



## Désactivation des états excités de modèles de protéines : simulations de dynamique non-adiabatique et méthodes ab initio

**Spécialité** Physique moléculaire

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Ingenieur/Master

**Unité d'accueil** [LIDYL/SBM](#)

**Candidature avant le** 03/04/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [BRENNER Valerie](#)

+33 1 69 08 37 88

[valerie.brenner@cea.fr](mailto:valerie.brenner@cea.fr)

### Résumé

Ce stage porte sur la caractérisation des mécanismes de désactivation d'états excités de modèles de protéines, des peptides protégés, et plus particulièrement, la détermination pour de tels systèmes des performances d'une méthode de chimie quantique dédiée au calcul des états excités.

### Sujet détaillé

Dans les protéines, les états excités peuplés par l'absorption UV bénéficient de mécanismes de désactivation d'importance majeure pour la photostabilité de ces espèces. Ces processus, souvent ultrarapides, offrent un moyen rapide et efficace de dissiper l'excitation électronique sous forme de vibration, évitant ainsi les réactions photochimiques conduisant généralement à des dommages structurels susceptibles d'affecter la fonction biologique du système. Notre connaissance de ces processus qui contrôlent la durée de vie de l'état excité peut être approfondie à travers une modélisation précise des surfaces d'énergie potentielle des états excités de modèles de ces systèmes. Une méthode performante pour cette modélisation est la méthode « Coupled Cluster » d'ordre 2 (CC2).<sup>1,2</sup> Cependant, cette méthode s'avère difficilement applicable à des systèmes de grande taille pour des raisons de temps de calculs et dans les simulations de dynamique non-adiabatique pour des problèmes de convergence. L'objectif principal de ce stage est donc de tester sur une série de peptides protégés les performances d'une méthode de chimie quantique alternative à cette méthode, la méthode ADC(2) (Algebraic Diagrammatic Construction through second order).<sup>3</sup> Ce sujet est en lien directe avec des expériences de spectroscopies menées dans l'équipe, expériences utilisant les récents développements des techniques expérimentales de spectroscopie en phase gazeuse.

[1] W. Y. Sohn, V. Brenner, E. Gloaguen and M. Mons, Local NH- $\pi$  interactions involving aromatic residues of proteins: influence of backbone conformation and  $\pi\pi^*$  excitation on the  $\pi$  H-bond strength, as revealed from studies of isolated model peptides. PCCP 2016, 18, 29969.

[2] N. Ben Amor, S. Hoyau, D. Maynau and V. Brenner, Low-lying excited states of models proteins: Performances of the CC2 method versus MRCI methods. J. Chem. Phys 2018, 148, 184105.

[3] (a) J. Schirmer, Beyond the random-phase approximation: a new approximation scheme for the polarization

---

propagator. Physical Review A. 1982, 26, 2395. (b) A. B. Trofimov and J. Schirmer, An efficient polarization propagator approach to valence electron excitation spectra. Journal of Physics B. 1995, 28, 2299.

### **Mots clés**

Calcul d'états excités, Méthodes « Coupled Cluster », Dynamique non-adiabatique

### **Compétences**

Au cours du stage, le candidat se formera aux méthodes de calculs d'états excités ainsi qu'à l'utilisation de logiciels de chimie quantique : Turbomole (Méthodes CC2 et ADC(2)) et NEWTON-X (Simulations de dynamique non-adiabatique).

### **Logiciels**

Station de travail locales et Supercalculateurs Nationaux

---

## Excited states deactivation in model proteins chains: Non-adiabatic dynamics and ab initio methods

### Summary

This internship focuses on the characterization of the deactivation excited states mechanisms in model proteins chains, capped peptides, and in particular, the determination of the performances for such systems of a quantum chemistry method dedicated to the excited states computation.

### Full description

The proteins are endowed with mechanisms of excited-state deactivation following UV absorption. These mechanisms are of major importance for the photochemical stability of these species since they provide them a rapid and efficient way to dissipate the electronic energy in excess into vibration, thus avoiding photochemical processes to take place and then structural damages which affect the biological function of the system. In this context, an efficient modelling of the potential energy surfaces of excited states of model proteins should lead to better understanding the photophysical phenomena involved in the deactivation mechanisms. An efficient method for this modeling is the "Coupled Cluster" method of order 2 (CC2).<sup>1,2</sup> However, this method is difficult to apply for large systems due to very long computation times and in non-adiabatic dynamics simulations for convergence problems. The main objective of this internship is then to test on a series of model proteins, capped peptides, the performances of an alternative quantum chemistry method to treat excited states, the ADC (2) method (Algebraic Diagrammatic Construction through Second Order).<sup>3</sup> This theoretical work will be backed up by key gas phase experiments performed in the team, experiments using recent development of the spectroscopic techniques in gas phase.

[1] W. Y. Sohn, V. Brenner, E. Gloaguen and M. Mons, Local NH- $\pi$  interactions involving aromatic residues of proteins: influence of backbone conformation and  $\pi\pi^*$  excitation on the  $\pi$  H-bond strength, as revealed from studies of isolated model peptides. PCCP 2016, 18, 29969.

[2] N. Ben Amor, S. Hoyau, D. Maynau and V. Brenner, Low-lying excited states of models proteins: Performances of the CC2 method versus MRCI methods. J. Chem. Phys 2018, 148, 184105.

[3] (a) J. Schirmer, Beyond the random-phase approximation: a new approximation scheme for the polarization propagator. Physical Review A. 1982, 26, 2395. (b) A. B. Trofimov and J. Schirmer, An efficient polarization propagator approach to valence electron excitation spectra. Journal of Physics B. 1995, 28, 2299.

### Keywords

Excited states computation, Coupled Cluster methods, Non-adiabatic dynamics

### Skills

During the course, the candidate will be trained in methods calculating excited states as well as to use quantum chemistry softwares: Turbomole (CC2 and ADC(2) methods) and NEWTON-X (Non-adiabatic dynamics).

### Softwares

Station de travail locales et Supercalculateurs Nationaux



## Films minces multifonctionnels pour la transition énergétique et l'opto-spintronique à base de BaTiO<sub>3</sub> dopé azote.

**Spécialité** Physique des matériaux

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/LNO](#)

**Candidature avant le** 30/04/2020

**Durée** 5 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [BARBIER Antoine](#)

+33 1 69 08 39 23

[antoine.barbier@cea.fr](mailto:antoine.barbier@cea.fr)

### Résumé

L'objectif de ce stage est d'élaborer des couches minces epitaxiées d'oxynitrides BaTi(OxN<sub>1-x</sub>)<sub>3</sub> par épitaxie par jets moléculaires assistée de plasmas azote et oxygène atomiques : un matériau ferroélectrique sensible au spectre solaire. On procédera par dopage de films de BaTiO<sub>3</sub> dont les conditions de croissance sont déjà parfaitement maîtrisées au laboratoire CEA/SPEC. On étudiera le potentiel d'application de ces films pour la photoélectrolyse de l'eau et/ou l'opto-spintronique au laboratoire et potentiellement au C2N et au synchrotron-SOLEIL.

### Sujet détaillé

La transition énergétique requiert le développement de nouveaux matériaux dédiés, en particulier, à la production d'énergie propre et/ou permettant des économies d'énergie dans les systèmes électroniques. Dans ce cadre, les oxynitrides constituent une classe de matériaux pertinents. Parmi ceux-ci, les composés ferroélectriques sont particulièrement bien adaptés pour réaliser des capteurs opto-spintronique et pour la production d'hydrogène par photoélectrolyse de l'eau. L'insertion d'azote, moins électronégatif que l'oxygène, dans le réseau d'un oxyde engendre une augmentation du caractère covalent des liaisons chimiques. Cela se traduit par une diminution de la valeur du gap optique  $E_g$  et donc par une modification des propriétés d'absorption du composé. On s'attend également à des nouvelles propriétés de transport induite par le dopage par l'azote. La réalisation de films minces monocristallins d'oxynitrides est cependant délicate et a été peu étudiée à ce jour.

Nous allons explorer la possibilité de moduler les propriétés de couches minces d'oxydes de titanate de Baryum, BaTiO<sub>3</sub>, ferroélectriques dont nous maîtrisons déjà la croissance par l'adjonction d'un plasma azote durant la croissance. Idéalement, on s'attachera à quantifier le ratio entre la perte de ferroélectricité et le gain de l'activité en tant que photoanode dans la photoélectrolyse de l'eau. Nous étudierons également l'influence de la lumière sur les propriétés. Enfin, si le temps le permet nous déposerons une couche magnétique sur le film d'oxynitride afin d'étudier l'influence du dopage azote sur les propriétés magnétiques. On pourra également envisager des mesures en diffraction des rayons X pour caractériser les matériaux élaborés sur la ligne DiffAbs au synchrotron SOLEIL et des mesures ferroélectriques après lithographie au C2N.

---

Contacts : BARBIER Antoine, +33 1 69 08 39 23, antoine.barbier@cea.fr  
Autres chercheurs impliqués : H. Magnan, S. Matzen (C2N), J.-B. Moussy et C. Mocuta (Synchrotron-SOLEIL) - Le stage repose sur une collaboration CEA, C2N, SOLEIL.

### **Mots clés**

Oxynitrures, épitaxie par jets moléculaires, ferroélectricité, synchrotron, lithographie

### **Compétences**

Le (la) candidat(e) abordera les techniques d'ultra-vide associées à la croissance par épitaxie par jets moléculaires assistée par plasma d'oxygène et azote. On utilisera la diffraction des électrons rapides (RHEED), la spectroscopie d'électrons Auger (AES), la photoémission des niveaux de coeur (XPS), la microscopie en champ proche (PFM), la microscopie électronique de basse énergie (LEEM), la caractérisation des films sur le banc de photoelectrolyse et éventuellement les mesures magnétiques (VSM), de la lithographie (au C2N) et la diffraction des rayons X.

### **Logiciels**

---

## **N doped BaTiO<sub>3</sub> multifunctional thin films for opto-electronics and energy transition**

### **Summary**

The objective of the internship is to grow thin BaTi(O<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>)<sub>3</sub> oxynitride films by oxygen and nitrogen plasma assisted molecular beam epitaxy: a visible light sensitive ferroelectric material. We will proceed by nitrogen doping of BaTiO<sub>3</sub> for which the growth conditions are perfectly mastered in the CEA/SPEC laboratory. Potential application to water-splitting and/or opto-spintronics will be studied in the laboratory and potentially at C2N and at synchrotron-SOLEIL.

### **Full description**

Novel materials are required within the energy transition framework, in particular to produce clean energy and/or reduce electronic device consumption. Within this context oxynitrides are a relevant class of materials. The ferroelectric ones are very well suited to realize opto-spintronic sensors or electrode materials for hydrogen production through solar water splitting. The insertion of nitrogen, less electronegative than oxygen, into the lattice of an oxide causes an increase in the covalent nature of the chemical bonds. This leads to a decrease of the optical gap,  $E_g$ , value and thus in a modification of the absorption properties of the compound as well as doping by charge carriers making it possible to envisage new transport properties. The production of single crystalline thin oxynitride films is however challenging and has been little studied to date.

We will explore the possibility of modulating the properties of thin films of barium titanate, BaTiO<sub>3</sub>, a ferroelectric oxide. Its growth conditions are already well mastered and we will proceed by the addition of nitrogen plasma during growth. Ideally, the ratio between the loss of ferroelectricity and the gain of activity as a photoanode in the photoelectrolysis of water will be quantified. The influence of visible light on the structures will be studied. If possible we will deposit a magnetic layer and study the influence of the N doping on the magnetic properties. X-ray diffraction measurements may be used to characterize the material developed on the DiffAbs beamline at the SOLEIL synchrotron as well as ferroelectric measurements on patterned samples at C2N.

Contacts: BARBIER Antoine, +33 1 69 08 39 23, antoine.barbier@cea.fr

Additional implicated researchers: H. Magnan, S. Matzen (C2N), J.-B. Moussy and C. Mocuta (Synchrotron-SOLEIL) - The internship relies on a CEA, C2N, SOLEIL collaboration.

### **Keywords**

Oxynitrides, molecular beam epitaxy, ferroélectricité, synchrotron, lithography

### **Skills**

The candidate will address the UHV techniques associated with the growth by molecular beam epitaxy. The techniques that will be used are Reflexion High Energy Electron Diffraction (RHEED), Auger Electron Spectroscopy (AES), Photoemission core level spectroscopy (XPS), Piezo Force Microscopy (PFM), Low Energy Electron microscopy (LEEM), a photoelectrocatalytic water-splitting setup, and eventually magnetic measurements (VSM), lithography (at C2N) and X-ray diffraction.

### **Softwares**



## Temps de tunneling électronique et ses fluctuations

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/GNE](#)

**Candidature avant le** 30/05/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [ALTIMIRAS Carles](#)

+33 1 69 08 72 35

[carles.altimiras@cea.fr](mailto:carles.altimiras@cea.fr)

**Autre lien** <https://nanoelectronicsgroup.com/>

### Résumé

Nous nous proposons de mesurer "in-situ" les fluctuations temporelles de la charge portée par des électrons se trouvant sous un barrière de potentiel par effet tunnel.

### Sujet détaillé

Défiant notre intuition usuelle, l'effet tunnel quantique fascine les physiciens depuis des décennies. Très vite après sa découverte, s'est posé la question de savoir combien de temps les particules passent sous la barrière classiquement interdite. Malgré sa simplicité, une telle question est mal définie en termes d'observables quantiques et n'admet pas de réponse unique, entraînant ainsi au cours des dernières décennies un ensemble de définitions différentes correspondant à divers scénarios.

Suite à une proposition de Büttiker & collaborateurs [1], cette question sera abordée en considérant une observable bien définie : la mesure du spectre des fluctuations temporelles du nombre de particules résidant dans la barrière classiquement interdite. L'idée est d'exploiter un système de gaz d'électrons 2D dans un semi-conducteur, dans lesquels des portes métalliques couplées électrostatiquement peuvent être utilisées pour générer la barrière de potentiel électrostatique sur laquelle les électrons sont dispersés (contact à point quantique). Ces mêmes portes peuvent être également utilisées pour mesurer de façon indirecte les fluctuations de charge, fonction du nombre d'électrons de tunnel résidant sous la barrière.

Malgré sa simplicité conceptuelle, la mise en œuvre d'un tel scénario est une tâche délicate, car elle nécessite la collecte d'un signal radiofréquence (RF) de très faible amplitude, émis par une source d'impédance de sortie très élevée dans un réfrigérateur à dilution (T

### Mots clés

Transport quantique, effet tunnel

---

## **Compétences**

Mesures électriques DC et radiofréquences ultra-bas bruit design microondes. - Fabrication en salle blanche de circuit semiconducteurs nano-structurés - cryogénie

## **Logiciels**



---

## Electron tunneling time and its fluctuations

### Summary

We will measure the charge time-fluctuations of electrons trapped within a potential barrier by the tunneling effect.

### Full description

Challenging our classical intuition, quantum tunneling has fascinated physicists for decades. Very soon after its discovery, it raised the question of how much time do particles spend under the classically forbidden barrier. Despite its simplicity, such a question is ill defined in terms of quantum observables and does not admit a single answer, thus triggering over the past decades a bunch of different definitions corresponding to different (though) scenarios.

Following a proposal of Büttiker & collaborators [1], we will address this question from the perspective of a well-defined observable: that is, measuring the spectrum of time fluctuations of the number of particles residing within the classically forbidden barrier. The idea is to exploit semiconducting 2D electron gases where electrostatically coupled metallic gates not only can be used to generate the electrostatic potential barrier upon which the electrons are scattered (a Quantum Point Contact), but could be used as well to collect the mirror influence-charges fluctuating in response to the tunneling electrons residing beneath the gate. Despite its conceptual simplicity, implementing such a scenario is a formidable task since it demands collecting a tiny radiofrequency (RF) signal emitted by a huge output-impedance source in a sub-Kelvin (dilution) refrigerator. We will build upon the group's expertise in RF design and ultra-low noise measurements in cryogenic environments in order to overcome this challenge, notably implementing recently developed high impedance RF matching circuits allowing us to efficiently collect the signal into a RF detection chain.

The student will participate to the radiofrequency design of the samples, to their fabrication in a clean-room environment, and to their measurement exploiting low noise measurement techniques both in the near DC and the few GHz range. He will become familiar with sub-Kelvin cryogenic techniques as well.

### References:

[1] Pedersen, van Langen, and Büttiker, Phys. Rev. B 57, 1838 (1998).

### Keywords

Quantum transport, tunneling effect

### Skills

Ultra-low noise DC and RF electrical measurements microwave design - Clean-room fabrication of nanostructured semiconducting circuits - Cryogenics

### Softwares



## Étude théorique d'électrodes en graphène pour l'Électronique Moléculaire

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/GMT](#)

**Candidature avant le** 26/04/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [DAPPE Yannick](#)

+33 1 69 08 30 32

[yannick.dappe@cea.fr](mailto:yannick.dappe@cea.fr)

### Résumé

L'objectif principal de ce stage est de comprendre les mécanismes de transport électroniques au sein de jonctions moléculaires à base de graphène, par des méthodes de type "théorie de la fonctionnelle de densité - DFT".

### Sujet détaillé

L'électronique moléculaire constitue de nos jours un domaine de recherche très actif, tant pour les aspects fondamentaux de ces nouveaux systèmes qui permettent d'explorer la Physique à l'échelle atomique, que par les possibles retombées en termes de composants électroniques innovants. En effet, outre la capacité à reproduire les composants électroniques à base de silicium (diodes, transistors, ...), les molécules peuvent apporter de nouveaux types de réponses électriques du fait d'un grand nombre de degrés de liberté quantiques, modulables en fonction de la molécule considérée. En effet, la nature quantique de ces objets ainsi que les nouvelles fonctionnalités qui y sont associées, ouvrent des perspectives fascinantes pour construire l'électronique du futur. En conséquence, ces nouvelles recherches ont conduit à d'importants développements dans le domaine de l'électronique moléculaire, notamment pour ce qui est du contrôle et de la manipulation du transport électronique à travers une jonction moléculaire. La majorité des jonctions moléculaire est fabriquée à base de molécules connectées à leurs extrémités par des électrodes métallique (or, platine, argent, ...). Or il a été démontré à plusieurs reprises que la connexion de l'électrode à la molécule présente une influence non négligeable sur la conductance électrique du système. En ce sens, de récents développements ont proposés l'utilisation de nouveaux matériaux tels que le graphène, une couche monoatomique de carbone, réputée pour ces fantastiques propriétés de conduction électrique, comme électrodes dans les jonctions moléculaires. Ainsi, il a été observé que la connexion à une électrode en graphène permet d'augmenter significativement la conductance de la jonction pour de longues chaînes moléculaires, et donc de réduire le coût énergétique de ces systèmes.

L'objectif principal de ce stage s'inscrit dans ce cadre par l'étude théorique de jonctions moléculaires asymétriques, basées sur des électrodes en graphène ou MoS<sub>2</sub>, ainsi que l'étude de fils moléculaires décollés de la surface par une pointe STM. En utilisant la Théorie de la Fonctionnelle de la Densité (DFT), on déterminera la configuration d'équilibre de la jonction moléculaire, ainsi que des propriétés électroniques, avant dans un deuxième temps, à partir des

---

configurations d'équilibre obtenues, de calculer le transport électronique dans un formalisme de Keldysh-Green. Il s'agira alors de comprendre le mécanisme d'augmentation de la conductance par rapport aux jonctions classiques, et de les comparer aux résultats expérimentaux existants. Les différents comportements attendus dans ces systèmes permettent d'étudier la Physique du transport électronique à l'échelle atomique, et peuvent être à l'origine de la conception de nouveaux composants à l'échelle de la molécule unique.

### **Mots clés**

Théorie, simulations numériques, propriétés électroniques et transport électronique, électronique moléculaire, graphène

### **Compétences**

Théorie de la Fonctionnelle de la Densité (DFT), formalisme de Keldysh-Green pour le transport hors-équilibre, modèle de liaisons fortes

### **Logiciels**

Fortran, Fireball code

---

## Theoretical study of graphene electrodes for Molecular Electronics

### Summary

The main objective of this internship is the theoretical study within the Density Functional Theory (DFT) frame of graphene-based molecular junctions, as well as the understanding of the corresponding electronic transport mechanisms.

### Full description

Molecular Electronics constitute nowadays a very active field of research, either for fundamental aspects in these new systems which allow exploring new Physics at the atomic scale, than for the possible applications in terms of innovative electronic devices. Indeed, beyond the ability to reproduce silicon based components (diodes, transistors, ...), molecules can also bring new types of electric response due to the great number of quantum degrees of freedom, which are tunable according to the considered molecule. Indeed, the quantum nature of these objects as well as the new associated functionalities open fascinating perspectives to build future electronics. Consequently, those new researches have led to important developments in the field of Molecular Electronics, in particular regarding the control and manipulation of electronic transport through a molecular junction. Most of the molecular junctions are based on molecules connected to metallic electrodes (gold, platinum, silver...). However, it has been demonstrated in several occasions that the connection between molecule and electrode has a non negligible influence on the electric conductance of the system. In that manner, recent developments have proposed to make use of new materials like graphene, which is really well-known for its fantastic electric conduction properties, as electrodes for molecular junctions. Hence, it has been observed that the connection to a graphene electrode allows to significantly increase the junction conductance for long molecular chains, and therefore to reduce the energetic cost of such junction.

The main objective of this internship lies in this frame by the theoretical study of asymmetric molecular junctions based on graphene or MoS<sub>2</sub>, as well as the study of molecular wires lifted off a surface using a STM tip. By using Density Functional Theory (DFT), we will determine the equilibrium configuration of the molecular junction and the corresponding electronic properties, before in a second time to calculate the electronic transport from the obtained structures, using a Keldysh-Green formalism. The purpose will be to understand the mechanism of conductance increase with respect to classical junctions, and to compare them to existing experimental results. The different expected behaviors in those systems allow to study the Physics of electronic transport at the atomic scale, and could be exploited for the conception of new devices at the single molecule scale.

### Keywords

Theory, numerical simulations, electronic properties and electronic transport, molecular electronics, graphene

### Skills

Density Functional Theory (DFT), Green Keldysh formalism for non-equilibrium transport, tight-binding model

### Softwares

Fortran, Fireball code



## Etude de propriétés magnétiques des matériaux à l'aide de microscope magnétique et par simulations

**Spécialité** PHYSIQUE

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/LNO](#)

**Candidature avant le** 10/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [SOLIGNAC Aurelie](#)

+33 1 69 08 95 40

[aurelie.solignac@cea.fr](mailto:aurelie.solignac@cea.fr)

### Résumé

Le but du stage est de combiner des mesures d'images magnétiques réalisées avec un microscope innovant et des simulations afin de développer un outil d'analyse des propriétés magnétiques de matériaux comme les aciers.

### Sujet détaillé

Le Département d'Imagerie et Simulation pour le Contrôle (DISC) du CEA/List développe des méthodes de contrôle non destructif (CND) qui consistent à détecter des défauts dans les matériaux pour des secteurs industriels tels que l'aéronautique, la sidérurgie, le pétrole, le nucléaire. Les activités du laboratoire d'Instrumentation et Capteurs portent sur l'étude de propriétés magnétiques de matériaux ferromagnétiques par contrôle non destructif.

Le laboratoire de nanomagnétisme et oxyde (LNO) du SPEC possède des compétences, outils et expertises sur la caractérisation et le développement de capteurs magnétiques magnétorésistifs ultrasensibles pour diverses applications, allant de la biologie aux applications grande distribution comme l'automobile en passant par la caractérisation de matériaux magnétiques.

Le stage proposé s'inscrit dans une collaboration entre ces deux laboratoires et qui vise à l'analyse de propriétés magnétiques de matériaux comme les aciers. Dans ce cadre, un microscope innovant ultrasensible et quantitatif est en cours de développement. Ce microscope est basé sur la combinaison d'un capteur magnéto-résistif et d'un microscope sonde locale à balayage de type AFM (Atomic Force Microscope).

La première partie de stage consistera dans les mesures des champs magnétiques de fuite émis par la surface de matériaux ferromagnétiques à l'aide du nouveau microscope pour avoir les données d'entrées pour le modèle théorique développé au DISC.

La deuxième partie sera dédiée à l'évaluation par simulations des distributions du champ magnétique dans les matériaux ferromagnétiques pour comprendre les résultats expérimentaux.

### Mots clés

---

Physique du solide, Physique des matériaux

**Compétences**

Matériaux ferromagnétiques Microscope à sonde locale Capteurs magnétiques

**Logiciels**

Matlab, Python

---

## **Material magnetic properties study with a magnetic microscope and simulations**

### **Summary**

The internship aims at combining magnetic imaging realized with a novel microscope and simulations in order to develop an analysis tool for material magnetic properties as steel.

### **Full description**

The CEA/List's Department of Imaging and Simulation for Control (DISC) develops non-destructive testing (NDT) methods that detect defects in materials for industrial sectors such as aeronautics, steel, oil, nuclear. The activities of the Instrumentation and Sensors Laboratory focus on the study of the magnetic properties of ferromagnetic materials by non-destructive testing.

SPEC's Nanomagnetism and Oxides (LNO) laboratory has skills, tools and expertise in the characterization and development of ultra-sensitive magnetoresistive magnetic sensors for various applications, ranging from biology to mass distribution applications such as automotive and magnetic material characterization.

The proposed internship is part of a collaboration between these two laboratories and aims to analyze the magnetic properties of materials such as steels. In this context, an innovative, highly sensitive and quantitative microscope is being developed. This microscope is based on the combination of a magneto-resistive sensor and scanning system.

The first part of the internship will consist of measuring the magnetic stray fields emitted by the surface of ferromagnetic materials using the new microscope to obtain the input data for the theoretical model developed at DISC.

The second part will be dedicated to the simulation evaluation of magnetic field distributions in ferromagnetic materials to understand the experimental results.

### **Keywords**

Solid state physics, material physics

### **Skills**

Ferromagnetic materials Scanning probe microscope Magnetic sensors

### **Softwares**

Matlab, Python



## Chimie bioinorganique et gels de protéine : formation in situ de carbonate de calcium .

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LIONS](#)

**Candidature avant le** 30/03/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [RENAULT Jean-Philippe](#)  
+33 1 69 08 15 50  
[jean-philippe.renault@cea.fr](mailto:jean-philippe.renault@cea.fr)

### Résumé

La précipitation des protéines par les ions est connue depuis plus d'un siècle. Dans le cas des ions métalliques, elle est induite par la complexation de ces ions par des acides aminés de surface. L'objectif de ce stage est d'utiliser ce processus pour constituer une réserve de précurseurs permettant la synthèse in situ de nanomatériaux. L'écomatériau ainsi obtenu devrait présenter des propriétés fonctionnelles originales. Il s'agira en particulier d'introduire de façon contrôlée et localisée des ions d'intérêts (calcium par exemple) par millifluidique ou par voie photochimique, puis de déclencher la précipitation de carbonate ou de phosphate de calcium dans la matrice protéique.

### Sujet détaillé

La précipitation des protéines par les ions est connue depuis plus d'un siècle (1). Dans le cas des ions métalliques, elle est induite par la complexation de ces ions par des acides aminés de surface. L'objectif de ce stage est d'utiliser ce processus pour constituer une réserve de précurseurs permettant la synthèse in situ de nanomatériaux.(2) L'écomatériau (3) ainsi obtenu devrait présenter des propriétés fonctionnelles originales. Il s'agira en particulier d'introduire de façon contrôlée et localisée des ions d'intérêts (calcium par exemple) par millifluidique ou par voie photochimique, puis de déclencher la précipitation de carbonate ou de phosphate de calcium dans la matrice protéique.

contacts :

C. Chevallard, HDR.

[corinne.chevallard@cea.fr](mailto:corinne.chevallard@cea.fr)

JP Renault, HDR.

[jprenault@cea.fr](mailto:jprenault@cea.fr)

(1) Hofmeister F. (1888). Arch. Exp. Pathol. Pharmacol. 24, 247-260.

(2) <https://www.nature.com/articles/ncomms10187>

(3) <https://www.nap.edu/read/25232/chapter/5#40>



---

## **Mots clés**

matériaux

## **Compétences**

Les structures nanocomposites ainsi obtenues seront caractérisées par spectrométrie UV visible, IR , fluorescence, raman et diffusion de rayonnement.

## **Logiciels**

---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**



## Peut-on simuler le climat sur un ordinateur portable ?

**Spécialité** Hydrodynamique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/SPHYNX](#)

**Candidature avant le** 03/04/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [DUBRULLE Berengere](#)  
+33 1 69 08 72 47  
[berengere.dubrulle@cea.fr](mailto:berengere.dubrulle@cea.fr)

### Résumé

Dans ce stage, nous proposons une nouvelle approche pour la simulation d'écoulements climatiques, qui consiste à considérer toute la gamme des échelles, mais en raréfiant le nombre d'échelles prises en compte au fur et à mesure que l'on descend en taille. Le modèle correspondant est sans paramètre ajustable, et peut être simulé sur un ordinateur portable.

Le but de ce stage est de tester les limites de ce modèle, en l'appliquant sur une représentation simplifiée de l'atmosphère. La majeure partie du travail impliquera des simulations en Matlab, sur un petit ordinateur. Des comparaisons avec des résultats numériques issus de simulations de toute la gamme d'échelle seront également effectuées.

### Sujet détaillé

Les gaz à effet de serre produits par l'activité humaine influencent le climat de la Terre. Pour comprendre et prédire cette influence, la communauté scientifique utilise entre autres des simulations numériques du système climatique. Ce dernier est multi-composant, et implique une gamme pharaonique d'échelles : par exemple, la simulation de l'atmosphère (une des composantes du climat) requiert en principe la prise en compte de toutes les échelles entre celle des ouragans (100 km) et celles à laquelle l'énergie est dissipée (0.1 mm), soit une gamme d'échelle de 10<sup>11</sup>. Cette gamme d'échelle est inaccessible aux plus grands ordinateurs existant actuellement, qui n'ont ni assez de mémoire, ni assez de CPU pour traiter un tel nombre de degrés de liberté.

Par ailleurs, le traitement complet de toutes les échelles du problème cache un gaspillage énorme : 90 pour cent des ressources informatiques sont monopolisées par le traitement des toutes petites échelles (inférieur à 1m), alors que seules les grandes échelles intéressent les scientifiques, le climat à l'échelle d'une maison n'ayant que peu de pertinence.

La solution actuelle adoptée par les climatologues est d'introduire des « modèles de turbulence », grâce auxquels

---

l'influence des petites échelles est paramétrisée via des loi empirique, au prix de l'introduction de paramètres ajustables. Ainsi, un modèle de climat moderne en comporte plus de 100. L'ajustement de ces paramètres empiriques est alors un enjeu majeur, qui n'est pas encore résolu.

Dans ce stage, nous proposons une nouvelle approche, qui consiste à considérer toute la gamme des échelles, mais en raréfiant le nombre d'échelles prises en compte au fur et à mesure que l'on descend en taille. Le modèle correspondant est sans paramètre ajustable, et peut être simulé sur un ordinateur portable.

Le but de ce stage est de tester les limites de ce modèle, en l'appliquant sur une représentation simplifiée de l'atmosphère. La majeure partie du travail impliquera des simulation en Matlab, sur un petit ordinateur. Des comparaison avec des résultats numériques issus de simulations de toute la gamme d'échelle seront également effectuées.

Le cœur de ce stage est numérique, mais des développements théoriques sur théorie de la turbulence via le formalisme multi-fractal et les ondelettes pourront être effectués. Ce stage sera encadré par B. Dubrulle (CNRS). Le sujet stage requiert une solide formation de physicien, en particulier en physique nonlinéaire, ainsi qu'un goût prononcé pour le numérique. Il pourra éventuellement déboucher sur une thèse sur une thématique voisine.

### **Mots clés**

géophysique, calcul numérique, turbulence

### **Compétences**

Le cœur de ce stage est numérique, mais des développements théoriques sur théorie de la turbulence via le formalisme multi-fractal et les ondelettes pourront être effectués.

### **Logiciels**

matlab

---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**

matlab



## "Structure fine" d'un circuit supraconducteur: manipulation du spin d'un électron unique

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/GQ](#)

**Candidature avant le** 04/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [POTHIER Hugues](#)

+33 1 69 08 55 29

[hugues.pothier@cea.fr](mailto:hugues.pothier@cea.fr)

### Résumé

Nous concevons et fabriquons des circuits supraconducteurs dont le comportement est déterminé par les lois de la mécanique quantique. Pour un stage avant la thèse, nous proposons de réaliser des expériences visant à la manipulation cohérente du spin d'une quasiparticule unique.

### Sujet détaillé

Nous concevons et fabriquons des circuits supraconducteurs dont le comportement est déterminé par les lois de la mécanique quantique. Pour un stage avant la thèse, nous proposons de réaliser des expériences visant à la manipulation cohérente du spin d'une quasiparticule unique.

Dans la pratique, nous utilisons des nanofils semiconducteurs couverts d'une coque supraconductrice. Cette coque est retirée sur une petite section du fil, ce qui se traduit par un spectre discret d'états quantiques dans la section découverte. Nous avons récemment montré que, du fait de l'interaction spin-orbite dans le semiconducteur, ce spectre présente une structure fine analogue à celle du spectre des atomes [1]. Pendant le stage, la manipulation quantique du spin d'une quasiparticule unique sera réalisée en utilisant les techniques de l'électrodynamique quantique en circuits. Ces expériences donneront accès au temps de vie et au temps de cohérence des états.

Nous prévoyons aussi de tester la prédiction récente d'une transition de phase sous champ magnétique dans les nanofils couverts d'une coque supraconductrice [2]. Une phase topologique comportant des fermions de Majorana devrait être accessible, et révélée par la spectroscopie du circuit.

Nous cherchons une étudiante ou un étudiant fortement motivé ayant une bonne compréhension de la mécanique quantique. Elle/Il sera intégrée dans un groupe de recherche très actif en électronique quantique, et se familiarisera avec des concepts avancés de mécanique quantique et de supraconductivité. Il/Elle apprendra aussi plusieurs techniques expérimentales: les mesures à basse température, bas bruit, dans le domaine des micro-ondes, ainsi que la nanofabrication.

- 
- [1] L. Tosi et al., “Spin-Orbit Splitting of Andreev States Revealed by Microwave Spectroscopy”, Phys. Rev. X 9, 011010 (2019).  
[2] R. Lutchyn et al., “Topological superconductivity in full shell proximitized nanowires” arXiv :1809.05512 (2018).

### **Mots clés**

Ingénierie quantique, supraconductivité

### **Compétences**

Mesures à basse température, bas bruit, dans le domaine des micro-ondes, nanofabrication

### **Logiciels**

Python, mathematica, Igor

---

## **“Fine structure” of a superconducting circuit: Manipulation of the spin of a single electron**

### **Summary**

We design and fabricate superconducting circuits that are ruled by the laws of quantum mechanics. In this internship, we propose to carry out experiments aiming at the quantum coherent manipulation of the spin of a single quasiparticle excitation.

### **Full description**

We design and fabricate superconducting circuits that are ruled by the laws of quantum mechanics. In this internship, we propose to carry out experiments aiming at the quantum coherent manipulation of the spin of a single quasiparticle excitation.

In practice, we use semiconducting nanowires covered with a superconducting shell. The shell is removed in a small section of the nanowire, giving rise to a spectrum of quantized electronic levels in the superconductor-free section. We have recently shown that, due to the spin-orbit interaction in the semiconductor, this spectrum presents a fine structure similar to that of electronic states in atoms [1]. During the internship, the quantum manipulation of the spin of a single electron in the nanowire will be realized using circuit quantum electrodynamics techniques. This will give access to the lifetime and quantum coherence time of the states.

We also plan to test the recent prediction of a magnetic-field-driven phase transition in nanowires fully covered with a superconductor [2]. A topological phase supporting Majorana fermions could be reached, and revealed by the spectroscopy of the circuit.

We look for a strongly motivated student having a good understanding of quantum physics. She/he will be integrated in an active research group on quantum electronics and get acquainted with advanced concepts of quantum mechanics and superconductivity. He/she will also learn several experimental techniques: low temperatures, low-noise and microwave measurements, and nanofabrication.

A thesis is proposed after the internship.

[1] L. Tosi et al., “Spin-Orbit Splitting of Andreev States Revealed by Microwave Spectroscopy”, *Phys. Rev. X* 9, 011010 (2019).

[2] R. Lutchyn et al., “Topological superconductivity in full shell proximitized nanowires” arXiv :1809.05512 (2018).

### **Keywords**

Quantum Engineering, Superconductivity

### **Skills**

Low temperatures, low-noise and microwave measurements, nanofabrication.

### **Softwares**

Python, mathematica, Igor





## Oscillation auto-entretenue d'un ménisque dans un capillaire induite par évaporation/condensation : le caloduc oscillant

**Spécialité** Mécanique des fluides

**Niveau d'étude** Bac+3

**Formation** Master 1

**Unité d'accueil** [SPEC/SPHYNX](#)

**Candidature avant le** 30/04/2020

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [Gilbert Zalczer](#)  
+33 1 69 08 31 64  
[gilbert.zalczer@cea.fr](mailto:gilbert.zalczer@cea.fr)

**Autre lien**  
[http://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_visu.php?id\\_ast=2271](http://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=2271)

### Résumé

Ce stage expérimental est destiné aux étudiants souhaitant travailler à la frontière entre les sciences fondamentales et des applications industrielles. Le stagiaire travaillera avec le prototype du caloduc oscillant en traitant des données thermiques et des images optiques.

### Sujet détaillé

Ce stage expérimental est destiné aux étudiants souhaitant travailler à la frontière entre les sciences fondamentales et des applications industrielles.

De nombreux procédés produisent des dégagements de chaleur importants et localisés et sont limités par la capacité d'évacuation de cette chaleur. Les caloducs, des dispositifs servant à gérer ces flux de chaleur fonctionnent sans autre apport d'énergie et ne comportent aucune pièce mobile. Ils sont maintenant présentes dans tous les appareils, notamment dans des téléphones portables. Un représentant de la famille des caloducs, le caloduc oscillant est un moyen très efficace de transférer des grands flux de chaleur. Le caractère chaotique de son fonctionnement doit être mieux maîtrisé pour qu'il soit applicable couramment.

Récemment nous avons pu récupérer un montage expérimental du CEA Grenoble et sommes en train de le remettre en état de marche. La possibilité de conjuguer théorie et expérience permettrait de gros progrès : dans notre équipe le caloduc oscillant est étudié aussi théoriquement et numériquement.

Ce montage expérimental comporte de nombreux aspects : thermique, vide, électronique, acquisition de données, informatique, imagerie et analyse d'images, etc.

Le stagiaire abordera les sujets suivants

- La gestion d'un projet expérimental : mise en œuvre du caloduc oscillant comportant des parties transparentes, l'acquisition numérique des données, observation optique

- 
- La thermique des fluides diphasiques
  - L'écoulement des fluides avec le transfert de chaleur
  - Dynamique non-linéaire d'un système chaotique

Le stagiaire sera basé au centre CEA-Saclay, au Service de Physique de l'Etat Condensé (SPEC) au sein du groupe des Systèmes Physiques Hors-équilibre, hYdrodynamique, éNergie et compleXité (SPHYNX).

### **Mots clés**

Transfert de l'énergie, thermique, instrumentation pour la physique

### **Compétences**

### **Logiciels**

---

## **Self-sustained meniscus oscillation in a capillary caused by evaporation/condensation: pulsating heat pipe**

### **Summary**

This experimental internship is for students seeking to work on a border between fundamental science and industrial engineering applications. The trainee will work with the pulsating heat pipe prototype and process the thermal data and optical images.

### **Full description**

This experimental internship is for students seeking to work on a border between fundamental science and industrial engineering applications.

Many processes produce large and localized heat releases and are limited by the ability to evacuate this heat. Heat pipes, devices used to manage these heat flows operate without additional energy and have no moving parts. They are now present in all devices, from mobile phones to airplane engines. One representative of the heat pipe family, the pulsating (or oscillating) heat pipe, is a very efficient device for transferring large heat fluxes. The nonstationary (chaotic) dynamics of its operation must be better mastered for its industrial application. Recently an experimental setup from CEA Grenoble has been transferred to SPEC. We are now reassembling it. This experiment is done in close interaction with the theoretical approaches and numerical simulation conducted within our team.

This experimental work has many aspects: thermal, vacuum, electronics, data acquisition, computer science, imaging and image analysis, etc.

The trainee will address the following topics

- Management of an experimental project: implementation of the oscillating heat pipe with transparent parts, digital data acquisition, optical observation
- Management of fluid circuits
- Flow of two-phase fluids with heat transfer
- Non-linear dynamics of a chaotic system

The trainee will be based in the CEA-Saclay center, at the Laboratory of Condensed Matter Physics (SPEC) in the Group of physical systems out of equilibrium, hydrodynamics, energy, and complexity (SPHYNX).

### **Keywords**

Energy transfer, Fluid mechanics, instruments for physics

### **Skills**

### **Softwares**



## Expérience d'Hong Ou Mandel dans le graphène

**Spécialité** Physique théorique, mécanique quantique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/GNE](#)

**Candidature avant le** 11/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Roulleau Preden](#)

+33 1 69 08 73 11

[preden.roulleau@cea.fr](mailto:preden.roulleau@cea.fr)

**Autre lien** <http://iramis.cea.fr/spec/GNE/>

### Résumé

Nous proposons dans ce stage de sonder pour la première fois la statistique des Fermions dans le graphène par une expérience originale du type "Hong-Ou-Mandel".

### Sujet détaillé

Historiquement, l'expérience Hong-Ou-Mandel a été réalisée afin d'obtenir des informations dans le domaine temporel des paquets d'onde du photon : une manière directe pour mesurer la largeur temporelle des paquets d'onde du photon. L'absence de détecteurs quadratiques pour mesurer l'autocorrélation en temps pour des niveaux de signaux aussi faibles a amené Hong, Ou et Mandel à considérer la cohérence du deuxième ordre

### Mots clés

Physique Quantique, Optique quantique électronique, Graphène

### Compétences

- Nanofabrication - Très basse température (10mK) - Fort champ magnétique (10T) - Mesures bas bruits (DC, RF)

### Logiciels

Python

---

## The Hong Ou Mandel experiment in graphene

### Summary

We propose in this internship to probe for the first time the fermion statistics in graphene with a "Hong-Ou-Mandel" experiment

### Full description

Historically, the Hong-Ou-Mandel experiment has been performed to get time-domain information on the photon wave packets: it was a direct way to measure the time width of single photon wave packets. The lack of quadratic detectors to perform time auto-correlation at so low input level led them to consider the second order coherence

### Keywords

Quantum physics, electron quantum optics, graphene

### Skills

- Nanofabrication - Ultra low temperature (10mK) - High magnetic field (10T) - Low noise measurements (DC,RF)

### Softwares

Python



## Manipulation micro-ondes des charge fractionnaires (anyons) de l'effet Hall quantique

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/GNE](#)

**Candidature avant le** 29/05/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [GLATTLI Christian](#)  
+33 1 69 08 72 43/74 75  
[christian.glattli@cea.fr](mailto:christian.glattli@cea.fr)

**Autre lien** <http://iramis.cea.fr/spec/GNE/>

### Résumé

Des récents progrès (Science 2019) ont démontré la manipulation micro-onde des anyons de charge  $e/3$  ou  $e/5$  dans le régime d'effet Hall fractionnaire. Le stage portera sur le contrôle d'anyons individuels générés à la demande sous forme de lévillons (Nature 2013). Une telle source unique d'anyons permettrait d'étudier leur statistique ni fermion, ni boson.

### Sujet détaillé

Dans certains états quantique de la matière, le courant peut être transporté par des porteurs de charges ayant une fraction  $e^*$  de la charge élémentaire. C'est notamment le cas de l'Effet Hall quantique fractionnaire (EHQF), une phase quantique topologique ordonnée, qui se produit pour des systèmes électroniques bidimensionnels à basse température et soumis à un fort champ magnétique perpendiculaire. Quand le nombre de quantum de flux en unité  $h/e$  est une fraction du nombre d'électrons, le courant se propage le long des bords de l'échantillon sans dissipation. Les porteurs de charges impliqués dans le transport portent une charge fractionnaire  $e/3$ ,  $e/5$ ,  $e/7$ , etc., ... suivant les conditions. Ces excitations fractionnaires sont prédites obéir à une statistique quantique différente des fermions ou des bosons, mais appelée anyonique. Cependant l'observation de statistique anyonique reste à faire. Nous proposons une méthode originale basée sur la manipulation d'anyons par des micro-ondes comme récemment démontrés par le groupe (Science 2019). L'idée est de réaliser une source d'anyon unique à la demande analogue à la source de lévillons développée par le groupe pour des électrons (Nature 2013, Nature 2014). Combinant 2 sources permettrait de réaliser des interférence quantique à deux anyons et de révéler leur statistique anyonique.

Durant le stage, l'étudiant participera à sur la mise au point de cette source anyonique pour des anyons de charge  $e/3$  et  $e/5$  basée sur la génération de pulses micro-ondes Lorentziens et sa caractérisation par des mesures de bruit quantique électronique.

[1] A Josephson relation for fractionally charged anyons, M. Kapfer, P. Roulleau, I. Farrer, D. Ritchie and D. C. Glattli (SCIENCE (2019) <https://doi.org/10.1126/science.aau3539>)

---

[2] Minimal-excitation states for electron quantum optics using levitons, J. Dubois, T. Jullien, F. Portier, P. Roche, A. Cavanna, Y. Jin, W. Wegscheider, P. Roulleau and D. C. Glatli, NATURE 502, 659-663 (2013)

[3] Quantum tomography of an electron, T. Jullien, P. Roulleau, B. Roche, A. Cavanna, Y. Jin and D. C. Glatli, Nature 514, 603–607 ( 2014)

### **Mots clés**

Physique mésoscopique, information quantique, conducteurs quantiques, nanoélectronique

### **Compétences**

Radiofréquences micro-ondes, cryogénie, nano-fabrication

### **Logiciels**

python

---

# Microwave manipulation of fractional charges (anyons) of the Quantum Hall Effect

## Summary

Recently, the microwave control of  $e/3$  and  $e/5$  anyons has been demonstrated in the Quantum Hall Effect regime (Science 2019). During the internship we propose to realize an on-demand source of single anyons generalizing the concept of single Leviton sources (Nature 2013). Having such anyon source will enable the study of the anyonic (not fermionic nor bosonic) statistics.

## Full description

In some quantum matter states, the current may remarkably be transported by carriers that bear a fraction  $e^*$  of the elementary electron charge. This is the case for the Fractional quantum Hall effect (FQHE) that happens in two-dimensional systems at low temperature under a high perpendicular magnetic field. When the number of magnetic flux in units of  $h/e$  is a fraction of the number of electrons, a dissipationless current flows along the edges of the sample and is carried by anyons with fractional charge  $e/3$ ,  $e/5$ ,  $e/7$ , etc. These fractional excitations are believed to be anyons intermediate between fermions and bosons. However the evidence of anyonic statistics is still lacking. We propose an original approach based on the manipulation of anyons by microwave photons as recently demonstrated in the group (Science 2019). The idea is to realize a single anyon source similar to the one developed for electrons based on Levitons (Nature 2013, Nature 2014). Combining 2 such sources would allow the 2-anyon interference required to evidence the anyonic statistics.

During the internship the student will participate to the realization of the on-demand single anyon source using microwave Lorentzian pulses. The characterization will include electronic quantum noise measurements.

[1] A Josephson relation for fractionally charged anyons, M. Kapfer, P. Roulleau, I. Farrer, D. Ritchie and D. C. Glattli (SCIENCE (2019) <https://doi.org/10.1126/science.aau3539> )

[2] Minimal-excitation states for electron quantum optics using levitons, J. Dubois, T. Jullien, F. Portier, P. Roche, A. Cavanna, Y. Jin, W. Wegscheider, P. Roulleau and D. C. Glattli, NATURE 502, 659-663 (2013)

[3] Quantum tomography of an electron, T. Jullien, P. Roulleau, B. Roche, A. Cavanna, Y. Jin and D. C. Glattli, Nature 514, 603-607 ( 2014)

## Keywords

mesoscopic physics, quantum information, quantum conductors, nanoelectronics

## Skills

microwaves, cryogénie, nanofabrication

## Softwares

python





## Nano-objets polymères et hybrides sous irradiation

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Ingénieur/Master

**Unité d'accueil** [NIMBE/LICSEN](#)

**Candidature avant le** 30/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [CARROT Géraldine - RENAULT Jean-Philippe](#)  
+33 1 69 08 41 47  
[geraldine.carrot@cea.fr](mailto:geraldine.carrot@cea.fr)

**Autre lien**  
<http://iramis.cea.fr/Phoce/Membres/Annuaire/index.php?uid=jrenault>

### Résumé

Stage M1 ou M2 :

Le projet consiste à synthétiser et à caractériser des nanoparticules polymères à partir de copolymères amphiphiles dont un des blocs est radiosensible. L'autre voie explorée consiste à former des nanoparticules métalliques (effet radiosensibilisant) avec une couronne polymère. L'objectif est ensuite d'incorporer dans ces objets des principes actifs (par interactions hydrophobes ou greffage covalent).

### Sujet détaillé

Ce projet repose sur le développement de nouveaux systèmes de relargage de principes actifs basés sur la dégradation de polymères par irradiation. Ce type de stimulus n'a jamais été exploré auparavant, pour de telles applications. Cela permet d'envisager un vrai couplage radiothérapie/ chimiothérapie qui se différencie du simple relargage ciblé. Jusqu'ici, nous avons vérifié la faisabilité du procédé par des expériences sur divers films polymères (augmentation du relargage avec la dose d'irradiation). Maintenant, l'objectif est de réaliser la synthèse d'une bibliothèque de copolymères amphiphiles originaux, avec un bloc polymère soluble dans l'eau/biocompatible, et un autre bloc hydrophobe/radiosensible. L'auto-assemblage dans des micelles ou des vésicules mènera à des objets avec un coeur radiosensible où sera localisé le principe actif. Une autre stratégie consiste en l'utilisation d'objets hybrides à base de nanoparticules métalliques (NPs) qui augmentent localement l'effet du rayonnement. Les NPs seront soit incorporées directement dans les micelles polymères, soit fonctionnalisées par une couronne de polymère où pourra être greffé ultérieurement le principe actif. Le premier avantage de ces nouveaux systèmes est de contrôler plus finement le ciblage des principes actifs vers les cellules tumorales afin de limiter les effets secondaires liés à la chimiothérapie et la radiothérapie, via la position du faisceau d'irradiation et/ou les doses absorbées.

Le stage pourra commencer dès le premier trimestre 2016. Merci de prendre garde au délai de traitement des

---

dossiers et de prendre contact au plus tôt avec les responsables.

### **Mots clés**

Chimie des matériaux, Polymères, Organique/ inorganique, Nano-objets

### **Compétences**

Synthèses polymères, Chimie organique, Chromatographie d' exclusion stérique (GPC), Spectroscopie UV et FTIR, Thermogravimétrie (TGA), Diffusion de la Lumière.

### **Logiciels**

Excel, Origin

---

## **Polymer and hybrid nano-objects under irradiation**

### **Summary**

M1 or M2 level internship:

The project consists in the synthesis and the characterization of polymer nanoparticles from amphiphilic copolymers with one radiosensitive block. The other issue is to form metal nanoparticles (radiosensitizing effect) with a polymer corona. The objective is then to incorporate drugs inside these objects (by hydrophobic interactions or covalent grafting).

### **Full description**

This project involves the development of new delivery systems for drugs based on the degradation of polymers by irradiation. This new stimulus has never been explored for such applications. This permits to consider a coupled chemo- and radiotherapy beyond the simple trigger release. So far, we have checked the feasibility of the process via experiments on various polymer films. Now, the objective is to perform the synthesis of a library of original amphiphilic copolymers, i.e. with a water-soluble/biocompatible part, together with a hydrophobic/radiosensitive part. The self-assembly into micelles or vesicles will lead to objects with a radiosensitive core where the drug will be located. The other strategy consists in the use of hybrid objects based on metallic nanoparticles (NPs) which increase the local radiation effect. The NPs will be either incorporated to the polymer micelle core, or functionalized with a polymer corona. The first advantage of these new systems is to control more finely the targeting of drug to the tumor cells and to avoid the side effects associated with chemotherapy and radiotherapy, by controlling the position of the irradiating beam and /or the absorbed doses.

### **Keywords**

Materials chemistry, Polymers, Organic/ Inorganic, Nano-objects

### **Skills**

Polymer synthesis, organic chemistry, SEC, UV and FTIR spectroscopies, TGA, light scattering, etc...

### **Softwares**

Excel, Origin



## Surfaces polymères bactériostatiques

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Ingénieur/Master

**Unité d'accueil** [NIMBE/LICSEN](#)

**Candidature avant le** 30/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [CARROT Géraldine](#)

+33 1 69 08 41 47

[geraldine.carrot@cea.fr](mailto:geraldine.carrot@cea.fr)

### Résumé

Stage M1 ou M2 :

Le sujet de ce stage porte sur la synthèse et le greffage sur des surfaces, de polymères bactériostatiques. Le but est d'incorporer ces polymères sous forme de couche ou de copolymère, dans des films de polyéthylène, constituant principal des films alimentaires. En plus de la chimie, les polymères et les surfaces seront caractérisés par diverses techniques d'analyses (RMN, FTIR, XPS, microscopie, angle de contact...), avant de faire l'objet d'études en microbiologie. Ce travail se fera au CEA (Laboratoire LICSEN/NIMBE) pour la partie chimie/caractérisation, en collaboration avec l'INRA-AgroParisTech (Laboratoire B2HM) pour la caractérisation et les tests de microbio. Ce stage bénéficie d'un soutien industriel et peut se poursuivre par une thèse.

### Sujet détaillé

Les infections microbiennes sont une des grandes préoccupations de nombreuses applications commerciales comme l'emballage alimentaire, la purification de l'eau, les équipements médicaux. Ici nous nous intéressons surtout à la problématique emballage où le challenge est de diminuer la charge microbienne (pour augmenter la durée de conservation, DLC). Une des stratégies consiste à incorporer des polymères bactériostatiques dans la matrice polymère. L'objectif de ce stage est donc de former des copolymères blocs dont l'un des bloc sera le polymère bactériostatique et de préparer des particules greffées avec des chaînes de ce polymère. Les deux composés seront destinés ensuite à être mélangés avec la matrice polymère afin de former des films composites. Après la caractérisation des polymères (chromatographie d'exclusion stérique, RMN), des particules (TGA) et des surfaces (FTIR, XPS, goniomètre), des études microbiologiques seront menées avec notre équipe partenaire AgroParisTech. Nous recherchons pour ce stage, un étudiant M2 motivé qui possède une solide formation en chimie et caractérisation des polymères et des connaissances en sciences des surfaces (caractérisation).

### Mots clés

Chimie des polymères, fonctionnalisation de surface

---

## **Compétences**

Synthèse (co)polymères, FTIR, chromatographie d'exclusion stérique (CES), angle de contact, microscopie, profilométrie, XPS

## **Logiciels**

---

## Bacteriostatic polymer surfaces

### Summary

M1 or M2 level internship:

This project consists in the synthesis and the surface grafting of bacteriostatic polymers. The objective is to incorporate these polymers as a layer or a copolymer inside polyethylene films (main materials of food films). In addition to chemistry, both polymers and surfaces will be characterized by several analytical techniques (NMR, FTIR, XPS, microscopy, contact angles ...) before being studied in microbiology. This project will be performed at CEA (Laboratory LICSEN/NIMBE) for the synthesis and surface chemistry part, in collaboration with INRA-AgroParisTech (Laboratory B2HM) for the characterization and microbiological tests. This project has an industrial support and may continue with a PhD thesis.

### Full description

Microbial infections are a major concern for many commercial applications such as textiles, food packaging, water purification or medical equipment. Here we are interested mainly in packaging where the challenge here is to reduce the microbial loading (to increase shelf life). The objective is to preferentially incorporate bacteriostatic polymers in packaging due to their advantages of having some mobility and resistance to packaging process conditions (temperature, stretching ...). One of the strategies is to incorporate bacteriostatic polymers into the polymer matrix. The objective is therefore to form block copolymers, with one block that will be the bacteriostatic polymer and to prepare particles grafted with chains of this polymer. The two compounds will then be mixed to the polymer matrix in order to form composite films. After the characterization of polymers (size exclusion chromatography, NMR), particles (TGA) and surfaces (FTIR, XPS, goniometer), microbiological studies will be conducted with our partner team AgroParisTech.

We are looking for this internship, a motivated M2 student who has a solid background in chemistry and polymer characterization and knowledge in surface science (characterization).

### Keywords

Polymer chemistry, surface fonctionnalisation

### Skills

Polymer chemistry, FTIR, size-exclusion chromatography, contact angle, microscopy, profilometry, XPS

### Softwares



## Les nickelates: une nouvelle famille d'oxydes supraconducteurs

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/LNO](#)

**Candidature avant le** 30/04/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Moussy J.-B./Colson Dorothee](#)

+33 1 69 08 72 17/ 73 14

[jean-baptiste.moussy@cea.fr](mailto:jean-baptiste.moussy@cea.fr) / [dorothee.colson@cea.fr](mailto:dorothee.colson@cea.fr)

### Résumé

Nous vous proposons de synthétiser et d'étudier les propriétés structurales et physiques de films minces du nouveau supraconducteur en couche infinie, le nickelate  $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$  [1]. La découverte de cette phase supraconductrice (à environ 10-15 K) devrait permettre de progresser dans la compréhension des mécanismes impliqués dans la supraconductivité à haute température critique.

[1] D. Li et al. Nature. 572, 624 (2019)

### Sujet détaillé

Description scientifique :

La découverte de la supraconductivité à haute température critique ( $T_c$ ) dans les cuprates [1] a motivé l'étude des oxydes de structure cristalline et électronique similaire dans le but de trouver des supraconducteurs supplémentaires et de comprendre les origines de cette supraconductivité non conventionnelle. Les exemples isostructuraux incluent le ruthénate supraconducteur  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  ou l'iridate  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  dopé aux électrons même si un état de résistance nulle n'a pas encore été observé dans ce dernier composé [2]. Récemment, la supraconductivité de la couche infinie  $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$  nickelate [3] a également été observée en utilisant une réduction topotactique en chimie douce de la phase précurseur de la perovskite. La découverte de cette phase supraconductrice (à  $T_c \sim 10-15$  K)

10-15 K) devrait permettre de progresser dans la compréhension des mécanismes impliqués dans les supraconducteurs à haute température critique.

Au cours de ce stage, l'étudiant réalisera la croissance cristalline de couches minces de  $\text{NdNiO}_3$  (001) pure et (Nd/Sr) substituée sur des substrats monocristallins  $\text{SrTiO}_3$  (001) par dépôt laser pulsé (PLD). L'étudiant testera ensuite des traitements réducteurs permettant la formation de la phase infinie attendue de la couche. Une attention particulière sera portée aux propriétés structurales et physiques des couches minces d'oxyde par diffraction d'électrons in situ (RHEED), spectroscopie de photoémission (XPS/UPS) ou techniques ex situ comme la microscopie en champ proche (AFM), le magnétisme (SQUID, VSM). Les propriétés électroniques des échantillons seront ensuite étudiées en fonction de la température (résistivité, coefficient de Hall, caractéristiques courant - tension) afin d'analyser le comportement supraconducteur.

- 
- [1] J. G. Bednorz and K. A. Müller, Z. Phys. B 64, 189 (1986).  
[2] Y.J. Yan et al., Phys. Rev. X. 5, 041018 (2015).  
[3] D. Li et al. Nature. 572, 624 (2019).

### **Mots clés**

Sciences des Matériaux

### **Compétences**

Le dépôt de couches minces s'effectuera par ablation laser pulsé (PLD). Les propriétés structurales et physiques seront étudiées par diffraction d'électrons in situ (RHEED), spectroscopie de photoémission (XPS/UPS) ou par des techniques ex situ telles que la microscopie en champ proche (AFM), magnétisme (SQUID, VSM). Les propriétés électroniques des échantillons seront étudiées en fonction de la température (résistivité, coefficient de Hall, caractéristiques courant - tension) afin d'analyser le comportement supraconducteur.

### **Logiciels**



---

## Nickelates: a new superconducting oxide family

### Summary

We propose you to synthesize and study the structural and physical properties of thin films of the new infinite layer superconductor, nickelate  $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$  [1]. The discovery of this superconducting phase (at about 10-15 K) should allow progress to be made in understanding the mechanisms involved in high temperature superconductors.

[1] D. Li et al. Nature. 572, 624 (2019)

### Full description

Scientific description:

The discovery of high- $T_c$  superconductivity in cuprates [1] has motivated the study of oxides with similar crystalline and electronic structure with the aim of finding additional superconductors and understanding the origins of this unconventional superconductivity. Isostructural examples include the superconducting  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  ruthenate or the electron-doped  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  iridate even if a zero-resistance state has not yet been observed in this last compound [2]. Recently, the superconductivity in the infinite layer  $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$  nickelate [3] has also been observed by using a soft-chemistry topotactic reduction of the perovskite precursor phase. The discovery of this superconducting phase (around 10-15 K) should allow to progress in the understanding of the mechanisms involved in high- $T_c$  superconductors.

During this internship, the student will perform the crystalline growth of pure and (Nd/Sr) substituted  $\text{NdNiO}_3(001)$  thin films on single-crystal  $\text{SrTiO}_3(001)$  substrates by pulsed laser deposition (PLD). Once grown, the student will test reducing treatments allowing the formation of the expected infinite layer phase. A peculiar attention will be given to the structural and physical properties of oxide thin films by using in situ electron diffraction (RHEED), photoemission spectroscopy (XPS/UPS) or ex situ techniques such as near-field microscopy (AFM), magnetism (SQUID, VSM). The electronic properties of samples will then be studied as a function of temperature (resistivity, Hall coefficient, current-voltage characteristics) in order to analyze the superconducting behavior.

[1] J. G. Bednorz and K. A. Müller, Z. Phys. B 64, 189 (1986).

[2] Y.J. Yan et al., Phys. Rev. X. 5, 041018 (2015).

[3] D. Li et al. Nature. 572, 624 (2019).

### Keywords

Materials science

### Skills

Thin films will be deposited by pulsed laser ablation (PLD). Structural and physical properties will be studied by in situ electron diffraction (RHEED), photo-emission spectroscopy (XPS/UPS) or ex situ techniques such as near field microscopy (AFM), magnetism (SQUID, VSM). The electronic properties of the samples will be studied as a function of temperature (resistivity, Hall coefficient, current - voltage characteristics) in order to analyze the superconducting behaviour.

### Softwares



## Relever le défi de la transition vitreuse par manipulation optique de molécules.

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/SPHYNX](#)

**Candidature avant le** 30/06/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [LADIEU Francois](#)

+33 1 69 08 72 49

[francois.ladieu@cea.fr](mailto:francois.ladieu@cea.fr)

**Autre lien** <http://iramis.cea.fr/Pisp/david.carriere/>

### Résumé

Une nouvelle expérience pour tester l'ordre amorphe dans les verres structuraux.

### Sujet détaillé

D'après le prix Nobel P.W. Anderson, "Le problème non résolu le plus profond et le plus intéressant en théorie de la matière condensée est probablement la nature des verres et la transition vitreuse". Cette citation reflète notre incapacité à trancher cette question : existe-t-il une phase vitreuse bien définie thermodynamiquement, ou au contraire les verres sont-ils toujours des états hors d'équilibre dont le temps de relaxation est si grand que le système apparaît comme un solide ? Cette ignorance résulte d'une difficulté intrinsèque : les techniques expérimentales utilisées pour mettre en évidence des transitions de phases thermodynamiques (par exemple, liquide/gaz ou liquide/cristal) ne peuvent s'appliquer car elles seraient pour les verres incompatibles avec les temps d'expérience usuels. Il faut donc une approche novatrice pour lever le mystère de la transition vitreuse, laquelle représente non seulement un défi fondamental, mais de plus conditionne bon nombre d'applications, puisque les verres sont des matériaux de grande importance technologique (fuselages d'avions, fibres optiques, systèmes photovoltaïques...).

### Objectifs :

Dans ce contexte, nous venons de construire "une expérience de pensée" proposée récemment par des physiciens théoriciens qui permettra de démontrer ou infirmer la présence d'une transition thermodynamique vers un état vitreux. L'expérience consiste à étudier la réponse d'un liquide surfondu dans lequel des molécules choisies aléatoirement sont bloquées – ou "clouées" - dans l'espace : si ce blocage d'une faible fraction de particules modifie la dynamique globale, cela signifie qu'un ordre est bel et bien instauré dans le système, même si sa nature extrêmement complexe le rend indétectable par les méthodes standards de diffusion du rayonnement. L'approche que nous avons ébauchée requiert i) la mise au point de molécules manipulables optiquement, ii) la construction de l'expérience optique permettant de réaliser du clouage aléatoire dans le liquide bien choisi, et iii) la comparaison des résultats expérimentaux avec les prédictions théoriques. Le stage, et/ou la thèse, consistera à travailler sur l'amélioration et

---

l'exploitation de cette expérience.

Détails et profil recherché.

Ce projet est une collaboration réunissant toutes les compétences nécessaires entre physiciens, chimistes et théoriciens, situés près de Paris au CEA de Saclay et à l'université de Montpellier. Le stage et/ou la thèse se déroulera essentiellement dans les laboratoires NIMBE/LIONS et SPEC/SPHYNX du CEA de Saclay. Nous recherchons un candidat qui, en s'appuyant sur les expertises disponibles sur place, souhaite s'investir sur le projet, en apportant ses compétences en physique expérimentale (principalement en optique, et en spectroscopie diélectrique).

### **Mots clés**

Physique statistique, physique des liquides, physique des systèmes complexes, physique théorique,

### **Compétences**

### **Logiciels**

---

## **Taking up the challenge of the glass transition by optical manipulations of molecules.**

### **Summary**

A new experiment to test the existence of amorphous order in structural glasses.

### **Full description**

According to the Nobel Prize awardee P.W. Anderson “The deepest and most interesting unsolved problem in solid state theory is probably the nature of glass and the glass transition”. This sentence reflects the fact that we still do not know if glasses are a true thermodynamic phase of matter or, on the contrary, if they are just out of equilibrium liquids which have become too viscous to flow on human time scales. Finding the answer to this seemingly simple question is hampered by the fact that, when decreasing temperature, the relaxation time of glass forming liquids becomes so large that one cannot rely onto the experimental techniques used to evidence standard thermodynamic phase transitions (e.g. liquid/gas transition or liquid/crystal transition). By using a totally new approach we aim at unveiling the nature of the glass transition, which is of great importance both for fundamental physics and for applications, since glasses play an increasing role in modern technologies (e.g. in optical fibers for communications, in photovoltaic devices, or in airplanes fuselages).

More precisely, we have just built an experiment corresponding to the “ideal thought experiment” proposed recently by some theorists, so as to unveil the presence or the absence of a true thermodynamic glass transition. In this experiment a fraction of molecules, randomly chosen in space, is pinned and one monitors the response of the rest of the liquid: if this pinning of a small fraction of molecules changes the global dynamics of the liquid, this means unambiguously that an order was present before establishing the pinning field, even though the extremely complex nature of this order had made it impossible to evidence by standard experimental tools. The approach that we have built involves: i) designing the optically sensitive molecules; ii) building an optical setup allowing the realize pinning in the well-chosen liquid; iii) comparing the experimental results to the theoretical predictions. The internship and/or the thesis consists in working onto the improvement and the exploitation of this experiment.

This project is a collaboration gathering all the required expertise between physicists, chemists, and theoreticians working at CEA Saclay –near Paris- and in the University of Montpellier. The internship and/or the thesis will mainly take place in the NIMBE/LIONS and SPEC/SPHYNX laboratories in the CEA center of Saclay. We are looking for a candidate who, by relying onto the expertise available in the laboratories, really wants to invest herself/himself onto this project by providing us his/her skills in experimental physics (mainly optics, and dielectric spectroscopy).

### **Keywords**

Statistical physics, physics of liquids, complex systems, theoretical physics

### **Skills**

### **Softwares**



## Description physico-chimique de la biocristallisation chez l'huître perlière

**Spécialité** Chimie minérale

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LIONS](#)

**Candidature avant le** 21/04/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [CHEVALLARD Corinne](#)  
+33 1 69 08 52 23  
[corinne.chevallard@cea.fr](mailto:corinne.chevallard@cea.fr)

### Résumé

La formation des coquilles d'huître perlière sera étudiée au travers de synthèses modèles. L'objectif de l'étude est d'évaluer la pertinence d'un scénario de nucléation cristalline impliquant un intermédiaire liquide enrichi en sels, pour décrire les processus de biocristallisation.

### Sujet détaillé

Les organismes calcifiants (mollusques, coraux, éponges) sont capables de produire des structures minérales cristallisées (coquilles, exosquelettes) à la morphologie parfaitement contrôlée pour cibler une fonction biologique particulière (protection, flottaison, etc.) Les processus physico-chimiques associés à cette biocristallisation sont encore mal connus. Une hypothèse est que la formation des tissus durs en carbonate de calcium résulte de la transformation d'un précipité amorphe, lui-même formé au sein d'un précurseur liquide enrichi en sels par rapport à la solution de départ. Nous proposons de tester la validité de cette hypothèse grâce à la réalisation de synthèses modèles, pour lesquelles l'existence d'un précurseur liquide semble avérée, en comparant la structure, aux différentes échelles spatiales, des minéraux formés à celle des biocristaux produits par les organismes biologiques. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec l'Institut Fresnel (Marseille) et la station IFREMER de Polynésie Française.

La durée du stage est de 3 mois minimum.

### Mots clés

Chimie des matériaux, chimie en solution, germination cristalline, transitions de phase

### Compétences

Titration chimique, microscopie optique, spectromicroscopies Raman/ IR, cryo-MET

---

## **Logiciels**

Word, powerpoint, excel

---

## Physicochemical description of pearl oyster biocrystallization

### Summary

The formation of pearl oyster shells will be studied through model syntheses. The objective of this study is to evaluate the relevance of a crystalline nucleation scenario involving a salt-enriched liquid intermediate, to describe the biocrystallization processes.

### Full description

Calcifying organisms (molluscs, corals, sponges) are able to produce crystalline mineral structures (shells, exoskeletons) with perfectly controlled morphologies in order to target a particular biological function (protection, flotation, etc.). The physicochemical processes underlying this biocrystallization are still poorly known. One hypothesis is that the formation of these hard tissues results from the transformation of an amorphous calcium carbonate precipitate, formed from a liquid precursor that is salt-enriched with respect to the starting solution. We propose to assess the validity of this hypothesis by carrying out model syntheses, for which the existence of a liquid precursor seems to be proven, and by comparing the structure, at the different spatial scales, of the minerals formed with that of the biocrystals produced by the biological organisms. This work is part of a collaboration with the Institut Fresnel (Marseille) and the IFREMER station in French Polynesia.

The duration of the internship is 3 months minimum.

### Keywords

Materials chemistry, solution chemistry, crystal nucleation, phase transitions

### Skills

Titration, optical microscopy, Raman/ IR spectromicroscopy, cryo-TEM

### Softwares

Word, powerpoint, excel



## Photo-électrolyse de l'eau assistée par une couche perovskite ferroélectrique

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/LNO](#)

**Candidature avant le** 30/07/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [MAGNAN Helene](#)

+33 1 69 08 94 04

[helene.magnan@cea.fr](mailto:helene.magnan@cea.fr)

**Autre lien**

[http://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_visu.php?id\\_ast=1996&id\\_unit=0&id\\_groupe=196](http://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=1996&id_unit=0&id_groupe=196)

### Résumé

Des photo-anodes dédiées à la photo-électrolyse de l'eau seront réalisées et caractérisées. Il s'agira d'hétérojonctions d'oxydes élaborées par épitaxie par jets moléculaires dont une couche sera ferroélectrique et polarisée électriquement. Les effets de la polarisation électrique sur les propriétés de photo-électrolyse seront étudiés.

### Sujet détaillé

La photo-électrolyse de l'eau permet la production directe d'hydrogène en utilisant l'énergie solaire. L'hydrogène, en tant que vecteur d'énergie propre et décarbonné, est une piste crédible pour résoudre la paradoxale nécessité d'une augmentation de la production énergétique et de la réduction des gaz à effets de serre. Les photo-anodes les plus performantes sont obtenues avec des oxydes métalliques. Toutefois, à ce jour, aucun oxyde semi-conducteur simple ne réunit toutes les propriétés de photo-anode nécessaires pour permettre une production raisonnable d'hydrogène par ce procédé. Les anodes permettant une bonne absorption du spectre lumineux souffrent d'un taux de recombinaison rédhibitoire. Il faut considérer des architectures de matériaux plus complexes afin d'améliorer les propriétés des électrodes simples. Dans cette étude, nous souhaitons combiner une couche d'oxyde efficace en tant que photo-anode avec une couche d'oxyde pérovskite ferroélectrique, fournissant une polarisation électrique interne permettant d'améliorer les propriétés de transport.

Dans le cadre du stage proposé, on s'attachera, dans un premier temps, à déterminer les conditions de croissance d'hétérojonctions monocristallines de type  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  /  $\text{BaTiO}_3$ . Les dépôts seront réalisés sur des substrats adaptés et conducteurs (Pt(001) et Pt(111)), et seront déposés par épitaxie par jets moléculaires assistée par plasma d'oxygène atomique, une technique parfaitement maîtrisée au laboratoire. La structure cristalline sera déterminée in situ et en temps réel grâce à la diffraction d'électrons rapides (RHEED). La stœchiométrie des films sera déterminée par spectroscopie d'électrons Auger et par photoémission (XPS). Les propriétés de photo-électrolyse (photo-courant, rendement) seront mesurées en lumière blanche et en lumière monochromatique. L'efficacité de la photo-anode sera



---

analysée en fonction de la nature de l'hétérojonction et de l'orientation cristalline. Nous étudierons également les effets de la polarisation électrique (amplitude, orientation) de la couche ferroélectrique sur les propriétés de photo-électrolyse. Le (la) candidat(e) abordera les techniques d'ultra-vide associées à la croissance par épitaxie par jets moléculaires (dépôt de couches minces, caractérisations in situ) ainsi que la caractérisation électrochimique de photo-anodes. Le caractère multi-disciplinaire du sujet sera très enrichissant pour le (la) candidat(e). Les couches élaborées durant ce stage s'inscrivent dans le cadre de recherches à long terme dans le groupe. Ce sujet pourra être prolongé par une thèse.

Contacts : Hélène Magnan (helene.magnan@cea.fr)

Mots-clés : Couches minces, épitaxie, caractérisation, photo-anode, photo-électrolyse.

### **Mots clés**

couches minces, épitaxie, caractérisation, Photo-électrolyse

### **Compétences**

Auger XPS, MBE, photoélectrochimie

### **Logiciels**

---

## Water photo-electrolysis assisted by a perovskite ferroelectric layer

### Summary

Thin epitaxial films dedicated to water photoelectrolysis will be prepared by atomic oxygen plasma assisted molecular beam epitaxy and characterized. We will study oxide heterojunction containing a polarized ferroelectric layer. We will study the influence of electrical polarization on the photoanode efficiency.

### Full description

Thin epitaxial films dedicated to water photoelectrolysis will be prepared by atomic oxygen plasma assisted molecular beam epitaxy and characterized. We will study oxide heterojunction containing a polarized ferroelectric layer. We will study the influence of electrical polarization (intensity and orientation) on the photoanode efficiency.

Solar energy has the potential to satisfy the increasing global energy demand. Semiconductors hold great promise for high-efficiency solar water splitting (water photo electrolysis). Indeed, they may be used for solar energy harvesting and/or chemical energy storage. Since the first demonstration using TiO<sub>2</sub> as a photoanode, a large number of metal oxides were studied for this application. However, all these simple oxides present some limiting factors (such as electron - hole recombination and position of the conduction band edge below the H<sup>+</sup>/H<sub>2</sub> redox potential) which can explain a relatively low efficiency. Recently, we have shown in our group that the efficiency of solar water splitting can be strongly improved by using a ferroelectric layer (BaTiO<sub>3</sub>) as photoanode [1].

In the present internship, we propose to prepare and study oxide heterojunctions (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / BaTiO<sub>3</sub>) grown by Atomic Oxygen plasma assisted Molecular Beam Epitaxy. The introduction of the perovskite ferroelectric layer is expected to improve the photoanode efficiency of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thanks to a better charge transport. For all samples, we will determine the crystallographic structure by in situ RHEED and the electronic structure by in situ XPS. The photoanode efficiency as a function of the nature of heterojunction and of its crystallographic orientation. Moreover the influence of ferroelectric polarization vector (direction and strength) will be also measured.

[1] M. Rioult, S. Datta, D. Stanescu, S. Stanescu, R. Belkhou, F. Maccherozzi, H. Magnan, A. Barbier, Appl. Phys. Lett 107, 103901 (2015)

contact: Helene Magnan (helene.magnan@cea.fr)

### Keywords

thin layer, epitaxy, MBE, Photoelectrolysis

### Skills

Auger, XPS, Photo-electrochemistry

### Softwares



## Sonder les fluctuations d'inductance cinétique dans des nano-résonateurs supraconducteurs

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Ingenieur/Master

**Unité d'accueil** [SPEC/GQ](#)

**Candidature avant le** 29/04/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [LE-SUEUR HELENE](#)

+33 1 69 08 38 88

[helene.le-sueur@cea.fr](mailto:helene.le-sueur@cea.fr)

### Résumé

The Quantronics group at CEA Saclay is performing research in fundamental solid state physics at very low temperature, and in particular in quantum electronics. One present goal of our team is to elucidate the last missing ingredient of mesoscopic superconductivity: the Quantum Phase Slip Junction.

### Sujet détaillé

A Quantum phase slip junction (QPSJ) consisting of very thin disordered superconducting wire is predicted to behave as a non-linear nondissipative capacitor, and to constitute an exact quantum dual of the well know and widely used Josephson junction. The availability of QPSJ would open a broad range of new possibilities for quantum circuit engineering.

By making nanowire resonators in order to realize QPSJ, we have evidenced a strong coupling of the resonator to surrounding charged Two Level Systems, an order of magnitude larger than what is expected from standard dipole / electric field coupling. We have shown this phenomenon is present in several superconductors who have in common their high inductance (high disorder). We have proposed recently [1] a new universal mechanism to explain this strong coupling, through mesoscopic fluctuations of the kinetic inductance. The goal is now to characterize further this mechanism.

During the internship, the candidate will be involved in the next experiment that we plan to better understand and characterize the TLS / nanowire coupling. He / she will get familiar with nanofabrication, microwave measurements in dilution refrigerator, and the microwave properties of superconductors. The student will be supervised by two permanent researchers, a PhD student and a post-doc working on the subject. A second post-doc will join us in february 2020. The internship could ideally be followed by a PhD thesis.

The candidate should have solid grounds in quantum and solid state physics and should ideally be familiar with data acquisition and analysis (Python, Mathematica, Origin or Igor...). A certain degree of independence and of experimental skills are a plus.

---

[1] H. le Sueur et al., Microscopic charged fluctuators as a limit to the coherence of disordered superconductor devices, arXiv:1810.12801

**Mots clés**

Physique mésoscopique, mécanique quantique

**Compétences**

Simulation numérique, nanofabrication, cryogénie, mesures micro-ondes

**Logiciels**

Python, mathematica, origin, sonnet, matlab

---

# Probing Kinetic Inductance Fluctuations in Superconducting Nanoresonators

## Summary

The Quantronics group at CEA Saclay is performing research in fundamental solid state physics at very low temperature, and in particular in quantum electronics. One present goal of our team is to elucidate the last missing ingredient of mesoscopic superconductivity: the Quantum Phase Slip Junction.

## Full description

A Quantum phase slip junction (QPSJ) consisting of very thin disordered superconducting wire is predicted to behave as a non-linear nondissipative capacitor, and to constitute an exact quantum dual of the well know and widely used Josephson junction. The availability of QPSJ would open a broad range of new possibilities for quantum circuit engineering.

By making nanowire resonators in order to realize QPSJ, we have evidenced a strong coupling of the resonator to surrounding charged Two Level Systems, an order of magnitude larger than what is expected from standard dipole / electric field coupling. We have shown this phenomenon is present in several superconductors who have in common their high inductance (high disorder). We have proposed recently [1] a new universal mechanism to explain this strong coupling, through mesoscopic fluctuations of the kinetic inductance. The goal is now to characterize further this mechanism.

During the internship, the candidate will be involved in the next experiment that we plan to better understand and characterize the TLS / nanowire coupling. He / she will get familiar with nanofabrication, microwave measurements in dilution refrigerator, and the microwave properties of superconductors. The student will be supervised by two permanent researchers, a PhD student and a post-doc working on the subject. A second post-doc will join us in february 2020. The internship could ideally be followed by a PhD thesis.

The candidate should have solid grounds in quantum and solid state physics and should ideally be familiar with data acquisition and analysis (Python, Mathematica, Origin or Igor...). A certain degree of independence and of experimental skills are a plus.

[1] H. le Sueur et al., Microscopic charged fluctuators as a limit to the coherence of disordered superconductor devices, arXiv:1810.12801

## Keywords

Mesoscopic physics, quantum mechanics

## Skills

Numerical simulation, nanofabrication, cryogenics, microwave measurements

## Softwares

Python, mathematica, origin, sonnet, matlab



## Supercondensateur ionique à charge thermique à électrodes VACNT (Vertically Aligned Carbon Nanotubes)

**Spécialité** Physique des matériaux

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/SPHYNX](#)

**Candidature avant le** 05/05/2020

**Durée** 5 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [NAKAMAE Sawako](#)

+33 1 69 08 75 38/93 07

[sawako.nakamae@cea.fr](mailto:sawako.nakamae@cea.fr)

**Autre lien**

[http://iramis.cea.fr/spec/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_visu.php?id\\_ast=1861](http://iramis.cea.fr/spec/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=1861)

### Résumé

Stage expérimental dans le domaine de la science des énergies renouvelables (récupération de la chaleur perdue). Développement et caractérisation de supercondensateurs à liquide ionique fabriqués avec des électrodes de carbone nanostructurées. Domaines d'étude: Physique, Science des matériaux, Physique des fluides, Chimie physique.

### Sujet détaillé

Les supercondensateurs stockent les charges électriques par la formation de doubles couches électriques (EDL) à l'interface électrolyte/électrode. Ils se caractérisent par des temps de charge/décharge plus courts que les batteries, mais ils souffrent d'une densité d'énergie stockée plus faible. Par conséquent, les supercondensateurs sont utilisés dans les applications à alimentation rapide et à basse tension, telles que les sauvegardes de mémoire volatile. Au contraire des supercondensateurs conventionnels qui sont chargés par l'application de tension électrique externe, les supercondensateurs ioniques à charge thermique (TISC) se chargent à l'aide de chaleur via les effets thermoélectriques à l'intérieur de l'électrolyte et de l'interface électrolyte/électrode (EDL). En tant que tel, le TISC fabriqué à partir de liquides ioniques fortement thermoélectriques est considéré comme une technologie alternative pour la récupération de chaleur perdue. La performance des TISC dépend de plusieurs paramètres clés; comme notamment, la tension thermoélectrique induite dans le liquide et la capacité de charge spécifique des électrodes. Une possibilité pour améliorer cette dernière est d'augmenter la surface effective de l'électrode par nanostructuration. Par exemple, les matériaux à base de nanotubes de carbone alignés verticalement (VACNT) sont des candidats prometteurs pour la construction d'un supercondensateur efficace. Cependant, les processus électrochimiques et physiques précis des TISC ne sont pas encore clairs, et il reste à déterminer si le TISC peut devenir concurrentiel par rapport aux autres technologies de stockage d'énergie thermosélectrochimique.

Le stage proposé au SPHYNX/SPEC/IRAMIS (UMR 3680 CEA-CNRS) et LEDNA/NIMBE/IRAMIS est principalement

---

expérimental: caractérisation des propriétés thermoélectriques de dispositifs TISC utilisant des électrodes VACNT. L'étudiant participera également à l'élaboration de l'électrode. Plus précisément, il/elle effectuera des mesures thermoélectriques et capacitatives, implémentera des techniques d'acquisition de données automatisées et analysera les données obtenues. L'étudiant(e) acquerra également une expérience pratique des techniques de base de caractérisation électrochimique (voltamétrie cyclique et mesures d'impédance). La synthèse des électrodes se déroulera au sein du LEDNA, en utilisant leur processus « one-step » développé pour la croissance directe et contrôlée de nanotubes de carbone denses alignés verticalement. En plus de ces responsabilités principales, l'étudiant aura également l'occasion d'apprendre des techniques de caractérisation de matériaux telles que la microscopie électronique à balayage, la spectroscopie photoélectronique à rayons X et la microscopie électronique à transmission (au LEDNA). Pour un.e candidat.e motivé.e, la participation à l'investigation numérique des interactions liquide ionique-électrode par la technique de simulation de Monte Carlo peut également être envisagée. En fonction de l'avancement des travaux, ce stage peut être converti en thèse dans laquelle une comparaison systématique des phénomènes thermoélectriques à la morphologie (les arrangements de nanotubes, longueurs, distribution diamètre/densité, etc.) sera effectuée afin de comprendre les mécanismes physiques et électrochimiques à l'origine de la conversion thermoélectrique dans les supercondensateurs ioniques.

### **Mots clés**

Thermoélectricité, nanomatériaux, énergie renouvelable, thermodynamique

### **Compétences**

Caractérisation des propriétés thermoélectriques Caractérisation électrochimique (voltamétrie cyclique et mesures d'impédance) Synthèse des électrodes VACNT Caractérisation des électrode (MEB, XPS, TEM..)

### **Logiciels**

LabView MatLab

---

## **Thermally charging ionic supercapacitor with vertically aligned carbon nanotube (VACNT) electrodes**

### **Summary**

Experimental internship in the field of renewable energy science (waste-heat recovery). Develop and characterize ionic-liquid supercapacitors made with nanostructured carbon electrodes. Domain: Physics, Materials Science, Fluid Physics, Physical Chemistry.

### **Full description**

Supercapacitors store electrical charge via electrical double-layer (EDL) formation at the electrolyte/electrode interface. They are characterized by their faster charging/discharging times compared to batteries, but suffer from lower energy (charge) density. Therefore, supercapacitors are used in quick power delivery and low-voltage applications such as in volatile memory backups. While conventional supercapacitors are charged using an external voltage source, Thermally Charged Ionic Supercapacitors (TISC) take advantage of the thermoelectric effects inside the electrolyte (thermo-electro diffusion) and at the electrolyte/electrode interface (EDL) to charge itself using 'heat.' As such TISC made with highly thermoelectric ionic liquids is considered as an alternative technology for waste-heat recovery applications. The performance of TISC's depends on key parameters; notably, the induced thermoelectric voltage and the specific capacitance of the electrodes. One possibility to improve the latter is to increase the electrode surface area by nanostructuring. For example, vertically aligned carbon nanotubes (VACNT) based materials are a promising candidate to build an efficient supercapacitor. However, the precise electrochemical and physical processes in TISCs are still unclear; and it is yet to be determined if TISC can become competitive against other thermo-electrochemical energy storage technologies.

The proposed internship at SPHYNX/SPEC/IRAMIS (UMR 3680 CEA-CNRS) and LEDNA/NIMBE/IRAMIS mainly experimental: the characterization of thermoelectric properties of TISC devices using VACNT electrodes in combination with the mixtures of ionic liquids and organic solvents. The student will also participate in the electrode elaboration. More specifically, he/she will perform thermoelectrical and capacitance measurements, implementation of automated data acquisition techniques and analysis of the resulting data obtained. The student will also acquire hands-on experience in basic electrochemical characterization techniques (cyclic voltammetry and impedance measurements). The electrode synthesis will be conducted at LEDNA, using their 1-step process developed for the direct and controlled growth of vertically aligned and dense carbon nanotubes. In addition to these principal responsibilities, the student will also have the opportunity to learn materials characterization techniques such as Scanning Electron Microscopy, X-ray Photoelectron Spectroscopy and Transmission Electron Microscopy (at LEDNA). For a motivated candidate, participation in the numerical investigation of ionic liquid – electrode interactions through Monte Carlo simulation technique can also be envisaged. A successful internship may be converted to a PhD research in where a systematic comparison of thermoelectric data to the morphology (nanotube arrangements, lengths, diameter/density distribution etc.) will be investigated in order to understand the physical and electrochemical mechanisms of the thermoelectric energy conversion in complex liquids based ionic supercapacitors.

### **Keywords**

Thermoelectricity, nanomaterials, renewable energy, thermodynamics

### **Skills**

Thermoelectric property characterization Electrochemical measurements (CV, impedance) VACNT electrode synthesis Electrode characterizations (SEM, XPS and TEM)

### **Softwares**







## Caractérisation spatio-temporelle 'single-shot' d'impulsions laser femtosecondes par propagation dans un milieu diffusant

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [LIDYL/PHI](#)

**Candidature avant le** 07/05/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [QUERE Fabien](#)

+33 1 69 08 10 89

[fabien.quere@cea.fr](mailto:fabien.quere@cea.fr)

### Résumé

Lieu du stage / internship place: CEA Saclay et Laboratoire Kastler-Brossel (Paris)

L'objectif de ce stage est de mesurer la structure tridimensionnelle du champ  $E(x,y,t)$  d'une impulsion laser ultra-courte. Le groupe PHI du LIDYL a récemment développé deux techniques de mesure spatio-temporelle très complètes, mais qui nécessitent de nombreux tirs laser. Ce stage de Master visera à mettre au point une technique de caractérisation spatio-temporelle dite 'single-shot', c'est-à-dire ne nécessitant qu'un seul tir laser pour obtenir toute l'information recherchée.

### Sujet détaillé

La technologie laser permet aujourd'hui de produire des impulsions lasers d'une durée de quelques dizaines de femtosecondes seulement. La plupart des expériences utilisant ces lasers nécessitent une excellente connaissance et un bon contrôle de leurs propriétés. Il existe des méthodes pour mesurer localement la durée de l'impulsion en chaque point du faisceau, ainsi que des techniques pour mesurer les propriétés spatiales moyennées temporellement. Mais l'ensemble de ces techniques ne suffit pas à déterminer totalement les propriétés du champ laser. En effet, ces faisceaux peuvent présenter des couplages spatio-temporels - c'est-à-dire une dépendance spatiale des propriétés temporelles - qui ne peuvent absolument pas être détectés par ces techniques standards. Pour détecter ces couplages et les corriger, il est indispensable de mesurer la structure tridimensionnelle du champ laser, c'est-à-dire le champ  $E(x,y,t)$ . Le groupe PHI du LIDYL a récemment développé deux techniques de mesure spatio-temporelle très complètes, basées sur des montages expérimentaux particulièrement simples, mais sur des traitements de données relativement sophistiqués. Bien que performantes, ces techniques de mesure nécessitent de nombreux tirs laser, ce qui constitue une limitation importante, notamment lorsque la source de lumière n'est pas parfaitement reproductible tir-à-tir.

---

Ce stage de Master visera à mettre au point une technique de caractérisation spatio-temporelle dite 'single-shot', c'est-à-dire ne nécessitant qu'un seul tir laser pour obtenir toute l'information recherchée. Pour cela, nous nous appuierons sur les développements récents dans deux domaines de recherche très actifs, qui sont au cœur de l'expertise du groupe "Optique des milieux complexes" du LKB :

- La propagation de la lumière dans les milieux complexes (milieux diffusant notamment), qui permet par un mélange "optimal" des différents degrés de libertés incidents, de récupérer les caractéristiques de l'impulsion, connaissant la matrice de transmission du milieu complexe. - Les techniques dites de "compressed sensing", qui permettent d'extraire le maximum d'information possible d'un signal donné, moyennant des hypothèses simples sur la structure de ces données (parcimonie du signal dans un espace de représentation adapté).

Ce stage se déroulera dans le cadre d'une collaboration entre le LIDYL et le LKB, et sera co-encadré par Fabien Quéré (LIDYL) et Sylvain Gigan (LKB). Selon les résultats obtenus pendant le stage, ce stage de Master pourra être suivi d'une thèse, par exemple de type CIFRE.

### **Mots clés**

Laser, impulsion femtoseconde et attoseconde

### **Compétences**

Optique, spectroscopie, traitement de signal

### **Logiciels**

---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**



## Génération d'harmoniques d'ordre élevé à 13 nm pour une imagerie sans lentille à résolution nanométrique

**Spécialité** Laser

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [LIDYL/ATTO](#)

**Candidature avant le** 07/05/2020

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [BOUTU Willem](#)  
+33 1 69 08 51 63  
[willem.boutu@cea.fr](mailto:willem.boutu@cea.fr)

### Résumé

L'imagerie par diffraction cohérente (CDI) est une imagerie sans lentille qui utilise la cohérence spatiale et l'optique de Fourier permettant d'atteindre en microscopie à rayons X une résolution spatiale seulement limitée par la longueur d'onde. Développée pour les installations synchrotron, elle est aujourd'hui mise en œuvre, en particulier au CEA-LIDYL, avec des impulsions femtoseconde de courte longueur d'onde, ce qui permet l'essor d'une imagerie à l'échelle nanométrique.

L'objectif du stage est de mettre en œuvre ce type de microscopie avec des impulsions laser harmoniques à 13 nm, obtenues à partir du nouveau laser femtoseconde à taux de répétition élevé de l'équipe.

### Sujet détaillé

L'imagerie par diffraction cohérente (CDI) est une technique d'imagerie sans lentille qui utilise la cohérence spatiale et l'optique de Fourier pour éliminer l'optique traditionnelle utilisée dans le but d'atteindre une résolution spatiale limitée en longueur d'onde en microscopie à rayons X. Développée à l'origine pour les installations synchrotron, sa mise en œuvre sur des sources de longueur d'onde courte basées sur des lasers a permis l'essor de l'imagerie femtoseconde à l'échelle nanométrique.

Depuis plus de 10 ans, le CEA-LIDYL a mis au point de nouvelles techniques CDI utilisées en laboratoire, telles que l'holographie à transformée de Fourier avec référence étendue [1], l'imagerie stéréo 3D [2] ou le CDI en une seule prise pour des expériences à résolution temporelle [3,4]. Ces sources à petite échelle sont basées sur un phénomène ultra non linéaire appelé génération d'ordre harmonique élevé (HHG), découvert au CEA-Saclay il y a 30 ans [5].

En focalisant un faisceau laser infrarouge femtoseconde sur un jet de gaz, il est possible de générer un rayonnement cohérent ultra-court (femtoseconde à attoseconde) dans le domaine ultra-ultra-violet. Ce processus est maintenant bien compris et fait actuellement l'objet d'une démocratisation rapide pour des expériences de spectroscopie ultra-rapide. Cependant, le faible flux de photons est une limitation importante pour de nombreuses applications.

L'acquisition au CEA-LIDYL, d'un laser femtoseconde à taux de répétition élevé permet le développement selon une

---

nouvelle technologie d'une source de HHG à haut flux, basée sur une géométrie capillaire.

L'objectif du stage est de mettre en œuvre sur ce laser le nouvel appareil de microscopie dans le nouveau laboratoire du groupe. Après optimisation et caractérisation de l'émission harmonique, l'étudiant utilisera le rayonnement à une longueur d'onde de 13 nm pour effectuer une première expérience CDI (par une technique d'imagerie aussi appelée ptychographie [6]), afin de démontrer qu'il est possible d'obtenir la résolution spatiale à l'échelle nanométrique sur un échantillon à l'état solide de grande taille. Cette première démonstration constituera un premier pas vers le développement d'une nouvelle ligne de lumière dédiée à l'inspection des masques lithographiques, un outil essentiel pour l'industrie de la microélectronique. Ces développements s'inscriront dans le cadre d'un nouveau laboratoire commun avec la PME Imagine Optic d'Orsay, qui vise à proposer de nouveaux outils de métrologie à courte longueur d'onde.

### **Mots clés**

Laser, génération d'harmoniques, microscopie nanométrique

### **Compétences**

Impulsions laser femtosecondes, Génération d'harmoniques

### **Logiciels**

---

# 13 nm high order harmonic generation for nanometer scale resolution lensless imaging

## Summary

### Full description

Coherent diffractive imaging (CDI) is a lensless imaging technique that uses spatial coherence and Fourier optics to remove the traditionally used objective optics in order to reach wavelength limited spatial resolution in X-ray microscopy. First developed for synchrotron facilities, its implementation on laser based short wavelength sources has allowed for the rise of nanoscale femtosecond imaging. For more than 10 years the CEA-LIDYL has developed new CDI techniques on laboratory sources, such as Fourier Transform Holography with Extended Reference [1], Stereo 3D imaging [2], or single shot CDI for time resolved experiments [3,4].

Those small scale sources are based on an ultra nonlinear phenomenon called high order harmonic generation (HHG), discovered at CEA-Saclay 30 years ago [5]. When focusing a femtosecond infrared laser beam on a gas jet, one can generate ultrashort (femtosecond to attosecond) coherent radiation in the extreme ultraviolet domain. This process is now well understood, and is currently undergoing a rapid democratization for ultrafast spectroscopy experiments. However, the low photon flux is a strong limitation for many applications.

At CEA-LIDYL we recently acquired a high repetition rate femtosecond laser and developed a new technology for high flux HHG source, based on a long capillary geometry. The aim of the internship is to implement this new apparatus on the laser in the group new laboratory. After optimization and characterization of the harmonic emission, the fellow will use the  $\lambda=13\text{nm}$  radiation to perform a first CDI experiment, with the aim of demonstrating nanometer scale spatial resolution on a large size solid-state sample using an imaging technique called ptychography [6]. This first demonstration is a first step towards the development of a new beamline dedicated to lithography mask inspection, a vital tool for microelectronics industry. These developments will take place in the framework of a new joint laboratory with Orsay SME Imagine Optic, which is aiming at proposing new metrology tools at short wavelengths.

1. Gauthier et al., Single-shot Femtosecond X-Ray Holography Using Extended References, PRL 105, 093901 (2010)
2. Duarte et al., Computed stereo lensless X-ray imaging, Nat. Photonics 13, 449 (2019)
3. Ravasio et al., Single-Shot Diffractive Imaging with a Table-Top Femtosecond Soft X-Ray Laser-Harmonics Source, PRL 103, 028104 (2008)
4. Boutu et al., Impact of noise in holography with extended references in the low signal regime, Opt. Express 24, 6318 (2016)
5. Ferray et al., Multiple-harmonic conversion of 1064 nm radiation in rare gases, J. Phys. B 21, L31 (1988)
6. Thibault et al., High-Resolution Scanning X-ray Diffraction Microscopy, Science 321, 379 (2008)

### Keywords

### Skills

### Softwares



## Bétons intelligents intégrant des nanotubes de carbone

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LEDNA](#)

**Candidature avant le** 13/05/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [PINAULT Mathieu](#)

+33 1 69 08 91 87

[mathieu.pinault@cea.fr](mailto:mathieu.pinault@cea.fr)

**Autre lien**

<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/galleries/energie-nucleaire/laboratoire-lecba.aspx>

### Résumé

Le sujet de stage proposé s'inscrit dans le contexte du développement de bétons 'intelligents' avec comme objectif de poursuivre le développement des méthodes de préparation de nuances originales de bétons intégrant des nanotubes de carbone multi-feuillets, puis d'analyser ces matériaux afin de réaliser des mesures de propriétés électriques et mécaniques des matériaux élaborés.

### Sujet détaillé

L'avènement des matériaux intelligents, nés au début des années 80 dans le secteur de l'aérospatiale, concerne aujourd'hui tous les domaines d'activités, et notamment les bétons qui deviennent adaptatifs et évolutifs. Le « béton intelligent » est un béton dont les fonctions sont inscrites dans la matière. Elles lui permettent de se comporter comme un capteur (détection des signaux) ou comme un actionneur (action sur leur environnement). Ils sont ainsi capables de modifier leurs propriétés physiques en réponse à une sollicitation intérieure ou extérieure. Ces propriétés sont obtenues grâce à l'incorporation de nouveaux éléments : classiquement fils métalliques ou de polypropylène, ou même fibres voire nanotubes de carbone (NTC), nanoparticules...

Le sujet de stage proposé s'inscrit dans ce contexte et s'appuie sur les compétences de deux laboratoires : le LECBA qui possède une expertise dans la préparation et l'étude des propriétés des bétons et le LEDNA dont l'expertise repose sur un savoir-faire dans la synthèse et la caractérisation de NTC et de matériaux composites intégrant les nanotubes. Ce travail en collaboration a déjà permis en 2019 de définir un procédé d'élaboration de nuances originales de pâtes de ciments intégrant des NTC multi-feuillets, puis d'analyser ces matériaux en terme de propriétés mécaniques et électriques afin d'étudier l'effet de l'incorporation de ces nanocharges.

Le projet proposé a comme objectif de poursuivre le développement des méthodes de préparation spécifiques adaptées à des formulations industrielles obtenues à partir de plusieurs formes de NTC. Le travail de 2020 sera orienté sur la synthèse puis la dispersion des NTC pour l'élaboration de microbétons. Différentes méthodes de



---

caractérisation seront utilisées pour déterminer la répartition des nanotubes, leur densité, la viscosité ou le temps de prise du matériau cimentaire (aiguille Vicat, ATG). Des mesures de propriétés électriques et mécaniques seront également réalisées durant ce stage. L'adaptation des techniques de caractérisation mécanique (Impulse Excitation Technique, nanoindentation, compression classique, traction, énergie de fissuration) à des éprouvettes de petites dimensions inhabituelles sera à prendre en compte.

Parallèlement à ce travail expérimental, un travail de recherche bibliographique sera mené de manière à identifier les dernières avancées dans le domaine et à envisager les perspectives d'applications.

### **Mots clés**

Nanotubes de carbone, bétons, synthèse CVD

### **Compétences**

Synthèse CVD, MEB, ATG, mesures des densité, viscosité, nanoindentation

### **Logiciels**

---

## Smart concretes incorporating carbon nanotubes

### Summary

The subject of the proposed internship is in the context of the development of 'smart' concretes, with the objective of developing methods for the preparation of original grades of concretes incorporating multi-layer carbon nanotubes, and then analyzing these materials in order to achieve measurements of electrical and mechanical properties of the materials developed.

### Full description

The development of smart materials, born in the early 80's in the aerospace sector, today concerns all areas of activity, including concretes that become adaptive and evolving. "Smart concrete" is a concrete whose functions are written in the material. They allow it to behave like a sensor (signal detection) or as an actuator (action on their environment). They are thus able to modify their physical properties in response to an internal or external stress. These properties are obtained thanks to the incorporation of new elements: classically metal or polypropylene wires, or even carbon nanotubes, nanoparticles, ...

The subject of the proposed internship fits into this context and relies on the skills of two laboratories: LECBA, which has expertise in the preparation and study of concrete properties, and LEDNA whose expertise is based on knowledge -to do the synthesis and characterization of carbon nanotubes and composite materials integrating nanotubes. This collaborative work has already made it possible in 2019 to define a process for the elaboration of original grades of cement pastes incorporating multi-layer CNT, then to analyze these materials in terms of mechanical and electrical properties in order to study the effect of the incorporation of these nanofillers.

The proposed project aims to continue the development of specific preparation methods adapted to industrial formulations obtained from several forms of CNTs. The work of 2020 will focus on the synthesis and dispersion of CNTs for the production of microconcretes. Various characterization methods will be used to determine the distribution of nanotubes, their density, the viscosity or the setting time of the cementitious material (Vicat needle, TGA). Measurements of electrical and mechanical properties will also be made during this course. The adaptation of mechanical characterization techniques (Impulse Excitation Technique, nanoindentation, conventional compression, traction, cracking energy) to unusual small specimens will have to be taken into account.

In parallel with this experimental work, a bibliographic research work will be conducted in order to identify the latest advances in the field and to consider the prospects of applications.

### Keywords

Carbon nanotubes, concrete, CVD

### Skills

### Softwares



## Croissance contrôlée de nanotubes de carbone alignés sur supports métalliques pour application au stockage de l'énergie

**Spécialité** Chimie des matériaux

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LEDNA](#)

**Candidature avant le** 16/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** non

**Contact** [PINAULT Mathieu](#)  
+33 1 69 08 91 87  
[mathieu.pinault@cea.fr](mailto:mathieu.pinault@cea.fr)

### Résumé

Contrôler la synthèse des tapis de NTC alignés (alignement, longueur...) sur supports métalliques (feuilles d'Al ou alliages). Comprendre les mécanismes de croissance en menant des analyses de l'interface NTC/Al et des analyses in-situ

### Sujet détaillé

La méthode de CVD (Chemical Vapour Deposition) à partir d'aérosols permet d'obtenir des tapis denses de nanotubes de carbone (NTC) alignés dont les applications sont prometteuses dans des domaines variés et en particulier dans le domaine des électrodes de supercondensateurs pour le stockage électrochimique de l'énergie [1-2]. Dans le cadre d'un projet collaboratif nous avons développé la croissance contrôlée de NTC alignés sur des supports d'intérêt pour l'élaboration d'électrodes de supercondensateurs ce qui nécessite dans certains cas un abaissement de la température de croissance des NTC alignés jusqu'à une température inférieure à 650°C [3]. L'objectif du projet est de contrôler la synthèse des tapis de NTC alignés sur collecteurs de courant métalliques (feuilles d'Al) fins avant de les associer avec d'autres matériaux actifs (carbone, polymères conducteurs) dans la suite du projet. L'approche adoptée consistera d'une part à mener des études expérimentales visant à ajuster les paramètres de synthèse (température, gaz, nature des précurseurs carbonés ou du support...) dans le but de maîtriser les caractéristiques des NTC formés (alignement, longueur...). L'effet de post traitements appliqués au collecteurs VACNT/Al sera également étudié. Une attention particulière sera portée sur le contrôle du diamètre et de la densité notamment par analyse en microscopie électronique (MEB et MET) et sur l'effet de ces variations de morphologies et structures des NTC alignés sur leurs performances électrochimiques.

[1] S. Lagoutte et al, Electrochimica Acta, 130, (2014), 754-765

[2] P. Boulanger et al., Journal of Physics: Conference Series 429 (2013) 012050

[3] F. Nassoy et al., Nanomaterials, 9, (2019), 1590

### Mots clés

---

Nanotubes de carbone, aluminium, croissance CVD, electrochimie

**Compétences**

CVD, SEM, TEM, TGA, Raman, électrochimie

**Logiciels**

---

## **Controlled growth of aligned carbon nanotubes on metal supports for application to energy storage**

### **Summary**

Control the synthesis of aligned CNT carpets (length, alignment ...) on metal supports (Al sheets or alloys). Understand the growth mechanisms by conducting CNT/ Al interface and in-situ analyzes

### **Full description**

The aerosol-assisted CVD (Chemical Vapor Deposition) method leads to obtain dense arrays of aligned carbon nanotubes (CNTs), whose applications are promising, in particular in the field of supercapacitor electrodes for electrochemical storage of energy [1-2]. As part of a collaborative project we developed the controlled growth of aligned CNTs metal current collectors for the elaboration of supercapacitor electrodes which in some cases requires a lowering of the CNT growth temperature below 650 °C. The objective of the project is to control the synthesis of vertically aligned CNT on thin metal current collectors (Al) before associating them with other active materials (carbon, conductive polymers) during the project. The approach will consist in adjusting the synthesis parameters (temperature, gas, nature of the precursors or substrate ...) in order to control the characteristics of the CNTs formed (alignment, length ...). The effect of post-treatments applied to the VACNT/Al collectors will also be studied. Particular attention will be paid to the control of the diameter and the density followed by electron microscopic analysis (SEM and TEM) and on the effect of these variations of morphologies and structures of the aligned CNTs on their electrochemical performances.

[1] S. Lagoutte et al, *Electrochimica Acta*, 130, (2014), 754–765

[2] P. Boulanger et al., *Journal of Physics: Conference Series* 429 (2013) 012050

[3] F. Nassoy et al., *Nanomaterials*, 9, (2019), 1590

### **Keywords**

Carbon nanotube, Al, CVD growth, electrochemistry

### **Skills**

CVD, SEM, TEM, TGA, Raman, electrochemistry

### **Softwares**



## Fonctionnalisation et assemblage de nanoparticules d'or pour la plasmonique et la nanomédecine.

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Ingenieur/Master

**Unité d'accueil** [NIMBE/LEDNA](#)

**Candidature avant le** 15/04/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [MARGUET Sylvie](#)

+33 1 69 08 62 83

[sylvie.marguet@cea.fr](mailto:sylvie.marguet@cea.fr)

**Autre lien**

[http://iramis.cea.fr/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_visu.php?id\\_ast=2234](http://iramis.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=2234)

### Résumé

Nous proposons de fonctionnaliser des nanoparticules d'or pour les rendre biocompatibles et de fabriquer des nanostructures en 2D par auto-assemblage pour la plasmonique.

### Sujet détaillé

Nos activités se concentrent sur la synthèse et l'auto-assemblage de nanoparticules d'or (Au-NPs) de haute qualité, avec des tailles et des formes variées, afin de disposer de matériaux appropriés pour la recherche dans les domaines de la plasmonique et du médical (thérapie/imagerie/diagnostic). Les propriétés de ces nanostructures sont étudiées en collaborant avec des experts afin de découvrir des propriétés inattendues (1-5).

Nous synthétisons des Au-NPs, non disponibles commercialement, tels que des cubes, triangles ou plaquettes de tailles et d'épaisseurs variables. L'excitation des plasmons déclenche une cascade de processus complexes qui amène ces NPs à se comporter comme des nanosources de lumière, de chaleur ou de porteurs chauds (électron/trou) selon leur morphologie, leur environnement proche et le mode d'irradiation (continu ou pulsé). Il a été montré récemment que ces Au-NPs, peuvent générer de l'oxygène singlet ( $^1O_2$ ) et des radicaux libres de l'eau (ROS) utiles pour la photothérapie du cancer (projet PLAN CANCER Heppros). Les points chauds (électromagnétiques) existants entre des AuNPs organisées en réseaux bidimensionnel (2D) sur un substrat, offrent des interstices de très petites tailles dont nous tirerons parti pour exalter l'interaction lumière-matière, générer de la chaleur (thermoplasmonique) ainsi que des transferts de charge (nanophotochimie) de façon très localisée.

Le stage se déroulera au LEDNA au CEA-Saclay (DRF-IRAMIS-NIMBE-LEDNA). Il consistera à développer un savoir-faire d'auto-assemblage en 2D de nanoparticules d'or à l'interface entre deux liquides. Dans un deuxième volet il s'agira de les enrober d'une couche de silice (cœur-coquille Au@SiO<sub>2</sub>) dans le but de les rendre biocompatibles et

---

notamment permettre leur incorporation dans des neurones (projet ANR Sinapse). Ce travail pourra être poursuivi en thèse.

- 1) A. Movsesyan, et al., J. Opt. Soc of America, 2019 , “Influence of the CTAB surfactant layer on optical properties of single metallic nanospheres”
- 2) C Molinaro et al. , Phys Chem Chem Phys, 2018, “From plasmon-induced luminescence enhancement in gold nanorods to plasmon-induced luminescence turn-off: a way to control reshaping”
- 3) S. Mitiche et al. , J. Phys. Chem. C, 2017, “Near-Field Localization of Single Au Cubes, a Predictive Group Theory Scheme.”
- 4) M. Pellarin et al. , ACS Nano, 2016, “Fano Transparency in Rounded Nanocube Dimers Induced by Gap Plasmon Coupling.”
- 5) C.Molinaro et al. , J. Phys. Chem. C, 2016, “Two-photon luminescence of single colloidal gold nanorods: revealing the origin of plasmon relaxation in small nanocrystals”

### **Mots clés**

Plasmonique, photochimie

### **Compétences**

Chimie colloïdale et chimie sol-gel. Microscopies électroniques MEB et TEM. Spectroscopie d'extinction.

### **Logiciels**

---

## **Functionalization and assembly of gold nanoparticles for plasmonics and nanomedicine.**

### **Summary**

We propose to functionalize gold nanoparticles making them biocompatible and to build 2D nanostructures by self-assembly for plasmonics.

### **Full description**

### **Keywords**

### **Skills**

### **Softwares**





## Bactéries magnétotactiques dans un micro-container

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LIONS](#)

**Candidature avant le** 30/04/2020

**Durée** 5 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [MALLOGGI Florent](#)

+33 1 69 08 63 28

[florent.malloggi@cea.fr](mailto:florent.malloggi@cea.fr)

### Résumé

Certains micro-organismes monocellulaires tels que les bactéries magnétotactiques synthétisent et organisent des structures nanocristallines. L'objectif du stage est de développer un système microfluidique permettant de capturer une seule bactérie afin de l'étudier.

### Sujet détaillé

#### Le contexte

Certains micro-organismes monocellulaires tels que les bactéries magnétotactiques synthétisent et organisent des structures nanocristallines, la chaîne du magnétosome, dans un environnement physiologique avec un degré de contrôle bien supérieur à celui obtenu par les chimistes dans des conditions difficiles (température / pression élevée et solvants organiques). Cette biominéralisation implique généralement le transport de quantités infimes de produits chimiques (femtogrammes) du pool de substances labiles, aux compartiments intracellulaires dans lesquels ils sont cristallisés et organisés.

La mise au point de méthodes d'encapsulation utilisant la microfluidique permet de piéger des cellules uniques et de surveiller de manière dynamique la quantité physiologiquement pertinente de produits chimiques (de l'ordre du femtogramme - fg) à des concentrations (micromolaire -  $\mu\text{M}$ ) dépassant de loin la limite de détection des techniques analytiques conventionnelles. De plus, des environnements de taille similaire à celle de la bactérie peuvent être produits, ce qui permet de modifier la morphologie de la cellule et son organisation intracellulaire. Ces processus peuvent être analysés à haut débit et dans des études parallélisées.

#### Mission

Le candidat retenu contribuera à la conception, la microfabrication et l'optimisation du microsystème, ainsi qu'aux campagnes de mesure et à l'analyse des données. En particulier, il aura à déterminer l'influence du milieu chimique et de l'environnement physique sur la nucléation et l'organisation des magnétosomes au niveau d'une cellule unique. Des techniques de microfluidique et de microscopie quantitative corrélative seront utilisées à cet effet. Un accent particulier est mis sur la recherche interdisciplinaire dans le cadre d'une collaboration étroite avec les scientifiques travaillant sur les aspects chimiques, biologiques et physiques de la biominéralisation et de la biomimétique des

---

assemblages magnétiques.

Le candidat travaillera dans l'équipe de recherche LIONS (CEA Saclay), en étroite collaboration avec les biologistes du BIAM (CEA Cadarache). Un séjour à Cadarache pour mieux connaître la culture cellulaire est possible.

#### Profil

Nous recherchons un étudiant ayant une formation en chimie, biophysique, biotechnologie ou physique.

Des compétences en microfluidique, en chimie analytique et en microscopie à fluorescence sont appréciées. Des compétences en programmation et en conception CAO sont un avantage.

Une bonne connaissance de l'anglais est requise, ainsi qu'une forte motivation personnelle et de la fiabilité.

#### **Mots clés**

#### **Compétences**

#### **Logiciels**

---

## Magnetotactic bacteria in a micro-container

### Summary

Some single cell micro-organisms such as magnetotactic bacteria synthesize and organize nanocrystalline structures. We aim to develop a microfluidic system that allows to capture a single bacteria in order to study it.

### Full description

#### Context

Some single cell micro-organisms such as magnetotactic bacteria synthesize and organize nanocrystalline structures, the magnetosome chain, in physiological environment with a degree of control far superior to that obtained by chemists using harsh conditions (high temperature/pressure and organic solvents). This so-called biomineralization typically involves transport of minute amounts of chemicals (femtograms) from the labile pool to intracellular compartments in which they are crystallized and organized.

The development of encapsulation methods using microfluidics allows single cell trapping and dynamic monitoring of physiologically relevant amount of chemicals (fg) to be contained at concentrations ( $\mu\text{M}$ ) typically far exceeding the detection limit of conventional analytical techniques. In addition, environments with a similar size to that of the bacteria can be produced such that the morphology of the cell and its intracellular organization can be altered. Such processes can be analyzed with high throughput and in parallelized studies.

#### Mission

The successful candidate will contribute to the design, the microfabrication, and the optimization of the microsystem, to the measurement campaigns and to the data analysis. Especially he/she will determine the influence of the chemical and the physical environment on the nucleation and organization of the magnetosomes at the single cell level. Microfluidics and correlative quantitative microscopy techniques will be used to this effect. A special emphasis is laid on interdisciplinary research so that close collaboration with scientists working on chemical, biological and physical aspects of biomineralization and biomimetics of magnetic assemblies will be expected.

The candidate will work at LIONS (CEA Saclay) but he/she will be in close collaboration with the biologists from the BIAM (CEA Cadarache). A stay in Cadarache to learn about cell culture is possible.

#### Profile

We are seeking a student with a background in chemistry, biophysics, biotechnology, or physics.

Skills in microfluidics, analytical chemistry, and fluorescence microscopy are appreciated. Programming skills and CAD design would be a plus.

Good knowledge in English, reliability and self-motivation are required.

### Keywords

Microfluidics, Single cell trapping, Biology

### Skills

Photolithography, Soft-lithography, microfluidics, cells culture, optical microscopy (epifluorescence and confocal)

### Softwares



## Synthèse et caractérisation de nanoparticules de carbure de molybdène

**Spécialité** CHIMIE

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LEDNA](#)

**Candidature avant le** 07/05/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [HERLIN Nathalie](#)

+33 1 69 08 36 84

[nathalie.herlin@cea.fr](mailto:nathalie.herlin@cea.fr)

### Résumé

Le sujet de thèse porte sur la synthèse par pyrolyse laser de nanocomposites fonctionnels de type carbure d'éléments de transition qui présentent un intérêt croissant en catalyse hétérogène. Le stage consistera à synthétiser ces nanomatériaux par pyrolyse laser sur le site du CEA-Saclay, et à caractériser leurs propriétés structurales et microstructurales à ISCR (Rennes).

### Sujet détaillé

**Objectifs :** Le sujet de thèse porte sur la synthèse par pyrolyse laser de nanocomposites fonctionnels de type carbure et nitrure d'éléments de transition. Ces nanomatériaux présentent un intérêt croissant en catalyse hétérogène. Le stage, à caractère fondamental, consistera à synthétiser ces nanomatériaux par pyrolyse laser sur le site du CEA-Saclay, et à caractériser leurs propriétés structurales et microstructurales à ISCR. Le stagiaire sera donc amené à effectuer un ou des séjours de plusieurs semaines à Saclay.

**Déroulement des travaux.** Concernant la synthèse des nanocomposites, la méthode envisagée est la pyrolyse Laser, cette méthode originale repose sur l'interaction en un précurseur gazeux ou liquide et un laser CO<sub>2</sub> de puissance. Elle permet d'obtenir des particules variées dans une gamme de taille ajustable de 20 à 80 nm avec des taux de production de la dizaine de g/heure pour le TiO<sub>2</sub> par exemple. Dans le cadre du stage, les précurseurs employés seront des précurseurs commerciaux. Ces précurseurs seront dispersés dans un liquide pour être injectés dans le faisceau laser afin d'obtenir des céramiques carbure ou nitrure. Les produits obtenus seront caractérisés par observation HRTEM, MEB, EDX, DRX et ATG. Le potentiel de ses matériaux en catalyse et électrocatalyse sera également testé.

Ce projet en collaboration entre plusieurs laboratoires pourrait en fonction des résultats constituer la première étape d'une collaboration de plus longue durée et se poursuivre dans le cadre d'une thèse (financement non acquis à ce jour).

### Mots clés

---

## **Compétences**

Pyrolyse laser, microscopies, DRX, ATG

## **Logiciels**

---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**



## Etude et intégration de nanocomposites TiO<sub>2</sub>/graphène au sein de dispositifs photovoltaïques pérovskites

**Spécialité** Chimie-physique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [NIMBE/LEDNA](#)

**Candidature avant le** 07/05/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [HERLIN Nathalie](#)  
+33 1 69 08 36 84  
[nathalie.herlin@cea.fr](mailto:nathalie.herlin@cea.fr)

### Résumé

Le stage expérimental proposé vise à étudier de façon systématique l'influence du graphène (nature et concentration) sur les propriétés physiques de composites TiO<sub>2</sub>/graphène et sur le comportement des dispositifs photovoltaïques pérovskites les intégrant.

### Sujet détaillé

L'avènement des cellules solaires à base de pérovskites halogénées a permis la démonstration très rapide de composants efficaces présentant des rendements de conversion de puissance de plus de 25% en 2019. Alors que de multiples verrous restent encore à lever pour leur commercialisation, une stratégie récente pour l'amélioration de leurs performances et de leur durée de vie consiste à incorporer des nanostructures carbonées aux propriétés électroniques et optiques très intéressantes, telles que des nanotubes de carbone (NTC) ou du graphène, au sein des couches constituant la cellule (électrode, couches de transport de charges, couches actives). Dans ce contexte, l'institut de Recherche XLIM (CNRS UMR 7252) de Limoges et le Laboratoire des Edifices Nanométriques du CEA de Saclay collaborent depuis plusieurs années dans le domaine du photovoltaïque de 3<sup>ème</sup> génération, et ont notamment démontré récemment la possibilité de produire en une seule étape des composites TiO<sub>2</sub>/graphène efficaces comme couches d'extraction de charges au sein de cellules solaires pérovskites [1].

Dans ce contexte, le stage expérimental proposé vise à étudier de façon plus systématique l'influence du graphène (nature et concentration) sur les propriétés physiques des composites et sur le comportement des dispositifs photovoltaïques finaux les intégrant. En particulier, le(la) candidat(e) sélectionné(e) exploitera plusieurs techniques de caractérisations disponibles au laboratoire (spectroscopies optiques, caractérisations morphologiques, mesures électriques, etc) pour préciser les propriétés des matériaux disponibles, puis les intégrera au sein des composants qu'il(elle) réalisera au sein de la plateforme technologique PLATINOM du laboratoire XLIM. Finalement, des mesures optoélectroniques variées (performances sous simulateur solaire, rendement quantique externe, mesures de photo-tensions/photo-courants résolus en temps, etc) permettront d'identifier les paramètres clés permettant d'améliorer l'extraction des charges au sein des dispositifs.

---

Le stage d'une durée de 6 mois sera localisé à Limoges, au sein de l'équipe ELITE (Electronique Imprimée pour les Télécom et l'Energie) du laboratoire XLIM, spécialiste de la fabrication de composants optoélectroniques organiques et hybrides pour la conversion photovoltaïque de l'énergie. Un co-encadrement sera réalisé par le CEA de Saclay, avec qui des échanges réguliers seront menés (réunions téléphoniques ou sur site).

Le stage pourrait être poursuivi par une thèse sur la même thématique, dans le cadre de financements encore à définir.

contacts : johann.boucle@unilim.fr et nathalie.herlin@cea.fr

### **Mots clés**

### **Compétences**

mesure de performances photovoltaïques

### **Logiciels**



---

**Summary**

**Full description**

**Keywords**

**Skills**

**Softwares**