 14h40         | ARHAB Slimane   | 3A | Profilométrie Optique par Méthodes Inverses de Diffraction Electromagnétiques  |
| 14H50         | FALL Mandiaye   | 2A | Modélisation Multi-échelle de systèmes nanophotonique  |
| 15H00         | ARNAUBEC Aurélien   | 3A | Outils d'évaluation des techniques radar polarimétriques, interférométriques pour la surveillance de l'environnement |
| 15H10         | VILLEMIN Guilhem  | 2A | Localisation de sources large bande  |
| 15H20         | BERTO Pascal  | 3A | Microscopie SRS sur un mélanome humain   |
| 15H30         | XIAO Zhiyong  | 2A | An Improved Mixture Model for Image Segmentation   |
| 15H40         | NDIAYE Césaire  | 3A | Synthèse de composants multi-diélectriques pour des exaltations optiques géantes                                     |
| 15H50         | MUDRY Emeric  | 3A | Développement d'algorithmes d'inversion pour la microscopie optique à éclairage structuré                            |
| 16H00         | <b>Pause-café</b>   |    |  |
| 16H30         | <b>Délibérations et Remise des Prix par le Jury</b>   |    |  |
| 16H45         | <b>Départ</b>   |    |  |

## Composition de la Session Poster

|                                |                |                                    |   |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------|---|
| <b>AKNOUN<br/>Sherazade</b>    | MOSAIC         | S. Monneret                        | Etude tridimensionnelle de systèmes biologiques par imagerie de phase quantitative  |
| <b>AYUK<br/>Roland Ashu</b>    | SEMO           | H. Giovannini                      | Super resolution fluorescence microscopy using nanostructured glass substrates  |
| <b>BRISEBARRE<br/>Godefroy</b> | HIPE /<br>MAP2 | M. Guillaume                       | Détection de changements en imagerie hyperspectrale   |
| <b>CHEN<br/>Xueqin</b>         | MOSAIC         | S. Brasselet                       | Imagerie des Tissus par Microscopie Photonique Multimodale (CARS/SRS, SHG, TPEF)  |
| <b>DIEUDONNE<br/>Eva</b>       | CLARTE         | S. Enoch<br>C. Amra<br>N. Mallejac | Diffusion électromagnétique dans les matériaux composites à inclusions résonantes   |
| <b>GEORGET<br/>Elodie</b>      | HIPE           | P. Sabouroux<br>R. Abdeddaim       | Preuve de concept d'une liaison radio mer-air suite à une éjection pyrotechnique d'un module autonome de petites dimensions - Projet BELOCOPA                                 |
| <b>GHABBACH<br/>Ayman</b>      | MAP2 /<br>RCMO | C. Amra<br>M. Zerrad<br>M. Lequime | Transition Multi-échelle entre régimes de polarisation de la lumière diffuse  |
| <b>HERVY<br/>Adrien</b>        | MAP2           | G. Cheriaux<br>L. Gallais          | Développement de traitements multidélectrique pour lasers de haute puissance femtosecondes  |
| <b>LECUREUX<br/>Marie</b>      | MAP2           | C. Deumié                          | Protection solaire et Filtrage UV   |
| <b>LIU<br/>Siwei</b>           | PHYTI          | N. Bertaux<br>F. Galland           | Segmentation multi-régions hiérarchiques fondée sur des algorithmes ultra-rapides de segmentation à deux régions. Application à la segmentation d'images à 2 ou 3 dimensions. |
| <b>NEMESIN<br/>Valérian</b>    | GSM            | S. Derrode                         | Étude et développement de diverse extensions du filtre de kalman – application à la biométrie dynamique de l'iris   |
| <b>PUNJ<br/>Deep</b>           | MOSAIC         | J. Wenger                          | Optical NanoAntennas to enhance single molecule detection   |
| <b>SAINT-JALM<br/>Sarah</b>    | MOSAIC         | H. Rigneault<br>E. Andresen        | Élaboration d'une source lumineuse rapide et compacte pour la spectroscopie Raman cohérente   |
| <b>SONG<br/>Ningning</b>       | MAP 2          | A. Da Silva                        | Photoacoustic mammography : coupling optical and ultrasonic waves for breast cancer early diagnosis   |
| <b>STOJCEVSKI<br/>Dragan</b>   | RCMO           | M. Lequime                         | Contrôle multicritère de filtres optiques interférentiels en cours de dépôt.  |
| <b>VOZNYUK<br/>Ivan</b>        | HIPE           | A. Litman<br>H. Tortel             | Outils numériques parallélisés d'imagerie 3D pour la caractérisation non-destructive électromagnétique  |
| <b>WALASIK<br/>Wiktor</b>      | CLARTE         | G. Renversez<br>Y. Kartashov       | Soliton-Plasmon Coupling  |

**Selective imaging of biological tissues : Contribution of polarization for depth selectivity**

***REHN Simon - MAP2***

Directeurs de thèse : Deumié Carole, Da Silva Anabela (Institut Fresnel)  
Planat-Chretien Anne, Berger Michel (CEA-LETI Grenoble)

Diffuse optical imaging is a recent method which was developed mainly in the last two decades. It found special interest in the biomedical area like breast cancer research, prostate cancer research, skin cancer research and blood flow research. The main problem in diffuse optical imaging is the light diffusion in highly scattering tissue which makes it difficult to analyze the detected light. Therefore it is essential to associate a probed depth to the detected signal. Polarization gating is a method for depth analysis with the potential for a large popularity for short-penetration-depth applications because of its low cost instruments.

We focus on depth selectivity in subsurface tissues with the use of polarization which finds especially applications in skin cancer and vessel analysis. The problem was separated into three main parts: 1.) Study of the specific properties of the medium and limits of depth sensitivity with polarization. 2.) Development of a simulation code allowing validating the finding and further study of different elliptical polarizations in order to explore selectivity. 3.) The localisation of an absorbing object with simulations and experiments.

**Système de communication optique pour un réseau de capteurs sous-marins**

***GABRIEL Chadi - GSM***

Directeurs de thèse : Ali Khalighi, Salah Bourenane

On travaille sur l'étude et la mise en place d'un réseau de capteurs sans fil pour des applications sous-marines.

Chaque nœud de ce réseau recueille et analyse les données des différents types de capteurs qui lui sont rattachés. Dans un deuxième temps, il communique ces informations aux autres éléments du réseau via des liens sans-fil.

Une étape importante dans la mise en place d'un tel réseau est l'étude et l'optimisation du système émetteur/récepteur pour permettre une connexion sans fil efficace. Ce système doit être facile à implémenter, fiable, consomme peu d'énergie et adapté aux conditions marines, etc.

Après une étude comparative des différents types de liens possibles, notre choix s'est porté sur la communication optique sans-fil dans la gamme du visible (bleu-vert). Ce choix fut réconforté après avoir analysé les performances d'un tel système en implémentant un simulateur Monte Carlo qui prend en considération les caractéristiques de l'émetteur, du récepteur et du milieu. Après une étude de la réponse impulsionnelle, on a démontré que la dispersion temporelle du canal peut être négligée et cela même pour des débits allant jusqu'à 1Gbps.

Ensuite, on s'est penché sur l'étude des performances de plusieurs types de récepteurs et de techniques de modulation. Le premier système étudié se composait d'une LED (532nm) comme

émetteur et une photodiode Si-PIN avec une lentille convergente en guise de récepteur. En se basant sur une simple modulation OOK, on a évolué les performances de ce système en étudiant le BER en fonction de la distance de transmission, la puissance émise et la taille de la lentille convergente. En considérant un BER de  $10^{-6}$ , on a démontré qu'avec une LED de 0.1W et une lentille de diamètre 20 cm, on peut atteindre une transmission fiable jusqu'à 20m dans les eaux claires.

Ces performances sont nettement améliorées en remplaçant la diode PIN par une photodiode avalanche (APD) à gain variable et la modulation OOK par une modulation PPM.

Actuellement, on travaille sur l'amélioration des performances de notre système en étudiant les performances d'autres types de modulations, composants et techniques de codage d'erreur. L'étape suivante sera de tester ce système in-situ pour valider ces simulations.

## **High Resolution and Quantitative 3D Imaging with Tomographic Diffractive Microscopy**

***RUAN Yi - SEMO***

Directeurs de thèse : Patrick Chaumet, Guillaume Maire

Tomographic diffractive microscopy (TDM) is a recent imaging technique that reconstructs the tri-dimensional permittivity map of the probed sample with an increased resolution compared to conventional wide-field microscopy. It consists in illuminating the sample with coherent collimated light under different successive incidence angles, and detecting its image field through a microscope set-up both in amplitude and phase. This technique has until now been applied successfully to tri-dimensional samples only in the case of weak refractive index contrasts (usually below  $5 \cdot 10^{-2}$ ), where linear approximations to calculate the scattered field are valid. As a result, an important field of applications is still out of reach of this new imaging tool.

In the general case, the relation between the field scattered by the sample and its permittivity contrast is nonlinear. We have therefore developed nonlinear inversion procedures that perform rigorous calculations of the scattered field and take into account multiple scattering. In the bi-dimensional case, this approach has recently permitted to obtain experimentally a resolution far beyond the diffraction limit by reconstructing highly diffractive nanometric rods spaced by 50 nm [1]. The nonlinear inversion procedure has now been ameliorated to address the tri-dimensional case with the coupled dipole method, and we will present our results for samples made of small resin cylinders deposited on a silicon substrate. The high index contrast and the presence of the reflective substrate make linear inversions unsuitable for such objects.

Our results have firstly shown that the use of an elaborate inversion procedure permits to decrease by more than a factor of 10 the required number of illumination angles [2], which is usually of several hundreds for linear inversions under the Born approximation. We have also demonstrated that a high resolution wavefront sensor can be used to perform a direct detection of the complex scattered field in the set-up. As a result, stability constraints are dramatically decreased, and the use of light sources with low spatial and temporal coherence, such as LED, becomes possible. At last, for sample dimensions that are below the Rayleigh criterion, we will show that taking into account both polarization components of the scattered field in the inversion procedure enables a clear resolution enhancement in the reconstructions.

[1] J. Girard et al., "Nanometric resolution using far-field optical tomographic microscopy in the multiple scattering regime", *Physical Review A*, Vol. 82, 061801(R), 2010.

[2] Y. Ruan et al., "Tomographic diffractive microscopy with a wavefront sensor", *Optics Letters*, to be published in Vol. 37, 2012.

# **High speed polarimetric fluorescence microscopy for direct monitoring of cell membrane molecular order**

**WANG Xiao- MOSAIC**

Directeurs de thèse : Sophie Brasselet, Patrick Ferrand

Molecular orientational order is a key parameter in a large variety of biological phenomena (such as cell motility, vesicular trafficking, signalling, protein interactions, etc.), which is related to the orientation and ordering of lipids and proteins in the cell membrane. Real-time Measurement of this parameter in live cells is essential to understand the molecular interactions that drive the morphology of bimolecular assemblies, from membrane protein aggregates to biopolymers involved in signaling events, cell mechanics, and adhesion.

Based on absorption and emission of light which are strongly dependent on the orientation of the fluorescence dipole and the polarization of the excitation optical fields [1,2], high speed one-photon polarimetric fluorescence microscopy is proposed to measure the real-time orientation properties of fluorescent lipid probes in a live cell membrane. This technique is based on a spinning disk excitation scheme and EMCCD detection. With this highly parallel acquisition scheme, maps of molecular order parameters are expected to be recorded at rates as high as one image per second.

[1] A. Gasecka, T.-J. Han, C. Favard, B.R. Cho, S. Brasselet, "Quantitative imaging of molecular order in lipid membranes using two-photon fluorescence polarimetry", *BioPhys J.* 97 (10) 2854-2862 (2009)

[2] A. Kress, X. Wang, P. Ferrand, S. Brasselet, "Fully polarization resolved fluorescence microscopy reveals molecular order in cell membranes of arbitrary shapes", submitted.

## **Invisibilité : de l'optique à l'hydrodynamique**

**DUPONT Guillaume - CLARTE**

Directeurs de thèse : Stefan Enoch (Institut Fresnel), Bernard Molin (IRPHE)

Dans le cadre des recherches sur les métamatériaux, il est apparu dans les dernières années un nombre conséquent de travaux sur l'invisibilité. Ce champ de recherche a été introduit par Pendry, qui a utilisé l'invariance des équations de Maxwell sous changement de système de coordonnées, ceci permettant un guidage des ondes électromagnétiques autour d'une zone de l'espace. Ces nouveaux matériaux, appelés capes ou tapis d'invisibilité ont été étudié dans le cadre de l'optique, de l'acoustique, et plus récemment pour les ondes de surface, telles les plasmons et vagues. Le travail effectué dans la première partie de ma thèse a été de m'approprier les techniques permettant la description théorique de tels matériaux. Tout d'abord en optique, partant de travaux réalisés sur des géométries 2D, la première étape a été d'étendre les travaux vers des matériaux réalistes et à géométries 3D. Ensuite, de par la similarité des équations, il a été naturel d'effectuer le même travail pour les ondes de pression acoustiques.

Maintenant, il s'agit de transposer ce concept de cape d'invisibilité en hydrodynamique. Le point de départ étant l'équation de Helmholtz, invariante sous changement de système de coordonnées, décrivant l'évolution du potentiel des vitesses associé à l'écoulement dans le cadre de la théorie potentielle linéarisée. Cette partie de ma thèse a consisté à la détermination d'un cas réaliste et réalisable de tapis d'invisibilité, et de produire pour ce cas une étude numérique et expérimentale.

Je présenterai lors de ces journées des doctorants un ensemble d'exemples et de résultats relatifs aux différents domaines de la physique mentionnés précédemment.



# **Denoising Hyperspectral Image by component jointly filtering**

***LIN Tao - GSM***

Directeur de these : Salah Bourenane

As the development of airplane and satellite, scientists are more and more interesting in supervising ground from sky and aerospace. Due to the limitation of traditional image processing technology, hyperspectral image was invented for this case. In hyperspectral image processing, images are modeled as three dimensional data: two dimensions for spatial field, and one dimension for spectral field. In the taken process, most of hyperspectral images are corrupted by noise from solar radiation, atmospheric scattering, interactions between solar radiation and the Earth's surface, and responsivity of the sensing instrument. To give a pure image to the forwarding procedure, such as target detection or classification, the noise-removing work is necessary.

To analyse hyperspectral image by combining the information in both spatial and spectral field, the authors considered a hyperspectral image as a whole dataset. To ameliorate the previously proposed multiway Wiener filter (MWF), in this presentation, we treat each component other than the dataset as a whole. To obtain the components, we use the wavelet packet transform analysis. Also we will present some experiment results.

## **A posteriori determination of the opto-geometrical parameters (thickness, refractive index) of metallic or dielectric thin film coatings inside a stack Application to Thin Film Reverse Engineering**

***GAO Lihong - RCMO***

Directeurs de thèse : Michel Lequime, Fabien Lemarchand

The determination of the complex refractive index ( $n$  and  $k$ ) of thin films is of great importance, because successful manufacturing of a filter is often directly related to the accuracy of the complex refractive index and thickness measurements. My thesis aims to find a global optimization suitable for thin film reverse engineering, improve the determination precision on several kinds of materials, such as metal, dielectric single layer deposited on different substrates, and estimate the optical constants and thickness of the multilayer. Now different optimization algorithms were compared. The results show that Clustering is the most appreciate optimization algorithm for index determination. The index of different material single layers (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, HfO<sub>2</sub>, Si, Au and ITO) has been determined at normal incidence with different optical dispersion laws. The index of SiO<sub>2</sub> was determined from bi-layer film (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-SiO<sub>2</sub>). Multiple incidence angles have been studied for the index determination of multilayer. The results show that multiple incidence angles are necessary; it can lead to a thickness accuracy of 1.1 nm for 22 layers.

# **Interaction laser-matière dans les composants optiques complexes**

***GOULDIEFF Céline - MAP2***

Directeurs de thèse : Jean-Yves Natoli, Frank Wagner

L'objectif de ma thèse est de caractériser en endommagement laser des composants prometteurs pour l'UV et de modéliser leur comportement. Il s'agit de cristaux non-linéaires et de couches minces d'une nouvelle génération. Ces couches minces sont faites en mixtures amorphes de deux ou trois oxydes (SiO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Par la maîtrise de la composition du mélange des oxydes on peut choisir avec précision les propriétés optiques et électroniques du composant résultant et réaliser des designs plus résistants au flux (rugate).

La gamme UV à laquelle nous nous intéressons est peu dotée de composants résistants et est critique dans la mesure où une irradiation UV peut être responsable de la création de défauts dans le matériau, tels que les centres colorés, qui deviennent des sites initiateurs d'endommagement sous irradiation.

Les conditions des tests d'endommagement automatisés mis en œuvre dans notre montage expérimental touchent à la limite de ce que la technologie actuelle permet (traitement de 20000 images fournies par caméra rapide, rétroaction sur le shutter en 20 ms).

En parallèle, nous avons fait évoluer les modèles d'endommagement laser développés pour la gamme IR, afin de décrire l'influence des précurseurs d'endommagement potentiellement générés par la lumière UV.

## **Détection et estimation en imagerie hyperspectrale : application à l'environnement côtier**

***JAY Sylvain - HIPE***

Directrice de thèse : Mireille Guillaume

Durant cette thèse, nous nous intéressons à la problématique de la détection de cibles immergées, et d'estimation de paramètres de la colonne d'eau en imagerie hyperspectrale.

En milieu marin, les détecteurs classiques deviennent inefficaces lorsque la profondeur augmente. Cela est dû à la déformation progressive du spectre par la couche d'eau située au-dessus de la cible. Pour conserver de bonnes performances, il faut donc, dans la mesure du possible, essayer de corriger cette distorsion grâce à un modèle bathymétrique de transfert radiatif que l'on incorpore dans les filtres de détection.

Bien entendu, cette méthode requiert d'avoir des connaissances a priori sur les paramètres du modèle ; le cas échéant, on estime ces données par différentes méthodes statistiques.

# **Homogenization of the periodic photonic structures and its application to metamaterials**

***LIU Yan - CLARTE***

Directeurs de thèse: Sébastien Guenneau, Boris Gralak

In the last decade, there has been a surge of interest in homogenization of the metamaterials, which are artificial materials engineered (i.e. periodic structures) to have desired properties that cannot be found in nature, such as an effective refractive index below unity, or even negative. The classical analytic homogenization theories aim to assign electromagnetic parameters to those artificial materials, but they are typically valid under the limitations that the periodic of the cell at sub-wavelength scales. The extension of classical homogenization theory to high frequencies is of pressing importance for physicists working in the field of photonic crystals.

For one-dimensional periodic structures, we define an effective bi-anisotropic medium by applying the high order homogenization algorithm, which is based on the Sophus-Lie theorem and its extensions. Beyond the classical homogenization, artificial magnetism and bi-anisotropy are derived in our asymptotic process. In order to validate the approximation, we derive the dispersion law and the transmission spectrum of both the periodic structure and the effective medium, the results show that they share a quite good match with each other.

## **Noise Reduction in Hyperspectral Image**

***LIU Xuefeng - GSM***

Directeurs de thèse: Salah Bourennane, Caroline Fossati

With the improvement of the sensitivity in the electronic components, the signal-dependent (SD) photonic noise has become as dominant as the signal-independent (SI) circuitry noise in HSI data collected by new-generation hyperspectral sensors. In this case, the assumption of additive and stationary noise model is not appropriate although this hypothesis is plausible for HSIs where the SI noise is dominant while SD noise, which depends on the useful signal level, is negligible.

So, we use the widely accepted noise model including both SD and SI components in our research. According to the different statistical properties of SI and SD noise, we propose a two-step method to remove these two types of noise respectively, named as PARAFACSI-PARAFACSD method. Firstly, SI noise assumed as Gaussian distributed could be reduced by PARAFAC decomposition based on the statistical property of Gaussian noise. Then, the residual SD components could be further reduced by PARAFAC decomposition due to the character of SD noise.

## **Mesure d'anisotropie de polarisation de fluorescence par microscopie de super-résolution**

***VALADÉS CRUZ César Augusto - MOSAIC***

Directeurs de thèse: Hervé Rigneault, Guillaume Baffou

Les techniques de microscopie de super-résolution ont conduit à une amélioration significative de l'imagerie à l'échelle nanométrique des assemblages moléculaires dans les milieux biologiques.

Cependant, en dehors du travail récent réalisé sur les agrégats de protéines, l'extension de ces techniques à l'imagerie de l'orientation moléculaire n'a pas été pleinement explorée. En ce sens, la détermination et l'analyse de l'ordre orientationnel à l'échelle nanométrique serait un progrès considérable pour la compréhension des fonctions biologiques, où la structure d'ordre des assemblages biomoléculaires est fortement corrélée avec leur rôle en biologie, en particulier sur les membranes cellulaires. De plus, l'imagerie d'anisotropie associée à aux microscopies de super-résolution peut éventuellement ouvrir la possibilité de mesurer la température de l'environnement local de molécules uniques. Nous présenterons ici une technique d'imagerie pouvant atteindre une résolution spatiale de l'ordre de 20 nm et mesurer l'anisotropie de molécules individuelles, pour des applications en nanophysique et bio-imagerie. Elle consiste à utiliser une technique optique de super-résolution, nommée STORM (Stochastic Optical Reconstruction Microscopy) associée à une mesure d'anisotropie de polarisation de fluorescence de molécules sondes.

## **Etude Locale du sous espace signal pour l'analyse des images hyperspectrale**

***CAILLY Alexis - GSM***

Directeur de thèse : Salah Bourennane

Les imageurs hyperspectraux permettent l'acquisition d'un très grand nombre simultanément d'informations, notamment par l'acquisition quasi-continue des données spectrales de la scène allant du proche infrarouge aux ultraviolets, ce qui correspond à plusieurs centaines de bandes spectrales pour une même image. Les méthodes de réduction de dimensions permettent de réduire la complexité des images hyperspectrales afin de faciliter l'exploitation des données pour diverses applications comme la classification, la détection ou encore le démixage...

L'efficacité de la méthode de réduction de dimensions est donc primordiale comme étape de prétraitement. Nous proposons une approche utilisant des projecteurs locaux pour l'estimation du sous espace signal. Cette approche locale permet une meilleure prise en compte des objets de petite taille (targets) qui sont souvent ignorés par les approches classiques lors de l'estimation du sous espace signal utilisé par la suite pour la réduction de dimensions des données. De plus l'analyse locale du sous espace signal permet la détection de contour des différents objets dans l'image hyperspectrale. En effet, en imagerie hyperspectrale la transition d'un objet à l'autre formant un contour se traduit par une variation du sous espace signal local lié aux deux objets.

## **Diffraction électromagnétique par des surfaces rugueuses en incidence rasante : application à la surface de la mer**

***MIRET David - SEMO***

Directeurs de thèse : Marc Saillard (LSEET – Toulon), Gabriel Soriano (Institut Fresnel)

Le problème direct de la diffraction d'ondes électromagnétiques par des surfaces complexes (rugosités importantes à différentes échelles...) est encore à l'heure actuelle extrêmement difficile lorsque l'on s'approche de l'incidence rasante (angles d'incidence supérieurs à 70°). L'objet de la thèse est de finir de développer le premier algorithme utilisant un modèle rigoureux de diffraction électromagnétique par des surfaces rugueuses en incidence rasante. Il s'agit donc de résoudre directement des équations de Maxwell, via des équations intégrales de surface, au niveau théorique et numérique.

Ce modèle sera applicable à de très nombreux types de surfaces et gammes de longueurs d'onde, mais l'attention sera en particulier portée sur la surface de la mer. Le sujet se trouve en effet à l'intersection de trois objets d'étude portés par trois organismes différents tous concernés par le milieu maritime. Le financement est assuré par la DCNS (chantiers navals militaires), dont la préoccupation première est la caractérisation statistique de l'écho de mer, proportion de l'énergie d'un signal radar renvoyée par les vagues. Ceci devrait fournir des informations importantes pour l'optimisation d'algorithmes de détection de cibles situées sur ou au-dessus de la surface de la mer.

Cette étude aidera aussi à cerner le potentiel des radars micro-ondes pour estimer le vent et caractériser les champs de vagues en zone côtière, problématique portée par le Laboratoire de Sondages Electromagnétiques de l'Environnement Terrestre (LSEET, Toulon). Enfin, le problème théorique est assez fondamental pour justifier l'intérêt de l'équipe SEMO de l'Institut Fresnel

## **Imagerie et caractérisation de greffons cornéens humains : étude de développement de l'œdème.**

***CASADESSUS Olivier - MAP2***

Directrice de thèse : Carole Deumié

Co-direction : Laure Siozade-Lamoine et Gaëlle Georges

La cornée est l'un des seuls tissus du corps humain à posséder la propriété de transparence. En plus de son avascularisation, sa structure collagénique très régulière permet une transmission de la lumière la traversant avec peu de pertes. Cependant, suite à des dysfonctionnements cellulaires ou des blessures, le taux d'hydratation de la cornée peut augmenter anormalement, entraînant le développement d'œdèmes susceptibles de conduire à une opacification du tissu.

La perte de transparence de la cornée met en jeu diverses tailles de diffuseurs, allant de la dizaine de nanomètres à une centaine de micromètres. Cette thèse se concentre principalement sur l'étude de l'influence de structures diffusantes de taille supérieure au micromètre, en utilisant la tomographie de cohérence optique (OCT) pour imager ces structures. La « cartographie » d'inhomogénéités dans le volume de la cornée est alors confrontée à des mesures de diffusion en champ lointain, afin de relier les diffuseurs micrométriques et les propriétés globales de diffusion du tissu. Une modélisation électromagnétique utilisant l'approximation au premier ordre (approximation de Born) est employée afin d'aller plus loin dans la qualification de la relation structure/comportement diffusant.

## **Performance Analysis for Correlated MIMO Free-Space Optical Communication Systems**

***YANG Guowei - GSM***

Directeurs de thèse: Salah Bourennane, Ali Khalighi

Free-space optical (FSO) communication, also called optical wireless communication, refers to the transmission of modulated infrared light through the atmosphere and permits very high rate data transmission. It has recently attracted considerable attention because of its advantages of ease of deployment, high bit-rates, high security, etc. Due to propagation in the atmosphere, the performance of the FSO systems is impaired by several atmospheric factors, among which optical

scintillation. My thesis is focused on the reduction of the effect of scintillation through the use of spatial diversity techniques. Also, the inevitable fading correlation among the sub-channels in the practical systems will impair the performance improvement. I developed analytical method and Monte-Carlo simulations to get the average bit-error rate (BER) in correlated systems. Next I will look for efficient signaling schemes to improve both the data rate and the performance of multiple-input multiple-output (MIMO) FSO communications.

## **Métrologie des dimensions critiques : Scattérométrie et développements avancés**

***VAUSELLE Alexandre – MAP2***

Directeurs de thèse : Philippe Maillot (STMicroelectronics),  
Carole Deumié, Gaëlle Georges (Institut Fresnel)

L'amélioration des performances en microélectroniques implique une capacité à mesurer les dimensions des composants aussi petites soient elles, avec une grande précision. Les principaux acteurs du secteur de la microélectronique, associés dans l'ITRS (International Technology Roadmap on Semiconductors) publient chaque année un ensemble de recommandations qui fixent les tailles de structures à atteindre et les outils de métrologie à développer pour les mesurer. Parmi les techniques les plus prometteuses, la scattérométrie est fortement recommandée.

Cette méthode de mesure est principalement utilisée pour la reconstruction des structures périodiques. Cependant, avec la miniaturisation des composants, il s'avère nécessaire de contrôler également d'autres paramètres, tels que la pente ou la rugosité. Aux petites échelles, ces paramètres peuvent modifier les propriétés électriques des composants.

L'objectif des travaux est de développer et de mettre en place des boucles de contrôle, non proposées par les appareils commerciaux, et permettant l'étude de structure optiquement et topologiquement complexe.

## **Nanoantennes Optiques**

***ROLLY Brice - CLARTE***

Directeurs de thèse : Brian Stout, Nicolas Bonod

Une antenne optique, ou nanoantenne, est le pendant en optique (dans les spectres ultraviolet, visible et proche infra-rouge, longueur d'onde de l'ordre du micromètre) des antennes radio-ondes classiques (télévision, radio, ... longueurs d'onde de l'ordre du mètre). Elles ont un but commun : la conversion, dans les deux sens, entre une énergie électromagnétique localisée (un fil parcouru par un courant en radio-ondes, une molécule fluorescente en optique, par exemple) en onde électromagnétique propagative pouvant se déplacer sur des dizaines (voire des milliers) de longueur d'ondes. Pour une conversion efficace, la taille des antennes doit être comparable à celle de la longueur d'onde, ce qui signifie que les antennes optiques sont des objets micrométriques voire nanométriques. Un des aspects importants dans la conversion énergie locale / onde propagative est d'arriver à orienter le rayonnement dans une direction préférentielle. Nous avons étudié le comportement collecteur/réflécteur d'une particule sphérique seule couplée à un émetteur et mis en évidence l'influence fondamentale de la distance séparant l'émetteur de la particule à une échelle  $\lambda/40$ , soit environ 10 nm pour les antennes optiques.

**Développement de filtres multi-spectraux dans l'infrarouge à base de matériaux structurés sub longueur d'onde**

*VIAL Benjamin – MAP2*

Directrice de thèse : Mireille Commandré

**Analyse modale de structures diffractives par la méthode des éléments finis**

Le domaine d'application des réseaux de diffraction est vaste, et la compréhension de ces structures nécessite des méthodes de modélisation, qui sont aujourd'hui nombreuses. Parmi elles, la FEM est une méthode polyvalente puisqu'elle permet de traiter des géométries arbitraires et des matériaux aux propriétés tout à fait générales. Des travaux précédents ont permis de développer une formulation capable de calculer le champ diffracté par ce type de structure. Pour des applications de filtrage spectral par exemple, il est nécessaire d'obtenir les efficacités de diffraction pour une grande plage spectrale. Afin d'éviter de réitérer le calcul FEM pour un grand nombre de fréquences, l'étude spectrale des réseaux est une approche judicieuse. Nous résolvons le problème aux valeurs propres associé, en utilisant des PML pour tronquer le domaine à mailler, et en appliquant des conditions de Bloch pour ne modéliser qu'une période du réseau. Afin de relier le problème de diffraction au problème spectral, nous proposons une méthode originale permettant le calcul du champ diffracté à partir de la connaissance des valeurs propres et des vecteurs propres du système.

**Imagerie d'objets enfouis en utilisant la décomposition de l'opérateur de retournement temporel**

*ZHANG Ting - SEMO*

Directeurs de thèse : Patrick Chaumet, Kamal Belkebir, Anne Sentenac

L'étude que nous effectuons porte sur la caractérisation d'objets enfouis, immergés dans un milieu supportant un bruit de structure important, par sondage électromagnétique. Par bruit de structure nous entendons une fluctuation de la permittivité du milieu ou la présence de nombreux diffuseurs. Les ou les objets à caractériser sont illuminés successivement par des antennes placées sur plan parallèle à l'interface séparant deux milieux semi-infinis et le champ diffracté est mesuré sur chaque antenne. Le but est donc de déterminer nombre de cibles échogènes, leurs formes géométriques ainsi que la matière constitutive de chaque cible en présence.

Pour ce faire nous utilisons la méthode de Décomposition de l'Opérateur de Retournement Temporel(D.O.R.T). Les premières études ont été effectuées dans le cas d'une configuration incomplète: les antennes sont placées sur un seul plan de mesure avec une seule orientation des antennes. L'étude des invariants de cet opérateur (valeurs et vecteurs propres) permet d'une part de dénombrer les diffuseurs et d'autre part de synthétiser une onde focalisant sélectivement sur chacun des diffuseurs. Nous avons étudié l'influence du couplage entre deux diffuseurs.

Après avoir effectué l'étude en espace homogène, nous nous sommes intéressés au problème plus complexe de la caractérisation d'un diffuseur immergé dans un bruit de structure: c'est à dire

un milieu où la permittivité fluctue spatialement autour d'une valeur moyenne. Nous avons appliqué une méthode itérative d'inversion pour reconstruire l'objet (forme géométrique ainsi que la distribution permittivité), en utilisant comme champs diffractés des données synthétiques obtenus par résolution numérique du problème direct de diffraction. Dans cet algorithme d'inversion nous avons utilisé comme onde incidente le champ déduit de la décomposition de l'Opérateur de Retournement Temporelle. Dans ce cas, nous montrons que l'inversion est plus robuste au bruit de structure notamment lorsque le couplage entre le diffuseur et le bruit de structure est important.

- [1] P.C.Chaumet, A.Sentenac, and A.Rahmani. Coupled dipole method for scatterers with large permittivity. Phys. Rev. E 70, 036606(2004)
- [2] A. Dubois, K. Belkebir, and M. Saillard. Localization and characterization of two-dimensional targets buried in a cluttered environment. Inverse Problems, 20:S63-S79,2004
- [3] H.Tortel, G.Micolau, and M.Saillard. Decomposition of the time reversal operator for electromagnetic scattering. Journal of electromagnetic Waves and Applications,13:687-719
- [4] Micolau G. Etude théorique et numérique de la méthode de la Décomposition de l'Opérateur de Retournement Temporel (D.O.R.T) en diffraction électromagnétique. Thèse de doctorat, Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix\_Marseille, 2001.

## **Réseaux résonnants accordables pour filtrage optique bande étroite**

***SHU Da - CLARTE***

Directeurs de thèse: Evgueni Popov, Anne-Laure Fehrembach

Le cadre de cette thèse est l'étude des réseaux bi-périodiques résonnants accordable. Les réseaux résonnants sont des structures composées d'une nano structuration périodique gravée sur un empilement de quelques couches diélectriques. Pour une incidence donnée (une longueur d'onde et un angle donnés), un pic de résonance en réflexion due à l'excitation d'un mode guidé va apparaître. Le pic présente les qualités requises pour filtrage spectral, pour applications en capteurs optiques.

Le travail principal est l'étude des conséquences d'introduction de matériaux actifs (anisotropes) sur les propriétés du pic de résonance. En raison de ses fortes propriétés électro-optiques les cristaux LiNbO<sub>3</sub> et BaTiO<sub>3</sub> deviennent l'objectif principal qui nous nous sommes concentrés dans ce stade. Nous recherchons une structure qui possède la performance appropriée de résonance accordable en vertu de l'état de champ électrique appliqué.

Nous choisissons l'orientation du E-O matériel sorte que le champ électrique externe est appliqué dans le sens correspondant au le plus grand E-O coefficient. Quand le champ électrique applique, un déplacement de pic dans le spectacle est observé. Nous étudions des problèmes d'accordabilité du filtre, tolérance angulaire du pôle résonnant et indépendance polarisation.

## **Calibrage d'un scanner plan dédié à l'imagerie quantitative du sous-sol**

***NOUNOUH Soufiane - HIPE***

Directrices de thèse : Christelle Eyraud, Amélie Litman

L'imagerie micro-onde du sous-sol est une méthode non invasive et non destructive, qui analyse les variations de la propagation des ondes électromagnétiques [ici entre 0.5GHz et 3GHz] pour en



déduire des informations relatives aux propriétés de la zone illuminée. Dans le cadre de mon sujet de thèse, je m'intéresse plus précisément à l'imagerie « quantitative », qui s'attache à caractériser complètement les propriétés électromagnétiques du milieu étudié. Le but est donc de remonter à la permittivité complexe à partir des champs électromagnétiques mesurés grâce à un scanner plan. Ce dernier est placé dans un environnement parfaitement contrôlé grâce à l'utilisation d'une chambre anéchoïque. Le sol étant un milieu complexe, inhomogène dont les propriétés physiques ne sont pas parfaitement maîtrisées, il est pour l'instant remplacé par un milieu équivalent ayant une valeur de permittivité spatialement connue.

Une fois l'acquisition des mesures effectuée, le calibrage quantitatif du scanner est nécessaire pour préparer les données qui serviront ensuite dans les algorithmes d'inversion quantitatifs. Lors de cette étape, les bruits de mesures et les perturbations systématiques et environnementales sont analysées, les différences entre les champs mesurés et ceux modélisés sont corrigées. Un travail sur la modélisation des antennes utilisées est notamment en cours afin de prendre en compte leurs caractéristiques de rayonnement dans le modèle. Après la validation sur le milieu équivalent, l'étude de milieux plus complexes comme des liquides ou des sols est prévue.

## **Optimizing signal processing techniques for cooperative diversity**

***ZHANG Yi - GSM***

Directeurs de thèse : Salah Bourenane, Ali Khalighi

Recent advances in micro-sensor technology have enabled the development of wireless sensor networks (WSN) in a large variety of applications. Similar to most traditional wireless communication systems, channel fading affects considerably the quality of data transmission. Additionally, classical spatial diversity techniques cannot be used here (each node just afford a single antenna). Therefore, cooperative (also called distributed) diversity techniques should be used by which diversity is obtained via the cooperation between nodes.

In this thesis, we consider a simple type of cooperative networks: the wireless relay networks (WRNs). In a typical WRN, a number of relays are deployed between a source and a destination node. We consider the use of coherent distributed space-time coding (DSTBC) at relays to achieve cooperative diversity. For this, we need the channel state information (CSI) for data detection at the destination, which is obtained by sending some pilot symbols.

To obtain a good- quality channel estimate without using too many pilots (hence, consuming too much energy), we have considered semi-blind channel estimation. We have also proposed to perform iterative interference cancellation in the case of non-orthogonal space-time coding at relays and have illustrated the interest of this method using Monte Carlo simulations.

## **Lecture de l'organisation moléculaire par microscopie non-linéaire**

***BIOUD Fatma-Zohra - MOSAIC***

Directeurs de thèse Julien Duboisset, Sophie Brasselet

Ce travail s'inscrit dans le domaine de la microscopie non-linéaire. Ces dernières années ont vu ces techniques devenir de puissants outils d'imagerie et de spectroscopie. Permettant l'exploration de systèmes biologiques sans la nécessité d'utiliser des marqueurs fluorescents.

Ces interactions non-linéaires dépendent à la fois de la nature vectorielle et fréquentielle des champs électromagnétiques incidents ainsi que de la nature du milieu.

Dans ce travail, il est question d'une interaction connue sous le nom de mélange à quatre ondes (FWM, Four-wave mixing) ou son équivalent résonant : la diffusion Raman cohérente anti-Stokes (CARS, Coherent Anti-Stokes Raman Scattering) qui sonde des vibrations moléculaires spécifiques.

La particularité de ce travail est d'exploiter, en plus, la polarisation des champs incidents afin de sonder l'organisation moléculaire en plus de l'imagerie.

Nous allons donc présenter l'approche permettant d'étudier l'ordre moléculaire dans des échantillons biologiques à l'aide de mesures de FWM résolues en polarisation.

## **Etude théorique et expérimentale de l'interaction laser/ couches minces optiques en régime nanoseconde**

***FU Xinghai - MAP2***

Directeurs de thèse : Mireille Commandré, Laurent Gallais

Le sujet de la thèse s'inscrit dans la thématique de l'endommagement laser dans les couches minces optiques en régime nanoseconde. Le but est d'améliorer notre compréhension des mécanismes d'initiation de l'endommagement sur des défauts absorbants. Pour étudier ces phénomènes, la thèse comporte deux volets : une partie de modélisation effectuée sous COMSOL consistant à l'interaction laser/défaut en modèle 3D et à l'interaction laser/empilements multicouches en modèle 2D, permettant de prendre en compte l'aspect électromagnétique et thermique, dans des structures arbitraires ; sur la partie expérimentale, la recherche de comportement de résistance laser en régime nanoseconde est effectuée sur les échantillon des billes d'or, monocouche d'or, monocouche des matériaux mixtes ainsi que miroir de phase, par les exposés à une ou plusieurs impulsions laser afin de tester la validité des hypothèses et des moyens de calcul. Dans le deuxième volet de la thèse nous nous intéressons à l'étude des mécanismes d'endommagement dans de nouveaux matériaux en couches minces. Il s'agit de mixtures constituées de mélanges de matériaux déposés par Ion Beam Sputtering. Cette étude a démarré sur différentes monocouches de mixtures à base de SiO<sub>2</sub>/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>/ZrO<sub>2</sub> et SiO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub>, permettant d'obtenir différents rapports haut/bas indice.

## **Traitement du signal pour interface de communication homme machine sans contact.**

***BOUGHNIM Nabil - GSM***

Directeur de thèse : Bourennane Salah, Fossati Caroline

Le but de ce thèse est le développement d'une nouvelle interface de communication homme machine (IHM), qui soit d'un usage naturel en s'affranchissant d'équipements spécifiques et permettant d'interagir avec différents types de contenus et avec la majorité des médias numériques existant (téléphone portable, ordinateur, assistant personnel électronique, bornes interactives...).

Cette interface consiste à identifier les postures (gestes statiques) et les mouvements (gestes dynamiques) de la main afin d'en déduire les commandes correspondantes.

Les différentes étapes de l'algorithme d'identification :

- Détection : la détection de la main en mouvement (segmentation + extraction des caractéristiques) pourra s'effectuer avec une méthode de flow optique qui consiste à extraire l'objet qui a un vecteur flow le plus important.
- Caractérisation : après quelques opérations de morphologie mathématique, et une réduction de dimension par "boite englobante", on calcul un vecteur caractéristique du contour invariant à la rotation, translation et au facteur échelle. Ce vecteur qui caractérise une posture est obtenu par une transformation de contenu de l'image en plusieurs signaux. chaque signal correspond à un intervalle de l'axe radial d'un système de coordonnées polaires de l'image. Et donc une signature de chaque posture est générée.
- Reconnaissance : une comparaison entre les signatures des images avec celles de la base d'apprentissage selon plusieurs méthodes (comme la distance euclidienne, la distance baysienne ou SVM) permet d'identifier la posture.

La méthode de flow optique permet de détecter la main en mouvement mais aussi d'identifier sa trajectoire (gestes dynamiques). La caractérisation de contour de la main permet d'en déduire une signature d'une posture (gestes statiques).

## **Profilométrie Optique Par Méthodes Inverses De Diffraction Électromagnétique**

***ARHAB Slimane - SEMO***

Directeurs de thèse: Hugues Giovannini, Gabriel Soriano et Kamal Belkebir

La profilométrie optique est une technique non destructive de métrologie de surface. Dans la littérature sont présentés différents schémas expérimentaux, parmi eux on dispose de techniques basées sur des interféromètres de : Mirau, Linnik ou Michelson. Ces méthodes considèrent que l'illumination et la détection s'effectuent dans la direction normale au plan moyen de la surface, les modèles physiques intervenant dans ce cas se basent sur une approximation de la diffusion simple et sont insensibles à la polarisation de la lumière. Par conséquent, toutes ces limitations conduisent à une résolution latérale qui ne peut excéder 0.5 microns dans le domaine du visible, ce qui restreint leur champ d'applications exclusivement aux surfaces à pentes douces. Toutefois l'évolution rapide de la nanofabrication dans le domaine de la micro-électronique nécessite le développement en parallèle de techniques de contrôle qui soient capables de caractériser des structures présentant des dimensions latérales de l'ordre du 100 nanomètres.

C'est dans cette perspective que nous nous proposons d'étudier des méthodes inverses de reconstruction de surfaces, celles-ci doivent être affranchies de toutes les approximations physiques considérées jusque-là pour atteindre les résolutions latérales souhaitées. La configuration expérimentale requise ici est un éclairage de l'objet sous plusieurs angles d'incidence, ainsi qu'une mesure de l'amplitude et de la phase en champ lointain. Notre attention s'est portée sur une méthode en particulier. Celle-ci consiste à opérer une reconstruction progressive du profil, suivie d'un calcul rigoureux à chaque itération des courants induits sur la surface. Comme résultats, nous avons pu démontrer numériquement qu'il est possible de reconstruire des surfaces ayant des résolutions latérales sous le critère d'Abbe-Rayleigh. Celui-ci est défini sur la base de l'ouverture numérique de l'illumination et de la collection du champ. Nous illustrerons par quelques exemples numériques le phénomène physique qu'on appelle diffusion multiple, et qui est à l'origine de cette super résolution

# Modélisation Multi-échelle de systèmes nanophotoniques

*FALL Mandiaye - CLARTE*

Directeur de thèse : Stout Brian, Encadrant CEA : Boutami Salim

La modélisation en micro et nanophotonique, nécessaire à l'optimisation fine des dispositifs optiques avancés, implique de résoudre les Equations aux Dérivées Partielles (EDP) de Maxwell dans un espace à trois dimensions de façon précise et rapide. Or, les dispositifs nanophotoniques font le plus souvent intervenir un grand nombre d'objets distants et d'échelles différentes, c'est pourquoi le type de modélisation le plus approprié est la modélisation multi-échelles.

L'étude consiste à développer un algorithme multi-échelles Multipole Rapide (MMR), MultiLevel Fast Multipole Method (MLFMM) en anglais, sur une base de méthode de calcul électromagnétique de type intégrale aux frontières (MIF) pour une conception rapide de systèmes optiques de grandes dimensions. L'apport additionnel de la Méthode Multipole Rapide Multi-Niveaux est la possibilité de traiter de manière optimale les interactions entre objets lointains et d'échelles différentes. Un groupe d'objet lointain sera vu localement comme une contribution groupée, grâce à des opérateurs de translations basés sur les fonctions multipôles. La méthode est donc potentiellement très rapide et nécessite peu de mémoire pour des systèmes de grande taille.

Pour valider la méthode, l'efficacité d'absorption, de diffusion et d'extinction de plusieurs sphères d'or de rayons différents, calculées par la MLFMM, ont été comparées à celles obtenues par la théorie de Mie. La bistatique Surface Equivalente Radar (SER) d'une sphère avec coquille diélectrique, calculée par MLFMM, est comparée avec celle obtenue par la théorie de Mie.

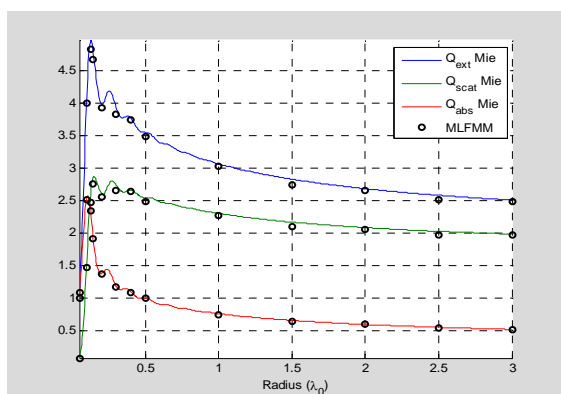


Figure 1: Efficacités

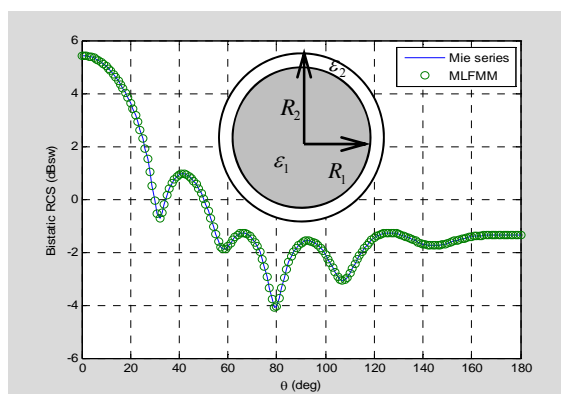


Figure 2: Bistatique SER d'une sphère avec coquille

## Outils d'évaluation des techniques radar polarimétriques, interférométriques pour la surveillance de l'environnement

*ARNAUBEC Aurélien - PHYTI*

Directeur de thèse : Philippe Réfrégier

Les systèmes d'imagerie radar PolInSAR (radar à synthèse d'ouverture polarimétrique et interférométrique) offrent de nombreux atouts pour accéder à différents paramètres physiques de scènes éclairées par une onde électromagnétique. Les applications de ces systèmes pour la surveillance de l'environnement sont importantes en particulier pour la mesure de la biomasse ou de la hauteur de la végétation de différentes forêts [1-2].

Dans ce contexte, les techniques mises en œuvre reposent à la fois sur une modélisation de la réponse du milieu à l'onde électromagnétique pour les différentes incidences d'éclairement et pour les différentes polarisations utilisées ainsi que sur l'utilisation de techniques d'estimation variées [3-4]. Nous nous intéressons dans ce travail de thèse à caractériser précisément ce problème d'estimation dans le cadre de la théorie statistique. Nous avons analysé [5] en particulier la précision qui peut être espérée avec différentes configurations du système polarimétrique interférométrique et l'impact du modèle physique utilisé en fonction des connaissances a priori introduites. Nous avons ensuite étudié l'influence des écarts de la réalité physique par rapport à ce modèle. Finalement, nous avons appliqué les résultats de l'étude théorique pour l'estimation des paramètres de biomasse sur données réelles.

- [1] Pascale Dubois-Fernandez, Jean-Claude Souyris, Sébastien Angelliaume, Franck Garestier, "The compact polarimetry alternative for spaceborne SAR at Low Frequency », IEEE TGRS, Vol 46, N°10, October 2008
- [2] J.Morio,F.Goudail,X.Dupuis,P.Dubois-Fernandez,and P.Réfrégier,"Polarimetric and Interferometric SAR Image Partition Into Statistically Homogeneous Regions Based on the Minimization of the Stochastic Complexity," IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing 45(11), 3599–3609 (2007).
- [3] M. Tabb, T. Flynn, and R. Carande, "Full maximum likelihood inversion of PolInSAR scattering models," in IGARSS 2004 , VOLS 1-7 - SCIENCE FOR SOCIETY : EXPLORING AND MANAGING A CHANGING PLANET , no. 3 in IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing (IGARSS), pp. 1232–1235 (IEEE, 2004).
- [4] S. R. Cloude and K. Papathanassiou, "Polarimetric SAR Interferometry," IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing 36(5), 1151–1565 (1998).
- [5] A. Roueff, A. Arnaubec, P.C. Dubois-Fernandez, and P. Refregier, "Cramer-rao lower bound analysis of vegetation height estimation with random volume over ground model and polarimetric sar interferometry," Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, vol. 8, no. 6, pp. 1115 –1119, nov. 2011

## **Localisation de sources large bande**

***VILLEMIN Guilhem - GSM***

Directeurs de thèse : Caroline Fossati, Salah Bourennane

Le domaine de recherche dénommé « Traitement d'antenne » a connu un grand essor au cours de ces dernières années. Plus particulièrement des méthodes dites « à sous espaces » ou « à haute résolution » telle que MUSIC (Multiple Signal Classification) ont permis de grandes évolutions dans la résolution de tels problèmes, où l'on cherche à détecter et à localiser des sources rayonnantes très voisines à partir des signaux reçus sur un réseau de capteurs ou une antenne [1]. De nombreuses améliorations ont été apportées à ces méthodes, afin de pallier à leurs principales faiblesses (corrélation entre signaux sources et corrélation spatiale du bruit). Les méthodes classiques basées sur la diversité spatiale, nécessitent toujours un nombre de capteurs supérieur au nombre de sources à localiser [2].

L'objectif de nos travaux est la localisation de sources à large bande de fréquence en utilisant un réseau de capteurs et des signaux fortement voir totalement corrélés que l'on peut rencontrer lors de prospection radar par exemple. Dans de telles situations, les méthodes conventionnelles ne sont pas efficaces. Nous avons introduit une nouvelle modélisation pour décrire ce problème qui prend en compte les informations disponibles sur toute la bande du signal reçu sur chaque capteur. L'originalité de notre approche réside dans l'utilisation des informations fréquentielles et spatiales des données. Un des avantages de la procédure globale proposée dans le cadre de cette thèse permet la localisation de sources en nombre supérieur au nombre de capteurs en utilisant seulement les statistiques d'ordre deux ce qui est un énorme succès.

[1] S. MARCOS, Les méthodes à haute résolution : traitement d'antenne et analyse spectrale, Editions Hermès – 1998

[2] L. LU, Robust Expectation-Maximization Algorithm for Multiple Wideband Acoustic Source Localization in the Presence of Nonuniform Noise Variances, Sensors Journal IEEE – Vol. 11 536 – 544, March 2011

## **Microscopie SRS sur un mélanome humain**

***BERTO Pascal - MOSAIC***

Directeurs de thèse : Herve Rigneault, Serge Monneret

La microscopie SRS (Stimulated Raman Scattering) est une puissante méthode d'imagerie spécifique. Le principal avantage de cette technique est qu'aucun marquage préalable n'est nécessaire pour signaler la présence de la molécule d'intérêt. Cette technique utilise en effet les résonances vibrationnelles des liaisons chimiques comme source de contraste. Comparé à la diffusion Raman spontanée, le processus SRS est beaucoup plus efficace.

Nous nous intéressons au potentiel de cette méthode pour discriminer un tissu cancéreux d'un tissu sain, dans le cas d'un mélanome humain. Le but étant de réaliser une histologie sans marquage préalable. Nous comparons les résultats à d'autres méthodes d'imagerie non-linéaire multimodale.

## **An Improved Mixture Model for Image Segmentation**

***XIAO Zhiyong - GSM***

Directeurs de thèse : Mouloud Adel, Salah Bourennane

The task of image segmentation is to find groups of pixels. The pixels in the same groups have the similar features, such as brightness, color, motion, texture, position, etc. While, the pixels in the different group have the dissimilar features.

Mixture model is a flexible and powerful statistical modeling tool for image segmentation. In this approach, the pixels are viewed as coming from a mixture of probability distributions, each representing a different group. However, the main drawback of the standard mixture model is that the spatial information isn't taken into account.

In order to incorporate the spatial relationships and reduce the noise sensitivity, an improved mixture model is proposed. This proposed model provides a novel way to properly account for the relationship of neighboring elements. Instead of incorporating the spatial information into the prior knowledge, we incorporate the spatial relationships in the result assignment.

## **Synthèse de composants multi-diélectriques optimisés pour des exaltations optiques géantes**

***NDIAYE Césaire - MAP2***

Directeurs de thèse : Claude Amra, Myriam Zerrad

La recherche d'amplifications géantes du champ électromagnétique dans une structure confinée reste un sujet d'actualité, en particulier pour des applications liées au laser sans seuil, l'optique non linéaire et les microcavités, la microscopie et les capteurs optiques... Nous présentons ici une méthode de synthèse permettant d'aboutir à la meilleure exaltation possible pour l'espace libre, grâce à des structures multicouches planaires. L'optimisation est généralisable à tous type de

matériaux et substrats, dont les substrats déjà revêtus de couches minces diélectriques ou plasmoniques.

La technique de calcul est basée sur la méthode des admittances complexes largement utilisée pour synthétiser les fonctions optiques. Toutefois cette technique a été rarement appliquée au cas des hautes fréquences caractéristiques des résonances, parce que ces fréquences restreignent l'admittance à l'axe imaginaire, entraînant une réduction du nombre de degrés de liberté. On montre ici comment sortir de l'axe imaginaire pour rejoindre l'indice effectif du superstrat sur l'axe réel, grâce à une séquence de couches minces alternées de façon appropriée ; le résultat est une absorption totale ( $A = 100\%$ ) accompagnée d'une amplification géante, compte tenu des faibles indices imaginaires des matériaux diélectriques. La même démarche peut être appliquée au cas des plasmons où l'amplification du champ reste moindre en raison de l'indice imaginaire élevé pour ces types de matériaux. Les performances de ces nouvelles structures seront présentées et discutées en regard des conditions d'utilisation (bande spectrale, divergence...) et de fabrication (robustesse)

Des progrès notables sont attendus, notamment pour les capteurs optiques de l'environnement ou la bio-photonique.

- 1 C. Ndiaye, F. Lemarchand, M. Zerrad, D. Ausserré and C. Amra, "Optimal design for 100% absorption and maximum field enhancement in thin film multilayers at resonances under total reflection" Applied Optics, Vol.50 Issue 9, (2011).
- 2 C. Amra , C. Ndiaye, M. Zerrad and F. Lemarchand, " Optimal Design for Field Enhancement in optical coatings" SPIE Optical System Design, Advances in Optical Thin Films IV, Invited paper, 8168-7, (2011)
- 3 C. Ndiaye, M. Zerrad, F. Lemarchand and C. Amra, "Dielectric structured components for giant field enhancement", SPIE Optical Modelling and Design, Photonics Europe 2012, Bruxelles, 8429-38, (2012).
- 4 C. Ndiaye, F. Lemarchand, M. Zerrad, C. Amra, "Synthèse Multi-Diélectrique versus plasmonique: structure optimale pour une Exaltation Optique Géante", GDR Plasmonique Moléculaire et Spectroscopie exaltées, Octobre 2011, Meudon.
- 5 C. Amra and S. Maure "Mutual coherence and conical pattern of sources optimally excited within multilayer optics," J. Opt. Soc. Am. A 14, 3114-3124 (1997).
- 6 C. Amra and S. Maure "Electromagnetic power provided by sources within multilayer optics: free-space and modal patterns," J. Opt. Soc. Am. A 14, 3102-3113 (1997).

## **Développement d'algorithmes d'inversion pour la microscopie optique à éclairage structuré**

***MUDRY Emeric - SEMO***

Directeurs de thèse : Anne Sentenac, Patrick Chaumet, Kamal Belkebir

L'éclairage structuré est un concept général en imagerie optique consistant à combiner des images obtenues d'un échantillon pour des éclairages différents. On obtient ainsi des informations complémentaires sur l'échantillon. En particulier cela permet d'accroître la résolution des mesures. Malheureusement, chacune des images prises n'est pas interprétable en soi car y sont mêlées les modulations de l'échantillon et du champ d'éclairage. Il faut donc concevoir des algorithmes d'inversion permettant de reconstruire l'image de l'échantillon.

La microscopie de fluorescence permet d'obtenir une image d'un échantillon marqué par des fluorophores. Ceux-ci émettent un signal proportionnel à leur densité et à l'intensité lumineuse qu'ils reçoivent. On utilisera donc des champs dont l'intensité varie beaucoup dans l'échantillon. La principale difficulté de cette technique est que, avec les algorithmes de reconstruction standard, l'image produite est très sensible aux petites erreurs sur la connaissance des motifs d'intensité sondant l'objet. Nous avons proposé une méthode pour estimer conjointement ces motifs sondes et l'échantillon.

**Etude tridimensionnelle de systèmes biologiques par imagerie de phase quantitative**

***AKNOUN Sherazade - MOSAIC***

Directeur de thèse : Serge Monneret

L'imagerie de phase quantitative est une application de l'optique qui permet une mesure complète du champ électromagnétique (i.e composantes amplitude et phase). Notre technique d'analyse de front d'onde par décalage quadri-latéral nous permet d'obtenir des images de notre échantillon sans marquage et en temps réel, nous pouvons ainsi réaliser des études dynamiques de la vie cellulaire. Outre un important contraste, cette technique donne également accès à des valeurs quantitatives de la différence de chemin optique. En effet, la phase contient des informations sur le chemin optique parcouru par l'onde lumineuse, chemin optique proportionnel au produit indice de réfraction x épaisseur.

Dans le cas d'éléments biréfringents, l'indice de réfraction, dépendant de la polarisation de la lumière incidente, est caractéristique de l'élément. L'enjeu dans ce cas est de pouvoir décorrélérer l'indice de réfraction de l'épaisseur afin de pouvoir quantifier cette biréfringence. Dans le cas d'échantillons de cellules, l'indice de réfraction peut être utilisé pour déterminer la quantité de matière dans la cellule et définir un indice mitotique pouvant être utilisé comme marqueur biologique pour déterminer l'état de la cellule et différencier une tumeur d'un tissu sain. Ainsi, on comprend les enjeux que présente un passage à une caractérisation tridimensionnelle de la phase quantitative.

L'objet de cette thèse est d'envisager une nouvelle technique de reconstruction résolue spatialement qui permettrait une imagerie de l'échantillon dans les 3 dimensions de l'espace.

**Super-resolution fluorescence microscopy using nanostructured glass substrates**

***AYUK Roland Ashu - SEMO***

Directeur de thèse : Hugues Giovannini

Improving the spatial resolution of far-field fluorescence microscopes below 100 nm has become a major challenge in the last ten years and has urged the emergence of many innovative techniques. Structured illumination microscopy has shown its potential for improving resolution in the axial and lateral directions without the need of scanning. In this approach, the fluorescent sample is illuminated with a pattern light and various images of the sample are recorded for different positions and orientations of the light pattern. The frequency-mixing (moiré effect) between the fluorescence density and the illumination permits the retrieval of the fluorescence density beyond the diffraction limit numerically by an inversion algorithm.



## **Détection de changements en imagerie hyperspectrale**

***BRISEBARRE Godefroy – HIPE / MAP2***

Directrice de thèse : Mireille Guillaume

Ma thèse consiste en la détection et la qualification de changements entre plusieurs images hyperspectrales d'une même scène, acquises à des instants différents. Une image hyperspectrale est formée par une série d'images (typiquement quelques centaines) acquises dans des longueurs d'ondes contiguës, couvrant en général le visible et le proche infra rouge. Chaque pixel observé contient donc soit un spectre de radiance, soit un spectre de réflectance après correction atmosphérique.

La détection de changement repose en général sur un test d'hypothèse statistique et fournit un résultat binaire : un pixel a changé ou non. Pour mener à bien la détection, il est important de bien différencier les changements que l'on souhaite détecter de ceux que l'on souhaite, dans la mesure du possible, ne pas prendre en compte. Une prédiction des types de changements 'non représentatifs', comme par exemple la variation des conditions atmosphériques ou certaines variations saisonnières, permet de solutionner ce problème. La qualification des changements repose, quant à elle, sur la possibilité d'estimer à partir des données les compositions des mélanges sub-pixels, à savoir les 'endmembers' et leur abondances respectives.

## **Imagerie des Tissus par Microscopie Photonique Multimodale (CARS/SRS, SHG, TPEF)**

***CHEN Xueqin – MOSAIC***

Directeur de thèse : Hervé Rigneault

Skin, which is the first protection layer of body, is very important for life and health. It is known that when the skin gets disease, agressed, old or dry different dermatology treatments or cosmetics can be used. In consequence, efficient drug delivery into skin is essential for dermatology and skin care. To observe the way drugs penetrate into skin, it is important to have at hand a non invasive label free technique with chemical sensitivity. Nonlinear microscopy can provide such a tool as the contrast mechanisms at work use the intrinsic molecular bond of bio-molecule present in the sample.

In most papers, people have tried to observe drug delivery using fluorescent labels that are not suitable for in vivo applications. Nevertheless, along this line we wish to investigate how nonlinear microscopy can image drug penetration into skin without labels, here we follow inorganic crystal (CaCO<sub>3</sub>), which may find applications in dermatology and cosmetology, penetration into both artificial and human skin. Two nonlinear contrast mechanisms will be mentioned: Two Photon Excited Fluorescence (TPEF) and Coherent Anti-stokes Raman Scattering (CARS) microscopy, to observe both skin and the drug separately.

# **Diffusion électromagnétique dans les matériaux composites à inclusions résonantes**

***DIEUDONNÉ Éva - CLARTE***

Directeurs de thèse : Stefan Enoch, Claude Amra, Nicolas Mallejac

La diffusion est essentiellement due aux imperfections présentes au sein du matériaux qui n'est jamais parfaitement plan ou homogène. Ainsi, l'onde diffusée contient une information sur la nature de l'imperfection, qu'il est possible de reconstruire à l'aide d'un modèle adapté (problème inverse).

Nous avons mis au point une méthode de calcul au premier ordre (développement limité) pour la diffusion de surface et pour la diffusion de volume pour le cas de matériaux magnéto-diélectriques. Une programmation sous MatLab de ses méthodes est en cours de développement.

## **Preuve de concept d'une liaison radio mer-air suite à une éjection pyrotechnique d'un module autonome de petites dimensions Projet BELOCOPA (Bouée Éjectable pour la LOCALISATION et COLLECTE des Paramètres de vol d'un Aéronef abîmé en mer)**

***GEORGET Elodie - HIPE***

Directeurs de these : Pierre Sabouroux, Redha Abdeddaim

Le projet Belocopa doit permettre de proposer un système de pré-localisation des boîtes noires d'un avion abîmé en mer en limitant les zones de recherches. Ce projet est porté par le consortium composé des PME Tethys, Acsa et Isei et de deux laboratoires de recherches : Arts&Metriers-ParisTech-Mécasurf (Aix-en-Provence) et l'Institut Fresnel. Nous avons pour objectif de lever le verrou technologique lié au problème de la liaison radio multifréquence. Le module antennaire du projet doit être positionné sur une bouée de petites dimensions en milieu marin. Le but de ma thèse est de concevoir ce module et d'étudier son comportement dans un environnement hostile. Le module doit fonctionner en multifréquences afin d'assurer les trois tâches suivantes : émission du signal de détresse sécuritaire autour de 400 MHz, réception de la position GPS à 1575 MHz, transmission des données en UHF autour de 900 MHz. Un premier module a été conçu avec trois antennes : une antenne monopôle classique pour émettre le signal sécuritaire, une antenne type « *sonobuoy*<sup>1</sup> » (antenne monopôle chargée et repliée) fonctionnant pour la transmission en UHF, une antenne patch pour la réception des signaux GPS). L'observation des résultats obtenus permet de fixer les paramètres de la deuxième solution technique à venir du module antennaire comme les dimensions, les types d'antenne optimum, les positionnements, *etc.*

---

<sup>1</sup> *Sonobuoy* : bouée acoustique aéronautique largable équipée d'un hydrophone pour la détection sous-marine

# **Transition Multi-échelle entre Régimes de Polarisation de la Lumière Diffuse**

***GHABBACH Ayman - MAP2 / RCMO***

Directeurs de thèse : Myriam Zerrad, Michel Lequime, Claude Amra

Nombre de techniques contemporaines de détection optique utilisent les interférences polarimétriques comme amplificateur ou révélateur de contraste. Les performances de ces nouveaux outils sont déjà avérées mais restent cependant limitées par les effets de dépolarisation. Dans le cas où la scène étudiée est éclairée par une lumière monochromatique pleinement polarisée, la dépolarisation par le milieu est essentiellement d'origine spatiale, i.e. due à une multiplicité des états de polarisation pris par l'onde diffusée à des échelles sub-speckle. A l'inverse, lorsque cette même scène est éclairée par une lumière pleinement dépolarisée, on assiste à un phénomène de repolarisation, dont l'ampleur est fonction de la microstructure du milieu diffusant.

Des études théoriques ont permis d'expliquer et de quantifier l'ensemble de ces phénomènes. Celles-ci s'appuient sur le développement de nouveaux modèles dont l'originalité réside dans le fait qu'ils permettent de relier les résultats de l'optique statistique à ceux de l'électromagnétisme. Des résultats expérimentaux précurseurs sur la scène internationale sont, par ailleurs, venus compléter cette analyse dans les cas extrêmes.

Du fait de la précision nécessaire, l'étude expérimentale des cas intermédiaires demande, quant à elle, une métrologie dédiée dont le développement constitue le premier volet du travail de thèse. Un banc de caractérisation spécifique a donc été développé et couplé à des modèles analytiques d'optimisation et reconstruction. Le système complet ainsi que les premiers résultats expérimentaux seront présentés dans cette communication.

## **Développement de traitements multidialectriques pour lasers de haute puissance femtosecondes**

***HERVY Adrien - MAP2***

Directeur de thèse Gilles Cheriaux (Laboratoire d'Optique Appliquée, équipe LHP)  
Encadrant Institut Fresnel : Laurent Gallais-During

Pour le projet ELI (Extreme Light Infrastructure), l'Europe et sa communauté scientifique développent et construisent des lasers de ultra-haute puissance uniques au monde. Cette nouvelle génération de lasers à impulsions ultra-brèves permettra aux chercheurs du monde entier d'étudier la matière dans des domaines énergétiques et temporels encore inexplorés.

Sur un banc lasers à impulsions ultra-courtes, plus le faisceau laser est proche de la cible, plus il est large spatialement (300mm de diamètre), court temporellement (quelques 10-15fs) et intense énergétiquement. Les composants optiques de grandes dimensions, qui précèdent la focalisation du faisceau dans la chambre d'expérience, doivent donc respecter des spécifications très strictes de résistance au flux laser. Certaines de ces optiques, comme les miroirs, sont conçues à partir de dépôts de couches minces. Or, la tenue au flux laser (TFL) de ces dépôts, notamment celle des multicouches, a été très peu étudiée dans le domaine des femtosecondes.

Les enjeux liés à l'aboutissement de cette thèse sont à la fois scientifiques, technologiques et commerciaux. En effet, il s'agit, d'une part, de comprendre les phénomènes d'interaction entre les couches-minces multidialectriques et les lasers femtosecondes. D'autre part, la maîtrise de procédés complets de fabrication des miroirs de grande dimension pour le laser Apollon/ILE,

prototype des lasers ELI, devra permettre la production d'optiques pour les lasers haute puissance du projet européen.

## **Protection solaire et Filtrage UV**

***LECUREUX Marie – MAP2***

Directrice de thèse : Carole Deumié

Le rayonnement ultraviolet (UV), de longueur d'onde allant de 280nm à 400nm, favorise le développement de cancers cutanés, ainsi que l'apparition d'érythèmes actiniques (coups de soleil). Les crèmes solaires, ayant pour objectif de filtrer les UV, sont composées de diffuseurs (TiO<sub>2</sub>, ZnO, CeO<sub>2</sub>) placés dans une émulsion contenant des absorbeurs chimique.

Les UV sont alors filtrés par :

- La couche supérieure de la peau (stratum corneum) qui contient des absorbeurs (mélanine), et qui peut également renvoyer la lumière par diffusion.
- Les absorbeurs contenus dans la crème
- Les diffuseurs qui peuvent renvoyer la lumière par diffusion de volume ou augmenter le parcours de la lumière, qui rencontre plus d'absorbeurs

On peut alors modéliser les protections solaires avec différentes méthodes de calcul, comme la méthode différentielle ou la théorie de Mie.

## **Segmentation multi-régions hiérarchique fondée sur des algorithmes ultra-rapides de segmentation à deux régions. Application à la segmentation d'image à 2 ou 3 dimensions**

***LIU Siwei - PHYTI***

Directeurs de thèse : Nicolas Bertaux, Frédéric Galland

Cette thèse porte sur la segmentation d'images fortement bruitées à l'aide de techniques fondées sur des contours actifs polygonaux et sur l'optimisation de critères issus de la théorie de l'information (Minimum Description Length), permettant d'aboutir à des algorithmes de segmentation sans paramètre à régler dans le critère optimisé, ne nécessitant aucune connaissance a priori sur les lois de probabilités utilisées pour modéliser les fluctuations des niveaux de gris de l'image. De plus, des travaux récents ont permis de conduire à des mises en œuvre efficaces, permettant typiquement dans le cas d'une segmentation à deux régions, de segmenter une image de 256×256 pixels en moins de 10 millisecondes sur un ordinateur portable standard : le temps de calcul pour segmenter une image en deux régions devient ainsi du même ordre que de calculer sa transformée de Fourier par FFT.

Dans ce contexte, la thématique de cette thèse, qui a débuté au 1er janvier 2012, est d'exploiter les potentialités offertes par ce type d'algorithme ultra-rapide de segmentation, en particulier dans le cas d'images inhomogènes mais également dans le cas où l'image est composée d'un nombre de régions inconnu.

## **Étude et développement de diverse extensions du filtre de kalman – application à la biométrie dynamique de l'iris**

***NEMESIN Valérian - GSM***

Directeur de thèse : Stéphane Derrode

Aujourd'hui, un grand nombre de systèmes d'authentification utilisent la biométrie statique de l'iris. C'est-à-dire, qu'à partir d'une photo haute résolution de son iris, il est possible d'identifier une personne. Cependant, un tel système est onéreux et s'avère très contraignant pour un utilisateur non-habitué. Des études plus récentes travaillent sur la biométrie dynamique de l'iris, qui contrairement à la biométrie statique, utilise une séquence vidéo de l'oeil. Elle est d'autant plus prometteuse qu'elle réduit les contraintes imposées à l'utilisateur et augmente le nombre d'images exploitables. Cependant, les images d'une séquence vidéo ont une résolution plus faible que les images statiques, sont souvent compressées avec pertes et ne sont pas toujours focalisées correctement, ce qui les rend difficilement exploitables.

## **Optical NanoAntennas to enhance single molecule detection**

***PUNJ Deep - MOSAIC***

Directeur de thèse : Jerome Wenger

Advances in the fields of molecular and cell biology are strongly coupled to the implementation of photonic tools that allow highly-sensitive measurements in living cells at high molecular concentrations and at the nanometer scale. The goal of the project is to exploit novel concepts of photonic antennas to develop a new generation of bio-nanophotonic tools for ultrasensitive detection, nano-imaging and nano-spectroscopy of bio-molecules, both in-vitro and in living cells.

Photonic/Optical antennas are promising devices to convert the optical radiation into localized energy and vice versa at nanometric level and also provide the control and manipulation of the optical field alongside. By taking advantage of the extraordinary field enhancement, directionality and nano-focusing of photonic antennas, our approach will allow single bio-molecule detection in ultra-reduced detection volumes, including living cells.

## **Élaboration d'une source lumineuse rapide et compacte pour la spectroscopie Raman cohérente**

***SAINT-JALM Sarah - MOSAIC***

Directeurs de thèse : Esben Andresen, Hervé Rigneault

Les méthodes de spectroscopie et de microscopie Raman présentent le double avantage d'être fortement spécifiques chimiquement, ainsi que non invasives puisque ne nécessitant aucun marquage. Les deux techniques les plus largement utilisées sont la diffusion cohérente Raman anti-Stokes (CARS) et la diffusion Raman stimulée (SRS). Le but de ce travail de thèse est de développer un montage de spectroscopie et microscopie pour le CARS et le SRS qui permette à la fois d'acquérir des spectres rapidement et d'envisager une miniaturisation dans le cadre

d'applications biochimiques ou biomédicales sous forme compacte. Nous proposons une source de lumière comprenant un seul laser (Ti:Sapph 800 nm pulsé à 80 MHz, durée des pulses 110 fs). Le faisceau pompe vient directement du laser, et le faisceau Stokes est généré par autodécalage en fréquence du soliton lors de la propagation de l'impulsion laser dans une fibre à cristal photonique [1]. Les deux impulsions fs sont ensuite « chirpées » par des couples de réseaux selon la technique de focalisation spectrale [2-4] pour obtenir une résolution adaptée à la largeur spectrale typique des raies Raman ( $\delta\bar{\nu} = 10 \text{ cm}^{-1}$ ). Ce système permet en outre de réaliser un spectre sur une petite gamme de fréquence ( $\Delta\bar{\nu} \approx 200 \text{ cm}^{-1}$ ) en contrôlant une simple ligne à retard sur l'une des deux voies du dispositif.

[1] E. R. Andresen, V. Birkedal, J. Thøgersen et S.K. Keiding, Opt. Lett. 31, 1328 (2006).

[2] T. Hellerer, A. M. K. Enejder et A. Zumbusch, Appl. Phys. Lett. 85, 25 (2004).

[3] I. Rocha-Mendoza, W. Langbein et P. Borri, Appl. Phys. Lett. 93, 201103 (2008).

[4] E. R. Andresen, P. Berto et H. Rigneault, Opt. Lett. 36, 2387 (2011).

## **Photoacoustic mammography: coupling optical & ultrasonic waves for breast cancer early diagnosis**

***SONG Ningning – MAP2***

Directeurs de thèse : Da Silva Anabela; Deumié Carole

Breast cancer dominates cancers in females. Imaging of breast cancer has been a field of significant advances in recent years. Optical imaging using near infrared light (NIR) is popular because it's inexpensive and relatively risk free, but light scattering in biological tissue is highly scattered which often results in difficulties in detection and localization of tumours. Ultrasound propagates conversely with low scattering through tissues and yields higher resolution than purely optical techniques.

Photoacoustic (PA) effect combines optics and ultrasound; it refers to the generation of acoustic waves from an object being illuminated by pulses or modulated electromagnetic (EM) radiation. The photoacoustic effect can thus be described through two propagating phenomena: optical and acoustical propagations. To simulate the optical effect, we used the FEM (Finite element method) and create a geometry to simulate the breast as well as the tumour. To model the acoustic propagation, the FEM is used first, then another method, called k-wave, and based on a Fourier transform approach has been adopted. The latter method has been indeed found more stable and less time-consuming.

## **Contrôle Multicritère de Filtres Interférentiels en cours de dépôt**

***STOJCEVSKI Dragan - RCMO***

Directeur de thèse : Michel Lequime

Dans le domaine des procédés de dépôt sous vide de filtres optiques interférentiels, plusieurs méthodes de contrôle existent. Nous pouvons citer, parmi les plus répandus et les plus robustes : le contrôle au temps, le contrôle par microbalance à quartz, le contrôle optique monochromatique ou encore le contrôle optique large bande permettant d'adresser un domaine spectral très étendu. Il

s'agit par conséquent de pouvoir déterminer avec la meilleure fiabilité possible l'épaisseur d'une couche mince contrôlée in-situ et en temps réel.

Au sein de l'équipe Couches Minces Optiques de l'Institut Fresnel et en collaboration avec la Société CILAS, nous proposons de développer un contrôle multicritère par fusion de données combinant les différents flux d'information des méthodes existantes. Pour notre étude nous disposons d'un bâti de pulvérisation sous vide permettant d'adresser une technologie de dépôt par IBS ou DIBS et équipé des quatre moyens de contrôle cités.

Nous démontrerons qu'il est concevable, en utilisant le contrôle multicritère, de converger vers une erreur de réalisation proche de zéro. Cette nouvelle méthode ouvrira la voie vers une conception mieux maîtrisée de designs optiques complexes utilisant des matériaux diélectriques et métalliques.

## **Outils numériques parallélisés d'imagerie 3D pour la caractérisation non-destructive électromagnétique**

***VOZNYUK Ivan - HIPE***

Directeurs de thèse : Hervé Tortel, Amélie Litman

During last couple of years, more and more attention has been payed on full-wave simulations based on computational electromagnetics. Several methods have been devised in the last couple of years to solve these tasks. In particular, the finite element method (FEM) is well suited for problems involving inhomogeneous, arbitrary shaped objects. Unfortunately, solving large-scale electromagnetic problems with FEM may be time consuming. Thus, it is of great interest to investigate algorithms involving parallel computations. A new Vector Dual-Primal Element Tearing and Interconnecting Method (FETI-DPEM2) has been derived, based on Lagrange multipliers. A given spatial computational domain is divided into non-overlapping subdomains, where incomplete solutions of the electrical field are evaluated independently. Next, all the subdomains are "glued" together using a modified Robin- type transmission condition. The objectives of the first year of this thesis were to implement and test this method in a bidimensionnal configuration for arbitrarily boundaries and heterogeneous medium. This task has been done and very encouraging results obtained for the radiation of wire sources will be displayed in the poster. The implementation of a second order approximation of the transparency boundary condition between subdomains is currently performed. All these results are very promising and encouraging for the applications of these methods in the 3D case.

## **Soliton-plasmon coupling**

***WALASIK Wiktor - CLARTE***

Directeurs de thèse : Gilles Renversez, Yaroslav Kartashov

The aim of this work is to study the properties of a new type of interaction between plasmons and light. We develop a 2D model and design technologically realizable planar structures that allow for plasmon and spatial soliton fields coupling.

We have studied the solutions of the nonlinear wave equation in layered metal/dielectric/Kerr-type nonlinear dielectric structures for TM polarized light. The treatment of this problem was

presented by Ariyasu et al. in Ref. [1] using a 1D vector model for nonlinear waves propagating along a metal film sandwiched between nonlinear dielectrics. However, the generation of nonlinear waves in already presented structures required non-physically high intensities of light for conventional nonlinear materials. Therefore we have expanded this 1D vector model to asymmetric 4-layer structures that allow a significant decrease of light intensity (3 orders of magnitude). We have obtained the analytical expressions for dispersion relations and field shapes in 4-layer structures. Moreover we have modified the approach from Ref. [2] to obtain a 2D profile of the plasmon-soliton wave based on the nonlinear solution of 1D problem. Using optical and geometrical parameters optimization we have found the 4-layer configurations that support plasmon-soliton nonlinear waves with realistic intensities ( $\approx 1 \text{ GW/cm}^2$ ) [3]. The losses in the structure are estimated following the approach from Refs. [1, 2, 4].

[1] J. Ariyasu, C. T. Seaton, G. I. Stegeman, A. A. Maradudin, and R. F. Wallis, "Nonlinear surface polaritons guided by metal films," *J. Appl. Phys* **58**, 2460 (1985).

[2] E. Feigenbaum and M. Orenstein, "Plasmon-soliton," *Opt. Lett.* **32**, 674 (2007).

[3] M. Chauvet, G. Fanjoux, K. P. Huy, V. Nazabal, F. Charpentier, T. Billeton, G. Boudebs, M. Cathelinaud, and S.-P. Gorza, "Kerr spatial solitons in chalcogenide waveguides," *Opt. Lett.* **34**, 1804 (2009).

[4] A. W. Snyder and J. D. Love, *Optical Waveguide Theory* (Chapman and Hall, 1983).



**Multimodal recording and processing of complex metallic surfaces**

***BENMOUSSAT Mohammed – MAP2 / HIPE***

Directrice de thèse : Mireille Guillaume

The main objective of this project is to inspect free-form surfaces of industrial metal parts by using multimodal image/signal processing techniques. The use of different wavelengths, polarized light and structured light are the basic modalities which have been proposed for this project. A data cube is constructed, each pixel being a vector composed of the different modalities.

A first study was done, based on the use of multimodal illumination techniques and hyperspectral imaging algorithms for the detection of surface defects of flat metal parts. Four basic lighting modalities (white source light and monochromatic source light in combination with non-polarized and polarized light) are proposed and tested to illuminate the metal parts, and different hyperspectral imaging algorithms have been compared.

Another study was done and is being improved, where a 6-axis system is used which contains a projector and a camera and allows us to change the camera position on three axes and the position of the part to be inspected on three other axes. The inspection principle is based on the analysis and processing of fringe patterns.

**Plasma immersion ion implantation as a key doping solution for silicon-based solar cells**

***MICHEL Thomas - MAP2***

Directrice de thèse : Mireille Commandré

While manufacturing cost reduction and factory output drive down the cost of PV, cell efficiency and homogeneity of production are the keys to produce more watts per cell aiming to achieve grid parity. In this way innovations such as selective emitters by redistributing the emitter profile frontside and such as rear surface passivation are the new architecture improvements of the conventional cell design. Compared to diffusion processes, plasma immersion ion implantation provides a better accuracy and control of concentration and depth without dead layer.

PULSION® doping allows a decrease of the saturation current, an enhancement of the blue response, and thus an efficiency increase of selective emitter solar cells. After the implantation step, a dry oxidation anneal can lead to the formation of a thin thermal oxide for emitter passivation. Furthermore, this emitter engineering sequence reduces the manufacturing costs by eliminating the process steps of laser edge isolation and phosphosilicate glass removal. Concerning boron doping, PULSION® not only has the capability to achieve doping with required sheet resistance, but has also the capability to reduce the width of the boron-rich layer generated near the surface by diffusion processes.

## **Light trapping in solar cells**

***PASTORELLI Francesco - CLARTE***

Directeurs de thèse : Nicolas Bonod (Institut Fresnel), Jordi Martorell (ICFO)

Solar cell industry is looking for alternative technologies to drastically decrease the cost of photovoltaic cells with good efficiencies. Organic materials are the principal technology that has cost effective, possibly transparent and flexible characteristics offering a great potential to enlarge conditions of use of solar cells. The efficiency is still lower than those measured with inorganic cells, but since recently the wall of 10% in efficiency was overcome this could impose this technology on the market in the next few years. A part further increase in power conversion will be provided by a stronger light matter-interaction in the organic material. This PhD thesis is a joint project between the Fresnel Institute and ICFO-Institute of photonic sciences with the goal to search for innovative designs of nanostructures in organic solar cells in order to increase the light harvesting in the active layer. Considered topics include the study of: 1) Self assembled metallic particles which offer great possibilities in solar cells technology because the wavelength of resonance can be tuned by modifying their geometry; 2) Ultrathin organic-metallic coatings which present very interesting optical properties to trap light into the organic material forming an optical cavity.

Those encouraging simulation and fabrication results, with a gain of about 20% in efficiency, could give rise to a near future promising evolution.

## **Cerebral blood flow responses to ischemia observed by laser speckle flowmetry in mice and future directions**

***VALDES CLAUDIA – MAP2***

Directeurs de thèse : Anna Kristoffersen (ICFO), Xavier de la Rosa (IIBB, CSIC),  
Anabela Da Silva (Institut Fresnel)

The brain is able to autoregulate blood supply according to its needs, but when a person suffers a stroke, the impairment of this important characteristic can lead to loss of functionality or life. Ischemic stroke is characterized by a reduction of blood supply to the brain. Damage to the brain can occur during the stroke itself, or following reperfusion of the blood supply. In our current study, we induce a cerebral ischemia to the mice by middle cerebral arterial occlusion (MCAO). Relative changes in cerebral blood flow (rCBF) during ischemia and the following reperfusion is imaged using laser speckle flowmetry (LSF). In this work we present some observations during occlusion, in particular, the presence of peri-infarct depolarizations (PID), which are waves of depolarization spreading across the affected hemisphere from the core of the infarct. PID's are believed to increase the infarct size. Speckle contrast images and the changes in blood flow within certain regions of the mouse brain will be shown. Further development of a layered imaging approach to LSF using polarization will also be presented.