

Table des matières

| | |
|---|----|
| Génération d'un vortex terahertz, Emmanuel Abraham | 1 |
| Modélisation de l'endommagement d'une structure composite aéronautique soumise à une agression de type laser Haute Energie., Coradi Audrey | 1 |
| Diffusion élastique d'électrons sur des biomolécules, Champion Christophe | 3 |
| L'ellipsometrie spectroscopique in situ à faible volume – un outil versatile pour la quantification des interactions biomoléculaires., Richter Ralf | 4 |
| Effets des Fluctuations Thermiques sur la Rupture de Jets Liquides Induits par Laser, Delville Jean-Pierre | 5 |
| Déformation et instabilités thermo-capillaires d'interfaces pilotées par laser, Delville Jean-Pierre | 6 |
| Élaboration et caractérisation de points quantiques à base de perovskites organométalliques pour le développement de concentrateurs solaires luminescents novateurs, Rosei Federico | 7 |
| Caractérisation de senseurs optiques, Rosei Federico [et al.] | 9 |
| Imagerie de matériaux magnétiques avec des impulsions X obtenues par génération d'harmoniques élevés, Légaré François | 10 |
| Étude des origines de la formation de l'anisotropie naturelle dans les tissus biologiques, Galstian Tigran | 14 |

| | |
|---|----|
| Imagerie adaptative en utilisant des cristaux liquides, Galstian Tigran | 15 |
| Millimeter-scale optofluidic device, Bragheri Francesca | 16 |
| Recollision induced lasing of ionized nitrogen molecules, Tikhonchuk Vladimir | 17 |
| Dynamique de relaxations ultrarapides de systèmes moléculaires, Blanchet Valérie [et al.] | 18 |
| Nuages moléculaires dans la galaxie spirale Messier 33 : Rotation , orientation , et évaluation des incertitudes, Braine Jonathan | 19 |
| Conception par simulation d'une nouvelle source d'ions afin d'en optimiser les caractéristiques et performances, Canchel Grégory | 20 |
| Fatigabilité de pigments thermochromes cristallins : investigation exploratoire par diffraction des rayons X, Guionneau Philippe | 21 |
| A la recherche de molécules complexes et prébiotiques dans Orion : analyse d'observations effectuées avec l'interféromètre ALMA, Brouillet Nathalie | 22 |
| Mouvements d'étoiles en formation avec un télescope spatial infrarouge [déjà attribué], Despois Didier [et al.] | 23 |
| Séquestration du CO ₂ dans l'océan d'exoplanètes, Despois Didier | 24 |
| Simulation du transport des neutrons dans des détecteurs passifs, Ducret Jean Eric [et al.] | 25 |
| Liste des auteurs | 26 |

Génération d'un vortex terahertz

Emmanuel Abraham * 1

¹ Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (LOMA) – CNRS : UMR5798 – Bât. A4 Recherche
Physique 351, Cours de la Libération 33405 TALENCE CEDEX, France

*Intervenant



Fiche de stage **longue durée**



Titre du stage : Modélisation de l'endommagement d'une structure composite aéronautique soumise à une agression de type laser Haute Energie.

Contexte : Le CEA/Gramat est chargé d'étudier la vulnérabilité d'aéronefs légers face à des menaces de type laser Haute Energie (HE). Ce stage concerne un des principaux modes d'agression qui résulte d'une forte élévation de la température locale après l'irradiation HE, sur les structures composites constituant les cibles (fuselage, ailes, ...). Une température locale très élevée peut provoquer l'endommagement des structures et la diminution de leur résistance mécanique.

Dans le cadre de ce programme d'étude, les travaux du CEA/Gramat allient à la fois le développement de modèles avec la réalisation d'expérimentations pour améliorer notamment la compréhension des mécanismes d'endommagement des composites et évaluer l'influence des différentes propriétés et paramètres.

Le développement du modèle d'interaction laser/composite qui fait l'objet de ce stage, s'inscrit dans un outil d'analyse de vulnérabilité face à la menace considérée, qui constitue la finalité de ce programme d'étude.

Objectif du stage et déroulement des travaux :

Le stagiaire sera intégré à l'équipe de travail en charge de la modélisation. Après l'imprégnation du sujet d'étude, son rôle sera de contribuer à la description des mécanismes (mise en équations), de proposer les algorithmes de résolution adaptés et de poursuivre l'écriture du code de calcul.

Il sera nécessaire de prendre en compte les spécificités liées aux matériaux composites (absorption du rayonnement, mécanismes de dégradation thermique, hétérogénéité de la microstructure, ...), les conditions aux limites conformes aux hypothèses choisies, ainsi que la dépendance des propriétés des constituants du composite avec la température.

Pour complexifier la résolution progressivement, le modèle sera développé dans un premier temps en considérant une seule direction (modélisation 1D), qui correspond à l'épaisseur du matériau. Puis en fonction de l'avancement, un modèle 3D pourrait être réalisé sur la base d'un outil de calcul déjà développé au CEA/Gramat.

Les résultats du modèle seront comparés avec les données expérimentales. Cela permettra d'identifier les propriétés matériaux qui sont difficiles à caractériser, d'identifier les hypothèses trop faibles dans le but d'améliorer la restitution de l'expérimentation et de proposer des solutions d'enrichissement du modèle.

Domaine de spécialité requis : Sciences Physiques (thermique), ou Mathématiques appliquées, programmation scientifique

Ecole ou université « cible » : bac+5 ou bac+4, master ou école d'ingénieur

Autres domaines de spécialités, mots clés : des connaissances en calculs par Eléments Finis seraient appréciées.

Moyens informatiques mis en œuvre (langages, logiciels) : Fortran, Python ou Matlab, outil ILM3D (CEA/Gramat)

Durée du stage : 6 mois, à partir de février ou mars 2016

Laboratoire CEA Gramat : Laboratoire Létalité des Armes

Point de contact scientifique : A. Coradi

Téléphone : 05 65 10 54 32 - courriel : audrey.coradi@cea.fr

Adresse : BP 80200 – 46500 Gramat

| | |
|---|---|
| Responsable du stage: | Pr. Christophe CHAMPION |
| Laboratoire: | Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan (CENBG) |
| Téléphone: | 0557120896 |
| Fax: | 0557120801 |
| e-mail: | champion@cenbg.in2p3.fr |
| Durée(s) proposée(s)du stage * : 39 jours | |
| <u>Sujet du stage:</u> | Diffusion élastique d'électrons sur des biomolécules |

But du stage :

La diffusion élastique est un processus collisionnel qui devient d'autant plus important que l'énergie de la particule décroît. Dans le domaine des basses énergies, notamment pour des énergies inférieures à 100eV, c'est même le processus prépondérant dans le ralentissement des particules chargées dans la matière.

En radiobiologie - domaine de recherche à l'interface entre la physique et la biologie - il est d'usage de décrire le transport de particules chargées dans la matière biologique en modélisant cette dernière par de l'eau. Cependant, il convient aujourd'hui de dire que la prise en compte de composants biologiques réels dans la description du transport électronique peut devenir extrêmement importante notamment dans le domaine des basses énergies.

L'objectif de ce stage consistera à proposer un modèle théorique capable de calculer les sections efficaces *différentielle et totale* de diffusion élastique d'électrons sur des cibles biologiques comme les bases de l'ADN et sur le groupement sucre-phosphate. Le processus élastique sera décrit dans le formalisme quantique du développement en ondes partielles et s'appuiera sur l'expertise que nous avons dans le groupe IPCV pour décrire théoriquement les processus radio-induits. Il sera dans un premier temps question de décrire le processus dans une approche multi-centre (existant dans la littérature) et de voir dans quelle mesure une approche mono-centrique apporterait un éclairage différent.

Compétences requises :

Mécanique quantique
 Programmation (Fortran ou C de préférence)
 Esprit de synthèse et d'analyse

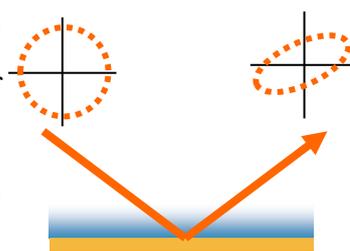
| | |
|------------------------------|---|
| Responsable du stage: | Ralf Richter |
| Laboratoire: | Biosurfaces Lab, CIC biomaGUNE, San Sebastian, Spain |
| Téléphone: | +34 943 0053 29 |
| Fax: | +34 943 0053 15 |
| E-mail: | rrichter@cicbiomagune.es |
| <u>Sujet du stage:</u> | <p><u>Stage Recherche</u></p> <p><i>L'ellipsometrie spectroscopique in situ à faible volume – un outil versatile pour la quantification des interactions biomoléculaires.</i></p> <p><i>In situ low volume spectroscopic ellipsometry – a versatile tool to quantify biomolecular binding events.</i></p> |

But du stage :

Are you interested in the development and application of novel analytical techniques at the crossroads between physics, surface science and biology? We invite applications by motivated students to join our research efforts within a short-term internship.

The research team is international and interdisciplinary. We create complex biological structures on surfaces and study them with state-of-the-art biophysical characterization techniques to understand fundamental biological questions. The team is part of a young research center for biomaterials, which offers excellent working conditions and is equipped with state-of-the-art instruments.

The project: A key parameter in biological surface science and biosensing applications is the amount of biomolecules (proteins, lipids, DNA, virus particles, ...) that have been deposited on a surface of interest. Ideally, such data should be measurable *in situ* (i.e. in aqueous environment), in real time, and without the use of labels on a wide range of surfaces. Spectroscopic ellipsometry (SE) can do just this, yet conventional ellipsometry setups require rather large amounts of sample which restricts their application for precious biological samples.



The objective of this short-term project will be to develop an SE setup that enables measurements in liquid volumes down to a few microliters. Within the internship, you will contribute your physics and engineering skills to develop a novel analytical method. You will also be exposed to work with biomolecules and techniques of surface biofunctionalization. If successful, the developed method could find broad applications in biochemistry and biophysics.

Depending on interest, we may also have other internships available, e.g. in single molecule force spectroscopy or bioinspired and smart nanofiltering devices.

Compétences requises :

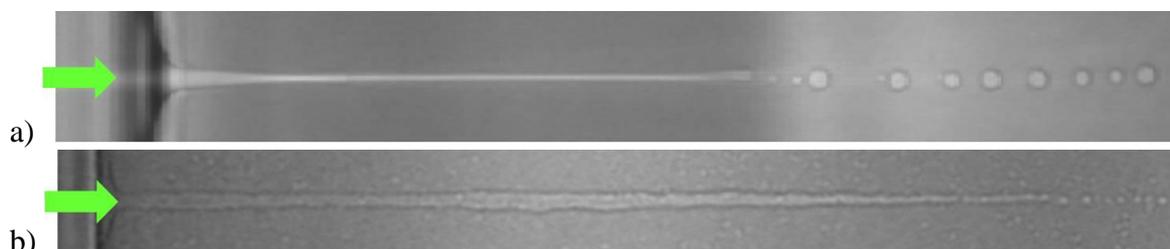
The applicant should have keen interest to work in an international and interdisciplinary research team. A background in physics, physical chemistry, engineering or a closely related field is required. Skills in computer programming are an advantage. The working language is English.

Interested? Please send an informal application with a motivation letter on why you want to join the project and your CV to Ralf Richter (rrichter@cicbiomagune.es). Further information about the group can be found on www.cicbiomagune.es (Research/Research Groups/Biosurfaces).

| | |
|------------------------------|--|
| Responsable du stage: | Jean-Pierre DELVILLE (DR CNRS) |
| Laboratoire: | LOMA |
| Téléphone: | 05 40 00 62 10 |
| Fax: | 05 40 00 69 70 |
| e-mail: | jean-pierre.delville@u-bordeaux.fr |
| Stage Recherche | |
| <u>Sujet du stage:</u> | Effets des Fluctuations Thermiques sur la Rupture de Jets Liquides Induits par Laser |

But du stage :

La dynamique de pincement d'un jet liquide suit des lois bien établies qui dépendent généralement de la vitesse d'écoulement, des effets visqueux et des forces capillaires. Cependant, avant rupture la zone pincée atteint des dimensions nanométriques comparables à l'échelle spatiale des fluctuations thermiques ambiantes, de sorte que cette nouvelle longueur caractéristique doit influencer l'étape ultime avant rupture. Si pour des jets "classiques", cette dernière étape n'a pas d'influence sur la dynamique de rupture et la distribution finale de gouttes (bi-disperse gouttes/satellites), l'utilisation croissante de liquides dans les nanotechnologies doit nous alerter dès qu'il s'agit de nano-hydrodynamique aux échelles des fluctuations thermiques. On attend d'autres mécanismes de rupture et des distributions en gouttes différentes. Pour mimer cette situation à une échelle de taille accessible expérimentalement, on propose d'étudier cette rupture dans des fluides critiques, l'approche au point critique permettant de produire des fluctuations d'interface de taille microscopique.



a) Jet visqueux émettant des gouttes et des satellites (loin de la température critique); b) jet fluctuant émettant des gouttes monodisperses (proche de la température critique).

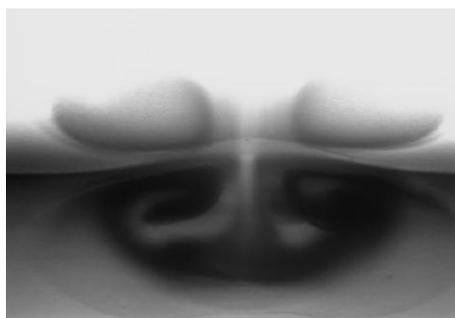
Au LOMA, nous avons récemment mis en évidence la signature "hydrodynamique" des fluctuations thermiques dans les étapes ultimes de la rupture d'une colonne liquide produite par la pression de radiation d'une onde laser. Nous avons aussi commencé à étudier la situation privilégiée du nanojet en le produisant avec la pression de radiation d'une onde laser dans un fluide critique (voir figure). Le but du stage sera d'analyser expérimentalement la dynamique de pincement en présence d'un écoulement forcé optiquement. De plus, la puissance laser contrôlant le débit au sein du jet, et le cisaillement réduisant l'influence des fluctuations, l'effet du débit sur la taille des gouttes sera étudié.

Compétences requises : Gout pour la physique des fluides (hydrodynamique, capillarité) et les effets mécaniques de la lumière dans le cadre d'un travail expérimental.

| | |
|------------------------------|--|
| Responsable du stage: | Jean-Pierre DELVILLE (DR CNRS) |
| Laboratoire: | LOMA |
| Téléphone: | 05 40 00 62 10 |
| Fax: | 05 40 00 69 70 |
| e-mail: | jean-pierre.delville@u-bordeaux.fr |
| Stage Recherche | |
| <u>Sujet du stage:</u> | Déformation et instabilités thermo-capillaires d'interfaces pilotées par laser |

But du stage :

L'optofluidique est un nouveau domaine de recherche dans lequel on utilise des fluides pour modifier la distribution de lumière ou, réciproquement, des ondes servent à manipuler les fluides. Dans ce dernier cas, le moins exploré, il est possible par exemple de déformer une interface, voire de la rendre instable et former un jet, en utilisant la pression de radiation d'une onde laser. Une seconde approche, indirecte celle-là, consiste à induire un effet Marangoni optique (opto-capillarité). Lorsqu'un gradient de tension interfaciale est induit par le chauffage laser d'une interface fluide interface fluide, il en résulte des contraintes mécaniques qui se traduisent par la mise en écoulement des fluides de part et d'autre de l'interface et in fine par une déformation de cette interface. Si l'effet thermocapillaire est connu depuis un siècle (cellules de Bénard en convection), il n'en demeure pas moins vrai que les modifications d'interfaces qui en résultent ont été très peu étudiées car de façon générale elles sont peu déformables si l'on n'est pas en mesure d'induire de forts gradients thermiques. Dans ce cadre, le chauffage laser présente de nombreux avantages: 1) les ondes laser focalisées peuvent aisément produire de très forts gradients thermiques, 2) le chauffage laser est "sans contact" et 3) le chauffage laser est modulable et reconfigurable tant du point de vue de la puissance, de l'extension spatiale, de la distribution d'intensité (distribution gaussienne, franges d'interférences, etc), que de sa durée. D'autre part, il apparaît théoriquement que cette déformation dépend fortement de l'épaisseur des couches de fluides en présence [1].



Des études préliminaires de David Rivière, doctorant au LOMA, ont démontré expérimentalement l'existence de ces déformations thermocapillaires d'interfaces pilotées optiquement (cf image), ainsi que la dépendance en épaisseur des couches liquides. Parallèlement, des études numériques prédisent une instabilité d'interface au-delà d'un seuil au-delà duquel un jet se forme. Le but du stage sera de produire des déformations sur un ménisque initialement plan de très faible tension interfaciale pour des couples de hauteurs de liquides différents afin de déterminer l'existence et les conditions d'obtention de ce seuil et de prouver que l'onde peut effectivement déstabiliser une interface et induire des jets.

[1] H. Chraïbi and J. P. Delville, *Phys. Fluids* **24**, 032102 (2012).

Compétences requises : Gout pour la physique des fluides (hydrodynamique, capillarité) et les effets mécaniques de la lumière dans le cadre d'un travail expérimental.

Laboratoire International
Associé« LUMAC» :Lumière Matière Aquitaine
Québec

Propositions de sujets de stage

Photonique, laser, imagerie

| | |
|--|---|
| Durée du stage (Min. 3 mois / Max. 6 mois) | 4 à 6 mois |
| Lieu du stage (Nom du laboratoire/université) | NanofemtoLab/INRS-EMT |
| Dates de stage | Janvier 2016 ou Avril 2016 |
| Matière (Chimie ou Physique) | Chimie et physique |
| Thématique scientifique / mots clés | |
| Description du stage | Élaboration et caractérisation de points quantiques à base de perovskites organométalliques pour le développement de concentrateurs solaires luminescents novateurs |
| > Missions : | <ul style="list-style-type: none"> -Mettre en œuvre d'une technique à base de procédés chimique (CVD-Halide) ou physique (ablation laser) pour la synthèse de points quantiques à base de perovskites organométalliques. - Elaboration d'un procédé pour le contrôle de la taille des points quantiques. - Étude des propriétés microstructurales et optiques de ces points. |
| > Activités principales : | <ul style="list-style-type: none"> - Dépôts par des techniques telles que Halide-CVD ou l'ablation laser. - Caractérisations par utilisation de la diffraction des rayons X, microscopie électronique, photoluminescence et |

| | |
|---|--|
| | absorption optique. |
| Profil du candidat souhaité : | - Connaissances dans le domaine des matériaux, leur mise en œuvre et leur caractérisation optique. - Sens d'organisation et d'initiative. |
| Nom du superviseur | Prof. Federico Rosei |
| Contact du superviseur (adresse/email) | 1650, boulevard Lionel-Boulet, Varenes, Québec Canada J3X1S2. rosei@emt.inrs.ca |

Laboratoire International
Associé« LUMAC» :Lumière Matière Aquitaine
Québec

Propositions de sujets de stage

Photonique, laser, imagerie

| | |
|--|--|
| Durée du stage (Min. 3 mois / Max. 6 mois) | 3 mois |
| Lieu du stage (Nom du laboratoire/université) | NFL/INRS -EMT |
| Dates de stage | Du 1^{er} juin au 31 août |
| Matière (Chimie ou Physique) | Physique |
| Thématique scientifique / mots clés | Fibres optiques à réseau de Bragg |
| Description du stage | Caractérisation de senseurs optiques |
| > Missions : | Mesurer les propriétés optiques de fibres FBG opérables dans les environnements extrêmes pour des applications en aérospatiale |
| > Activités principales : | Manipulation de fibres et d'instruments de mesures optiques (OSA) - Caractérisations physico-chimiques |
| Profil du candidat souhaité : | Bonne connaissance en optique - Minutie - Aptitude au travail en salle blanche - Esprit d'équipe |
| Nom du superviseur | David Barba |
| Contact du superviseur (adresse/email) | barba@emt.inrs.ca |

Laboratoire International
Associé« LUMAC» :Lumière Matière Aquitaine
Québec

Propositions de sujets de stage

Photonique, laser, imagerie

| | |
|--|---|
| Durée du stage (Min. 3 mois / Max. 6 mois) | 3 à 6 mois, au choix de l'étudiant |
| Lieu du stage (Nom du laboratoire/université) | INRS-ÉMT / ALLS |
| Dates de stage | Ouvert. Au choix de l'étudiant. |
| Matière (Chimie ou Physique) | Physique |
| Thématique scientifique / mots clés | Génération d'harmoniques élevés, magnétisation ultra-rapide |
| Description du stage | Travailler avec un étudiant au doctorat à l'imagerie de matériaux magnétiques avec des impulsions X obtenues par génération d'harmoniques élevés. Plus spécifiquement, étudié la diffraction X avec des échantillons TbCo au seuil N du Tb, soit ~155 eV d'énergie de photon. |
| > Missions : | Caractérisation de la source harmonique (flux, divergence, spectre), caractérisation du laser infrarouge générant les harmoniques, utilisation de la source harmonique pour la diffraction magnétique. |
| > Activités principales : | Travail au laboratoire Advanced Laser Light Source, caractérisation optique, design de montage optique X. |
| Profil du candidat souhaité : | Un étudiant motivé avec un intérêt pour travailler avec des lasers de puissance. Une bonne formation en optique et physique. Aime travailler en équipe. |
| Nom du superviseur | François Légaré |
| Contact du superviseur (adresse/email) | legare@emt.inrs.ca |

Laboratoire International Associé « LUMAC » :Lumière Matière Aquitaine Québec

Propositions de sujets de stage

Photonique, laser, imagerie

| | |
|--|--|
| Durée du stage (Min. 3 mois / Max. 6 mois) | 3 à 6 mois, au choix de l'étudiant |
| Lieu du stage (Nom du laboratoire/université) | INRS-ÉMT / ALLS |
| Dates de stage | Ouvert. Au choix de l'étudiant. |
| Matière (Chimie ou Physique) | Physique |
| Thématique scientifique / mots clés | Développement de sources lasers infrarouges et moyen-infrarouges intenses. |
| Description du stage | Travailler avec une équipe composée d'un ingénieur, d'un étudiant M.Sc., et d'un postdoc pour le développement de sources lasers infrarouges en utilisation l'amplification paramétrique optique dans l'espace des fréquences (voir Nat. Comm. 5, 3643 (2014)). |
| > Missions : | Simulations de processus optique nonlinéaire, design optique, caractérisation temporelle et spatiale d'impulsions lasers. |
| > Activités principales : | Travail au laboratoire Advanced Laser Light Source, caractérisation optique, design optique. |
| Profil du candidat souhaité : | Un étudiant motivé avec un intérêt pour travailler avec des lasers de puissance. Une bonne formation en optique et physique. Aime travailler en équipe. |
| Nom du superviseur | François Légaré |
| Contact du superviseur (adresse/email) | legare@emt.inrs.ca |

Laboratoire International Associé « LUMAC » :Lumière Matière Aquitaine Québec

Propositions de sujets de stage

Photonique, laser, imagerie

| | |
|--|--|
| Durée du stage (Min. 3 mois / Max. 6 mois) | 3 à 6 mois, au choix de l'étudiant |
| Lieu du stage (Nom du laboratoire/université) | INRS-ÉMT / ALLS |
| Dates de stage | Ouvert. Au choix de l'étudiant. |
| Matière (Chimie ou Physique) | Chimie ou Physique |
| Thématique scientifique / mots clés | Microscopie de génération de seconde harmonique pour l'imagerie du cartilage. |
| Description du stage | Travailler avec une équipe composée d'un étudiant Ph.D. et d'un postdoc pour le développement de la microscopie de seconde harmonique en mode interférométrique. |
| > Missions : | Développer un montage optique qui permettra de prendre rapidement des images de microscopie de seconde harmonique en mode interférométrique. Application au cartilage et à l'imagerie des microtubules. |
| > Activités principales : | Travail au laboratoire Advanced Laser Light Source, caractérisation optique, design optique. |
| Profil du candidat souhaité : | Un étudiant motivé avec un intérêt pour travailler avec des lasers de puissance à l'interface avec la biologie. Une bonne formation en optique et physique. Aime travailler en équipe. |
| Nom du superviseur | François Légaré |
| Contact du superviseur (adresse/email) | legare@emt.inrs.ca |

2 OFFRES DE PROJET DE STAGE D'ÉTÉ - 2016

Étude des origines de la formation de l'anisotropie naturelle dans les tissus biologiques

Imagerie adaptative en utilisant des cristaux liquides

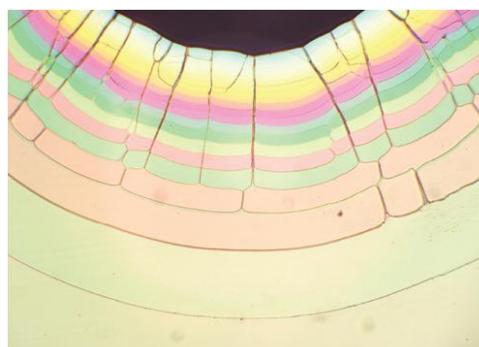
Groupe de recherche

Le Pr. Tigran Galstian est professeur de physique à l'Université Laval à Québec (Canada) et chercheur au Centre d'Optique, Photonique et Laser (COPL) (www.copl.ulaval.ca/accueil/). Il est également titulaire de la Chaire de Recherche du Canada en cristaux liquides et biophotonique comportementale. Le laboratoire des matériaux et composants photoniques qu'il dirige se spécialise dans l'étude des matériaux et dans leurs applications dans les domaines médicaux (imagerie adaptative, propagation des médicaments, etc.). Plusieurs découvertes scientifiques excitantes y ont été récemment réalisées, conduisant à des transferts technologiques vers l'industrie.

Description des deux projets proposés (1 étudiant/projet)

1) Étude des origines de la formation de l'anisotropie naturelle dans les tissus biologiques, leurs performances « physiques » (propagation optique, diffusion moléculaire, etc.) et de leurs rôles dans le fonctionnement des organismes vivants. Étude de comportement des organismes vivants dans les milieux anisotropes formés par les molécules anisotropes auto-organisées en état liquide.

2) Imagerie adaptative en utilisant des cristaux liquides. Compensation dynamique des aberrations optiques, mise au point automatique et balayage en profondeur, imagerie en 3D. Utilisations en endoscopie et en microscopie adaptative.



Auto-assemblage moléculaire permettant de discriminer la diffusion de la lumière par des molécules chirales (Réf: Galstian, Soft Matter, 2015).

Profil recherché

Étudiant(e) en physique, en génie physique (optique) ou science des matériaux motivé(e) par la recherche et le développement. Connaissances en biologie, bio-photonique ou en bio-physique sont des atouts importants.

Les candidats qui désirent continuer leurs projets (incluant les études de maîtrise et de doctorat) seront privilégiés.

Travaux récents du groupe de recherche Prof. Tigran Galstian

1. I. Duchesne, S. Rainville and T. Galstian, *Bacterial Motility Reveals Unknown Molecular Organization*, accepted in Biophysical Journal, Manuscript #: 2015BIOPHYSJ305186RR, 2015.
2. T. Galstian and K. Allahverdyan, *Molecular self-assemblies might discriminate the diffusion of chiral molecules*, Soft Matter, 11, 4167 - 4172, 2015.
3. K. Allahverdyan, T. Galstian, A. H. Gevorgyan, R. Hakopyan, *Could the cuticle of beetles serve also for their radiative thermoregulation?*, Optics and Photonics Journal, 2013, 3, pp. 17-22, 2013.
4. A. Kumar, T. Galstian, S. K. Pattanayek, S. Rainville, *The motility of bacteria in an anisotropic liquid environment*, Mol. Cryst. & Liq. Cryst., Vol. 574, Issue 1, pages 33-39, 2013.
5. K. Asatryan, V. Presnyakov, A. Tork, A. Zohrabyan, A. Bagramyan, T. Galstian, *Optical lens with electrically variable focus using an optically hidden dielectric structure*, Optics Express, Vol. 18, Iss. 13, pp. 13981-13992, 2010.

Contactez Tigran Galstian: Tigran.Galstian@phy.ulaval.ca Inclure dans l'envoi : CV + Relevé de notes + Références

2 OFFRES DE PROJET DE STAGE D'ÉTÉ - 2016

Étude des origines de la formation de l'anisotropie naturelle dans les tissus biologiques

Imagerie adaptative en utilisant des cristaux liquides

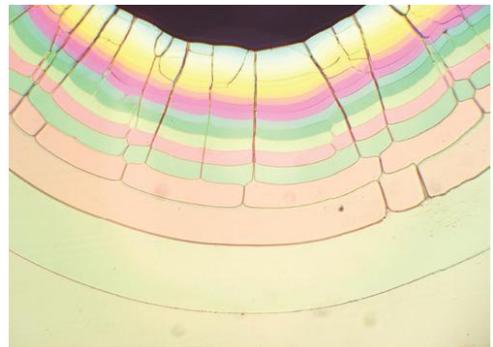
Groupe de recherche

Le Pr. Tigran Galstian est professeur de physique à l'Université Laval à Québec (Canada) et chercheur au Centre d'Optique, Photonique et Laser (COPL) (www.copl.ulaval.ca/accueil/). Il est également titulaire de la Chaire de Recherche du Canada en cristaux liquides et biophotonique comportementale. Le laboratoire des matériaux et composants photoniques qu'il dirige se spécialise dans l'étude des matériaux et dans leurs applications dans les domaines médicaux (imagerie adaptative, propagation des médicaments, etc.). Plusieurs découvertes scientifiques excitantes y ont été récemment réalisées, conduisant à des transferts technologiques vers l'industrie.

Description des deux projets proposés (1 étudiant/projet)

1) Étude des origines de la formation de l'anisotropie naturelle dans les tissus biologiques, leurs performances « physiques » (propagation optique, diffusion moléculaire, etc.) et de leurs rôles dans le fonctionnement des organismes vivants. Étude de comportement des organismes vivants dans les milieux anisotropes formés par les molécules anisotropes auto-organisées en état liquide.

2) Imagerie adaptative en utilisant des cristaux liquides. Compensation dynamique des aberrations optiques, mise au point automatique et balayage en profondeur, imagerie en 3D. Utilisations en endoscopie et en microscopie adaptative.



Auto-assemblage moléculaire permettant de discriminer la diffusion de la lumière par des molécules chirales (Réf: Galstian, Soft Matter, 2015).

Profil recherché

Étudiant(e) en physique, en génie physique (optique) ou science des matériaux motivé(e) par la recherche et le développement. Connaissances en biologie, bio-photonique ou en bio-physique sont des atouts importants.

Les candidats qui désirent continuer leurs projets (incluant les études de maîtrise et de doctorat) seront privilégiés.

Travaux récents du groupe de recherche Prof. Tigran Galstian

1. I. Duchesne, S. Rainville and T. Galstian, *Bacterial Motility Reveals Unknown Molecular Organization*, accepted in Biophysical Journal, Manuscript #: 2015BIOPHYSJ305186RR, 2015.
2. T. Galstian and K. Allahverdyan, *Molecular self-assemblies might discriminate the diffusion of chiral molecules*, *Soft Matter*, 11, 4167 - 4172, 2015.
3. K. Allahverdyan, T. Galstian, A. H. Gevorgyan, R. Hakopyan, *Could the cuticle of beetles serve also for their radiative thermoregulation?*, *Optics and Photonics Journal*, 2013, 3, pp. 17-22, 2013.
4. A. Kumar, T. Galstian, S. K. Pattanayek, S. Rainville, *The motility of bacteria in an anisotropic liquid environment*, *Mol. Cryst. & Liq. Cryst.*, Vol. 574, Issue 1, pages 33-39, 2013.
5. K. Asatryan, V. Presnyakov, A. Tork, A. Zohrabyan, A. Bagramyan, T. Galstian, *Optical lens with electrically variable focus using an optically hidden dielectric structure*, *Optics Express*, Vol. 18, Iss. 13, pp. 13981-13992, 2010.

Contactez Tigran Galstian: Tigran.Galstian@phy.ulaval.ca Inclure dans l'envoi : CV + Relevé de notes + Références

| | |
|---|---|
| Responsable du stage: | Francesca Bragheri |
| Laboratoire: | Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN) – CNR P.zza Leonardo da Vinci 32 20133 Milano –Italia www.ifn.cnr.it |
| Téléphone: | +390223996199 |
| Fax: | +390223996126 |
| e-mail: | francesca.bragheri@ifn.cnr.it |
| Durée(s) proposée(s)du stage * : 3 mois | |
| <u>Sujet du stage:</u> | <p>Fluorescence microscopy is one of the most powerful tools that we have to investigate biological samples. Selective plane illumination microscopy (SPIM) can image biological samples at high spatio-temporal resolution, by optically sectioning the samples with minimal exposure to light; indeed fluorescence is excited only in a region of the sample defined by the light-sheet. However, this technique currently requires dedicated set-ups, complex alignment and long measurement times for many sample analyses. In our project we propose a millimeter-scale optofluidic device that integrates the optical components for the light sheet creation and a microfluidic circuit for the continuous delivery of the sample. This device, produced by femtosecond laser micromachining on a single glass chip, can upgrade any standard fluorescence microscope to a SPIM device. Continuous flow of the sample enables high-resolution three-dimensional images of large multicellular samples in less than 2 seconds/sample, without any alignment requirement. This automatic device will be a key element in future biological studies, giving access to SPIM to non-expert end-users and providing enough throughput to statistically support any finding.</p> <p>A 3 monthslab-internshipactivitycouldbeinserted in the frame of thisresearchproject. In particular the attention of the studentwillbedrawn to one or more aspect of the project, such as, for example, the realization of a dual-color illumination light sheetthatwillenable the 3D fluorescence analysisexploitingtwodifferent markers.</p> |

| | |
|--|--|
| Responsable du stage: | Vladimir Tikhonchuk |
| Laboratoire: | Centre of Laser Intenses et Applications (CELIA) |
| Téléphone: | 0540003764 |
| Fax: | 0540002580 |
| e-mail: | tikhonchuk@celia.u-bordeaux1.fr |
| Durée(s) proposée(s) du stage * : 2-3 mois | |
| <u>Sujet du stage:</u> | Recollision induced lasing of ionized nitrogen molecules |

But du stage :

Context: Laboratory CELIA is working on the physics of laser interaction with the matter and plasma in application for the high energy density physics and laser technologies. One of recent advances application of intense short pulse lasers is creation of population inversion and observation of the lasing effect in air [1]. The population inversion is created in the plasma filament in the wake of propagating short laser pulse. Two emission lines have been observed: the excited neutral molecule of Nitrogen, N_2^* and the excited molecular ion, N_2^{+*} . While the excitation of the molecule N_2 is understood, the creation of the excited states of the molecular ion remains a mystery. Recently, we proposed a model explaining the experimental observations by the multiple recollisions of ionized electron with the parent ion.

Proposal: The subject of the proposed internship is to further develop the model and to improve it by comparison with the new experimental data. The will be improving the existent recollision model by accounting for the Coulomb attraction of the parent ion, the laser magnetic field etc. and describing the lasing effect in the plasma filament. The work consists in the analytical development and solving numerically the corresponding equations with the standard packages, such as MATHLAB, PYTHON or MATHEMATICA.

References:

1. G. Point, Y. Liu, Y. Brelet, S. Mitryukovskiy, P. J. Ding, A. Houard, and A. Mysyrowicz, "Lasing of ambient air with microjoule pulse energy pumped by a multi-terawatt femtosecond laser," *Opt. Lett.* **39**, 1725 (2014).
2. Yi Liu, Pengji Ding, Guillaume Lambert, Aurélien Houard, Vladimir Tikhonchuk and André Mysyrowicz, Recollision-induced superradiance of ionized nitrogen molecules, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 133203 (2015).

Compétences requises :

The knowledge of basic courses of physics, quantum mechanics and electrodynamics is necessary. A basic knowledge of programming with one of the standard packages is desirable.

| | |
|----------------------------------|--|
| Responsable du stage: | Valerie blanchet/Yann Mairesse |
| Laboratoire: | CELIA |
| Téléphone: | 0540003898 |
| Fax: | |
| e-mail: | blanchet@celia.u-bordeaux1.fr |
| Durée(s) proposée(s)du stage * : | 39 jours |
| <u>Sujet du stage:</u> | Dynamique de relaxations ultrarapides de systèmes moléculaires |

But du stage :

Les réactions chimiques sont le résultat d'un changement de configuration électronique lors de l'approche entre réactifs. A l'échelle microscopique, ce changement de configuration induit des forces qui déplacent un ou plusieurs atomes à l'intérieur du système réactif. Comprendre le mécanisme élémentaire d'une réaction signifie, entre autres, identifier le jeu de forces responsables de ce mouvement. L'objectif de ce stage est d'accéder à la connaissance de ces forces par une ionisation résolue en temps à l'échelle femtoseconde. Les molécules sont étudiées en phase gazeuse. L'imagerie de vecteurs vitesse de photoélectrons résolue en temps est l'outil de prédilection pour étudier ces dynamiques ultrarapides optiquement initiées.

L'étudiant sera ainsi amené à apprendre à utiliser un montage expérimental déjà existant combinant des impulsions du VUV à l'UV et un imageur de vecteurs vitesse. Au terme de ce stage, il saura appréhender des montages sous-vide, la détection de charge, l'optique non-linéaire jusqu'à la génération d'harmoniques élevées (impulsion attoseconde), l'acquisition de données sous Labview et le traitement de données sous matlab. Il sera également initié à la physique moléculaire étudiée par photoionization.

Compétences requises :

Labview, matlab, optique non-linéaire, travail expérimental minutieux, enthousiasme et énergie requise.

| | |
|--|--|
| Responsable du stage: | Jonathan Braine |
| Laboratoire: | Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux |
| Téléphone: | 05 57 77 61 53 |
| Fax: | 05 57 77 61 10 |
| e-mail: | braine@obs.u-bordeaux1.fr |
| Durée(s) proposée(s) du stage * : durée standard | |
| Sujet du stage: | Nuages moléculaires dans la galaxie spirale Messier 33 : Rotation, orientation, et évaluation des incertitudes |

But du stage :

Dans la galaxie du groupe local Messier 33, nous avons identifié 566 nuages moléculaires à partir d'un grand programme d'observation de la raie de CO(2-1), qui trace le gaz moléculaire. Ces nuages sont, ont récemment été, ou seront prochainement des sites de formation stellaire. Les données CO(2-1) fournissent non seulement la répartition du gaz mais aussi la dynamique, c'est-à-dire l'intensité en fonction de la vitesse.

Les données sont sous forme d'un cube avec 2 axes de position et le 3e axe la fréquence, que l'on transforme en vitesse via l'effet Doppler. Ainsi, à chaque position nous pouvons identifier la vitesse principale du gaz et l'intensité en fonction de la vitesse. M33 est une galaxie spirale, assimilable à un disque en rotation. La rotation est dite différentielle, car la vitesse est proche de constante en fonction du rayon, ce qui veut dire que les temps de rotation s'allongent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre: un nuage non-lié gravitationnellement devrait donc s'étirer avec le temps. Deux effets importants potentiellement détectables dans ces données sont l'orientation des nuages et une éventuelle rotation (plus complexe). Une rotation à grande échelle pourrait avoir des conséquences sur l'orientation des disques circumstellaires et l'orientation des jets (flots moléculaires) lors de la formation stellaire.

Nous avons les contours des nuages moléculaires identifiés dans le cube de données et le projet sera de chercher une orientation préférentielle des nuages et de rechercher des mouvements de rotation. Il faudra dans un premier temps enlever la rotation globale de la galaxie et ensuite rechercher une régularité dans le gradients de vitesse que nous pourrons observer: Il s'agit d'un sujet assez prospectif car jusqu'à maintenant il n'a pas été possible d'identifier des mouvements réguliers. Cependant, cet ensemble de données offre plus de possibilités de le faire.

Au cours de 2014-2015, une estimation des gradients de vitesse a été obtenue pour chacun des 566 nuages. Cette année, il s'agit de travailler avec ces gradients et, surtout, d'en estimer les incertitudes afin de mesurer à quel point les gradients (que l'on suppose dus à la rotation) sont significatifs.

Compétences requises :

Programmation de base, Physique de base

| | |
|-----------------------------------|--|
| Responsable du stage: | Grégory Cachel, CR1 |
| Laboratoire: | CEN Bordeaux-Gradignan |
| Téléphone: | 05 57 12 08 55 |
| Fax: | 05 57 12 08 01 |
| e-mail: | cachel@cenbg.in2p3.fr |
| Durée(s) proposée(s) du stage * : | 39 jours |
| Sujet du stage: | Conception par simulation d'une nouvelle source d'ions afin d'en optimiser les caractéristiques et performances. |

But du stage :

Les recherches menées par le groupe « Radioactivité & Environnement » (RadEn) s'appuient sur la mesure des gaz rares (He, Ne, Ar, Kr et Xe) dans des domaines très variés (datation, énergie nucléaire, caractérisation de matériaux, etc.).

Une thématique, en particulier, concerne la détection avec une sensibilité extrême des isotopes radioactifs du krypton pour la datation des eaux souterraines anciennes et des glaces polaires mais aussi pour le traçage des activités nucléaires. Ces études sont réalisées à l'aide de PIAGARA (Plateforme Interdisciplinaire pour l'Analyse des Gaz Rares en Aquitaine).

Notre groupe met en œuvre pour ce faire, des spectromètres de masse de type divers qui utilisent différentes sources d'ions.

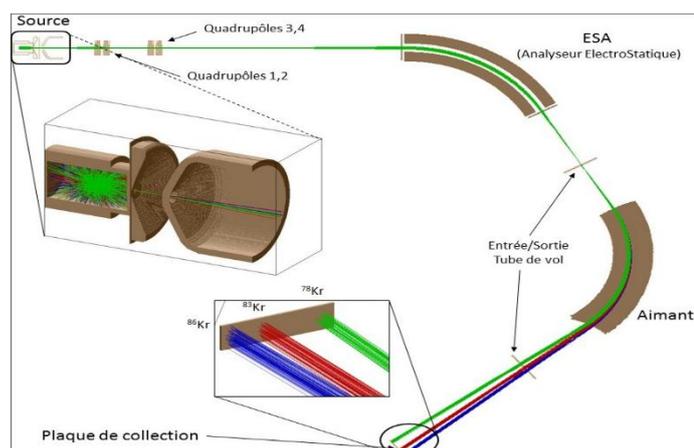


Figure 1: schéma du spectromètre de masse PT2 avec des vues éclatées de la source et de la plaque de collection. Résultats d'une simulation d'implantation pour la famille krypton 78, 83, 86.

Le but du stage sera de participer à la conception d'une nouvelle source d'ion pour l'un des spectromètres afin d'améliorer son efficacité. Le travail concernera donc, par des simulations et des réflexions sur le design de cette source, à en optimiser les performances.

Compétences requises :

Connaissances de niveau M1 en physique, compétences en informatique et notions en programmation.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Responsable du stage: | Prof. Philippe GUIONNEAU |
| Laboratoire: | ICMCB |
| Téléphone: | 05 40 00 25 79 |
| Fax: | |
| e-mail: | philippe.guionneau@icmcb.cnrs.fr |
| Durée(s) proposée(s) du stage * : | 39 jours |
| <u>Sujet du stage:</u> | Fatigabilité de pigments thermochromescristallins : investigation exploratoire par diffraction des rayons X. |

But du stage :

Contexte: à l'état solide, **les propriétés physiques des matériaux dépendent très fortement de l'agencement des atomes les uns par rapport aux autres**. En conséquence la détermination des propriétés structurales constitue une étape incontournable dans la compréhension et le développement de nouveaux matériaux. L'un des objectifs du groupe d'accueil de ce stage est précisément **d'inventer, de créer des matériaux présentant des propriétés physiques nouvelles et intéressantes** en vue d'applications industrielles. En particulier, les matériaux étudiés présentent **une transition de phase** impliquant des changements de propriétés optiques (couleur), magnétiques et structurales en fonction de la température. Ces propriétés en font potentiellement des pigments thermochromes. L'une des questions qui se posent actuellement concerne la **fatigabilité** liée à la transition de phase.

Objectif de travail du stage : le stagiaire aura pour objectif d'explorer la fatigabilité d'un composé moléculaire via l'examen de sa structure cristalline, que cela soit à l'échelle atomique (arrangement cristallin) ou microscopique (domaines cohérents).

Pour cela il faudra **mettre en place une expérience** permettant de faire subir un très grand nombre de cycle thermiques à une poudre cristalline. L'échantillon sera étudié par diffraction X après un nombre de cycles à déterminer. Le stagiaire sera formé à l'élaboration d'un protocole expérimental, à la **diffraction des rayons X, à l'étude des matériaux présentant des transitions de phase** et à la rédaction et présentation d'un rapport scientifique. Il participera à la dynamique et aux plaisirs de la vie d'un laboratoire pluridisciplinaire au quotidien.

Mots-clefs : *transition de phase – diffraction des rayonnements – cristallographie - matériaux*

| | |
|--------------------------------------|---|
| Responsables du stage: | Nathalie BROUILLET et Didier DESPOIS |
| Laboratoire: | LAB |
| Téléphone: | 05 57 77 61 35 |
| Fax: | 05 57 77 61 10 |
| e-mail: | brouillet@obs.u-bordeaux1.fr |
| Durée proposée du stage : 8 semaines | |
| <u>Sujet du stage:</u> | A la recherche de molécules complexes et prébiotiques dans Orion : analyse d'observations effectuées avec l'interféromètre ALMA |

But du stage :

La chimie interstellaire est candidate à l'origine des premières molécules ayant permis l'apparition de la vie sur Terre. Nous étudions à petite échelle (quelques fois la taille du système solaire actuel) par les moyens de la radioastronomie millimétrique, et tout particulièrement l'interférométrie, les zones et modes de production des molécules organiques complexes au coeur de la nébuleuse d'Orion. Les questions abordées sont : 1) le degré de complexité chimique, et, en particulier, la présence de molécules d'intérêt prébiotique, 2) les liens entre la chimie, les chocs et les étoiles en formation, 3) la limite posée par le mélange des raies à la détection de nouvelles espèces, 4) la similarité chimique des glaces interstellaires et cométaires, élément important du lien possible avec la Terre Primitive.

Cette recherche se base sur les données à hautes sensibilité et résolutions spatiale et spectrale d'Orion que nous avons obtenues avec l'interféromètre de l'Institut de RadioAstronomie Millimétrique (IRAM) et l'Extended Very Large Array (EVLA), ainsi que les données de vérification scientifique de l'Atacama Large Millimeter Array (ALMA) déjà disponibles.

Les observations spectroscopiques effectuées avec ALMA sont sur une grande bande de fréquences, ce qui permet de disposer de nombreuses transitions pour étudier une molécule. 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 continuer l'étude des molécules oxygénées, il s'agira pour chaque molécule : 1) d'identifier les différentes transitions et de les cartographier, 2) de mesurer sa température, 3) de quantifier son abondance. Pour cela, on utilisera les bases de spectroscopie moléculaire astronomiques et les logiciels standards de traitement des données radioastronomiques, ainsi que des outils spécifiquement développés pour ces études.

Compétences requises :

Quelques connaissances en spectroscopie moléculaire sont souhaitables.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Responsable du stage: | Didier DESPOIS et Christine DUCOURANT |
| Laboratoire: | Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux |
| Téléphone: | 05 57 77 61 59 / 61 20 |
| Fax: | 05 57 77 61 10 |
| e-mail: | despois@obs.u-bordeaux1.fr |
| Durée(s) proposée(s) du stage * : | 8 semaines |
| <u>Sujet du stage:</u> | Mouvements d'étoiles en formation avec un télescope spatial infrarouge |

Contexte

Les étoiles se forment au sein de nuages de gaz et de poussières, le plus souvent par groupe de quelques centaines. Au bout de quelques millions d'années le gaz restant se disperse. La mesure précise des positions des étoiles nous donne accès à leur concentration spatiale, à leur déplacement au cours du temps ("mouvement propre"), à leur distance du soleil (parallaxe).

Plus une association d'étoiles est jeune, plus ces observations nous aident à comprendre les mécanismes de formation. Mais plus également l'amas en formation est enfoui dans le nuage, et les observations gênées par l'absorption par la poussière. Pour les plus jeunes (< quelques millions d'années) l'observation en lumière visible n'est plus possible et doit être remplacée par l'infrarouge proche, moins absorbé.

But du stage

Nous avons conduit récemment une étude d'un amas en formation avec un grand télescope au sol, le NTT de l'ESO. Mais l'atmosphère terrestre reste une limitation importante de la précision des mesures. Le projet (~2025) de télescope WFIRST soumis à la NASA joint grand champ, haute résolution spatiale, et observation à 1.75 microns. Si son but principal est la cosmologie, 25% du temps est réservé à d'autres projets, dont l'astrométrie.

Il s'agira dans ce stage de faire une première évaluation de la précision atteignable avec cet instrument pour l'étude des amas d'étoiles naissants. D'une part on étudiera les limitations purement instrumentales, de l'autre on les confrontera aux limitations intrinsèques comme celles apportées par la présence d'un compagnon stellaire voire d'une planète géante. Ce dernier point fera l'objet d'une simulation informatique.

Compétences requises :

Une familiarité avec un langage informatique, de préférence python ou R est un plus, mais n'est pas requise.

| | |
|--------------------------------|---|
| Responsable du stage: | Didier DESPOIS |
| Laboratoire: | Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux |
| Téléphone: | 05 57 77 61 59 |
| Fax: | 05 57 77 61 10 |
| e-mail: | despois@obs.u-bordeaux1.fr |
| Durée(s) proposée(s)du stage : | 8 semaines |
| <u>Sujet du stage:</u> | Séquestration du CO2 dans l'océan d'exoplanètes |

Contexte

Parmi la grande diversité de planètes extrasolaires se trouvent probablement des "planètes-océans" dont la structure rappelle en plus grand celle des satellites de Jupiter comme Europa ou Ganymède. Pour certaines il y aurait un océan intérieur sous une couche de glace de surface. Pour d'autres plus proches de leur étoile, l'océan serait en surface.

Les glaces planétaires comme les glaces interstellaires ou cométaires contiennent généralement d'autres molécules que l'eau, en particulier quelques % de CO₂. CO₂ présente une grande solubilité dans l'eau liquide, mais aux grandes profondeurs que pourraient avoir les océans d'exoplanètes (une centaine de km) on peut atteindre la limite de solubilité, et du CO₂ liquide, plus dense s'accumulerait au fond de l'océan.

But du stage

Il s'agit d'établir la structure verticale d'un tel océan (concentration de CO₂ selon la profondeur) dans le cas le plus simple, pour une planète à symétrie sphérique, sans rotation et à température de surface uniforme. Cela demande d'intégrer numériquement l'équation de l'équilibre hydrostatique couplée aux équations d'état (EOS) de H₂O, CO₂ et de leur mélange.

Plusieurs modèles d'EOS sont proposés pour les grandes pressions en jeu (GPa), et l'on étudiera l'influence du choix de l'une où l'autre sur les résultats. L'intégration numérique sera faite en utilisant les ressources des bibliothèques python. Si le temps le permet, un modèle plus riche et plus complexe, incluant par exemple l'atmosphère, voire une dynamique très simplifiée pourra également être étudié.

Compétences requises :

Une connaissance préalable de python est un plus, mais n'est pas requise

Le stage porte sur le développement d'un modèle de simulation du transport des neutrons dans des détecteurs passifs utilisés pour les diagnostics du laser PETAL (Imaging Plates IP) à l'aide du code de simulation Monte-Carlo GEANT4. Le travail consistera à développer, analyser, vérifier un code qui étudie la propagation de flux de neutrons à l'intérieur de ces détecteurs. Calculer le profil de la perte d'énergie dans l'IP en fonction de l'énergie de neutron et la diffusion élastique neutrons protons.

Le travail de stage sera précédé d'une étude bibliographique.

Langages et logiciels : C, C++

Mots clés : Imaging plates (IP), neutrons, LMJ-PETAL+, simulation GEANT4

Lieu de stage : CELIA

Liste des auteurs

Abraham, Emmanuel, 1

Barba David, 9

Blanchet Valérie, 18

Bragheri Francesca, 16

Braine Jonathan, 19

Brouillet Nathalie, 22

Canchel Grégory, 20

Champion Christophe, 3

Coradi Audrey, 2

Delville Jean-Pierre, 5, 6

Despois Didier, 23, 24

Ducourant Christine, 23

Ducret Jean Eric, 25

Galstian Tigran, 14, 15

Guionneau Philippe, 21

Légaré François, 10–13

Mairesse Yann, 18

Rabhi Nesrine, 25

Richter Ralf, 4

Rosei Federico, 7–9

Tikhonchuk Vladimir, 17