



Journées Des Doctorants de l'Institut Fresnel

2 et 3 juin 2014

Carry le Rouet



JOURNEES DES DOCTORANTS 2014

- 1^{ère} années = session posters (14 posters)
- 2^{ème} années = présentations orales de 5 mn + posters (9 exposés)
- 3^{ème} années = présentations orales de 15 mn (15 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 doivent être affichés **avant le début de la session.**

Lundi 2 juin 2014

9H30	Introduction Stefan ENOCH - Salle Bord de Mer		
9H35	WALASIK Wiktor	CLARTE	<i>Plasmon-solitons in planar nonlinear structures</i>
9H50	VOZNYUK Ivan	HIPE	<i>FETI-DPEM2-full method as an efficient technic applied to 3D electromagnetic large-scale simulation</i>
10H05	SONG Ningning	DIMABIO	<i>Quantitative PhotoAcoustic Tomography (QPAT): coupling optical and ultrasonic waves for breast cancer early diagnosis</i>
10H20	SAINT-JALM Sarah	MOSAIC	<i>Vers une endoscopie nonlineaire : comment activer des contrastes au bout d'une fibre pour la spectroscopie et la microscopie</i>
10H35	Pause-Café (25 mn)		
11H00	PUNJ Deep	MOSAIC	<i>Optical Nanoantennas to enhance single molecule detection</i>
11H15	NEMESIN Valérian	GSM	<i>Sur quelques extensions du filtre de Kalman - Application en biométrie dynamique de l'iris</i>
11H30	LEUREUX Marie	DIMABIO	<i>Protection solaire et Filtrage UV</i>
11H45	Intervention Katia MIROCHNITCHENKO – OPTITEC 35 mn		
12H20	Pause Déjeuner Remise échelonnée des clés à la réception entre 10h35 et 15h00		
14H00	LIU Siwei	PHYTI	<i>Conception de techniques de segmentation d'images bruitées à partir d'un algorithme de segmentation à deux régions ultra-rapide et non supervisé</i>
14H15	HERVY Adrien	ILM	<i>Développement de traitements multidialectriques pour lasers de haute puissance à impulsions femtosecondes</i>
14H30	GHABBACH Ayman	CONCEPT	<i>Mesure spatialement résolue des paramètres de polarisation d'un champ de speckle</i>
14H45	GEORGET Elodie	HIPE	<i>Méthode de conception d'antenne mutibande flexible – Projet BELOCOPA</i>
15H00	PETITEAU David	CONCEPT	<i>Efficacité spectrale de capes thermiques dans le régime fréquentiel</i>
15H05	PATERAS Anastasios	SEMOX	<i>Strain imaging of an InP nanostructured thin film by 3D X-Ray Bragg Ptychography</i>
15H10	JOERG Alexandre	RCMO	<i>Contrôle de la phase dans les systèmes multicouches interférentiels pour la réalisation de nouveaux composants optiques</i>
15H15	HE Wei	MOSAIC	<i>Monitoring mechanical and structural properties of cells at sub-micrometric scales in 3D</i>
15H20	GASECKA Paulina	MOSAIC	<i>Orientation distribution of lipids in tissues probed by polarization resolved Four Wave Mixing/Coherent Raman Anti-Stokes nonlinear microscopy</i>
15H25	GARALI Imène	GSM	<i>Aide automatisée au diagnostic de pathologies cérébrales par des techniques d'apprentissage d'images cérébrales fonctionnelles obtenues par Tomographies par Emission de Positrons au 18FDG</i>
15H30	DOUTI Dam-Bé	ILM	<i>Etude de la résistance au flux laser en régime ultracourt de couches minces optiques</i>
15H35	DIAZ Romain	ILM	<i>Endommagement laser en régime nanoseconde de la silice illuminée dans l'ultraviolet</i>
15H40	DEBIERRE Vincent	CLARTE	<i>Règle d'or de Fermi par-delà le régime de Zénon quantique</i>
15H45 – 17H30	Pause-Café Session Posters 2^{ème} Années		
	Temps libre – Apéritif Musical dès 19h00 Place LARGADO		
20H00	Diner Soirée Dansante au Bar, tournoi de Pétanque, etc.		

Mardi 3 juin 2014

Le Petit-déjeuner est servi de 7h30 à 9h15 – Remise des clés impérativement avant 9h30			
9H40	CHEN Xueqin	MOSAIC	<i>Pénétration de Molécules Actives pour la Cosmétique Etudiée par Microscopie Non linéaire</i>
9H55	CHAMBONNEAU Maxime	ILM	<i>Étude de l'endommagement laser à la surface de composants optiques en silice par plusieurs longueurs d'onde simultanément en régime nanoseconde</i>
10H10	BRISEBARRE Godefroy	HIPE	<i>Détection de changements en imagerie hyperspectrale</i>
10H25	Pause-Café (20 mn)		
10H45	Début des Activités Sportives (Kayak, Accrobranches, Ping-Pong, Volley, etc.)		
12H30	Pause Déjeuner		
14H00	Alexandre GATTO (ancien PhD) - Carl ZEISS 45 mn		
14H45	AKNOUN Sherazade	MOSAIC	<i>Etude tridimensionnelle de systèmes biologiques par imagerie de phase quantitative</i>
15H00	AHMED Haitham	MOSAIC	<i>Quantitative Nanoscale Imaging of Molecular Anisotropy in Bio-molecular Assemblies</i>
15H15 – 17H15	Session Posters 1ère Années Pause-Café Place LARGADO (ou salle MIEJOULABE selon la météo)		
Liste des Participants à la Session Posters	BRULE Yoann	CLARTE/ CONCEPT	<i>Filtering and far field focusing using subwavelength planar structures</i>
	CHAMPELOVIER Dorian	MOSAIC	<i>Microscopie bi-photon à front d'onde optimisé pour l'imagerie de l'activité neuronale de souris épileptiques</i>
	CHMIAA Mohammed	CLARTE	<i>Métamatériaux pour la synthèse de permittivités simulant des plasmas</i>
	DE TORRES Juan	MOSAIC	<i>Nanophotonic control of FRET</i>
	DOUALLE Thomas	ILM	<i>Réparation de composants optiques par micro-usinage laser</i>
	GODAVARTHI Charan	SEMOX	<i>Marker-free Super-resolution imaging using Optical Diffraction Tomography</i>
	HAMZA Tasnim	GSM	<i>Infrastructures marines et numériques: Techniques efficaces de transmission et de pointage pour les communications optiques sous-marines</i>
	LIUKAITYTE Simona	CONCEPT	<i>Diffusion aux grands angles et filtres interférentiels complexes</i>
	LOMBARDINI Alberto	MOSAIC	<i>Multimodal optical microscopy and endoscopy for molecular investigations</i>
	RASSEM Nadège	CLARTE	<i>Etude du guidage et du confinement de la lumière dans les guides optiques nanostructurés : Applications au filtrage spectral ultra-sélectif</i>
	RENDON Carolina	MOSAIC	<i>Polarization resolved non-linear microscopy in metallic nanostructures for imaging and control in complex media</i>
	SOZET Martin	ILM	<i>Définition, fabrication et caractérisation de nouveaux composants réfléchissants pour les applications Petawatt</i>
	SRIDHAR Susmita	DIMABIO	<i>Screening biological tissues in depth with elliptically polarized light imaging</i>
	ZHANG Hongshan	MOSAIC	<i>Visualising and Sensing protein acting on single DNA molecule</i>
17H15	Délibération du Jury et Remise des Prix		
17H30	Clôture des JDD		

RESUMES DES 1^{ère} ANNEES

(Session Posters)

Filtering and far field focusing using subwavelength planar structures



BRULE Yoann – CLARTE / CONCEPT

Directeurs de thèse : Guillaume Demésy, Boris Gralak

The objective of this PhD is to design a planar optical device endowed with far field focusing together with bandstop filtering capabilities for a specific wavelength. The device should be also transparent at any other wavelength. Traditional lenses focus incident waves by gradually changing its wavefront. They are usually thick and made of weakly dispersive materials, i.e. they focus radiation within a broad band of wavelengths. As far as the thickness issue is concerned, flatter lenses can be realized following the Fresnel lenses principle. Two ways can be explored in order to realize such lenses. On the one hand, each micro-prism can be replaced by a graded index layer with the same effect. This gradient can be obtained by structuring matter at a scale much smaller than the incident wavelength, this material being considered homogeneous with a tailored graded optical index. On the other hand, each micro-prism could be replaced by a blazed grating designed to modify the propagation direction in a suitable way. This last process is resonant and could lead to a selective spectral focusing. Metallic plates, structured at the scale of visible wavelengths or less, exhibit spectral filtering properties through various resonant processes (plasmonic resonances). If transmission filters have been quite extensively studied over the last few years, the mechanisms leading to reflection bandpass filters have yet to be unveiled. Designing optical functions subwavelength patterning requires rigorous and flexible numerical schemes to solve Maxwell's equations. Hence, a formulation of the Finite Element Method is used to compute the field diffracted by arbitrarily shaped objects. The designed structures are realized and characterized in collaboration with the Institut d'Electronique Fondamentale and PSA Peugeot Citroën.

Microscopie bi-photon à front d'onde optimisé pour l'imagerie de l'activité neuronale de souris épileptiques.



CHAMPELOVIER Dorian – MOSAIC

Directeurs de thèse : Serge Monneret, Rosa Cossart (INMED)

L'épilepsie est une pathologie cérébrale générant des crises caractérisées par la synchronisation récurrente de l'activité neuronale. La participation et la contribution différentielle des différents types de neurones au cours de ces phénomènes de synchronisation épileptiques demeurent inconnues. L'étude de cette activité à l'échelle du réseau neuronal dans un cerveau épileptique chronique est concentrée dans l'hippocampe et nécessite de travailler sur le cerveau intact chez l'animal éveillé. L'hippocampe est effectivement la zone impliquée dans le cadre de l'épilepsie du lobe temporal. En particulier le gyrus denté (GD), une sous-région de l'hippocampe est principalement mise en cause pour ces types d'épilepsies. Il est la porte d'entrée de l'hippocampe et une zone de forts remaniements neuronaux associée à l'épilepsie décrite chez l'homme comme dans les modèles animaux.

L'étude du GD est réalisée en imagerie à l'aide d'un microscope bi-photon qui cible une protéine fluorescente exprimée par les neurones dont l'intensité d'émission dépend de la concentration intracellulaire de calcium. Seulement la profondeur à laquelle se situe cette zone (~1mm) empêche l'imagerie in-vivo de celle-ci, du fait de la diffusion ainsi que les aberrations optiques induites sur le faisceau laser excitateur. Pour contrer cela, l'optique adaptative semble être la meilleure méthode pour parvenir à réaliser l'imagerie in-vivo de cette zone. Mon projet de thèse consiste donc à développer un microscope bi-photon avec dispositif de correction de front d'onde intégré dans le but d'obtenir un instrument d'imagerie in-vivo permettant l'imagerie de l'activité calcique dans le gyrus denté de la souris.

Métamatériaux pour la synthèse de permittivités simulant des plasmas



CHMIAA Mohammed – CLARTE (CEA Cadarache)

Directeurs de thèse : Gérard Tayeb, Redha Abdeddaim

Responsable CEA : Marc Goniche

Les ondes à très haute fréquence sont souvent utilisées pour chauffer des gaz ionisés appelés plasmas. Celles-ci sont générées par un réseau d'antenne, positionné très proche du plasma. Ainsi, il sera donc indispensable de qualifier le régime de fonctionnement de ses antennes et leur aptitude à transmettre l'énergie électromagnétique au plasma dans les conditions d'ITER.

Les études à réaliser durant la première phase de cette thèse porteront sur des modélisations conjointes des antennes et du plasma grâce aux outils de simulation à disposition de l'équipe CLARTE de l'institut Fresnel et l'équipe GCHF du CEA Cadarache en charge du chauffage du plasma dans le réacteur à fusion ITER. Ces simulations permettront d'analyser et de comprendre les phénomènes mis en jeu, notamment le comportement du plasma soumis à un champ électromagnétique ainsi que la propagation de l'onde à l'interface antenne-plasma.

Les résultats de la phase d'analyse seront ensuite utilisés dans la perspective de modéliser et de concevoir un banc de caractérisation expérimental pour les antennes HF afin de pouvoir les caractériser sans la présence du plasma. Il s'agit de la réalisation d'une structure basée sur le concept des Métamatériaux simulant le plasma de bord du tokamak et rendant compte de la propriété fondamentale d'un plasma fortement magnétisé, à savoir une permittivité anisotrope fortement négative selon l'un des axes propres du tenseur diélectrique. Cette structure doit être opérationnelle dans le domaine des hyperfréquences.

Actuellement :

- Modélisation conjointe d'un milieu plasma anisotrope homogène et d'un prototype d'antenne de chauffage "la Multijonction" sous le logiciel de simulation CST Microwaves .
- Validation du modèle (antenne couplé au plasma) par comparaison avec des résultats de références fournis par le code de calcul ALOHA utilisé par l'équipe IRFM du CEA.

Nanophotonic control of FRET



DE TORRES Juan – MOSAIC

Directeur de thèse : Jérôme Wenger

The precise location and nature of the interactions between specific molecular species in living cells is of major interest in many areas of biology, but investigations are often hampered by the limited resolution of the instruments employed to examine this phenomena (200 nm in conventional fluorescence microscopy). The technique of Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET), permits determination of the approach between two molecules within several nanometers, a distance

sufficiently close for molecular interactions to occur. The mechanism involves a donor fluorophore in an excited state, which may transfer its excitation energy to a nearby acceptor chromophore in a non-radiative fashion through long-range dipole-dipole interactions. The efficiency of the energy transfer process varies in proportion to the inverse sixth power of the distance separating the donor and the acceptor. Consequently, FRET measurements can be utilized as an effective molecular ruler for determining distances between biomolecules labeled conveniently when they are within 10 nanometers of each other.

Nanophotonics achieves accurate control over the luminescence properties of a single quantum emitter by tailoring the light-matter interaction at the nanoscale and modifying the local density of optical states (LDOS). This paradigm could also benefit to FRET by enhancing the near-field electromagnetic interaction between two fluorescent emitters. The use of different kind of nanophotonic structures such as metal nanoapertures or slot waveguides allows tuning the energy transfer between fluorophores. Furthermore, the appealing property of these tools to perform single molecule analysis at high physiological concentrations draws a promising research line in the improvement of the biophotonic applications of FRET.

Réparation de composants optiques par micro-usinage laser



DOUALLE Thomas – ILM
Directeur de thèse : Laurent Gallais

La principale difficulté rencontrée aujourd'hui dans le cadre du développement du Laser Mégajoule est la fragilité des composants optiques vis-à-vis du rayonnement laser qui les traverse, à 355 nm. Afin d'améliorer la tenue au flux laser des composants optiques, un procédé de stabilisation, développé par le CEA, permet d'éviter la croissance des dommages initiés. Ce processus consiste en une fusion, suivie d'une évaporation locale, par laser CO₂, de la zone fracturée de silice.

L'objectif final de cette thèse est de mettre en place, à l'Institut Fresnel (puis par la suite au CEA), un nouveau banc de stabilisation des optiques permettant de traiter des dommages laser de dimensions millimétriques grâce, entre autre, à un laser CO₂ continu d'une puissance maximale de 120W et des miroirs galvanométriques.

L'autre principal objectif est de modéliser les phénomènes physiques mis en jeu lors des expériences de stabilisation en s'appuyant sur le logiciel multi-physique COMSOL. Le modèle thermomécanique actuel permet de calculer la température de la silice chauffé par laser CO₂ et les contraintes résiduelles après refroidissement des échantillons. Il est également possible d'observer l'effet de plusieurs irradiations, ainsi que le déplacement du faisceau sur l'échantillon.

Marker-free Super-resolution imaging using Optical Diffraction Tomography



GODAVARTHI Charankumar – SEMOX
Directeurs de thèse : Hugues Giovannini, Guillaume Maire

La microscopie tomographique diffractive (MTD) est une technique d'imagerie récente qui reconstruit en 3D la carte de permittivité de l'objet sondé avec une résolution accrue par rapport à la microscopie confocale. Elle consiste à détecter le champ diffracté en module et en phase pour différents angles d'illumination successifs de l'objet avec un faisceau laser collimaté. Cette technique est habituellement seulement appliquée sur des objets 3D présentant de faibles contrastes d'indice (inférieures à $5 \cdot 10^{-2}$) et en milieu homogène, puisqu'alors des approximations linéaires permettent de lier le champ diffracté et l'objet par une simple transformée de Fourier 3D. Ceci restreint cependant clairement son champ d'applications.

Afin d'étendre son utilisation à des contrastes d'indice plus forts et à des objets déposés sur substrat réfléchissant, nous avons développé des procédures d'inversion prenant en compte la diffusion multiple dans le calcul du champ diffracté, et capables d'intégrer des informations a priori sur l'objet. Tout d'abord validée en scalaire sur des objets 2D, cette approche a récemment été étendue au cas 3D vectoriel. La nature vectorielle du champ diffracté est prise en compte aussi bien lors de la mesure, résolue en polarisation, que dans la procédure d'inversion. Nous présenterons nos derniers résultats obtenus sur des objets nanométriques déposés sur substrat silicium. Nous montrerons que la tomographie vectorielle, qui exploite la totalité de l'information accessible via la diffraction (intensité, phase, état de polarisation), améliore de manière significative la résolution par rapport aux approches scalaires. Une résolution transverse isotrope de l'ordre de $\lambda/4$ a ainsi été obtenue. De plus, cette résolution peut encore être améliorée en supposant connue la valeur maximale de la permittivité de l'objet.

Infrastructures marines et numériques: Techniques efficaces de transmission et de pointage pour les communications optiques sous-marines



HAMZA Tasnim – GSM

Directeurs de thèse : Salah Bourenane,
Ali Khalighi, Pierre Leon (IFREMER)

Les systèmes sous-marins, utilisés dans l'exploration du milieu marin et sous-marin (que ce soit les robots téléopérés, les véhicules autonomes ou les observatoires), ont de plus en plus besoin de communications de données haut débit. Les solutions traditionnelles câblées ou acoustiques nécessitent des moyens de mise en œuvre lourds, pour des performances très limitées. Le développement récent de composants optroniques miniatures, économiques et performants, permet d'envisager aujourd'hui la réalisation d'un système de communication optique sous-marine sans-fil, bidirectionnelle, rapide, robuste, à faible consommation et bas coût. Cependant des incertitudes technologiques demeurent sur son utilisation dans le milieu sous-marin.

Cette thèse, orientée en optronique et traitement de signal, est axée sur la communication optique sans-fil sous-marine. Elle a pour but de rechercher des techniques efficaces de transmission et de pointage, permettant de tenir les performances de débit/portée en mode full duplex dans une configuration omnidirectionnelle. Les principales questions auxquelles nous nous intéressons sont:

- Quelles sont les schémas de modulation et de codage correcteur d'erreurs les plus adaptés pour tenir les performances de débit/portée ?
- Quelles sont les architectures d'antennes qui permettront de s'affranchir d'un pointage et d'un alignement précis des émetteurs et récepteurs ?

Notre travail se base sur des travaux précédents qui avaient évalué le canal optique sous-marin: En effet, la réponse impulsionnelle du canal de transmission (eau de mer) a été étudiée en utilisant un simulateur Monte Carlo qui prend en considération les caractéristiques de l'émetteur, du récepteur et du canal de transmission. Il a été démontré à travers des simulations que la dispersion temporelle du canal est négligeable dans la plupart des cas pratiques. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'effectuer des calculs le traitement des signaux complexes tels que l'égalisation de canal dans le récepteur.

Actuellement, nous travaillons sur le développement de nouvelles techniques de traitement du signal liées à l'émetteur et le récepteur en vue d'améliorer la performance du système et permettre la transmission sur des distances plus longues et avec une plus grande débits. D'ailleurs, en termes de modulation, nous nous intéressons en particulier aux schémas Pulse-position modulation (PPM), Digital Pulse Interval Modulation (DPIM) et On-Off Keying (OOK). Et en terme de choix technologique du récepteurs, nous étudieront les cas d'une photodiode Silicon Si-PIN, d'une photodiode à avalanche APD et d'un photomultiplicateur PMT. Nous évaluerons les performances

de notre système par l'étude de son taux d'erreur binaire (BER) en fonction de la puissance d'émission, la portée de transmission et le champ de vision du récepteur (FOV).

Diffusion aux grands angles et filtres interférentiels complexes



LIUKAITYTE Simona – CONCEPT

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

Pour des applications sécuritaires ou environnementales, de nombreux efforts sont actuellement fournis par les agences spatiales française et européenne pour le développement d'outils optimisés de surveillance de la terre. Plus particulièrement de nouvelles générations d'imageurs hyperspectraux ont vu le jour ces dernières années et sont désormais réalisés via des filtres multicouches complexes sur substrats microstructués. On a ainsi correspondance entre une longueur d'onde et une barrette CCD (filtres allumettes) ou un pixel unique (filtres mosaïques). Il reste cependant lever un verrou associé à la fabrication de ces composants.

En effet, compte tenu du nombre croissant de couches minces (> 150 couches par structure) qu'il faut désormais déposer pour espérer atteindre les performances optiques requises, une nouvelle problématique est apparue et concerne des problèmes de diffusion lumineuse. Le diagramme de diffusion des composants révèle en effet une exaltation de la lumière diffusée aux grands angles, qualifiée de lobes de diffusion. Cette lumière parasite vient en conséquence heurter les capteurs adjacents, ce qui amoindrit sérieusement les performances de l'imageur, jusqu'à le rendre inutilisable. Ainsi la réduction ou le contrôle de la diffusion lumineuse dans les filtres allumettes ou mosaïque est un enjeu majeur pour le développement de cette nouvelle génération d'imageurs.

Ce travail de thèse vise à la compréhension des mécanismes à l'origine de ces pics de diffusion aux grands angles dans l'objectif de les contrôler. La première étape, qui a également été le jalon de cette première année de thèse est la mise en place d'une métrologie originale adaptée à la caractérisation des lobes de diffusion, ceux-ci pouvant être angulaires ou spectraux. Les premiers résultats obtenus seront présentés.

Multimodal optical microscopy and endoscopy for molecular investigations



LOMBARDINI Alberto – MOSAIC

Directeur de thèse : Hervé Rigneault

The project is dedicated to the development of new nonlinear multimodal microscopy and endoscopy methods, applicable to nonlinear optical contrasts and polarization-resolved techniques. These methods are dedicated to structural and chemically sensitive biological investigations from isolated molecular supra-structures to biological tissues.

Multimodal imaging relies on the combination of nonlinear optical contrasts to address specifically different molecules in a tissue, including two photon induced fluorescence (TPEF), second harmonic generation (SHG), third harmonic generation (THG), vibrational imaging (CARS/SRS) and nonlinear absorption microscopy. Although nonlinear microscopy has been a very active field for label free molecular imaging, a few challenges need to be overcome. One of them is to answer the need for structural information in addition to the pure morphological observation, which can be provided by a control of light polarization in the imaging process. The second is the need for accessing possibly buried structures in a tissue at depths inaccessible by far field optics, which can be provided by the use of fiber-based endoscopes. Both challenges, which are of strong interest today for biomedical optics, will be addressed in the course of this project, with the goal to provide a label-free, functional imaging, at large depths in a tissue.

Etude du guidage et du confinement de la lumière dans les guides optiques nanostructurés : Applications au filtrage spectral ultra-sélectif.



RASSEM Nadège – CLARTE

Directeurs de thèse : Evgueni Popov, Anne-Laure Fehrembach

Cette thèse a pour objectif de modéliser puis étudier différentes structures de filtres à réseaux résonants fonctionnant en espace libre et d'améliorer leurs performances. Ces filtres peuvent être utilisés dans des applications telles que la spectroscopie, le laser, la télécommunication optique, la détection, etc.

Le GMRF (Guided-Mode Resonance Filter) est un réseau résonant qui combine simplicité structurelle avec une grande efficacité. Il est composé d'un empilement multicouche peu épais au-dessus duquel est gravé un réseau de diffraction sub-longueur d'onde. Le principe est d'exciter un mode de la structure dans la couche guidante à travers le couplage et le découplage de l'onde incidente, induit par le réseau de diffraction. Le phénomène de résonance produit se traduit par un pic dans le spectre de la structure. Ce pic possède des performances intéressantes pour le filtrage : un fort taux de réjection et un très fort facteur de qualité (facilement supérieur à 5000). Cependant, il présente des limites ; il a une faible tolérance angulaire (performance nécessaire à l'utilisation pratique de ces composants) ce qui conduit à l'étalement du pic de résonance et à la dégradation du taux de réjection du filtre. C'est dans cette optique que nous nous sommes orientés vers des nouvelles structures non-périodiques appelées CRIGFs (en anglais Cavity-resonator-integrated guided-mode resonance filters) qui nous permettront d'avoir une forte tolérance angulaire et qui peuvent être utilisées avec un faisceau très focalisé. Elles sont composées d'un GMRF intégré entre deux réflecteurs de Bragg appelé en Anglais distributed Bragg reflectors (DBR). L'avantage de ces structures est que les réflecteurs permettent l'existence d'un mode localisé dans le réseau central et qui peut être excité par un faisceau gaussien focalisé sur le GMRF et couplé à l'extérieur.

Pour modéliser ces structures nous avons eu recours à la méthode RCWA (Rigorous Coupled-Wave Analysis) qui est une méthode rigoureuse de Fourier généralement utilisée pour résoudre la diffraction par des structures périodiques.

Polarization resolved non-linear microscopy in metallic nanostructures for imaging and control in complex media



RENDON BARRAZA Carolina – MOSAIC

Directeur de thèse : Sophie Brasselet

While metal nano-particles and nano-antennas have been considerably studied and developed for linear optical applications such as light control at the nano-scale and molecular fluorescence enhancement, their use in the nonlinear optical regime (dealing with optical frequencies mixing) has been less explored. Recent works have shown that such nanostructures can lead to very high nonlinear efficiencies for two-photon luminescence, second harmonic generation (SHG), and potentially higher order nonlinear emissions (in particular third harmonic generation THG or four wave mixing FWM). Metal nanostructures provide the additional degrees of freedom to engineer at will the spatial localization of optical fields at the nano-scale, and to tune their polarization responses from simple dipolar to complex multipolar radiation, depending on the shape and size of the structure.

We will profit from these properties for the design of dedicated metal nanostructures for (1) efficient multimodal nonlinear emission (including second and third order nonlinear optical processes), and (2) controlled polarization responses. We will make use of developed expertise in advanced polarization resolved nonlinear microscopy for structural imaging in molecular systems

and tissues, recently applied to single nano-particles made of metallic branched structures. These nano-objects, which are ideal candidates for efficient nonlinear emission, will be used as starting models for coherent optical probes in biological media

(cells, tissue slices or in vivo) with two objectives. First, the nonlinear nature of their emission will make them stable and tunable nano-sources, able to report their localization with high accuracy in 3D, potentially sensing local environment changes, and actively inducing perturbations such as controlled temperature increase at the nano-scale. Second, the coherent nature of their emission will make them interesting optical references to be used as local “stars” for wavefront and polarization correction through scattering media (such as biological tissues).

Définition, fabrication et caractérisation de nouveaux composants réflectifs pour les applications Petawatt.



SOZET Martin – ILM (CEA CESTA)

Directeur de thèse : Laurent Gallais

Un laser de puissance est en cours de construction en région Aquitaine. Cette installation, baptisée PETAL (Petawatt Aquitaine Laser), délivre des impulsions de 500 fs et de quelques kJ à une longueur d’onde de 1053 nm, afin d’atteindre des puissances de l’ordre de 7 PW. La technique d’amplification à dérive de fréquence ou CPA (Chirped Pulse Amplification) est utilisée dans cette ligne laser pour obtenir les énergies et les durées d’impulsion souhaitées.

Les composants optiques illuminés par les plus fortes densités de puissance sont ceux utilisés dans le système CPA et les optiques de transport qui suivent : il s’agit notamment de réseaux de compression et de miroirs. L’objectif de cette thèse est de concevoir et de fabriquer des optiques réflectives destinées aux applications pétawatts. Ces optiques sont réalisées à partir d’empilements de couches nanométriques de matériaux diélectriques. Des définitions d’empilements sont recherchées afin d’obtenir les meilleures efficacités de diffraction dans le cas des réseaux et les meilleurs coefficients de réflexion dans le cas des miroirs. On recherche également à diminuer le renforcement du champ électrique dans les structures, suspecté d’être l’une des causes de l’endommagement laser.

Un banc d’endommagement a été également développé pour tester ces optiques. Les expériences réalisées sur ce banc permettront d’étudier l’endommagement laser en régime subpicoseconde ainsi que le phénomène de croissance des dommages. Une technique de balayage d’un échantillon par un faisceau laser est en cours de développement. Elle permet de simuler une illumination globale de l’optique, proche des conditions réelles d’utilisation des composants.

Screening biological tissues in depth with elliptically polarized light imaging



SRIDHAR Susmita – DiMABio

Directeur de thèse : Anabela Da Silva

Polarization gating has been widely used to selectively probe the structure of superficial biological tissue. Recently, it has been demonstrated that elliptically polarized light is capable of selecting sub-surface volumes in turbid medium and in biological tissues¹ by using Monte Carlo simulations for polarized light (propagation of Stokes vectors). To investigate this further, a dedicated reflectance mode imaging system was set up. We have demonstrated the probing in depth in our experiments² on Intra-lipid liquid phantoms with a wide variety of optical properties for quantitative evaluation, on chicken neck for biological feasibility and, finally, on human skin (hand) as an in vivo test. However, this penetration depth selectivity of polarization gating has not been

fully understood. With our experiments, we testify the feasibility of depth selection by tuning the state of polarization in the imaging channels. Our results suggest that imaging channels with elliptically polarized light allows probing of sub-surface volumes, dependent on the optical properties of the medium, producing images free of surface and deep volume scattering contaminations. Phantom experiments show that a depth selection of up to 0.5mm could be achieved which facilitates the possibility of screening a variety of layered biological tissues such as the exposed cortex, skin etc. Further work includes, modelling of light propagation (GPU parallelized Monte Carlo codes), improvement of the set-up and application of signal processing. We also plan to extend the set-up for adaption of theory to Laser Speckle Flowmetry (LSF) with coherent light in collaboration with ICFO, Spain³. In parallel, we are also working on developing movement corrections for in vivo screening and automation of the set-up. Along with these developments, the presented approach constitutes a first step towards functional optical imaging at user-selected depths within the tissue.

- [1] S. Rehn, A. Planat-Chrétien, M. Berger, J-M. Dinten, C. Deumié, and A. Da Silva, "Depth probing of diffuse tissues controlled with elliptically polarized light," *Journal of Biomedical Optics* 18(1), 016007 (January 2013).
[2] A. Da Silva, C. Deumié, and I. Vanzetta, "Elliptically polarized light for depth resolved optical imaging," *Biomed. Opt. Express* 3(11), 2907–2915 (2012).
[3] D. A. Boas and A. K. Dunn, "Laser speckle contrast imaging in biomedical optics," *Journal of Biomedical Optics* 15(1): 011109 (2010).

Visualising and Sensing protein acting on single DNA molecule



ZHANG Hongshan – MOSAIC

Directeurs de thèse : Sophie Brasselet, Mauro Modesti

DNA, containing the genetic codes that forge the appearance of life, plays a critical role in life.

Researchers have investigated DNA many years. Now we have known the basic knowledge of DNA, for example, gene information is encoded in an identical sequence of four nucleotides, and these nucleotides form two strands which form a complicated structure, an intertwined spiral, well-known DNA double helix. Next challenge down the road is to develop a comprehensive picture of gene expression, DNA repair and control. The mechanical properties of single molecule DNA and the interaction between single DNA molecule and proteins are an integral part in this enterprise.

One of the significant techniques that we use in our experiment, sensitive enough to isolate and manipulate single DNA molecule, is called optical tweezers. More important, this technique can accurately measure the minute forces (on the order of a piconewton) involved. Another is microfluidics which is different with the traditional coverslip and allows us to well control the sample condition by fluid flow of tiny volumes. In addition, sensitive fluorescence imaging is combined with optical tweezers and microfluidics to visualize the proteins acting on single DNA molecule level. Fluorescence microscopy will be employed to obtain information about the location, number, arrangement and dynamics of fluorescently labeled repair proteins during their interaction with individual DNA molecules helping elucidate their functions.

The combination of optical tweezers, microfluidics, and fluorescence imaging enables us to deeply investigate the mechanical properties of DNA, such as, how difficult or more specifically, how many forces we should use to open the double helix, changing double-stranded (ds) DNA to single-stranded (ss) DNA, and how long we can switch off a gene by forming a tight DNA loop have a direct impact on how the genetic code is put in action, and investigate the interaction between single DNA molecule and proteins, such as, what the orientations are and whether they have differences when different proteins, YOYO and RAD 51, bind to single DNA molecule.

Efficacité spectrale de capes thermiques dans le régime fréquentiel



PETITEAU David – CONCEPT

Directeurs de thèse : Claude Amra, Myriam Zerrad

En 2006, Pendry, Schurig et Smith montraient que l'on pouvait obtenir un phénomène d'invisibilité optique à l'aide d'une transformation d'espace appliquée sur une certaine région de l'espace. La cape d'invisibilité obtenue présentait de fortes propriétés hétérogènes et anisotropes qui résultaient directement de la forme de la transformation d'espace utilisée. Depuis, ces transformations ont été transposées à d'autres phénomènes tels que la propagation d'onde acoustique et sismique ou encore à la propagation des vagues. Plus récemment, le principe de l'invisibilité s'est étendu aux phénomènes de diffusion que sont les flux de chaleur ou encore la diffusion de particules.

Notre étude se concentre sur l'analyse de l'efficacité de différentes capes d'invisibilité thermique. En effet, beaucoup d'études montrent de manière qualitative (à travers les cartes de champs par exemple) que le concept d'invisibilité à travers les transformations d'espace est applicable à plusieurs phénomènes mais très peu s'intéressent à l'efficacité des capes d'un point de vue quantitatif. Dans notre cas, nous définissons l'efficacité d'une cape thermique comme la capacité d'une cape entourant un objet à redresser les isothermes comparées à la déformation des isothermes obtenue lorsque cet objet est étudié sans la cape. Nous caractérisons notre efficacité par le calcul de l'écart-type des isothermes avant et après notre cape d'invisibilité, cet écart-type étant de valeur nulle pour un milieu homogène. Ainsi, plus l'écart-type est proche de zéro, plus la cape d'invisibilité sera efficace car elle se comportera comme si l'on était en milieu homogène.

Nous étudions l'efficacité de différentes capes idéales résultant de transformations spécifiques en résolvant l'équation de la chaleur fréquentielle (obtenue par transformée de Fourier de l'équation de la chaleur temporelle). Puis, nous nous intéressons à l'étude de capes approchées modélisées par des capes multicouches en utilisant la méthode de convergence double échelle introduite et développée par et G. Nguetseng (1989) et G. Allaire (1992). Les potentielles applications concernent les matériaux thermiques et le management des flux de chaleur.

Strain imaging of an InP nanostructured thin film by 3D X-Ray Bragg Ptychography



PATERAS Anastasios – SEMOX

Directeurs de thèse : Virginie Chamard, Marc Allain et

Andrey Minkevich, Tilo Baumbach (ANKA-Institute for Synchrotron radiation, KIT).

In modern nanotechnology, strain is a fundamental parameter to manipulate crystalline material properties and performance. Strain modulation can be used to design specific functionalities like the modification of the energy bands in semiconductors. Characterization of group III-V semiconductors bonded on Si and quantification of the strain fields which develop due to the oxide-bonding procedure inside thin films can be of great importance for device applications.

Therefore, measurement and visualization of these crystal lattice distortions is necessary to fully understand the link between crystal structure and macroscopic properties. However, among the different available imaging techniques, only hard X-rays can probe strain in a non destructive way. However, the lack of efficient lenses at these wavelengths is a strong limitation to the development of X-ray strain microscopy. This can be circumvented with the use of coherent X-rays at third generation synchrotron sources and phase-retrieval inversion algorithms. In the recently demonstrated 3D Bragg ptychography approach, the 3D image of the sample and its internal strain fields were retrieved with a nanoscale resolution and without field of view restriction. This approach exploits the redundancy of the data set obtained by measuring the scattered intensity patterns at different but overlapping illuminated positions.

In this work, we have used 3D Bragg ptychography to investigate the crystalline properties of an InP structured layer bounded onto a silicon wafer. The experiment was performed at the ID13 beamline at ESRF with a monochromatic beam focused down to 100 nm. The InP (004) Bragg reflection was investigated and a set of Bragg ptychography 3D data was acquired. Numerical analysis of the given problem was performed beforehand in order to optimize the inversion strategy and to study the possibility to introduce additional physical constraints through regularization approaches. The inversion of the experimental data was then obtained. The retrieved 3D image of the sample shows strong evidence of crystalline imperfections within the InP structured layer (e.g. tilted atomic planes). Complementary investigation of the sample structure with transmission electron microscopy will be performed in order to validate our results and understand the origin of the observed features

Contrôle de la phase dans les systèmes multicouches interférentiels pour la réalisation de nouveaux composants optiques



JOERG Alexandre – RCMO

Directeurs de thèse : Michel Lequime, Julien Lumeau

Les verres de chalcogénures sont des matériaux fabriqués à partir de la famille des chalcogènes, i.e. soufre (S), sélénium (Se) et tellure (Te) et d'éléments additionnels tels que le germanium (Ge), l'arsenic (As) ou l'antimoine (Sb). Transparents du proche infrarouge à l'infrarouge lointain, ils ont pour particularité de présenter de nombreux effets photo-induits tels que la photo-ablation, la photo-contraction, la photo-cristallisation ou un changement local de la configuration atomique. Ce dernier effet permet d'induire une modification des constantes optiques i.e. énergie de la bande de valence, du coefficient d'absorption et de l'indice de réfraction qui peut atteindre 0,1 pour certaines longueurs d'onde.

Pour les systèmes multicouches interférentiels tels que les éléments optiques diffractifs et les filtres en couches minces, le contrôle de la phase est primordial. En effet sans une précision nanométrique de l'épaisseur locale de chacune des couches, la fonction optique du composant peut être altérée voir totalement anéantie.

L'objectif de ce projet est d'introduire dans les composants multicouches, de nouveaux matériaux du type verres de chalcogénures pour réaliser de nouveaux filtres en couches minces photo-ajustables et des éléments optiques diffractifs qui exploitent cette variation d'indice géante permettant d'avoir un contrôle de la phase. L'effort est donc mis sur :

1. La caractérisation des verres de chalcogénures déposés par EBD (Electron Beam Deposition).
2. la réalisation de composants en couches minces optiques à propriétés optimisées : filtres à bande étroite ultra uniformes, pixellisation de la fonction interférentielle...
3. la réalisation d'éléments optiques diffractifs volumiques de phase (Beam Splitter et Beam Shaper), une variation d'indice de $\Delta n=0.05$ et une couche de 10 μm d'épaisseur étant suffisantes pour atteindre des variations de phase égales à π .

Monitoring mechanical and structural properties of cells at sub-micrometric scales in 3D



HE Wei – MOSAIC

Directeurs de thèse : Sophie Brasselet, Patrick Ferrand

Cells' mechanical and structural properties have attracted scientists' attention since a long time, but sub-micrometric scale information cannot be revealed directly by fluorescence microscopy imaging alone.

Among the important components that govern the cell mechanical properties, cell membranes are involved in a variety of cellular processes, such as cell migration. It has been shown recently that probing a cell membrane stained with fluorophores by polarization resolved fluorescence microscopy can reveal partial information on the local cell membrane architecture. In our project, we are building a new excitation scheme able to excite molecular directions in 3D, and retrieve their orientation information in 3D. The 3D excitation polarization is built based on the coherent superposition of a in-plane linear polarization and a radial polarization, which is known to produce a longitudinal polarization state after high numerical aperture focusing. We are now testing this new excitation scheme on cell membranes labeled with fluorescent lipid probes. With our optical set-up implemented before the microscope, we will be able to excite dye molecules and do scanning in 3D. Unlike conventional fluorescence anisotropy method, we are able to study the orientation and the orientation dispersion of dye molecule at the same time, which could be used to interpret the cell membrane mechanical properties at the sub-microscopic scale.

To mimic cell behavior in real life, and avoid the 2D geometry of adhesion on a surface, we make them supported by 3D synthetic polymeric scaffolds which are geometrically well controlled. The 3D scaffolds are written by Direct Laser Writing (DLW) and functionalized by fibronectin. (Fabrication is performed at KIT, Germany). Finally we will also explore dynamical processes with a fast polarization resolved microscope based on a spinning disk imaging system.

Orientation distribution of lipids in tissues probed by polarization resolved Four Wave Mixing/Coherent Raman Anti-Stokes nonlinear microscopy



GASECKA Paulina – MOSAIC

Directeurs de thèse : Sophie Brasselet, Hervé Rigneault

Lipids in cell membranes are known to form structural aggregates with collective molecular order participating in cell motility, vesicular trafficking, and signaling. Their organization in multilayers also plays a crucial role in pathologies related to neuronal dysfunction (myelin) and skin protection barriers defects. Being able to report the structural packing of molecules (related to their function) using optical microscopy remains however a challenge. Recent works have demonstrated that the polarization resolved label-free nonlinear microscopy is able to follow the molecular orientational behaviors in biological media at a sub-micrometric scale. However the nonlinear contrasts such as Second Harmonic Generation and Third Harmonic Generation applied in the skin tissue are limited to the analysis of non-centrosymmetric assemblies such as collagen (SHG) [1] or to the interface between two materials (THG) [2]. Coherent anti-Stokes Raman Scattering (CARS) and its nonresonant part Four Wave Mixing (FWM) are potentially applicable to any kind of molecular geometry. Due to the high specificity of the polarized CARS microscopy to target the molecular vibrational bonds, this technique has been introduced to extract the molecular organization information from the biological media, in particular lipid membranes [3]. Different strategies have been developed to quantify the molecular order. These methods however are based on the precise knowledge on the lipids composition and conformation and suppose that are distributed in a

Gaussian disorder. In our approach the information about the molecular packing is read out without the need to rely on a specific model for the orientational distribution in the sample. We measure the order parameters related to the symmetry properties of the molecular orientation distribution function and, by polarization resolved FWM and CARS, we illustrate how the determination of these order parameters permits to reveal details on orientational disorder in lipid membranes [4]. We applied our method to the structural investigation of multilamellar vesicles (MLVs) and myelin from the mice spinal cord, without having any precise knowledge on the molecular composition, conformation and statistical disorder present in the sample.

Aide automatisée au diagnostic de pathologies cérébrales par des techniques d'apprentissage d'images cérébrales fonctionnelles obtenues par Tomographies par Emission de Positrons au 18FDG



GARALI Imène – GSM

Directeurs de thèse : Mouloud Adel, Eric Guedj

L'objectif du travail présenté est d'étudier l'apport d'une aide assistée par ordinateur pour le diagnostic de certaines maladies dégénératives du cerveau, en explorant les images de tomographie par émission de positons, par des techniques de traitement d'image et d'analyse statistique.

Une étude a tout d'abord été menée sur la pertinence des régions cérébrales métaboliques permettant de séparer au mieux des sujets sains, de sujets atteints d'une maladie d'Alzheimer, en nous appuyant sur une base de données locale incluant 142 examens TEP au 18FDG. Afin d'évaluer comparativement ces images à l'échelle de chaque voxel, un prétraitement consistant à recalculer spatialement les images, puis à les lisser, a été réalisé avec l'outil SPM8. L'intensité de référence des voxels a été testée en utilisant 4 méthodes différentes de normalisation du signal, afin d'en évaluer la plus pertinente.

Ces prétraitements effectués, nous nous sommes intéressés à la représentation corticale des 116 régions anatomiques, en associant à chacune d'elles un vecteur d'attribut issu du calcul des 4 premiers moments des intensités de voxels, et en y incluant par ailleurs l'entropie, l'âge et le sexe du sujet. Sur la base de l'aire de courbes ROC, nous avons établi qualitativement la pertinence de chacune des régions anatomiques, en fonction du nombre de paramètres du vecteur d'attribut qui lui était associé, pour séparer le groupe des sujets sains de celui des sujets atteints de la maladie d'Alzheimer.

Cette étude a permis de montrer expérimentalement que les moments d'ordre supérieurs, autres que la moyenne, calculées sur les régions du cerveau, dont chaque voxel a été préalablement normalisé par rapport à la somme de l'ensemble des intensités des régions étudiées, étaient de nature à améliorer la séparabilité des deux groupes de sujets. L'introduction des régions les plus pertinentes (en termes de pouvoir de séparation des sujets) dans le classifieur supervisé SVM, a permis de confirmer aussi que la réduction de dimension opérée n'affectait pas considérablement les résultats de classification, comparés à ceux obtenus en utilisant l'ensemble des régions comme paramètres d'entrée du classifieur.

Etude de la résistance au flux laser en régime ultracourt de couches minces optiques



DOUTI Dam-Bé Lardja- ILM

Directeurs de thèse : Laurent Gallais, Mireille Commandré

La tenue au flux des traitements de surfaces optique constitue aujourd'hui un frein pour le développement des lasers de puissance à très courtes durées d'impulsion. L'étude des interactions laser-matière en régime sub-picoseconde a montré que l'initiation de l'endommagement laser est essentiellement due aux processus électroniques et aux interactions non linéaires (photo-ionisation, absorption multiphotonique et ionisation par avalanche). L'étude de l'endommagement et de la réaction du matériau après cette initiation en fonction des différents paramètres laser (longueur d'onde, durée d'impulsion, fréquence de répétition...) et pour différents matériaux permettra une meilleure compréhension des mécanismes d'endommagement laser et la conception de nouvelles optiques qui tiennent au flux avec des durées de vie accrues et une grande stabilité dans le temps.

Nous présentons dans une première partie une étude sur l'initiation de l'endommagement des couches minces à travers notamment l'étude des modifications du matériau sous flux laser ; puis dans une deuxième partie, une étude paramétrique de la résistance des couches minces en fonction de l'exposition à des impulsions multiples pour différentes longueurs d'onde, de l'UV au proche infrarouge. Ces études expérimentales sont accompagnées de simulations afin d'avoir une compréhension théorique des phénomènes en jeu.

Endommagement laser en régime nanoseconde de la silice illuminée dans l'ultraviolet.

DIAZ Romain – ILM (CEA/CESTA/DLP/SISE/LMO)

Directeurs de thèse : Jean-Yves Natoli, Laurent Lamaignere (CEA/Cesta)

L'endommagement laser des optiques de fin de chaîne illuminées dans l'UV est un des facteurs limitant l'utilisation d'une installation laser comme le Laser Mégajoule. L'objectif de cette thèse est de pouvoir comprendre les mécanismes de l'endommagement laser nanoseconde afin d'appréhender la durée de vie des composants sur chaîne à partir de tests de tenue au flux menés au Laboratoire de Métrologie Optique.

La majeure partie des travaux effectués lors de ces 18 premiers mois de thèse a été réalisée au moyen du banc d'endommagement laser ELAN du Département des Lasers de Puissance. Il s'agit d'un laser fonctionnant à 10 Hz en régime nanoseconde à 1064 nm ou 355 nm (contre 1053 nm et 351 nm sur le LMJ) dont le faisceau est millimétrique une fois focalisé sur la pièce testée. Deux modes de fonctionnement sont accessibles sur ce laser. Un régime stable dit "injecté" qui engendre des impulsions monomode longitudinal, quasi-gaussienne temporellement. Un régime fortement bruité dit "non-injecté" qui génère des impulsions aléatoirement modulées en phase.

Il est d'ores et déjà connu que l'endommagement surfacique de la silice, dans les gammes d'énergie/puissance accessibles sur nos installations, est issu de l'interaction de la lumière laser avec des défauts absorbants enfouis sous la surface des composants, laissés après le polissage de la pièce. Ces mêmes défauts sont considérés comme des précurseurs à l'endommagement surfacique. La première étude menée dans le cadre de la thèse consistait en la comparaison de l'endommagement surfacique des pièces minces (10 mm d'épaisseur) dans les deux régimes de fonctionnement accessibles (i.e. injecté et non injecté). Les densités de dommages amorcées à 1064 nm sont plus importantes lorsque le laser est modulé en phase (i.e. non injecté) que lorsqu'il est monomode longitudinal. En revanche, le comportement est inversé à 355 nm. Des modèles physiques ont permis de proposer des mécanismes hydrodynamiques supplémentaires à l'origine de

cette différence. Ces résultats nouveaux ont fait l'objet d'une lettre publiée dans *Optics Letters* (Diaz et al., *Opt. Lett.* 39, 674 (2014)) et de deux proceedings publiés à la suite de la conférence PLD 2014 qui s'est tenue à Yokohama en Avril 2014.

Règle d'or de Fermi par-delà le régime de Zénon quantique



DEBIERRE Vincent – CLARTE

Directeurs de thèse : Thomas Durt et André Nicolet

Nous nous sommes intéressés à l'émission spontanée de lumière par un dipôle (système quantique à deux niveaux). Le dipôle est supposé se trouver dans son état excité à l'instant initial, et, à ce même instant, tous les modes du champ électromagnétique sont supposés être dans l'état à zéro photon.

Dans le traitement habituel de ce problème, on obtient la règle d'or de Fermi, qui indique que la probabilité que le dipôle reste dans l'état excité (probabilité de survie) décroît linéairement avec le temps. Aux temps plus longs, la probabilité de survie décroît, de manière générique, exponentiellement. Par ailleurs, il est également bien établi que, de manière générale, la probabilité de survie d'un système quantique décroît de manière non pas linéaire mais quadratique pour les temps très courts (c'est ce qu'on appelle le régime de Zénon quantique).

Nous avons étudié en détail le comportement d'un dipôle quantique dans le régime de Zénon. Étonnamment, le comportement quadratique affiche un sérieux écart par rapport aux prédictions habituelles (règle d'or de Fermi). Ce paradoxe n'est qu'apparent car il est bien connu que la règle d'or de Fermi n'est pas valable aux temps très courts (régime de Zénon). Malgré tout, nos calculs prédisent une décroissance très brusque et quasiment instantanée de la probabilité de survie (entre 5% et 10%), associée à une émission de lumière non résonante. Pour la transition 2p-1s de l'hydrogène traitée à l'approximation dipolaire, le calcul montre que des modes électromagnétiques de fréquence jusqu'à mille fois plus élevée que la fréquence de transition atomique sont excités. Ce régime transitoire brusque est la manifestation de la réponse collective (en phase) des modes électromagnétiques. Très vite, cette réponse devient incohérente, et les modes non résonants avec la fréquence de transition du dipôle se retrouvent en quelque sorte "hors-jeu". C'est à ce moment-là que s'établit la décroissance linéaire de la probabilité de survie décrite par la règle d'or de Fermi (qui résulte de la seule contribution des modes résonants).

Il est difficile en pratique d'exciter un dipôle tout en préservant les modes électromagnétiques non résonants dans leur état vide.

Ceci explique que ces prédictions contre-intuitives n'ont à ce jour pas été vérifiées expérimentalement. Cette vérification n'est toutefois pas exclue, à condition d'inclure les modes non-résonants dans le dispositif expérimental.

Plasmon–solitons in planar nonlinear structures



WALASIK Wiktor – CLARTE

Directeurs de thèse : Gilles Renversez, Yaroslav Kartashov

Nonlinear waves combining the properties of spatial optical solitons and surface plasmons were predicted theoretically almost thirty years ago and still attract a lot of attention. Nevertheless, no experimental demonstration has been published so far. Here, we study the properties of plasmon–solitons propagating in a one-dimensional planar structures containing a Kerr-type nonlinear dielectric layer (like chalcogenide glass or hydrogenated amorphous silicon) and metal layers. The aim of the work is to get a better understanding of the properties of these nonlinear waves and to facilitate their experimental observation.

In the first part of the thesis we have developed two semi-analytical models to solve Maxwell's equations in structures with semi-infinite nonlinear medium and the results are already published. Here we will focus on the second part of the thesis, where the configurations with finite size nonlinear dielectric sandwiched between two metal layers are studied. The solutions of Maxwell's equations in these nonlinear slot waveguide structures are found with the help of two models we have developed. The first model uses a simplified treatment of the Kerr nonlinearity but provides semi-analytical results. The second model treats the nonlinear terms in an exact way but it uses numerical integration of Maxwell's equations in the slot.

Using our models we obtain rich nonlinear dispersion relations for the slot waveguide structure with symmetric, antisymmetric, and asymmetric nonlinear modes. We present for the first time higher order nonlinear modes and symmetry-breaking bifurcation for higher order modes. The size effects on the lowest bifurcation have also been studied and show that the increase of the waveguide width causes a drastic shift of the bifurcation point to lower powers, which should allow for its experimental observation.

FETI–DPEM2–full method as an efficient technic applied to 3D electromagnetic large-scale simulation.



VOZNYUK Ivan – HIPE

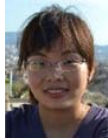
Directeurs de thèse : Hervé Tortel, Amélie Litman

The Finite-element method (FEM) is well suited for solving problems involving inhomogeneous and arbitrary shaped objects. Unfortunately, the modeling and analysis with FEM is technically very challenging because of the requirement time and memory, especially for the large-scale 3D electromagnetic computations.

At the present time, the domain-decomposition method (DDM) is one of the most efficient and versatile algorithms involving parallel computations. Related FETI (Finite Element Tearing and Interconnecting) method also seems very robust when one is dealing with arbitrary mesh partitions. Recently, we proposed an extension of the FETI-DPEM2 method, named as FETI-DPEM2-full method, where we imposed a Robin type boundary conditions at each interface point.

It is a goal of this doctoral thesis to apply the proposed FETI method to an efficient 3D Inverse scattering algorithm. Thus, in my talk I will review recent results obtained for 3D Large-scale direct and Inverse Electromagnetic scattering problems.

Quantitative PhotoAcoustic Tomography (QPAT): coupling optical and ultrasonic waves for breast cancer early diagnosis



SONG Ningning – DiMABio

Directeurs de thèse : Carole Deumié, Anabela Da Silva

Photoacoustic tomography is a multiple wave tomography technique. It consists in illuminating the tissue with a pulsed laser source, locally, because of the presence of heterogeneities of the tissue in terms of absorption (high vascularisation of the tissues, neangiogenesis of the tumours, ...) light is absorbed and dissipated into heat, giving birth to an acoustic wave that can be measured with conventional transducers after a non scattering propagation through the tissue. Hence, it potentially offers the possibility to couple high sensitivity brought by the optical illumination and high spatial resolution by the acoustical detection.

The goal of our work is to develop a simulator for optimizing the design of an existing laboratory setup. To that purpose, the computation of the multiple waves coupled forward models was implemented. It is based on the coupling between the resolution of the optical propagation equation by the Finite Element Method (FEM) and the resolution of the acoustical propagation with a semi-analytical approach (Fast Fourier Transform, FFT). The first step of the inverse problem is to recover the initial pressure map, which is the product of the Gruneisen coefficient, the optical absorption coefficient and the optical fluence which depends itself on the local optical properties of the medium, in terms of absorption and diffusion. Hence, in order to go further in the quantification through an accurate estimation of the absorption coefficient, uncoupling the effects of absorption and diffusion is necessary. This is the main goal of quantitative photoacoustic tomography (QPAT: complete uncouple the maps of the absorption, scattering and Gruneisen parameters). To that purpose, a multiple optical illumination approach for an active probing of the medium was adopted here. In our work, we used multiple optical illumination and synthetic optoacoustic data, blurred with some noise, to obtain totally uncoupled maps of the absorption, diffusion and Gruneisen parameters. The influence of the distribution of optical sources and transducers on the reconstruction of the absorption and diffusion coefficients maps is studied. Specific situations with limited view angles, corresponding to actual experimental situations, were examined.

Vers une endoscopie nonlineaire : comment activer des contrastes au bout d'une fibre pour la spectroscopie et la microscopie



SAINT-JALM Sarah – MOSAIC

Directeurs de thèse : Hervé Rigneault, Esben Andresen

Les multiples techniques de microscopie sont utilisées depuis plusieurs décennies pour de nombreuses applications dans des domaines très divers, en particulier en biologie et en médecine. Les efforts de la recherche se sont récemment portés sur l'application de ces techniques dans un mode endoscopique, dans le but de sonder des organismes *in vivo* au moyen d'une sonde fibrée peu encombrante et maniable.

Le but de cette thèse est de développer un système capable de délivrer à un échantillon des impulsions lumineuses ultracourtes (de l'ordre de la centaine de femtosecondes) au moyen d'une fibre. Notre approche s'appuie sur les propriétés de la fibre utilisée, dont la structure a été spécialement conçue pour délivrer des impulsions lumineuses de grande intensité et de longueur

d'onde accordable. Ce dispositif permet d'exciter différents contrastes nonlinéaires, tels que la diffusion Raman cohérente anti-Stokes (CARS), la diffusion Raman stimulée (SRS), la fluorescence à deux photons (TPEF) et la génération de seconde harmonique (SHG). Nous présentons les résultats obtenus, en spectroscopie vibrationnelle sur des échantillons chimiques et en imagerie multiphoton sur des échantillons biologiques.

Enfin, nous exploitons un effet de retard de la lumière dans sa propagation dans la fibre pour effectuer des expériences de pompe-sonde sur des échantillons absorbants tels que l'encre ou la mélanine.

Optical Nanoantennas to enhance single molecule detection



PUNJ Deep – MOSAIC

Directeurs de thèse : Hervé Rigneault, Jérôme Wenger

Plasmonic Nanoantennas are promising tools to control and manipulate optical fields at the nanometer scale. We study nanoantennas using both top-down (FIB milling) and bottom-up (colloidal synthesis) approaches. Our work presents the effects of two nanoantennas, Antenna-in-box (FIB) and Gold Nanosphere (colloidal synthesis) to enhance single molecule detection at high concentrations.

In both cases, Fluorescence Correlation Spectroscopy measurements are done to detect the Fluorescence of Alexa Fluor 647 molecules at micromolar concentrations. Antenna-in-box design combines fluorescent signal enhancement and background screening, offering high single-molecule sensitivity (fluorescence enhancement up to 1,100- fold and microsecond transit times) at micromolar sample concentrations and zeptolitre-range detection volumes. With the large fluorescence enhancement and detection volume reduction, this device can be optimized for single-molecule fluorescence studies at physiologically relevant concentrations. Colloidal nanoparticles represent an inexpensive and versatile platform to enhance the fluorescence detection at the biologically relevant micromolar concentration regime. We demonstrate detection volumes down to 270 zeptoliters (three orders of magnitude beyond the diffraction barrier) together with 60-fold enhancement of the fluorescence brightness per molecule.

Sur quelques extensions du filtre de Kalman - Application en biométrie dynamique de l'iris



NEMESIN Valérian – GSM

Directeur de thèse : Stéphane Derrode

Le contexte de la thèse concerne le développement de nouvelles méthodes et algorithmes pour le suivi de cibles mobiles. Les résultats méthodologiques sont évalués sur une application de biométrie dynamique de l'iris où la reconnaissance d'un individu est réalisé grâce à un enregistrement vidéo de son œil. Dans cette 3ème année de thèse, nous poursuivons nos travaux selon deux pistes, l'une méthodologique sur le modèle du filtre de Kalman couple, l'autre applicative sur la reconnaissance dynamique de l'iris. Les algorithmes robustes du filtre de Kalman couple sont exploités pour améliorer et accélérer le suivi de l'iris dans un flux vidéo.

A. Travaux sur le filtre de Kalman couple

Nous avons travaillé principalement sur des extensions du modèle de Kalman. Nous avons poursuivi l'étude des algorithmes d'Espérance-Maximisation (EM) pour le filtre de Kalman couple. Nous avons publié en 2013, un article [1] qui propose une solution à la divergence numérique constatée des algorithmes EM originaux du filtre de Kalman couple. Nous avons aussi montré dans

ce papier, un problème d'identifiabilité du filtre de Kalman couple qui fausse l'interprétation physique de l'estimation des paramètres.

Nous avons également étudié l'algorithme EM du filtre de Kalman couple, en proposant un algorithme d'apprentissage partiel des paramètres qui reste valable pour le filtre de Kalman. En effet, dans beaucoup de systèmes, nous connaissons une partie de la physique et donc, un sous-ensemble des paramètres du filtre étudié. Un exemple d'application concerne les systèmes de suivi d'objet, où l'on estime souvent conjointement position et vitesse du mobile. Nous avons également constaté que l'implémentation directe de cette méthode est instable numériquement, et avons donc proposé une solution analogue à celle présentée dans [1]. Ces travaux ont été soumis dans la revue IEEE trans. on Automatic Control en mars 2014.

Nous espérons que l'algorithme d'apprentissage partiel du filtre de Kalman améliorera le suivi de la pupille dans le cadre de vidéos d'œil.

B. Travaux sur l'iris

Nous avons poursuivi les travaux sur la segmentation et la reconnaissance d'iris en proposant une version améliorée multi-processus de l'algorithme proposé dans la communication [2]: nous avons dédié un processus à la segmentation de la pupille, un autre à celle de l'iris et le dernier à la fusion des données. De plus, nous avons instauré des critères de qualité dès la segmentation de la pupille, ce qui nous a permis de réduire encore le nombre d'images exploitées et donc de réduire le temps de segmentation d'une vidéo. Au final, nous sommes passés de 4 images traitées par seconde à un taux constant de 25 images par seconde.

Nous avons également évalué nos algorithmes sur la base de données MBGC. Celle-ci est composée d'une base de 8 589 images d'iris, et d'une base de 986 vidéos provenant de 274 individus. Nous avons utilisé la base d'images comme base d'apprentissage et testé la reconnaissance sur la base de vidéos. Les résultats de reconnaissance sont représentés dans la courbe ROC (Figure 1). Nous obtenons un EER de 0,2 % pour la fusion de 7 images, ce qui est légèrement supérieur aux méthodes de l'état de l'art qui atteignent au mieux une EER de 0,3 %. Notre schéma de sélection permet de traiter un flux vidéo en temps-réel, et d'assurer de très bonnes performances pour la reconnaissance d'iris. Ces résultats ont été soumis dans la revue Signal, Images and Video Processing (SIVP) en mars 2014.

Protection solaire et Filtrage UV



LECUREUX Marie – DiMABio

Directeurs de thèse : Carole Deumié, Stefan Enoch

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 (TiO₂, ZnO, CeO₂) placés dans une émulsion contenant des absorbeurs chimiques.

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 (particules) qui peuvent renvoyer la lumière par *diffusion de volume* ou *augmenter le parcours* de la lumière, qui rencontre plus d'absorbeurs
- ✚

Paramètres d'influence de la protection solaire

On compte plusieurs paramètres influençant fortement la réponse de la crème :

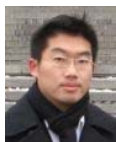
- La répartition de la crème sur le support :

Différentes techniques comme la fluorescence, l'étude de l'état de surface ou l'OCT (Optical Coherence Tomography) peuvent servir à observer la répartition de la crème sur le support.

- Les caractéristiques des particules :

On peut modéliser l'effet des particules sur la lumière par plusieurs méthodes numériques de résolution des équations de Maxwell comme la théorie de Mie ou la méthode différentielle

Conception de techniques de segmentation d'images bruitées à partir d'un algorithme de segmentation à deux régions ultra-rapide et non supervisé



LIU Siwei – PHYTI

Directeurs de thèse : Nicolas Bertaux, Frédéric Galland

La segmentation d'image joue un rôle important dans de nombreux systèmes de traitement d'image et de nombreuses questions restent ouvertes. C'est notamment le cas pour les images fortement bruitées et pour des applications dans des systèmes embarqués où il est nécessaire de disposer d'algorithmes rapides et non supervisés.

Il a été montré récemment, dans le cas d'une segmentation à deux régions homogènes, que l'utilisation de contours actifs polygonaux fondés sur la minimisation de la complexité stochastique (Minimum Description Length principe) permet d'aboutir à un algorithme ultra-rapide (10ms pour segmenter une image de 256×256 pixels sur un ordinateur standard) qui ne nécessite ni paramètre à régler dans le critère d'optimisation, ni connaissance a priori sur les fluctuations des niveaux de gris. Cette technique de segmentation rapide et non supervisée devient alors un outil élémentaire de traitement. L'objectif de cette thèse est de montrer les apports de cette brique élémentaire pour la conception de techniques de segmentation plus complexes. Les différentes approches développées au cours de cette thèse ont permis de dépasser un certain nombre de limites et en particulier :

- d'être robuste à la présence dans les images de fortes inhomogénéités qui sont souvent inhérentes au processus d'acquisition (éclairage non uniforme, atténuation, ...);
- de segmenter des objets non connexes par contour actif polygonal sans complexifier fortement les stratégies d'optimisation ;
- d'estimer de façon non supervisée le nombre de régions homogènes présentes dans une image.

Développement de traitements multidialectriques pour lasers de haute puissance à impulsions femtosecondes



HERVY Adrien – ILM

Directeurs de thèse : Laurent Gallais (Institut Fresnel),
Gilles Cheriaux (Laboratoire d'Optique Appliquée), Daniel Mouricaud (Reosc)

A travers 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. Dans de tel systèmes lasers, plus le faisceau se rapproche de la chambre d'expérience, dans laquelle il est focalisé sur une cible, plus ses caractéristiques deviennent extrêmes : son diamètre est élargi jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres, sa durée est réduite à quelques femtosecondes, son énergie est intensifiée au-delà d'une centaine de joules...

Les composants optiques utilisés en fin de ces chaînes laser doivent être conçus pour permettre la propagation du faisceau sans en dégrader ses caractéristiques. Ils doivent donc respecter des spécifications strictes de résistance au flux laser associées à de hautes performances optiques. Certaines de ces optiques, comme les miroirs, sont souvent conçues à partir d'un empilement de couches minces de matériaux diélectriques. Or, la tenue au flux laser de ces matériaux, en régime

femtoseconde, nécessite d'être étudiée afin d'aboutir au design puis à la fabrication d'un composant répondant à l'ensemble des performances requises.

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 multidiélectriques et les lasers femtosecondes. D'autre part, la maîtrise de procédés complets de fabrication des miroirs de grande dimension, en particulier pour le laser français *Apollon 10P*, prototype des lasers *ELI*, devra permettre la production d'optiques pour les lasers haute puissance du projet européen.

Mesure spatialement résolue des paramètres de polarisation d'un champ de speckle



GHABBACH Ayman – CONCEPT

Directeur de thèse : Myriam Zerrad, Gabriel Soriano, Claude Amra

Les phénomènes inhérents à la polarisation de la lumière sont à l'heure actuelle au centre de nombreux travaux de recherche sur les aspects théoriques, mais également technologiques. Plus particulièrement, il a récemment été montré que la lumière diffusée par des milieux complexes présente des propriétés polarimétriques caractéristique du milieu éclairé. On assiste par exemple, à une dépolarisation spatiale [1] et/ou une repolarisation temporelle [2-4] de la lumière diffuse. Une caractérisation expérimentale fine de ces phénomènes nécessite la mise en œuvre d'une métrologie dédiée permettant de caractériser les variables polarimétriques du champ diffusée avec une sensibilité optimale. La mesure devra par ailleurs être spatialement résolue à une échelle sub-speckle.

En raison de difficultés inhérentes à la stabilité du speckle [5]. Différentes procédures peuvent être mises en œuvre mais il est important de s'attarder sur la forme et la précision des signaux mesurés, avant d'en extraire les paramètres de polarisation.

Nous présentons ici les résultats obtenus sur la base de composants CCL. Un fit analytique est mis en œuvre pour une mesure rapide et précise sur l'ensemble des pixels d'une matrice CCD placée dans le champ lointain d'une lumière diffusée. Les résultats permettent de préciser la pertinence d'une mesure dans le grain de speckle. La technique est appliquée à la caractérisation d'échantillons diffusants de microstructure variable et mettent en évidence les signatures des milieux complexes, ouvrant ainsi le champ des applications au sondage des milieux inertes ou vivants.

Méthode de conception d'antenne mutibande flexible – Projet BELOCOPA



GEORGET Elodie – HIPE

Directeurs de thèse : Redha Abdeddaim, Pierre Sabouroux

Le projet Belocopa (**B**ouée **É**jectable pour la **L**Ocalisation et la **C**Ollecte des **P**aramètres de vol d'un **A**éronef abîmé en mer) propose un système de pré-localisation rapide des boîtes noires d'un avion abîmé en mer. Ce projet est né suite à l'accident du vol Rio-Paris AF447 en 2009, et est remis d'actualité avec la disparition du vol MH370 récemment.

Le but de ce travail de thèse est de réaliser le système antennaire de la bouée éjectable. Pour ceci, une antenne multi-bande avec des diagrammes de rayonnement optimisés est réalisée pour établir la localisation et la transmission hertzienne des données de vol en mémoire. Une procédure a été mise en place pour obtenir plusieurs rayonnements dipolaires optimisant les diagrammes en champ lointain. Des éléments parasites sont ajoutés à une antenne initiale pour modifier les modes rayonnés. Ainsi, plusieurs modes de rayonnement dipolaires sont obtenus à plusieurs fréquences de

résonance. L'étude de notre antenne réalisée sur substrat souple est effectuée en champ proche pour aborder le fonctionnement des modes, et en déduire en champ lointain les diagrammes de rayonnement qui sont vérifiés expérimentalement. Ces études en champ proche et lointain sont réalisées en simulation avec le logiciel CST Microwave Studio et en mesure à l'aide des deux chambres anéchoïques auxquelles nous avons accès.

Pénétration de Molécules Actives pour la Cosmétique Etudiée par Microscopie Non linéaire



CHEN Xueqin – MOSAIC

Directeur de thèse: Hervé Rigneault

La peau est la première couche qui protège le corps de l'environnement externe, elle est une défense anatomique contre les pathogènes et les dommages. La pénétration efficace de molécules actives dans la peau est essentielle pour l'industrie cosmétique. Bien que les molécules actives puissent être marquées, une telle stratégie n'est pas compatible avec les applications in vivo, de plus, le marquage peut toujours modifier les voies de pénétration des molécules. En revanche, des méthodes sans marquer, par exemple, les techniques d'imageries vibrationnelles offrent des possibilités de localisation des molécules sur les tissus

Dans ce travail, nous utilisons la microscopie CARS (Coherent Anti-stokes Raman Scattering):

(1) pour suivre les molécules actives lors de leur pénétration dans des échantillons de peau artificielle et de peau humaine. La peau artificielle vivante de type Episkin est utilisée pour étudier la pénétration de composés moléculaires actifs pour la cosmétique alors que les plasties abdominales humaines sont utilisées pour étudier l'efficacité d'absorption cutanée et simuler la concentration dans le profondeur.

(2) pour étudier les pores sudoraux, nous proposons d'appliquer ces méthodes de microscopie non linéaire in vivo. Les expériences sont réalisées sur des mains humaines afin d'étudier le processus de sudation. La morphologie des pores est étudiée et la quantification tels que le taux de transpiration et le volume de transpiration est fourni.

La fluorescence excitée à deux photons (TPEF) est également utilisée pour distinguer la morphologie de la peau.

Étude de l'endommagement laser à la surface de composants optiques en silice par plusieurs longueurs d'onde simultanément en régime nanoseconde

CHAMBONNEAU Maxime – ILM (CEA/CESTA/DLP/SISE/LMO)

Directeur de Thèse : Jean-Yves Natoli

La tenue au flux laser des composants optiques des chaînes du Laser MégaJoule (LMJ) est l'une des clés de la réussite d'une telle installation. Sur une chaîne du LMJ, un faisceau principal à 351 nm (3ω) ainsi que les faisceaux résiduels à 1053 nm (1ω) et 526 nm (2ω) non-convertis illuminent alors simultanément un réseau focalisant en silice. Les densités de dommages ρ en mono-longueur d'onde sur silice ont permis de déterminer les domaines de fluences $F_{1\omega}$ et $F_{3\omega}$ à couvrir lors des études d'amorçage des dommages multi-longueurs d'onde ($3\omega+1\omega$). Ces études ont montré l'existence d'un couplage entre les deux longueurs d'onde qui peut être évalué en traitant la courbe de niveau $\rho = f(F_{3\omega}, F_{1\omega})$ en iso-densités de dommages. Parallèlement à la partie expérimentale, une approche théorique basée sur une absorption du flux laser assistée par un défaut a été conduite afin d'expliquer ce couplage. Une deuxième étude visant à déterminer l'influence du mélange de longueurs d'onde sur le phénomène de croissance des dommages a été conduite. Les résultats en

probabilités et coefficients de croissance sont exprimés en fonction des fluences à chaque longueur d'onde. Cette quantification permet de démontrer l'existence d'un couplage entre les impulsions 1ω et 3ω . Enfin, une étude portant sur la morphologie des dommages amorcés à 1ω sur silice a mis en évidence une forte corrélation entre la structure d'un dommage et le profil temporel de l'impulsion laser associée. Ces résultats expérimentaux suggèrent que la morphologie des dommages provient d'un couplage entre une onde de détonation assistée par un laser qui se propage dans l'air et un mécanisme d'ablation dans la silice. Des expériences dans d'autres configurations valident ce scénario et permettent la compréhension des mécanismes d'endommagement.

Détection de changements en imagerie hyperspectrale



BRISEBARRE Godefroy – HIPE

Directrice de thèse : Mireille Guillaume

Le sujet de ma thèse consiste en la détection de changements au sein d'une série multitemporelle d'images hyperspectrales. Ce sujet s'est décomposé en deux temps : il s'agissait d'abord de développer un algorithme de détection de changements adapté au contexte hyperspectral puis, par la suite, d'exploiter et interpréter cette information de changement afin d'étudier ces derniers de façon qualitative. Dans un premier temps, j'ai étudié et comparé plusieurs méthodes de détection de changement avant de sélectionner celle qui semblait être la plus performante. Dans un second temps, j'ai développé une méthode de classification des changements détectés par cette méthode. Enfin, je me suis intéressé aux possibilités d'exploiter l'information multitemporelle et l'ensemble des informations obtenues sur les changements afin d'améliorer des résultats de démixage. Pour rappel, les méthodes de démixage consistent en l'estimation des différents *endmembers*, qui sont souvent ensuite identifiés à des matériaux qui composent la scène étudiée, et de leur proportion au sein de chaque pixel.

Etude tridimensionnelle de systèmes biologiques par imagerie de phase quantitative



AKNOUN Sherazade – MOSAIC

Directeur de thèse : Serge Monneret

L'objectif global de cette thèse est d'utiliser le contraste et la quantification de la phase apportés par la technique utilisée pour caractériser des systèmes biologiques et identifier ses constituants.

L'imagerie de phase quantitative est une application de l'optique qui permet une mesure complète du champ électromagnétique complexe (i.e. composantes amplitude et phase). Nous utilisons une technique d'interférométrie à décalage quadri-latéral qui nous permet d'imager un échantillon sur microscope sans marquage et en temps réel. Outre un important contraste, cette technique donne également accès à une quantification de la différence de chemin optique, proportionnelle à l'indice de réfraction et à l'épaisseur physique de l'échantillon.

En utilisant les propriétés de certains constituants anisotropes au sein de ces échantillons, on peut réaliser des images de contraste spécifique grâce à une excitation de l'échantillon avec différentes polarisations. On peut ainsi révéler spécifiquement des fibres ou des modifications d'architecture locales au sein de tissus.

En utilisant cette technique dans des conditions particulières d'illumination, on a vu que l'on pouvait envisager une technique de reconstruction tridimensionnelle d'un échantillon biologique, résolue spatialement dans les 3 dimensions de l'espace et ainsi passer d'une information 2D à une information 3D. La nouveauté essentielle provient du type de contraste apporté, mais aussi des

conditions d'imagerie qui nous permettent de travailler en gardant l'illumination native d'un microscope classique et de réaliser un unique balayage vertical de l'échantillon.

L'enjeu est également de pouvoir décorrélérer à terme l'indice de réfraction de l'épaisseur physique, afin de pouvoir obtenir une carte d'indice de réfraction que l'on sait caractéristique des constituants de l'échantillon imagé. Dans le cas de cellules biologiques ou d'échantillons plus épais comme des tissus, le but est d'obtenir une caractérisation tridimensionnelle de l'indice de réfraction en réalisant des coupes optiques de cet échantillon. Ces coupes sont d'autant meilleures que l'on utilise une illumination incohérente spatialement. Il suffit alors d'empiler ces coupes suivant l'axe optique (balayage du focus), puis de réaliser des déconvolutions numériques de la série d'images ainsi enregistrées.

A terme, on envisage de coupler imagerie spécifique et tomographie afin de pouvoir contraster spécifiquement des coupes optiques au sein d'un objet 3D.

Quantitative Nanoscale Imaging of Molecular Anisotropy in Bio-molecular Assemblies



AHMED Haitham – MOSAIC

Directeur de thèse : Sophie Brasselet

Fluorescence microscopy allows noninvasive imaging of numerous species in biological specimens with single-molecule sensitivity. Super-resolution microscopy techniques based on single molecules localization, taking advantage of this sensitivity, have brought a significant improvement in nano-scale imaging of molecular assemblies in biological specimens. These methods can now image living cells [1-2], three-dimensional specimens [3], and multiple species. However, apart from one early demonstration [4], these methods are not exploited to provide information on the orientation and rotational freedom of individual molecules, which can be used to analyze the degree of interaction between molecules in biological systems. Furthermore, understanding organization and functionality of molecular machines often requires the determination of the orientation of molecules within cellular structures and the relation between one molecule and its surrounding ones.

In this work, we report a super-resolution polarization-resolved microscopy technique able to image molecular orientation in static and dynamic environments at single molecule level and nano-scale resolution. Using direct Stochastic Optical Reconstruction Microscopy (dSTORM) [5] in combination with polarized detection, fluorescence anisotropy images can be reconstructed at a spatial resolution of 30nm, from which both the dynamical nature of the molecular orientational order and its static angular constraint can be deduced. Based on a refined signal analysis technique which provides high accuracy in the estimation of molecular anisotropies, we report nano-scale orientational behaviors of biomolecular assemblies in fixed cells [6].

References

- [1] Hess, S.T. et al. (2007) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104:17370–17375
- [2] Shroff, H. et al. (2008) Nat. Methods 5: 417–423
- [3] Huang, B. et al. (2008) Science 319 :810–813
- [4] T J Gould et al., (2008) Nature Methods 5:1027-1030
- [5] Heilemann, M. et al. (2008) Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 47:6172-6176
- [6] C. A. Valades Cruz*, H. Ahmed Shaban*, J. Savatier, S. Monneret, N. Bertaux, S. Brasselet, in preparation

1^{ère} année

Efficient signal processing techniques for visible light communication systems



LONG Shihe – GSM

Directeurs de thèse : Ali Khalighi, Salah Bourenane

Visible light communication (VLC) refers to a short-range optical wireless communication using LEDs lighting. The advantages of LEDs over traditional lighting technologies in energy efficiency and longevity make it popularly adopted in the general illumination market. In addition to their original lighting function, LEDs can also be modulated at high speed. Thus a high data rate communication can also be achieved using the existing LEDs without affecting the original illumination function.

Visible light communication is rapidly emerging as a compelling technology for supplementing traditional radio frequency communication. It offers many benefits over their RF counterparts, such as a large, unlicensed bandwidth, enhanced communication security and immunity to electromagnetic interference, etc.

However, visible light communication has also a few drawbacks. One of them is the limited modulation bandwidth of off-the-shelf white LEDs. Typical raw bandwidth is only about several MHz due to the slow time constant of the phosphor part, therefore, efficient signal processing techniques are necessary for achieving high data rate. A number of schemes are proposed to overcome this problem, including pre- and post-equalization (FFE, DFE-ZF), high spectral efficiency modulations techniques like M-CAP and QAM-DMT, and Multiple-in-Multiple-out (MIMO). Among those, QAM-DMT is advantageous for channels with strong low-frequency noise or interference, as is the case for visible light communication channels.

This thesis aims to provide a comprehensive overview and to developing new efficient signal processing techniques for visible light communications. Our works starts from the precise characterization of the visible light channels, investigating its time-dispersive properties and its influence on the choice of proper signal processing techniques. Then we will move to advanced modulation and coding techniques, especially QAM-DMT and exploit their capacity to build a stable and robust visible light links.

Analyse des propriétés de polarisation et de cohérence des ondes optiques et électromagnétiques interagissant avec des milieux aléatoires



WASIK Valentine – PHYTI

Directeur de thèse : Philippe Réfrégier

Co-encadrant : Antoine Roueff

L'utilisation des propriétés polarimétriques des ondes optiques et électromagnétiques a permis le développement de nombreuses techniques d'imagerie dans des domaines aussi variés que l'environnement, la biologie, les applications médicales ou la défense.

Dans le domaine de la biologie, la génération de second harmonique résolue en polarisation (PSHG) est une technique d'imagerie permettant d'accéder à diverses informations moléculaires d'un échantillon biologique. Les études en cours dans le cadre de cette thèse proposent d'approfondir des travaux réalisés précédemment en analysant précisément dans le cadre statistique la précision de l'information obtenue lorsque la mesure est perturbée par un bruit de photon pour tout type de molécule présentant une symétrie cylindrique. L'objectif est également de comparer différentes techniques PSHG grâce à des outils statistiques adaptés.

Dans le domaine de l'environnement, les collaborations de l'équipe permettront dans la suite de cette thèse de s'intéresser à l'estimation de paramètres de végétation obtenus grâce à des techniques radar polarimétriques et interférométriques (PolInSAR).

Parallèlement, des travaux théoriques dans le domaine de l'optique statistique réalisés par l'équipe ont permis d'aboutir à une meilleure compréhension des propriétés de cohérence des ondes partiellement polarisées, notamment grâce à l'analyse des propriétés d'irréversibilité et d'invariance. Les travaux jusqu'à présent menés dans le cadre de cette thèse comprennent l'étude des conditions pour lesquelles les champs partiellement polarisés possèdent certaines propriétés de cohérence analogues à celles des champs scalaires, ainsi que la généralisation des propriétés de cohérence lorsque le champ est amené à fluctuer en trois dimensions.

2^{ème} année

Outils statistiques pour l'amélioration des systèmes d'imagerie par diffraction



DIONG Mouhamadou – PHYTI / HIPE / LMA

Directeur de thèse : Lasaygues, Phillipe (LMA)

Co-directeur : Roueff, Antoine (Fresnel)

Co-encadrant : Litman, Amélie (Fresnel)

L'un des enjeux majeurs pour les systèmes d'imagerie par diffraction acoustique ou micro-onde, est de déterminer le nombre d'antennes et de mesures nécessaires pour obtenir des performances et des résolutions satisfaisantes en reconstruction.

Une manière de répondre à ce problème est de quantifier la quantité d'information disponible dans les données de mesure à propos des paramètres physiques reconstruits.

Une première solution consiste à utiliser directement l'erreur de reconstruction comme étant une fonction décroissante de la quantité d'information disponible. Cependant, cette erreur dépend non seulement de l'algorithme d'imagerie utilisé mais aussi de l'objet à reconstruire. En outre, l'estimation de cette erreur nécessite l'utilisation de méthodes de simulation numérique; ce qui, dans ce contexte particulier, est assez coûteux en termes de temps et de ressources de calcul.

Une seconde solution consiste à utiliser les bornes de performance d'estimation. Ces bornes sont très souvent utilisées en traitement statistique du signal notamment pour le radar ou en optique. Elles permettent d'analyser la précision optimale des estimations pour différents modèles physiques considérés sans être influencé par le choix de la méthode d'estimation et constituent une alternative intéressante pour l'optimisation du système d'imagerie en fonction de la classe d'objets.

Dans le cadre de notre étude, nous allons introduire une borne de performance particulière, la borne de Cramer-Rao et ses utilisations possibles pour améliorer les dispositifs d'imagerie.

Exploration de nouveaux développements d'applications de systèmes de radiométrie spectrale imageante ou spectroradiométrie imageante aéroportés



JUAN Josselin – GSM

Directeur de thèse : Salah Bourennane

La radiométrie spectrale imageante, ou spectroradiométrie imageante, est une technologie d'observation optique de la Terre qui est des plus prometteuses. L'évolution des capteurs hyperspectraux, association d'une caméra optique et d'un spectromètre, permet d'observer la Terre sous un nouvel angle, grâce aux images ainsi obtenues.

Chaque image hyperspectrale peut être représentée comme un tenseur de données d'ordre 3, composé de deux dimensions spatiales et d'une dimension spectrale. Afin d'étudier ces données, nous déplaçons les tenseurs selon l'une des trois dimensions avant de les traiter avec des méthodes algorithmiques suivant la problématique étudiée.

Les applications les plus classiques des images hyperspectrales sont :

- La détection : Recherche et identification d'un objet déterminé
- La classification : Séparation et regroupement d'objets selon un critère
- Le démixage : Séparation et identification des composants d'un objet

Cette thèse a pour but de mettre au point de nouvelles techniques afin d'affiner l'exactitude des informations extraites du cube hyperspectral notamment une plus grande exactitude dans la dérivation de la réflectance spectrale à la surface, l'extraction des principales signatures spectrales, la délimitation et la déconvolution spectrale des matériaux de surface.

Elle s'intéressera en particulier au problème de démixage des images hyperspectrales afin d'identifier précisément les signatures spectrales composants les pixels mixtes. Des pistes de recherche ont déjà été soulevées par les précédentes recherches de l'équipe GSM, comme l'utilisation de méthodes de bootstrapping afin d'extraire plus efficacement les signatures des endmembers faiblement représentés.

3^{ème} année

Diffusion par des objets inhomogènes : méthode RECY Cristaux photoniques imparfaits



DIEUDONNÉ Éva – CLARTE

Directeurs de thèse : Stefan Enoch et Nicolas Malléjac (CEA)

La diffusion des ondes électromagnétiques par des objets est un problème important dans de nombreux domaines comme la médecine, l'optique, l'acoustique, la géophysique, les communications et la télédétection. Nous définissons la diffusion comme la contribution d'une inhomogénéité par rapport à l'objet de base idéal, considéré sans défaut.

Au cours de notre travail, nous avons mis au point des outils numériques pour calculer la diffusion au premier ordre d'objets inhomogènes [1]. La méthode la plus remarquable que nous avons mis au point est la méthode RECY [2]. Cette méthode est basée sur le principe de réciprocité et l'approximation du premier ordre. Elle permet d'obtenir simplement à l'aide de calcul de champ dans la structure idéale, le champ diffusé au premier ordre de n'importe quel défaut dans cette structure.

Nous avons appliqué cette méthode pour des structures de plus en plus complexes. Nous avons dans un premier temps traité le cas d'un monocouche, puis d'un réseau et enfin une structure plus complexe : le pixel CMOS, objet que l'on retrouve dans de nombreux appareils photo récents. Nos résultats présentent un excellent accord avec le calcul exact.

Les très bons résultats de notre méthode nous ont incité à poursuivre nos investigations sur des structures encore plus complexes. Nous avons considéré dans une seconde partie de notre travail les cristaux photoniques. Ces structures possèdent des propriétés remarquables. Leurs structures de bandes (relation entre la longueur d'onde dans le vide incidente et celle de le matériau) montrent pour certains d'entre des bandes interdites où le champ ne pénètre donc pas dans le cristal.

Nous avons cherché à connaître l'impact de défaut dans ce type de structure pour pouvoir expliquer les résultats obtenus pour les cristaux fabriqués dans notre laboratoire. Les principaux défauts sont l'absence d'inclusion à certains endroits. Notre méthode RECY ne permet pas de trouver les états particuliers qui apparaissent dans le cristal possédant ce type de défaut. En effet, nous sortons alors du cadre de l'approximation. Néanmoins, la mise en évidence de ces états particuliers, nous a conduits à chercher un outil capable de donner les structures de bandes de ces cristaux contenant des défauts de périodicité.

Nous avons donc mis au point une méthode capable de calculer pour une structure carrée, la structure de bande d'un cristal à défaut en utilisant la technique de la supercellule.

[1] É. Dieudonné, N. Malléjac, C. Amra et S. Enoch, *JOSA-A*, **30**, 1772-1779 (2013).

[2] É. Dieudonné, N. Malléjac et S. Enoch, *Optics Express* (2014) (*accepted*).

Contrôle multicritères de filtres interférentiels en cours de dépôt



STOJCEVSKI Dragan – RCMO

Directeurs de thèse : Michel Lequime, Catherine Grézès-Besset (CILAS)

Grâce à un empilement de couches minces il est possible de modifier à volonté les propriétés optiques d'une surface. Les applications des couches minces sont nombreuses et dans des domaines où les limitations physiques sont toujours repoussées : tenu au flux laser, filtrage spectral à haute résolution, absorbeur de lumière... Il apparait que les besoins en performances deviennent de plus en plus exigeants demandant ainsi une maîtrise quasi-parfaite des méthodes de pilotage du procédé dépôt.

Nous aborderons deux aspects des méthodes de contrôle in-situ des couches minces : les critères physiques indirects (microbalance à quartz, temps) et les critères optiques directs (monochromatique, large-bande, phase).

Le choix de la méthode de contrôle dépendra de l'empilement à réaliser. Nous montrerons que chaque critère est adapté à un certain type de design optique. Nous entendrons par contrôle multicritère, la méthode permettant d'utiliser l'ensemble des critères optiques et physiques disponibles en même temps. La méthode multicritère offre la possibilité d'avoir accès aux propriétés optiques in-situ des couches et de l'empilement à tout moment au cours du dépôt, permettant ainsi une ré-optimisation du design en temps réel pour aboutir à une stratégie de réalisation sans échec.

NOTES

NOTES