



Université Bordeaux 1 – 2007/2008  
PHY801 – Stage en Laboratoire

# *Stage en Laboratoire*

**Notice explicative et liste  
des propositions**

**Iolanda MATEA et Jérôme CAYSSOL**



Talence, janvier 2008

## Stage en laboratoire – Master 1 de Physique

Voici les propositions de stage que nous avons reçues pour l'année universitaire 2007-2008 des différents laboratoires bordelais. A vous maintenant de prendre contact avec les chercheurs afin de visiter les équipes et éventuellement y faire votre stage.

Tous les thèmes de recherche ne sont pas représentés dans ce fascicule. Si d'autres thématiques vous intéressent, n'hésitez pas à aller explorer les sites internet des laboratoires (référencés sur le serveur [http://www.u-bordeaux1.fr/bx1/p2\\_liste\\_labos.html](http://www.u-bordeaux1.fr/bx1/p2_liste_labos.html)). Il vous revient alors de faire les démarches et de contacter directement les chercheurs.

Enfin, pour ceux d'entre vous qui souhaiteraient faire leur stage en entreprise ou à l'étranger, veuillez prendre contact avec les responsables des stages afin d'entamer les démarches au plus vite.

Dès que vous aurez fait votre choix, et dans tous les cas, la ***Demande de Convention de Stage*** doit être faite au plus tard le **vendredi 15 février 2008**. Notez bien que **votre stage ne sera pas validé si la demande de convention ne nous parvient pas dans les temps**.

Iolanda MATEA et Jérôme CAYSSOL, responsables des stages.

**Iolanda MATEA**  
CENBG, BP120, 33175 Gradignan  
Tél : 05 57 12 08 73  
Fax : 05 57 12 08 01  
Courriel : matea@cenbg.in2p3.fr

**Jérôme CAYSSOL**  
CPMOH, Bât. A4, 33405 Talence  
Tél : 05 40 00 25 06  
Fax : 05 40 00 69 70  
j.cayssol@cpmoh.u-bordeaux1.fr

## DEROULEMENT DU STAGE

<b><u>Demande de Convention :</u></b>	A faire au plus tard le vendredi, 15 février 2008
<b><u>Début du stage :</u></b>	Lundi, 7 avril 2008
<b><u>Durée :</u></b>	Du lundi 7 avril au vendredi 6 juin 2008
<b><u>Remise des rapports :</u></b>	Mercredi, 4 juin 2008
<b><u>Soutenance de stages :</u></b>	Du lundi 9 au mercredi 11 juin 2008

### **Quelques précisions :**

La note de stage ne compte plus pour la compensation des autres UE mais elle sert à valider l'année. La note finale est la moyenne (pondérée) de trois notes :

- i)* l'évaluation du responsable de stage (20%)
- ii)* la note du rapport de stage (20%)
- iii)* la note de la présentation orale (60%)

Le rapport devra faire entre 10 et 15 pages **maximum** (jusqu'à 20 pages pour les étudiants en binôme). Il devra présenter de manière succincte la problématique, les méthodes utilisées, ainsi que les principaux résultats.

Pour les soutenances, chaque étudiant disposera de **10 mn de** présentation, ou 15 mn pour les binômes (PowerPoint ou transparents). La présentation sera suivie de 5 mn de discussion avec le jury.

En tout état de cause, n'hésitez pas à contacter les responsables si vous constatez que le déroulement du stage n'est pas conforme à vos attentes.



## **Stage long dans l'Institut de Recherche en Optique CREOL de l'Université Central Florida à Orlando**

Le programme REU est un des programmes internationaux ouvert aux étudiants de Master 1: Pour les étudiants de Bordeaux 1, ils peuvent, dans ce cadre, effectuer un stage long dans l'Institut de recherche en Optique CREOL de l'Université Central Florida à Orlando.

Cette opportunité EXCEPTIONNELLE de réaliser des études à l'étranger dans un des meilleurs laboratoires doit être considérée comme un "must" pour des étudiants motivés par ce champ d'applications.

Ce programme est principalement - mais non exclusivement- destiné aux étudiants désirant s'engager vers un cursus recherche autour des thèmes Laser-Matériaux-Interaction tels que les Masters LMN ou APC par exemple. Un financement est prévu pour couvrir le voyage et les frais de déplacements, les frais de séjour sont assurés quasiment par le programme REU, via la National Science Foundation NSF aux Etats-Unis.

Ce programme est actuellement coordonné par l'Institut d'Optique et concerne un échange d'étudiants entre le CREOL et plusieurs établissements d'enseignement et de recherche français qui ont des programmes de recherche communs avec le CREOL. Cinq étudiants français issus des établissements partenaires seront accueillis au CREOL et intégrés avec une dizaine d'autres étudiants issus d'universités américaines dans le programme "Research Experience for Undergraduates" (REU), de fin mai à début août, qui comprend un stage de recherche dans un laboratoire, quelques cours et conférences et des visites d'entreprises. Six étudiants américains seront accueillis dans les laboratoires français pour des stages de recherche.

L'objectif principal de cet échange est d'attirer les étudiants vers la recherche, en particulier de les inciter à poursuivre en thèse dans les laboratoires partenaires (éventuellement en cotutelle entre le CREOL et l'un des laboratoires français, puisqu'ils ont des programmes en commun). Les renseignements pris sur le site WEB peuvent être complétés par :

Laurent SARGER (CPMOH)

Tél : 05 40 00 61 96

Courriel : [l.sarger@cpmoh.u-bordeaux1.fr](mailto:l.sarger@cpmoh.u-bordeaux1.fr)

# STAGES AU CELIA

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Hervé JOUIN</b>
Laboratoire:	CELIA
Téléphone:	05 40 00 61 78
Fax:	05 40 00 25 80
e-mail:	jouin@celia.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Etude théorique de la collision He<sup>+</sup>/Al(111)</b>

La modélisation des plasmas de fusion par confinement magnétique (Tokamaks) requiert en particulier la connaissance de l'état de charge et de l'état d'excitation des particules diffusées après interaction d'ions lents avec les parois du tore. Or il apparaît que même pour des systèmes simples, les connaissances quant aux processus d'échange de charge ainsi qu'à la dynamique de ces interactions présentent des lacunes importantes.

Nous avons développé un code qui permet de simuler les trajectoires des particules et ainsi d'obtenir au final les quantités des espèces atomiques et ioniques diffusées ainsi que leurs distributions angulaires. L'utilisation du code requiert une connaissance précise des taux de transition des divers processus d'échange d'électrons ainsi que des potentiels de diffusion.

Pour le système He<sup>+</sup>/Al aux faibles vitesses d'impact, il est bien connu que les échanges électroniques entre la surface et l'ion sont gouvernés par le processus Auger et par le processus de capture via l'excitation de plasmons. Toutefois, des divergences notables subsistent encore entre les simulations et les résultats expérimentaux en ce qui concerne les quantités et les distributions angulaires d'atomes neutres diffusés après interaction. Or, il existe depuis peu des taux de transition Auger plus précis que ceux qui ont été utilisés dans les simulations antérieures. De plus, nous sommes à présent en mesure de décrire la dépendance de ces taux en fonction de la vitesse d'impact.

Ainsi, l'objectif du stage est tout d'abord d'inclure ces nouvelles données dans le code dynamique afin de savoir si elles sont susceptibles d'expliquer les désaccords entre la théorie et la grande quantité de résultats expérimentaux dont nous disposons pour ce système. L'autre objectif est d'inclure dans le code dynamique un potentiel image plus sophistiqué que celui qui est utilisé actuellement.



<b>Responsable du stage:</b>	<b>Eric MEVEL</b>
Laboratoire:	CELIA
Téléphone:	<b>05 40 00 25 85</b>
Fax:	05 40 00 25 80
e-mail:	<b>mevel@celia.u-bordeaux1.fr</b>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Faisceau laser « Flat-Top » pour génération d’XUV attoseconde haute énergie</b>

Il est possible de produire des impulsions XUV de durées attosecondes ( $10^{-18}$  s) isolées ou sous forme de trains par génération d’harmoniques d’ordre élevé en focalisant des impulsions laser ultracourtes (fs) et intenses ( $\sim 10^{14}$  W.cm<sup>-2</sup>) dans un gaz. D’un côté, des impulsions attosecondes isolées ont été produites à partir de lasers sophistiqués (5fs + phase absolue stabilisée) ne délivrant que des énergies modérées (<1 mJ / impulsion). Ceci limite les énergies des impulsions attosecondes à quelques nJ. D’un autre côté, l’utilisation de lasers plus standards (30 fs, phase non stabilisée mais énergie > 10 mJ) ont permis de produire des trains d’impulsions attosecondes et d’atteindre le  $\mu$ J par impulsion. Nous nous proposons ici d’utiliser ce type de laser et de produire des impulsions attosecondes isolées haute énergie.

Une étape importante dans la méthode retenue consiste à produire le rayonnement XUV à partir d’un faisceau laser dont le foyer possède un profil radial d’intensité carré « Flat-Top ». On crée ainsi des conditions de génération optimales et homogènes dans un large volume d’interaction. En particulier, l’accord de phase nécessaire à la superposition cohérente des champs XUV émis par chacun des atomes est homogène. Or l’accord de phase dépend de la dispersion du milieu qui varie avec l’ionisation du gaz au cours de l’impulsion. Il se produit alors un accord de phase transitoire qui confine l’émission harmonique pendant une courte fenêtre temporelle. Avec un profil « Flat-top » l’accord de phase intervient au même instant sur toute la section du faisceau ce qui préserve le confinement. En combinant cette technique avec un dispositif de post compression haute énergie (10 mJ) pour obtenir des impulsions de 10 fs, les simulations montrent qu’il est possible de produire une impulsion attoseconde isolée énergétique.

**But du stage :**

Le but du stage consistera d’abord à installer un dispositif basé sur des lames de phase permettant de réaliser le profil « Flat-Top » au foyer et à le caractériser par un dispositif de reprise d’image. Le dispositif sera ensuite implémenté sur le faisceau du laser ECLIPSE du CELIA (40 fs, 200 mJ, 10 Hz), testé à faible énergie puis à énergie croissante. Ensuite, suivant l’avancement des travaux, ce faisceau sera utilisé pour produire et optimiser le rayonnement harmonique qui sera caractérisé à l’aide d’un spectromètre XUV.

**Compétences requises :**

Ce stage fait appel à des connaissances en optique et en physique atomique. Il permettra à l’étudiant(e) de se familiariser avec les techniques laser femtosecondes.

<b>Responsable du stage:</b>	Olazabal-Loumé Marina Feugas Jean-Luc
Laboratoire:	CELIA - UMR 5107- Univ. Bordeaux I
Téléphone:	0540003365 - 0540003773
Fax:	<b>05 40 00 25 80</b>
e-mail:	<a href="mailto:olazabal@celia.u-bordeaux1.fr">olazabal@celia.u-bordeaux1.fr</a> <a href="mailto:feugas@celia.u-bordeaux1.fr">feugas@celia.u-bordeaux1.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Modèles de transport électronique appliqués à l'étude des instabilités hydrodynamiques</b>

La Fusion par Confinement Inertiel (FCI) est une des voies prometteuses envisagées pour la production d'énergie du futur. Cette énergie résulte de la combustion d'un mélange fusible contenu dans une micro-sphère. L'implosion de cette cible est réalisée au moyen d'un grand nombre de faisceaux laser (laser de puissance de type LMJ, HiPER). Au début de l'implosion, on observe la création d'une onde de choc issue de l'onde thermique ablatif (front d'ablation), ce qui permet d'amorcer la compression. Celle-ci conduit à une mise en condition thermodynamique du combustible favorable à son ignition.

Lors de l'irradiation laser, des modulations de l'éclairement ainsi que des défauts de surface peuvent être considérablement amplifiés par des mécanismes d'instabilités hydrodynamiques. Ces instabilités nuisent gravement à la qualité de l'implosion et peuvent conduire à la rupture de l'ablateur ou à la dégradation de la combustion.

Parmi les effets physiques qui agissent directement sur la naissance et l'évolution de ces perturbations, le transport thermique électronique a été identifié récemment comme déterminant. Une méthode originale du traitement de la conduction a été implantée avec succès dans notre outil de simulation dédié à l'étude du régime linéaire de ces instabilités. Enfin, nous disposons d'un code de FCI 2D incluant un modèle de transport sophistiqué.

Ce stage donnera tout d'abord l'opportunité de découvrir ces différents phénomènes physiques intervenant en FCI. A l'aide des outils de simulations mis à disposition au CELIA, nous proposons d'étudier l'évolution des instabilités hydrodynamiques au front d'ablation en prenant en compte différents modèles de transport électronique. Ces simulations seront ensuite interprétées à l'aide de modèles analytiques récents afin de dégager des paramètres importants.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Tikhonchuk Vladimir</b>
Laboratoire:	<b>Centre Lasers Intenses et Applications (CELIA)</b>
Téléphone:	<b>05 40 00 37 64</b>
Fax:	<b>05 40 00 25 80</b>
e-mail:	<b>tikhon@celia.u-bordeaux1.fr</b>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Émission du rayonnement électromagnétique terahertz d'une impulsion laser auto-focalisée</b>

Depuis quelques années, le domaine spectral d'émission THz fait l'objet d'études intensives car il constitue une des rares régions du spectre électromagnétique où il n'a pas des sources fiables. Récemment, en collaboration avec une équipe du Laboratoire d'Optique Appliquée de l'Ecole Polytechnique, nous avons mis en évidence une émission dans ce domaine spectral avec des propriétés intéressantes. Ce phénomène a été interprété comme l'émission Cerenkov des ondes plasma excitées par l'impulsion laser lors sa propagation autoguidée dans l'air.

Plusieurs méthodes sont actuellement en considération pour mieux maîtriser cette émission et d'améliorer son rendement.

Le stage proposé est pour but de développer une modèle théorique de ce processus est de la vérifier en faisant la comparaison avec des données expérimentales. L'étudiant va apprendre les mécanismes d'autoguidage des impulsions lasers ultra brèves dans les milieux transparents, et la formation d'un canal de plasma. Puis on étudiera les processus de l'excitation des oscillations plasma dans le canal par l'impulsion elle-même et les champs extérieurs et les propriétés du rayonnement d'émission.

C'est un stage théorique avec de possibilité des modélisations numériques en relation avec les données des expériences.



# STAGES AU CENBG

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Franck GOBET</b>
Laboratoire:	CENBG
Téléphone:	0557120876
Fax:	0557120801
e-mail:	gobet@cenbg.in2p3.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Détection de protons générés par laser intense via une méthode mixte « activation nucléaire - densitométrie optique ».</b>

L'interaction d'un faisceau laser intense sur une cible conduit à la production de faisceaux de particules (électrons, protons, X et  $\gamma$ ) produites en grand nombre sur un temps très court (quelques ps). Ces faisceaux sont l'objet de beaucoup d'études de part leur potentiel en terme d'applications : allumage rapide pour la fusion par confinement inertiel, protonthérapie, nouvelle génération d'accélérateurs....

La caractérisation de ces faisceaux nécessite l'élaboration de techniques de métrologie adaptées à leurs particularités. Le groupe ENL du CENBG a, entre autre, développé des techniques de mesures s'appuyant sur l'activation nucléaire lorsque les énergies des particules du faisceau sont suffisamment élevées (supérieure à quelques MeV). Par ailleurs, d'autres méthodes, complémentaires, existent comme par exemple celles s'appuyant sur des mesures de densités optiques dans des films ayant subi un dépôt de dose par le faisceau de particules. Récemment nous avons mis en place une technique dans laquelle les deux méthodes, activation nucléaire et densitométrie optique, sont utilisées **simultanément** au sein du même système de détection.

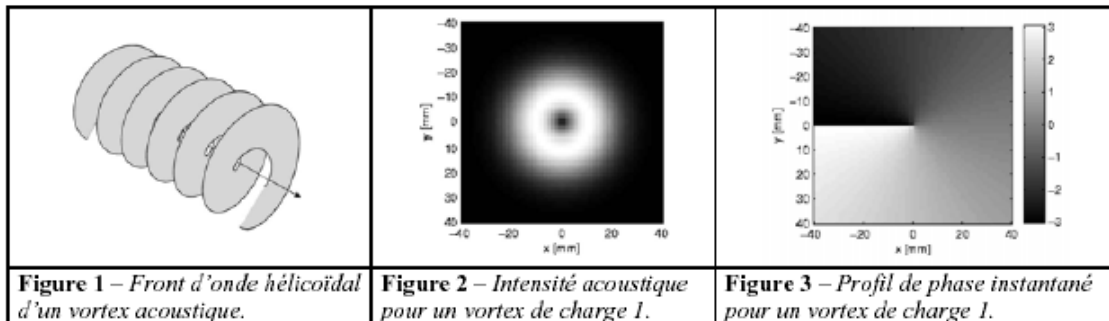
L'objet du stage consistera à développer une méthode d'analyse de l'ensemble des données (activités et densités optiques) de ce détecteur de manière à quantifier les caractéristiques d'un faisceau de protons (distributions en énergie et angulaire) produit lors d'une précédente expérience sur le laser LULI 100TW (Palaiseau).

## STAGES AU CPMOH

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Wunenburger Régis Brasselet Etienne</b>
Laboratoire:	C.P.M.O.H.
Téléphone:	05 40 00 33 90
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	r.wunenburger@cpmoh.u-bordeaux1.fr e.brasselet@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>VORTEX ACOUSTIQUES</b>

### **Bref résumé du sujet de stage**

La présence de singularités de phase dans un champ ondulatoire suscite un intérêt important, tout particulièrement en optique, où l'utilisation de vortex optiques s'est répandue dans de nombreuses branches de la physique (micro-manipulation, atomes froids, traitement optique de l'information). Un vortex correspond à une onde possédant une singularité de phase (la phase n'est pas définie dans une région de l'espace, voir les figures). En acoustique, l'exploration des potentialités de tels vortex en est à son tout début et très peu d'expériences ont été réalisées pour un champ acoustique. On propose de réaliser un vortex acoustique expérimentalement de façon simple et originale.



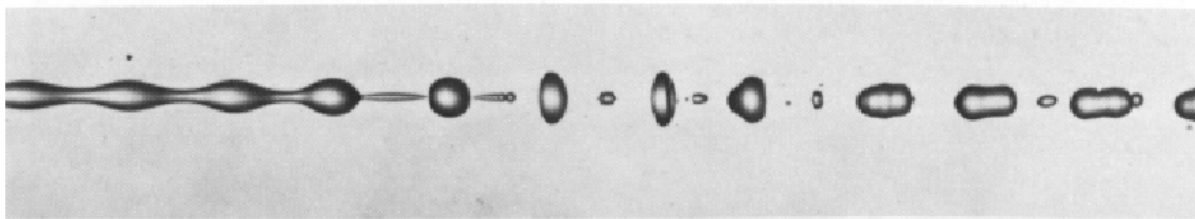
Le but de ce stage est de réaliser, caractériser et exploiter les propriétés d'un vortex acoustique. La réalisation consistera à fabriquer un convertisseur d'onde acoustique qui imprimera à une onde acoustique plane le caractère singulier recherché. Pour ce faire on sculptera en hélice un matériau convenablement choisi. La caractérisation du vortex obtenu sera effectuée, par exemple, en mettant en évidence des défauts dans une figure d'interférences résultant de l'interférence entre le vortex et l'onde plane ayant servi à le fabriquer. Enfin, ce vortex sera utilisé pour démontrer la possibilité de manipuler angulairement des objets de taille millimétrique.



<b>Responsables du stage:</b>	<b>Nicolas Bertin Régis Wunenburger Etienne Brasselet</b>
Laboratoire:	C.P.M.O.H.
Téléphone:	05 40 00 33 90
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	r.wunenburger@cpmoh.u-bordeaux1.fr e.brasselet@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Stabilisation d'une colonne liquide par la pression de radiation acoustique</b>

### **Bref résumé du sujet de stage**

Un jet ou une colonne liquide finit toujours par se briser en gouttelettes au-delà d'une certaine longueur afin de réduire son énergie de surface (voir photo ci-dessous), c'est l'instabilité de Rayleigh. L'inhibition de cette instabilité le long de colonnes ou de jets liquides constitue un enjeu à la fois fondamental et technologique, par exemple dans le cadre de l'impression à jet d'encre. Les techniques déjà testées avec succès dans certaines configurations expérimentales font intervenir les forces électriques, magnétiques, ou optiques. Récemment, nous avons montré qu'il était possible de stabiliser une colonne liquide par injection d'une onde acoustique intense à l'intérieur de la colonne. Cette onde acoustique est guidée par la colonne liquide de la même manière qu'une fibre optique guide la lumière, et la pression de radiation acoustique exercée par cette onde guidée sur la surface de la colonne inhibe la brisure de la colonne liquide. Le but de ce stage sera de mettre en évidence ce phénomène de stabilisation sur une colonne liquide de diamètre contrôlé et d'étudier la validité du modèle prédisant la stabilisation de la colonne développé au sein de l'équipe.

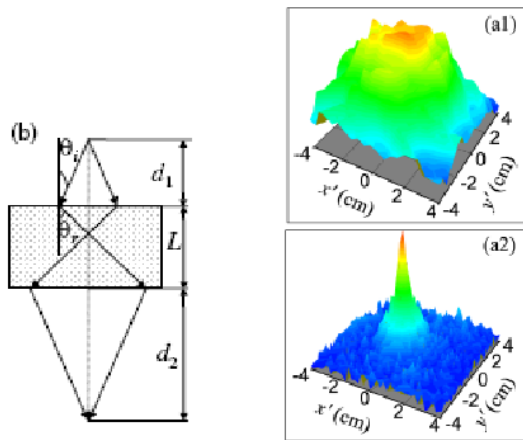


Brisure en gouttelettes d'un jet d'eau dans l'air émis vers la droite. La partie photographiée de la colonne fait 14 cm de long.

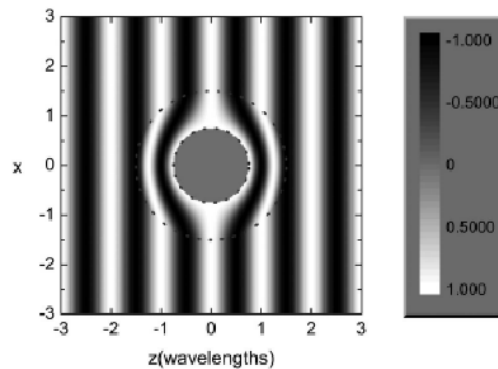
<b>Responsables du stage:</b>	<b>Régis Wunenburger (CPMOH) Christophe Aristegui (LMP) Olivier Poncelet (LMP)</b>
Laboratoire:	C.P.M.O.H.
Téléphone:	05 40 00 33 90
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	r.wunenburger@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Etude expérimentale de métamatériaux acoustiques</b>

### Bref résumé du sujet de stage

Les matériaux à indice de réfraction négatif sont de nouveaux matériaux artificiels aux propriétés électromagnétiques ou acoustiques extraordinaires : lentilles parfaites, amplification d'ondes évanescentes avec application à la microscopie à résolution sub-longueur d'onde, « invisibilité »,... Si de nombreuses prédictions théoriques de ces phénomènes existent, peu de métamatériaux ont été conçus expérimentalement, en particulier en acoustique. Une classe de métamatériaux est à base d'objets résonnants de taille très inférieure à la longueur d'onde de fonctionnement, typiquement des sphères de matériaux mous dans une matrice dure, ou des résonateurs composites de type cœur-coquille. Le but de ce stage, qui se déroulera au sein de l'équipe "Physique Nonlinéaire Sous Champ" du CPMOH, sera d'initier la première caractérisation expérimentale de métamatériaux acoustiques de ce type, en interaction étroite avec l'équipe "ACoustique UltraSonore" du LMP.



(b) Principe d'une lentille parfaite : l'image de la source acoustique située à distance  $d_1$  la tranche de métamatériau se forme à distance  $d_2$  du matériau. (a1) Champ acoustique mesuré dans le plan focal ( $d = d_2$ ) en absence de métamatériau, (a2) en présence de métamatériau de type cristal phononique (Yang *et al.*, Phys. Rev. Lett. **93**, 024301 (2004)).



Simulation numérique de l'invisibilité : une sphère dure (cercle gris) est entourée d'une coque en métamatériau (pointillés). L'onde plane incidente n'est pas diffusée, elle reste plane (plans d'onde = lignes à niveau de gris constant) (Chen & Chan, Appl. Phys. Lett. **91**, 183518 (2007)) !

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Laurent Cognet</b>
Laboratoire:	CPMOH
Téléphone:	05 4000 6212
Fax:	05 4000 6970
e-mail:	l.cognet@u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	Nouvelles approches de microscopie de nano-objets individuels pour la (neuro)biologie

Depuis une dizaine d'années, différentes méthodes ont été développées afin de détecter des molécules uniques en solution, dans des matrices ou des solides. En particulier, la microscopie de fluorescence offre des perspectives d'applications extraordinaires en biologie.

**Dans le cadre collaboration très étroite que nous avons avec le groupe de Daniel Choquet (UMR5091, Bordeaux2) visant à étudier la structure dynamique de la synapse glutamatergique de neurones vivant par microscopie de fluorescence de molécules uniques, nous avons observé pour la première fois que la diffusion latérale des récepteurs dans et hors les synapses de neurones vivants pouvait intervenir dans les variations du nombre de récepteurs de neurotransmetteurs au niveau des synapses(1).** Ces variations sont supposées à l'heure actuelle être à la base des processus liés à la mise en place de la mémoire. **Nos résultats ont ouvert la voie à une meilleure compréhension de la structure dynamique de la synapse glutamatergique, tout en soulevant des questions actuellement sans réponses :** quel est le rôle des lipides constituant la membrane ? La diffusion latérale des récepteurs joue-elle un rôle dans la diversité des réponses physiologiques des différents types de récepteurs ? Quel est le temps de résidence des récepteurs dans la synapse ?

**Pour aborder ces questions, des nouvelles méthodes issues de la nano-optique et en particulier concernant la détection de nano-objets individuels sont nécessaires.** En effet, les méthodes basées sur la fluorescence de molécules uniques souffrent du problème de photoblanchiment ce qui limite drastiquement les durées des acquisitions. Nous avons récemment mis au point une méthode photothermique permettant de détecter des nanoparticules d'or à l'aide d'un microscope optique et réalisé le suivi de particules nanométriques individuelles diffusant à la surface de neurones vivants pendant des temps arbitrairement longs(2). Il s'agit de la seule méthode capable d'obtenir de tels résultats. **Le but de ce stage est de poursuivre cet effort de recherche afin de visualiser et étudier des molécules individuelles dans des neurones vivants pour répondre à ces problématiques de neurobiologie.**

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Laurent Cognet</b>
Laboratoire:	CPMOH
Téléphone:	05 4000 6212
Fax:	05 4000 6970
e-mail:	lcognet@u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Détection optique ultrasensible et spectroscopie de nanotubes de carbone individuels</b>

Les nanotubes de carbone monofeuillets paroi (NT) sont constitués d'un feuillet de graphite unique enroulé sur lui-même. Ce sont des objets unidimensionnels dont le diamètre varie typiquement entre 0.7 nm et 1.5 nm. Cette caractéristique confère à ces objets des propriétés spectaculaires tant sur le plan de la résistance mécanique, de l'élasticité ou de leurs propriétés de conduction. Ils sont maintenant utilisés dans des processus industriels en tant que catalyseurs chimiques, en tant que nouveaux matériaux et offrent des perspectives dans le domaines de la nanoélectronique par exemple. Peu étudiées, leurs propriétés optiques sont en outre encore mal connues même si les applications correspondantes commencent à émerger dans les domaines des bio-senseurs, de la biologie ou de l'optronique.

**Le but de ce stage est de réaliser des études (comparatives) de spectroscopie d'absorption et de luminescence sur des nanotubes de carbone individuels.** Leurs propriétés optiques ont été très peu étudiées au niveau de l'objet individuel à cause d'un manque de méthodes de détection appropriées. Pourtant de telles études sont tout à fait indiquées car les toutes les méthodes de synthèse actuelles des NTs produisent des échantillons extrêmement inhomogènes en termes de structures et donc de propriétés. En particulier, NTs métalliques et semiconducteurs de différentes chiralités y sont mélangés. L'utilisation simultanée de méthodes de détection appropriées à la spectroscopie haute résolution à basse température ou à température ambiante sur nano-objets individuels (luminescence pour les semiconducteurs, absorption par méthode photothermique pour l'ensemble des NTs) devraient donc permettre de réaliser l'étude de leurs propriétés optiques avec un contrôle total de la structure des objets étudiés. Ces études auront un impact à la fois d'un point de vue de la physique fondamentale et des applications.

Quelques références du groupe Nanophotonique associées à ce projet :

Berciaud et al *Nano Letters* (2005) et (2007).  
Tsybouski et al *Nano Letters* (2007).  
Berciaud et al *Phys. Rev. Letters* (2004).  
Cognet et al *Science* (2007).

**Voir site web :** <http://www.cpmoh.cnrs.fr/nanophotonics>

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Dietrich Foerster</b>
Laboratoire:	CPMOH
Téléphone:	05 4000 2507
Fax:	
e-mail:	d.foerster@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	Etude de la densité spectrale d'une métrique associée à l'équation de Schroedinger pour l'hydrogène

Il s'agit ici d'un problème mathématique / physique motivé par une observation faite dans le cadre d'une nouvelle méthode pour calculer des spectres moléculaires.

Dans cette méthode, on est amené à étudier une matrice ou métrique définie par les produits scalaires de **produits** d'orbitales associés à un atome (ou à deux atomes différents).

On observe alors que la densité des valeurs propres de cette métrique,  $dn/de$ , décroît assez lentement pour des petites valeurs propres et selon l'expression approchée  $|dn/de| \sim 1/e$ , loi rappelant le « bruit  $1/f$  » en électronique.

On cherchera à répondre à deux questions :

- (i) Le comportement de la densité spectrale  $|dn/de| \sim 1/e$  est-il général pour des électrons libres dans un puits de potentiel ?
- (ii) En cas que oui, quel est le mécanisme (mathématique ou physique) sous jacent à ce comportement ?

On se propose à étudier d'abord la métrique associée à l'équation de Schroedinger de l'hydrogène, parce que le calcul nécessaire est relativement facile dans ce cas.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Emmanuel Abraham, Christine Grauby-Heywang</b>
Laboratoire:	CPMOH
Téléphone:	05 40 00 31 22 (EA) 05 40 00 89 97 (CGH)
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	<a href="mailto:em.abraham@cpmoh.u-bordeaux1.fr">em.abraham@cpmoh.u-bordeaux1.fr</a> <a href="mailto:ch.heywang@cpmoh.u-bordeaux1.fr">ch.heywang@cpmoh.u-bordeaux1.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Propriétés photophysiques de membranes artificielles fonctionnalisées</b>

Ce sujet multidisciplinaire consiste à concevoir des membranes artificielles fonctionnalisées et à en étudier les propriétés photophysiques. Ces membranes sont constituées de molécules photosensibles capables de reconnaître sélectivement différentes espèces moléculaires comme des ions, l'interaction modifiant les propriétés optiques des molécules photosensibles. Les perspectives offertes par ces membranes couvrent des domaines variés allant de la médecine au contrôle de l'environnement.

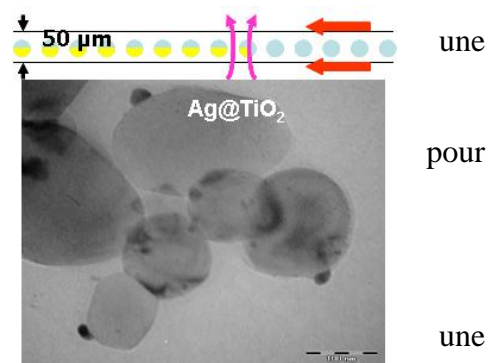
La conception de telles membranes se déroule en deux temps. Des mesures de tension superficielle permettent d'abord de caractériser le comportement de la molécule photosensible à l'interface air-eau (monocouche de Langmuir). Puis la monocouche est prélevée sur un support plan pour former une membrane supportée. Cette technique présente un double avantage : on contrôle strictement la cohésion des molécules lors du transfert, ainsi que le rapport molaire dans le cas de mélanges.

Les propriétés photophysiques de ces membranes supportées sont ensuite étudiées par différentes techniques spectroscopiques : absorption, fluorescence stationnaire et résolue en temps (expériences pompe-sonde à l'échelle de la femtoseconde avec excitation dans le domaine UV-visible). Les montages expérimentaux doivent être particulièrement performants, compte tenu du faible nombre de molécules sondées et de la faible absorbance des échantillons qui en découle. Cependant, l'interaction lumière-matière dépendant fortement de l'organisation de cette dernière, on peut s'attendre à l'exaltation de certaines propriétés optiques. Les interactions monocouche-ion sont également susceptibles d'exalter ces réponses. Ces mesures seront également complétées par une étude en microscopie de fluorescence permettant d'observer la morphologie des membranes supportées.

En ce qui concerne l'encadrement de ce stage, l'étudiant(e) sera accueilli(e) et encadré(e) plus particulièrement par Emmanuel Abraham pour l'aspect photophysique et Christine Grauby pour la conception des membranes. Gediminas Jonusauskas, responsable de l'équipe GPSM, apportera ses compétences sur les molécules photosensibles étudiées. Ces dernières sont fournies par un collègue chimiste de l'Institut des Sciences Moléculaires (IMS, Université Bordeaux 1).

<b>Responsable du stage:</b>	<b>DELVILLE Jean-Pierre</b>
Laboratoire:	C.P.M.O.H.
Téléphone:	05 40 00 22 07
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	jp.delville@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>SYNTHESE DE NANOMATERIAUX PAR LASER EN MICROCANAL</b>

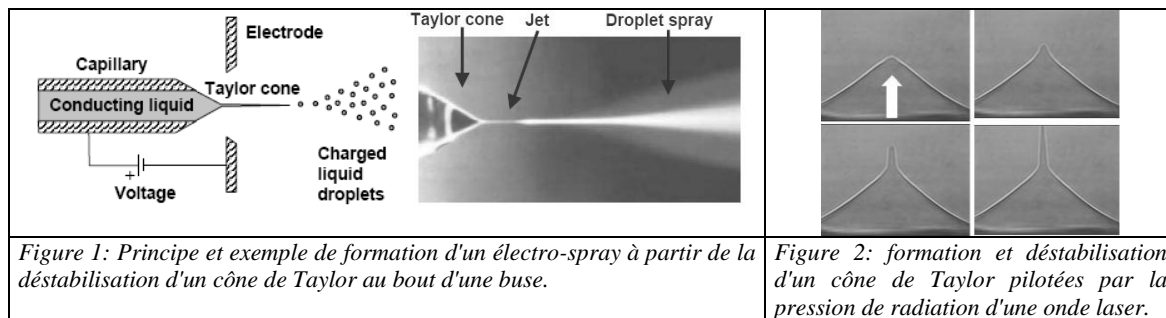
Une des directions maîtresses de la recherche technologique actuelle consiste à miniaturiser les instruments d'analyse et de production afin de pouvoir réaliser notamment des dispositifs micrométriques d'analyse et de synthèse pour tendre vers la réalisation de « laboratoires sur puce ». C'est dans ce contexte que se situe la proposition de stage. Compte tenu de son caractère monochromatique, l'écriture laser est de plus en plus utilisée dans les micro-technologies, pour réparer ou interconnecter des circuits intégrés, ou pour photodéposer des micro/nano coating sur micro-lentille par exemple. Cela permet également de dissymétriser les propriétés des deux hémisphères de nanoparticules en vue d'applications thérapeutiques ou réaliser de l'auto-assemblage orienté. Cependant, si ces concepts sont maintenant acquis, leur application directe demeure laborieuse car il est difficile de se procurer des quantités importantes de ces micro/nano-objets. Afin de contourner cette limitation, nous proposons de développer nouvelle approche qui consiste à coupler, au sein d'un microscope, un "stylo" laser et un système microfluidique, dans lequel les particules sont en écoulement (voir le principe sur la figure).



Le travail demandé au cours du stage consistera (1) à contrôler l'efficacité et le rendement des procédés de photodéposition (étude en concentration en molécules photosensibles, en taille de particules, en débit dans le microcanal et en puissance laser) illustrés lors des premières expériences de nanodépôts d'argent localisés sur TiO<sub>2</sub> (voir Figure); et (2) à généraliser cette approche à d'autres substrats (ZnO,...) et d'autres métaux (Au, Pt).

<b>Responsable du stage:</b>	<b>DELVILLE Jean-Pierre</b>
Laboratoire:	C.P.M.O.H.
Téléphone:	05 40 00 22 07
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	jp.delville@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>CONE DE TAYLOR ET MICRO-SPRAY LASER</b>

Lorsqu'un champ électrique statique est appliqué à une goutte diélectrique, l'interface de celle-ci se déforme. Pour des champs intenses, cette déformation devient conique (cône de Taylor) pour se déstabiliser au-delà d'un certain seuil et donner naissance à un jet liquide et un spray. Ce processus complexe est maintenant utilisé pour réaliser des micro-spray (électro-atomisation, Figure 1) ou pour fabriquer des nano-microfibres solides (électro-spinning). Si Taylor a prédit un angle critique du cône de  $98,6^\circ$  pour les conducteurs, le cas diélectrique est encore discuté car la physique sous-jacente demeure mal connue.



Le but du présent stage est de généraliser ce phénomène au cas d'une excitation de l'interface par la pression de radiation d'une onde laser continue. En effet, comme l'illustre la Figure 2, il est également possible d'induire des cônes optiquement. Il s'agira donc de caractériser tout d'abord ces cônes (dynamique de formation, évolution de l'angle stationnaire en fonction de l'excitation optique et des propriétés de l'interface,...) et d'étudier dans un second temps le seuil d'instabilité (angle au seuil) et la formation d'un jet (diamètre, longueur, taille des gouttes émises).



<b>Responsable du stage:</b>	<b>Denise MONDIEIG, Philippe NEGRIER</b>
Laboratoire:	CPMOH
Téléphone:	05 4000 6988
Fax:	05 4000 6686
e-mail:	d.mondieig@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Caractérisation structurale et énergétique de composites moléculaires de type pérovskites feuilletées</b>

Les composites moléculaires étudiés ont pour formule générale  $[\mathbf{R-NH}_3]_2 \mathbf{MX}_4$  où R est un radical organique, M est un métal de transition, X est un halogène. Ils cristallisent dans un système de type pérovskite feuilletée. Ce système est constitué par l'alternance de feuillets inorganiques, formés par les entités  $[\mathbf{MX}_4]^{2-}$  et de feuillets organiques formés par les ligands alkylènes monoamines ou diamines. La cohésion inter - feuillet est assurée par des liaisons hydrogène de type N-H ... X ainsi que par des liaisons de Van der wals entre les groupements  $\text{CH}_3$  terminaux.

Ces composites moléculaires ont suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années. Ils sont très attractifs du point de vue de leur dynamique moléculaire. En effet, ils présentent de nombreuses transitions de phases structurales, décrites comme étant dues essentiellement à des processus ordre - désordre ou à des changements conformationnels qui affectent les chaînes organiques et qui peuvent aussi affecter les couches inorganiques.

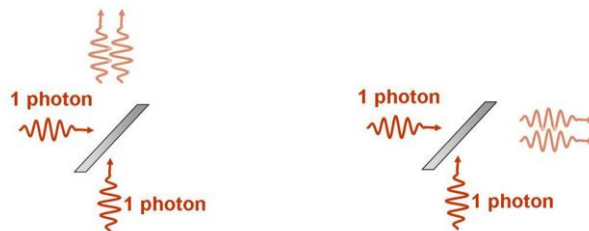
Certaines transitions de phases structurales sont parfaitement réversibles et peuvent s'accompagner de fortes variations d'enthalpies de transitions (endothermique lorsque la température augmente et exothermique lorsqu'elle baisse); pour cette raison l'utilisation de ces composites comme matériaux pour le stockage de l'énergie solaire est envisageable.

Il s'agira ici d'étudier le comportement polymorphique (aptitude à présenter des transitions de phases solide- solide) en fonction de la température de un ou plusieurs composés de type  $(\text{NH}_3-(\text{CH}_2)_n\text{-NH}_3)\text{MCl}_4$  avec  $\text{M} = \text{Cu}, \text{Zn}, \text{Ni}, \text{Mn}$ . L'utilisation de l'analyse enthalpique différentielle permettra de déterminer les caractéristiques thermiques des transitions et l'ordre des transitions. L'étude structurale des phases solides sera réalisée par diffraction des RX, elle doit permettre d'analyser les modifications de l'arrangement des différentes entités et les interactions intermoléculaires régissant la cohésion cristalline.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Philippe Tamarat</b>
Laboratoire:	CPMOH
Téléphone:	05 40 00 62 13
Fax:	05 40 00 69 70
e-mail:	ph.tamarat@cpmoh.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Utilisation d'une molécule fluorescente individuelle comme source de photons uniques indiscernables</b>

Les sources déclenchées émettant des impulsions lumineuses contenant un photon et un seul ont de nombreuses applications potentielles pour le traitement quantique de l'information. De telles sources permettent la mise en œuvre de dispositifs de cryptographie quantique plus sûrs et plus robustes. De plus, si les photons émis sont indiscernables (c'est-à-dire s'ils sont émis dans le même mode spatio-temporel de rayonnement), ces sources peuvent conduire à la réalisation de portes logiques quantiques simples en exploitant des effets d'interférence à plusieurs photons.

Une molécule fluorescente individuelle insérée dans un solide transparent peut servir de source de photons uniques *indiscernables*. A basse température (2 Kelvin), la cohérence optique des photons émis est maximale car le dipôle oscillant n'est plus déphasé par les phonons. Afin de tester l'indiscernabilité des photons uniques émis par la molécule, nous mettrons en évidence au cours du stage le phénomène de « coalescence » qui se produit lors d'une interférence à deux photons: si deux photons identiques arrivent simultanément sur les deux ports d'entrée d'une lame semi-réfléchissante 50/50, ils ressortent tous deux sur le même port de sortie, comme s'ils étaient « collés » l'un à l'autre. Cette propriété est due au fait que les photons sont des bosons.



L'étude de l'indiscernabilité des photons uniques sera poussée au cas de l'interférence entre photons issus de deux molécules voisines accordées en fréquence.

### Références:

“Triggered Source of Single Photons Based on Controlled Single Molecule Fluorescence”, Ch. Brunel, B. Lounis, Ph. Tamarat, and M. Orrit, *Phys. Rev. Lett.* **83** (1999) 2722.

“Single photon sources”, B. Lounis & M. Orrit, *Rep. Prog. Phys.* **68** (2005) 1129.

## **STAGES AU CRPP**

<b>Responsable du stage:</b>	<b>F. Dole et L. Navailles</b>
Laboratoire:	Centre de Recherche Paul Pascal (CNRS)
Téléphone:	<b>05 56 84 30 24</b>
Fax:	<b>05 56 84 56 00</b>
e-mail:	<a href="mailto:dole@crpp-bordeaux.cnrs.fr"><b>dole@crpp-bordeaux.cnrs.fr</b></a>
<u>Sujet du stage:</u>	Assemblage des protéines de réserve de blé au sein de corpuscules protéiques

Les protéines de réserve des grains et graines sont importantes de part leur qualités nutritives et technologiques. Au niveau biologique, ces protéines servent de source d'acide aminé (réserve énergétique) pour le développement futur de la plante et sont stockées dans des corpuscules protéiques. Les corpuscules protéiques sont des organites micrométriques (vésicules) émergeant du réticulum endoplasmique et peuvent contenir plus de 80% de protéines.

De façon remarquable, une récente étude vient de montrer que même si ces protéines sont décrites dans la littérature comme étant totalement insolubles dans l'eau, il est possible de les solubiliser partiellement en milieu aqueux pour obtenir un équilibre entre des protéines isolées (monomères) et des particules de 200nm de rayon.

Le but de ce stage est d'étudier le mécanisme de formation de ces particules. Cette étude sera réalisée en utilisant les techniques de diffusion dynamique de la lumière, de spectroscopie U.V. et de microscopie optique de fluorescence.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Carlos Drummond</b>
Laboratoire:	CRPP
Téléphone:	05 56 84 56 12
Fax:	05 56 84 56 00
e-mail:	drummond@crpp-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>« Films de copolymères pH-stimulables et co-réticulables »</b>

Les caractéristiques fonctionnelles des matériaux sont largement déterminées par les propriétés de leurs surfaces. Elles peuvent être optimisées par des traitements moléculaires. A l'aide d'un microscope à force atomique (AFM), il s'agira de caractériser des films de mélanges de polystyrène et copolymères dibloc de type polystyrène-PGA fabriqués par spin coating. Ces copolymères dibloc ont deux propriétés intéressantes qu'on exploitera. Les macromolécules changent de conformation selon le pH, et elles peuvent être facilement réticulées entre-elles. Elles peuvent former des films uniformes ou nanostructurés suivant la longueur de chaque bloc, la proportion PS/PS-PGA et les conditions environnementales (pH, force ionique ...). Ces morphologies distinctes pourraient être conservées de façon permanente via la réticulation intermoléculaire. Le but du stage consistera à étudier la morphologie des films selon le ratio PS/PS-PGA et les conditions d'élaboration

**Techniques expérimentales utilisées :**

Microscopie à force atomique (AFM)- Spin coating

<b>Responsable du stage:</b>	<b>L. Navailles et J. Leng</b>
Laboratoire:	CRPP (CNRS) et LOF (Rhodia/CNRS)
Téléphone:	<b>05 56 84 56 61 / 05 56 46 47 49</b>
Fax:	<b>05 56 84 56 00 / 05 56 46 47 90</b>
e-mail:	<a href="mailto:navailles@crpp-bordeaux.cnrs.fr">navailles@crpp-bordeaux.cnrs.fr</a> et <a href="mailto:Jacques.LENG-EXTERIEUR@EU.RHODIA.COM">Jacques.LENG-EXTERIEUR@EU.RHODIA.COM</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Caractérisation microfluidique des diagrammes de phase des protéines du blé</b>

Certaines protéines du blé, dites de réserve, sont fondamentales pour de nombreuses applications agroalimentaires : elles contrôlent en effet une grande partie des propriétés de rhéologie et de texture des pâtes (eg. mie de pain). Cependant, leur rôle biologique reste à préciser.

Dans ce stage, nous étudierons une famille de ces protéines, les gliadines, et nous nous concentrerons sur la caractérisation de la  $\gamma$ -gliadine en solution dans l'eau. En particulier, nous chercherons à savoir quels sont ses états d'agrégation dans l'eau et comment les conformations de la protéine les affectent.

Le but du stage est double, tant technologique que fondamental :

- Il s'agira d'abord de coupler deux techniques expérimentales complémentaires : l'évaporation microfluidique d'une part pour concentrer les solutions de protéines avec un parfait contrôle et dans un format réduit, et la diffusion dynamique de la lumière d'autre part pour caractériser les états d'agrégation de la protéine [la méthode repose sur un montage optique fibré, déjà utilisée en routine au LOF, mais nécessitant ici des développements spécifiques]
- Il faudra ensuite caractériser et comprendre le diagramme de phase de ces protéines en fonction des paramètres physico-chimiques (salinité, pH, température).

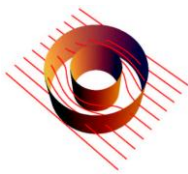
Ainsi, ces études permettront de développer une méthode analytique pour la microfluidique et de l'utiliser spécifiquement afin de mieux comprendre les états d'agrégation d'une protéine particulière pour laquelle l'utilisation de ces technologies est parfaitement justifiée.

#### **Techniques utilisées:**

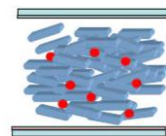
Evaporation microfluidique, diffusion de la lumière, microscopie optique (polarisée et fluorescence) et confocale, microspectroscopie Raman confocale

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Frédéric Nallet / Ashod Aradian</b>
Laboratoire:	Centre de Recherche Paul Pascal
Téléphone:	05 56 84 56 83 / 05 56 84 56 63
Fax:	05 56 84 56 00
e-mail:	nallet@crpp-bordeaux.cnrs.fr / aradian@crpp-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<i>Métamatériaux auto-assemblés à permittivité contrôlée</i>

### *Métamatériaux auto-assemblés à permittivité contrôlée*



Les « métamatériaux », matériaux nouveaux aux propriétés électro-magnétiques fascinantes (indice de réfraction négatif, propagation des ondes inversée, amplification des ondes évanescentes...), constituent un domaine de recherche en pleine explosion, devenu célèbre pour ses applications potentiellement révolutionnaires :



"super-lentilles" optiques pour l'imagerie subdiffraction, antennes miniaturisées, voire invisibilité...

Ces propriétés nouvelles reposent sur la présence dans le métamatériau de « résonateurs » microscopiques capables d'engendrer des réponses électriques et magnétiques bien choisies. Une approche encore peu explorée est de fabriquer des métamatériaux par auto-assemblage dirigé : dans ce cas, les résonateurs sont des nano-objets synthétisés chimiquement, de taille et de forme contrôlées (sphères, bâtonnets, particules cœur-écorce de taille nanométrique...), puis soit dispersés aléatoirement, soit structurés, dans une matrice 3D (gel, cristal liquide...). Autour de cette approche se structure actuellement un groupe de travail pluri-disciplinaire au sein du campus de Bordeaux (synthèse chimique, auto-assemblage, électromagnétisme et optique, théorie et modélisation). Le stage proposé s'insère dans cette dynamique.

La recherche proposée pour le stage consistera à travailler à l'obtention d'un (méta)matériau dont la permittivité  $\epsilon$  effective soit telle que  $0 < \epsilon < 1$  aux fréquences visibles (avec  $\mu = 1$ ) : ceci correspond au cas intéressant d'un indice optique positif, mais inférieur à l'unité. De tels matériaux présentent des perspectives utiles en termes d'applications dans des dispositifs à base de métamatériaux.

Le matériau sera fabriqué par le stagiaire par dispersion de nanoparticules d'or ( $\epsilon < 0$ ) à différentes concentrations dans une matrice polymère diélectrique ( $\epsilon > 0$ ), de sorte que le milieu effectif (milieu « moyen ») ressenti par une onde lumineuse incidente soit dans la gamme de permittivité désirée. Le polymère utilisé sera soit homogène soit structuré. Outre les aspects de mise au point, de contrôle et de caractérisation de la procédure de dispersion, le stagiaire effectuera la caractérisation optique du matériau obtenu (mesures d'indice et de permittivité). Les valeurs mesurées en fonction de la concentration en



particules, et éventuellement en fonction de la fréquence, seront comparées aux valeurs prédites par les modèles classiques de milieu effectif afin de déterminer dans quelle mesure ces derniers sont valides ou défaillants.



<b>Responsable du stage:</b>	<b>L. Navailles</b>
Laboratoire:	Centre de Recherche Paul Pascal (CNRS)
Téléphone:	<b>05 56 84 56 61</b>
Fax:	<b>05 56 84 56 00</b>
e-mail:	<a href="mailto:navailles@crpp-bordeaux.cnrs.fr">navailles@crpp-bordeaux.cnrs.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Nouveaux systèmes supramoléculaires pour la vectorisation d'acides nucléiques.</b>

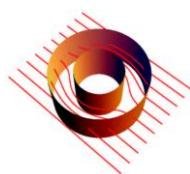
La toxicité des vecteurs synthétiques est aujourd'hui un obstacle majeur à leur utilisation à des fins thérapeutiques. Il demeure donc indispensable de proposer de nouvelles molécules à la fois efficaces et non toxiques. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet. La stratégie que nous proposons de développer repose sur l'utilisation de nouveaux lipides-nucléotides (Lipnuc), synthétisés dans l'équipe du professeur P. Barthélémy de l'unité INSERM U869, ARN : Régulations Naturelle et Artificielle. Ces amphiphiles anioniques, dérivés de nucléosides, sont synthétisés à partir des motifs qui existent naturellement dans les organismes et qui présentent par conséquent peu ou pas de toxicité.

Dans le cadre de ce stage, nous proposons de réaliser une étude complète des organisations supramoléculaires faisant intervenir des systèmes ternaires lipides nucleotides (LipNuc) / cations divalents / acides nucléiques. Les différentes structures auto organisées formées (vésicules, structures lamellaires, rubans) seront caractérisées par diffusion du rayonnement. La nature et la spécificité des interactions (ioniques et/ou spécifiques) mises en jeu dans les mécanismes de formation de ces complexes seront analysées par différentes techniques complémentaires en volume ou aux interfaces air/eau.

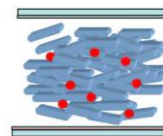


<b>Responsable du stage:</b>	<b>Virginie Ponsinet / Frédéric Nallet</b>
Laboratoire:	Centre de Recherche Paul Pascal
Téléphone:	05 56 84 56 25 / 05 56 84 56 83
Fax:	05 56 84 56 00
e-mail:	ponsinet@crpp-bordeaux.cnrs.fr / nallet@crpp-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<i>Structures multicouches générées par auto-assemblage pour la fabrication de métamatériaux</i>

### *Structures multicouches générées par auto-assemblage pour la fabrication de métamatériaux*



Les « métamatériaux », matériaux nouveaux aux propriétés électro-magnétiques fascinantes (indice de réfraction négatif, propagation des ondes inversée, amplification des ondes évanescentes...), constituent un domaine de recherche en pleine explosion, devenu célèbre pour ses applications potentiellement révolutionnaires : "super-lentilles" optiques pour l'imagerie



subdiffraction, antennes miniaturisées, voire invisibilité...

Ces propriétés nouvelles reposent sur la présence dans le métamatériau de « résonateurs » microscopiques capables d'engendrer des réponses électriques et magnétiques bien choisies. Une approche encore peu explorée est de fabriquer des métamatériaux par auto-assemblage dirigé : dans ce cas, les résonateurs sont des nano-objets synthétisés chimiquement, de taille et de forme contrôlées (sphères, bâtonnets, particules cœur-écorce de taille nanométrique...), puis soit dispersés aléatoirement, soit structurés, dans une matrice 3D (gel, cristal liquide...). Autour de cette approche se structure actuellement un groupe de travail pluri-disciplinaire au sein du campus de Bordeaux (synthèse chimique, auto-assemblage, électromagnétisme et optique, théorie et modélisation). Le stage proposé s'insère dans cette dynamique.

Dans le cadre de ce stage, on cherche à générer des méta-matériaux nanostructurés par la combinaison de nanoparticules solides et de phases ordonnées lamellaires de copolymères à blocs. Les copolymères à blocs présentent la remarquable propriété de se structurer spontanément à l'échelle moléculaire (micro-séparation de phase). Ici, cette structuration est mise à profit pour ordonner des nanoparticules solides.

Au cours de ce stage nous fabriquerons différents matériaux lamellaires en faisant varier la nature des particules (conductrices ou magnétiques, en particulier), leur taille, et leur chimie de surface. Le travail inclura la mise en forme et l'étude des systèmes hybrides par diffusion de rayons X aux petits angles et par des techniques de microscopie (lumière et électronique). On explorera également la mise en forme (taille l'échantillon, alignement des structures) permettant d'envisager la caractérisation optique des matériaux formés.



de



## **Stages à l'ICMCB**

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Dominique BERNARD</b>
Laboratoire:	ICMCB
Téléphone:	05 40 00 27 60
Fax:	05 40 00 27 61
e-mail:	bernard@icmcb-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	Utilisation des fonctionnelles de Minkowski pour étudier la relation entre images 3D et propriétés physiques des matériaux.

### **Bref résumé du sujet de stage:**

Les techniques d'imagerie 3D actuelles permettent de visualiser la micro géométrie des matériaux avec une précision micrométrique et les images obtenues peuvent être utilisées pour calculer différentes propriétés physiques effectives.

Par ailleurs, les fonctionnelles de Minkowski (FM) caractérisent de manière simple la morphologie des images 3D obtenues. La théorie et le calcul montrant que la morphologie contrôle la valeur de certaines propriétés physiques effectives (perméabilité intrinsèque, diffusivité effective, etc..) et les fonctionnelles de Minkowski caractérisant cette morphologie, il est naturel de tenter de les relier.

Dans ce stage, nous nous proposons d'éclaircir cette relation en utilisant des séries d'images 3D pour lesquelles des variations contrôlées des FM seront imposées puis les variations de propriétés physiques effectives induites calculées.

Nous disposons de séries d'images 3D obtenues par micro tomographie X rapide et/ou modifiées sans contrôle des valeurs des FM. Les objectifs du stage sont l'analyse de la relation entre perméabilité calculée et valeurs des FM et la modification des séries d'images 3D existantes en ne modifiant que certaines des FM.

Lors de ce stage, les étudiants auront la possibilité de se familiariser avec la totalité de la chaîne allant de la préparation des échantillons à l'analyse des images 3D obtenues en passant par leur numérisation par micro tomographie X, la reconstruction 3D et les traitements utilisés pour améliorer les résultats.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Dany CARLIER</b>
Laboratoire:	ICMCB-CNRS
Téléphone:	05 40 00 35 69
Fax:	
e-mail:	carlier@icmcb-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Compréhension des spectres de RMN de matériaux paramagnétiques à l'aide de calculs <i>ab initio</i>.</b>

Les déplacements chimiques observés par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) dans des matériaux paramagnétiques sont gouvernés par l'interaction de contact de Fermi, c'est-à-dire par la présence sur le noyau étudié d'une certaine quantité de spin électronique. Grâce à cette interaction, l'étude par RMN du lithium d'oxydes (type  $\text{LiNiO}_2$ ) ou de phosphates (type  $\text{LiFePO}_4$ ) a permis de distinguer différents environnements du lithium en terme d'ions de métaux de transition. Ces dernières années, nous nous sommes intéressés à mieux comprendre les mécanismes de transfert de la densité de spin électronique du métal de transition sur le noyau du lithium. Des programmes de calculs *ab initio* des structures électroniques des solides basés sur la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT) ont été utilisés. Jusqu'à présent, des méthodes impliquant uniquement les électrons de valence (code de calcul : VASP) nous ont permis de comprendre et d'attribuer la plupart des signaux observés par RMN. Pour ce stage, nous souhaiterions utiliser des méthodes de calculs plus précises dans lesquels tous les électrons du système seront traités (code WIEN2k).

(Nous tenons à préciser qu'aucune compétence en programmation n'est nécessaire pour ce stage, les programmes utilisés étant commerciaux ou en libre accès sur internet.)

<b>Responsables du stage:</b>	<b>B. Chevalier et S. Gorsse</b>
Laboratoire:	ICMCB
Téléphone:	05 40 00 63 36
Fax:	05 40 00 27 61
e-mail:	chevalie@icmcb-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	Synthèse et caractérisation physico-chimique de nouveaux verres métalliques potentiellement utilisables pour la réfrigération magnétique

La **Réfrigération Magnétique** (RM) est basée sur l'effet magnétocalorique de matériaux; c'est à dire que l'absorption et l'élimination de la chaleur se fait par le changement de température produit par l'aimantation/désaimantation adiabatique du matériau réfrigérant. La différence essentielle entre la technique classique **Réfrigération Classique basée sur la compression des Gaz** (RCG) et celle de RM est la quantité d'énergie perdue durant le cycle de réfrigération. La technique RM pourrait avoir une efficacité supérieure à 50% à celle basée sur la RCG. Les autres intérêts sont: un faible encombrement, une fiabilité supérieure grâce à l'utilisation de réfrigérants solides, un impact écologique en éliminant le CFC utilisé classiquement en RCG.

Dans ce contexte, nous avons mis en évidence à l'ICMCB, des nouveaux composés  $Gd_6Co_{1.67}Si_3$  ou  $Gd_6Ni_{1.67}Si_3$  qui présentent des températures de Curie de 294 ou 310 K. Cette température voisine de l'ambiante, suggère que ces composés pourraient être utilisés comme réfrigérants magnétiques (climatisation). Au cours de ce stage, nous rechercherons des **verres métalliques** (amorphes) de composition chimique voisine ; de tels matériaux possèdent des propriétés magnétocaloriques sur une large gamme de température.

**Techniques utilisées:** (i) Elaboration d'intermétalliques à base de terres rares par fusion (four à arc et à haute fréquence); (ii) Obtention de verres métalliques par hypertrempe ; (iii) Caractérisation des échantillons par diffraction X sur poudre, microscopie électronique, analyse chimique par microsonde électronique,... (iv) Détermination des propriétés magnétocaloriques de ces matériaux par des mesures d'aimantation et de chaleur spécifique.

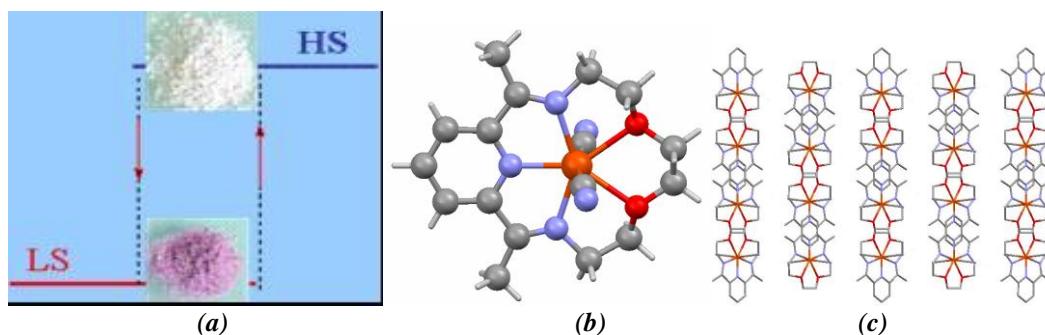
<b>Responsable du stage:</b>	<b>Philippe GUIONNEAU</b>
Laboratoire:	Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, ICMCB
Téléphone:	05 40 00 25 79
Fax:	05 40 00 26 49
e-mail:	guio@icmcb-bordeaux.cnrs.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Transition de spin et diffraction des rayonnements</b>

La modification réversible des propriétés optiques et magnétiques d'un ion métallique à l'état solide sous l'effet d'un stimulus (température, lumière, pression) est l'un des phénomènes les plus prometteurs pour le développement de l'électronique moléculaire. Alors que de nombreuses questions se posent encore au niveau fondamental, les domaines d'application sont déjà en vue; citons par exemple le stockage d'information, les afficheurs, les nano-matériaux, la nano-photonique.

C'est à l'état solide que ce phénomène prend tout son intérêt, la détermination et la compréhension des propriétés structurales s'avèrent donc des étapes incontournables. Le stage proposé s'inscrit dans ce contexte. Il aura pour objectif d'apporter des éléments de réponse sur le mécanisme même de la transition de spin à l'état solide.

**Le stagiaire sera initié à la diffraction des rayonnements (poudre et/ou monocristal) et à l'investigation de la matière solide en vue de la création de matériaux nouveaux utiles.** Enfin, il aura l'occasion de se fondre au sein d'une équipe de recherche pluridisciplinaire (physiciens, chimistes) et d'en partager le quotidien.

<http://www.icmcb.u-bordeaux.fr> **Groupe 6.**



(a) Exemple d'un même matériau dans deux états électroniques différents (propriétés magnétiques, couleur et structures cristallines différent). *Que se passe-t-il exactement à l'échelle atomique et sur son organisation ? Comment optimiser les propriétés de transition ?* (b) exemple d'une molécule à transition de spin étudiée dans notre laboratoire et (c) vue de son organisation à l'échelle sub-nanométrique.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>O. Toulemonde et B. Chevalier</b>
Laboratoire:	<b>Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux</b>
Téléphone:	<b>05 40 00 22 82</b>
Fax:	
e-mail:	<a href="mailto:toulemonde@icmcb-bordeaux.cnrs.fr">toulemonde@icmcb-bordeaux.cnrs.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	Vers une réfrigération plus respectueuse de l'environnement. Comparaison des mesures indirectes de l'effet magnétocalorique.

Dans un souci de développement durable, la réfrigération magnétique basée sur l'effet magnétocalorique (MC) est une alternative aux techniques de refroidissement conventionnelles par compression d'un gaz CFC. Il y a actuellement débat d'un point de vue fondamental sur la mesure expérimentale indirecte de l'effet magnétocalorique : mesure de modification de la température du matériau par application d'un champ magnétique au voisinage de la transition ordre/désordre magnétique. De nombreuses mesures indirectes ont été proposées mais très peu d'études ont été réalisées sur un même matériau afin de montrer la convergence (ou non) des différentes méthodes. En d'autres termes, mesure-t-on les mêmes effets à partir de mesures physiques différentes ?

Le projet s'appuiera sur la caractérisation d'un oxyde de manganèse. A partir de mesures de la chaleur spécifique, d'aimantation et de résistivité en fonction d'un champ magnétique appliqué, l'(es) étudiant(s) déterminera(ont) l'effet magnétocalorique par un traitement des données adéquat et étudiera(ont) la convergence des résultats.

Ce stage permettra à (aux) l'étudiant(s) d'aborder différentes techniques de mesures physiques de l'état solide et des notions de physiques des transitions de phases.



# **Stages à l'IMS**

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Bruno LEVRIER</b>
Laboratoire:	IMS
Téléphone:	0540002857
Fax:	0556371545
e-mail:	<a href="mailto: Bruno.levrier@ims-bordeaux.fr">Bruno.levrier@ims-bordeaux.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Corrélation entre spectroscopie d'impédance de composants piézoélectriques et simulation de la réponse piézoélectrique par la méthode des éléments finis.</b>

Le sujet a pour but de corréler les mesures électriques faites sur des composants électroniques (condensateur céramique à base de titanate de Baryum, résonateur quartz) et des simulations faites à l'aide du logiciel ANSYS.

Notre équipe possède un ensemble d'instruments de mesure (impédance-mètres) pilotés par ordinateurs et les outils logiciels de simulation et de calcul scientifique (ANSYS, Matlab, Maple).

Le stagiaire sera formé à l'utilisation du matériel électronique, puis à l'utilisation du logiciel ANSYS pour le seul phénomène piézoélectrique. Il effectuera des mesures électriques sur quelques composants de géométrie simple, puis fera la simulation de la réponse piézoélectrique sous ANSYS. Il effectuera de même un travail bibliographique sur les tenseurs de quartz alpha et du titanate de baryum.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Vincent POUGET</b>
Laboratoire:	IMS – Laboratoire de l’Intégration, du Matériau au Système
Téléphone:	05 40 00 28 59
Fax:	05 56 37 15 45
e-mail:	vincent.pouget@ims-bordeaux.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Caractérisation des propriétés optoélectroniques en régime femtoseconde de transistors à nanotubes de carbone</b>

Les nanotubes de carbone présentent, sous certaines conditions, des propriétés semiconductrices très intéressantes pour des applications en nanoélectronique. En particulier, des structures de type transistor à effet de champ utilisant des nanotubes comme canal de conduction des électrons constituent l’une des principales solutions envisagées pour poursuivre la miniaturisation des dispositifs électroniques au-delà de ce que permettent les propriétés de matériaux semiconducteurs plus classiques tels que le silicium. Les futures technologies devront donc tirer parti des propriétés spécifiques de ces nanodispositifs, propriétés dont la modélisation et la mesure expérimentale constituent aujourd’hui des défis importants.

L’objectif de ce stage est de contribuer au développement d’une nouvelle approche optique basée sur la spectroscopie d’absorption en régime femtoseconde pour, d’une part, la mesure de propriétés intrinsèques de nanotubes de carbone sur substrat silicium et d’autre part sonder l’évolution de leur structure électronique en présence de contraintes extérieures (champ électrique, température...).

Les expériences seront mises en place et réalisées sur la plateforme laser ATLAS du laboratoire IMS. Le traitement des résultats de mesures sur la base de modèles au premier ordre devront permettre d’extraire les paramètres physiques et les propriétés optoélectroniques des transistors à nanotube de carbone destinés à constituer le cœur des futures générations de systèmes intégrés.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Dr. Guillaume WANTZ</b>
Laboratoire:	IMS – Site ENSCPB
Téléphone:	0540006630
Fax:	0540006631
e-mail:	<a href="mailto:wantz@enscpb.fr">wantz@enscpb.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Fabrication et caractérisations de cellules solaires photovoltaïques à base de polymères conjugués.</b>

Le sujet du stage concerne l'optimisation d'une des étapes de fabrication de cellules solaires photovoltaïques organiques. Ces cellules sont fabriquées à base de semi-conducteurs organiques, notamment des polymères conjugués. Cette technologie, très prometteuse pour la production d'énergie renouvelable à bas coût, est développée au laboratoire IMS depuis quelques années.

Le stage consiste en un travail expérimental alliant des aspects technologiques (mise en forme de couche minces) au sein de la plateforme ELORGA et des aspects de la Physique via des caractérisations électro-optiques avancées. Toutes ces étapes expérimentales se déroulent dans des boîtes à gants afin de travailler en atmosphère inerte.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Francis RODES, Eliane GARNIER</b>
Laboratoire:	ENSEIRB / IMS
Téléphone:	05 56 84 23 44
Fax:	05 56 37 20 23
e-mail:	rodes@enseirb.fr
<u>Sujet du stage:</u>	Exercice 1 : Caractérisation électrique de l'épiderme du continu aux micro-ondes, application à l'évaluation et l'amélioration de traitements électriques en dermatologie

Il s'agit dans une première phase d'effectuer une caractérisation électrique depuis le continu jusqu'aux micro-ondes (3GHz) de l'épiderme et du derme en tenant compte notamment de l'influence du système pileux, et du type d'électrodes employé. Les résultats de cette caractérisation seront exploités dans une seconde phase pour d'une part évaluer l'efficacité des traitements électriques couramment employés en dermatologie, et pour d'autre part proposer le cas échéant des idées d'améliorations.



# **Stages au LAB**

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Philippe PAILLOU</b>
Laboratoire:	UMR 5804 – LAB
Téléphone:	05 57 77 61 26
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	philippe.paillou@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Modélisation des données SHARAD de MRO, application à l'étude du remplissage des cratères de Mars</b>

### **Bref résumé du sujet de stage:**

La sonde Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) est actuellement en orbite autour de Mars. Elle emporte à son bord un radar sondeur, l'instrument SHARAD (Shallow Subsurface Radar), dont l'objectif est d'imager les premières dizaines de mètres du sous-sol Martien. Nous avons développé un modèle de fonctionnement du radar SHARAD qui permet, à partir de la topographie de la surface de Mars et de l'estimation des propriétés électriques des matériaux géologiques, de simuler la réponse de l'instrument. Il s'agira pendant ce stage de confronter les résultats du modèle à des données réelles, afin de mettre en évidence des signatures de structures enfouies dans des cratères d'impact.



<b>Responsable du stage:</b>	<b>Philippe PAILLOU</b>
Laboratoire:	UMR 5804 – LAB
Téléphone:	05 57 77 61 26
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	philippe.paillou@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Modélisation électromagnétique du radar UHF de la mission ExoMars</b>

### **Bref résumé du sujet de stage:**

Le laboratoire LAB participe à la réalisation du radar UHF qui fait partie de la charge utile du rover ExoMars de l'ESA, rover qui sera envoyé vers Mars en 2013 dans le cadre du programme Aurora. Le design et la réalisation d'un tel instrument nécessite de simuler son comportement en environnement martien, en tenant compte des caractéristiques géo-électriques des premiers mètres du sous-sol de Mars. Il s'agira dans ce stage de mettre en œuvre un logiciel de simulation électromagnétique, XFDTD, afin d'étudier le fonctionnement du radar à entre 0.5 et 3 GHz pour différents scénarii du sous-sol martien.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Philippe PAILLOU / Gilles RUFFIE</b>
Laboratoire:	UMR 5804 – LAB / UMR 5218 – IMS
Téléphone:	05 57 77 61 26
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	philippe.paillou@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Mesures électromagnétiques en laboratoire en support du radar UHF de la mission ExoMars</b>

### **Bref résumé du sujet de stage:**

Le laboratoire LAB participe à la réalisation du radar UHF qui fait partie de la charge utile du rover ExoMars de l'ESA, rover qui sera envoyé vers Mars en 2013 dans le cadre du programme Aurora. Le design et la réalisation d'un tel instrument nécessite de simuler son comportement en environnement martien, en tenant compte des caractéristiques géo-électriques des premiers mètres du sous-sol de Mars. Il s'agira dans ce stage de valider et de rendre opérationnel un système de mesure UHF, entre 0.5 et 3 GHz, composé d'antennes cornet et d'un analyseur de réseau. Ce système sera utilisé dans un premier temps sur différentes cibles test en laboratoire, on envisage ensuite une expérimentation in situ sur la dune du Pyla. Le travail sera réalisé en collaboration avec l'équipe micro-ondes de l'IMS.

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Cécile FAVRE et Nathalie BROUILLET</b>
Laboratoire:	LAB
Téléphone:	05 57 77 61 35
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	brouillet@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	A la recherche de molécules complexes et prébiotiques dans Orion.

Plus de 100 molécules ont déjà été détectées dans le milieu interstellaire et/ou dans l'enveloppe d'étoiles évoluées, parmi lesquelles une majorité de molécules carbonées. Cette riche chimie interstellaire a pu ensemercer la Terre au début de son histoire, via les petits corps du système solaire, comètes et astéroïdes et y apporter les premières molécules ayant permis l'apparition de la vie. Cette chimie se développe avec une ampleur remarquable autour du cœur chaud de la nébuleuse d'Orion. Récemment la détection d'un sucre à 3 carbones et celle de la glycine (plus simple acide aminé) ont même été annoncées ; cependant un nombre croissant de ces détections récentes se trouvent contestées, les raies faibles de ces nouvelles espèces peu abondantes étant potentiellement mélangées à d'autres raies (phénomène de confusion spectrale).

Nous avons des observations effectuées avec le radiotélescope de 105m de Green Bank sur une grande bande de fréquences. Parmi les molécules observées, nous avons déjà identifié plusieurs molécules oxygénées dont l'éthanol et l'éther, le but de ces observations étant de rechercher des composés importants pour la chimie prébiotique, comme la glycine. Le travail, dans ce stage, consistera à réduire les données, à identifier le nombre maximum de molécules et à calculer leur abondance et leur température pour déterminer les conditions physiques de la région. Pour cela, on utilisera les logiciels standards de traitement des données radioastronomiques.

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Thibault Cavalié &amp; Franck Selsis</b>
Laboratoire:	Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux
Téléphone:	05 57 77 61 23 ou 05 57 77 61 18
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	Thibault.Cavalié@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Propriétés observables des atmosphères de <i>Cool Jupiters</i> autour d'autres étoiles</b>

La grande majorité des ~250 exoplanètes connues à ce jour sont des planètes géantes gazeuses, similaires à Jupiter par leur composition élémentaire et leur masse. Ces exoplanètes diffèrent toutefois de notre Jupiter par leur distance orbitale et leur température. Jupiter, notre référence, est à 5 UA du Soleil (1 UA= une unité astronomique = la distance Terre-Soleil) et la température de son atmosphère est de l'ordre de 110-160 K, alors que l'on trouve par exemple des planètes géantes très chaudes (~2000 K) orbitant à moins de 0.1 UA, que l'on appelle Jupiters Chauds. Dans ce stage, nous nous intéresserons à des objets intermédiaires entre notre Jupiter et ces Jupiters chauds : des planètes géantes orbitant à 1 UA environ de leur étoile, avec des températures similaires à celles de la Terre. L'idée est de commencer à explorer les propriétés de ces «Cool Jupiters» : quelle est l'influence du rayonnement stellaire sur leur composition ? Quelles sont les propriétés principales de leur climat (notamment les variations entre les hémisphères jour et nuit) ? L'intérêt de cette étude sera d'estimer les signatures spectrales et photométriques observables par la future génération de télescope.

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Didier DESPOIS et Nathalie BROUILLET</b>
Laboratoire:	LAB
Téléphone:	05 57 77 61 59 / 61 35
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	despois@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>SKA, projet d'un interféromètre de 1km<sup>2</sup> de surface : quelle perspective pour la découverte de nouvelles molécules ?</b>

Les décennies qui viennent vont voir l'émergence d'immenses interféromètres en ondes radio : en 2010 ALMA en ondes millimétriques et un projet en ondes centimétriques le Skare Kilometer Array (SKA) qui doit son nom à sa surface collectrice d'un kilomètre carré. Ce dernier instrument permettra d'étudier avec une très grande résolution et une très grande sensibilité des régions où se forment des étoiles et des systèmes planétaires. Un des sujets d'actualité est la recherche de molécules pouvant être à l'origine de la vie sur Terre et dans l'univers. Nous recherchons actuellement ces molécules dans Orion, berceau d'une multitude d'étoiles. Les molécules les plus intéressantes (acides aminés, bases nucléiques, ...) sont des molécules lourdes et le pic de leur émission se trouve aux fréquences accessibles à SKA. Quel sera exactement le potentiel de SKA dans la détection de ces nouvelles molécules dont l'émission sera faible et peut-être mélangée aux émissions d'autres espèces ?

Dans ce stage, le travail consistera à étudier l'émission des molécules dans ces gammes de fréquences, et à calculer le spectre de chacune des molécules pour la région d'Orion à partir des connaissances que nous en avons actuellement (abondances, conditions physiques). Pour cela, on utilisera un logiciel développé lors d'un précédent stage. Un intérêt pour la spectroscopie moléculaire est nécessaire.

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Didier DESPOIS et Franck SELSIS</b>
Laboratoire:	LAB
Téléphone:	05 57 77 61 59 et 61 18
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	despois@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	A la recherche de molécules complexes et prébiotiques dans Orion.

Dans notre système solaire, les comètes ont été une source de volatils (eau, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>...) et probablement de molécules organiques pour la Terre primitive. Elles ont également été la cause d'impacts majeurs. Pour ces deux raisons elles ont joué un rôle dans l'apparition et l'évolution de la vie sur Terre.

Selon notre compréhension actuelle de la formation planétaire, des comètes devraient s'être formées dans les autres systèmes planétaires, mais de fortes variations dans leur nombre et leurs caractéristiques sont à attendre : selon la nature de l'étoile et du disque protostellaire qui l'entourait, la présence de planètes massives, l'évolution des orbites de ces planètes (migration,...) et des comètes elles-mêmes. Ces variations auront de grandes conséquences sur le nombre de comètes, et donc sur les conditions pour l'apparition et l'évolution de la vie dans ces systèmes.

De nouveaux instruments astronomiques puissants, en particulier des interféromètres infrarouge au sol ou dans l'espace (projet Darwin de l'ESA) vont permettre de contraindre progressivement la fréquence effective des comètes dans les systèmes planétaires extrasolaires par leur observation directe. Dans notre système solaire chaque 1 à 2 ans une comète brillante apparaît dans la zone des planètes terrestres, et parfois une comète encore plus brillante apparaît pour une courte période dans le ciel (comme les récentes C/1996 O1 (Hale-Bopp) pendant plusieurs mois, C/2006 P1 (McNaught) pendant quelques jours). Certaines ont des sursauts remarquables comme actuellement la comète Holmes L'émission infrarouge des comètes est dans certains cas aussi intense que celle des planètes, et pourrait donc créer d'éventuels problèmes pour la détection d'exoplanètes

#### Stage

Il s'agira d'étudier l'observabilité effective de comètes autour d'étoiles proches par les instruments futurs. En calculant la forme et l'évolution des queues cométaires, ainsi que l'émission infrarouge des poussières qui les composent, on créera des images correspondant à différents cas d'orbites cométaires, et à différents types d'étoiles. On en conclura si les caractéristiques prévues pour les instruments futurs permettent d'espérer la détection directe de ces comètes.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Michel Dobrijevic</b>
Laboratoire:	Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux
Téléphone:	05 57 77 61 24
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	michel.dobrijevic@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Recherche de comportements non linéaires dans l'atmosphère de Titan</b>

Titan est le plus gros satellite de Saturne et le seul satellite du Système solaire à posséder une atmosphère dense. Cette atmosphère est constituée essentiellement d'azote moléculaire (90 à 98%) et de méthane (2 à 10%), ainsi que d'un brouillard permanent d'aérosols (polymères complexes composés d'atomes H, C, O et N). Elle est le théâtre d'une chimie carbonée extrêmement active engendrée par le rayonnement solaire ultraviolet, par les particules chargées accélérées par la magnétosphère de Saturne et par le rayonnement cosmique. Cette chimie est à l'origine d'une production importante de composés organiques d'une étonnante diversité et complexité.

L'équipe « planétologie » du LAB est spécialisée dans le développement de modèles photochimiques des atmosphères planétaires. L'objectif est de comprendre les processus à l'œuvre dans ces atmosphères afin d'expliquer leur composition, comprendre leur origine et prédire leur évolution.

Le but du stage proposé est d'étudier les processus non linéaires de complexification des molécules organiques dans l'atmosphère de Titan. Il s'agira de modifier et utiliser un programme (écrit en *Fortran*) de simulation de la photochimie atmosphérique pour y rechercher d'éventuels comportements non linéaires comme des bifurcations ou du chaos.

Ces travaux s'insèrent dans la forte émulation scientifique internationale, destinée à mieux comprendre le satellite Titan, engendrée par les nombreuses données qui nous parviennent depuis 2005 de la mission *Cassini-Huygens*.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Matthieu Marseille</b>
Laboratoire:	LAB
Téléphone:	05 57 77 61 37
Fax:	
e-mail:	marseille@obs.u-bodeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Modélisation et caractérisation des raies moléculaires de l'eau dans les proto-étoiles massives.</b>

La formation des étoiles massives de type O et B reste à ce jour mal connue compte tenu de sa complexité. On sait cependant que ces étoiles naissent au sein de nuages moléculaires géants et massifs qui s'effondrent sur eux-mêmes. Les principaux phénomènes physiques qui régissent ces proto-étoiles sont connus : accréation de matière par formation d'un disque, coalescence de plusieurs étoiles de faible masse, rôle des turbulences environnantes, refroidissement du milieu etc. Mais l'importance que jouent leurs rôles respectifs reste floue.

La molécule d'eau, l'une des plus abondante de notre univers, est un atout non négligeable dans la compréhension de cette problématique. En effet, elle se raréfie en se condensant sur les grains de poussière des parties externes froides des proto-étoiles et, à contrario, redevient abondante dans les parties plus chaudes proches de l'étoile massive. L'observation des raies moléculaires de l'eau, possible uniquement à l'extérieur de l'atmosphère terrestre, sera bientôt possible grâce à l'observatoire spatial Herschel et son spectromètre hétérodyne HIFI. L'analyse de ces raies moléculaires permettra donc, grâce à une modélisation préalable, de sonder les parties internes des proto-étoiles massives.

Le but de ce stage est de modéliser les raies moléculaires de l'eau émises par 4 proto-étoiles massives à des stades d'évolutions différents. Pour cela le stagiaire déterminera leurs principales caractéristiques physiques (taille, densité, température) et utilisera un code de transfert radiatif. Le but final est de caractériser les propriétés de l'émission de l'eau en fonction du stade d'évolution de la proto-étoile, ainsi que de confronter ces résultats à un autre code de transfert radiatif dont les résultats sont d'ores et déjà connus.



<b>Responsable du stage:</b>	<b>Caroline SOUBIRAN</b>
Laboratoire:	Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux
Téléphone:	05 57 77 61 33
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	soubiran@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Les astéroïdes comme calibrateurs de vitesse radiale</b>

La mission spatiale Gaia de l'ESA sera lancée en 2011 pour observer 1 milliard d'objets astronomiques incluant astéroïdes, étoiles, galaxies et quasars. Les objets les plus brillants auront leur vitesse radiale (VR) mesurée par effet Doppler avec le spectrographe à bord. Cet instrument n'ayant pas de source d'étalonnage embarquée, les mesures devront être calibrées avec des objets dont la VR est connue à l'avance grâce à des observations au sol ou des prédictions théoriques. Les astéroïdes sont d'excellents calibrateurs car leur VR est connue, par le calcul des éphémérides de la mécanique céleste, avec une précision de l'ordre du m/s. Cependant le spectre observé d'un astéroïde peut être affecté par des effets dus à ses propriétés physiques : diamètre angulaire, rotation, phase, mouvement propre, ces effets conduisant à une erreur de mesure de VR. Pour valider la méthode de calibration des VR par les astéroïdes, il convient donc d'étudier en détail ces effets, avec des observations au sol. Dans le cadre de la préparation à Gaia, une centaine de spectres à haute résolution d'astéroïdes ont déjà été obtenus. Le but du stage est :

1. d'analyser les écarts entre les VR observées avec ces spectres et VR calculées par les éphémérides,
2. de mettre ou non en évidence des corrélations entre les (O-C) et les propriétés physiques des astéroïdes
3. d'évaluer la pertinence de la méthode pour la mission Gaia.

Ce stage sera co-encadré par Daniel Hestroffer, de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (IMCCE) à l'Observatoire de Paris.

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Thibault Cavalié &amp; Franck Selsis</b>
Laboratoire:	Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux
Téléphone:	05 57 77 61 23 ou 05 57 77 61 18
Fax:	05 57 77 61 10
e-mail:	Thibault.Cavalié@obs.u-bordeaux1.fr
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Propriétés observables des atmosphères de <i>Cool Jupiters</i> autour d'autres étoiles</b>

### **Bref résumé du sujet de stage:**

La grande majorité des ~250 exoplanètes connues à ce jour sont des planètes géantes gazeuses, similaires à Jupiter par leur composition élémentaire et leur masse. Ces exoplanètes diffèrent toutefois de notre Jupiter par leur distance orbitale et leur température. Jupiter, notre référence, est à 5 UA du Soleil (1 UA= une unité astronomique = la distance Terre-Soleil) et la température de son atmosphère est de l'ordre de 110-160 K, alors que l'on trouve par exemple des planètes géantes très chaudes (~2000 K) orbitant à moins de 0.1 UA, que l'on appelle Jupiters Chauds. Dans ce stage, nous nous intéresserons à des objets intermédiaires entre notre Jupiter et ces Jupiters chauds : des planètes géantes orbitant à 1 UA environ de leur étoile, avec des températures similaires à celles de la Terre. L'idée est de commencer à explorer les propriétés de ces « Cool Jupiters » : quelle est l'influence du rayonnement stellaire sur leur composition ? Quelles sont les propriétés principales de leur climat (notamment les variations entre les hémisphères jour et nuit) ? L'intérêt de cette étude sera d'estimer les signatures spectrales et photométriques observables par la future génération de télescope.

## **Stages au LOF**

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Annie Colin et Julie Goyon</b>
Laboratoire:	L.O.F.
Téléphone:	05.56.46.47.14 et 05.56.46.47.33
Fax:	06.56.46.47.90
e-mail:	<a href="mailto:annie.colin-exterieur@eu.rhodia.com">annie.colin-exterieur@eu.rhodia.com</a> <a href="mailto:julie.goyon-exterieur@eu.rhodia.com">julie.goyon-exterieur@eu.rhodia.com</a>
<u>Sujet du stage:</u>	Mécanisme de formation de gouttes

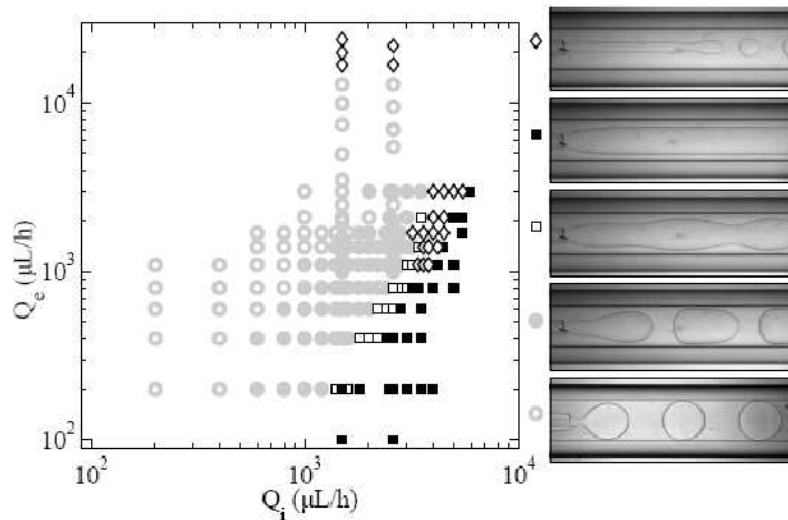
### Bref résumé du sujet de stage:

Quand deux fluides immiscibles coulent s'écoulement parallèlement l'un à l'autre, différents types d'écoulements peuvent être obtenus : des gouttes, des plugs (des gouttes « allongées » dont le rayon est supérieur à la taille du canal), des jets oscillants, des jets stables sur la longueur du canal ou un phénomène de jetting (un jet fin qui se déstabilise).

En faisant varier les débits d'injection des deux fluides (fluide interne : mélange eau/glycérol, fluide externe : huile silicone), on peut construire un diagramme d'écoulement. Cette étude a déjà été réalisée dans le cas d'une géométrie circulaire (cf. diagramme suivant).

Le sujet de ce stage est de construire des diagrammes d'écoulement dans une géométrie carré et rectangulaire, de les comparer à la géométrie circulaire, et d'étudier l'influence de différents paramètres tels que le rapport des viscosités, la tension de surface.

En parallèle de cette étude, une comparaison au modèle théorique déjà développé sera effectuée.



**Techniques utilisées:** Microfluidique, microscope, caméra rapide

**Mots clés :** Microfluidique, écoulement diphasique, instabilité de Rayleigh Plateau

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Jacques LENG et Annie COLIN</b>
Laboratoire:	Laboratoire du Futur - UMR 5258
Téléphone:	05 56 46 47 49
Fax:	05 56 46 47 90
e-mail:	Jacques.leng-exterieur@eu.rhodia.com
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Formation microfluidique de fibres composites à base de nanotubes de carbone</b>

### **Bref résumé du sujet de stage:**

Les fibres de nanotubes de carbones (NTC) peuvent être formées sous écoulement en coagulant une dispersion de NTC par un polymère, en général l'alcool polyvinylique (PVA). La fibre ainsi formée qui contient 50% de NTC pour 50% de polymère est ensuite extraite de la solution et séchée à l'air. Elle subit des traitements thermiques et mécaniques lui conférant des propriétés mécaniques exceptionnelles.

Au cours de ce stage, nous adapterons ce procédé aux géométries microfluidiques pour produire des fibres de très petit diamètre ( $< 5 \mu\text{m}$ ) avec des applications en électrochimie et biologie. Nous couplerons deux domaines d'expertise développés sur le campus bordelais : la formation des fibres comme un processus hors équilibre de la physico-chimie (en collaboration avec le CRPP) et la maîtrise des écoulements laminaires à petite échelle (microfluidique au LOF). La technologie microfluidique et l'analyse locale in situ (imagerie confocale optique et Raman) doit permettre d'identifier les couplages entre les principaux mécanismes mis en jeu (écoulement, cisaillement, précipitation, etc.) pour déterminer le diagramme d'écoulement de ces solutions (régimes de fonctionnement).

*Techniques utilisées :* microfluidique, microscopie traditionnelle et confocale rapide, spectroscopie Raman confocale polarisée, rhéologie.

<http://www.lof.cnrs.fr/>

## Stage de Printemps 2008

<b>Responsables du stage:</b>	<b>Jacques LENG</b>
Laboratoire:	Laboratoire du Futur - UMR 5258
Téléphone:	05 56 46 47 49
Fax:	05 56 46 47 90
e-mail:	Jacques.leng-exterieur@eu.rhodia.com
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Croissance et mise en forme par microévaporation de cristaux colloïdaux</b>

### **Bref résumé du sujet de stage:**

La microévaporation est une technique microfluidique récente qui permet de former et de faire croître de façon finement contrôlée des états denses de la matière depuis une solution diluée (J. Leng *et al.*, Phys. Rev. Lett. **96** 2006). Outre la possibilité de créer de la sorte des micromatériaux complexes et originaux (hybrides colloïdes / nanotubes de carbones / électrolytes / polymères / etc.), cette technique offre de les mettre en forme in situ aux petites échelles ( $\sim 10 \mu\text{m}$ ).

Dans ce stage nous étudierons la croissance de cristaux colloïdaux. Cette étude se place dans le cadre des systèmes dynamiques, portés loin de l'équilibre thermodynamique, où la cinétique a un impact crucial sur la sélection des formes et des mécanismes de croissance. En particulier, nous nous poserons la question de savoir comment contrôler en jouant sur les facteurs cinétiques la pureté des cristaux colloïdaux ainsi formés, comment les organiser à longue échelle et comment exploiter la localisation des défauts en termes de matériaux pour la photonique.

*Techniques utilisées :* microfluidique, microscopie traditionnelle et confocale rapide, diffusion de la lumière statique et dynamique.

<http://www.lof.cnrs.fr/>

# AUTRES LABORATOIRES

<b>Responsable du stage:</b>	<b>Eric Gilbert</b>
Laboratoire:	Chimie Nucléaire Analytique et Bioenvironnementale
Téléphone:	05 57 12 09 11
Fax:	05 57 12 09 00
e-mail:	gilbert@cenbg.in2p3.fr
<u>Sujet du stage:</u>	Développement et caractérisation d'un spectromètre de masse dédié à l'enrichissement isotopique du Kr.

Le CNAB avec le groupe de spectrométrie de masse des gaz rares est engagé depuis plusieurs années dans l'étude du stockage des déchets nucléaires en site profond. L'ANDRA (Agence Nationale pour les Déchets Radioactif) a mis en place un laboratoire d'étude souterrain à Bure (Meuse, Haute Marne) à 500 m de profondeur. Il a pour but de déterminer les conditions de stockage des déchets radioactifs. Une des questions est la vitesse de circulation des eaux dans les couches géologiques proches pour être sûr du confinement du laboratoire. Le CNAB a proposé une méthode basée sur la datation des eaux par l'intermédiaire d'une paire d'isotopes : l'un radioactif et l'autre stable. Les isotopes retenus sont le  $^{81}\text{Kr}$  et le  $^{83}\text{Kr}$ . Ces isotopes sont en quantité connue dans l'atmosphère terrestre (donc dans l'air dissous dans les eaux) et la période du  $^{81}\text{Kr}$  (229000ans) est adaptée aux temps géologiques. Par contre, cette méthode a deux inconvénients : i) la concentration du  $^{81}\text{Kr}$  est de 1000 à 2000 atomes par litre d'eau, ii) le rapport  $^{81}\text{Kr}/^{83}\text{Kr}$  est de l'ordre de  $10^{-13}$ . Pour être mesuré correctement, il doit être ramené de façon contrôlée à des valeurs de l'ordre de  $10^{-2}$ - $10^{-3}$ . Pour arriver à ces valeurs, le laboratoire a développé un instrument pour l'enrichissement basé sur un spectromètre de masse à secteurs électrostatique et magnétique. Au point focal du spectromètre, on place un saphir recouvert d'Al qui nous permet de récupérer les différents isotopes à différentes positions. En contrôlant le dépiquage des différents isotopes par un laser, la concentration du Kr devient mesurable pour nos instruments.

Le stage proposé se déroulera au CNAB et aura pour but de participer au développement et la caractérisation de ce nouvel équipement dédié à l'enrichissement isotopique du Kr.

<b>Responsable du stage:</b>	<b>JP. PARISOT et P. BONNETON</b>
Laboratoire:	UMR CNRS 5805 EPOC ; Bat B 18 <b>Université Bordeaux 1</b> <b>Avenue des Facultés</b> <b>33405 TALENCE CEDEX</b>
Téléphone:	05 40 00 88 75 et 06 03 35 11 47 (JPP) 05 40 00 29 65 (PB)
Fax:	
e-mail:	<a href="mailto:parisot@epoc.u-bordeaux1.fr">parisot@epoc.u-bordeaux1.fr</a> <a href="mailto:p.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr">p.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr</a>
<u>Sujet du stage:</u>	<b>Propagation de la marée et du mascaret dans l'estuaire de la Gironde</b>



Une station MAREL

L'UMR EPOC gère un ensemble de stations formant le **Réseau d'Observation Automatisé de la Gironde** dont l'objectif est de suivre en continu la qualité des eaux de l'estuaire afin de mettre en évidence les déficits en oxygène dissous, les variations de la position du bouchon vaseux et les causes de son évolution. Les capteurs mis en place sur les stations Marel du réseau de surveillance permettent de suivre l'évolution de 4 paramètres physico-chimiques sur 4 sites (Pauillac, Bordeaux, Libourne et Portets) : la Température, la Salinité, la Turbidité, l'Oxygène Dissous et la Hauteur d'Eau. L'acquisition est programmée pour obtenir un enregistrement quasi continu avec une mesure toute les 10 minutes.

Le but du stage est d'analyser les données de marées et de hauteur d'eau afin de déterminer l'évolution des heures de marées basses et hautes en fonction d'une part du coefficient de marée et d'autre part du débit de la Garonne et de la Dordogne. Il faudra également définir un critère de présence du mascaret en détectant les variations brutales juste après la marée basse. Ce travail constitue la première étape d'un programme d'étude des mascarets de la région développé au sein du laboratoire.

Ce stage sera exécuté dans le cadre de l'équipe METHYS (Modélisation Expérimentation Télédétection en Hydrodynamique Sédimentaire Application au milieu littoral et au plateau continental) qui s'intéresse aux phénomènes hydro-sédimentaires côtiers et plus particulièrement en domaine littoral (plages sableuses, systèmes lagunaires et estuariens).

Ce stage est recommandé si possible pour un binôme.