



IRAMIS : Institut Rayonnement Matière de Saclay

Saclay

[NIMBE/LIONS](#)

Étude expérimentale de l'effet du flux hydrodynamique sur la conformation de protéines adsorbées sur des nanoparticules.

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 28/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GOBEAUX Frederic](#)
+33 1 69 08 55 21
frederic.gobeaux@cea.fr

Résumé

Lors de l'introduction de nanoparticules dans un milieu biologique, il se forme une couche de protéines adsorbées à leur surface, ce qui a pour effet de leur donner une nouvelle identité biologique qui définira leur bioactivité. L'objectif de ce projet est d'étudier l'effet du flux hydrodynamique sur cette couche de protéines et la stabilité des nanoparticules.

Sujet détaillé

La compréhension du devenir des nanoparticules dans les milieux biologiques est cruciale pour leur utilisation dans le cadre d'applications biomédicales. Nous savons qu'après l'injection de nanoparticules in vivo, les protéines en circulation s'adsorbent à leur surface et créent une couche appelée « couronne de protéines » qui confère aux nanoparticules une nouvelle identité. Cette couronne va donc dicter la biodistribution, la pharmacocinétique, l'efficacité thérapeutique et la potentielle toxicité des nanoparticules. Tandis que l'étude de la structure, de la composition et de la dynamique de formation de cette couronne de protéines a déjà motivé de nombreuses recherches, nous en savons encore peu sur les effets du flux hydrodynamique alors qu'il s'agit d'une caractéristique cruciale du milieu sanguin par exemple.

Nous proposons donc de développer une méthodologie pour apprécier le rôle du flux et du cisaillement sur le couple nanoparticules/protéines en combinant différentes techniques analytiques. En effet, nous nous intéresserons aussi bien à la stabilité et à l'intégrité des nanoparticules (à l'aide de méthodes de diffusion, de la microscopie électronique) qu'aux changements de conformations subis par les protéines (à l'aide de méthodes spectroscopiques). Quand cela sera possible, les caractérisations auront lieu in situ.

Ce projet sera mené en collaboration avec Simona Mura (Institut Galien, Faculté de Pharmacie de Chatenay Malabry) and Frank Wien (Synchrotron Soleil). Il est financé par le LabEx NanoSaclay.

Mots clés

physico-chimie, biophysique, nanoscience

Compétences

Dichroïsme circulaire, fluorescence, diffusion des rayons X/neutrons aux petits angles

Logiciels

Experimental study of the effect of the hydrodynamic flux on the adsorption of proteins at the surface of nanoparticles

Summary

Upon introduction of nanoparticles in a biological medium, proteins adsorb on their surface, giving them a new biological identity that will define their bioactivity. The aim of this project is to study the effect of the hydrodynamic flow on this protein layer and on the nanoparticle stability.

Full description

Understanding the future of nanoparticles in biological media is of utmost importance for their potential use in biomedical applications. It is known that after in vivo administration of nanoparticles, their surface is rapidly covered by adsorbed proteins forming a so-called "corona" that strongly affects their biodistribution, pharmacokinetic, therapeutic efficacy and potential toxicity.¹ While the structure and composition of this "protein corona" has already prompted a lot of research, the role of the hydrodynamic flow on the nanoparticle evolution in the presence of proteins (protein adsorption, nanoparticle aggregation or dissolution etc...) has so far received little attention although it is a key feature of blood medium.²

By combining different analytical techniques, we thus propose to develop a methodology to appreciate the effect of flow and shearing on the nanoparticles/proteins pair. Indeed, we will investigate the stability and integrity of the nanoparticles (scattering methods, cryo-TEM) as well as the conformational changes of the proteins (spectroscopic methods). When possible, these analyses will be performed in situ.

This project is carried out in collaboration with Simona Mura (Institut Galien, Faculté de Pharmacie de Chatenay Malabry) and Frank Wien (Synchrotron Soleil). It is supported by the LabEx NanoSaclay.

Keywords

physical-chemistry, biophysics, nanoscience

Skills

Circular dichroism, fluorescence spectroscopy, small angle x-ray/neutron scattering

Softwares



Nanogouttes minérales: étude d'impact pour la séparation de terres rares

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 30/09/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CARRIERE David](#)

+33 1 69 08 54 89

david.carriere@cea.fr

Autre lien <http://iramis.cea.fr/Pisp/fabienne.testard>

Résumé

Nous avons découvert un mécanisme de précipitation exotique intervenant dans certains procédés de recyclage de terres rares. L'objectif de ce stage est d'en évaluer l'impact sur les procédés existants, et son intérêt pour de nouvelles approches.

Sujet détaillé

Notre «économie verte» (photovoltaïque, batteries au lithium) repose en grande partie sur les terres rares (TR); mais leur extraction soulève de lourdes préoccupations écologiques et leur recyclage reste rare. Tout progrès dans les processus de séparation et de précipitation profitera à l'équilibre environnemental mondial.

Dans ce contexte, nous avons mis en évidence la formation spontanée de «nanogouttelettes minérales» lors de la coprécipitation d'ions cérium par l'acide oxalique dans l'eau, étape clé dans certains processus de récupération des TR. Les nanogouttelettes minérales sont constituées d'un liquide riche en réactif qui se transforme en cristaux d'oxalate de cérium après plusieurs dizaines de secondes. Cette nanophase récemment découverte au laboratoire reste ignorée dans les processus actuels de séparation et de récupération.

L'objectif de ce stage est d'évaluer l'impact des nanogouttelettes minérales sur les processus existants, et d'explorer son potentiel pour des voies alternatives: i) évaluer leur sensibilité aux paramètres physico-chimiques pertinents pour les applications, ii) confirmer / infirmer leur existence dans un contexte plus large une variété de terres rares, et iii) évaluer leur mouillage avec des surfaces d'hydrophobicité et de tailles de pores variables (nm- μ m).

Mots clés

Séparation des terres rares, co-précipitation, nucléation non-classique, diffusion des rayons X, cro-microscopie, luminescence

Compétences

Chimie des solutions, cryo-microscopie en transmission, spectroscopie de luminescence, diffusion des rayons X en laboratoire et synchrotron

Logiciels

Python

Mineral nanodroplets: impact study for rare-earth separation

Summary

We have unveiled an exotic precipitation mechanism involved in some recycling processes of rare-earth elements. The goal of the internship is to evaluate its impact on existing processes, and its potential for new approaches.

Full description

Our “green economy” (photovoltaics, lithium batteries) largely relies on the rare-earth (RE) elements; but their extraction raises heavy ecological concerns, and their recycling is scarce. Any progress in the separation and precipitation processes will benefit the global environmental balance.

In this context, we evidenced the spontaneous formation of “mineral nanodroplets” during the co-precipitation of cerium ions by oxalic acid in water, a key step in some recovery process of RE. The mineral nanodroplets consist in a reactant-rich liquid that convert into the cerium oxalate crystals after several tens of seconds. This newly reported nanophase is ignored in the current separation and recovery processes.

The aim of this internship is to evaluate the impact of the mineral nanodroplets on existing processes, and explore its potential for alternative routes: i) assess their sensitivity towards physico-chemical parameters relevant to applications, ii) prove / disprove their existence in a broader variety of rare-earths, and iii) assess their wetting with surfaces of varying hydrophobicity and pore sizes (nm- μ m).

Keywords

Rare-earth separation, co-precipitation, non-classical nucleation, X-ray scattering, cryo-microscopy, luminescence

Skills

Solution chemistry, cryo-electron transmission microscopy, luminescence spectroscopy, small-angle X-ray scattering in lab and synchrotron

Softwares

Python



Lutte contre le réchauffement climatique: capture du CO2 atmosphérique avec des nanofluides

Spécialité Physique des liquides

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 28/05/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CARRIERE David](#)

+33 1 69 08 54 89

david.carriere@cea.fr

Résumé

L'une des voies que le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat encourage fortement pour capturer le CO2 atmosphérique est l'utilisation d'amines liquides, suivie de la récupération et du stockage souterrain profond. Mais l'étape de récupération du CO2 est actuellement trop énergivore. Nous visons à comprendre comment l'ajout de nanoparticules peut mener à une récupération efficace en termes d'émission nettes de carbone.

Sujet détaillé

Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC) souligne que pour atténuer le changement climatique, nous devons capturer c.a. 100 à 1000 GtCO2 dans le siècle à venir, et atteindre la neutralité carbone en 2050. L'une des voies fortement encouragées par le GIEC est le captage du CO2 par des amines liquides, suivi de sa récupération et son stockage souterrain profond. Mais un problème essentiel rend le procédé actuellement inefficace: la récupération du CO2 est réalisée par chauffage, et est trop énergivore.

Dans ce contexte, nous étudions comment l'ajout de nanoparticules améliore la récupération du CO2 des amines liquides. Ces «nanofluides» ont une efficacité reconnue, mais il y a peu d'indications sur la façon d'atteindre une composition appropriée, et aucun consensus sur le mécanisme d'amélioration. Notre objectif est de remplacer les approches actuelles d'essai-erreur par des lignes directrices rationnelles qui mèneront à la meilleure combinaison nanoparticule + amine liquide.

Le but de ce stage est de prouver / réfuter que la récupération du CO2 est bien décrite par des modèles de nucléation hétérogène de bulles. Ceci nécessitera de : i) réaliser les dispersions de nanoparticules dans les amines liquides, et d'évaluer in situ leur(s) taille(s), leur état de dispersion et leur surface active par diffusion des rayons X ii) mesurer le taux de nucléation des bulles avec un montage de laboratoire dédié iii) confronter les résultats expérimentaux aux modèles de nucléation.

Mots clés

Nanoparticules, chimie des solutions

Compétences

Diffusion des rayons X, microscopie optique, théories de la germination

Logiciels

Python

Fight against climate change: atmospheric CO₂ capture with nanofluids

Summary

One of the route the Intergovernmental Panel on Climate Change strongly encourages to capture atmospheric CO₂ is the use of liquid amines, followed by recovery and deep underground storage. But the CO₂ recovery step is currently too energy consuming. We aim at understanding how the addition of nanoparticles can meet a carbon-efficient recovery.

Full description

The Intergovernmental Panel on Climate Change¹ (IPCC) has reported that in order to mitigate climate change, we must capture c.a. 100 to 1000 GtCO₂ in the coming century and reach carbon neutrality in 2050. One of the route IPCC strongly encourages is the capture of CO₂ by liquid amines, followed by recovery and deep underground storage. But a single bottleneck currently makes the net CO₂ capture ineffective: the CO₂ recovery is carried out by heating and is too energy consuming.

In this context, we study how the addition of nanoparticles improves the CO₂ recovery from liquid amines. These “nanofluids” have an acknowledged improved efficiency, but there is little indication on how to reach a suitable composition, and no consensus on the mechanism. Our goal is to replace the current trial-and-error approaches with rational guidelines to find the best nanoparticle + liquid amine combination.

The aim of this internship is to prove / disprove that CO₂ recovery is well-described by models of bubble heterogeneous nucleation. It requires: i) making the dispersions of nanoparticles in the liquid amines, and assessing in situ their size(s), dispersion state and active surface area by X-ray scattering ii) measuring the bubble nucleation rate with a custom-made setup iii) confront the experimental results to nucleation models.

Keywords

Nanoparticles, chimie des solutions

Skills

X-ray scattering, optical microscopy, nucleation theories

Softwares

Python



Développement d'un système microfluidique pour l'analyse de cellules marquées au tritium

Spécialité Biophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 01/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [MALLOGGI Florent](#)

+33 1 69 08 63 28

florent.malloggi@cea.fr

Résumé

Développement d'un système microfluidique permettant de déposer des cellules marquées au tritium afin d'en lire l'activité par imagerie beta.

Sujet détaillé

Contexte :

Notre compréhension du mode d'action des médicaments implique une meilleure résolution au niveau des tissus ciblés par un médicament. En effet, une évaluation précise de l'indice thérapeutique d'un médicament nécessite de déterminer sa quantité non seulement dans chaque cellule cancéreuse, mais aussi dans tous les types de cellules qui composent la tumeur : macrophages, fibroblastes, lymphocytes. En fait, il s'agit de quantifier un médicament au niveau d'une seule cellule.

Aujourd'hui, ce problème est soit abordé par le marquage des médicaments avec un groupe fluorescent, permettant de bénéficier de toutes les avancées liées à l'utilisation de la fluorescence, de la cellule unique à l'animal entier. Pour des raisons de quantification stricte, que la fluorescence ne permet pas, mais aussi en raison de l'altération très importante que le marquage fluorescent implique sur toutes les propriétés pharmacologiques d'un médicament, le marquage radioactif des médicaments (^3H , ^{14}C) est une stratégie plus appropriée. Néanmoins, pour réaliser l'avantage unique offert par le marquage radioactif, de nouvelles solutions doivent être mises en œuvre pour répondre aux contraintes de l'utilisation de ces isotopes, notamment pour le tritium. Pouvoir détecter et quantifier un médicament marqué au tritium au niveau d'une cellule représenterait une avancée majeure dans ce domaine.

Le projet MEDICA+ est une collaboration du CEA composée de biologistes et de physiciens pour travailler sur le développement d'un nouvel analyseur numérique d'autoradiographie. L'objectif final du projet est de construire une plate-forme microfluidique couplée à un prototype de détecteur capable de quantifier la dose exacte des médicaments marqués au tritium après administration in vivo à la population cellulaire.

Mission :

L'objectif de ce stage est consacré à la plate-forme microfluidique. Nous avons proposé une approche basée sur un piégeage par sédimentation pour immobiliser les cellules. Le candidat devra optimiser le dispositif existant

(paramètres de réglage, nouveau design si nécessaire) et effectuer les premiers tests avec des cellules marquées au tritium. Pour ce faire, il sera en étroite collaboration avec des physiciens pour la partie microfabrication/microfluidique et avec des biologistes pour les cultures de cellules et l'imagerie bêta. Les cellules immobilisées seront d'abord imagées sur un imageur bêta commercial disponible auprès de l'un de nos partenaires et comparées au prototype de l'imageur bêta.

Profil :

Nous recherchons des candidats ayant une formation en ingénierie/biologie/physique, des compétences en microfluidique seront un atout mais ce n'est pas obligatoire. Le candidat sera motivé par les défis à relever au sein d'une équipe pluridisciplinaire.

Les candidats auront un profil d'expérimentateur.

Les candidats doivent parler anglais ou français et avoir de bonnes capacités de communication.

Mots clés

Microfluidique, analyse de cellule unique

Compétences

Microfabrication par photolithographie Microfluidique Microscopie optique (lumière blanche, épifluorescence).
Imagerie beta

Logiciels

Development of a microfluidic system for cell analysis of their content in tritium-labeled drugs

Summary

Development of a microfluidic system to deposit tritium-labeled cells in order to read their activity by beta imaging.

Full description

Context:

Our understanding of the mode of action of drugs involves a better resolution at the level of tissues targeted by a drug. In fact, an accurate assessment of the therapeutic index of a drug requires determining its quantity not only in each cancer cell, but also in all the cell types that make up the tumor: macrophages, fibroblasts, lymphocytes. In fact, it is a matter of quantifying a drug at the single cell level.

Today, this problem is either addressed by labelling drugs with a fluorescent group, allowing to benefit from all the advances related to the use of fluorescence, from the single cell to the whole animal. For reasons of strict quantification, which fluorescence does not allow, but also because of the very important alteration that fluorescent labelling implies on all pharmacological properties of a drug, radioactive drug labelling (^3H , ^{14}C) is a more appropriate strategy. Nevertheless, to realize the unique benefit offered by radioactive labeling, new solutions must be implemented to meet the constraints of the use of these isotopes, particularly for tritium. Being able to detect and quantify a tritium-labeled drug at the level of a cell would represent a major advance in the field.

The project MEDICA+ is a CEA collaboration composed of biologists and physicists to work on the development of a novel digital autoradiography analyzer. The final aim of the project is to build a microfluidic platform coupled to a detector prototype able to quantify the exact dose of the tritium-labeled drugs after in vivo administration to cell population.

Mission:

The aim of this internship is dedicated to the microfluidic platform. We proposed an approach based on sedimentation trapping to immobilize the cells. The candidate will have to optimize the existing device (tuning parameters, new design if necessary) and make the first tests with tritium-labeled cells. To do so he/she will be in close collaboration with physicists for the microfabrication/microfluidics part and with biologists for cell cultures and beta-imaging. Immobilized cells will be imaged first on a commercial beta-imager available from one of our partners and compared to the beta-imager prototype.

Profile:

We are looking for applicants having a background such as Engineering/Biology/Physics, skills in microfluidics will be an asset but it is not mandatory. The applicant will be motivated by challenges in a multidisciplinary team.

Applicants will have an experimentalist profile.

Applicants shall speak English or French, and have good communication skills.

Keywords

Microfluidics, single cell analysis

Skills

Microfabrication by photolithography Microfluidics Optical microscopy (white light, epifluorescence) Beta imaging

Softwares



Miniaturisation d'un test de diagnostic précoce à base de capteurs GMR

Spécialité Électronique embarquée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingénieur

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 12 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [JASMIN-LEBRAS Guenaelle](#)
+33 1 69 08 65 35
guenaelle.jasmin-lebras@cea.fr

Résumé

Stage ingénieur dans le cadre d'un projet dont le but est de miniaturiser la partie acquisition et traitement du signal d'une biopuce à base de capteurs GMR, afin qu'elle puisse être développée en tant que test de diagnostic terrain, transportable au chevet du patient.

Sujet détaillé

Le développement de techniques de diagnostic précoce, à la fois rapide, sensible, transportable au chevet du patient et peu coûteux est un vrai défi dans le domaine de la santé mais également dans celui de la défense ou de l'environnement. L'Organisation Mondiale de la Santé a d'ailleurs défini des critères (ASSURED) auxquels doivent répondre les tests de diagnostic terrain ce qui prouve le réel besoin en terme de santé publique. La pandémie mondiale depuis un an a également montré la nécessité d'avoir de tels tests. Dans ce contexte, nous proposons une biopuce brevetée, à base de capteurs GMR (Giant MagnetoResistance) disposés face à face de part et d'autre du canal, pour détecter des objets biologiques (bactéries, cellules) en très faible quantité, dans des matrices complexes sans étape de lavage préalable. L'approche proposée est très innovante. Elle est basée sur l'utilisation de nanoparticules magnétiques fonctionnalisées par des anticorps monoclonaux produits au LERI (Laboratoire d'Etudes et Recherches en Immunoanalyse), dirigés contre les objets biologiques cibles. La détection dynamique de ces derniers, après interaction avec les nanoparticules magnétiques, est réalisée grâce à des capteurs à magnétorésistance géante (capteurs GMR) développés au LNO (Laboratoire Nanomagnétisme et Oxydes) qui permettent de compter un à un les objets biologiques magnétiquement marqués. Les résultats sont très prometteurs puisque nous atteignons des sensibilités équivalentes à celles obtenues sur le même modèle biologique avec un test ELISA ou par cytométrie en flux. Il est nécessaire de rendre ce test de diagnostic transportable, dans un premier temps dans les bâtiments à haut risque biologique mais également vers des laboratoires, ou plus tard au chevet du patient et sur le terrain.

Au cours de ce stage, avec nos collègues du LETS (CEA/SPEC), l'étudiant miniaturisera la partie acquisition et traitement du signal. L'ensemble prévu comprendra un processeur embarqué ARM STM32, la numérisation des signaux utilisera des convertisseurs analogiques numériques 16 bits. Le traitement du signal sera développé sur

microcontrôleur ou DSP voire FPGA. Le programme d'analyse des coïncidences (signaux obtenus simultanément par les capteurs disposés face à face de part et d'autre du canal) sera exécuté en temps réel en mode flux sur les signaux. Il sera testé à partir des fichiers de données obtenus lors des expériences réalisées avec la biopuces GMR sur les bactéries. Le système devra être développé pour fonctionner en étant connecté à un PC par un port USB, ou en mode autonome avec un écran permettant d'afficher les résultats. L'étudiant devra également réfléchir à la conception d'un nouvel aimant permanent homogène compact pour rendre la biopuce facilement transportable.

Mots clés

Traitement du signal et traitement des données, magnétisme, technosanté.

Compétences

Électronique, traitement du signal, programmation.

Logiciels

Python, C.

Miniaturisation of an early diagnostic test based on GMR sensors

Summary

The aim of this project is to miniaturise the acquisition and signal processing part of a GMR sensor-based biochip so that it can be developed as a Point of Care diagnostic test.

Full description

The development of early diagnosis techniques that are fast, sensitive, transportable to the patient's bedside and inexpensive is a challenge in the field of health, but also in the field of defense or the environment. The World Health Organisation has defined criteria (ASSURED) that field diagnostic tests must meet, which proves the real need in terms of public health. The global pandemic of the last year has also shown the need for such tests. In this context, we propose a patented biochip, based on GMR (Giant MagnetoResistance) sensors arranged face to face on either side of the channel, to detect biological objects (bacteria, cells) in very small quantities, in complex matrices without a prior washing step. The proposed approach is very innovative. It is based on the use of magnetic nanoparticles functionalized by monoclonal antibodies produced at the LERI (Laboratoire d'Etudes et Recherches en Immunoanalyse), directed against the target biological objects. The dynamic detection of the latter, after interaction with the magnetic nanoparticles, is carried out using giant magnetoresistance sensors (GMR sensors) developed at the LNO (Nanomagnetism and Oxides Laboratory), which make it possible to count the magnetically marked biological objects one by one. The results are very promising since we are reaching sensitivities equivalent to those obtained on the same biological model with an ELISA test or by flow cytometry. There is a need to make this diagnostic test transportable, initially in high biohazard buildings but also to laboratories, or later at the bedside and in the field.

During this internship, with our colleagues from LETS (CEA/SPEC), the student will miniaturize the acquisition and signal processing part. The planned assembly will include an ARM STM32 embedded processor, the digitization of the signals will use 16-bit analogue to digital converters. The signal processing will be developed on a microcontroller or DSP or even FPGA.

The coincidence analysis program (signals obtained simultaneously by the sensors arranged face to face on either side of the channel) will be executed in real time in flow mode on the signals. It will be tested using the data files obtained from the GMR microarray experiments on bacteria. The system should be developed to run connected to a PC via a USB port, or in stand-alone mode with a screen to display the results.

The student will also have to consider the design of a new compact homogeneous permanent magnet to make the biochip easily transportable.

Keywords

Skills

Softwares

Python, C.



Mesure et réduction des champs de fuite de capteurs magnétiques magnétorésistifs

Spécialité PHYSIQUE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SOLIGNAC Aurelie](#)

+33 1 69 08 95 40

aurelie.solignac@cea.fr

Résumé

Le but du stage est d'étudier les champs de fuite émis par des capteurs à magnétorésistance géante (GMR) en combinant des mesures de magnétométrie, de magnéto-transport et de cartographie magnétique, et d'optimiser la structure des capteurs afin de les implémenter dans des microscopes magnétiques haute sensibilité.

Sujet détaillé

Un capteur à magnétorésistance géante est composé schématiquement de deux couches magnétiques séparées par un espaceur (M1/E/M2). L'une des couches (M1) est libre de suivre le champ magnétique à détecter pendant que l'aimantation de l'autre couche (M2) est fixe. L'effet de magnétorésistance géante ou tunnel induit une variation de la résistance en fonction de l'angle entre les aimantations des 2 couches permettant ainsi une détection du champ par la variation de résistance.

Le but du stage est d'étudier et de réduire les champs de fuite émis par les aimantations des deux couches magnétiques. En effet ces champs de fuite peuvent créer des perturbations sur le système à étudier, dans le cas de cartographie magnétique par exemple, et rendre les performances des GMR fortement dépendantes de leur taille.

Durant le stage plusieurs techniques seront utilisées afin de mesurer les champs de fuite des capteurs : mesures de magnétométrie, de magnéto-transport et de cartographie magnétique. Les champs de fuite des capteurs pourront être réduits en travaillant sur la structure et l'empilement des couches magnétiques qui est dans la pratique plus complexe que celui présenté schématiquement (M1/E/M2). Les dépôts seront réalisés par pulvérisation cathodique, puis les structures seront fabriquées par lithographie UV afin de pouvoir les caractériser.

Mots clés

Compétences

Pulvérisation cathodique, magnéto-transport, magnétométrie VSM, cartographie magnétique (MFM)

Logiciels

Measurement and reduction of stray fields emitted by magnetoresistive magnetic sensors

Summary

The aim of the internship is to study the stray fields emitted by giant magnetoresistance (GMR) sensors by combining magnetometry, magnetotransport and magnetic mapping measurements, and to optimize the structure of the sensors in order to implement them in high-sensitivity magnetic microscopes.

Full description

A giant magnetoresistance sensor is schematically composed of two magnetic layers separated by a spacer (M1/E/M2). One of the layers (M1) is free to follow the magnetic field to be detected while the magnetization of the other layer (M2) is fixed. The effect of giant magnetoresistance or tunneling induces a variation of the resistance according to the angle between the magnetizations of the 2 layers allowing a detection of the field by the variation of resistance.

The aim of the internship is to study and reduce the stray fields emitted by the magnetizations of the two magnetic layers. Indeed, these stray fields can create disturbances on the system to be studied, in the case of magnetic mapping for example, and make the performance of GMRs strongly dependent on their size.

During the internship, several techniques will be used to measure the stray fields of the sensors: magnetometry, magnetotransport and magnetic mapping measurements. Sensor stray fields can be reduced by working on the structure and stacking of the magnetic layers, which is in practice more complex than the one presented schematically (M1/E/M2). The depositions will be made by sputtering, then the structures will be fabricated by UV lithography in order to be able to characterize them.

Keywords

Skills

Sputtering, magnetotransport, VSM magnetometry, magnetic mapping (MFM).

Softwares



Surfaces polymères bactériostatiques

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingénieur/Master

Unité d'accueil [NIMBE/LICSEN](#)

Candidature avant le 01/10/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CARROT Géraldine](#)
+33 1 69 08 41 47
geraldine.carrot@cea.fr

Autre lien
https://iramis.cea.fr/nimbe/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=3281

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. La stratégie choisie est basée sur l'utilisation de polymères bactériostatiques que nous cherchons à incorporer dans des matériaux soit via le greffage chimique, les dépôts (impression) ou le mélange par extrusion. L'objectif de ce stage est donc de former des polymères ou des copolymères afin de faciliter cette incorporation. Les composés seront destinés ensuite à être mélangés avec la matrice polymère afin de former des films composites (extrusion). 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 mise en œuvre des plastiques et/ou en sciences des surfaces (caractérisation)

Mots clés

Chimie des polymères, fonctionnalisation de surface, chimie analytique, plasturgie

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. The strategy we have chosen is based on the use of bacteriostatic polymers that we seek to incorporate into materials either via chemical grafting, deposits (printing) or mixing by extrusion. The objective of this course is therefore to form polymers or block copolymers in order to facilitate this incorporation. The compounds will then be intended to be mixed with the polymer matrix in order to form composite films (extrusion). 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, analytical chemistry, plastics

Skills

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

Softwares



Nano-objets hybrides pour la radiothérapie

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingénieur/Master

Unité d'accueil [NIMBE/LICSEN](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

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

Résumé

Stage M1 ou M2 :

Le projet consiste à synthétiser et à caractériser des nanoparticules métalliques (effet radiosensibilisant) avec une couronne polymère. La nature de la couronne sera modifiée de manière à optimiser l'internalisation des nano-objets et/ou de pouvoir y greffer des molécules d'intérêt.

Sujet détaillé

Dans le domaine du traitement du cancer par radiothérapie, l'effet des nanoparticules (NPs) métalliques est étudié pour leur effet radio-amplificateur (qui permet d'augmenter localement l'effet du rayonnement). On peut ainsi envisager d'éradiquer des tumeurs résistantes à la radiothérapie, tout en épargnant les tissus sains.

Le projet de stage consiste à synthétiser et à caractériser des nanoparticules inorganiques greffées d'une couronne de polymères. Cette couronne confère une meilleure stabilité aux nano-objets dans les milieux biologiques mais aussi, selon le type de polymère greffé, une internalisation plus ou moins rapide et efficace dans les cellules, tout en conservant les propriétés radioamplificatrices des cœurs inorganiques. Enfin, la présence de cette couronne polymère permet également d'envisager des greffages d'agents de contraste pour l'imagerie médicale et également de protéines, de principes actifs, ou de marqueurs fluorescents.

Nous chercherons donc à synthétiser toute une librairie de nano-objets avec des couronnes polymères leur conférant diverses propriétés de surface et/ou biologiques. Ce projet inclue également une part importante de caractérisations physico-chimiques et de tests biologiques en présence ou non d'irradiations. Ce travail se fera en étroite collaboration avec un autre Laboratoire de l'Université Paris Saclay, spécialisé dans l'étude des propriétés radiosensibilisantes des nano-objets.

Nous recherchons pour ce stage, un étudiant ingénieur motivé qui possède une solide formation en chimie des polymères et dans les techniques de caractérisation associées (RMN, SEC, etc...) Un intérêt fort pour la biologie (culture cellulaire) et/ou pour les techniques plus poussées telles que microscopie (TEM) ou diffusion (lumière, neutrons...) sera également apprécié. Une poursuite en thèse est possible.

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

Nano-objets hybrides pour la radiothérapie

Summary

M1 or M2 level internship:

The project consists in the synthesis and the characterization of metallic nanoparticles (radiosensitizing effect) with a polymer corona. The nature of the corona will be modified in order to optimize the internalization of the nano-objects and/or to be able to graft molecules of interest thereon.

Full description

The internship project consists of the synthesis and the characterization of inorganic nanoparticles grafted with a polymer corona. This corona confers better stability to the nano-objects in biological media but also, depending on the type of grafted polymer, more or less efficient internalization in cells, while maintaining the radioamplifying properties of inorganic cores. Finally, the presence of this polymer corona also makes it possible to envisage grafting of contrast agents for medical imaging and also of proteins, active drugs, or fluorescent markers.

Our objective will be therefore to synthesize a whole library of nano-objects with different polymer corona giving them various surface and/or biological properties. This project also includes an important part of physicochemical characterizations and biological tests in the presence or not of irradiation. This work will be done in close collaboration with another Laboratory of the University of Paris Saclay, specialized in the study of the radiosensitizing properties of nano-objects.

For this internship, we are looking for a motivated engineering student who has a solid background in polymer chemistry and associated characterization techniques (NMR, SEC, etc.). A strong interest in biology (cell culture) and / or more advanced techniques such as microscopy (TEM) or diffusion (light, neutrons, etc.) will also be appreciated. A thesis continuation is possible.

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



Synthèse de particules de diamant monocristallines "à façon"

Spécialité Génie des procédés

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LEDNA](#)

Candidature avant le 26/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [ARNAULT Jean-Charles](#)

+33 1 69 08 71 02

jean-charles.arnault@cea.fr

Résumé

Ce stage de recherche s'inscrit dans le cadre d'une étude qui vise à synthétiser des particules de diamant monocristallines « à façon » avec une approche en rupture, associant un lit fluidisé où seront stabilisés des germes de diamant et un plasma de croissance par dépôt chimique en phase vapeur activé par micro-ondes (MPCVD). Ceci permettra de faire croître ces germes par homoépitaxie, gage d'une qualité cristalline optimale, tout en maîtrisant la taille, la forme et le dopage des particules. Ces particules de diamant pourront être mises directement à profit pour les applications en énergie développées au LEDNA : la réduction du CO₂ et la production d'hydrogène.

Sujet détaillé

Les particules de diamant sont aujourd'hui fortement étudiées pour l'énergie, le quantique et la nanomédecine, domaines dans lesquels les propriétés recherchées sont directement liées à la qualité cristalline des particules. Pour ces applications, les particules utilisées sont majoritairement celles issues du broyage d'un matériau diamant massif. La pleine exploitation des particules de diamant nécessite à terme de contrôler finement leur morphologie, leur dispersion en taille et leur taux d'impuretés, ce qui n'est actuellement pas possible en passant par un broyage.

Ce stage de recherche s'inscrit dans le cadre d'une étude qui vise à synthétiser des particules de diamant monocristallines "à façon" avec une approche en rupture, associant un lit fluidisé où seront stabilisés des germes de diamant et un plasma de croissance par dépôt chimique en phase vapeur activé par micro-ondes (MPCVD). Ceci permettra de faire croître ces germes par homoépitaxie, gage d'une qualité cristalline optimale, tout en maîtrisant la taille, la forme et le dopage des particules. Ces particules de diamant pourront être mises directement à profit pour les applications en énergie développées au LEDNA : la réduction du CO₂ et la production d'hydrogène.

L'enjeu du stage portera sur la réalisation d'un lit fluidisé de nanoparticules de diamant à l'intérieur d'un réacteur de croissance MPCVD tubulaire dédié à la croissance de diamant (déjà existant [1,2]). Des particules de diamant de diamètres allant de 5 à 50 nm seront les germes de croissance placés dans le lit fluidisé sur lesquels sera effectuée une reprise de croissance homoépitaxiale par MPCVD avec un mélange H₂/CH₄. Les travaux porteront sur la réalisation du système fluide pour générer le lit fluidisé et son adaptation aux conditions de croissance de diamant (pression, puissance micro-ondes, quantité de germes). Les caractérisations morphologiques, chimiques et

structurales des particules obtenues seront menées en interne au laboratoire qui est équipé d'un SEM-FEG, de spectromètres IR et RAMAN, d'une DLS/Zeta, etc.

Références

[1] Hydrogenation of nanodiamonds using MPCVD: A new route toward organic functionalization

H.A. Girard, J.C. Arnault, S. Perruchas, S. Saada, T. Gacoin, J.-P. Boilot, P. Bergonzo, [Diam. Relat. Mater. 19 \(2010\) 1117](#).

[2] Colloidal suspensions of monodisperse diamond core-shells

A. Venerosy, H.A. Girard, S. Saada, M. Sennour, I. Stenger, M. Mermoux, J.C. Arnault, [Diam. Relat. Mater. 89 \(2018\) 122](#).

Mots clés

Procédés plasma et synthèse, techniques du vide, nanomatériaux, Caractérisations morphologiques, chimiques, structurales et coll

Compétences

MPCVD, SEM-FEG, spectromètres IR et RAMAN, DLS/Zeta

Logiciels

Custom made synthesis of single crystal diamond particles

Summary

This research internship is part of a study that aims to synthesize single crystal diamond particles with a breakthrough approach, combining a fluidized bed where diamond seeds will be stabilized and a plasma growth by microwave chemical vapor deposition (MPCVD). This will allow the growth of these seeds by homeoepitaxy, guaranteeing an optimal crystalline quality, while controlling the size, shape and doping of the particles. These diamond particles can be used directly for the energy applications developed at LEDNA: CO2 reduction and hydrogen production.

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Mise au point de l'analyse de mélanges complexes par RMN au moyen du parahydrogène

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE / LSDRM](#)

Candidature avant le 04/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [HUBER Gaspard](#)
+33 1 69 08 64 82
gaspard.huber@cea.fr

Autre lien <https://iramis.cea.fr/nimbe/lsdrm/>

Résumé

La métabolomique est la science qui a trait à l'analyse des métabolites, petites molécules (moins de 1500 Da) présentes dans les organismes. Elle permet de comprendre le fonctionnement de ces organismes, et de détecter, identifier voire quantifier des métabolites qui signent un état pathologique ou un stress particulier. La Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) est une technique complémentaire de la spectrométrie de masse (SM) pour analyser des mélanges complexes de métabolites. Cependant, malgré sa robustesse et son caractère quantitatif, et à cause de sa faible sensibilité, la RMN n'est pas autant utilisée que la SM. Il existe différentes techniques d'augmentation du signal RMN. L'une d'elle tire parti des propriétés particulières du parahydrogène, un isomère de spins du gaz dihydrogène.

Le stage et la thèse consisteront à développer des méthodologies de techniques à base de parahydrogène, lorsqu'elle s'applique à des extraits métaboliques cellulaires ou à des biofluides. Elle implique des développements instrumentaux (fluidique, déplacement rapide d'échantillons). L'objectif est de proposer de nouveaux profils métaboliques, offrant une plus grande sensibilité et une certaine spécificité par rapport aux profils classiques par RMN, pour une meilleure détection, identification voire quantification des métabolites présents. Nous collaborons avec un autre laboratoire du CEA-Saclay, le LEMM, dont la métabolomique par spectrométrie de masse est le cœur de métier.

Sujet détaillé

Contexte et projet de recherche :

La métabolomique vise à caractériser l'ensemble des "petites molécules" (Une des méthodes connues pour augmenter drastiquement mais temporairement la sensibilité de la RMN emploie les propriétés particulières du parahydrogène. Le laboratoire a développé un montage d'enrichissement du dihydrogène en parahydrogène et effectué des développements méthodologiques sur son utilisation par RMN [1]. Certaines

molécules peuvent voir leurs signaux caractéristiques augmentés au moyen d'une méthode nommée SABRE [2]. Récemment la gamme des molécules dont les signaux RMN sont sensibles à la méthode, jusque-là assez restreinte, a été étendue aux molécules possédant au moins un proton échangeable, une méthode nommée SABRE-Relay [3].

Le projet de recherche de M2 vise à explorer les méthodes SABRE et SABRE-Relay pour l'identification de métabolites urinaires. Le sujet implique des développements instrumentaux visant à déplacer rapidement des fluides (gaz ou liquides) dans la zone de détection du spectromètre RMN. Les résultats seront ensuite comparés à ceux obtenus par ailleurs par HRMS sur des échantillons similaires pour une aide à l'identification.

Environnement de travail :

Le stage M2 se déroulera au laboratoire structure et dynamique par résonance magnétique (LSDRM) du CEA de Saclay, en collaboration avec le laboratoire d'étude du métabolisme des médicaments (LEMM), dans le cadre d'une étude plus large conjuguant des analyses métabolomiques à base de RMN et de HRMS.

Le LSDRM est expert en développement d'approches originales pour la spectroscopie de résonance magnétique. Il développe en particulier des méthodes visant à augmenter la sensibilité de la RMN. Il est équipé de 6 spectromètres RMN de 1.0 à 11.7 T. Le LEMM s'est spécialisé dans l'analyse métabolomique depuis 2002, accumulant ainsi une expertise en terme de développement et de validation de méthodes LC-MS pour le profilage de biofluides et d'extraits tissulaires et cellulaires.

Profil du candidat et candidature :

Etudiant ingénieur et/ou M2 en physique, physico-chimie ou chimie. Spécialité chimie analytique ou physico-chimie avec un intérêt pour la RMN, l'instrumentation et les sciences expérimentales. Date de début de stage souhaitée: janvier ou février 2022. Les candidatures (CV et lettre de motivation) sont à envoyer à gaspard.huber@cea.fr.

Références :

[1] Guduff et al. Single-Scan Diffusion-Ordered NMR Spectroscopy of SABRE-Hyperpolarized Mixtures. *ChemPhysChem* 2019, 20, 392–398.

[2] Sellies et al. Parahydrogen induced hyperpolarization provides a tool for NMR metabolomics at nanomolar concentrations. *ChemComm* 2019, 55, 7235-7238.

[3] Iali et al. Using parahydrogen to hyperpolarize amines, amides, carboxylic acids, alcohols, phosphates, and carbonates. *Sci. Adv.* 2018; 4 : eaa06250

Mots clés

Physique, chimie physique

Compétences

RMN

Logiciels

Topspin

Development of NMR methods for the analysis of complex mixtures using parahydrogen

Summary

Metabolomics is the science that relates to the analysis of metabolites, the small molecules (less than 1500 Da) present in organisms. It helps to understand the functioning of these organisms, and to detect, identify or even quantify metabolites that sign a given pathological state or a stress. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) is a complementary technique to mass spectrometry (MS) to analyze complex mixtures of metabolites. However, despite its robustness and quantitative character, and because of its low sensitivity, NMR is not used as much as MS. One of them takes advantage of the special properties of parahydrogen, a spin isomer of dihydrogen gas.

The thesis consists in developing the methodology of the SABRE-Relay method when it is applied to cellular metabolic extracts or to biofluids.

The internship and the thesis will involve instrumental developments (fluidics, rapid sample motions). The objective is to propose new metabolic profiles, offering a greater sensitivity and specificity, compared to conventional profiles by NMR, for a better detection, identification or even quantification of the metabolites. We are collaborating with another CEA-Saclay laboratory, LEMM, specialized in metabolomics by mass spectrometry.

Full description

Context and research project:

Metabolomics aims to characterize the "small molecules" (

Keywords

Physics, chemical physics

Skills

NMR

Softwares

Topspin



Evaluation de la teneur en nanotube de carbone dans une matrice par mesure de susceptibilité magnétique

Spécialité Mesures physiques

Niveau d'étude Bac+2

Formation DUT/L2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 01/04/2022

Durée 2 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [PANNETIER-LECOEUR Myriam](#)

+33 1 69 08 74 10

myriam.pannetier-lecoeur@cea.fr

Autre lien <https://www.speclno.org/>

Résumé

Le but du stage est de mesurer les teneurs en nanotube de carbone dans des matrices (ciments, polymères) en utilisant une technique de mesure de la susceptibilité magnétique.

Sujet détaillé

Afin d'améliorer les performances mécaniques ou électriques de certains matériaux (ciments ou polymères), l'insertion de charges carbonées, telles que les nanotubes de carbone (NTCs), peut être utilisée. Il est ensuite utile de déterminer la teneur exacte des différents échantillons obtenus.

Pour éviter des méthodes d'imagerie par microscopie (nécessitant une préparation de l'échantillon et n'apportant qu'une information très locale), il est utile de développer une autre méthode d'analyse physique. La mesure de susceptibilité magnétique permet d'accéder à cette teneur grâce à la détection des particules à base de fer liées aux NTCs par leur procédé de fabrication (catalyseur) [1]. La signature dans la susceptibilité permet une mesure quantitative rapide et non invasive. Un dispositif spécifique compact a été développé au laboratoire.

Le stage consistera à mesurer avec cet appareil la susceptibilité de différents échantillons dans des matrices différentes pour en connaître la teneur en NTCs. Il sera aussi possible d'évaluer la possibilité de faire de la cartographie sur des échantillons dont la teneur varie localement. Ce stage est en collaboration avec le [DRF/IRAMIS/NIMBE](#) au CEA.

[1] E. Charon, M. Pinault, M. Mayne-L'Hermite et al. Carbon 173 (2021) 758e768

Mots clés

Suceptibilité magnétique, nanotubes de carbone.

Compétences

Mesure de susceptibilité magnétique.

Logiciels

Evaluation of the carbon nanotube content in a matrix by magnetic susceptibility measurement

Summary

The aim of the internship is to measure carbon nanotube contents in matrices (cements, polymers) using a magnetic susceptibility detection technique.

Full description

In order to improve the mechanical or electrical performance of certain materials (cements or polymers), the insertion of carbonaceous fillers such as carbon nanotubes (CNTs) can be used. It is then useful to determine the exact content of the different samples obtained. To avoid imaging methods by microscopy (requiring a preparation of the sample and bringing only a very local information), it is useful to develop another physical analysis method.

The measurement of magnetic susceptibility allows access to this content thanks to the removal of iron-based particles bound to CNTs by their manufacturing process (catalyst) [1]. The signature in the susceptibility allows a fast and non-invasive quantitative measurement. A specific compact device has been developed in the laboratory.

The internship will consist in measuring with this device the susceptibility of different samples in different matrices to know the CNT content. It will also be possible to evaluate the possibility of doing mapping on samples with locally varying content. This internship is in collaboration with [DRF/IRAMIS/NIMBE](#) within CEA.

[1] One-step synthesis of highly pure and well-crystallized vertically aligned carbon nanotubes
E. Charon, M. Pinault, M. Mayne-L'Hermite et C. Reynaud, [Carbon 173 \(2021\) 758-768](#).

Keywords

Magnetic susceptibility, carbon nanotube.

Skills

Magnetic susceptibility measurement.

Softwares



Capteurs à magnéto-résistance tunnel ultra-sensible pour l'imagerie médicale

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 31/03/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [PANNETIER-LECOEUR Myriam](#)
+33 1 69 08 74 10
myriam.pannetier-lecoeur@cea.fr

Autre lien <https://www.speclno.org/>

Résumé

Le but du stage est de mettre au point, fabriquer et tester des capteurs magnétique à très haute sensibilité co-intégrant un supraconducteur et un élément spintronique. L'application visée est l'imagerie par résonance magnétique à bas champ magnétique (10mT).

Sujet détaillé

Notre laboratoire a mis au point un dispositif appelé capteur mixte, associant une boucle de capture supraconductrice à un capteur à magnéto-résistance géante (ou GMR) pour la mesure de signaux magnétiques extrêmement petits (quelques femtoTesla = 10^{-15} T), comme ceux produits par le cœur ou le cerveau. Nous avons démontré que ce type de dispositif pouvait détecter les signaux magnétiques dus à l'activité électrique cardiaque. Ce type de capteur peut être aussi très intéressant pour la mesure de signaux d'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM).

L'élément magnéto-résistif utilisé jusqu'à présent est une GMR métallique de type spin valve. Les récents progrès dans le domaine de l'électronique de spin ont permis de proposer des magnéto-résistances tunnel (TMR) dont les performances sont augmentées, en particulier à haute fréquence. L'étude et la compréhension du bruit, en particulier à basse température, de ces structures, est un point central pour le développement ensuite de dispositifs ultra-sensibles.

Le but du stage est d'étudier les systèmes TMR à basse température grâce à des mesures de magnéto-transport et de bruit, puis de les intégrer à des dispositifs de type capteurs mixtes. Ces capteurs mixtes seront déployés pour l'IRM dans le cadre du projet ANR VLFMRI.

Mots clés

Capteur magnétique, magnéto-transport, bruit magnétique, IRM

Compétences

Microfabrication, mesures de magnétotransport et de bruit à basse température, imagerie magnétique

Logiciels

Ultra-sensitive tunnel magneto-resistance sensors for medical imaging

Summary

The goal of the internship is to develop, fabricate and test very high sensitivity magnetic sensors co-integrating a superconductor and a spintronic element. The targeted application is magnetic resonance imaging (MRI) at low magnetic field (10mT).

Full description

Our laboratory has developed a device called mixed sensor, combining a superconducting pick up loop with a giant magnetoresistance (or GMR) sensor for the measurement of extremely small magnetic signals (a few femtoteslas = 10^{-15} T), such as those produced by the heart or the brain. We have shown that this type of device can detect magnetic signals due to cardiac electrical activity. This type of sensor can also be very interesting for the measurement of Magnetic Resonance Imaging (MRI) signals.

The magneto-resistive element used so far is a metallic GMR of the spin valve type. Recent progress in the field of spin electronics has made it possible to propose tunnel magnetoresistors (TMR) whose performances are increased especially at high frequency. The study and understanding of the noise, especially at low temperature, of these structures is a key issue for the further development of ultra-sensitive devices.

The goal of the internship is to study low temperature TMR systems through magneto-transport and noise measurements, and then to integrate them into mixed sensor devices. These mixed sensors will be deployed for MRI in the framework of the ANR VLFMRI project.

Keywords

Magnetic sensor, magnetotransport, magnetic noise, MRI

Skills

Microfabrication, magnetotransport and noise measurements at low temperature, magnetic imaging

Softwares



Synthèse et étude des propriétés optoélectroniques de nanomatériaux semiconducteurs bidimensionnels

Spécialité Physique des matériaux

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LICSEN](#)

Candidature avant le 31/03/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DERYCKE Vincent](#)

+33 1 69 08 55 65

vincent.derycke@cea.fr

Résumé

L'étudiant(e) aura pour mission de synthétiser, de caractériser puis d'intégrer dans des dispositifs optoélectroniques, des matériaux semi-conducteurs bidimensionnels (d'épaisseur

Sujet détaillé

Ce stage en sciences des matériaux et nanoélectronique s'intègre dans un projet collaboratif plus large visant à étudier les performances de photo-détecteurs à base de nanomatériaux semiconducteurs bidimensionnels de type dichalcogénures de métaux de transition (typiquement des monocouches atomiques de MoS_2 , WS_2 , SnS_2 ...) et d'assemblages de ces nanomatériaux sous la forme d'empilements contrôlés appelés hétérostructures de van des Waals. Dans ce contexte, l'étudiant(e) recruté(e) au CEA Paris-Saclay/NIMBE/LICSEN aura pour missions spécifiques de synthétiser par CVD (chemical vapor deposition) des semiconducteurs 2D (d'épaisseur

Mots clés

Nanosciences, optoélectronique

Compétences

CVD, MEB, AFM, XPS, Raman, lithographie électronique et optique, dépôt de métaux, mesures électriques et optoélectroniques

Logiciels

Synthesis and study of the optoelectronic properties of two-dimensional semiconductor nanomaterials

Summary

The student's mission will be to synthesize, characterize and then integrate in optoelectronic devices, two-dimensional semiconductor materials (thickness

Full description

This internship in materials sciences and nanoelectronics is part of a larger collaborative project aimed at studying the performances of photo-detectors based on two-dimensional semiconductor nanomaterials of the transition metal dichalcogenide type (typically monolayers of MoS₂, WS₂, SnS₂...) and assemblies of these nanomaterials in the form of controlled stacks called van des Waals heterostructures. In this context, the student recruited at CEA Paris-Saclay/NIMBE/LICSEN will have the specific missions of synthesizing by CVD (chemical vapor deposition) 2D semiconductors (monolayers of MoS₂, WS₂ and/or SnS₂ with thickness

Keywords

Nanosciences, optoélectronics

Skills

CVD, SEM, AFM, XPS, Raman, ebeam and optical lithography, metal deposition, electrical and optoelectrical measurements

Softwares



Nanostructures à base de porphyrines

Spécialité Chimie organique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LICSEN](#)

Candidature avant le 31/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CAMPIDELLI Stéphane](#)
+33 1 69 08 51 34
stephane.campidelli@cea.fr

Résumé

Les porphyrines sont des macrocycles tetrapyrroliques aromatiques qui présentent une grande diversité de propriétés optiques, opto-électroniques et électrochimiques. Le but de ce projet est de synthétiser de nouveaux matériaux à base de porphyrines pour tirer partie de ces propriétés.

Sujet détaillé

Le but de ce projet est de synthétiser de nouvelles molécules à base de porphyrines pour la fabrication de nanostructures mono- et bidimensionnelles. Les porphyrines sont des macrocycles tetrapyrroliques aromatiques ; les dérivés de porphyrines sont des briques essentielles du vivant, notamment pour le transport d'oxygène, pour les réactions d'oxydation et également pour la photosynthèse. Au-delà de cette importance dans le domaine du vivant, les propriétés optiques et électroniques des porphyrines en font un des matériaux les plus étudiés pour la conversion d'énergie, la catalyse, l'optique/optoélectronique et la médecine.

D'autre part, à cause de leur structure et de la grande versatilité de leur synthèse, les porphyrines meso-substituées ont permis la formation d'un large éventail de nanostructures covalentes ou supramoléculaires.[1-5] Dans ce contexte, au cours de ce stage nous proposons de synthétiser des dérivés de porphyrines contenant des groupements PAHs (hydrocarbures aromatiques polycycliques)[6] pouvant conduire à des porphyrines pi-étendues et/ou des nanostructures mono- et bidimensionnelles.[7,8] Avec ces assemblages, nous visons à exploiter les propriétés optiques et optoélectroniques des porphyrines. Ce projet rassemble plusieurs partenaires possédant des expertises complémentaires en chimie (CEA-Saclay) et en microscopie à effet tunnel (ISMO-Univ. Paris-Sud et IM2NP/CINaM à Marseille). Pour ce projet le/la candidat(e) devra posséder une solide formation en chimie organique. Le projet sera réalisé en collaboration avec des physiciens ; le/la candidat(e) doit également avoir un goût prononcé pour le travail multidisciplinaire.

Références :

1. S. Mohnani and D. Bonifazi, *Coord.Chem.Rev.*, 2010, 254, 2342-2362.
2. N. Aratani and A. Osuka, *Bull.Chem.Soc.Jpn*, 2015, 88, 1-27.

-
3. R. Haver and H. L. Anderson, *Helv.Chim.Acta*, 2019, 102, e1800211.
 4. L. Grill, M. Dyer, L. Lafferentz, M. Persson, M. V. Peters and S. Hecht, *Nat.Nanotechnol.*, 2007, 2, 687-691.
 5. J. Otsuki, *Coord.Chem.Rev.*, 2010, 254, 2311-2341.
 6. Synthesis and Suzuki–Miyaura cross coupling reactions for post-synthetic modification of a tetrabromo-anthracenyl porphyrin
J. Pijeat, Y. J. Dappe, P. Thuéry and S. Campidelli, [Org.Biomol.Chem., 2018, 16, 8106-8114.](#)
 7. Edge-on self-assembly of tetra-bromoanthracenyl-porphyrin on silver surfaces
N. Kalashnyk, M. Daher Mansour, J. Pijeat, R. Plamont, X. Bouju, T. S. Balaban, S. Campidelli, L. Masson and S. Clair, [J. Phys. Chem. C 2020, 124, 40, 22137-22142.](#)
 8. J. Pijeat, L. Chaussy, R. Simoës, J. Isopi, J.-S. Lauret, F. Paolucci, M. Marcaccio and S. Campidelli, [ChemOpen, 2021.](#)

Mots clés

Compétences

Synthèse organique, RMN, spectrométrie de masse.

Logiciels

Porphyrin-based nanostructures

Summary

Porphyrins are aromatic tetrapyrrolic macrocycles that exhibit a wide range of optical, optoelectronic and electrochemical properties. The aim of this project is to synthesize new materials based on porphyrins to take advantage of these properties.

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Synthèse et Etudes de Matériaux Graphéniques

Spécialité Chimie organique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LICSEN](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CAMPIDELLI Stéphane](#)

+33 1 69 08 51 34

stephane.campidelli@cea.fr

Résumé

Le terme graphène regroupe toute une famille de matériau. Dans ce stage, nous proposons de construire par des méthodes synthèses organiques des nanoparticules de graphène pour l'étude de leurs propriétés optiques et qui peuvent servir de brique de base pour la réalisation de matériaux graphéniques.

Sujet détaillé

Le graphène est un matériau bidimensionnel issu, à l'origine, du graphite. Une des limites majeures à l'utilisation du graphène notamment en optique et en électronique est l'absence de bande interdite (gap ou bandgap) ; en effet le graphène est un semi-métal. Un des moyens pour ouvrir un "gap" dans le graphène consiste à réduire une ou ses deux dimensions jusqu'aux échelles nanométriques ; on forme ainsi des nanorubans ou des nanoparticules de graphène. Une autre méthode consiste à former un réseau régulier de trous dans le graphène, ces matériaux sont appelés "Nanomesh de graphène". Depuis une dizaine d'année, plusieurs groupes se sont intéressés à la réalisation et à l'étude de ces structures en utilisant l'approche "top-down", c'est-à-dire par la formation de nanostructures à partir du matériau macroscopique par des processus d'oxydation chimique, des attaques plasma, etc...[1-3] L'inconvénient de la méthode "top-down" est qu'elle ne permet pas de contrôler précisément la structure du matériau final. De plus il a été démontré que les propriétés optiques et électroniques sont largement influencées par les effets bords et leur état d'oxydation. Par opposition, la synthèse de matériaux graphéniques par synthèse chimique (approche "bottom-up") permet de contrôler les structures à l'atome près. [4,5]

Ce projet s'inscrit dans ce contexte et le but est donc de synthétiser des matériaux graphéniques (nanoparticules de graphène, nanomesh de graphène) par l'approche "bottom-up", c'est-à-dire via des réactions de chimie organique (couplage au palladium, Diels-Alder, réaction de Scholl, etc...) Dans le cadre d'une collaboration avec l'ENS Paris-Saclay (laboratoire LUMIN), nous avons synthétisé plusieurs nanoparticules au LICSEN et leurs propriétés d'ensembles et sur molécules individuelles ont été étudiées au LUMIN. Nous avons montré que ces particules possèdent à la fois les propriétés intéressantes des molécules (petite taille, grande section efficace d'absorption, possibilité d'accorder leurs propriétés grâce à la chimie organique) et celles d'émetteurs solides comme les centres colorés du diamant (haute brillance et bonne photostabilité). [6]

Lors de ce stage de nouvelles familles de nanoparticules de graphène seront synthétisées et nous nous intéresserons également à la synthèse de précurseurs de nanomesh de graphène. Ce stage est principalement un stage de chimie moléculaire, les techniques classiques de chimie seront utilisées (chimie en sorbonne, travail sous atmosphère inerte, rampe vide/argon, etc). Les techniques classiques de caractérisation : spectroscopie RMN, abs. UV-Vis-NIR, photoluminescence ainsi que la spectrométrie de masse (MALDI-TOF) seront utilisées.

Pour ce projet le/la candidat(e) devra posséder une solide formation en chimie organique. Le projet sera réalisé en collaboration avec des physiciens ; le/la candidat(e) doit également avoir un goût prononcé pour le travail multidisciplinaire. Ce travail pourra donner lieu à une poursuite d'étude en thèse.

Références :

- [1] D. V. Kosynkin, A. L. Higginbotham, A. Sinitskii, J. R. Lomeda, A. Dimiev, B. K. Price, J. M. Tour, *Nature* 2009, 458, 872-877.
- [2] L. Jiao, L. Zhang, X. Wang, G. Diankov, H. Dai, *Nature* 2009, 458, 877-880.
- [3] L. Li, G. Wu, G. Yang, J. Peng, J. Zhao, J.-J. Zhu, *Nanoscale* 2015, 5, 4015-4039.
- [4] A. Narita, X. Y. Wang, X. Feng, K. Müllen, *Chem. Soc. Rev.* 2015, 44, 6616-6643.
- [5] J. Pijeat, J.-S. Lauret, S. Campidelli. "Bottom-up approach for the synthesis of graphene nanoribbons", (Eds.: L. Brey, P. Seneor, and A. Tejada), [Graphene Nanoribbons, IOP Publishing Ltd, 2020, p. 2.1-2.25.](#)
- [6] S. Zhao, J. Lavie, L. Rondin, L. Orcin-Chaix, C. Diederichs, P. Roussignol, Y. Chassagneux, C. Voisin, K. Müllen, A. Narita, S. Campidelli, J.-S. Lauret, [Nat. Commun. 2018, 9, 3470](#)

Mots clés

Compétences

Synthèse organique, RMN, spectrométrie de masse, spectroscopie d'absorption et de photoluminescence

Logiciels

Synthesis and Study of Graphenic Materials

Summary

The term graphene covers a whole family of materials. In this internship, we propose to build by organic synthesis methods graphene nanoparticles for the study of their optical properties and which can serve as a basic brick for the realization of graphene materials.

Full description

Keywords

Skills

Organic synthesis, NMR, Mass spectrometry, absorption and photoluminescence spectroscopy

Softwares



Optimisation d'une source d'électrons accélérés par interaction laser-plasma pour les applications

Spécialité Physique des milieux ionisés et des plasmas

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LIDYL/PHI](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DOBOSZ DUFRENOY Sandrine](#)
+33 1 69 08 63 40
sandrine.dobosz@cea.fr

Résumé

Le groupe PHI étudie l'accélération de particules par interaction laser-matière à haute intensité, se tournant vers les applications depuis quelques temps. Nous proposons au stagiaire d'optimiser le couplage laser-cible pour permettre de stabiliser la source d'électrons produites sur notre installation laser UHI100 et de participer à une campagne expérimentale sur le laser APOLLON (PW) visant à utiliser la source d'électrons pour générer une source de positrons.

Sujet détaillé

Le groupe de Physique à Haute Intensité (PHI) du LIDYL (CEA-Orme des Merisiers) étudie l'interaction des lasers à haute intensité avec la matière et en particulier l'accélération de particules par interaction laser-gaz.

Depuis une vingtaine d'années maintenant, les progrès dans ce domaine ont été spectaculaires, démontrant la possibilité d'atteindre plusieurs GeV en utilisant des cibles gazeuses de quelques centimètres de taille seulement, ou encore en obtenant des sources de plus en plus contrôlées (énergie, divergence, etc...) issues de schémas d'interaction innovants. Tout ceci a ouvert la voie vers leur utilisation dans différentes applications.

Plus particulièrement, nous nous intéressons depuis quelques temps au fort potentiel que ces accélérateurs laser-plasmas présentent dans la production de sources à haut débit de dose pour la radiothérapie. Les premières expériences réalisées sur notre laser de classe 100TW, UHI100, ont fourni des résultats très encourageants. Les pistes de travail que nous avons identifiées requièrent une forte stabilité et reproductibilité du processus d'accélération. Le stagiaire participera à la mise en place de solutions visant à optimiser le couplage laser-cible avec comme objectif l'utilisation de cette source de particules accélérées par laser.

Un deuxième volet applicatif sera exploré par le/la stagiaire lors de la campagne expérimentale de génération de positrons par interaction d'une source d'électrons accélérés par laser avec une cible de numéro atomique élevée, qui se déroulera sur le laser APOLLON (PW) au printemps et dans laquelle notre groupe est impliqué. Ce travail sera

réalisé en collaboration avec des équipes de L'université de Belfast, spécialistes de la génération de positrons, et des équipes du Plateau de Saclay. L'étudiant/e aura en charge l'analyse d'une partie des résultats de l'expérience.

Ces travaux s'inscrivent complètement dans la perspective d'un projet de thèse où les progrès réalisés sur la source d'électrons seront pleinement exploités.

Mots clés

Accélérateur, laser fs

Compétences

Logiciels

Optimization of a laser-driven electron source for applications

Summary

The PHI group has been studying particle acceleration by high intensity laser-matter interaction, with a final objective oriented towards applications. We propose to optimize the laser-target coupling for increasing the stability of the laser-driven electron source on our UHI100 laser facility and to participate to an experimental campaign on the APOLLON (PW) laser whose goal is to use a laser-plasma accelerator to generate positrons source.

Full description

The High Intensity Physics (PHI) group of LIDYL (CEA-Orme des Merisiers) studies the interaction of high intensity lasers with matter and, in particular, the particle acceleration by laser-gas interaction.

Since twenty years now, progress in this field has been spectacular, demonstrating the possibility of accelerating up to several GeV electrons using gas targets with only a few centimeters, or even by a increased control of the sources (energy , divergence, etc.) resulting from innovative interaction schemes. These have paved the way towards applications.

In PHI group, we are interested in the strong potential that these laser-plasma accelerators for the the production of high dose rate sources in the context of radiotherapy. The first experiments carried out on our 100TW class laser, UHI100, have provided very encouraging results. Among the different ideas to work on, the high stability and reproducibility of the acceleration process are crucial points, as especially for applications. The student will participate in the implementation of solutions aimed at optimizing the laser-target coupling with the objective of using this source of particles for applications.

Strongly linked to the application of laser-plasma accelerator, the student will participate to an experimental campaign on positron generation by interaction of a laser-driven electron source with a solid target, planned on APOLLON laser facility (PW) for spring 2022. We will collaborate with team from the University of Belfast (leader), specialist in positron generation, and teams from the Saclay Plateau. The student will be responsible for analyzing part of the results of the experiment.

This work can be pursued with a thesis project where the progress made on the electron source will be fully exploited.

Keywords

Accelerator, fs laser

Skills

Softwares



Interférométrie de Mach-Zehnder dans le régime Hall quantique fractionnaire

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/GNE](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [ROULLEAU Preden](#)

+33 1 69 08 73 11

preden.roulleau@cea.fr

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

Résumé

Réalisation du premier interféromètre Mach Zehnder en régime d'effet Hall quantique fractionnaire, afin d'étudier les statistiques anyoniques des quasi-particules fractionnaires.

Sujet détaillé

Le domaine de l'optique quantique électronique repose sur l'analogie entre la propagation des électrons dans un conducteur quantique et celle des photons dans les expériences d'optique quantique. Ce domaine de recherche est apparu à la fin des années 90 avec la possibilité de manipuler des faisceaux d'électrons dans des systèmes de matière condensée tout en préservant leur nature onde-particule. Depuis lors, il a permis d'acquérir une compréhension fondamentale de l'électronique quantique jusqu'à l'excitation d'une seule particule. Les systèmes prototypes de l'optique quantique électronique sont des conducteurs bidimensionnels dans le régime de l'effet Hall quantique. Ce régime est atteint sous un fort champ magnétique perpendiculaire et est caractérisé par l'existence de canaux électroniques unidimensionnels, chiraux et sans dissipation se propageant le long des bords de l'échantillon. Ces canaux de bord (à effet Hall quantique) peuvent être directement considérés comme l'analogie des fibres optiques pour les électrons. Alors qu'une grande majorité de ces expériences ont été réalisées dans des hétérostructures semi-conductrices telles que GaAs/GaAlAs, le graphène a récemment fait l'objet d'une attention soutenue. En effet, non seulement le graphène présente une physique riche et nouvelle dans le régime de Hall quantique, mais il offrirait également des propriétés de cohérence largement supérieures, permettant d'envisager des expériences plus complexes qui pourraient conduire au développement de schémas de traitement de l'information quantique basés sur le contrôle des trajectoires quantiques de charges uniques dans un circuit.

Notre équipe a récemment réussi à développer le premier interféromètre Mach-Zehnder accordable en graphène [1,2]. Il nous a permis d'étudier les propriétés de cohérence du graphène [3] mais aussi de détecter des magnons [4]. Dans ce stage, nous proposons de réaliser le premier interféromètre Mach Zehnder dans l'effet Hall quantique fractionnaire, afin d'étudier les statistiques anyoniques des quasi-particules fractionnaires.

[1] Quantum Hall valley splitters and a tunable Mach-Zehnder interferometer in graphene, M. Jo, P. Brasseur, A. Assouline, G. Fleury, H. -S. Sim, K. Watanabe, T. Taniguchi, W. Dumnerpanich, P. Roche, D. C. Glattli, N. Kumada, F. D. Parmentier, and P. Roulleau, [Phys. Rev. Lett. 126, 146803 \(2021\)](#) – Editor’s suggestion – Featured in Physics.

[2] [Physics / Optics bench on a graphene flake](#)

[3] Scaling behavior of electron decoherence in a graphene Mach-Zehnder interferometer, M. Jo, June-Young M. Lee , A. Assouline, P. Brasseur, K. Watanabe, T. Taniguchi, P. Roche, D.C. Glattli, N. Kumada, F.D. Parmentier, H.-S. Sim and, P. Roulleau, submitted (2021).

[4] Excitonic nature of magnons in a quantum Hall ferromagnet, A. Assouline, M. Jo, P. Brasseur, K. Watanabe, T. Taniguchi, T.Jolicoeur, D.C. Glattli, N. Kumada, P. Roche, F. D. Parmentier, & P. Roulleau

Accepted at Nature Physics (2021) - [arXiv:2102.02068](#).

Mots clés

Compétences

Champ magnétique élevé (14 T), basse température (10 mK), graphène.

Logiciels

The graphene Mach-Zehnder interferometer in the fractional quantum Hall regime

Summary

Realization of the first Mach Zehnder interferometer in the fractional quantum Hall effect regime, to study the anyonic statistics of fractional quasiparticles.

Full description

The field of electron quantum optics relies on the analogy between the propagation of electrons in a quantum conductor and that of photons in quantum optics experiments. This research field emerged in the late nineties with the possibility of manipulating electron beams in condensed matter systems while preserving their wave-particle nature. It has proven since then to grant a fundamental understanding of quantum electronics down to the single-particle excitation. The prototypical systems of electron quantum optics are two-dimensional conductors in the quantum Hall effect regime. This regime is reached under strong perpendicular magnetic field and is characterized by the existence of one-dimensional, chiral and dissipationless electronic channels propagating along the edges of the sample. Those (quantum Hall) edge channels can be directly viewed as the analog of optical fibers for electrons. While a large majority of these experiments have been performed in semiconductor heterostructures such as GaAs/GaAlAs, graphene has recently become the subject of intense attention. Indeed, not only does graphene present a rich, new physics in the quantum Hall regime, but it is also thought to offer vastly superior coherence properties, allowing to envision more complex experiments that could lead to the development of quantum information processing schemes based on the control of the quantum trajectories of single charges in a circuit.

Our team recently succeeded to develop the first tunable Mach-Zehnder interferometer in graphene [1,2]. It enabled us to study graphene coherence properties [3] but also to detect magnons [4]. In this internship, we propose to realize the first Mach Zehnder interferometer in the fractional quantum Hall effect, to study the anyonic statistics of fractional quasiparticles.

[1] Quantum Hall valley splitters and a tunable Mach-Zehnder interferometer in graphene, M. Jo, P. Brasseur, A. Assouline, G. Fleury, H. -S. Sim, K. Watanabe, T. Taniguchi, W. Dumnerpanich, P. Roche, D. C. Glattli, N. Kumada, F. D. Parmentier, and P. Roulleau, [Phys. Rev. Lett. 126, 146803 \(2021\)](#) – Editor’s suggestion – Featured in Physics.

[2] [Physics / Optics bench on a graphene flake](#)

[3] Scaling behavior of electron decoherence in a graphene Mach-Zehnder interferometer, M. Jo, June-Young M. Lee, A. Assouline, P. Brasseur, K. Watanabe, T. Taniguchi, P. Roche, D.C. Glattli, N. Kumada, F.D. Parmentier, H.-S. Sim and, P. Roulleau, submitted (2021).

[4] Excitonic nature of magnons in a quantum Hall ferromagnet, A. Assouline, M. Jo, P. Brasseur, K. Watanabe, T. Taniguchi, T. Jolicoeur, D.C. Glattli, N. Kumada, P. Roche, F. D. Parmentier, & P. Roulleau Accepted at Nature Physics (2021) - [arXiv:2102.02068](#).

Keywords

Skills

High magnetic field (14 T), low temperature (10 mK), graphene.

Softwares



Interaction en champ proche et lointain d'atomes en mouvement médiée par le vide électromagnétique

Spécialité Physique théorique, mécanique quantique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/SPHYNX](#)

Candidature avant le 01/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BERCEGOL Hervé](#)

+33 1 69 08 74 37

herve.bercegol@cea.fr

Autre lien

https://iramis.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=2536

Résumé

Pour approfondir l'étude de la friction quantique, nous allons calculer l'effet de la propagation des ondes sur l'énergie potentielle de van der Waals et sur le couple de freinage, effet négligé lors de précédents calculs. On traitera le sujet avec des calculs formels et une résolution numérique.

Sujet détaillé

La friction quantique (c'est-à-dire la friction de la matière en mouvement sur le vide quantique) a été démontrée théoriquement sur des nanomatériaux en rotation [1]. Nous avons étendu cette propriété aux atomes en interaction, en calculant avec un modèle semi-classique la friction du vide sur des oscillateurs atomiques en rotation l'un autour de l'autre [2]. Des travaux récents [3.a] ont montré que l'extension de cette propriété à des configurations plus réalistes nécessite un calcul plus complet de l'interaction entre les atomes et le champ électromagnétique.

L'importance de la propagation des ondes électromagnétiques est bien connue dans le cas de l'attraction de Casimir-Polder à longue distance, mais elle affecte également la situation de champ proche, où son inclusion dans les calculs est nécessaire pour interpréter physiquement le phénomène de friction et les échanges d'énergie induits. En outre, un modèle entièrement quantique doit être développé pour la paire d'atomes en rotation, afin d'explorer rigoureusement certaines propriétés des paires mixtes d'atomes différents [3.b], et d'autres configurations plus réalistes.

L'étudiant de master se chargera de la première étape, l'effet de la propagation des ondes. Cet effet sera étudié dans le cadre du modèle semi-classique déjà développé, en utilisant à la fois des calculs formels et des programmes numériques. Nous nous intéresserons à la détermination de l'énergie potentielle et de la force de friction. Le doctorant complètera ces calculs et travaillera à l'élaboration d'un modèle entièrement quantique. La recherche doctorale sera

dirigée conjointement avec un spécialiste des calculs d'électrodynamique quantique.

Références:

[1] Manjavacas, A., García de Abajo, F. J., "Vacuum Friction in Rotating Particles", Phys. Rev. Lett. 105, 113601 (2010).

[2] Bercegol, H., Lehoucq, R., "Vacuum friction on a rotating pair of atoms", [Phys. Rev. Lett. 115, 090402 \(2015\)](#).

[3] a. Klein, B. "Approche quantique de la friction du vide dans les collisions atomiques et subatomiques", CentraleSupélec, 2021.

b. De Izarra, A. "Effet du champ électromagnétique du vide sur les collisions atomique", Univ. Tours, 2016.

Mots clés

Friction quantique

Compétences

Logiciels

Near and far field interaction between moving atoms mediated by the electromagnetic vacuum

Summary

To further investigate quantum friction, we will calculate the effect of wave propagation on the braking torque and on van der Waals potential energy, an effect neglected in previous calculations. The subject will be treated with algebraic computation and numerical integration.

Full description

Quantum friction - i.e. Friction of moving matter on the quantum vacuum - has been shown theoretically to produce a braking torque on rotating nanomaterials [1]. At SPEC, we extended this property to interacting atoms in rotation one around the other, using atomic oscillators and a semi-classical model of vacuum [2]. Recent work [3.a] showed that the extension of this property to more realistic configurations necessitates a more complete calculation of the interaction between atoms and the electromagnetic field.

The importance of electromagnetic wave propagation is well known in the long-range Casimir-Polder case, but it also affects the near field situation, where its inclusion in calculations is necessary to interpret physically the friction phenomenon and induced energy exchanges. Moreover, a fully quantum model must be developed for the rotating pair of atoms, in order to explore rigorously some properties of mixed pairs of different atoms [3.b], and other more realistic configurations.

The master's student will take up the first step, the effect of wave propagation. This effect will be studied within the already developed semi-classical model, by using both formal calculations and numerical programs. We will be interested in both potential energy and friction force determinations. The PhD student will complete those calculations and work towards of fully quantum model. The PhD research will be directed jointly with a specialist of quantum electrodynamic calculations.

References:

[1] Manjavacas, A., García de Abajo, F. J., "Vacuum Friction in Rotating Particles", *Phys. Rev. Lett.* 105, 113601 (2010).

[2] Bercegol, H., Lehoucq, R., "Vacuum friction on a rotating pair of atoms", [Phys. Rev. Lett. 115, 090402 \(2015\)](#).

[3] a. Klein, B. "Approche quantique de la friction du vide dans les collisions atomiques et subatomiques", CentraleSupélec, 2021.

b. De Izarra, A. "Effet du champ électromagnétique du vide sur les collisions atomique", Univ. Tours, 2016.

Keywords

Quantum friction

Skills

Softwares



Nanogouttelettes minérales: mélangeurs microfluidiques ultrarapides comme outil d'investigation de leurs mécanismes de formation

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CHEVALLARD Corinne](#)

+33 1 69 08 52 23

corinne.chevallard@cea.fr

Autre lien <http://iramis.cea.fr/Pisp/florent.malloggi>

Résumé

Par la mise en oeuvre de mélangeurs microfluidiques ultrarapides (t_{mix}

Sujet détaillé

Notre "économie verte" (photovoltaïque, batteries au lithium) repose en grande partie sur l'utilisation des terres rares (rare-earth, RE) ; mais l'extraction de ces éléments soulève de fortes préoccupations écologiques, et leur recyclage est rare. Tout progrès dans les processus de séparation et de précipitation sera ainsi bénéfique à l'équilibre environnemental mondial.

Notre récente étude de la co-précipitation des ions cérium par l'acide oxalique dans l'eau, étape-clé dans certains processus de récupération des RE, a mis au jour la formation spontanée de "nanogouttelettes minérales" juste après mélange des réactifs. Ces nanogouttelettes sont constituées d'un liquide riche en réactifs qui cristallise après plusieurs dizaines de secondes sous forme de particules d'oxalate de cérium. Cette nanophase, découverte tout récemment, pourrait permettre d'améliorer les processus de séparation et de récupération des terres rares, mais ses conditions et mécanismes de formation nécessitent une enquête plus approfondie.

Une caractérisation poussée implique notamment de pouvoir sonder le système juste après mélange, alors que le système est encore constitué d'ions libres. Ceci est réalisable grâce à des mélangeurs microfluidiques ultrarapides (t_{mix}

L'objectif de ce stage est de mettre en place les conditions d'une utilisation de routine de ces mélangeurs microfluidiques dans le cadre de la séparation RE. À cette fin, nous prévoyons de 1) faciliter la production des mélangeurs microfluidiques grâce à l'utilisation de voies de fabrication alternatives ; 2) démontrer l'efficacité de ces mélangeurs pour déterminer les conditions et mécanismes d'apparition des nanogouttelettes minérales avec des techniques de laboratoire.

Références:

- Binnemans, K., et al. Journal of Cleaner Production, 2013, 51, 1-22.
- De Yoreo, J.J., et al. Sciences 2015, 349, aaa6760.
- Lu, Z., et al., Sens. Actuators B Chem. 2010, 144, 301-309.

Mots clés

Séparation des terres rares, co-précipitation, nucléation non-classique, microfluidique, microscopie optique rapide, cryo-MET mi

Compétences

Lithographie douce, chimie des solutions, microscopie optique, spectroscopie de luminescence, cryo-MET

Logiciels

Windows standard softwares

Mineral nanodroplets: ultrafast microfluidic mixers as a tool to decipher their mechanisms of formation

Summary

By implementing ultra-fast microfluidic mixers (t_{mix}

Full description

Our “green economy” (photovoltaics, lithium batteries) largely relies on the rare-earth (RE) elements; but their extraction raises heavy ecological concerns, and their recycling is scarce. Any progress in the separation and precipitation processes will benefit the global environmental balance.

Our recent study of the co-precipitation of cerium ions by oxalic acid in water, a key step in some recovery process of RE, has revealed the spontaneous formation of “mineral nanodroplets” right after reagent mixing. These nanodroplets consist in a reactant-rich liquid that convert into cerium oxalate crystals after several tens of seconds. This newly reported nanophase could benefit separation and recovery processes, but its conditions and mechanisms of formation needs a deeper investigation.

Its thorough characterization implies being able to probe the system just after mixing, when the system still consists of free ions. This is achievable thanks to ultrafast microfluidic mixers (t_{mix}

The aim of this internship is to set up the conditions for a routine use of these microfluidic mixers in the framework of RE separation. To this end, we plan to 1) ease the production of microfluidic mixers thanks to the use of alternative fabrication routes; 2) demonstrate the effectiveness of these mixers in determining the conditions and mechanisms for the appearance of the mineral nanodroplets with laboratory techniques.

References:

- Binnemans, K., et al. Journal of Cleaner Production, 2013, 51, 1-22.
- De Yoreo, J. J., et al. Science 2015, 349, aaa6760.
- Lu, Z., et al., Sens. Actuators B Chem. 2010, 144, 301–309.

Keywords

Rare-earth separation, co-precipitation, non-classical nucleation, microfluidics, high-speed optical microscopy, cryo-TEM

Skills

Soft lithography, solution chemistry, optical microscopy, luminescence spectroscopy, cryo-TEM

Softwares

Windows standard softwares



Microscopie électronique à balayage en cellule microfluidique. Développements instrumentaux et méthodologiques

Spécialité Mesures physiques

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 31/05/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [CHEVALLARD Corinne](#)

+33 1 69 08 52 23

corinne.chevallard@cea.fr

Autre lien

<https://www.synchrotron-soleil.fr/fr/lignes-de-lumiere/hermes>

Résumé

Le stagiaire réalisera des observations MEB "preuves de concept" en liquide, en adaptant un montage fluidique existant aux spécificités de la microscopie électronique à balayage et développera des protocoles d'acquisition d'images. L'objectif est de fournir un nouvel outil pour les études in situ et operando en milieu liquide.

Sujet détaillé

L'émergence des microscopies operando en milieu liquide est une avancée instrumentale majeure car elle rend enfin possible l'observation dynamique de systèmes chimiques ou biologiques dans un environnement proche de leur état fonctionnel. Dans ce contexte nous avons récemment développé une cellule microfluidique permettant l'imagerie par microscopie X à transmission (STXM) d'échantillons nanométriques en milieu aqueux. En plus de fournir des informations de type morphologique, cette technique renseigne sur la nature chimique et la coordination des atomes présents. Malheureusement les instruments STXM sont peu accessibles à la communauté scientifique car installés uniquement sur des sources de rayons X synchrotrons, les seules capables de fournir la brillance nécessaire pour ce type d'approche. Nous avons donc commencé l'adaptation de la cellule microfluidique à la microscopie électronique à balayage (SEM), technique relativement comparable en termes de résolution spatiale et de capacité d'analyse chimique mais qui est largement plus répandue.

L'objectif de ce stage est de réaliser des expériences preuve de concept consistant à observer en SEM l'évolution d'échantillons solides soumis à un renouvellement continu en solution réactive. Un premier volet du travail consistera à adapter le montage fluidique existant aux contraintes du microscope électronique (valeur du vide, encombrement des optiques, évacuation des charges). On pourra ici faire appel à certaines techniques de microfabrication (réalisation de joints d'étanchéité conducteurs par exemple). Un deuxième volet sera centré sur la mise au point des protocoles

d'injection des solutions chimiques et d'enregistrement des événements à la surface du solide (caractérisation des temps d'échanges fluidiques, de la résolution spatiale, des possibilités d'analyse élémentaire). On envisagera ici le développement d'échantillons dédiés (dépôt sur substrats de motifs métalliques micrométriques par exemple).

Profils souhaités : élève ingénieur ou étudiant Master 2

Référence : C. Gosse, S. Stanescu, [...] and C. Chevallard. A pressure-actuated flow cell for soft X-ray spectromicroscopy in liquid media. Lab Chip, 2020, 20, 3213-3229.

Localisation : LIONS, IRAMIS/NIMBE, CEA-Saclay, Gif-sur-Yvette
and HERMES beamline, SOLEIL synchrotron, St-Aubin

Contacts : corinne.chevallard@cea.fr ; stefan.stanescu@synchrotron-soleil.fr

Mots clés

Imagerie operando/in situ en liquide, microscopie électronique, microfluidique, microfabrication

Compétences

Microscopie électronique, microfluidique, microfabrication

Logiciels

Windows standard softwares

Scanning electron microscopy in a microfluidic cell. Instrumental and methodological developments

Summary

The intern will realize proof of concept SEM observations in liquid, by adapting an existing fluidic setup to the specificities of scanning electron microscopy and will develop protocols for image acquisition. This will provide a new tool to in situ and operando studies in liquid media.

Full description

Emerging operando microscopies performed in liquid media represent a significant breakthrough since they enable to observe the dynamics of chemical and biological systems in a state very similar to their functional one. In this context we recently have developed a microfluidic cell allowing us to image nanometer-scale objects in water relying on scanning transmission X-ray microscopy (STXM). In addition to morphological information, this technique also provides the nature and on the coordination of the atoms present in each pixel. Unfortunately, STXM instruments are poorly accessible to the scientific community because they must be installed on synchrotron X-ray sources, the only ones that are bright enough for this type of approach. Thus, we have initiated the adaptation of the microfluidic cell to scanning electron microscopy (SEM), a technique comparable in terms of spatial resolution and chemical analysis but which is much more widespread.

The objective of this internship is to realize proof of concept SEM observations of the evolution of a solid sample submitted to a continuous flow of reactive solution. First, the trainee will adapt the existing fluidic setup to the specificities of electron microscopy (e.g. vacuum level, optics arrangement, and charge accumulation). We here anticipate the use of microfabrication (for instance to mold conductive elastomeric gaskets). Second, protocols will be established to inject the chemical solutions and to record the expected events at the solid surface; for example, it will require the characterization of the fluid exchange times, of the spatial resolution, and of elemental analysis modalities. To achieve these goals dedicated substrates with micropatterned metallic films will have to be prepared.

Required profiles: engineering or Master 2 students

Reference: C. Gosse, S. Stanescu, [...] and C. Chevallard. A pressure-actuated flow cell for soft X-ray spectromicroscopy in liquid media. *Lab Chip*, 2020, 20, 3213-3229.

Locations: LIONS, IRAMIS/NIMBE, CEA-Saclay, Gif-sur-Yvette and HERMES beamline, SOLEIL synchrotron, St-Aubin

Contacts : corinne.chevallard@cea.fr ; stefan.stanescu@synchrotron-soleil.fr

Keywords

Operando/in situ imaging in liquid media, electron microscopy, microfluidics, microfabrication

Skills

Electron microscopy, microfluidics, microfabrication

Softwares

Windows standard softwares



Calcul avec la dynamique non linéaire d'ondes de spin

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 05/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DE-LOUBENS Gregoire](#)

+33 1 69 08 71 60

gregoire.deloubens@cea.fr

Résumé

Dans les nanostructures magnétiques, les modes propres d'excitation (ondes de spin) sont couplés entre eux via des interactions non linéaires. L'idée est d'utiliser ce système dynamique pour accomplir des tâches de calcul neuromorphique.

Sujet détaillé

Les ondes de spin (OdS) sont les excitations collectives de l'aimantation dans les matériaux ferromagnétiques. Leur fréquence propre se situe typiquement dans la gamme GHz avec des longueurs de propagation de plusieurs microns en fonction de l'amortissement intrinsèque du matériau. En raison des interactions d'échange et dipolaires, leur dynamique est par nature non linéaire et présente une physique très riche. Dans les géométries confinées à base de couches minces, les OdS sont quantifiées avec un spectre fréquentiel contrôlé par les dimensions latérales de l'échantillon. Ce spectre d'OdS peut également être modifié par des stimuli externes comme un champ magnétique ou un couple de transfert de spin. Des stimuli de grande amplitude peuvent aussi déclencher des processus non linéaires comme la conversion de mode et les instabilités de mode, conduisant à une redistribution d'énergie entre OdS [1,2].

Au cours de ce stage, nous étudierons expérimentalement les possibilités offertes par les OdS dans des couches minces nanostructurées pour effectuer du "reservoir computing" [3]. Le mécanisme de contrôle de base est le couplage non linéaire entre OdS, qui permet aux modes propres orthogonaux de l'état d'équilibre d'interagir les uns avec les autres à mesure que leurs amplitudes augmentent. Parce qu'un tel couplage implique des événements de seuil [1], comme observé dans les neurones, il est possible de réaliser des tâches de calcul de nature cognitive, comme par exemple de la classification. Pour cela, nous réaliserons une spectroscopie multifréquence de nanostructures magnétiques à très faible amortissement dans le régime non linéaire [2]. Nous utiliserons un microscope de force à résonance magnétique, une technique de champ proche développée au laboratoire capable de détecter la dynamique d'OdS dans des nanoaimants individuels [4]. Pour analyser les résultats expérimentaux et identifier les configurations utiles pour le reservoir computing basé sur un réseau de neurones récurrent, nous nous appuierons également sur des simulations micromagnétiques basées sur un code python open source [5]. À moyen terme, cela pourrait permettre une implémentation hardware de reservoir computing reposant sur le concept de "liquid

state machine" [6] aux fréquences GHz, qui serait utile entre autres pour le traitement des signaux de télécommunications.

Ce stage se déroulera dans le cadre de deux projets récemment financés, l'un par l'Europe (k-NET) et l'autre par l'ANR (MARIN), et se déroulera donc dans un environnement collaboratif.

Références :

[1] V. Naletov et al., Ferromagnetic resonance spectroscopy of parametric magnons excited by a four-wave process, Phys. Rev. B 75, 140405 (2007)

[2] Y. Li et al., Nutation Spectroscopy of a Nanomagnet Driven into Deeply Nonlinear Ferromagnetic Resonance, Phys. Rev. X 9, 041036 (2019)

[3] W. Maass et al., Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations, Neural Computation 14, 2531 (2002)

[4] O. Klein et al., Ferromagnetic resonance force spectroscopy of individual submicron-size samples, Phys. Rev. B 78, 144410 (2008)

[5] <http://micromagnetics.org/software/>

[6] C. Fernando & S. Sojakka, Pattern Recognition in a Bucket in Lecture Notes in Computer Science, vol 2801 (2003)

Mots clés

Dynamique de l'aimantation ; nanomagnétisme ; magnonique ; systèmes dynamiques ; calcul neuromorphique

Compétences

Microscopie à force magnétique ; techniques hyperfréquence ; simulations micromagnétiques

Logiciels

Python

Computing with nonlinear spin-wave dynamics

Summary

In magnetic nanostructures, the excitation eigenmodes (spin-waves) are coupled together via nonlinear interactions. The main idea is to use this dynamical system to perform neuromorphic computing tasks.

Full description

Spin-waves (SWs) are the collective excitations of magnetization in ferromagnets. Their natural frequency is typically in the GHz range with propagation lengths over several microns depending on the intrinsic damping of the material. Due to exchange and dipole-dipole interactions, their dynamics is inherently nonlinear and can exhibit rich physics. In confined geometries like thin film waveguides and dots, SW modes are quantised with frequency spacings controlled by the lateral dimensions of the magnetic sample, which can be further modified by external stimuli such as applied magnetic fields or spin transfer torques. Large amplitude stimuli can trigger nonlinear processes like mode conversion and mode instabilities, resulting in the redistribution of energy between coupled SW modes [1,2].

During this internship, we will investigate experimentally the capacity of SWs in nanostructured thin films to perform reservoir computing [3]. The basic control mechanism is the nonlinear coupling between SWs, which allows orthogonal eigenmodes of the equilibrium state to interact with each other as their amplitudes increase. Because such coupling involves thresholding events [1], like for spiking neurons, we can achieve computational tasks with a cognitive nature like classification. For this, we will perform a multifrequency spectroscopy of ultra-low damping magnetic nanostructures in the nonlinear regime [2]. We will use a magnetic resonance force microscope, a home made near field technique able to sensitively detect SW dynamics in individual nanomagnets [4]. To analyze the experimental results and identify configurations useful for reservoir computing based on recurrent neural network, we will also rely on micromagnetic simulations based on an open source python code [5]. In the mid-term, this might allow for a new hardware implementation of reservoir computing that relies on the liquid state machine concept [6] at GHz frequencies, which could be useful for processing telecommunications signals.

This internship will take place in the context of two recently funded projects, one by Europe (k-NET), and another one by the French ANR (MARIN), and will therefore be conducted in a collaborative environment.

References:

- [1] V. Naletov et al., Ferromagnetic resonance spectroscopy of parametric magnons excited by a four-wave process, *Phys. Rev. B* 75, 140405 (2007)
- [2] Y. Li et al., Nutation Spectroscopy of a Nanomagnet Driven into Deeply Nonlinear Ferromagnetic Resonance, *Phys. Rev. X* 9, 041036 (2019)
- [3] W. Maass et al., Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations, *Neural Computation* 14, 2531 (2002)
- [4] O. Klein et al., Ferromagnetic resonance force spectroscopy of individual submicron-size samples, *Phys. Rev. B* 78, 144410 (2008)
- [5] <http://micromagnetics.org/software/>
- [6] C. Fernando & S. Sojakka, Pattern Recognition in a Bucket in *Lecture Notes in Computer Science*, vol 2801 (2003)

Keywords

Magnetization dynamics ; nanomagnetism ; magnonics ; dynamical systems ; neuromorphic computing

Skills

Magnetic force microscopy; high frequency techniques; micromagnetic simulations

Softwares

Python



Imagerie attoseconde de paquets d'ondes électroniques dans les gaz moléculaires

Spécialité Interaction laser-matière

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LIDYL/ATTO](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SALIERES Pascal](#)

+33 1 69 08 63 39

pascal.salieres@cea.fr

Autre lien <http://attolab.fr/>

Résumé

L'étudiant-e produira des impulsions attosecondes à l'aide d'un laser Titane:Saphir intense. Ces impulsions ultrabrèves seront utilisées pour étudier la dynamique ultrarapide d'ionisation de gaz moléculaires, et en particulier, imager en temps réel l'éjection du paquet d'onde électronique.

Sujet détaillé

Ces dernières années, la génération d'impulsions sub-femtosecondes, dites attosecondes ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$), a connu des progrès spectaculaires. Ces impulsions ultrabrèves ouvrent de nouvelles perspectives d'exploration de la matière à une échelle de temps jusqu'alors inaccessible. Leur génération repose sur la forte interaction non linéaire d'impulsions laser infrarouges brèves (~ 20 femtosecondes) et intenses focalisées dans des gaz. On produit ainsi les harmoniques d'ordre élevé de la fréquence fondamentale, sur une large gamme spectrale (160-10 nm) couvrant l'extrême ultraviolet (UVX). Dans le domaine temporel, ce rayonnement cohérent se présente comme un train d'impulsions d'une durée de ~ 100 attosecondes chacune [1]. Pour produire des impulsions attosecondes isolées, il faut réduire la durée des impulsions IR fondamentales à \sim un cycle optique (

Avec ces impulsions attosecondes, il devient possible d'étudier les dynamiques les plus rapides dans la matière, celles associées aux électrons, qui se déroulent naturellement à cette échelle de temps. La spectroscopie attoseconde permet ainsi l'étude de processus fondamentaux tels que la photo-ionisation et s'intéresse à la question : combien de temps faut-il pour arracher un électron à un atome ou une molécule ? La mesure de ces délais d'ionisation est actuellement un sujet "chaud" dans la communauté scientifique. En particulier, l'étude de la dynamique d'ionisation près des résonances permet d'accéder à la construction en temps réel du profil des résonances [2,3], ainsi qu'aux réarrangements électroniques dans l'ion suite à l'éjection de l'électron (migration de charge). Un spectromètre récemment installé permet de mesurer également la distribution angulaire des électrons, nécessaire à la reconstruction du film 3D de l'éjection électronique, et à l'étude des effets de décohérence quantique dus notamment à l'intrication électron-ion [4].

Le travail expérimental comprendra la mise en œuvre d'un dispositif, installé sur le laser FAB1 de l'Équipement d'Excellence ATTOLab, permettant :

- i) la génération d'impulsions attosecondes ;
- ii) leur caractérisation par interférométrie quantique ;
- iii) leur utilisation en spectroscopie de photoionisation (détection d'électrons).

Les aspects théoriques pourront également être abordés. L'étudiant-e sera formé-e en optique ultrarapide, physique atomique et moléculaire, optique quantique, et acquerra une bonne maîtrise de la spectroscopie de particules chargées. La poursuite en thèse est souhaitée.

Références :

- [1] Y. Mairesse, et al., Science 302, 1540 (2003)
- [2] V. Gruson, et al., Science 354, 734 (2016)
- [3] L. Barreau, et al., Phys. Rev. Lett. 122, 253203 (2019)
- [4] C. Bourassin-Bouchet, et al., Phys. Rev. X 10, 031048 (2020)

Mots clés

Physique attoseconde, optique non linéaire, optique quantique

Compétences

Laser femtoseconde intense, génération d'harmoniques d'ordre élevé, interférométrie optique et quantique, spectrométrie de photons UVX, spectrométrie d'électrons

Logiciels

Labview, Python

Attosecond imaging of electronic wavepackets in molecular gases

Summary

The student will generate attosecond pulses using an intense Titanium:Sapphire laser. These ultrashort pulses will be used to investigate the ultrafast ionization dynamics of molecular gases, and in particular, to image in real time the ejection of electronic wavepackets.

Full description

Recently, the generation of sub-femtosecond pulses, so-called attosecond pulses ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$), has made impressive progress. These ultrashort pulses open new perspectives for the exploration of matter at unprecedented timescale. Their generation result from the strong nonlinear interaction of short intense laser pulses (~ 20 femtoseconds) focused in gases. High order harmonics of the fundamental frequency are produced, covering a large spectral bandwidth in the extreme ultraviolet (XUV) range. In the temporal domain, this coherent radiation forms a train of 100-attosecond pulses [1]. The generation of isolated attosecond pulses requires shortening the fundamental laser pulses to single-cycle duration (

With such attosecond pulses, it becomes possible to investigate the fastest dynamics in matter, i.e., electronic dynamics that occur naturally on this timescale. Attosecond spectroscopy thus allows studying fundamental processes, e.g., photo-ionization, in order to answer questions such as: how long does it take to remove one electron from an atom or a molecule? The measurement of attosecond ionization delays is currently a “hot topic” in the scientific community. In particular, the study of the ionization dynamics close to resonances gives access to the buildup in real time of resonance profiles [2,3] and to electronic rearrangements in the ion upon electron ejection (charge migration). A recently installed spectrometer now gives access to the electron angular distribution allowing the reconstruction of the 3D movie of the electron ejection, as well as the investigation of quantum decoherence effects, e.g., induced by ion-photoelectron entanglement [4].

The experimental work will include the development/operation of a setup installed on the FAB1 laser of the ATTOLab Excellence Equipment allowing:

- i) the generation of attosecond XUV pulses,
- ii) their characterization using quantum interferometry,
- iii) their use in photo-ionization spectroscopy (electron detection).

The theoretical aspects could also be developed. The student will be trained in ultrafast optics, atomic and molecular physics, quantum optics and will acquire a good mastery of charged particle spectrometry. The continuation on a PhD project is advised.

[1] Y. Mairesse, et al., *Science* 302, 1540 (2003)

[2] V. Gruson, et al., *Science* 354, 734 (2016)

[3] L. Barreau, et al., *Phys. Rev. Lett.* 122, 253203 (2019)

[4] C. Bourassin-Bouchet, et al., *Phys. Rev. X* 10, 031048 (2020)

Keywords

Attosecond physics, nonlinear optics, quantum optics

Skills

Intense femtosecond laser, high-order harmonic generation, optical and quantum interferometry, spectrometry of XUV photons, electron spectrometry

Softwares

Labview, Python



Déshydratation de l'intermédiaire amorphe : une étape-clé de la cristallisation biologique du CaCO_3

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

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

Résumé

La cristallisation biologique du carbonate de calcium, qui permet l'élaboration de tissus durs chez nombre d'invertébrés, s'effectue à partir d'un matériau amorphe qui subit une déshydratation avant d'acquies un ordre cristallin. Des synthèses modèles seront conduites pour préciser ces mécanismes.

Sujet détaillé

Le carbonate de calcium est le matériau le plus largement utilisé par les invertébrés pour construire leurs tissus durs (coquilles de mollusques et gastéropodes, spicules d'éponges ou de coraux, dard d'amour des gastéropodes, etc.) Des centaines de millions d'année d'évolution ont abouti à des stratégies de synthèse extrêmement performantes qui permettent de façonner ce matériau à volonté, et que nous commençons tout juste à déchiffrer. L'appropriation de ces stratégies par l'homme est un enjeu énorme car elle permettrait de réaliser des synthèses respectueuses de l'environnement, sans apport d'énergie, tout en conduisant à des structures aux morphologies et propriétés mécaniques finement contrôlées.

Nous développons au laboratoire des synthèses modèles de co-précipitation d'ions calcium et carbonate faisant intervenir un intermédiaire amorphe, mimant ainsi ce qu'il se passe lors de l'élaboration de la coquille par l'huître perlière. L'étude de ces synthèses-modèles doit permettre à terme de comprendre les mécanismes de biocristallisation en reliant la structure finale du cristal au chemin de cristallisation emprunté.

L'objectif de ce stage est de préciser, d'une part, les mécanismes d'apparition de l'intermédiaire amorphe et, d'autre part, son chemin de cristallisation. Un intérêt particulier sera porté à la cinétique de déshydratation de l'amorphe, avant cristallisation, sous différentes conditions environnementales (humidité relative, température). Celle-ci pourra notamment être étudiée par microscopie optique (rotors moléculaires fluorescents permettant de sonder la viscosité locale), spectroscopie Raman, ou encore par analyse thermogravimétrique couplée à de la calorimétrie différentielle (ATG-DSC).

Références :

1. L. Addadi, S. Raz, S. Weiner, Adv. Mater. 2003, 15, 959-970.
2. H. Du et E. Amstad, Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, 1798 – 1816 .
3. F. Mastropietro, et al. , Nature 2017, 16, 946-953.

Compétences recherchées : de bonnes compétences en expérimentation, analyse de données et écriture de rapports sont indispensables.

Mots clés

Biominéralisation, nucléation non classique, carbonate de calcium amorphe, microscopie optique.

Compétences

Chimie des solutions, microscopie optique, spectroscopie Raman, ATG-DSC, cryo-TEM

Logiciels

Windows standard softwares

Amorphous intermediate dehydration: a key step in CaCO₃ biological crystallisation

Summary

The biological crystallization of calcium carbonate, which allows the development of hard tissues in many invertebrates, takes place from an amorphous material which undergoes dehydration before acquiring a crystalline order. Model syntheses will be conducted in order to specify these mechanisms.

Full description

Calcium carbonate is the material that is most widely used by invertebrates to build their hard tissues (shell of molluscs and gastropods, spicules of sponges or corals, love dart of gastropods, etc.) Hundreds of millions of years of evolution have resulted in extremely powerful synthesis strategies, which allow this material to be shaped at will, and which we are just beginning to decipher. The appropriation of these strategies by humans is a huge stake because it would make it possible to carry out environmentally friendly syntheses, without large input of energy, while leading to structures with finely controlled morphologies and mechanical properties.

In the laboratory, we are developing model syntheses of calcium and carbonate ion co-precipitation involving an amorphous intermediate, thus mimicking what happens during the production of the shell by the pearl oyster. The study of these model syntheses should ultimately make it possible to understand the mechanisms of biomineralization by connecting the final structure of the crystal to a path of crystallization.

The aim of this internship is to specify, on the one hand, the mechanisms of appearance of the amorphous intermediate and, on the other hand, its path of crystallization. Particular interest will be paid to the kinetics of dehydration of the amorphous before crystallization, under different environmental conditions (relative humidity, temperature). This will in particular be studied by optical microscopy (fluorescent molecular rotors for probing the local viscosity), Raman spectroscopy or using thermogravimetric analysis coupled with differential calorimetry (ATG-DSC).

References:

1. L. Addadi, S. Raz, S. Weiner, *Adv. Mater.* 2003, 15, 959–970.
2. H. Du et E. Amstad, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59, 1798 – 1816 .
3. F. Mastropietro, et al. , *Nature* 2017, 16, 946-953.

Skills required: good experimental, analysis and reporting skills are mandatory.

Keywords

Biomineralisation, nonclassical nucleation, amorphous calcium carbonate, optical microscopy, differential scanning calorimetry.

Skills

Solution chemistry, optical microscopy, Raman spectroscopy, ATG-DSC, cryo-TEM

Softwares

Windows standard softwares



Contrôle de la séparation des phases dans les systèmes de matière active

Spécialité Physique statistique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/SPHYNX](#)

Candidature avant le 12/05/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [NARDINI Cesare](#)

+33 1 69 08 7072

cesare.nardini@cea.fr

Autre lien

<https://scholar.google.fr/citations?user=F5AitakAAAAJ&hl=en>

Résumé

Les systèmes actifs, depuis les volées d'oiseaux jusqu'aux colloïdes autopropulsés, présentent des comportements collectifs fascinants, cruciaux à la fois en biologie et pour l'ingénierie future d'une nouvelle classe de matériaux mous. Nous étudierons et, nous l'espérons, contrôlerons l'un des plus importants d'entre eux, tant sur le plan informatique qu'analytique, en utilisant des techniques de mécanique statistique hors équilibre.

Sujet détaillé

Examples of active systems, formed of units that are able to extract energy from the environment and dissipate it to self-propel, are found everywhere in nature: flocks of birds, animal swarms, suspensions of bacteria or tissues are all biological active systems. Recently, scientists have built synthetic active systems using catalytic colloidal particles or micro-robots; active matter is a class of soft materials capable of new forms of self-organization. Furthermore, these systems have theoretically fascinating properties, a fact that drove a very intense research activity lately. Future applications may encompass the engineering self-assembling materials using active units, considered as a defining agenda in the community.

Large assemblies of active units display collective phenomena that are absent in equilibrium. One of the most ubiquitous is phase separation: unlike in equilibrium systems, even repulsive but active particles phase separate into dense and dilute phases. In some cases, this resemble to liquid-vapor phase separation of standard fluids. Due to broken time-reversibility, however, phase separation in active systems often shows very different features from a liquid-vapor phase separation, and currents in the steady state. For example, the dense regions can support a population of mesoscopic vapor bubbles (bubbly phase separation, qualitatively resembling to a boiling liquid), or the vapor-liquid interface is unstable, giving rise to active foam states.

Non-equilibrium types of phase separation arising in active systems. Shown is the density field (bright colors denote dense regions). Bubbly phase separation (Left) and an active foam state (Right). One of the main goals of this project is to control such phases in particle-based models.

The main open theoretical question is how to control these novel states of matter in terms of microscopically tunable parameters. The main goal of this internship, with possible extension to a PhD (subjected on funding), is to fill this gap. We will employ both analytical and numerical techniques, such as direct numerical simulations of particle systems and of continuum descriptions of the system (field theories). If successful, this work will provide a guide for experimentalists to design novel self-assembling materials using active units. Given the ubiquity of phase separation in non-equilibrium contexts, we will further explore the relevance of these results to other out-of-equilibrium systems, such as biological tissues and granular materials. If the stage continues with a PhD, the work will be inscribed in a larger collaboration ongoing with researchers in the UK (Cambridge) and Sweden (Lund).

References :

- E. Thjung, C. Nardini, M.E. Cates, Cluster phases and bubbly phase separation in active fluids: reversal of the Ostwald process, PRX, 8, 031080, 2018
- J. Tailleur, M.E. Cates, Motility-Induced phase separation, Ann. Rev. Cond. Mat., 6, 219, 2015
- G. Gompper et al., The 2020 motile active matter roadmap, Journal of Physics: Condensed Matter 20, 193001, 2020

Mots clés

Theoretical physics; Soft matter

Compétences

Simulations of particle models and continuum theories using molecular dynamics, finite difference and pseudo-spectral codes. Stochastic analysis, stochastic field theories, path integrals, disordered systems. Coarse graining techniques / kinetic theories.

Logiciels

Controlling phase separation in active systems

Summary

Active systems, from flocks of birds to self-propelled colloids, show fascinating collective behaviors crucial both in biology and for the future engineering of a new class of soft materials. We will study, and hopefully control, one of the most important of these both computationally and analytically by using techniques from non-equilibrium statistical mechanics.

Full description

Examples of active systems, formed of units that are able to extract energy from the environment and dissipate it to self-propel, are found everywhere in nature: flocks of birds, animal swarms, suspensions of bacteria or tissues are all biological active systems. Recently, scientists have built synthetic active systems using catalytic colloidal particles or micro-robots; active matter is a class of soft materials capable of new forms of self-organization. Furthermore, these systems have theoretically fascinating properties, a fact that drove a very intense research activity lately. Future applications may encompass the engineering self-assembling materials using active units, considered as a defining agenda in the community.

Large assemblies of active units display collective phenomena that are absent in equilibrium. One of the most ubiquitous is phase separation: unlike in equilibrium systems, even repulsive but active particles phase separate into dense and dilute phases. In some cases, this resembles liquid-vapor phase separation of standard fluids. Due to broken time-reversibility, however, phase separation in active systems often shows very different features from a liquid-vapor phase separation, and currents in the steady state. For example, the dense regions can support a population of mesoscopic vapor bubbles (bubbly phase separation, qualitatively resembling to a boiling liquid), or the vapor-liquid interface is unstable, giving rise to active foam states.

Non-equilibrium types of phase separation arising in active systems. Shown is the density field (bright colors denote dense regions). Bubbly phase separation (Left) and an active foam state (Right). One of the main goals of this project is to control such phases in particle-based models.

The main open theoretical question is how to control these novel states of matter in terms of microscopically tunable parameters. The main goal of this internship, with possible extension to a PhD (subjected on funding), is to fill this gap. We will employ both analytical and numerical techniques, such as direct numerical simulations of particle systems and of continuum descriptions of the system (field theories). If successful, this work will provide a guide for experimentalists to design novel self-assembling materials using active units. Given the ubiquity of phase separation in non-equilibrium contexts, we will further explore the relevance of these results to other out-of-equilibrium systems, such as biological tissues and granular materials. If the stage continues with a PhD, the work will be inscribed in a larger collaboration ongoing with researchers in the UK (Cambridge) and Sweden (Lund).

References:

- E. Thjung, C. Nardini, M.E. Cates, Cluster phases and bubbly phase separation in active fluids: reversal of the Ostwald process, PRX, 8, 031080, 2018
- J. Tailleur, M.E. Cates, Motility-Induced phase separation, Ann. Rev. Cond. Mat., 6, 219, 2015
- G. Gommper et al., The 2020 motile active matter roadmap, Journal of Physics: Condensed Matter 20, 193001, 2020

Keywords

Theoretical physics; Soft matter

Skills

Simulations of particle models and continuum theories using molecular dynamics, finite difference and pseudo-spectral codes. Stochastic analysis, stochastic field theories, path integrals, disordered systems. Coarse graining techniques / kinetic theories.

Softwares



Récupération des métaux par voie électrochimique

Spécialité Electrochimie

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LICSEN](#)

Candidature avant le 25/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GABRIEL Jean-Christophe](#)
+33 6 76 04 35 59
jean.gabriel@cea.fr

Autre lien <https://www.ntu.edu.sg/scarce>

Résumé

La méthode d'électrodéposition est largement appliquée en industrie pour récupérer les métaux des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). L'objectif principal de ce stage de recherche est de démontrer une approche électrochimique viable de récupération des métaux en milieu non aqueux.

Sujet détaillé

Le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques retient de plus en plus l'attention, en raison de la présence de métaux précieux ou de métaux stratégiques, et du manque accru de ressources minérales naturelles. La récupération de ces métaux est donc devenue un axe de recherche prioritaire.

Suite à la collecte, au tri et aux traitements physiques ou/et chimiques des déchets, les métaux dans les déchets sont sous forme des cations métalliques. Ces derniers sont purifiés et concentrés par extraction (via l'usage de molécules extractantes permettant la formation de complexes).

En industrie, l'électrodéposition est une technique bien développée pour produire des revêtements métalliques sur une surface conductrice en utilisant un courant appliqué.

Le but de stage est d'aider à établir une approche permettant la récupération des métaux sous forme métallique par voie électrochimique. Cette récupération doit pouvoir être faite en milieu non aqueux, de façon sélective, et la récupération des molécules extractantes est primordiale (pour permettre leur réutilisation).

Nous cherchons pour ce stage un/une étudiant(e) en Master 2 motivé(e) et rigoureux(se), qui possède impérativement une solide formation en électrochimie. Préférentiellement, il/elle devra également avoir des connaissances en ingénierie chimique (extraction liquide-liquide). Le sujet faisant partie d'un projet à l'international (France et Singapour), un excellent niveau d'anglais est requis.

Pour candidater, veuillez envoyer un CV et une lettre de motivation au Dr. Jean-Christophe Gabriel jean-christophe.gabriel@cea.fr et Yuemin Deng yuemin.deng@cea.fr

Mots clés

Génie chimique; extraction liquide-liquide; mécanique

Compétences

Potentiostat; Microscopie; Synthèse; XRF; ICP; AFM, SEM, DRX

Logiciels

MS Office; Python/labview is a plus

Electrochemical metal recovery

Summary

The electrodeposition is widely applied in industry to recover metals from waste electrical and electronic equipment (WEEE). The main objective of this research internship is to demonstrate a viable electrochemical approach to recover metals in a non-aqueous environment.

Full description

E-waste recycling has lately attracted more attention due to the presence of precious and strategic metals, in a context where the lack of natural mineral resources has been growing. Metal recovery from e-waste has therefore become a priority over metal mining.

Following the collection, sorting and physical or/and chemical treatments, the metals from e-waste are in their cationic forms. During a liquid-liquid extraction process, the metallic cations are complexed with chelating molecules, which were prior synthesized.

Electrochemical methods such as electrodeposition or electroplating have been extensively used in the metal recovery industry. Electrodeposition is a well-established technology to produce metallic coatings on conducting surface using an applied current.

The aim of this internship is to help to establish an approach allowing the recovery of desired metals using electrochemical methods (reduction). The recovery of the chelating molecules is also a priority, due to the intention of using them again.

For this internship, we are looking for a motivated and rigorous student completing their last year of Master, who has a solid background in electrochemistry. Ideally, the student should also have knowledge of chemical engineering (liquid-liquid extraction). The subject is part of an international scientific project between France and Singapore, therefore an excellent level of English is required.

To apply, please send a CV and a cover letter to Dr. Jean-Christophe Gabriel jean-christophe.gabriel@cea.fr and Yuemin Deng yuemin.deng@cea.fr

Keywords

Chemical Engineering; liquid-liquid extraction; mechanics

Skills

Potentiostat; microscopy; synthesis; XRF; ICP; AFM, SEM, DRX

Softwares

MS Office; Python/labview is a plus



Modélisation de l'interaction microplastique-biomolécules

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 08/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

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

Résumé

Le sujet de stage porte sur une problématique actuelle à la fois environnementale et de santé publique, la pollution par les plastiques. Dans ce cadre, le candidat poursuivra des études de simulation par dynamique moléculaire de l'adsorption de peptides sur une surface de polyéthylène, incluant les aspects adsorption en milieu marin ou avec des plastiques vieillis.

Sujet détaillé

Depuis les années 1950, plus de 9 milliards de tonnes de plastique ont été produites (Fuhr, Franklin et Schächtele 2020), et entre 4 et 12 millions de tonnes seraient déversées chaque année dans les océans ou les sédiments océaniques (Jambeck, Geyer et Wilcox 2015). Les plastiques vont se fragmenter et se dégrader sous l'action des UV, l'agitation mécanique, ... en particules plus petites (

Mots clés

Biochimie

Compétences

Modélisation moléculaire

Logiciels

Modeling of the microplastic-biomolecule interaction

Summary

The internship topic is related to a current environmental and public health issue: pollution by plastics. In this context, the candidate will pursue molecular dynamics simulation studies of peptide adsorption on a polyethylene surface, including adsorption aspects in marine environment or with aged plastics.

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Ciments écologiques et structure vitreuse des pouzzolanes

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LSI](#)

Candidature avant le 29/04/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [de NOIRFONTAINE Marie-Noelle](#)

+33 1 69 33 44 83

marie-noelle.de-noirfontaine@polytechnique.edu

Résumé

La contribution du secteur cimentier aux émissions de CO₂ est de l'ordre de 5 à 7%. Ceci est lié au processus de cuisson à température élevée (1450°C) et à la décarbonatation thermique du calcaire, qui conduit à la formation du clinker. La réduction de l'empreinte environnementale des ciments est ainsi l'enjeu majeur de l'industrie cimentière pour les 5 ans à venir. En marge des travaux d'ingénierie du procédé cimentier, la voie la plus immédiate consiste à substituer le plus possible le clinker par des matrices silico- alumineuse plus ou moins riches en calcium, sans pour autant diminuer les performances mécaniques.

L'objectif du stage est, à partir d'un échantillonnage approprié de pouzzolanes volcaniques et sédimentaires naturelles, de laitiers de haut fourneau, de cendres volantes silico-alumineuses, de cendres volantes calciques et de fumées de siliceuses plus ou moins calciques, de mesurer la position du maximum du halo de diffusion de ces matériaux vitreux et son évolution en fonction de la chimie. Cette caractéristique structurale obtenue à partir des mesures de diffraction des Rayons X pourra être corrélée avec les propriétés de réactivité. Ces éléments pourraient s'avérer utiles pour la sélection et le contrôle prédictif des matériaux. Ils pourraient également être utilisés pour l'identification à posteriori de la nature des constituants dans les ciments.

Sujet détaillé

A l'échelle mondiale, la contribution du secteur cimentier aux émissions de CO₂ est de l'ordre de 5 à 7%. Cette contribution est liée au processus de cuisson du cru (mélange de 75% de calcaire et 25% d'argile) et qui résulte d'une part de la décarbonatation thermique du calcaire et d'autre part des émissions thermiques du fait de la température de cuisson à 1 450 °C. Le résultat de la cuisson est appelé "clinker", composé de deux silicates et deux aluminates de calcium et constitue le "principe actif" hydraulique des ciments. C'est ce clinker qui porte l'essentiel de la charge en CO₂ (850kg CO₂/t Clinker).

La production de ciment se fait à partir du clinker, toujours associé à une petite quantité (5%) de gypse (ciment CEM I), et de plus en plus intensément associé à différents constituants aux propriétés hydrauliques latentes ou pouzzolaniques, qui peuvent être naturels comme la pouzzolane volcanique, ou issus d'industries voisines comme le

laitier de haut fourneau, les cendres volantes, les fumées de silice ou le métakaolin (ciments CEM II, II, IV et V de la norme EN 197-1). Ces matières ont une charge réduite en CO₂ soit parce qu'elles sont naturelles, soit parce qu'elles sont considérées comme des déchets, le CO₂ étant porté par le produit final (acier, électricité, ...). Incorporées dans le ciment, elles contribuent à la baisse de l'empreinte environnementale des ciments par simple effet de dilution. Toutefois la dilution se porte également sur les performances mécaniques, la baisse des propriétés étant schématiquement d'autant plus forte que la teneur en constituant principal (autre que le clinker) est forte. Il est donc crucial de sélectionner les matériaux les plus performants et de déterminer les combinaisons les plus efficaces pour limiter cette baisse de performance.

La réduction de l'empreinte environnementale des ciments est l'enjeu majeur de l'industrie cimentière pour les 5 ans à venir. En marge des travaux d'ingénierie du procédé cimentier, la voie la plus immédiate consiste à substituer le plus possible le clinker par des matrices silico- alumineuse plus ou moins riches en calcium, sans pour autant diminuer les performances mécaniques. Leur réactivité pouzzolanique en milieu basique repose en partie sur le caractère vitreux ou mal cristallisés de leur structure et en partie sur leur composition chimique silico- alumineuse bien qu'assez variable.

Des résultats récents obtenus par diffraction des rayons X (DRX) ont montré une évolution de la position du maximum du halo de diffusion de la phase vitreuse de différents composés en relation avec la composition chimique dans le diagramme ternaire CaO-SiO₂-Al₂O₃. Lorsque que l'on trace l'évolution de la position du maximum du halo de diffusion en fonction de la composition chimique, on constate une évolution régulière avec la teneur en calcium (la position angulaire se décalant vers les grands angles). Inversement, une augmentation de la teneur en silicium tend à décaler le pic du halo vers les bas angles. Avec l'aluminium, la tendance semble similaire à celle du calcium à l'exception des deux points représentatifs des laitiers.

Mots clés

Matériaux Cimentaires, Master Sciences des Matériaux

Compétences

Réactivité des solides, expérimentation. Bonne maîtrise de la langue anglaise et française (analyse bibliographie). Interaction avec les doctorants, techniciens et enseignant-chercheurs et rédaction d'un rapport de recherche

Logiciels

Ecological cements and glassy structure of pozzolans

Summary

The contribution of the cement sector to CO₂ emissions is in the order of 5 to 7%. This is linked to the high temperature firing process (1450°C) and the thermal decarbonation of limestone, which leads to the formation of clinker. Reducing the environmental footprint of cements is thus the major challenge for the cement industry over the next 5 years. Besides the engineering works of the cement process, the most immediate way consists in substituting the clinker by silico-aluminous matrices more or less rich in calcium, without reducing the mechanical performances. The objective of the internship is, from an appropriate sampling of volcanic and sedimentary pozzolans, blast furnace slags, silico-aluminous fly ashes, calcic fly ashes and more or less calcic siliceous fumes, to measure the position of the maximum of the diffusion halo of these glassy materials and its evolution according to the chemistry. This structural characteristic obtained from the X-ray diffraction measurements could be correlated with the reactivity properties. These elements could be useful for the selection and predictive control of materials. They could also be used for the identification of the nature of the constituents in cements.

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Étude de la cinétique de graphitisation de surface des nanodiamants

Spécialité Chimie des matériaux

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LEDNA](#)

Candidature avant le 28/01/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [ARNAULT Jean-Charles](#)
+33 1 69 08 71 02
jean-charles.arnault@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage est de contribuer à l'étude de la cinétique de formation de structures graphitiques en surface de nanodiamants et les propriétés colloïdales des structures sp²/sp³ obtenues. L'influence de traitements thermiques sera plus particulièrement étudié par spectroscopies IR, RAMAN et XPS, observations en HR-TEM et par diffraction des rayons X.

Sujet détaillé

Le contrôle de la graphitisation de surface des nanoparticules de diamant ou nanodiamants est un enjeu important pour le développement de ce nano-carbone. La possibilité d'ajuster finement la cristallinité d'une couche graphitique en extrême surface de la particule permettrait d'améliorer leur propriétés catalytiques et électroniques [1], mais aussi leur potentiel pour la thérapie par photothermie [2]. Une étude, que nous venons de publier, met en évidence l'effet de l'atmosphère de recuit sur la graphitisation de surface de nanodiamants de détonation [3]. Les traitements thermiques des nanoparticules ont été réalisés pendant 4 heures sous vide ou sous argon à des températures comprises entre 800°C et 1100°C. D'après les observations faites en microscopie électronique à haute résolution (HR-TEM), seule la couche périphérique des nanodiamants montre la présence de reconstructions graphitiques après un recuit à 1100°C.

Ce stage de recherche vise à mieux comprendre la cinétique de formation de ces reconstructions graphitiques à la surface des nanodiamants. Pour cela, des traitements thermiques de durée variable seront appliqués pour une même température. L'influence de la source des nanodiamants sera également étudiée. Une telle approche conduira ainsi à étudier l'influence de la température de recuit sur la cinétique de graphitisation. Les modifications induites par ces recuits sur la chimie de surface et l'hybridation du carbone seront étudiées par les spectroscopies IR, RAMAN et XPS. Des observations en HR-TEM et des mesures en diffraction des rayons X permettront de déterminer finement l'évolution de la structure cristalline et de la morphologie des nanodiamants. Enfin, les éventuelles propriétés colloïdales de ces nano-hybrides sp²/sp³ seront également évaluées par diffusion dynamique de la lumière.

Références :

-
- [1] Y. Lin et al., Catalysis by hybrid sp²/sp³ nanodiamonds and their role in the design of advanced nanocarbon materials. *Chem. Soc. Rev.* 2018, 47, 8438–8473, doi:10.1039/c8cs00684a.
- [2] K. Yang et al., The influence of surface chemistry and size of nanoscale graphene oxide on photothermal therapy of cancer using ultra-low laser power. *Biomaterials* 2012, 33, 2206–2214, doi:10.1016/j.biomaterials.2011.11.064.
- [3] New insights into the reactivity of detonation nanodiamonds during the first stages of graphitization
F. Ducrozet, H. A. Girard, J. Leroy, E. Larquet, I. Florea, E. Brun, C. Sicard-Roselli and Jean-Charles Arnault, [Nanomaterials 2021, 11, 2671](#).

Mots clés

nanodiamants; chimie de surface; graphitisation

Compétences

Spectroscopies IR, RAMAN et XPS HR-TEM, diffraction des rayons X, Diffusion dynamique de la lumière.

Logiciels

Study of the kinetics of surface graphitization of nanodiamonds

Summary

The objective of the internship is to contribute to the study of the formation kinetics of graphitic structures at the surface of nanodiamonds and the colloidal properties of the obtained hybrid sp²/sp³ structures. The influence of thermal treatments will be studied by IR, RAMAN and XPS spectroscopies, HR-TEM observations and X-ray diffraction.

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Génération d'impulsions attosecondes portant un moment angulaire orbital dans des réseaux transitoires

Spécialité Interaction laser-matière

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LIDYL/ATTO](#)

Candidature avant le 31/05/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [RUCHON Thierry](#)

+33 1 69 08 70 10

thierry.ruchon@cea.fr

Résumé

Au cours de ce stage, l'étudiant mettra en place, sur un laser femtoseconde intense, un dispositif interférométrique pour étudier, lors de la génération d'impulsions attosecondes, les couplages entre moment angulaires orbitaux et de spin de la lumière. Ce stage d'expérimentation met en jeu des concepts d'optique non linéaire, d'optique quantique et d'interaction laser matière.

Sujet détaillé

Résumé

Ces dernières années, la génération d'impulsions sub-femtosecondes, dites attosecondes ($1\text{as}=10^{-18}\text{s}$), a connu des progrès spectaculaires. Ces impulsions ultrabrèves ouvrent de nouvelles perspectives d'exploration de la matière à une échelle de temps jusqu'alors inaccessible. Leur génération repose sur l'interaction très fortement non linéaire d'impulsions laser brèves (10 à 50 femtosecondes) et intenses avec des gaz atomiques ou moléculaires. On produit ainsi les harmoniques d'ordre élevé de la fréquence fondamentale, sur une large gamme spectrale (160-10 nm) couvrant l'extrême ultraviolet (UUV). Dans le domaine temporel, ce rayonnement cohérent se présente comme un train d'impulsions d'une durée de quelques 100 attosecondes [MdF+03]. Une des voies d'application de ces impulsions est leur utilisation dans des schémas pompe-sonde. Un échantillon de gaz ou un solide est porté dans un état excité par une première impulsion IR et une deuxième, l'impulsion attoseconde, vient le sonder à un délai ajustable, moins d'une femtoseconde plus tard. L'impulsion attoseconde ayant un spectre dans l'XUV elle photoionise les échantillons. Il y a donc deux façons de "lire" l'interaction: en analysant le défaut de photons transmis ou réfléchis, ou les photoélectrons émis. Jusqu'à présent, ces techniques ont été utilisées en sondant la matière avec un rayonnement attoseconde polarisé linéairement et présentant un front d'onde à symétrie cylindrique. Récemment, nous avons étendu la gamme de ces expériences en utilisant d'une part des impulsions polarisées circulairement [FHD+15], d'autre part, des impulsions dont le front d'onde est hélicoïdal [GCA+16, GRA+17, CBA+19]. Alors que les premières sont associées à des photons portant un moment angulaire de spin, les secondes correspondent à des photons portant un moment angulaire orbital. Les perspectives sont à la fois appliquées, en particulier à la femtochimie de molécules chirales ou la magnétisation ultrarapide [FBV+21, FPP+21], et fondamentales, en particulier liées aux lois de conservation des

moments angulaires dans les processus d'optique non linéaire.

Au cours de ce stage, nous proposons de mettre en place un dispositif optique original permettant de tester les lois de conservation des moments angulaires au cours du phénomène extrêmement non linéaire à la base de la synthèse d'impulsions attosecondes, la génération d'harmoniques d'ordre élevé (GHOE). Celle-ci est maintenant établie pour des faisceaux courts (≈ 25 fs) : l'harmonique q du faisceau généré porte simplement q fois la charge de moment angulaire orbital du faisceau pilote. En revanche, pour des impulsions ultracourtes ($\lesssim 10$ fs), le spectre généré devient progressivement continu, faisant apparaître des harmoniques non entières du faisceau pilote. La question qui se pose est la forme et la distribution en moment du faisceau généré. Nous mettrons en œuvre deux faisceaux femtoseconde intenses, qui se croiseront dans un gaz atomique où aura lieu la GHOE. À cet endroit, les deux faisceaux formeront un réseau transitoire dont nous varierons l'épaisseur et la profondeur. Chacun des deux faisceaux pourra porter un moment angulaire de spin et/ou un moment angulaire orbital, ajustable rapidement. Le diagnostic de l'interaction se fera à la fois par polarimétrie du rayonnement XUV, et par mesure du moment angulaire orbital par interférométrie. Outre les aspects fondamentaux mis en jeu, la mise au point de cette technique ouvrira des champs d'explorations nouveaux comme par exemple l'étude de birefringences ou dichroïsmes transitoires attosecondes qui donneront une nouvelle image des processus à l'œuvre dans des systèmes asymétriques à cette échelle de temps. Ce stage sera effectué sur les lasers FAB1 & 10 d'Attolab

Compétences développées

Le ou la stagiaire acquerra une pratique de l'optique des lasers femtoseconde et des techniques de spectrométrie de particules chargées. Il ou elle étudiera également les processus de physique des champs forts sur lesquels se basent la génération d'harmonique d'ordre élevé. Finalement des développements théoriques pourront également être inclus selon les goûts du ou de la candidat(e). La poursuite en thèse est possible après un M2.

Compétences requises

Des compétences en optique, physique atomique et moléculaires seront appréciées pour un stage de M2.

Références :

- [CBA+19] Chappuis, C. et al., 2019. *Physical Review A*, 99(3). [-10.1103/-physreva.99.033806](https://doi.org/10.1103/physreva.99.033806)
- [FBV+21] Fanciulli, M. et al., 2021. *Physical Review A*, 103(1). [-10.1103/-physreva.103.013501](https://doi.org/10.1103/physreva.103.013501)
- [FHD+15] Ferré, A. et al., 2015. *Nature Photonics*, 9, 93. [-10.1038/-nphoton.2014.314](https://doi.org/10.1038/nphoton.2014.314)
- [FPP+21] Fanciulli, M. et al., 2021. Observation of magnetic helicoidal dichroism with extreme ultraviolet light vortices. [arxiv.org/-abs/-2103.13697](https://arxiv.org/abs/2103.13697)
- [GCA+16] Généaux, R. et al., 2016. *Nature Communications*, 7, 12583. [-10.1038/-ncomms12583](https://doi.org/10.1038/ncomms12583)
- [GRA+17] Gauthier, D. et al., 2017. *Nature Communications*, 8, 14971. [10.1038/-ncomms14971](https://doi.org/10.1038/ncomms14971)
- [MdF+03] Mairesse, Y. et al., 2003. *Science*, 302(5650), 1540. [-10.1126/-science.1090277](https://doi.org/10.1126/science.1090277)

Mots clés

Physique attoseconde, magnéto-optique

Compétences

Laser femtoseconde, Optiques XUV Méthodes de caractérisation temporelles d'impulsions brèves Post-compression d'impulsions lumineuses

Logiciels

Python

Generation of attosecond pulses carrying an Orbital Angular moment in transient gratings

Summary

During this training, the student will set up, on an intense femtosecond laser, an interferometric device to study, during the generation of attosecond pulses, the couplings between angular orbital moment and spin angular moment of light. This experimental training will require concepts of nonlinear optics, quantum optics and laser-matter interaction.

Full description

Summary

In recent years, the generation of sub-femtosecond pulses, so-called attoseconds ($1\text{as} = 10^{-18}\text{s}$), has seen spectacular progress. These ultra-short pulses open up new prospects for the exploration of matter on a previously inaccessible scale of time. Their generation is based on the highly nonlinear interaction of short (10 to 50 femtosecond) intense laser pulses with atomic or molecular gases. The high-order harmonics of the fundamental frequency are produced over a wide spectral range (160-10 nm) covering the extreme ultraviolet spectral range (XUV). In the temporal domain, this coherent radiation appears as a train of light pulses lasting some 100 attoseconds [MdF+03]. One way of applying these pulses is their use in pump-probe schemes. A gas sample is brought into an excited state by a first IR pulse and a second attosecond pulse, is shine at an adjustable delay, less than one femtosecond later. The attosecond pulse having a spectrum in the XUV it photoionizes the samples. There are thus two ways of "reading" the interaction: by analyzing the defect of transmitted or reflected photons or the photoelectrons emitted. Until now, these techniques have been used by probing the material with linearly polarized attosecond radiation having a cylindrical symmetric wavefront. Recently, we have extended the range of these experiments using, on the one hand, circularly polarized pulses [FHD+15] and, on the other hand, pulses whose wave front is helical [GCA+16, GRA+17, CBA+19]. While the former are associated with photons carrying an angular spin moment, the latter correspond to photons carrying an orbital angular momentum. The prospects are both applied, in particular to the femtochemistry of chiral molecules or ultrafast magnetization [FBV+21, FPP+21], and fundamental, in particular related to the laws of conservation of angular moments in the processes of nonlinear optics.

During this training, we propose to set up a unique optical device to test the laws of conservation of the angular momenta during the extremely nonlinear phenomenon at the base of the synthesis of attosecond pulses, the generation of high order harmonics (HHG). This is now established for short beams ($\approx 25\text{fs}$): the harmonic q of the generated beam simply carries q times the orbital angular momentum carried by the driving beam. On the other hand, for ultrashort pulses ($\leq 10\text{fs}$), the generated spectrum becomes progressively continuous, causing non-integer harmonics of the driving beam to appear. The question which arises is the shape and the momentum distribution of the generated beam. We will implement two femtosecond intense beams, which will intersect in an atomic gas where the HHG will take place. At this point, the two beams will form a transient grating whose thickness and depth will be adjustable. Each of the two beams will carry an angular moment of spin and / or an orbital angular moment, adjustable rapidly. The diagnosis of the interaction will be carried out by both polarimetry of the XUV radiation and by measurement of the orbital angular momentum by interferometry. In addition to the fundamental aspects involved, the development of this technique will open new fields of investigation, such as the study of birefringences or transient attosecond dichroism which will give a new image of the processes at work in asymmetric systems at this time scale. This training will be hosted on Attabab FAB1 & 10 lasers

Acquired know hows

The trainee will acquire a practice of femtosecond lasers and charged particle spectrometry techniques. He or she will also study strong fields physics on which the high harmonic generation is based. Finally, theoretical developments may also be included depending on the candidate's tastes. The pursuit in PhD thesis is desired for a M2 internship.

Required skills

Skills in optics, atomic and molecular physics will be appreciated for a M2 student.

References :

[CBA+19] Chappuis, C. et al., 2019. Physical Review A, 99(3). [10.1103/physreva.99.033806](#)
[FBV+21] Fanciulli, M. et al., 2021. Physical Review A, 103(1). [10.1103/physreva.103.013501](#)
[FHD+15] Ferré, A. et al., 2015. Nature Photonics, 9, 93. [10.1038/nphoton.2014.314](#)
[FPP+21] Fanciulli, M. et al., 2021. Observation of magnetic helicoidal dichroism with extreme ultraviolet light vortices. [arxiv.org/abs/2103.13697](#)
[GCA+16] Géneaux, R. et al., 2016. Nature Communications, 7, 12583. [10.1038/ncomms12583](#)
[GRA+17] Gauthier, D. et al., 2017. Nature Communications, 8, 14971. [10.1038/ncomms14971](#)
[MdF+03] Mairesse, Y. et al., 2003. Science, 302(5650), 1540. [10.1126/science.1090277](#)

Keywords

Attosecond physics, magneto-optics

Skills

Femtosecond laser, XUV optics Short pulse temporal characterization methods Post-compression of light pulses

Softwares

Python



Matériau photochromique pour le calcul neuromorphique optique

Spécialité Optoélectronique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LEPO](#)

Candidature avant le 20/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [CHARRA Fabrice](#)

+33 1 69 08 97 22/19 76

fabrice.charra@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage de master 2 est de caractériser les capacités de commutation optique d'un film mince de polymère d'azobenzène et d'évaluer la faisabilité de sa mise en oeuvre en tant que synapse optique en calcul neuromorphique.

Sujet détaillé

Le projet de master est ouvert dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire (ANR et Labex NanoSaclay) consacré à l'exploration de l'apport possible des matériaux photochromiques dans le calcul optique neuromorphique. Aux côtés du Service de Physique de l'État Condensé (SPEC, CEA-Saclay, site de l'Orme des Merisiers), le projet implique des équipes de l'ENS Paris-Saclay pour le développement de matériaux photochromiques et du C2N pour leur mise en oeuvre dans des réseaux optiques neuronaux. L'objectif du projet de master est de caractériser les caractéristiques photophysiques et de commutation optique d'un film mince à base d'un polymère photochromique commercial. Le matériau sera implémenté dans une synapse optique artificielle modèle pour la connexion pondérée de deux neurones optiques.

Les principales missions du projet de master sont :

- Le dépôt de films minces de polymères photochromiques.
- La mesure des changements d'indice photoinduits transitoires dans le film polymère.
- L'analyse par AFM des motifs photo-induits formés à la surface du polymère.

Ces données permettront de concevoir une configuration optimisée pour une interconnexion optique contrôlée par la lumière (modèle de synapse optique) entre deux microlasers IR (modèles de neurones optiques). Le projet de master sera mené en étroite collaboration avec les partenaires du programme de recherche, et sera suivi d'une thèse de 3 ans avec un financement déjà acquis de ANR.

Mots clés

Photonique, Physique de l'état condensé, Sciences des matériaux

Compétences

Microspectroscopie laser, Microscopie à force atomique (AFM), Dépôt de films polymère par centrifugation.

Logiciels

Python

Photochromic material for optical neuromorphic computing

Summary

The goal of the master project is to characterize the optical-switching capabilities of an azobenzene polymer thin film and assess the feasibility of its implementation as an optical synapse in neuromorphic computing.

Full description

The master project is open in the framework of a multidisciplinary project (ANR and NanoSaclay Labex) devoted to exploring the possible input of photochromic materials in neuromorphic optical computing. Beside the "Service de Physique de l'État Condensé" (SPEC, CEA-Saclay, Orme des Merisiers site) the project involves teams from ENS Paris-Saclay for photochromic material development and C2N for implementation into neuronal optical networks. The goal of the master project is to characterize the photophysical and optical-switching characteristics of a thin-film based on a commercial photochromic polymer. The material will be implemented in a model artificial optical synapse for the weighted connection of two optical neurons.

The main duties of the master project are:

- Processing of photochromic polymer thin-film.
- Characterization of transient photoinduced index changes in the polymer film.
- AFM analysis of photoinduced patterns formed on the polymer surface.

These data will permit the design of an optimized configuration for a light-controlled optical interconnection (model optical synapse) between two IR microlasers (model optical neurons). The master project will be conducted in close collaboration with the partners of the research program and will be followed by a 3-years thesis with funding secured by ANR.

Keywords

Photonics, Condensed mater physics, Material sciences

Skills

Laser microspectroscopy, Atomic-Force Microscopy (AFM), Spin-coating of polymer thin films.

Softwares

Python



Design par IA d'architectures optimales pour métamatériaux ultra-légers et résistants à la rupture et déformation

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/SPHYNX](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BONAMY Daniel](#)

+33 1 69 08 21 14

daniel.bonamy@cea.fr

Résumé

Le stage s'inscrit dans un projet de recherche visant à développer une nouvelle classe de méta-matériaux poreux, d'architecture aléatoire et inspirée de la structure osseuse pour combiner légèreté et résistance à la rupture.

Sujet détaillé

La recherche de matériaux combinant légèreté et résistance mécanique est un domaine en plein essor, tiré, dans le domaine du transport notamment par la volonté de réduire les émissions de CO₂ et de développer des véhicules économes en carburant. Des progrès importants ont été accomplis récemment ; les méta-matériaux ou matériaux architecturés offrent dans ce contexte un potentiel considérable (e.g micro-lattice inventé au Caltech, produit par Boeing).

Les voies explorées actuellement portent sur des architectures périodiques, inspirées des cristaux. Le critère de Maxwell permet alors, à partir du nombre d'entretoises et de joints présents dans une maille élémentaire, de prévoir si la structure se déformera du fait de l'étirement, ou de la flexion de ses entretoises, et par suite d'estimer la rigidité du métamatériau et sa variation avec la densité du matériau. En revanche, les matériaux architecturés observés dans la nature (os, structure alvéolaire des écorces...) présentent des architectures aléatoires optimisées pour répondre à une certaine sollicitation du milieu ou remplir une fonction précise.

L'idée proposée ici vise à utiliser les outils de l'intelligence artificielle (IA) et de l'optimisation topologique pour renforcer les architectures sans présupposer celles-ci. Le stage est principalement numérique et théorique. Nous partirons d'un modèle de poutres récemment développé dans le laboratoire. L'objectif final est le développement d'un algorithme permettant de définir des architectures optimales en termes de rigidité mécanique et résistance à la fissuration, sous contrainte de conditions de densité et d'isotropie mécanique, avec l'aide d'outils à définir : fonction de coût et poids associés, descente de gradient pour la minimisation, réseau de neurones etc. Une composante expérimentale pourra être incluse, avec la fabrication additive des métamatériaux obtenus numériquement et leur caractérisation mécanique sur les bancs expérimentaux développés dans notre laboratoire.

Mots clés

IA, physique statistique, mécanique du solide

Compétences

Apprentissage automatique, simulation numérique, modèle de poutres

Logiciels

Python

Design by AI of optimal architectures for ultralight metamaterials resistant to fracture and deformation

Summary

The internship is part of a research project aiming at developing a new class of porous meta-materials with a random architecture inspired by that of bones, to achieve high performance in terms of both lightness and resistance to fracture.

Full description

The quest toward high-performance materials combining lightness and mechanical strength gave rise to a flurry of activity: desire to reduce CO2 emissions and develop fuel-efficient vehicles in the transport industries for instance. In this context, meta-materials or architected materials offer considerable potential (e.g. micro-lattice invented at Caltech and produced by Boeing) and significant progresses have been achieved recently.

The routes explored so far have mainly focused on periodic architectures, inspired from crystals. Maxwell's criterion makes it possible, from the number of struts and joints present in a basic cell, to predict whether the structure deformation will be stretching- or bending-dominated, and consequently to estimate overall metamaterial stiffness and its variation with material density. Conversely, the architected materials observed in nature (bone, cellular structure in bark...) present random architectures optimized to respond to a certain stress of the environment or fulfill a specific function.

The idea proposed here is to use the tools of artificial intelligence (AI) and topological optimization to strengthen architectures without presupposing them. The internship is mainly numerical and theoretical. We will start from a beam model recently developed in the lab. The final objective is the development of an algorithm to define optimal architectures in terms of mechanical stiffness and cracking resistance, under constraints of density conditions and mechanical isotropy, with the help of tools to be defined: cost function and associated weights, gradient descent for minimization, neural network etc. An experimental component may be included, with the 3D-printing of the metamaterials designed numerically and their mechanical characterization on the experimental setups developed in our lab.

Keywords

AI, statistical physics, solid mechanics

Skills

Machine learning, numerical simulation, beam model

Softwares

Python



Conception de nanoparticules lipidiques-polymères fonctionnalisées préparées par une méthode microfluidique pour la thérapie chimio/photodynamique des cancers oculaires

Spécialité Chimie-physique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Florent MALLOGGI](#)

+33 1 69 08 63 28

florent.malloggi@cea.fr

Résumé

L'objectif principal du stage est de former, par une approche microfluidique, des nanoparticules hybrides lipide-polymère (LPHN) chargées d'un photosensibilisateur et d'un médicament anticancéreux, destinées au traitement du rétinoblastome par thérapie photodynamique (PDT) et chimiothérapie combinées dans un seul vecteur.

Sujet détaillé

Contexte :

Le rétinoblastome (Rb) est un cancer de la rétine qui touche 1 naissance sur 15 à 20 000 chaque année. Les traitements conventionnels comprennent l'énucléation et la chimiothérapie. Pour les petites tumeurs solides comme le Rb, la thérapie photodynamique (PDT) peut être bénéfique car elle est non mutilante et génère peu d'effets secondaires. La phototoxicité résulte de la combinaison des effets d'un photosensibilisateur (PS), de la lumière et de l'oxygène. Dans un tel contexte, la conception d'un nanocarrier colloïdal fonctionnalisé qui pourrait solubiliser, protéger et diriger les dérivés de la porphyrine (PS) vers leurs cellules cibles, faciliter leur pénétration et leur libération dans le cytoplasme cellulaire avant l'illumination, permettrait d'optimiser l'effet thérapeutique.

L'objectif final du projet LPHN-OnAChip est de former et de fonctionnaliser dans une seule puce microfluidique des nanoparticules hybrides (nanoparticules de polymère lipidique appelées LPHN) co-encapsulant un médicament anticancéreux et un photosensibilisateur associé à des ligands. Le projet est basé sur les expertises complémentaires de deux laboratoires en matière de systèmes innovants d'administration de médicaments, d'évaluation physico-chimique et biologique du ciblage des porphyrines pour la PDT (IGPS) et dans les systèmes d'auto-assemblage, de caractérisation in situ et de microfluidique (LIONS).

Mission :

L'objectif de ce stage est dédié à la synthèse de LPHNs non fonctionnalisés par microfluidique. L'étudiant(e) synthétisera des NPs de poly(acide lactique) par nanoprécipitation en utilisant un dispositif à écoulement convergent disponible au laboratoire. Il/elle optimisera les conditions de monodispersité de taille et de reproductibilité en variant

les débits, le rapport entre les différents composants, la nature du solvant organique utilisé pour la nanoprecipitation. Les NPs obtenues seront caractérisées par plusieurs techniques disponibles dans le consortium.

Dans un deuxième temps, le candidat étudiera la formation de LPHNs en enrobant les NPs de poly(acide lactique) obtenues précédemment avec des liposomes porteurs de PS. Dans ce cas, un dispositif microfluidique à deux étapes pourra être développé si nécessaire.

Plusieurs techniques de caractérisation seront utilisées, telles que la diffusion dynamique de la lumière (DLS), la microscopie à force atomique (AFM), la microscopie confocale, la microscopie électronique par cryotransmission (Cryo-TEM) et la diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS).

Le ou la candidat(e) sera formé(e) et aura accès à une salle blanche pour les étapes de microfabrication.

Profil :

Nous recherchons des candidats ayant une formation en ingénierie, biologie ou chimie. Des compétences en microfluidique sont un atout mais ne sont pas obligatoires. Le candidat doit être très motivé pour relever les défis du travail en équipe multidisciplinaire.

Les candidats auront un profil d'expérimentateur. Ils doivent parler anglais ou français et avoir de bonnes capacités de communication.

Durée: 6 mois

Début du stage: 1er trimestre 2022

Localisation: LIONS, CEA/Saclay, Gif sur Yvette France

Contacts

Un CV, une lettre de motivation et si possible une lettre de recommandation devront être envoyés à:

Dr. Florent Malloggi : florent.malloggi@cea.fr

Dr. Patrick Guenoun : patrick.guenoun@cea.fr

Mots clés

Nanoparticules, polymère, microfluidique

Compétences

Plusieurs techniques de caractérisation seront utilisées, telles que la diffusion dynamique de la lumière (DLS), la microscopie à force atomique (AFM), la microscopie confocale, la microscopie électronique à transmission cryogénique (Cryo-TEM) et la diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS).

Logiciels

Design of functionalized lipid-polymer nanoparticles prepared by a microfluidic method for chemo/photodynamic therapy of ocular cancers

Summary

The main objective of the internship is to form, through a microfluidic approach, hybrid lipid-polymer nanoparticles (LPHNs) loaded with a photosensitizer and an anticancer drug, intended for the treatment of retinoblastoma by photodynamic therapy (PDT) and chemotherapy combined in a single vector.

Full description

Context:

Retinoblastoma (Rb) is a cancer of the retina that affects 1 in 15 to 20000 births each year. Conventional treatments include enucleation and chemotherapy. For small solid tumors like Rb, photodynamic therapy (PDT) may be of benefit because it is non-mutilating and generates few side effects.¹ Phototoxicity results from the combination of effects of a photosensitizer (PS), light and oxygen. In such a context, the design of a functionalized colloidal nanocarrier which could solubilize, protect and lead porphyrin (PS) derivatives towards their target cells, facilitate their penetration and release in cell cytoplasm before illumination, would optimize the therapeutic effect. The final aim of the project LPHN-OnAChip is to form and functionalize in a single microfluidic chip hybrid nanoparticles (lipid-polymer nanoparticles referred as LPHN) co-encapsulating an anti-cancer drug and a photosensitizer associated to ligands. The project is based on complimentary expertises of two laboratories in innovative drug delivery systems, physico-chemical and biological evaluation of targeting of porphyrins for PDT (IGPS) and in the self-assembling systems, in situ characterization and microfluidics (LIONS).

Mission:

The aim of this internship is dedicated to the synthesis of non-functionalized LPHNs by microfluidics. The student will synthesize poly(lactic acid) NPs by nano-precipitation by using in a single flow focusing device geometry available at the laboratory. He/she will optimize conditions for size monodispersity and reproducibility by varying the flow rates, the ratio between the different components, the nature of the organic solvent used for nanoprecipitation. The obtained NPs will be characterized by several technics available in the consortium.

In a second step, the candidate will investigate the formation of LPHNs by coating the previously obtained poly(lactic acid) NPs with liposomes carrying PS. In this case, a two stages microfluidic device might be developed if necessary. Several characterization technics will be used such as Dynamic Light Scattering (DLS), Atomic Force Microscopy (AFM), confocal microscopy, Cryo-Transmission Electron Microscopy (Cryo-TEM), and Small Angle X-ray Scattering (SAXS).

The candidate will be trained and have access to a clean room for the microfabrication steps.

Profile:

We are looking for applicants having a background such as Engineering/Biology/Chemistry, skills in microfluidics will be an asset but it is not mandatory. The applicant must be highly motivated by tackling challenges of working with multidisciplinary teams.

Applicants will have an experimentalist profile. They shall speak English or French, and have good communication skills.

Duration: 6 months

Starting date: To be filled first trimester 2022

Localization: LIONS at CEA/Saclay, Gif sur Yvette France

Contacts CV, motivation letter and recommendation letter should be sent to both contacts.

Dr. Florent Malloggi : florent.malloggi@cea.fr

Dr. Patrick Guenoun : patrick.guenoun@cea.fr

Keywords

Nanoparticles, polymers, microfluidics

Skills

Several characterization technics will be used such as Dynamic Light Scattering (DLS), Atomic Force Microscopy (AFM), confocal microscopy, Cryo-Transmission Electron Microscopy (Cryo-TEM), and Small Angle X-ray Scattering (SAXS).

Softwares



Transport quantique de chaleur dans les moirés de graphène

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/GNE](#)

Candidature avant le 29/04/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Parmentier Francois](#)

+33 1 69 08 47 92

francois.parmenier@cea.fr

Résumé

L'objectif de ce projet est d'explorer les propriétés de transport thermique d'états quantiques exotiques apparaissant dans le graphène en présence d'un potentiel de moiré. Ce potentiel est créé en ajustant finement l'angle d'alignement entre plusieurs matériaux bidimensionnels (graphène / graphène, graphène / nitrure de bore, etc.) empilés artificiellement les uns sur les autres.

Sujet détaillé

Les systèmes à moiré de graphène, dans lesquels un cristal de graphène est aligné avec un autre matériau bidimensionnel, sont récemment apparus comme une plateforme extrêmement riche permettant d'explorer une nouvelle physique liée à la topologie et aux fortes corrélations électroniques. Cette physique donne lieu à des phases électriquement isolantes, parfois accompagnées de canaux de conduction électronique sans dissipation circulant le long des bords de l'échantillon. La plupart des informations expérimentales disponibles sur ces phases proviennent de mesures de transport électrique, qui sont fondamentalement limitées lorsqu'on traite de systèmes électriquement isolants. Nous proposons d'utiliser les mesures de transport thermique, récemment développées dans le groupe Nanoélectronique, pour explorer les propriétés cachées de ces systèmes, comme la présence de modes collectifs sans charge transportant de la chaleur (et donc de l'information) à travers l'échantillon. Ce projet fait appel à des techniques expérimentales très avancées, telles que la fabrication d'hétérostructures van der Waals en graphène, des mesures à ultra-basse température et une thermométrie de bruit à haute sensibilité.

Mots clés

Graphène, effet Hall quantique

Compétences

Nanofabrication - Cryogénie - Mesures bas bruit

Logiciels

Quantum thermal transport in Moire systems

Summary

The objective of this project is to explore the thermal transport properties of exotic quantum states arising in graphene in presence of a moire potential. This potential is created by fine-tuning the alignment angle between several two-dimensional materials (graphene / graphene, graphene / boron nitride, etc) artificially stacked one onto another.

Full description

Graphene moire systems, in which a crystal of graphene is aligned with another two-dimensional material, have recently emerged as an extremely rich platform in which to explore new physics linked to topology and strong electronic correlations. This physics gives rise to electrically insulating phases, sometimes accompanied by dissipationless electronic conduction channels circulating along the edges of the sample. Most of the available experimental information about these phases stem from electrical transport measurement, which are fundamentally limited when one deals with electrically insulating systems. We propose to use heat transport measurements, recently developed in the Nanoelectronics group, to explore the hidden properties of those systems, such as the presence of chargeless collective modes carrying heat (and thus, information) across the sample. This project involves highly advanced experimental techniques, such as state of the art graphene van der Waals heterostructures fabrication, ultra-low temperature measurements, and high-sensitivity noise thermometry.

Keywords

Graphene, quantum Hall effect

Skills

Nanofabrication - Cryogenics - Low-noise measurements

Softwares



Fonctionnalisation et assemblage de nanoparticules d'or pour la plasmonique et la santé

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingénieur

Unité d'accueil [NIMBE/LEDNA](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [MARGUET Sylvie](#)

+33 1 69 08 62 83

sylvie.marguet@cea.fr

Autre lien <https://www.gdr-plasmonique-active.fr/>

Résumé

Stage ingénieur (bac+4, bac+5) ou Master-2

Nous proposons de fabriquer des nanostructures en deux dimensions par auto assemblage de nanocubes d'or et de fonctionnaliser des nanoparticules d'or pour les rendre biocompatibles.

Sujet détaillé

Notre activité se concentre sur la synthèse et l'auto assemblage de nanoparticules d'or de haute qualité, pour la plasmonique, la chimie initiée par plasmon et la santé. Elle est en lien avec les activités de deux groupements de recherche du CNRS, les GDRs Or-nano et Plasmonique active. Les propriétés des nanohybrides d'or, constitués d'une nanoparticule d'or et d'un autre composant qui peut-être soit une molécule/ un semi-conducteur/ un Qdot, ou un catalyseur sont étudiées en collaboration avec des équipes d'experts.

Nous développons depuis plusieurs années un savoir-faire en synthèse colloïdale de nanoparticules d'or dont les tailles/formes et les enrobages chimiques sont optimisés, pour générer de la lumière, de la chaleur ou des porteurs de charge, selon l'application visée. Les points chauds (électromagnétiques) existants entre des nanocubes d'or, organisés en réseau bidimensionnel (2D) sur un substrat, présentent des interstices (« nanogap ») uniques, à fort potentiel, capables d'exalter l'interaction lumière-matière et de générer des paires électron-trou (« hot carriers ») de façon très intense et très localisée. Par ailleurs, les nanoparticules d'or sont largement utilisées pour la santé en thérapie/imagerie/diagnostic. Pour ces applications, il est souvent nécessaire de changer l'enrobage des nanoparticules pour les rendre biocompatibles et/ou les fonctionnaliser.

Le stage se déroulera au sein du Laboratoire EDifices NANométriques (LEDNA) du CEA Paris-Saclay. 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 dont l'épaisseur et la porosité peut être modulée à

volonté (chimie sol-gel). Ce travail pourra être poursuivi en thèse.

Mots clés

Plasmonique. Nanomatériaux

Compétences

Chimie colloïdale et sol-gel. Microscopies électroniques MEB et TEM. Spectroscopie d'extinction. Voir aussi le site <http://or-nano.insp.upmc.fr/>.

Logiciels

Functionalization and assembly of gold nanoparticles for plasmonics and health

Summary

Engineer internship (bac+4, bac+5) or Master-2

We propose to fabricate two-dimensional nanostructures by self-assembly of gold nanocubes and to functionalize gold nanoparticles to make them biocompatible.

Full description

Our activity is focused on the synthesis and self-assembly of high quality gold nanoparticles for plasmonics, plasmon-driven chemistry and health. It is linked to the activities of two CNRS research groups, the GDRs Or-nano and Plasmonique active. The properties of gold nanohybrids, consisting of a gold nanoparticle and another component which can be either a molecule/ a semiconductor/ a Qdot, or a catalyst are studied in collaboration with expert teams through funded collaborations (ANR).

We have been developing for several years a know-how in colloidal synthesis of gold nanoparticles whose sizes/shapes and chemical coatings are optimized to generate light, heat or charge carriers, depending on the targeted application. The electromagnetic hot spots between gold nanocubes, organized in a two-dimensional (2D) array on a substrate, present unique high potential interstices ("nanogaps"), capable of exalting the light-matter interaction and generating electron-hole pairs ("hot carriers") in a very intense and highly localized manner. Moreover, gold nanoparticles are widely used for health in therapy/imaging/diagnosis. For these applications, it is often necessary to change the coating of the nanoparticles to render them biocompatible and/or functionalize them.

The internship will take place in the Laboratory EDifices NAnométriques (LEDNA) of CEA Paris-Saclay. It will consist in developing a 2D self-assembly know-how of gold nanoparticles at the interface between two liquids. In a second part, it will consist in coating them with a silica layer whose thickness and porosity can be modulated at will (sol-gel chemistry).

Keywords

Plasmonics. Nanomaterials

Skills

Colloidal and sol-gel chemistry. Electron microscopies SEM and TEM. Extinction spectroscopy.

Softwares



Optimisation de structures vortex pour des applications de capteurs magnétique

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 10/05/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SOLIGNAC Aurelie](#)

+33 1 69 08 95 40

aurelie.solignac@cea.fr

Résumé

Le but du stage est d'optimiser les structures vortex composant des capteurs à magnétorésistance tunnel à l'aide de simulations micromagnétiques et de mesures par microscopie à force magnétique (MFM)

Sujet détaillé

Les capteurs magnétiques à magnétorésistance tunnel sont des capteurs très sensibles pouvant détecter des champs de l'ordre du nT. Ils sont actuellement utilisés dans de nombreuses applications, par exemple, l'automobile, la détection biologique, la magnéto-physiologie, la microscopie magnétique, les disques durs, ... Des structures vortex peuvent être intégrées dans ce type de capteurs afin d'étendre la gamme de linéarité des capteurs ce qui est très intéressant pour les applications, par exemple les capteurs de courant.

Le but du stage est d'étudier cet état vortex en combinant des simulations et des mesures MFM (Magnetic Force Microscope). Les simulations seront réalisées avec le logiciel de micromagnétisme MUMAX3 et permettront de mieux comprendre l'état magnétique des vortex. Ces simulations seront comparées aux images réalisées par MFM, qui donnent accès aux champs de fuite perpendiculaires émis par les vortex.

Ces structures seront ensuite intégrées dans des capteurs magnétiques et les performances de ces capteurs seront étudiées par mesures de magnéto-transport et de bruit.

Mots clés

Vortex, micro-magnétisme, capteur magnétique

Compétences

Simulations, MFM et mesures de magnéto-transport

Logiciels

Optimization of vortex structures for magnetic sensor applications

Summary

The goal of the internship is to optimize the vortex structures of tunnel magnetoresistance sensors using micromagnetic simulations and MFM magnetic measurements.

Full description

Magnetic sensors with tunnel magnetoresistance are very sensitive sensors that can detect fields in the nT range. They are currently used in many applications, for example, automotive, biological detection, magneto-physiology, magnetic microscopy, hard disks, ... Vortex structures can be integrated in this type of sensors in order to extend the range of linearity of the sensors, which is very interesting for applications, for example for current sensors.

The goal of the internship is to study this vortex state by combining simulations and MFM (Magnetic Force Microscope) measurements. The simulations will be performed with the MUMAX3 micromagnetism software and will allow a better understanding of the magnetic state of vortices. These simulations will be compared to the images made by MFM, which allows to detect the perpendicular stray fields emitted by the vortices.

These structures will then be integrated into magnetic sensors and the performance of these sensors will be studied through magnetotransport and noise measurements.

Keywords

Vortex, micro-magnetism, magnetic sensor

Skills

Simulations, MFM and magneto-transport measurements

Softwares



Exploration de la physique des réseaux Kagomé métalliques corrélés.

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 19/05/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [COLSON Dorothee](#)

+33 1 69 08 73 14/93 01

dorothee.colson@cea.fr

Résumé

Nous proposons l'étude de systèmes contenant des plans de structure Kagomé de métaux de transition (Fe, Co, Rh...), qui réunissent intrinsèquement de fortes corrélations et des structures de bandes topologiquement non triviales. Un exemple est le semi-métal de Weyl magnétique $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$, qui présente un effet Hall anormal record, mais où la force et le rôle de la corrélation dans ces systèmes sont encore largement inconnus.

Sujet détaillé

Les fortes corrélations électroniques donnent lieu à des formes exotiques d'arrangements électroniques, comme la supraconductivité à haute température ou la magnétorésistance colossale. Parallèlement, la physique de l'état solide a été récemment secouée par la découverte de matériaux topologiques, où des fermions exotiques, tels que les fermions de Dirac ou de Weyl, ont été découverts. Les deux propriétés sont activement étudiées, mais elles coexistent rarement dans les mêmes matériaux. La plupart des matériaux topologiques connus aujourd'hui sont des semi-conducteurs faiblement corrélés, qui sont plutôt bien décrits par la théorie des bandes, contrairement aux systèmes corrélés. Trouver des propriétés similaires dans des systèmes corrélés pourrait ajouter de nouvelles dimensions au problème. Le magnétisme est par exemple courant dans les métaux de transition corrélés, donnant lieu à de nouvelles propriétés topologiques.

Nous proposons l'étude de systèmes contenant des plans Kagomé de métaux de transition (Fe, Co, Rh...), qui réunissent intrinsèquement de fortes corrélations et des structures de bandes topologiquement non triviales. Un exemple est le semi-métal de Weyl magnétique $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$, qui présente un effet Hall anormal record, mais où la force et le rôle de la corrélation dans ces systèmes sont encore largement méconnus.

L'étudiant synthétisera et caractérisera des monocristaux du composé pur et étudiera les modifications de ses propriétés par substitution chimique (Fe, Ni, Rh...).

Une attention particulière sera portée aux propriétés structurales et physiques des cristaux en utilisant des mesures de diffraction des rayons X (poudre et monocristal) et de magnétisme (Squid, VSM). Nous réaliserons ensuite des

expériences de photoémission résolue en angle au synchrotron SOLEIL pour étudier sa structure de bande électronique et vérifier la présence de propriétés topologiques et/ou corrélées.

Mots clés

Sciences des Matériaux , mots clés: Corrélations électroniques fortes, propriétés topologiques, croissance de cristaux, diffract

Compétences

Croissance cristalline, analyse EDS, diffraction des rayons X, mesures magnétiques, photoémission résolue en angle.

Logiciels

Exploring the physics of correlated metallic Kagome networks.

Summary

We propose the study of systems containing Kagome planes of transition metals (Fe, Co, Rh...), which intrinsically bring together strong correlations and topologically non-trivial band structures. One example is the magnetic Weyl semimetal $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$, which display a record large anomalous Hall effect, but where the strength and the role of correlation in these systems are still largely unknown.

Full description

Strong electronic correlations give rise to exotic forms of electronic orderings, such as high temperature superconductivity or colossal magnetoresistance. In parallel, solid-state physics has been shaken recently by the discovery of topological materials, where exotic fermions, such as Dirac or Weyl fermions have been discovered. Both properties are actively studied, but they rarely coexist in the same materials. Most topological materials known today are weakly correlated semiconductors, which are rather well described by band theory, unlike correlated systems. Finding similar properties in correlated systems could add new dimensions to the problem. Magnetism is for example common in correlated transition metal, giving rise to new topological properties.

We propose the study of systems containing Kagome planes of transition metals (Fe, Co, Rh...), which intrinsically bring together strong correlations and topologically non-trivial band structures. One example is the magnetic Weyl semimetal $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$, which display a record large anomalous Hall effect, but where the strength and the role of correlation in these systems are still largely unknown.

The student will synthesize and characterize single crystals of the pure compound and to study the modifications of its properties by chemical substitution (Fe,Ni,Rh...).

A peculiar attention will be given to the structural and physical properties of crystals by using X-rays diffraction measurements (powder and single crystal) and magnetism (Squid, VSM). We will then perform angle resolved photoemission experiments at the SOLEIL synchrotron to study its electronic band structure and check for the presence of topological and/or correlated properties.

Keywords

Materials science, Keywords: Strong electronic correlations, topological properties, crystal growth, X-rays diffraction, magneti

Skills

Crystal growth, EDS analysis, X-rays diffraction, magnetic measurements, Angle resolved photoemission.

Softwares



Nouveaux grenats magnétocaloriques

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LLB/NFMQ](#)

Candidature avant le 29/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DAMAY Françoise](#)
+33 1 69 08 49 54 / 62 29
francoise.damay@cea.fr

Résumé

Le but de ce stage est de trouver de nouveaux grenats de terres rares ayant de meilleures performances magnétocaloriques comme alternative à l'hélium liquide.

Sujet détaillé

Des réfrigérants alternatifs sont nécessaires pour remplacer l'utilisation d'hélium liquide de plus en plus rare, mais nécessaire pour refroidir, par exemple, les aimants supraconducteurs utilisés dans l'imagerie par résonance médicale. Les matériaux magnéto-caloriques, avec leur pouvoir de refroidissement entropique, lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique, peuvent être une bonne solution de remplacement.

Les grenats à base de gadolinium développés récemment présentent des effets magnéto-caloriques (MCE) parmi les plus importants ; cependant, leur pouvoir de refroidissement atteint son maximum en dessous de 2 K, ce qui est trop faible pour de nombreuses applications de l'hélium liquide. L'objectif de ce stage est de trouver de nouveaux grenats de terres rares présentant de meilleures performances magnéto-caloriques : à ce jour, il reste beaucoup à explorer et à comprendre sur l'optimisation du MCE dans les grenats $\text{Ln}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$. De plus, la structure du grenat est suffisamment adaptable pour offrir un riche terrain de jeu pour les substitutions : les sites cationiques peuvent être divisés en trois environnements distincts, un dodécaédrique pour les ions de terres rares sur le réseau hyperkagome, et un environnement octaédrique (B) et tétraédrique (C).

Pour atteindre cet objectif, le stage se concentrera sur l'étude des oxydes de grenat à haute entropie. Les oxydes à haute entropie sont des matériaux monophasés qui contiennent cinq cations principaux ou plus en quantités équimolaires sur un site donné, de manière à minimiser l'énergie de Gibbs du mélange et à favoriser la stabilisation thermodynamique d'une phase unique avec des cations multiples. Le désordre chimique est une cause connue de transitions de phases magnétiques lentes pendant le refroidissement, ce qui entraîne souvent une augmentation de l'ECM. Par conséquent, les grenats à haute entropie sont des candidats potentiellement très attrayants comme réfrigérants magnétiques.

Mots clés

Compétences

Logiciels

Ising garnet hyperkagome networks for enhanced magnetocaloric effect

Summary

The aim of this internship is to find new rare-earth garnets with better magnetocaloric performances as an alternative to liquid helium.

Full description

Alternate coolants are needed to replace the use of increasingly scarce liquid helium, required, for instance, to cool the superconducting magnets used in medical resonance imaging. Magnetocaloric materials, with their entropically driven cooling power when cycled in a magnetic field, are such a replacement. The gadolinium-based garnets developed recently show amongst the largest magnetocaloric effects (MCE) ; yet the cooling power of those materials peaks below 2 K, too low for many applications of liquid helium.

The aim of this internship is to find new rare-earth garnets with better magnetocaloric performances : to this date, much remains to be explored and understood about the optimization of the MCE in $\text{Ln}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ garnets. All the more so that the garnet structure is adaptable enough to offer a rich playground for substitutions : the cation sites can be divided in three distinct environments, a dodecahedral one for the rare-earth ions on the hyperkagome network, and an octahedral (B) and a tetrahedral (C) environment.

The internship will focus on the investigation of high-entropy garnet oxides to achieve this goal. High-entropy oxides are single-phased materials that contain five or more principal cations in equimolar amounts on a given site, so as to minimize the Gibbs energy of mixing and favours the thermodynamic stabilization of a single phase with multiple cations. Chemical disorder is a known cause of sluggish magnetic phase transitions during cooling, which often result in an enhanced MCE. Therefore, high-entropy garnets are potentially very attractive candidates as magnetic refrigerants.

Keywords

Magnetocalorics, high-entropy oxides, neutron scattering techniques

Skills

The M2 work will be performed in-between the ICMMO Institute, which specializes in solid-state chemistry and synthesis, and the LLB laboratory, which has physical measurement (M(T), Cp(T), etc...) capacities.

Softwares



Diagrammes de phases magnétiques de réseaux de spins Ising dans des grenats de terre-rares

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [LLB/NFMQ](#)

Candidature avant le 29/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Damay Françoise](#)
+33 1 69 08 49 54 / 62 29
francoise.damay@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage est de déterminer le diagramme de phase magnétique (H,T) à basse température et de déterminer la nature des phases induites par le champ dans le $\text{Dy}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ et de les comparer avec les données existantes.

Sujet détaillé

L'étude des transitions de phase quantiques a constitué un axe majeur des travaux théoriques et expérimentaux en matière condensée. Le modèle d'Ising en champ transverse est un exemple bien connu de telles transitions quantiques, avec, au point critique, un changement qualitatif de la nature de la fonction d'onde quantique de l'état fondamental. De belles réalisations expérimentales peuvent être trouvées dans les matériaux magnétiques, où les spins sont caractérisés par une forte anisotropie d'axe facile.

C'est en particulier le cas des grenats d'aluminium tels que le $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, le caractère d'Ising provenant de la forte anisotropie des terres rares. De manière frappante, dans ce matériau, la direction de l'axe facile n'est pas globale, mais diffère sur des sites symétriquement équivalents. Un tel composé peut donc servir de système modèle pour mieux comprendre les transitions induites par le champ magnétique. Nous souhaitons ici étudier un autre grenat de dysprosium, $\text{Dy}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$, dont l'originalité repose sur le fait que l'anisotropie magnétique s'écarte de l'image d'Ising forte et devient planaire. Nous envisageons de déterminer le diagramme de phase magnétique (H,T) à basse température et de déterminer la nature des phases induites par le champ. Ce travail comprendra l'analyse des données de diffraction des neutrons et les calculs du diagramme de phase magnétique.

Mots clés

Compétences

Logiciels

Magnetic phase diagrams of Ising hyperkagome networks in rare-earth garnets

Summary

We plan to determine the (H,T) magnetic phase diagram at low temperature and determine the nature of the field induced phases in Dy₃Ga₅O₁₂ and compare it with textbook Dy₃Al₅O₁₂.

Full description

The study of quantum phase transitions has been a major focus of theoretical and experimental work in condensed matter. The Ising model in transverse field is a well-known example of such quantum transitions, with, at the critical point, a qualitative change in the nature of the quantum wavefunction of the ground state. Nice experimental realizations can be found in magnetic materials, where the spins are characterized by a strong easy-axis anisotropy. This is the case in aluminum garnets such as Dy₃Al₅O₁₂, the Ising character arising from the rare-earth strong anisotropy. Strikingly, in this material, the easy-axis direction is not a global one, but differs on symmetrically equivalent sites. Such a compound can thus serve as a model systems to better understand magnetic field induced transitions. Here we wish to investigate another dysprosium garnet, Dy₃Ga₅O₁₂, whose originality relies on the fact that magnetic anisotropy departs from the strong Ising picture and becomes planar. We plan to determine the (H,T) magnetic phase diagram at low temperature and determine the nature of the field induced phases. This work will include neutron diffraction data analysis and magnetic phase diagram calculations.

Keywords

magnetic anisotropy, magnetic phase diagrams, neutron scattering techniques

Skills

The work will be performed at the LLB laboratory. Neutron diffraction in field data is already available, simulations will be performed with an in-house software.

Softwares



Implémentation/optimisation d'un système de détection 2D spectroscopique par temps de vol pour un microscope à haute résolution des pertes d'énergie d'électrons, HREELM

Spécialité Théorie et traitement du signal

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [SPEC/LENSIS](#)

Candidature avant le 16/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BARRETT Nick](#)

+33 1 69 08 32 72

nick.barrett@cea.fr

Autre lien

<https://www.universite-paris-saclay.fr/daniel-comparat>

Résumé

Dans le cadre d'une collaboration avec le CEA (IRAMIS et LIST), le laboratoire Aimé Cotton et l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, nous recherchons un stagiaire de niveau Master 2 ou 3ème année d'ingénieur pour l'optimisation d'un système de détection 2D avec résolution temporelle de l'ordre de la ns et de la lecture et de la transmission des signaux acquis.

Sujet détaillé

Dans le cadre d'une collaboration avec le CEA (IRAMIS et LIST), le laboratoire Aimé Cotton et l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, nous recherchons un stagiaire de niveau Master 2 ou 3ème année d'ingénieur pour l'optimisation d'un système de détection 2D avec résolution temporelle de l'ordre de la ns et de la lecture et de la transmission des signaux acquis.

Le système sera inséré dans le prototype d'une nouvelle génération de microscope électronique capable simultanément d'imagerie spatiale et d'analyse des interactions vibrationnelles des surfaces étudiées, appelé HREELM. Le laboratoire Aimé Cotton a développé une source (brevetée) d'électrons mono-énergétiques. Le CEA, le LAC et l'ISMO ont conçu l'optique électronique. Les détecteurs seront fournis par la collaboration « Medipix » gérée par la CERN et dont le CEA est partenaire. Le dernier jalon avant la réalisation du prototype est l'implémentation et l'optimisation du système de détection.

Nous devons démontrer le caractère monocinétique de la source pulsée (résolution ~5 meV) à basse énergie (10 eV) et réussir l'acquisition d'un spectre de d'énergie pixel par pixel. Un des éléments clés de l'instrument est sa capacité à mesurer en temps réel l'instant d'impact d'un électron sur le détecteur spatio-temporel et d'en déterminer ses coordonnées. Nous utilisons pour cela des détecteurs rapides Timepix3 <https://kt.cern/technologies/timepix3>, dans le cadre du Programme Transversal de Compétences CEA "Instrumentation et Détection" HREELM (High resolution

electron energy loss microscopy).

En étroite collaboration avec le responsable de projet scientifique, les stagiaires auront pour mission la prise en charge du détecteur spatio-temporel et de la transmission haute cadence de ses données mesurées vers l'ordinateur de traitement. Cela impliquera une activité variée de développement instrumental comme souvent rencontré dans le monde de la recherche fondamentale. Il s'agira dans un premier temps de finaliser l'adaptation du Timepix à un environnement sous-vide avec le refroidissement et la connectique nécessaires. Il faudra aussi pouvoir y adapter des galettes micro-canaux et un étage de post-accélération, par génération de champs électriques de quelques kV/cm commandés. Une grande partie du stage sera également consacrée au traitement de données via une forte interaction avec les autres membres de la collaboration, en comparant les acquisitions existantes (par exemple USB ou Ethernet). Le but sera de qualifier et calibrer toute la chaîne de mesure afin d'obtenir une résolution temporelle de ~ 1 ns pour chaque pixel et une résolution spatiale

Le stagiaire sera employé par le CEA et travaillera au laboratoire Aimé Cotton sur le campus de l'Université Paris Saclay. Il s'agit d'un travail en équipe avec reporting régulier lors des réunions projet avec l'ensemble des partenaires. Un début de stage en février/mars 2022 est souhaité pour une durée de 6 mois.

Mots clés

Détecteur haute cadence, connectique, ASIC

Compétences

Adaptation de détecteur Timepix à l'environnement ultravide - Traitement de signal Le stagiaire sera employé par le CEA et travaillera au laboratoire Aimé Cotton sur le campus de l'Université Paris Saclay. Il s'agit d'un travail en équipe avec reporting régulier lors des réunions projet avec l'ensemble des partenaires.

Logiciels

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Etude et caractérisation d'un détecteur pixélisé semi-conducteur sous rayonnement bêta et faisceaux d'électron à basse énergie

Spécialité Théorie et traitement du signal

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [SPEC/LENSIS](#)

Candidature avant le 16/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BARRETT Nick](#)

+33 1 69 08 32 72

nick.barrett@cea.fr

Autre lien

<http://www-list.cea.fr/recherche-technologique/programme-s-de-recherche/manufacturing-avance/instrumentation>

Résumé

Dans le cadre d'une collaboration entre deux instituts du CEA (IRAMIS et LIST), le laboratoire Aimé Cotton et l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, pour développer un système de détection bidimensionnel avec une résolution temporelle de l'ordre de la nanoseconde, nous souhaitons étudier et de caractériser le détecteur Timepix3 et son électronique de lecture.

Sujet détaillé

La mesure des rayonnements ionisants est un enjeu d'importance dans de nombreux domaines. Le développement des détecteurs pixélisés à semi-conducteur, au début des années 2000 ainsi que leur continue évolution apportent de nombreux avantages pour ces applications. Une récente génération de ce type de détecteur, baptisé Timepix3 a été développé par le CERN au sein de la Collaboration Medipix, dont le CEA fait partie des membres fondateurs. Ce détecteur en rupture atteint des performances compatibles avec des applications de mesures avancées.

Dans le cadre du Programme Transversal de Compétence "Instrumentation et Détection" du CEA, une collaboration entre deux instituts du CEA (IRAMIS et LIST), le laboratoire Aimé Cotton et l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay, travaille sur le système de détection bidimensionnel avec une résolution temporelle de l'ordre de la nanoseconde. Ce système sera inséré dans le prototype d'une nouvelle génération de microscope électronique capable simultanément d'imagerie spatiale et d'analyse des interactions vibrationnelles des surfaces étudiées, appelé HREELM. Afin de développer la brique de détection, il est nécessaire de réussir l'acquisition d'un spectre de d'énergie pixel par pixel. Un des éléments clés de l'instrument est sa capacité à mesurer en temps réel l'instant d'impact d'un électron sur le détecteur spatio-temporel et d'en déterminer ses coordonnées. Les détecteurs Timepix3 revêtent un intérêt fort pour ce développement.

Dans le contexte de ce projet de recherche, nous recherchons un-e stagiaire de niveau M2 ou 3ème année d'école d'ingénieur afin d'étudier et de caractériser le détecteur Timepix3 et son électronique de lecture au regard de l'application visée. Le stage impliquera un mixte de composantes de simulations Monte-Carlo et de caractérisations expérimentales. Un aspect important consistera par ailleurs en le traitement des données issues de ces expériences et la calibration des différents paramètres du détecteur pour répondre à la problématique. Le but sera de qualifier et calibrer toute la chaîne de mesure afin d'obtenir une résolution temporelle de ~ 1 ns pour chaque pixel et une résolution spatiale

Le/la stagiaire sera employé-e par le CEA et travaillera principalement à l'Institut LIST de CEA Tech, sur le campus de l'Université Paris Saclay, sous la direction de Vincent Schoepff. S'inscrivant dans un travail collaboratif, des échanges avec les autres équipes impliquées ainsi qu'un reporting régulier seront attendus lors des réunions projet avec l'ensemble des partenaires. Un début de stage est souhaité à partir de février/mars 2022 pour une durée de 6 mois.

Contacts : vincent.schoepff@cea.fr - nick.barrett@cea.fr

Mots clés

Traitement de données, simulations, ASIC

Compétences

Le/la stagiaire sera employé-e par le CEA et travaillera principalement à l'Institut LIST de CEA Tech, sur le campus de l'Université Paris Saclay, sous la direction de Vincent Schoepff.

Logiciels

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Etude du couplage de la microfluidique digitale avec la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (μ Dig-ICPMS)

Spécialité Chimie analytique

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [GEERTSEN Valerie](#)
+33 6 43 36 05 45
valerie.geertsen@cea.fr

Résumé

Ce stage portera sur la création d'un générateur de gouttes microfluidique couplé à un spectromètre de masse de type ICPMS. Ce système est destiné à l'encapsulation et à l'analyse de nanoparticule unique (SPICPMS).

Sujet détaillé

Le stage proposé ici consiste au développement d'un nouveau type de couplage instrumental associant une plateforme microfluidique digitale avec la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (μ Dig-ICPMS). Il est proposé par le Laboratoire Interdisciplinaire sur l'Organisation Nanométrique et Supramoléculaire (DRF/LIONS) du CEA Saclay.

Ces dernières années ont vu le développement dans différents laboratoires à travers le monde dont le DRF/LIONS de plateformes microfluidiques destinées à la création et à la manipulation de gouttes liquides calibrées dans une phase liquide continue (μ Dig). Ces plateformes sont un élément de réponse pertinent pour l'analyse. Ils induisent en effet une diminution évidente des volumes d'effluents et d'échantillon et permettent de finement caractériser des échantillons hétérogènes tels que les suspensions de nanoparticules ou de cellules biologiques.

Le stage a pour objectif de fabriquer des puces microfluidiques générant des trains de gouttes d'acide dans huile de tailles définies et d'étudier leur couplage avec la source d'ions du spectromètre de masse. Le système sera appliqué à l'analyse de nanoparticule unique.

La durée du stage est de 6 mois. Ce travail très interdisciplinaire implique un goût du travail en équipe ainsi qu'une importante curiosité scientifique et un esprit d'ouverture. L'aspect fortement instrumental de la thématique nécessite un goût de l'expérience et de l'instrumentation. Une compétence du candidat en microfabrication ou chimie analytique serait fortement appréciée.

Mots clés

ICPMS, microfluidique, nanoparticule, analyse, spectrométrie de masse

Compétences

Impression 3D, lithographie, ICPMS, pyhton, ...

Logiciels

phyton, logiciel de spectrometrie de masse

Hyphenation of digital microfluidic with inductively coupled plasma mass spectrometry

Summary

This internship studies the fabrication of a microfluidic droplet generator coupled to an ICPMS mass spectrometer. This system is dedicated to the encapsulation and the analysis of single nanoparticle (SPICPMS).

Full description

The internship focuses on the development of a new instrumental hyphenation associating digital microfluidic platform with inductively coupled plasma mass spectrometer (μ Dig-ICPMS). It will be supervised by the LIONS laboratory of CEA Saclay (DRF/LIONS).

These last years have seen in several laboratories around the world such as DRF/LIONS, the development of microfluidics platforms to create and manipulate calibrated liquid droplets inside a continuous liquid phase (μ Dig). These platforms are relevant not only for low-sample or low-waste volumes analysis but also for new analytical concepts such as heterogeneous samples analysis (determination of objects population).

The internship purpose is to fabricate microfluidic chips to generate water droplets of predefined-size inside a continuous oil phase and study its hyphenation with the mass spectrometer ionization source.

Internship duration is at least 6 months. This interdisciplinary thematic requires team work ability, large scientific curiosity and openness. Instrumentation being a large component of this study, the candidate must show a commitment for experimental laboratory work. A competence in microfabrication or analytical chemistry will be fully appreciated.

Keywords

ICPMS, chip, microfluidic, nanoparticle, mass spectrometry, analysis

Skills

3D printing, lithography, ICPMS, python

Softwares

python, logiciel de spectrometrie de masse



Développement d'une méthode pour la congélation rapide d'échantillons de cryomicroscopie électronique

Spécialité Génie chimique

Niveau d'étude Bac+2

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [NIMBE/LIONS](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [GOBEAUX Frederic](#)
+33 1 69 08 55 21
frederic.gobeaux@cea.fr

Résumé

L'objectif de ce stage est de mettre au point une méthode combinant microfluidique, vaporisation et congélation rapide pour préparer des échantillons de cryo-microscopie électronique. Le sujet est adaptable à différents niveaux (de bac +2 à bac+5).

Sujet détaillé

Les nouveaux outils de stockage de l'énergie (photovoltaïque, batteries au lithium) reposent en grande partie sur les éléments des terres rares ; mais leur extraction soulève de fortes préoccupations écologiques, et leur recyclage est encore difficile. Tout progrès dans les processus de séparation et de précipitation serait donc profitable à la sauvegarde de l'environnement.

Notre étude récente de la co-précipitation des ions cérium par l'acide oxalique dans l'eau, une étape clé dans certains processus de récupération des terres rares, a révélé la formation spontanée de "nanogouttelettes minérales" juste après le mélange des réactifs (Durelle et al. à soumettre) . Ces nano-gouttelettes sont constituées d'un liquide riche en réactifs qui se transforme en cristaux d'oxalate de cérium après plusieurs dizaines de secondes. Ces gouttelettes ont été visualisées en microscopie électronique à transmission cryogénique 7,5 secondes après le mélange. Cette nanophase nouvellement signalée pourrait être utile aux processus de séparation et de récupération, mais ses conditions et mécanismes de formation nécessitent une enquête plus approfondie.

Sa caractérisation poussée implique de pouvoir sonder le système juste après le mélange, alors que le système est encore constitué d'ions libres. Ceci est réalisable grâce à des mélangeurs microfluidiques ultrarapides (tmix). L'objectif de ce stage est de développer un dispositif permettant de congeler une solution le plus rapidement possible après mélange des réactifs. En pratique, nous devons combiner des mélangeurs microfluidiques avec un système de congélation ("guillotine") (voir Chen & Frank et Feng et al.). Les deux composants existent déjà, mais ils doivent être interfacés avec un vaporisateur (spray) afin de récupérer rapidement la solution en sortie du mélangeur sur une grille de microscope électronique plongeant dans l'éthane liquide. Le stagiaire devra développer ce vaporisateur avec des

outils microfluidiques et trouver les bonnes conditions et paramètres pour obtenir des échantillons observables.

Références :

Chen, B.; Frank, J. Two Promising Future Developments of Cryo-EM: Capturing Short-Lived States and Mapping a Continuum of States of a Macromolecule. *Microscopy (Oxf)* 2016, 65 (1), 69–79. <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfv344>

Feng, X.; Fu, Z.; Kaledhonkar, S.; Jia, Y.; Shah, B.; Jin, A.; Liu, Z.; Sun, M.; Chen, B.; Grassucci, R. A.; Ren, Y.; Jiang, H.; Frank, J.; Lin, Q. A Fast and Effective Microfluidic Spraying-Plunging Method for High-Resolution Single-Particle Cryo-EM. *Structure* 2017, 25 (4), 663-670.e3. <https://doi.org/10.1016/j.str.2017.02.005>

Mots clés

Séparation des terres rares, coprécipitation, séparation de phases liquide-liquide, microfluidique, cryo-MEM

Compétences

Microfluidique, cryo-TEM

Logiciels

Development of a spray-plunging method for cryoTEM observations at short timescale

Summary

The aim of this internship is to develop a method combining microfluidics, spray and rapid-freezing to prepare samples for cryo-TEM. This subject can be adapted for different academic levels (up to Master 2).

Full description

Our “green economy” (photovoltaics, lithium batteries) largely relies on the rare-earth (RE) elements; but their extraction raises heavy ecological concerns, and their recycling is scarce. Any progress in the separation and precipitation processes will benefit the global environmental balance.

Our recent study of the co-precipitation of cerium ions by oxalic acid in water, a key step in some recovery process of RE, has revealed the spontaneous formation of “mineral nanodroplets” right after reagent mixing (Durelle et al. to be submitted). These nanodroplets consist in a reactant-rich liquid that convert into cerium oxalate crystals after several tens of seconds. These droplets have been imaged with cryoTEM 7.5 s after the mixing. This newly reported nanophase could benefit separation and recovery processes, but its conditions and mechanisms of formation needs a deeper investigation.

Its thorough characterization implies being able to probe the system just after mixing, when the system still consists of free ions. This is achievable thanks to ultrafast microfluidic mixers (tmix

The aim of this internship is to develop a set-up enabling to freeze a solution as quickly as possible after mixing the reactants. In practice, we need to combine microfluidic mixers with a freeze-plunger (see Chen & Frank and Feng et al.). Both components already exists, but they need to be interfaced with a spray in order to quickly collect the solution at the mixer exit on an electron microscope grid plunging into liquid ethane. The intern will have to develop this sprayer with microfluidic tools and find the correct conditions and parameters to obtain observable samples.

References:

Chen, B.; Frank, J. Two Promising Future Developments of Cryo-EM: Capturing Short-Lived States and Mapping a Continuum of States of a Macromolecule. *Microscopy (Oxf)* 2016, 65 (1), 69–79. <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfv344>

Feng, X.; Fu, Z.; Kaledhonkar, S.; Jia, Y.; Shah, B.; Jin, A.; Liu, Z.; Sun, M.; Chen, B.; Grassucci, R. A.; Ren, Y.; Jiang, H.; Frank, J.; Lin, Q. A Fast and Effective Microfluidic Spraying-Plunging Method for High-Resolution Single-Particle Cryo-EM. *Structure* 2017, 25 (4), 663-670.e3. <https://doi.org/10.1016/j.str.2017.02.005>

Keywords

Rare-earth separation, co-precipitation, liquid-liquid separation, microfluidics, cryo-TEM

Skills

Microfluidics, cryo-TEM

Softwares



Physique statistique des réseaux et circuits matières dans les scénarios de transition énergétique

Spécialité Physique statistique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/SPHYNX](#)

Candidature avant le 20/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Bercegol Herve](#)
+33 1 69 08 74 37
herve.bercegol@cea.fr

Résumé

Dans le contexte de la transition énergétique en cours, il s'agit de développer des modèles de physique statistique appliqués à la compréhension et la prévision de l'évolution des réseaux d'énergie.

Sujet détaillé

La transition énergétique est en marche, impliquant ou supposant des modifications majeures des réseaux d'énergie ainsi que de l'utilisation des matières, à l'échelle locale comme au niveau du globe. La physique statistique a été souvent utilisée pour l'étude de la stabilité des réseaux électriques, voire du couplage entre réseaux. Nous proposons de l'utiliser ici pour étudier l'évolution des réseaux et des infrastructures associées, du point de vue géométrique et de celui de la répartition spatiale des matières.

Peut-on définir les caractéristiques du réseau physique – ou des différents réseaux – rendant possible la transition ?

Peut-on définir une répartition optimale du stockage d'énergie, et suivant quels critères ?

Quelle interaction des stocks et des flux de matière : flux nécessaires pour maintenir le réseau et l'infrastructure, stocks nécessaires pour un stockage énergétique fiable rendant le système robuste, et suffisamment distribué pour permettre une répartition pertinente et efficace des matières ?

En s'appuyant sur plusieurs décennies d'étude du rôle clé joué par la consommation d'énergie et la transformation des matières dans l'économie, et en se basant sur une analyse approfondie du système existant, en termes de connaissances logistiques empiriques aussi bien qu'en termes de physique statistique, cette thèse établira une modélisation des réseaux d'énergie et de matière couplés : un des objectifs du modèle sera d'évaluer les différentes évolutions, possibles, probables et/ou souhaitables, en terme d'efficacité (énergie et matière), stabilité et robustesse. Cette thèse, à l'interface entre physique et économie, sera suivie par un comité scientifique inter-institut (DRF/Iramis, DRF/Irfu et DES/I-Tésé).

Mots clés

Réseaux, stockage d'énergie, transition énergétique, relation énergie-matière

Compétences

Modélisation mathématique, Calculs numériques, Statistical physics

Logiciels

C Python Mathematica etc...

Statistical physics of networks and material circuits in energy transition scenarios

Summary

In the context of the ongoing energy transition, the aim is to develop statistical physics models applied to the understanding and forecasting of the evolution of energy networks.

Full description

The energy transition is underway, involving or implying major changes in energy networks as well as in the use of materials, at the local and global scales. Statistical physics has often been used to study the stability of electrical networks, and even the coupling between networks. We propose to use it here to study the evolution of networks and associated infrastructures, from the geometrical point of view and from the point of view of the spatial distribution of materials.

Can we define the characteristics of the physical network - or of the different networks - that make the transition possible?

Can we define an optimal distribution of energy storage, and according to what criteria?

What is the interaction between stocks and flows of materials: flows needed to maintain the network and the infrastructure, stocks needed for a reliable energy storage making the system robust, and sufficiently well distributed to allow a relevant and efficient distribution of materials?

Based on several decades of study of the key role played by energy consumption and material transformation in the economy, and on a thorough analysis of the existing system, in terms of empirical logistical knowledge as well as statistical physics, this thesis will establish a model of the coupled energy and material networks: one of the objectives of the model will be to evaluate the different possible, probable and/or desirable evolutions, in terms of efficiency (energy and material), stability and robustness.

This thesis, at the interface between physics and economics, will be followed by an inter-institute scientific committee within CEA (DRF/Iramis, DRF/Irfu and DES/I-Tésé).

Keywords

Networks, energy storage, energy transition, matter-energy relation

Skills

Mathematical modelling Numerical programming Statistical physics

Softwares

C Python Mathematica etc...



Synthèse et caractérisation électrochimique d'une cathode type NASICON pour batteries tout solide

Spécialité Chimie des matériaux

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LEEL](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Saïd Yagoubi / Remith Pongilat](#)
+33 1 69 08 42 24
said.yagoubi@cea.fr / remith.pongilat@cea.fr

Autre lien <https://iramis.cea.fr/nimbe/>

Résumé

Sujet détaillé

Projet scientifique :

Les batteries au lithium tout solide offrent les caractéristiques les plus souhaitables telles que la sécurité et des densités d'énergie plus élevées pour les systèmes de batteries de véhicules électriques. Les batteries à l'état solide tout en céramique se composent d'une cathode composite et d'un électrolyte solide, densifiés par co-frittage et empilés avec une anode métallique en lithium ou en silicium.[1] Dans cette étude, nous avons sélectionné un matériau actif $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ (LVP) à base de NASICON pour les expériences électrochimiques en configuration de batterie tout solide. [2] Les matériaux d'électrolyte solide NASICON ont été signalés comme des meilleurs additifs de cathode en raison de leur large fenêtre de stabilité électrochimique ainsi que de leur compatibilité avec une variété de matériaux de cathode, y compris le NMC. [3] Étant donné que la cathode et l'électrolyte solide appartiennent à la famille de matériaux NASICON, nous nous attendons à de meilleures propriétés interfaciales et électrochimiques lors du cyclage à 3,8 V. Initialement, le matériau cathodique LVP sera synthétisé par la méthode sol-gel et à l'état solide. Les caractérisations physiques, y compris DRX, spectrométrie Raman et SEM, seront effectuées sur les matériaux synthétisés, suivies de caractérisations électrochimiques telles que le cyclage et l'analyse EIS. Les performances électrochimiques initiales du LVP seront effectuées dans des batteries lithium-ion à base d'électrolyte liquide. Dans la dernière étape, le LVP optimisé sera combiné à l'électrolyte NASICON pour explorer les performances de la batterie tout solide.

Les tâches suivantes seront effectuées :

- Synthèse du matériau de cathode NASICON $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ avec revêtement en carbone
- Évaluation des performances électrochimiques des cellules

• Études exploratoires sur la batterie à l'état solide NASICON

Techniques utilisées : Tests de performances électrochimiques (cyclage galvanostatique, impédance, capacité de débit et cyclage à long terme) dans diverses configurations électrochimiques (pile bouton, cellules Swagelok et EL).

Bibliographie

[1] N. J. Taylor et al, Am. Ceram. Soc. Bull., 2019, 98, 7

[2] C. Liu et al, Energy Storage Mater, 2016, 4, 15

[3] S. Kobylanska et al, J. Electrochem. Soc., 2019, 166, A1920

Personnes à contacter : remith.pongilat@cea.fr and said.yagoubi@cea.fr

Mots clés

Batteries au Lithium, Chimie du solide, Matériaux type NASICON, performances électrochimiques

Compétences

Synthèse solide-solide, Synthèse Sol-Gel, Cyclage galvanique, EIS, RAMAN, DRX, MEB

Logiciels

Synthesis and electrochemical characterization of a NASICON-type cathode for all-solid-state batteries

Summary

Full description

Scientific Project:

Solid-state lithium batteries offer the most desirable characteristics such as safety and higher energy densities for mobile and EV pack battery systems. All ceramic solid-state batteries consist of a composite cathode and solid electrolyte, densified by co-sintering and stacked with metallic lithium anode or silicon anode.[1] In this study, we selected NASICON based $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ (LVP) active material for the electrochemical experiments in solid-state battery configuration. [2] NASICON solid electrolyte materials have been reported as a better cathode additive because of its high voltage stability and compatibility with a variety of cathode materials including NMC. [3] Since, both the cathode and solid electrolyte are from the NASICON family of materials, we expect better interfacial and electrochemical properties during cycling at 3.8 V. Initially, LVP cathode material will be synthesized by sol-gel and solid-state method. Physical characterizations including XRD, Raman spectrometry and SEM will be performed on the as synthesized materials followed by electrochemical characterizations such as cycling and EIS analysis. Initial electrochemical performance of LVP will be done in liquid electrolyte based lithium-ion batteries. In the final step, optimized LVP will be combined with NASICON electrolyte to explore the solid-state battery performance.

In general, the following tasks will be tackled:

- Synthesis of NASICON $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ cathode material with carbon coating
- Electrochemical performance evaluation of cells
- Exploratory studies on the NASICON solid-state battery

Techniques used: Electrochemical performance tests (galvanostatic cycling, impedance, rate capability, and long-term cycling) in various electrochemical setups (coin cells, Swagelok and EL cells).

Bibliographie

[1] N. J. Taylor et al, Am. Ceram. Soc. Bull., 2019, 98, 7

[2] C. Liu et al, Energy Storage Mater, 2016, 4, 15

[3] S. Kobylanska et al, J. Electrochem. Soc., 2019, 166, A1920

contact persons : remith.pongilat@cea.fr and said.yagoubi@cea.fr

Keywords

Lithium batteries, Solid state chemistry, NASICON type materials, electrochemical performance

Skills

Solid-solid synthesis, Sol-Gel synthesis, Galvanic cycling, EIS, RAMAN, DRX, SEM

Softwares



Synthèse et caractérisation électrochimique d'une cathode type NASICON pour batteries tout solide

Spécialité Chimie des matériaux

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [NIMBE/LEEL](#)

Candidature avant le 30/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [YAGOUBI Saïd](#)

+33 1 69 08 42 24

said.yagoubi@cea.fr

Autre lien <https://iramis.cea.fr/nimbe/>

Résumé

Sujet détaillé

Les batteries au lithium tout solide offrent les caractéristiques les plus souhaitables telles que la sécurité et des densités d'énergie plus élevées pour les systèmes de batteries de véhicules électriques. Les batteries à l'état solide tout en céramique se composent d'une cathode composite et d'un électrolyte solide, densifiés par co-frittage et empilés avec une anode métallique en lithium ou en silicium.[1] Dans cette étude, nous avons sélectionné un matériau actif $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ (LVP) à base de NASICON pour les expériences électrochimiques en configuration de batterie tout solide. [2] Les matériaux d'électrolyte solide NASICON ont été signalés comme des meilleurs additifs de cathode en raison de leur large fenêtre de stabilité électrochimique ainsi que de leur compatibilité avec une variété de matériaux de cathode, y compris le NMC. [3] Étant donné que la cathode et l'électrolyte solide appartiennent à la famille de matériaux NASICON, nous nous attendons à de meilleures propriétés interfaciales et électrochimiques lors du cyclage à 3,8 V. Initialement, le matériau cathodique LVP sera synthétisé par la méthode sol-gel et à l'état solide. Les caractérisations physiques, y compris DRX, spectrométrie Raman et SEM, seront effectuées sur les matériaux synthétisés, suivies de caractérisations électrochimiques telles que le cyclage et l'analyse EIS. Les performances électrochimiques initiales du LVP seront effectuées dans des batteries lithium-ion à base d'électrolyte liquide. Dans la dernière étape, le LVP optimisé sera combiné à l'électrolyte NASICON pour explorer les performances de la batterie tout solide.

Les tâches suivantes seront effectuées :

- Synthèse du matériau de cathode NASICON $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ avec revêtement en carbone
- Évaluation des performances électrochimiques des cellules
- Études exploratoires sur la batterie à l'état solide NASICON

Techniques utilisées : Tests de performances électrochimiques (cyclage galvanostatique, impédance, capacité de

débit et cyclage à long terme) dans diverses configurations électrochimiques (pile bouton, cellules Swagelok et EL).

Bibliographie

[1] N. J. Taylor et al, Am. Ceram. Soc. Bull., 2019, 98, 7

[2] C. Liu et al, Energy Storage Mater, 2016, 4, 15

[3] S. Kobylanska et al, J. Electrochem. Soc., 2019, 166, A1920

Les personnes à contacter : remith.pongilat@cea.fr et said.yagoubi@cea.fr

Mots clés

Batteries au Lithium, Chimie du solide, Matériaux type NASICON, performances électrochimiques

Compétences

Synthèse solide-solide, Synthèse Sol-Gel, Cyclage galvanique, EIS, RAMAN, DRX, MEB

Logiciels

Synthesis and electrochemical characterization of a NASICON-type cathode for all-solid-state batteries

Summary

Full description

Solid-state lithium batteries offer the most desirable characteristics such as safety and higher energy densities for mobile and EV pack battery systems. All ceramic solid-state batteries consist of a composite cathode and solid electrolyte, densified by co-sintering and stacked with metallic lithium anode or silicon anode.[1] In this study, we selected NASICON based $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ (LVP) active material for the electrochemical experiments in solid-state battery configuration. [2] NASICON solid electrolyte materials have been reported as a better cathode additive because of its high voltage stability and compatibility with a variety of cathode materials including NMC. [3] Since, both the cathode and solid electrolyte are from the NASICON family of materials, we expect better interfacial and electrochemical properties during cycling at 3.8 V. Initially, LVP cathode material will be synthesized by sol-gel and solid-state method. Physical characterizations including XRD, Raman spectrometry and SEM will be performed on the as synthesized materials followed by electrochemical characterizations such as cycling and EIS analysis. Initial electrochemical performance of LVP will be done in liquid electrolyte based lithium-ion batteries. In the final step, optimized LVP will be combined with NASICON electrolyte to explore the solid-state battery performance.

In general, the following tasks will be tackled:

- Synthesis of NASICON $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ cathode material with carbon coating
- Electrochemical performance evaluation of cells
- Exploratory studies on the NASICON solid-state battery

Techniques used: Electrochemical performance tests (galvanostatic cycling, impedance, rate capability, and long-term cycling) in various electrochemical setups (coin cells, Swagelok and EL cells).

Bibliographie

[1] N. J. Taylor et al, Am. Ceram. Soc. Bull., 2019, 98, 7

[2] C. Liu et al, Energy Storage Mater, 2016, 4, 15

[3] S. Kobylianska et al, J. Electrochem. Soc., 2019, 166, A1920

Contact persons : remith.pongilat@cea.fr and said.yagoubi@cea.fr

Keywords

Lithium batteries, Solid state chemistry, NASICON type materials, electrochemical performance

Skills

Solid-solid synthesis, Sol-Gel synthesis, Galvanic cycling, EIS, RAMAN, DRX, SEM

Softwares