



**Journées Des Doctorants
de l'Institut Fresnel
8 et 9 juin 2016**



Carry-le-rouet

Mercredi 8 juin 2016

dès 9h00	Accueil Café devant la salle "Bord de Mer"		
9h35	Introduction		
9h45	BRULE Yoann	ATHENA EPSILON	<i>Développement de la méthode des éléments finis : application à la conception de filtres optiques pour les dispositifs d'affichage</i>
10h00	CHAMPELOVIER Dorian	MOSAIC	<i>Microscopie bi-photon à front d'onde optimisé pour l'imagerie de l'activité neuronale profonde chez la souris épileptique.</i>
10h15	DE TORRES Juan	MOSAIC	<i>Nanophotonic control of FRET</i>
10h30	DOUALLE Thomas	ILM	<i>Développement d'un procédé de micro-usinage laser pour le recyclage des optiques du Laser MegaJoule</i>
10h45	GODAVARTHI Charankumar	SEMO	<i>Optical Diffraction Tomography Microscopy : Towards 3D Isotropic super-resolution</i>
11h00	HAMZA Tasnim	GSM	<i>Techniques efficaces de transmission et de pointage pour les communications optiques sous-marines</i>
11h15	LIUKAITYTE Simona	CONCEPT	<i>Diffusion lumineuse et filtres interférentiels complexes : Diffusion aux grands angles</i>
11h30	Intervention Maria MARAGKOU Associate Editor, Nature Materials		
12h00	Pause Déjeuner <i>A partir de 13h00 Remise échelonnée des clés à la réception</i>		
14h30	LOMBARDINI Alberto	MOSAIC	<i>Nonlinear endoscopy with Kagomé hollow-core fibers</i>
14h45	LONG Shihe	GSM	<i>Efficient signal processing techniques for visible light communication systems</i>
15h00	RASSEM Nadège	CLARTE	<i>Guiding and Confinement of Light inside Nanostructured Optical Waveguides: Applications to Ultra-Selective Spectral Filtering</i>
15h15	RENDON BARRAZA Carolina	MOSAIC	<i>Polarization resolved non-linear microscopy in metallic nanostructures for imaging and control in complex media</i>
15h30	SOZET Martin	ILM	<i>Etude de la tenue au flux laser en régime sub-picoseconde de composants réfléchissants pour les applications Petawatt</i>
15h45	WASIK Valentine	PHYTI	<i>Estimation de propriétés de milieux désordonnés par l'analyse de la polarisation d'ondes optiques ou radar</i>
16h00	ZHANG Hongshan	MOSAIC	<i>Visualizing human RAD52 interacting with individual DNA molecules</i>
	De 16h15 à 17h45 - Session Posters 1^{ère} Années <i>Pause-café pendant la session 16h15-17h00</i>		
	Temps Libre		
19h00	Cocktail - Concert à 19h00 devant la salle "Bord de Mer"		
20h00	Diner		

Jeudi 9 juin 2016

	Le Petit-déjeuner est servi de 7h30 à 9h15 – Remise des clés impérativement avant 9h30		
9h30	Boris KUHLMEY Associate Professor, University of Sydney, Australia		
Liste Participants 2A	10h00 : début de la 1ère session "Ma thèse en 180 secondes" des 2A		
	ALWAKIL Ahmed	CONCEPT	<i>Heat mimicking of given objects</i>
	BEAUDIER Alexandre	ILM	<i>Etude des modifications laser induites dans la silice sous irradiation multiple, en régime nanoseconde et dans l'UV</i>
	CANONGE Rafael	MOSAIC	<i>Imagerie 3D quantitative utilisant la microscopie non linéaire sans marquage dans la peau humaine</i>
	COLOM Rémi	CLARTE	<i>Enhancing light-matter interactions with high-index dielectric scatterers</i>
	DIONI Luca	CLARTE	<i>Development of a Multi-purpose Fast Neutron Spectrometric Capability in the MASURCA Experimental Facility</i>
	DUPRE Antoine	GSM	<i>Development of Prototype Electrical Impedance Tomograph for measurements of void fraction in two-phase flows</i>
	ELSAWY Mahmoud	ATHENA	<i>Modeling of complex nonlinear plasmonic waveguides</i>
	FAGET Xavier	HIPE	<i>Application expérimentale de méthodes inverses avancées pour l'imagerie des propriétés EP d'un matériau magnéto-diélectrique.</i>
	De 10h50 à 11h50 - Session poster 1/2 <i>Pause café pendant la session</i>		
11h50	Miguel ALONSO Institut d'Optique Rochester, USA		
12h20	Pause Déjeuner		
14h45	Service Gestion de l'Institut Fresnel		
15h15	15h15 : début de la 2ème session "Ma thèse en 180 secondes" des 2A		
Liste Participants 2A	GARCIA VERGARA Mauricio	ATHENA	<i>Transient regime on dispersive media</i>
	LABOUESSE Simon	SEMO-COMIX	<i>Super-resolution capacity of imagers using random illuminations</i>
	NEVES Luisa	HIPE	<i>Development of a real – time microwave sensor system for detection of dielectric contrasting liquids</i>
	REMESH Vikas	MOSAIC	<i>Single molecule coherent control on light harvesting complexes : Role of coherence in energy transport at the femtosecond timescale</i>
	ROBERT Hadrien	MOSAIC	<i>Photothermal-assisted hydrothermal chemistry at ambient pressure</i>
	RUSTOMJI Kaizad	CLARTE	<i>Controlling emission with metamaterials</i>
	SALEH Hassan	HIPE	<i>Application of Microwave-analogy to the study of scattering by trees, atmospheric particles and micro-organisms</i>
	VIGNAUX Maël	RCMO	<i>Développement d'une stratégie optimisée pour le contrôle de dépôt de filtres à base de couches minces optiques</i>
	WANG Bingxia	ILM	<i>Ultra short pulse characterization, a new in-situ approach using disordered nonlinear ferroelectric crystals</i>
	16h05 - 17h05 - Session Poster 2/2 <i>Pause café pendant la session</i>		
17h10 17h30	Délibération du Jury Remise des Prix et clôture des JDD		

Développement de la méthode des éléments finis : application à la conception de filtres optiques pour les dispositifs d'affichage



BRULE Yoann – ATHENA / EPSILON

Directeurs de thèse : Guillaume Demésy et Boris Gralak

Au cours de cette thèse, la formulation éléments finis en champs diffractés précédemment développée au sein de l'Institut Fresnel a été appliquée à l'étude de différentes structures de nanoparticules métalliques organisées en réseaux. Ces études ont permis de mieux comprendre les paramètres d'influence des propriétés de transmission et de réflexion de ces structures permettant ainsi l'optimisation du design de composants optiques de filtrage pour la conception de dispositifs d'affichage tête haute en partenariat avec l'Institut d'Electronique Fondamentale (IEF Paris Sud) et l'industrie automobile (PSA). Les résultats numériques obtenus ont été validés grâce à des réalisations et mesures expérimentales effectuées à l'IEF. Un brevet a été déposé concernant le design de ces composants optiques de filtrage.

Afin de compléter l'analyse des réseaux de nanoparticules métalliques, une recherche amont a été conduite afin de développer une méthode d'analyse modale de ces structures basée sur la FEM, un formalisme analytique des équations de Maxwell dit « Formalisme des champs auxiliaires » et le modèle de résonance de Drude-Lorentz pour le comportement des particules de métal. Cette méthode a notamment permis de retrouver les fréquences complexes de cristaux photoniques métalliques bidimensionnels de section circulaire et carrée.

Microscopie bi-photon à front d'onde optimisé pour l'imagerie de l'activité neuronale profonde chez la souris épileptique.



CHAMPELOVIER Dorian – MOSAIC

Directeurs de thèse : Serge Monneret et 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 épileptique, 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 de l'activité neuronale dans l'hippocampe est réalisée par imagerie non linéaire à l'aide de marqueurs fluorescents. Ceux-ci sont injectés dans les neurones et leur intensité d'émission de photons de fluorescence dépend de la concentration intracellulaire de calcium. Seulement, la profondeur à laquelle se situe le gyrus denté (~1mm) empêche l'imagerie in-vivo de celui-ci du fait de la diffusion ainsi que des aberrations optiques induites sur le faisceau laser excitateur. Pour contrer

cela, l'optique adaptative semble être une technique adaptée pour parvenir à effectuer de l'imagerie in-vivo à de telles profondeurs. Mes travaux de thèse ont ainsi portés sur le développement d'un microscope bi-photon avec dispositif de correction de front d'onde intégré. De plus, une méthode de correction des aberrations optiques adaptée aux conditions expérimentales liées à l'imagerie en profondeur dans des échantillons neurobiologiques a été mise au point. Le but final de ce projet sera d'obtenir un instrument d'imagerie in-vivo permettant l'imagerie de l'activité calcique dans le gyrus denté de la souris.



Nanophotonic control of FRET

DE TORRES Juan – MOSAIC

Directeur de thèse : Wenger Jérôme

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. Nanophotonics achieves accurate control over these already said interactions by modifying the local density of optical states (LDOS) of a single quantum emitter. We have clearly demonstrated enhanced energy transfer within single FRET pairs confined in single nanoapertures made of gold or aluminum or in more complex structures like the antenna-in-box design and, by means of silver nanowires, we have demonstrated a long-range plasmon-mediated fluorescence energy transfer between two nanoparticles separated by micrometer distance. Our results are clearing a new path to improve the energy transfer process widely used in life sciences and biotechnology. Optical nanostructures open up many potential applications for biosensors, light sources or photovoltaics.

Développement d'un procédé de micro-usinage laser pour le recyclage des optiques du Laser MegaJoule



DOUALLE Thomas – ILM

Directeur de thèse : Laurent Gallais

Une des limitations du fonctionnement des grandes chaînes lasers de puissance, du type Laser MegaJoule (LMJ), est la problématique de l'endommagement laser des optiques, particulièrement la croissance des dommages sous tirs répétés. Pour pallier à cela et améliorer la durée des composants nous présentons le développement d'un procédé dit de 'stabilisation' permettant de stopper la croissance des dommages lasers sous tirs répétés afin de recycler les optiques endommagées. Ce processus consiste en une fusion, suivie d'une évaporation locale, par dépôt d'énergie localisé 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 et de développer le procédé permettant de traiter des dommages laser de dimensions millimétriques grâce, entre autres, à un laser CO₂ continu d'une puissance maximale de 120W et une tête d'usinage laser basée sur des miroirs galvanométriques.

Pour parvenir à cet objectif nous nous appuyons dans le cadre de la thèse sur la modélisation des phénomènes physiques mis en jeu lors des expériences de stabilisation en utilisant le logiciel de simulation multi-physique COMSOL. Le modèle thermo-mécanique actuel permet de calculer la distribution de température de la silice chauffée par laser CO₂ et la position des contraintes résiduelles après refroidissement de l'échantillon. Il est également possible de calculer la profondeur des cratères formés lors du chauffage du matériau.

Optical Diffraction Tomography Microscopy : Towards 3D Isotropic super-resolution



GODAVARTHI Charankumar – SEMO

Directeur de thèse : Hugues GIOVANNINI

Classical optical microscopy is limited in resolution by the diffraction limit restricting lateral resolution to about $\lambda/2$, and axial resolution to about λ (wavelength). Optical diffraction tomography microscopy (OTDM) is one of the techniques in the recent years that has seen a tremendous development in high and super-resolution imaging, pushing the spatial resolution beyond its diffraction limit. The principle is to illuminate the sample successively with various angles of coherent light, collect the complex diffracted field and reconstruct the sample 3D permittivity map through an inversion algorithm.

Transverse resolution of 100 nm was successfully achieved without any labeling (marker-free) of the samples. We have shown that the polarization plays a major role in achieving isotropic transverse resolution. The coupling of OTDM full-polarized complex field data with the inversions algorithm makes it possible to reconstruct any irregularities in the sample too. It is possible to achieve even higher resolution ($\lambda/10$) by providing a priori information (sample permittivity range within a bound) about the sample.

Axial resolution is equally important to perform 3D isotropic super-resolution. Poor axial resolution is due to the fundamental asymmetry of illumination and detection in microscopes. Illumination and detection are performed only on one side of the sample. It is important to perform illumination and detection in all possible angles in 3D, which is very hard to realize in practice. We propose a mirror-assisted OTDM set-up: the main idea is to deposit the sample on a mirror, so that it is illuminated and observed simultaneously from both sides. In a preliminary study, we have validated on synthetic data and experimentally the ability of our approach to retrieve accurate reconstructions of the sample along the axial direction.

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



HAMZA Tasnim – GSM

Directeurs de thèse : Salah Bourennane, Ali Khalighi
et 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 ?

Diffusion lumineuse et filtres interférentiels complexes : Diffusion aux grands angles



LIUKAITYTE Simona – CONCEPT

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

De nombreux efforts ont été consentis pour améliorer les technologies de dépôt de couches minces optiques afin de répondre aux besoins des utilisateurs, et ceci a permis l'émergence d'une nouvelle génération de filtres. Il est aujourd'hui possible de fabriquer des composants particulièrement complexes dont les performances spectrales en transmission et en réflexion répondent aux exigences, mais cette complexité de structure soulève de nouveaux problèmes liés aux phénomènes de diffusion de la lumière. Les indicatrices de diffusion de ces filtres présentent des variations extrêmement rapides et intenses en fonction de l'angle de reprise et de la longueur d'onde, ce qui est susceptible de dégrader les performances des systèmes dans lesquels ils sont intégrés. Dans un tel contexte, il est donc essentiel d'être capable de caractériser angulairement et spectralement la diffusion lumineuse.

Pour répondre à cette problématique, j'ai participé, durant ma thèse, au développement d'un diffusomètre, désigné sous l'acronyme SALSA (pour Spectral and Angular Light Scattering characterization Apparatus), et dédié à la caractérisation métrologique fine de la réponse spectrale et de la diffusion lumineuse de filtres interférentiels complexes.

Je présenterai ici la structure et les performances du banc SALSA, ainsi que les résultats expérimentaux obtenus au cours de ma thèse.

Nonlinear endoscopy with Kagomé hollow-core fibers



LOMBARDINI Alberto – Mosaic

Directeur de thèse : RIGNEAULT Hervé

Nonlinear optical microscopy (NLOM) represents today a powerful tool in biomedical imaging, allowing for label-free, chemically specific imaging of live tissues with sub-micrometer resolution. The development of miniaturized probes capable of imaging deeper in tissues and accessing internal organs represents a very attractive perspective for application of NLOM to in-vivo research and clinical applications. A critical point in the development of such endoscopes is related to the transmission of ultra-short laser pulses used for excitation.

During my thesis I have worked on the development of a fiber-scanning nonlinear endoscope based on a Kagomé-lattice double-clad hollow core fiber. This hollow-core fiber delivers pulses over a large transmission window (650-1100nm) with weak nonlinearities and low group velocity dispersion (GVD), meaning that the temporal and spectral profiles are preserved. The addition of an external clad for signal collection increases the NA of the fiber.

As compared to nonlinear endoscopes developed in recent past, this Kagomé endoscope allows for broadband, multi-wavelength femtosecond microscopy. In particular, Coherent Raman (CRS) imaging, which generally suffers from the nonlinear background generated in solid-core fibers. We show here multimodal images (CRS, two-photon fluorescence, second harmonic generation) of unlabeled biological tissues obtained with the endoscope prototype.

Efficient signal processing techniques for visible light communication systems



LONG Shihe – GSM

Directeurs de thèse : Ali Khalighi et Salah Bourennane

Visible light communication (VLC) is wireless communication technology using LEDs. Its idea is simple: in addition to the original illumination function, the intensity of the LEDs can also be modulated to provide a high-data transmission. VLC has many advantages over traditional radio-frequency (RF) technology and has been proven to be a promising technology for future high data-rate wireless communications. High spectral efficiency schemes such as OFDM-based schemes are necessary in VLC to achieve a high data-rate transmission on the limited modulation bandwidth of modern off-the-shelf LEDs. However, OFDM-based schemes usually have a high peak-to-average power ratio (PAPR), which could result in severe non-linear distortion for LEDs that has a limited dynamic operation range. Carrier-less amplitude and phase modulation (CAP) combined with frequency domain equalization (FDE) can provide a relief for the high PAPR problems while preserve the advantages of OFDM-based schemes such as high spectral efficiency and simple equalization at the receiver. Therefore, this thesis aims to provide a comprehensive overview of VLC and investigate single-carrier modulation schemes such as CAP-FDE for VLC systems. Our work reveals the usefulness of CAP-FDE for high-data transmission in VLC and provides a solid study in the choice of appropriate high spectral efficiency modulation techniques for future VLC applications.

Guiding and Confinement of Light inside Nanostructured Optical Waveguides: Applications to Ultra-Selective Spectral Filtering



RASSEM Nadège – CLARTE

Directeurs de thèse : Evgueni Popov et Anne-Laure Fehrembach

Resonant grating filter is a reflective narrowband filter that composed of a simple sub-wavelength grating etched on the top of thin stack layers. That structure is structurally simple with a high efficiency, rejection rate and quality factor but its major limitation lies in its weak angular acceptance. Hence the objective of this thesis is to achieve the ultra-selective spectral filter with a wide angular tolerance. To achieve a better angular tolerance, it has been proposed to surround the coupler grating with two Distributed Bragg Reflectors (DBR); forming the so-called Cavity Resonator Integrated Grating Filter (CRIGF).

One phase shift section is inserted between each DBR and the coupler grating. The angular acceptance of this structure is an order of magnitude greater than in infinite gratings. Thanks to an approached model based on the Coupled Mode Theory, we have identified the phenomenon responsible for this extraordinary high angular acceptance: an additional coupling that does not occur in infinite gratings.

Thereafter, we were interested in the spectral width when the size of the central section increases and we have shown that the CRIGF tends to the infinite grating when illuminated with the same and also that the CRIGF behaves as a radiative losses cavity rather than a grating.

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



RENDON BARRAZA Carolina – MOSAIC

Directrice 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).

Etude de la tenue au flux laser en régime sub-picoseconde de composants réfléchissants pour les applications Petawatt



SOZET Martin – ILM / CEA CESTA

Directeur de thèse : Laurent Gallais

Encadrants : Laurent Lamaignère et Jérôme Néauport (CEA CESTA)

Le laser de puissance PETAL (Petawatt Aquitaine Laser) a été construit en région Aquitaine et a pour objectif de délivrer des impulsions laser de 500 fs à 1053 nm et d'énergie supérieure à 3 kJ, afin d'atteindre des puissances supérieures à 6PW. La tenue au flux laser des composants optiques utilisés est à ce jour le principal facteur limitant les performances de ce type d'installations. De grandes optiques ($\sim 1\text{m}^2$) sont utilisées afin de transporter de grandes énergies tout en réduisant les fluences d'irradiation des composants. Afin de comprendre les mécanismes de l'endommagement laser en régime sub-picoseconde, un banc d'endommagement laser, nommé DERIC, a été développé au CEA CESTA (Bordeaux). De nouvelles techniques de test de tenue au flux laser ont été mises en place sur le banc : la technique mono-shot, qui permet de déterminer le seuil de tenue au flux laser d'un composant à l'aide d'une seule irradiation, et la procédure rasterscan, qui permet d'estimer la densité de défaut dans une optique. Lorsqu'un dommage est amorcé, il peut croître sous l'effet des tirs suivants. Une étude de la croissance des dommages sur un miroir à haute réflectivité, menée à

l'Institut Fresnel, a permis de déterminer un comportement lors de la croissance, commun à tous les dommages ainsi que des probabilités de croissance en fonction de la fluence de tir.

Estimation de propriétés de milieux désordonnés par l'analyse de la polarisation d'ondes optiques ou radar



WASIK Valentine – PHYTI

Directeurs de thèse : Philippe Réfrégier et Antoine Roueff

L'étude des propriétés de polarisation des ondes optiques ou radar, ainsi que l'analyse de leurs modifications lors de l'interaction avec un milieu désordonné, a conduit au développement de nombreuses techniques d'imagerie. Dans cette thèse, les compromis entre complexité des systèmes d'acquisitions et précision des mesures sont analysés pour deux applications où la polarisation des ondes est exploitée : l'imagerie microscopique de génération de second harmonique résolue en polarisation (PSHG) et l'imagerie polarimétrique interférométrique radar à synthèse d'ouverture (PolInSAR). Pour chacune d'entre elles, la nature désordonnée du milieu éclairé limite la précision des estimations pour une résolution ou un temps d'éclairement fixé. Dans chaque cas, la précision ultime décrite par la borne de Cramer-Rao et la recherche d'estimateur efficace est étudiée précisément. La difficulté d'estimer cette précision à partir des mesures est également abordée. Dans le cadre de l'imagerie PSHG, cette étude aboutit au développement d'une stratégie de détection des mesures non fiables. Dans celui de l'imagerie PolInSAR, la complexité du problème a nécessité de caractériser certaines propriétés des milieux éclairés. Ces résultats permettent ainsi de mieux appréhender la perte de performance qui pourra exister avec les systèmes compacts envisagés pour une mise en œuvre satellitaire.

Visualizing human RAD52 interacting with individual DNA molecules



ZHANG Hongshan – MOSAIC

Directeurs de thèse : Sophie Brasselet et Mauro Modesti (CRCM)

In many organisms, Rad52 has been shown to be a crucial component in DNA double-strand break repair by homologous recombination. Two main functions have been attributed to Rad52: facilitating the loading of Rad51 on RPA-coated single-stranded DNA and promoting the annealing of complementary single-stranded DNA. In humans, however, the mediatory role of hRAD52 in hRAD51 loading is thought to be fulfilled by hBRCA2. Therefore, the sole function of hRAD52 is believed to be the annealing of complementary single-stranded DNA. Here, we use an approach combining microfluidics, optical trapping and fluorescence microscopy to obtain insight in the mechanism of hRAD52 at the single-molecule level, by directly visualizing individual fluorescent hRAD52 complexes while they interact with single- and double-stranded DNA. For single-stranded DNA, we find rapid, static and tight interactions of hRAD52 complexes with the DNA. The single-stranded DNA appears to wrap around hRAD52 complexes. With double-stranded DNA, the interaction of hRAD52 are slower, weaker and often diffusive, which is consistent with hRAD52 preferentially localizing on single-stranded DNA. In addition, force-spectroscopy experiments show that hRAD52 profoundly alters the mechanical properties of double-stranded DNA by substantially enhancing DNA flexibility and slightly increasing DNA length, features that may be advantageous for localizing DNA double-stranded breaks. Finally, hRAD52 binding changes the nature of the overstretching transition of double-stranded DNA and appears to prevent melting of the DNA, which might be advantageous for strand clamping during or after annealing. Together, these effects may help key mechanistic steps during homologous recombination such as second-end capture.

RESUMES DES 1^{ère} ANNEES Posters



Systèmes optiques dépolarisants

Quentin AILLOUD – CONCEPT

Directeurs de thèse : Myriam ZERRAD et Claude AMRA

Dans de nombreuses applications spatiales, des détecteurs sont utilisés pour collecter et analyser les flux optiques. Ces flux sont collectés après avoir été diffusés et réfléchis par l'environnement, ce qui a la particularité de partiellement polariser la lumière. Or cette partie polarisée dépend du milieu diffusant et des conditions de mesures et a une influence sur les grandeurs mesurées ce qui constitue un problème pour la qualité et répétabilité des mesures. Afin de pallier à cela, nous essayons de développer un dispositif dépolarisant permettant de totalement dépolariser la lumière incidente avant qu'elle ne soit mesurée par les capteurs tout en conservant l'énergie transportée.

Pour répondre à cette problématique nous allons nous appuyer sur la particularité des capteurs à mesurer une polarisation « générale » c'est-à-dire faire la moyenne des polarisations composant le flux optique. L'idée est de créer un système optique qui polarisera la lumière incidente de manières différentes en fonction de sa position dans l'espace. Nous proposons donc de définir un composant qui dépolarise la lumière incidente en agissant uniquement par réflexion. Pour cela nous allons utiliser un système de filtre interférentiel dont le coefficient de réflexion varie en fonction de la position à la surface du filtre.

Fast stimulated Raman scattering with optical delay line



AUDIER Xavier – MOSAIC

Directeur de thèse : Hervé Rigneault

Stimulated Raman Scattering (SRS) is a non-linear spectroscopy scheme used to probe vibrational energy levels of molecules. Two pulsed lasers at ω_1 and ω_2 are focused on the sample. The sample is excited at the beating pulsation $\Omega = \omega_1 - \omega_2$ which typically falls into the vibrational levels of molecules ($1000 \rightarrow 3000 \text{ cm}^{-1}$). For instance, for 800nm and 1040nm lasers, the excited vibrational levels are those around $\Omega = (2\pi c) 2885 \text{ cm}^{-1}$. This is characteristic of CH₂ and CH₃ bonds, abundant in lipids and proteins. If these species are present in the focal spot, the transmission properties of our lasers are affected. By detecting this change in transmission over the field of view of a scanning microscope we can therefore realize an image with chemical sensitivity in a fully label-free way. The speed at which these spectral images can be acquired is usually limited by the time taken to switch from one vibrational frequency to the other. Combining Stimulated Raman Scattering in a spectral focusing configuration with an acousto-optic programmable dispersive filter working as a delay line, we achieve acquisition of spectrally resolved images at a frame rate of several images per second. This is orders of magnitudes faster than the traditional speed. This improvement allows for the recording of biologically relevant mechanisms, opening new applications for this technique.

Development of devices for measuring dielectric constants in wet materials to a better traceability of the measurement of humidity in solid



BEN AYOUB Mohamed Wajdi - HIPE

Directeur de thèse: Pierre Sabouroux

Several methods exist to measure moisture content in wet materials. Some of them are direct methods and some others are indirect methods. The first is used to extract the moisture directly from the solid substance but the second uses an intermediate which can be for example the dielectric complex permittivity $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$.

The object of this project is to study a new approach to measure moisture in solids following an indirect non-destructive method. It uses an approach via the electromagnetic measurement of the dielectric permittivity. This last depends on several factors: moisture, temperature and frequency. In our study we will work mainly with the third factor because the water in any solid can be characterized by its relaxation frequency. This frequency depends primarily on the degree of binding between amounts of free water and bounded water that interacts chemically or physically with the solid.

This type of measurement has existed since the 70s. Indeed, most existing systems operate at a fixed arbitrary frequency which can cause a measurement of the loss of sensitivity when it is removed from the relaxation frequency of water contained in the material. To find the best frequency with which we have a better sensitivity, two measurement cells are developed in CETIAT, the first one is a capacitive cell can be used in the range of frequencies between 1 MHz and 100 MHz and the second cell is a coaxial cell adapted to the characterization in the spectrum [50 MHz – 3.4 GHz]. To validate the measurement technique and also to further widen the measurement bandwidth we use EpsiMu® tool was developed at the Institut Fresnel.

The first step of the project is to validate the measurement techniques with a known permittivity material (liquids and solids) and then searching the frequency or the band of frequencies which allows us to find a better transfer function between the complex permittivity and humidity in solids and therefore we use this approach to generalize this relation permittivity - humidity to many types of solid materials.

Laser induced contamination on space optics



GEBRAYEL EL REAIDY Georges – ILM

Directeurs de thèse : Frank Wagner et Jean-Yves Natoli

Spaceflight lasers offer significant challenges related to the required long term performance of optical components over the mission lifetime. Laser induced contamination (LIC) is a known phenomenon responsible for the degradation of the properties of optical components in vacuum. Such degradation is due to the formation of highly absorbing nanometric layers caused by the interaction between high power radiation and outgassed species from organic compounds. The deposit growth is proposed to be the result of a combination of photothermal and photochemical mechanisms and contributes to an overall transmission loss and eventual irreversible damage of the optical components.

To reduce the risks of in-orbit operation, a new laser damage test bench under high-vacuum using dry pump systems is under development at the Fresnel Institute, Marseille. Future work will focus on the analysis of the nature of possible deposits and on the conditions that have to be fulfilled to avoid these deposits.

Based on the parametric study of deposit formation, modeling of the physical mechanisms will be performed with the aim to provide helpful insight for designers of space instruments.

Analyse de la diffusion lumineuse de pathologies cornéenne pour la quantification d'efficacité médicamenteuse



GIL Marion – DIMABIO

Directrices de thèse : Carole Deumié, Laure Siozade Lamoine et Gaëlle Georges

Avec un coefficient de transmission de plus de 90% dans le visible, la fonction principale de la cornée est de laisser passer la lumière à l'intérieur de l'œil. Cette propriété unique d'un tissu dans le corps humain est liée à une absence de vascularisation et à une organisation très particulière du volume cornéen. Certaines pathologies, comme l'œdème cornéen, peuvent induire une perte de cette propriété. Cette diffusion croissante est attribuée au gonflement de la cornée liée à un dysfonctionnement fonctionnel.

L'objectif de ce travail de thèse est de proposer des outils de diagnostic précoce des pathologies cornéennes, plus particulièrement de l'œdème.

Nous cherchons à développer une nouvelle méthode de diagnostic des modifications de l'état du tissu cornéen par une technique optique qui pourra être implantée à long terme *in vivo* et avec une sensibilité supérieure à celle des instruments existants (lampe à fente, pentacam, OCT...).

Ce projet nécessite de combiner une approche expérimentale utilisant les techniques disponibles au laboratoire (diffusomètre angulairement résolu et un système de tomographie par cohérence optique plein champ) et une approche théorique visant à comprendre comment les modifications structurelles à différentes échelles de tissus de la cornée influent sur les propriétés optiques mesurables par les techniques visées.

Métriologie optique des pathologies cornéennes



HO WANG YIN Gaëlle – DIMABIO

Directeurs de thèse : Louis Hoffart et Carole Deumié

La cornée est un tissu transparent et avasculaire, organisée en cinq couches lui conférant des propriétés optiques particulières. Toute altération de sa structure à l'échelle nanométrique est responsable d'une modification de ses propriétés de diffusion. Le but de ce travail est de proposer des outils de diagnostic précoce des pathologies cornéennes avec une sensibilité supérieure à celle des instruments existants, en mettant à profit la méthodologie précédemment développée (étude de la diffusion tissulaire et tomographie à cohérence optique haute résolution).

Les mesures réalisées sur des tissus cornéens pathologiques, issus de pièces opératoires après greffe de cornée et de la banque de tissus de l'EFS de Marseille, seront confrontés à des modélisations réalisées en parallèle par une doctorante de formation physicienne Marion Gil dans le but d'approfondir les résultats clés obtenus sur une première série de pièces opératoires et greffons cornéens et d'ouvrir la voie de la détection précoce. Les premiers résultats obtenus ont montré que les instruments de mesure actuellement disponibles dans le service d'ophtalmologie de la Timone (OCT-SD du commerce, Pentacam®), ne permettaient pas d'imager correctement les pièces opératoires en cas d'altération structurelle trop importante, la face postérieure n'étant pas visible. Le Pentacam® permettant de mesurer la diffusion dans les 20 premiers degrés, ne pouvait mesurer précisément une cornée trop opaque. L'OCT haute résolution du laboratoire, nous a permis d'imager au micromètre près les pièces opératoires, tout en gardant à l'esprit qu'il s'agissait de coupes optiques et non histologiques. La diffusion angulaire a montré qu'il y avait une relation linéaire entre l'épaisseur et la diffusion et que toute altération structurelle de la cornée se traduisait par une augmentation de la diffusion. L'analyse de la diffusion angulaire plus particulièrement aux

angles compris entre 20° et 70°, les 20 premiers degrés correspondant à des effets de surface, pourrait permettre de déterminer des signatures optiques spécifiques à chaque pathologie.

Ainsi, nos premiers résultats semblent prometteurs et une mesure angulaire de la lumière, couplée à une imagerie OCT haute résolution, paraît être un bon moyen de caractériser et de suivre les pathologies cornéennes. A terme, nous espérons créer un outil de diagnostic innovant dont la sensibilité permettra d'identifier de manière précoce des modifications des tissus cornéens liés à des pathologies (œdème, kératocône), d'évaluer l'efficacité de traitements médicamenteux ou encore de détecter très précocement un rejet de greffe.

Experimental Detection of a Zeno-Like Effect during Spontaneous Emission



LASSALLE Emmanuel – CLARTE

Directeurs de thèse : Thomas Durt et Brian Stout

The standard treatment of spontaneous emission by a two-level atom is provided by the theory of Wigner-Weisskopf (1930): the population of the excited atomic level decays exponentially with time. This generalises the Fermi Golden Rule (FGR). Recent investigations of the very short time behaviour of an atomic dipole have predicted a deviation from the FGR in this time regime (known as the *quantum Zeno regime*), associated with the emission of *off-resonant* light. However, the very short time scale and the very small intensity of this effect predicted for the simple case of the atomic transition 2p-1s of the hydrogen atom in vacuum represent two important obstacles for an experimental verification. **We aim at studying this phenomenon in order to propose experiments which could reveal this effect.** First, we would be able in principle to extend the time scale of the Zeno regime by measuring very frequently the state of the atom. Furthermore, in order to enhance the coupling to the off-shell modes, we want an environment with a large electromagnetic resonance over the off-resonant frequencies. Metamaterials (MM) with tunable plasmonic resonances may well suit our needs. We propose an experimental test of the emission of off-resonant light at very short times: the idea consists in making an atomic vapor initially in the excited state e interact with a MM with a plasmonic resonance, while measuring the state of the atom with a laser addressing a higher auxiliary state u .

Détection et reconnaissance de cibles d'intérêt dans les images pour la mesure d'audience



MARTIN Benoit – GSM

Directeur de thèse : Salah Bourennane

Co-encadrants: Julien Marot et Frédéric Guerault (IntuiSense SAS)

La mesure d'audience est la récolte de données permettant de profiler une clientèle. Les données récoltées peuvent être, par exemple, le nombre de client, leur genre (homme/femme), leur âge ou encore leur temps de présence dans le lieu étudié. Un tel outil est pertinent, tant pour des études à but marketing que pour des études à but anthropologique.

Cette thèse, sous financement CIFRE, entre la société IntuiSense et l'Institut Fresnel a pour objectif le développement d'un outil de mesure d'audience embarqué sur des machines de Vending (type distributeurs de café) récoltant des données à l'aide d'une caméra.

Un tel outil doit être capable de détecter les personnes présentes dans son champ de vision, de les caractériser et de les suivre au cours de leurs potentiels mouvements tout respectant un fonctionnement en temps réel et en utilisant un minimum de ressources processeur.



Nonlinear endoscopy

MYTSKANIUK Vasyl – MOSAIC

Directeurs de thèse : Hervé Rigneault

In vivo deep brain imaging of a mouse, besides being limited by the incident power of a light source (laser in our case), is negatively influenced by strong scattering of light in the brain tissue. Essentially, there exist some ways to reduce light scattering by the tissue, for instance via the application of infrared laser beams. However, in this case, the resolution always suffers while utilizing long wavelengths excitation sources. Another method to successfully image the brain with high depth, would be to penetrate into a desirable region of the tissue with minimal invasiveness and scan it directly. This can be achieved with help of an endoscope.

Since 2012, the MOSAIC group from Institute Fresnel has been aiming at the development of a two-photon lens-less endoscope for biological and clinical imaging. Having obtained a very sharp tip, this endoscope fulfils the demand of low invasiveness on one hand and supplies a good imaging performance on the other hand [Andresen et al., Opt. Lett. (2013); Andresen et al., Opt. Express (2013); Patent SATT, AMU, CNRS (2014)].

The main goal of this project is to develop and finalize the work on the two-photon endoscope. The improvements like miniaturization, calibration and further elaboration (desirable functionalities listed below) are to be done. Once achieved these, it would be possible to have a fully operational device, enabling to conduct experiments with, in biology labs, and eventually applicable for clinical applications. To this end, a Coherent Anti-Stokes Raman scattering (CARS) unit have been already built within the first semester of work, which will be part of a whole spectrum of capabilities and techniques embedded into the endoscopic system. Finally, the device is expected to be able to do CARS, Stimulated Raman Scattering (SRS), Two-Photon Excitation Fluorescence (TPEF), Second and Third Harmonic generation (SHG and THG), spectral focusing and solitons generation.

Thanks to the collaboration with INMED, the nonlinear endoscope will be tested on the dentate gyrus of a mouse.

Optimisation du contrôle temps réel d'un dépôt de couches minces lié à la réalisation de composants optiques complexes : vers une réalisation sans calage



NADJI Séverin Landry – RCMO

Directeurs de thèse : Michel Lequime et Thomas Begou

Le filtrage optique interférentiel est basé sur l'utilisation d'un empilement de couches minces d'épaisseurs optimisées et d'indices optiques différents. La réalisation de fonctions de filtrage de plus en plus complexes nécessite de disposer à la fois d'une parfaite maîtrise du procédé de dépôt et d'un contrôle précis et en temps réel de l'épaisseur optique des couches déposées. Dans le cadre de ma thèse, le procédé de dépôt utilisé met en œuvre une pulvérisation ionique avec assistance par faisceau d'ions, habituellement désigné par l'acronyme DIBS (*Dual Ion Beam Sputtering*).

Il existe diverses techniques de contrôle de l'épaisseur des couches déposées s'appuyant sur des méthodes physiques ou optiques, le principe consistant dans ce dernier cas à suivre en temps réel l'évolution des performances spectrales de l'empilement au cours de sa formation. Mes travaux de thèse visent à utiliser un **contrôle optique multicritère** installé dans la machine DIBS pour parvenir à réaliser des composants optiques complexes sans calage, c'est-à-dire sans recours à un premier *run* de dépôt destiné à valider l'ensemble des paramètres de pilotage du procédé.

Notre première tâche a consisté à utiliser ce **contrôle optique multicritère** pour déterminer, sans faire l'hypothèse d'une loi particulière de dispersion, les constantes optiques d'un matériau haut indice couramment utilisé, à savoir le Pentoxyde de Tantale (Ta_2O_5). Nous sommes actuellement impliqués dans la caractérisation d'autres matériaux haut indice (HfO_2 , Nb_2O_5) ainsi que dans la

transposition de la méthode utilisée à des matériaux bas indice comme la Silice. Par la suite, nous chercherons à démontrer la faisabilité d'une nouvelle méthode de contrôle optique d'empilements multicouches, basée sur une mesure temps réel du facteur de réflexion en amplitude et en phase.

Equalization solutions for low-bandwidth optical components



PEI Zhuang – GSM

Directeurs de thèse : Ali Khalighi et Salah Bourennane

There is an increasing interest in optical components of low cost compared to the existing to be integrated in smart phones. Off-the shelf (low cost) optical components such as diodes (LEDs) or photo-detectors (PDs) have usually a very limited bandwidth that makes them inappropriate for this application. In order to alleviate this limitation, equalization techniques can be used to reduce the impact of the corresponding signal distortion on the system performance.

The objective of this PhD thesis is to develop efficient equalization techniques, of reasonable complexity, that overcome this band-limitation of the optical components. The main focus is on the efficiency of equalization techniques and their computational complexity. As an alternative solution, we will also consider the possibility of employing discrete-multi-tone (DMT) modulation. We will investigate the trade-offs to take into consideration on the use of the DMT techniques, and the comparison with the rather classical equalization solutions.

Study of materials, components and systems in terahertz domain by analogy with optical methods



POULIN Cyndie – ILM / CONCEPT

Directeurs de thèse : Hassan Akhouayri, Myriam Zerrad
et Meriam Triki (Terahertz Waves Technologies)

The aim of my thesis consists on modeling interactions between THz waves and matter to get a good understanding of the physical phenomena which may be involved. My work will be supported by comparisons between modeling and experimentation. All experimental data work will be obtained by terahertz imaging. In the future, the models developed will be used as predictive tools for material characterization in the terahertz domain.

Terahertz waves are located between far infrared and microwaves in the electromagnetic spectrum ranging from 0,01mm to 3mm. They provide features of optics and microwaves depending on the operating wavelength. They can penetrate dielectrics materials and can allow submillimeter spatial resolution. Terahertz imaging is a technological way at high potential for characterization of the matter in the surface and volume. Several applications can be investigated like detection of defects, delaminations, humidity, etc...

I am interested in studying homogeneous dielectrics structures with planar surfaces. As a first step, I will determinate for a significant number of samples the reflection, transmission and absorption coefficients. Until now, there is a great correlation between first experimental results and theoretical coefficients. In the future, the models used will be improved by taking into account other parameters like roughness, location and size of a heterogeneous area, etc...

Otherwise, all these studies will be enlarged to heterogeneous samples. The scattering phenomenon will be also considered.

Nanoscale Structural Organization of Cytoskeletal Assemblies probed by Polarized Microscopies



RIMOLI Caio – MOSAIC Team

Directeurs de thèse : Sophie Brasselet et Manos Mavrakis

A better understanding of how cells move and change their shape (morphology) will help us not only elucidate how these physiological processes occur but also what goes awry in disease, for example during metastasis of cancer cells. Animal cell morphology and movement are provided by cytoskeletal fibers, in particular actin filaments. However, many key questions on how cells control actin filament assembly and organization remain unclear due to the lack of suitable techniques to probe cells in a noninvasive manner and in real time. Using polar-(d)STORM, a polarized fluorescence superresolution microscopy, we were able for the first time to disentangle structural disorganization of the target molecule (actins) from the fluorophore floppiness, and therefore perform nanoscale structural imaging. This PhD project aims at unveiling how cells organize and assemble actins using different fluorescence polarization approaches. Besides, we will quantify the floppiness of different fluorophores and improve the polar-(d)STORM setup to enable real-time multicolor structural nanoscopy. Our preliminary data in human bone cancer cells shows that it is possible to distinguish at least two different F-actin populations based on their floppiness distribution and localization within the cell.

Endommagement surfacique de la silice avec des faisceaux laser de type LMJ



VEINHARD Matthieu – ILM

Directeurs de thèse : Jean-Yves Natoli et Laurent Lamaignère (CEA)

Le laser Mégajoule (LMJ), à ce jour équipé de 8 faisceaux lasers, réalise des expériences d'interaction laser-plasma à la longueur d'onde de 351 nm pour des durées d'impulsion de quelques nanosecondes. Un seul faisceau du LMJ délivre à cette longueur d'onde une énergie de 7,5 kJ. Pour les optiques de silice de 400x400mm, la densité d'énergie est donc d'une dizaine de J/cm². Cette valeur est une limite à la tenue au flux des optiques. En effet, le flux laser mis en jeu lors de l'exploitation du LMJ est susceptible d'être absorbé par des défauts présents sous la surface des optiques et engendrer un endommagement.

En particulier, comme il sera étudié au cours de cette thèse, le problème de croissance de ces dommages est le principal frein à l'utilisation de la machine à ses pleines capacités. L'optique étant affaiblie dans les zones amorcées, tir après tir, le dommage absorbe le flux, et croît lors des illuminations successives. Au-delà d'une certaine taille, il est susceptible de diffracter et d'impacter la propagation du faisceau, engendrant des surintensités, endommageant les optiques en aval.

C'est dans cette optique qu'a été développé le banc d'endommagement laser MELBA, permettant de délivrer des valeurs de flux similaires à celles du LMJ sur un faisceau homogène de plusieurs millimètres (donc grand vis-à-vis des dommages amorcés), de profil temporel accordable et aux caractéristiques proches de celles des faisceaux du LMJ. Cet outil va permettre une étude paramétrique de la croissance, selon différents paramètres (taille initiale des dommages, profil temporel...).

RESUMES DES 2^{ème} ANNEES MT180' + Posters



Heat mimicking of given objects

ALWAKIL Ahmed – CONCEPTt

Directeurs de thèse : Claude Amra et Myriam Zerrad

We address an inverse thermal engineering problem devoted to heat mimicking using transformational heat conduction (extension of transformation optics in the context of Fourier's heat conduction). Actually one would be interested in working with predefined objects of given shapes and conductivities, and these objects would be over-coated in order to mimic other predefined objects beyond the cloak.

Such inverse engineering problem introduces constraints which reduce the range of space transformations, and accordingly we classify the set of objects that can be mimicked with another one which is beforehand chosen. This work will be focused on this specific inverse mimicking problem. Analytic solutions are discussed in the general case and are validated with numerical calculation.

Etude des modifications laser induites dans la silice sous irradiation multiple, en régime nanoseconde et dans l'UV



BEAUDIER Alexandre – ILM

Directeurs de thèse : Jean-Yves Natoli et Frank Wagner

Lorsque l'on effectue des tests d'endommagement laser dans des matériaux optiques comme la silice, on observe que le seuil d'endommagement laser (LIDT) diminue lorsque le nombre de tirs du laser augmente. Ce phénomène, communément appelé « fatigue », résulte de modifications cumulatives du matériau dans l'UV. Nous utilisons un laser Nd:YAG Spectra Physics Lab Series quadruplé à 266 nm, à un taux de répétition de 100 Hz et une durée d'impulsion d'environ 8 ns. Nous utilisons principalement de la silice synthétique fondue Suprasil 1 pour notre étude. Un montage expérimental, contrôlé en temps réel dans un environnement LABView, a été réalisé pour faire des tests d'endommagement laser.

Nous supposons que l'autofocalisation non-linéaire dans le volume du matériau est responsable de l'initiation de l'endommagement. Ainsi, notre but est d'analyser localement la variation d'indice de réfraction non-linéaire du matériau par différentes méthodes : Fluorescence, Spectroscopie FTIR, Z-scan, ... Ces résultats seront comparés à des simulations numériques de propagation du faisceau laser dans ces matériaux. Par ailleurs, bien qu'une modification de l'indice de réfraction non-linéaire soit suspectée, aucune modification significative de l'indice de réfraction linéaire n'a été détectée grâce à une caméra Phasics SID4Bio.

Imagerie 3D quantitative utilisant la microscopie non linéaire sans marquage dans la peau humaine



CANONGE Raphaël – MOSAIC
Directeur de Thèse : Hervé Rigneault

Les récentes avancées de la recherche sur la peau ont permis une compréhension détaillée des mécanismes d'absorption qui ont lieu lors de l'application de produits pharmaceutiques ou cosmétiques. Jusqu'à aujourd'hui, la plupart des techniques utilisées pour la pénétration percutanée et l'absorption ont échoué à fournir des cartes quantitatives en trois dimensions des composants moléculaires actifs. Le système utilisé dans le cadre de ma thèse permet d'imager et de reconstituer la concentration moléculaire en fonction de la profondeur dans la peau artificielle ou humaine en utilisant la microscopie non linéaire sans marquage. Des techniques comme la fluorescence à deux photons, la génération de seconde harmonique, et CARS/SRS (effet Raman stimulé) sont utilisées sur une seule plateforme pour fournir des images colorées multimodales avec une sélectivité chimique.

L'utilisation de composants deutérés constitue un pan essentiel de l'étude des produits cosmétiques et pharmaceutiques, car combinée avec la spectroscopie et microscopie cars, elle permet une distinction des molécules marquées dans les différentes strates de la peau.

Une autre utilisation de cette plateforme est l'imagerie des muqueuses du système digestif humain. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec l'institut Pauli Calmette de lutte contre le cancer. Les différentes techniques utilisées permettent de reconstituer la structure et discerner les différents éléments présents dans le but d'obtenir une caractérisation de zones touchées par le cancer.

Enhancing light-matter interactions with high-index dielectric scatterers



COLOM Rémi – CLARTE
Directeurs de thèse : Nicolas Bonod, Brian Stout et Boris Kulhmey

Photonic resonances in subwavelength dielectric or metallic scatterers have generated a keen interest on account of their ability to induce strong light-matter interactions near subwavelength particles. Optimizing the resonant interaction between light and such particles appears to be of fundamental importance to improve the light scattering efficiency and to increase the near-field enhancements.

By means of the Mie theory which permits to analytically calculate the optical response of spherical scatterers, we determined the higher limits of absorption and scattering by subwavelength-sized particles. We have also determined the conditions (permittivity and size) required to achieve these limits.

A second part of our work is devoted to the derivation of simplified models describing the interaction of sub-wavelength-size scatterers. Such models have been extensively used to study localized surface plasmon resonances (LSPR) hosted by small metallic particles. They have provided a better understanding of plasmonic resonances. However, they fail to predict the photonic resonances hosted by dielectric particles. Our work aims at generalizing the analytical models to predict the resonances occurring either in high-index dielectric or metallic subwavelength-sized scatterers.

Development of a Multi-purpose Fast Neutron Spectrometric Capability in the MASURCA Experimental Facility



DIONI Lucas - CLARTE

Directeurs de thèse : Brian Stout, Marco Sumini (UNIBO)
et Robert Jacqmin (CEA)

In this work, we investigate the possible use of the CEA Cadarache MASURCA experimental fast reactor to generate a fairly high-intensity continuous beam of fast neutrons, having energies distributed in the 1 keV to 5 MeV range. Such an extracted beam of fast neutrons, tailorable in intensity, size and energy, would be rather unique; it would be of interest to neutron-based research and could open a range of new applications at MASURCA.

Results of numerical simulations, which have been performed to establish the feasibility of such a configuration and to evaluate the sensitivity of the beam characteristics in intensity and energy spectrum to changes in the general experimental setup, show that it is possible to achieve a beam intensity of some 10^8 neutrons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, ~80% of the neutrons having energies above 100 keV.

Different types of high-performance neutron and gamma spectrometers have been considered for characterizing the beams at the channel exit, in the large shielded accelerator room. Among the methods for intermediate-to-fast neutron energy spectrometry in mixed fields, a combination of different techniques - which comprehends proportional counters, organic scintillators and proton recoil telescopes - has been selected for the purpose.

Development of Prototype Electrical Impedance Tomograph for measurements of void fraction in two-phase flows



DUPRE Antoine - GSM / CEA Cadarache

Directeur de Thèse : Salah Bourennane

In the context of better understanding of two-phase flows occurring in heat exchangers, void fractions measurements at high pressure and temperature are needed. Special instrumentation needs to be developed to solve this challenge. Electrical impedance tomography is such a technique, originally used in medicine to detect anomalies from measurements taken across the chest of the patient.

Given a set of independent measurements of electrical potentials and currents at the boundary of a study domain and a numerical model, an inverse problem is able to recover the map of the electrical conductivity across the domain. The mathematical problem being ill-posed, it is essential to find an efficient algorithm and obtain accurate measurement data. Typically, electrical measurements are obtained very fast, but noise reduction schemes may involve averaging at the cost of time resolution.

A prototype sensor has been developed at the laboratory of hydromechanics of core and circuits (LHC) at CEA Cadarache. It features 16 electrodes and 800 frames per seconds. Preliminary validation of the measurements obtained has been performed and the task is ongoing. Upgrades to reduce the noise are planned. In parallel, collaboration has been launched with Telemark University College Norway in order to use the raw impedance measurements for flow regime identification. This algorithm will provide the starting point (i.e. the a priori information) for performant image processing.

Modeling of complex nonlinear plasmonic waveguides



ELSAWY Mahmoud – ATHENA

Directeur de thèse : Gilles Renversez

In recent years, plasmonics has been receiving a great attention from scientists because of its ability to achieve highly confined electromagnetic field and to manipulate light at nano-scale. Nonlinear plasmonics might be of interest because the nonlinearity can be controlled by the power allowing a management of the solution unlike the linear case. Nonlinear plasmonic slot waveguides (NPSWs) have been a flourishing research topic, at least since 2007, due to the strong light confinement in the nonlinear dielectric core ensured by the surrounding metal regions and due to its peculiar nonlinear effects. Several applications have already been proposed for NPSWs including phase matching in higher harmonic generation processes, nonlinear plasmonic couplers or switching. Nevertheless, the experimental observation of plasmon-soliton waves in these NPSWs is still lacking because the modes already studied in the simple NPSWs suffer from high propagation losses .

In our recent work, we have provided a complete study of a NPSW improved by the inclusion of supplementary dielectric buffer layers between the nonlinear core of focusing Kerr type and the semi-infinite metal. We used the fixed power algorithm in the Finite Element Method to compute the linear and nonlinear stationary solutions. For the TM polarization, the added buffer layers have two main consequences. First, they reduce the overall losses and allow us to obtain low loss solutions at high powers. Second, they modify the types of solutions that propagate in the NPSWs for both linear and nonlinear cases. In the linear case, in addition to the symmetric linear plasmonic profile obtained in the simple plasmonic structure with linear core such that its effective index is above the linear core refractive index, we obtained a new field profile, in which the mode follows the cosine type profile in the core with plasmonic tails in the metal regions. In the nonlinear case, if the effective index of the symmetric linear mode is above the core linear refractive index, the mode field profiles now exhibit spatial transition from plasmonic type profiles to a solitonic type ones. We provided full phase diagrams of the TM operating regimes of these improved NPSWs as a function of the buffer layer thicknesses, core thickness and the total power. These phase diagrams describe the existence and the type of modes that can be found in our improved NPSW. Our structure also provides longer propagation length due to the decrease of the losses compared to the simple NPSWs. The stability of the main nonlinear TM modes is also investigated numerically using the Finite Difference Time Domain. Then, we also demonstrate the existence of TE waves for both linear and nonlinear cases for some configurations of NPSWs. These improved NPSWs could be fabricated and characterized experimentally due to the realistic parameters we used to model them.

Application expérimentale de méthodes inverses avancées pour l'imagerie des propriétés EP d'un matériau magnéto-diélectrique.



FAGET Xavier – HIPE / CEA le Ripault

Directeurs de thèse : Amélie Litman et Nicolas Mallejac (CEA)

Lors de la réalisation d'un matériau magnéto-diélectrique, des défauts entraînant une fluctuation des propriétés radioélectriques peuvent apparaître. Ces fluctuations peuvent s'avérer plus ou moins gênantes selon les applications. La mesure de la fluctuation permet alors de caractériser les défauts induits par une chaîne de fabrication.

A l'issue d'une conception électromagnétique s'appuyant sur des simulations numériques, on connaît le champ idéal rayonné dans tout l'espace par un revêtement. L'échantillon est ensuite

mesuré en configuration bistatique afin d'obtenir le champ perturbé. On définit le champ diffusé par la différence entre le champ perturbé et le champ idéal.

A partir du champ diffusé, on peut alors envisager de remonter aux fluctuations spatiales des propriétés radioélectriques. Si le matériau présente des fluctuations que l'on peut décrire par une famille paramétrée, on peut alors chercher par exemple à remonter aux valeurs des paramètres. En tirant parti des outils de calcul direct de la diffusion au premier ordre qui ont été développés dans une thèse antérieure, on cherche donc à concevoir un outil permettant de traiter efficacement ce problème inverse.



Transient regime on dispersive media

GARCIA VERGARA Mauricio – ATHENA

Directeurs de thèse : Guillaume Demésy et Frédéric Zolla

In a non dispersive medium, an arbitrary pulse would propagate unaltered. In a frequency dispersive material, however, the pulse is modified as it propagates. The study of the propagation of electromagnetic fields (such as optical pulses) through dielectric media, possibly exhibiting both dispersion and absorption, goes back to the early 1900's papers by Sommerfeld and Brillouin. A significant contribution to the study of this phenomenon has been done by Oughston, by using complex and asymptotic analysis techniques. Nevertheless some well established concepts in the case of non dispersive media need to be revisited.

At this point in our research, a semi analytical approach has been used to study the propagation of an electromagnetic pulse (with central wavelength in the optical range) in a slab of leaky dispersive material. This wave normally illuminates a slab embedded in a vacuum.

The solution obtained has been used into the analysis of two fundamental concepts in wave propagation: The very definition of energy for a leaky dispersive material and the propagation velocity of an electromagnetic wave in this kind of material. The numerical simulation that illustrates these results considers the case of a golden slab with electric susceptibility given by the Drude-Lorentz model. Eventually, the solution obtained has been validated thanks to a total energy balance. The position of the center of gravity for an electromagnetic pulse propagating in multi domains has been computed. The graph of this position appears to obey a time dependent affine law and allows to obtain the light velocity in a dispersive leaky medium by computing its slope. However, finding the time intervals of validity for this results is not an easy task and requires further work in this direction. Even more, the approach described for this 1D problem can be extended to a more general formulation in 2D and 3D by using the so called quasi-normal modes.

Super-resolution capacity of imagers using random illuminations



LABOUESSE Simon – SEMO / COMIX

Directeurs de thèse : Anne Sentenac et Marc Allain

In most active wave imaging systems, the recorded data z can be modeled as the convolution with a point spread function (PSF) h of the product of the object ρ with an illumination I plus some additive noise ε :

$$y = h \otimes I \cdot \rho + \varepsilon \quad (1)$$

This simple model applies to imaging configurations as diverse as microwave scanners or anechoic chambers, radar remote sensing or fluorescence microscopy. Whilst in most configurations free-space propagation limits the resolution of the imaging system, a structured

illumination approach can be used to improve the overall resolution. More specifically, multiple low-resolution images of the same object are collected from a collection of inhomogeneous illuminations, then, a dedicated algorithm is used to retrieve a super-resolved estimate of the object ρ . Among these approaches, a particularly attractive strategy consists in using random illuminations with known statistics, hence relaxing much of the experimental constraints.

In this communication, we propose a theoretical study of the super-resolution performance of the systems using unknown structured illumination patterns. One of our results is that, under mild assumptions, frequency components of ρ can be recovered in a support given by $\text{supp}(S_I \otimes \tilde{h})$, ,, with S_I the spectral energy density of the illumination patterns. We also proposed a fast algorithm for the “speckle SIM” modality, opening the way to real time and/or 3D reconstructions.

Development of a real – time microwave sensor system for detection of dielectric contrasting liquids



NEVES Luisa – HIPE

Directeur de thèse : Pierre Sabouroux

An innovative microwave sensor system with the ability of detecting polluting substances in liquids by means of electromagnetic characterization is developed and assessed, as an alternative analytic procedure to classical spectroscopy or chemical analysis. The coaxial line cell EspiMu® - specially adapted to the electromagnetic characterization of liquids through the complex permittivity $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$, complex permeability $\mu^* = \mu' - j\mu''$ and conductivity σ - shows great potential for detecting polluting substances with high dielectric contrast, especially in pure water. This is due to its real-time acquisition process - via the Nicolson-Ross method – high precision measurement and no influence or destruction of samples. By analyzing a few different solutions of miscible (water and ethanol) and immiscible (water and oil) liquids, the measurement system has shown to provide precise information on the detection and monitoring of strange components in pure liquids, even for concentrations as small as 0.3% of a polluting substance in water. Future work of the project includes widening the application field of the sensor to biomedical applications, since it may be proven useful in blood spectroscopy or dialysis analytical procedures.

Single molecule coherent control on light harvesting complexes : Role of coherence in energy transport at the femtosecond timescale

VIKAS Remesh – MOSAIC

Directeurs de thèse : Niek F. van Hulst et Hervé Rigneault

Light harvesting complexes (LH2s) are pigment protein complexes found in purple bacteria (*Rhodospseudomonas acidophila*), designed for energy reception and transfer during the initial stages of photosynthesis. This highly efficient energy transfer is believed to be assisted by the interplay of coherent coupling between chromophores and finer interactions between chromophore and surroundings. Existence of a coherent superposition in a noisy environment in room temperature is truly surprising. A better understanding of the process will help in designing clean and efficient solar harvesting devices. Here in this project between ICFO- Barcelona and Institute Fresnel- Marseille, I try to explore more on this energy transfer process at the single molecule level.

Single molecule studies are superlative, in terms of the spectroscopic information accessible, which normally average out in conventional ensemble studies. Fluorescence based single molecule spectroscopy is by far the most feasible measurement scheme, in terms of the signal to noise ratio achievable. However, for molecular systems like LH2s which have very low quantum yield (10%),

and limited photostability (on the order of few minutes), it is important to devise a better method to perform long measurements. Nanoantennas offer promising alternative for this, by increasing the radiative rate for emitters (eg. Single molecules) thanks to the highly concentrated electric field in the hotspots. This provides us with longer photostability and enhanced fluorescence signal, enabling long time measurements on these systems.

We apply a simple coherent control scheme in a pump- probe approach, via phase only shaping of broadband laser spectrum to monitor change in fluorescence to study the energy transfer process at the single molecule level. Alternatively, we also expect to derive information on the possible vibrational modes assisting this energy transfer process, by pump-probe experiments looking at surface enhanced Raman scattering signal.

Photothermal-assisted hydrothermal chemistry at ambient pressure

ROBERT Hadrien – MOSAIC

Directeurs de thèse : Benoit Watelier, Serge Monneret et Guillaume Baffou

Hydrothermal methods in chemical synthesis rely on the use of superheated pure liquid water as a solvent, i.e. liquid water heated above its boiling point, typically from 180°C to around 380 °C. To prevent water from boiling and keep it liquid at such very high temperatures, the usual process involves the use of a sealed chamber, named an autoclave, in which the temperature increase will concomitantly create a pressure increase that will maintain the aqueous solvent in a liquid state. We have recently shown that gold nanoparticles can be used as nanosources of heat to increase a liquid temperature far above the boiling point, at ambient pressure. This observation opens the path for a novel approach to conduct hydrothermal chemistry on the micrometric scale, without requiring the use of a sealed chamber.

I will present our first investigations in plasmon-assisted hydrothermal synthesis. I will first introduce the experimental setup and explain how we control and measure the temperature of the superheated fluid on the micrometric scale using a wavefront sensor. Then, I will explain the underlying physics behind fluid superheating at ambient pressure using gold nanoparticles. Finally, I will present the couple of selected chemical reactions that we chose as a proof of concept, based on the formation of inorganic microcrystals.

Controlling emission with metamaterials



RUSTOMJI Kaizad – CLARTE

Directeurs de thèse : Stefan Enoch, Redha Abdeddaim et Boris Kuhlmeiy

Metamaterials have attracted a lot of attention because of their potential to engineer the electromagnetic response of materials. Its exotic applications like negative refractive index and electromagnetic cloaking have interested scientists and the public alike. In our work we analyze hyperbolic metamaterials to modify the rate of spontaneous emission, characterized by the Purcell factor. Hyperbolic metamaterials are a class of materials, with an indefinite anisotropic permittivity tensor that lead to hyperbolic dispersion relations. These metamaterials, due to hyperbolic dispersion have a large local density of states and can be used to achieve broadband enhancement of the Purcell factor.

It was shown recently that the impedance of an antenna is linked to the local density of states and can be used to measure the Purcell factor. We have used this approach to study the Purcell factor for a hyperbolic metamaterial structure in the frequency range 5-15 GHz. We find that depending upon the polarization the Purcell factor can be enhanced or suppressed in the metamaterial. This method

has the added benefit that by replacing the electric dipole by a magnetic dipole we can independently evaluate the electric and magnetic Purcell factors.

We compare our method with an alternate approach to obtain the local density of states, from band structure calculations of the periodic unit cell of the metamaterial. We shall be extending our approach from microwave to terahertz frequencies. The research will contribute towards a coherent understanding of local density of states in hyperbolic metamaterials.

Application of Microwave-analogy to the study of scattering by trees, atmospheric particles and micro-organisms



SALEH Hassan – HIPE

Directeurs de thèse : Jean-Michel Geffrin et Hervé Tortel

Light scattering by small particles is an electromagnetic interaction phenomenon: An electromagnetic wave encounters a body of specific shape, size and electromagnetic properties, and scatters in the medium. Investigating the scattering behavior of certain particles is crucial in many science fields such as biology, chemistry and astronomy. As the theoretical attempts to study this problem progress, its experimental examination is not easy since particles have miniature dimensions thus are difficult to manage experimentally. In this context, the microwave analogy presents a powerful solution to overcome this problem. Its principle, based on the scale invariance rule, allows one to increase the target's size under the condition of increasing as well the incident wavelength while preserving the initial refractive index. Therefore by applying this double scale translation and conserving the same initial size over wavelength ratio, one can mimic nanoscale particles by analog centimeter objects and reconstitute the initial scattering behavior. HIPE team of Institut Fresnel works on this subject since several years using the anechoic chamber of the Centre Commun de Ressources en Microondes (CCRM). From a practical point of view, the implementation of the microwave analogy principles could be improved by the fabrication of objects carrying specific dimensional and electromagnetic characteristics. The aim of this thesis is to enhance these points by adopting the appropriate techniques to create objects of controlled shapes and electromagnetic properties using special technologies (3D printing, composite materials) and to perform as well scattering measurements on three main structures: objects analog to trees in forests, to airborne soot aggregates in the atmosphere, and to photosynthetic microalgae existing in oceans.

Développement d'une stratégie optimisée pour le contrôle de dépôt de filtres à base de couches minces optiques



VIGNAUX Maël – RCMO

Directeurs de thèse : Fabien Lemarchand et Julien Lumeau

Les caractéristiques spectrales d'un filtre optique mesurées à achèvement peuvent différer des caractéristiques visées du fait des erreurs faites sur le suivi de l'épaisseur de chacune des couches et ce malgré des techniques de dépôt et de contrôle performantes. Dans le cadre de cette thèse de Doctorat, nous nous proposons donc de simuler, a priori, les différences attendues en fonction :

- Du bâti dans lequel est réalisé le dépôt (géométrie de la chambre de dépôt, de la technologie de dépôt, des vitesses),
- Des matériaux déposés,
- De la méthode de contrôle d'épaisseur utilisée...

Plus précisément, il s'agit de prendre en compte les potentiels défauts, d'une part, d'une couche mince (e.g. variation d'uniformité ou d'homogénéité de l'indice, paramètres qui sont fonction d'un matériau et d'une machine de dépôt) et d'autre part de chaque méthode de contrôle (e.g. bruit statistique de mesure, incertitudes relatives et absolues, etc.)

Il sera alors possible, grâce à la prise en compte de tous ces paramètres, de déterminer la stratégie optimale de contrôle de l'épaisseur, couche après couche, d'un empilement multicouches, pour pouvoir, in fine, estimer - avant même le dépôt- un taux de réussite prévisionnel à achèvement du filtre.

Ce taux de fabricabilité aidera alors l'utilisateur dans son choix sur la méthode de dépôt et de contrôle à utiliser, et l'aiguillera sur les modifications éventuelles à faire pour obtenir un composant respectant le cahier des charges.

Ultra short pulse characterization, a new in-situ approach using disordered nonlinear ferroelectric crystals



BINGXIA Wang –ILM

Directeurs de thèse : Hassan Akhouayri,
José Trull et Crina Cojocaru (UPC Barcelona)

Strontium Barium Niobate (SBN) crystals at room temperature show a random size distribution of ferroelectric anti-parallel oriented domains. This property leads to broadband transverse second harmonic generation (owing to disorder induced quasi-phase matching). As an application, we successfully implement single-shot auto-correlation measurements of the initial chirp and duration of laser pulses in the femtosecond regime which is based on the determination of the transverse width of the auto-correlation trace along the propagation direction. This transverse auto-correlation technique permits a real-time analysis of the pulse evolution and facilitates fast in-situ correction of pulse chirp acquired in the propagation through an optical system. Furthermore, we implemented this broadband transverse second harmonic generation for single-shot cross-correlation measurements of laser pulses with an unknown temporal duration and shape. We optimize the error of the pulse measurement by controlling the incident angle and laser beam width. As novelty, we show that this cross-correlation technique can be used for the temporal characterization of pulses over a very wide range of durations, from 30 femtoseconds up to 1ps, and wavelengths. With these transverse techniques we can measure the pulse evolution along the propagation distance and break the demand of a thin nonlinear crystal and angular alignment or temperature control using mono-domain nonlinear crystals.