

Ecole Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies



du 4 au 9 juillet 2021
Roz Armor, ERQUY

Sponsorisé par

HORIBA
Scientific

SCIENTEC
www.scientec.fr

 **Anton Paar**

Avec la participation locale de

 **C'Nano**
NORD-OUEST

UNIVERSITÉ DE
RENNES 1

Mot d'accueil



Corinne CHANEAC

Directrice du C'Nano

Le domaine des Nanosciences et des Nanotechnologies (NST) couvre un réseau de compétences interdisciplinaires intégrant les différentes disciplines de la physique comme l'électronique, la mécanique, l'optique, mais aussi l'ingénierie, la chimie, la biologie et les sciences humaines et sociales. Au cours des dix dernières années, les acteurs de la recherche en NST ont permis, au travers d'une approche transversale et transdisciplinaire, des avancées spectaculaires et stratégiques en matière d'innovation scientifique qui positionnent cette thématique au cœur des grands programmes d'excellence scientifique et d'innovation industrielle. Il est néanmoins force de constater que les projets de recherche en NST sont de plus en plus complexes et appellent à une recherche exploratoire aux interfaces de plusieurs disciplines. Cette démarche n'est pas spontanée et les discussions entre les différentes communautés sont parfois difficiles.

C'est dans cet esprit que nous avons bâti cette école afin de former une nouvelle génération de chercheurs maîtrisant les fondements de l'interdisciplinarité et mieux armés pour s'insérer dans un paysage de la recherche de plus en plus complexe. Ainsi, nous avons conçu une série de cours pédagogiques donnés par des experts scientifiques reconnus au niveau international dans leur domaine de spécialité qui reprendront les concepts fondamentaux de ces domaines. Ces cours constitueront un socle solide de connaissances scientifiques pour aborder les innovations dans les domaines de la photocatalyse, la thermoélectricité, le photovoltaïque, le stockage de l'énergie, le théranostique ou encore le nanomagnétisme, la spintronique, la photonique. Au-delà des connaissances théoriques, nous avons souhaité inclure à l'école des ateliers expérimentaux pour illustrer la diversité des techniques de préparation des matériaux en tenant compte des approches *top-down* ou *bottom-up*, et les très nombreuses techniques de caractérisation de plus en plus performantes mais aussi complexes à mettre œuvre.

L'école résidentielle C'Nano est aussi un lieu d'échange, de discussion et de débats qui vous permettra de présenter vos travaux de recherche et d'étendre votre réseau professionnel. Nous comptons sur votre participation aux soirées posters et au bar des sciences pour adhérer à cette démarche incitative et contribuer à la dynamique du groupe. Dans cette optique, nous vous challengerons sur la construction de projets collaboratifs interdisciplinaires en vous proposant un travail de groupe et une restitution de vos réflexions.

Enfin, l'école sera un moment unique de nous retrouver après ce long épisode de crise sanitaire, moment que nous souhaitons convivial à l'occasion de long repas et de belles soirées animées. Toute l'équipe du C'Nano est très heureuse de vous accueillir à Erquy et vous souhaite de profiter pleinement de cette école.

Corinne CHANEAC

Index

Contacts	p. 04
Le C'Nano	p. 05
Le C'Nano NO	p. 06
L'école	p. 07
Le centre	p. 08
Comité Scientifique & Comité d'organisation	p. 09
Intervenants	p. 10
Sponsors	p. 12
Programme	
Programme général	p. 13
Descriptions des cours magistraux	p. 14
Descriptions des ateliers pratiques	p. 25
Atelier projet scientifique	p. 29
Descriptions des séminaires	p. 30
Bar des sciences	p. 33
Participants	p. 34
Annuaire des participants	p. 89

Contacts

Coordonnées des organisateurs

- **Christophe DECILAP** - Gestionnaire Administratif & Comptable du C'Nano
☎ +33 (0)6 25 58 05 69 ✉ christophe.decilap@cnr.fr
- **Marieke MOREL** - Chargée de Communication & Evènementiel
☎ +33 (0)6 69 74 33 97 ✉ marieke.morel@cnr.fr

☎ + 33 (0)1 44 27 60 87

🌐 cnano.fr

🌐 C'Nano

🐦 @CNano_national

✉ cnano_com@cnr.fr

Centre national de compétences en Nanosciences

C'Nano - CNRS

Sorbonne Université

4, Place Jussieu, 75 252 Paris Cedex 05- BC 179

Tour 44, 5e étage, couloir 43-44, salle 518

Le C'Nano

Bureau national

Equipe de direction



Directrice
Corinne CHANEAC



Coordinatrice
Administrative & Scientifique
Julie CARIMALO

Equipe administrative



Chef de projet
Valorisation & Prospective
Nils BALGOBIN



Gestionnaire
Administratif & Comptable
Christophe DECILAP



Chargée de mission
Communication & Evènementiel
Marieke MOREL



Stagiaire
Communication & Evènementiel
Marine MEZOUL

Bureaux territoriaux

Animateurs bureau IdF



C. CHANEAC



A. LEVENSON

Animateurs bureau NO



J.-L. DUVAIL



F. GAUFFRE

Animateurs bureau GSO



X. BOUJU



Y. GUARI

Animateurs bureau Est



N. MILLOT



M. VERGNAT

Animateurs bureau AURA



A. AYARI



B. MASENELLI

Animateurs bureau PACA



N. BONOD



L. SANTINACCI



Le C'Nano Nord-Ouest

Le C'Nano Nord-Ouest (C'Nano NO) fédère les équipes de recherche dans les nanosciences des régions Hauts-de-France, Pays de la Loire, Normandie et Bretagne.



Les animateurs du bureau Nord-Ouest sont : **Jean-Luc DUVAIL** (Université de Nantes - IMN, Nantes)
Fabienne GAUFFRE (CNRS - ISCR, Rennes)



Jean-Luc DUVAIL
Université de Nantes - IMN
Nantes



Fabienne GAUFFRE
CNRS - ISCR
Rennes

Le bureau C'Nano NO est constitué de 8 chercheurs et enseignants-chercheurs représentant les thématiques de recherche principales dans les nanosciences et nanotechnologies abordées sur le territoire Nord-Ouest. Ils jouent également le rôle de correspondants locaux et de référents pour les différentes activités du C'Nano.

- **Caroline ANDREAZZA** (Université d'Orléans – ICMN), Correspondante **Orléans région Centre Val de Loire**, Référente **Nanomatériaux & Surfaces**
- **David BABONNEAU** (CNRS – Pprime), Correspondant **région Nouvelle Aquitaine Nord**, Référent **Films minces & Nanostructures, Plasmonique**
- **Jean-Luc DUVAIL** (Université de Nantes – IMN), Correspondant **Nantes, région Pays de la Loire**, Référent **Nanophysique & Nanofils** & Référent Animation Scientifique, Formation
- **Fabienne GAUFFRE** (CNRS – ISCR), Correspondante **Rennes, région Bretagne**, Référente **Nanochimie & Colloïdes** & Référente Animation Scientifique, International
- **Bruno GRANDIDIER** (CNRS – IEMN), Correspondant **Lille, région Hauts-de-France**, Référent **Nanométrie** & Référent RENATECH+
- **Maryline GUILLOUX-VIRY** (Université de Rennes – ISCR), Correspondante **Rennes**, Référente **Nanométrie** & Référente Valorisation
- **Philippe PAREIGE** (Université de Rouen Normandie – GPM), Correspondant **Rouen, région Haute Normandie**
- **François VURPILLOT** (Université de Rouen Normandie – GPM), Correspondant **Rouen, région Haute Normandie**, Référent **Nanométrie**



cnano_no@cns.fr



cnano.fr/nord-ouest



[@CNano_no](https://twitter.com/CNano_no)

L'école

Labélisée école thématique du CNRS, l'école résidentielle ERIN2C'NANO ambitionne de fournir aux participants une « boîte à outils » pour aborder des sujets de recherche en nanosciences et nanotechnologies (« nanos »).

Elle est principalement dédiée aux jeunes entrants CNRS (≤ 5 ans), qu'ils soient chercheurs ou ingénieurs, et aux doctorants et post-doctorants, pour leur permettre de s'imprégner de la culture interdisciplinaire nécessaire au développement des nanos. Elle s'adresse également aux chercheurs en nanosciences souhaitant élargir leurs activités de recherche à des domaines transdisciplinaires.

Cette école abordera les concepts fondamentaux et expérimentaux dans de nombreuses disciplines des nanos (physique, chimie, biologie) de façon accessible à tout public scientifique. Ainsi, l'école proposera une série de 8 cours magistraux pédagogiques, 4 ateliers pratiques sur les approches *top-down* et *bottom-up* et sur les techniques de caractérisation, et un atelier sur la conception d'un projet interdisciplinaire dans les nanos. Un cycle de séminaires permettra d'enrichir les cours par une présentation plus approfondie de sujets choisis en sciences et philosophie.

A l'issue de l'école, les participants auront reçu un enseignement qui constituera un socle solide de connaissances scientifiques pour aborder les recherches et innovations dans les nanos.



© Vue aérienne - Centre Roz Armor

Le centre

Localisation :

Centre Roz Armor

47, Rue de la Fossé Eyrand
22 430, ERQUY

Plus d'informations :

www.rozarmor.com

Hébergement

Chaque participant.e ou intervenant.e bénéficiera d'une chambre individuelle.

Accès

En train : la station de train la plus proche est Lamballe.

Vous pouvez rejoindre Lamballe en TGV/TER depuis les grandes villes suivantes :

Paris Gare Montparnasse : 2h30min (via Rennes)

Lyon : 5h (via Paris et Rennes)

Lille : 5h (via Paris et Rennes)

Marseille : 6h30min (via Paris et Rennes)

Nantes : 2h (via Rennes)

Rennes : 45min

Bordeaux : 5h (via Paris et Rennes)

En avion : Des vols sont également effectués jusqu'à Rennes depuis les grandes villes suivantes :

Paris CDG : 1h

Marseille : 2h30 (via Lyon)

Toulouse : 1h10



L'école

Comité scientifique

Bernard BARTENLIAN (CNRS, C2N)

Sébastien BIDAULT (CNRS, Institut Langevin)

Corinne CHANEAC (Sorbonne Université, C'Nano)

Mourad CHERIF (Université Sorbonne Paris Nord, LSPM)

Fabienne GAUFFRE (CNRS, ISCR)

Ivan T. LUCAS (Sorbonne Université, LISE)

David PORTEHAULT (CNRS, LCMCP)

Vincent REPAIN (Université de Paris, MPQ)

Comité d'organisation

Corinne CHANEAC (Sorbonne Université, C'Nano)

Julie CARIMALO (CNRS, C'Nano)

Christophe DECILAP (CNRS, C'Nano)

Marieke MOREL (CNRS, C'Nano)

Bernard BARTENLIAN (CNRS, C2N)

Intervenants



Bernard BARTENLIAN
(CNRS, C2N)



Gaëtan BELLOT
(Inserm, CBS)



Sébastien BIDAULT
(CNRS, Institut Langevin)



Corinne CHANEAC
(Sorbonne Université, LCMCP)



Mourad CHERIF
(Université Sorbonne
Paris Nord, LSPM)



Stefan DILHAIRE
(Université de Bordeaux, LOMA)



Olivier FRUCHART
(CNRS, SPINTEC)



Fabienne GAUFFRE
(CNRS, ISCR)



Séverine GOMES
(CNRS, CETHIL)



Michel HEHN
(Université de Lorraine, IJL)

Intervenants



Nathalie LIDGI-GUIGUI
(Université Paris Nord, LSPM)



Ivan T. LUCAS
(Sorbonne Université, LISE)



Laurence MASSON
(Aix-Marseille Université, CINaM)



Françoise MAUGE
(CNRS, LCS)



Fabienne MICHELINI
(AMU, IMN2P)



Angela MUTSCHLER
(Université de Bordeaux, LCPO)



David PORTEHAULT
(CNRS, LCMCP)



Thierry RABILLOUD
(CNRS, LCBM)



Vincent REPAIN
(Université de Paris, MPQ)



Romaine SAUZET
(Ecole Centrale de Lyon, IRHPIL)

Sponsors

Bientôt plus d'informations sur les sponsors !



- FERNANDES David
- LEPLEUX Emmanuel



- BUTON Nicolas
- NEHME Florian



Anton Paar

Programme général

Découvrez ci-dessous le programme général de l'école thématique.
Les cours seront dispensés en français.

	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
8h30 - 9h00		Réactivité aux interfaces <i>Cours 1</i>	Transport électronique & thermique <i>Cours 1</i>	Transport électronique & thermique <i>Cours 2</i>	Réactivité aux interfaces <i>Cours 2</i>	
9h00 - 9h30						interactions avec le milieu biologique & Thérapie <i>Cours 2</i>
9h30 - 10h00		Pause café	Pause café	Pause café	Pause café	
10h00 - 10h30		Interactions lumière - matière <i>Cours 1</i>	Propriétés magnétiques <i>Cours 1</i>	Propriétés magnétiques <i>Cours 2</i>	Interactions lumière - matière <i>Cours 2</i>	Pause café
10h30 - 11h00						Procédés de nanofabrication <i>Cours 2</i>
11h00 - 11h30						
11h30 - 12h00						Paniers repas
12h00 - 12h30		Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	
12h30 - 13h00						Départ
13h00 - 13h30						
13h30 - 14h00						
14h00 - 14h30		Interactions avec le milieu biologique & Thérapie <i>Cours 1</i>	Synthèse de nanomatériaux <i>Cours 2</i>	Atelier projet	Ateliers pratiques	
14h30 - 15h00		Pause café	Pause café			
15h00 - 15h30	Accueil					
15h30 - 16h00		Procédés de nanofabrication <i>Cours 1</i>	Chimie de surface & Colloïdes <i>Cours 2</i>			
16h00 - 16h30	Synthèse de nanomatériaux <i>Cours 1</i>					
16h30 - 17h00						
17h00 - 17h30						
17h30 - 18h00	Pause café					
18h00 - 18h30	Chimie de surface & Colloïdes <i>Cours 1</i>	Séminaire 1	Séminaire 2	Séminaire 3		
18h30 - 19h00						
19h00 - 19h30						
19h30 - 20h00	Cocktail de bienvenue	Diner	Diner	Diner	Temps libre	
20h00 - 20h30						
20h30 - 21h00	Diner					
21h00 - 21h30						
21h30 - 22h00		Session Poster	Bar des sciences	Restitution Atelier projet	Soirée Gala	
22h00 - 22h30	Session Poster					
22h30 - 23h00						

Cours magistraux

Synthèse de nanomatériaux

Intervenant : **David PORTEHAULT** (CNRS – LCMCP, Paris)

Description du cours

La maîtrise des réactions chimiques en milieux liquides fournit aujourd'hui un panel très large de nanomatériaux, conçus à façon pour générer certaines propriétés et viser des domaines d'applications très vastes. Dans ce cours, nous chercherons d'abord à donner les clés permettant au néophyte de comprendre les approches les plus courantes, pour apprendre à décrypter et reproduire un protocole de synthèse. Pour ce faire, nous aborderons les mécanismes de formation des nanomatériaux, le rôle des interfaces, et les problèmes posés par différentes familles de matériaux. Nous proposerons ensuite un panorama des défis et des efforts de synthèse les plus actuels, permettant d'élargir la gamme des nanomatériaux accessibles et donc la diversité des propriétés adressables.

Plan du cours

- I. Nucléation –croissance: processus classiques et conséquences**
 - a. Mécanisme classique de nucléation homogène
 - b. Nucléation hétérogène (cas du contrôle par les ligands : objets hybrides)
 - c. Conséquences sur la forme et la taille des particules en synthèse colloïdale
 - d. Synthèses assistées par chauffage micro-ondes
- II. Mécanismes de cristallisation non classique**
 - a. Auto-assemblage : l'attachement orienté et son contrôle
 - b. Mésocristaux: artificiel et naturels
- III. Cristaux colloïdaux**
 - a. Obtention et force motrice pour les empilements compacts (cristaux entropiques), contrôle 2D/3D par solvant
 - b. Empilements non compacts : contrôle par la charge de surface
- IV. Extension de la gamme de compositions accessibles**
 - a. Procédés dans l'eau
 - b. Milieux organiques: les nanoparticules comme réactifs
 - c. Compositions multi-éléments: solides ioniques
 - d. Compositions multi-éléments: solides covalents ou iono-covalents par templating
 - e. Compositions multi-éléments: solides covalents ou iono-covalents en sels fondus

Cours magistraux

Ingénierie des colloïdes : stabilité, chimie de surface et assemblages

Intervenante : **Fabienne GAUFFRE** (CNRS – ISCR, Rennes). **3 heures.**

Description du cours

Les systèmes dispersés à l'échelle nano (nanoparticules, vésicules, nano-émulsions, virus...) sont par essence des systèmes colloïdaux qui, selon les conditions, peuvent rester stables ou s'agréger, voire s'assembler de façon organisée. L'objectif du cours est de donner les bases théoriques sur les interactions mises en jeu dans les colloïdes et sur les techniques de caractérisation des suspensions colloïdales. Nous verrons également une sélection de stratégies de fonctionnalisation de nanoparticules, permettant le contrôle de leur stabilité ou de construire des assemblages architecturés. Les applications de cette ingénierie des colloïdes seront illustrées à travers des travaux issus de diverses disciplines.

Plan du cours

- I. Interactions entre les particules**
 - a. Forces de type DLVO : Van der Waals & Electrostatiques
 - b. Forces non DLVO : hydratation & stérique
 - c. Adhésion
 - d. Condensation capillaire
- II. Stabilité colloïdale, assemblages et cristaux colloïdaux**
 - a. Générer des dispersions stables...
 - b. ...ou au contraire, utiliser les interactions pour construire des architectures complexes
- III. Ingénierie de la chimie de surface des NP**
 - a. Du bon usage des ligands dans la synthèse des NP
 - b. Echange de ligands
 - c. Nanocomposites

Cours magistraux

Interfaces électrochimiques

Intervenant : **Ivan T. LUCAS** (Sorbonne Université - LISE, Paris). **1h30**.

Description du cours

Les propriétés interfaciales de matériaux fonctionnels influencent fortement leur réactivité et déterminent les performances des systèmes ou dispositifs intégrant ces matériaux (systèmes pour le stockage et la conversion de l'énergie ou bien pour la catalyse...). Dans ce cours seront présentés quelques outils ciblés (méthodes électrochimiques et techniques de caractérisation de surface) permettant de sonder les interfaces de ces matériaux en conditions modèles (in situ) ou de fonctionnement (operando), et des exemples montrant comment les relations entre propriétés aux interfaces et performances de ces matériaux permettant de rendre compte de leur mode de fonctionnement à l'échelle nanométrique.

Plan du cours

- I. Réactivité électrochimique**
 - a. Est-elle possible ? *Thermoélectrochimie (Potentiel de Nernst E , Mesure de E , Effet de pH/complexation/force ionique, Outils : diagramme E-pH)*
 - b. Est-elle rapide ? *Cinétique des réactions électrochimique (courbes I-E)*
- II. Méthodes électrochimiques**
 - a. Comment réguler le potentiel/le courant ? *Appareillage (potentiostats, galvanostats...)*
 - b. Quelle technique choisir, comment la mettre en œuvre ? *Micro/macroélectrodes Voltampérométrie, Impédance électrochimique...*
 - c. Comment interpréter les résultats ? *Analyses couplées -Gravimétrie, microscopie, spectroscopie*
- III. Réactivité électrochimique aux interfaces et techniques operando**
 - a. Comment sonder les propriétés interfaciales de (nano)matériaux en fonctionnement ? *Technique : SERS/SHINERS électrochimique – Application : matériaux pour le stockage de l'énergie*
 - b. Comment analyser des monocouches moléculaires électroactives ? *Technique : TERS électrochimique – Application en électronique moléculaire*

Cours magistraux

Interfaces pour la catalyse et l'adsorption

Intervenante : **Françoise MAUGE** (CNRS – LCS, Caen). **1h30**.

Description du cours

Les propriétés interfaciales de matériaux fonctionnels influencent fortement leur réactivité et déterminent les performances des systèmes ou dispositifs intégrant ces matériaux (systèmes pour le stockage et la conversion de l'énergie ou bien pour la catalyse...). Dans ce cours seront présentés quelques outils ciblés (méthodes électrochimiques et techniques de caractérisation de surface) permettant de sonder les interfaces de ces matériaux en conditions modèles (*in situ*) ou de fonctionnement (*operando*), et des exemples montrant comment les relations entre propriétés aux interfaces et performances de ces matériaux permettant de rendre compte de leur mode de fonctionnement à l'échelle nanométrique.

Plan du cours

- I. **Nature et réactivité des espèces superficielles**
 - a. Catalyse et catalyseurs
 - b. Oxydes métalliques : groupements OH, sites M et O, acidité et basicité
 - c. Nanoparticules métalliques : nature, coordinence, morphologie
- II. **Spectroscopie infrarouge des espèces superficielles**
 - a. Etude IR *in situ* : système expérimental, acidité, basicité, dispersion des nanoparticules
 - b. Etude IR *operando* : système expérimental, évolution de la surface en conditions réactionnels
- III. **Apport de la spectroscopie à la catalyse**
 - a. Apport à la compréhension de la réaction
 - b. Apport au design du catalyseur

Cours magistraux

Interactions lumière-matière, nanoscopie & nanophotonique

Intervenant : **Sébastien BIDAULT** (CNRS – Institut Langevin, Paris). **3 heures.**

Description du cours

A priori, lumière et nanoscience ne devraient pas faire bon ménage : la grandeur caractéristique de la première - la longueur d'onde - est un ou deux ordres de grandeur trop grande pour les dimensions typiques de la seconde. Et pourtant l'essor récent de la nanophotonique ou des imageries super-résolues (nanoscopies) nous montrent comment structurer des matériaux aux échelles nanométriques permet de maximiser leur interaction avec la lumière ou, inversement, comment voir la matière à des échelles plus petites que la longueur d'onde.

Le but de ce cours est de reprendre les bases théoriques essentielles des interactions lumière-matière aux échelles nanométriques (champ proche Vs champ lointain, limite de diffraction, sections-efficaces d'interaction, confinement diélectrique ou quantique des électrons) afin de mieux comprendre des applications récentes allant des sciences biomédicales aux technologies quantiques en passant par la plasmonique.

Plan du cours

- I. Contrastes et résolution**
 - a. Contrastes optiques, champ proche vs champ lointain, limite de diffraction
 - b. Approximations quasi-statiques et dipolaires, sections efficaces
 - c. Confinement diélectrique : résonances plasmon et de Mie
 - d. Confinement quantique et luminescence
- II. Imagerie super-résolue**
 - a. Microscopie de champ proche optique
 - b. Microscopies de champ lointain super résolues : STED / STORM
- III. Plasmonique et nanophotonique**
 - a. Applications biomédicales : FRET / capteurs plasmoniques
 - b. Exalter les interactions lumière-matière : microcavités, nanoantennes optiques, SERS

Cours magistraux

Transport électronique et thermique

Intervenant.e.s : **Stefan DILHAIRE** (Univ. Bordeaux –LOMA, Talence) ; **Séverine GOMES** (CNRS –CETHIL, Lyon) & **Fabienne MICHELINI** (AMU –IMN2P, Marseille). **3 heures.**

Description du cours

Ce cours a pour premier objectif d'introduire les bases nécessaires à la compréhension du transport à l'échelle nanométrique dans des systèmes principalement inorganiques. Il est scindé en deux parties.

La partie de «transport quantique» développera les spécificités de la modélisation et de la simulation du transport de charges et d'énergie à l'échelle nanométrique, ainsi que leurs apports à la conception de nanotechnologies relevant de la gestion de l'énergie. L'accent sera mis sur les défis actuels, en particulier sur le contrôle à l'échelle nanométrique des échanges d'énergie entre les électrons et les vibrations, essentiel pour accroître les performances des nano-dispositifs.

La partie « thermique aux nanoéchelles » portera sur le phénomène de conduction thermique aux échelles spatio-temporelles nanométriques et femto-seconde, et présentera des techniques expérimentales développées (microscopie thermique à sonde locale et thermoréflectance pompe-sonde femto-seconde) pour son étude et pour l'analyse des effets d'interface et de taille.

Plan du cours

- I. **Les paradoxes de la loi de Fourier**
 - a. Instantanéité
 - b. Equilibre local

- II. **Qu'est-ce que la conductivité thermique ?**
 - a. Théorie cinétique des gaz
 - b. Porteurs d'énergie impliqués
 - c. Régimes de conduction
 - d. Mécanismes de diffusion et règle de Matthiessen

Cours magistraux

Magnétisme et nano-objets

Intervenant : **Olivier FRUCHART** (CNRS – SPINTEC, Grenoble). **3 heures.**

Description du cours

Le magnétisme est une propriété fondamentale de la matière reconnue et utilisée depuis l'antiquité, par exemple pour le compas de navigation. Après que la mécanique quantique eut élucidé son origine microscopie au début de XXème siècle, et le développement de divers matériaux fonctionnels tels que blindages et aimants permanents, nous aurions pu croire que le magnétisme arrivait à la fin de son histoire. La considération de nano-objets dans les années 1980 a relancé les découvertes fondamentales et leur potentiel applicatif à un rythme soutenu, au point d'aboutir à un prix Nobel de Physique en 2007 pour récompenser la découverte de la magnétorésistance géante, et de faire jouer un rôle clef à l'électronique de spin dans le renouveau de la micro-électronique.

Ce cours rappellera l'origine, les grandeurs et unités propres au magnétisme, ainsi que les caractéristiques générales des matériaux magnétiques : mise en ordre, anisotropie, domaines et parois, dynamique précessionnelle. Nous examinerons ensuite les propriétés spécifiques aux nano-objets, d'origine interfaciale ou de basse dimensionnalité, et leur impact sur le comportement des systèmes résultant. Nous nous intéresserons ensuite au domaine de la spintronique, c'est-à-dire le couplage des électrons de conduction et de l'aimantation des matériaux ; nous décrirons quelques effets magnétorésistifs et leur inverse, les couples de transfert de spin. Enfin, nous examinerons les grands domaines d'application des nano-objets magnétiques : matériaux fonctionnels nanostructurés, fluides et nanoparticules, capteurs magnétiques, mémoires et logique magnétique, et leur potentiel pour adresser plusieurs défis sociétaux et environnementaux.

Plan du cours

- I. Fondements du magnétisme**
 - a. Champs, moments, unités
 - b. Magnétisme dans la matière : moments, échange, mise en ordre, anisotropie
 - c. Domaines et parois magnétiques
 - d. Processus d'aimantation quasistatiques
 - e. Dynamique précessionnelle
- II. Spintronique**
 - a. Transport polarisé en spin, accumulation de spin
 - b. Magnétorésistances
 - c. Transfert de spin
 - d. Spin-orbitronique
- III. Applications et nano-objets**
 - a. Microstructures pour les matériaux doux et durs
 - b. Nanoparticules : matériaux, fluides et porteurs
 - c. Capteurs magnétiques
 - d. Mémoires et logique magnétiques

Cours magistraux

Introduction aux interactions entre nanomatériaux et vivant, approches toxicologiques

Intervenant : **Thierry RABILLOUD** (CNRS – LCBM, Grenoble). **1h30**.

Description du cours

Après une introduction aux approches toxicologiques et mécanistiques des interactions entre nanomatériaux et vivant, nous montrerons des exemples de stratégie à employer pour rendre compatible le nanomatériau au milieu biologique afin de développer des systèmes hybrides qui puissent assurer leur transport et leur fonction d'encapsulation et de relargage in vivo.

Plan du cours

- I. Rappels sur l'organisation des systèmes vivants**
 - a. Organisation générale des cellules vivantes
 - b. Conséquences sur les différents types d'interaction entre vivant et nanomatériaux
- II. Les systèmes de défenses du vivant**
 - a. Les barrières biologiques
 - b. La défense immunitaire
- III. Etudes classiques des réactions du vivant aux nanomatériaux**
 - a. Le choix des systèmes biologiques. Le in vitro
 - b. Les études ciblées dans les systèmes in vitro
- IV. Apport des études à haut contenu**
 - a. Définition des études à haut contenu
 - b. Exemples d'apport des études à haut contenu
 - c. Apport des systèmes in vitro avancés dans la prise en compte des particularités des interactions entre nanomatériaux et vivant

Cours magistraux

Conception de systèmes hybrides pour la nanothérapie

Intervenante : **Angela MUTSCHLER** (Université de Bordeaux – LCPO, Bordeaux). **1h30**.

Description du cours

Après une introduction aux approches toxicologiques et mécanistiques des interactions entrenanomatériaux et vivant, nous montrerons des exemples de stratégie à employer pour rendre compatible le nanomatériau au milieu biologique afin de développer des systèmes hybrides qui puissent assurer leur transport et leur fonction d'encapsulation et de relargage in vivo.

Plan du cours

- I. Nanotechnologie et nanomédecine**
 - a. Nanotechnologie et système de délivrance de principe actif
 - b. Nanomédecine : historique et champ d'application
- II. Biodistribution des nanoparticules**
 - a. Les différentes voies d'administration
 - b. Devenir d'une substance active dans l'organisme (ADME)
 - c. Paramètres pouvant influencer la biodistribution des nanoparticules
- III. Nanosystème d'administration des médicaments**
 - a. Nanoparticules de première génération
 - b. Les nanoparticules de types « furtives »
 - c. Les nanoparticules à visée de sites spécifiques
 - d. Les nanoparticules répondant à un stimulus
- IV. Le futur de la nanomédecine**
 - a. La médecine personnalisée
 - b. Théranostique : un outil alliant diagnostic et thérapie
 - c. Rôle des nanoparticules dans les nouveaux vaccins à ARN messenger

Cours magistraux

Nanofabrication conventionnelle et non conventionnelle

Intervenant : **Bernard BARTENLIAN** (Université Paris Saclay – C2N, Palaiseau). **1h30**.

Description du cours

Nous aborderons les différentes méthodes d'élaboration depuis celles appelées « conventionnelles » (lithographie, gravure, etc.) et issues de la microélectronique vers celles dites « non conventionnelles » (lithographie souple, nano-impression, etc.) et essentiellement propices aux applications à la biologie. L'approche « *bottom-up* » sera également abordée ainsi que son couplage potentiel aux approches « *top-down* » précitées.

Plan du cours

- I. **Méthodes d'élaboration conventionnelle dites descendantes (approche « top-down »)**
 - a. Principe de la micro et nanofabrication conventionnelle en salle blanche
 - b. Lithographie optique UV, à rayons X, électronique (les résines positives, négatives, leurs limites de résolutions, leurs contrastes)
 - c. Les méthodes de transferts : dépôt en couche mince sous vide, par pulvérisation cathodique, assisté par plasma, par croissance électrolytique, lift-off, gravure humide sélective anisotrope, gravure sèche ionique réactive
 - d. Techniques d'observation et d'analyse (microscopie électronique à balayage, mesures électriques, optiques)

- II. **Méthodes d'élaboration non conventionnelles (approche « top-down ») axées sur des applications aux nanobiosciences**
 - a. Nanoimpression thermique, assistée UV (procédés industriels roll-to-roll et step-and-repeat associés), cas de la réalisation de grandes surfaces nanostructurées à bas coût pour la biodétection
 - b. Nano-sphère lithographie, nano-compression, encrage moléculaire, lithographie sous pointe, électronique sur support flexible
 - c. Microfluidique pour la biologie

Cours magistraux

Approche ascendante de la nanofabrication

Intervenante : **Laurence MASSON** (Aix-Marseille Université - CINaM, Marseille). **1h30**.

Description du cours

L'approche ascendante (ou *bottom-up*) de la nanofabrication est basée sur l'assemblage de briques de construction (atomes ou molécules) pour fabriquer des nano-objets et nanomatériaux aux propriétés ciblées. Ce cours s'intéressera aux méthodes de nanofabrication par voie ascendante sur surface, essentiellement basées sur le phénomène de croissance épitaxiale. D'autres méthodes de nanofabrication faisant intervenir par exemple la synthèse sur surface ou le démouillage de films minces seront également introduites. Chaque partie du cours sera illustrée par des exemples significatifs tirés de la littérature.

Plan du cours

- I. Surfaces cristallines**
 - a. Energie de surface – anisotropie cristalline
 - b. Surfaces vicinales
 - c. Reconstructions de surface
- II. Croissance épitaxiale**
 - a. Interaction adsorbat/surface – physisorption - chimisorption
 - b. Approche thermodynamique – modes de croissance 2D, 3D, 2D/3D
 - c. Approche cinétique – processus atomiques
 - d. Croissance auto-organisée – surfaces nanostructurées
- III. Méthodes expérimentales**
 - a. Techniques de dépôts
 - b. Microscopies électroniques – Microscopies en champ proche
 - c. Diffraction de surface
- IV. Autres méthodes de nanofabrication**
 - a. Synthèse sur surface
 - b. Phénomène de démouillage
 - c. Méthodes hybrides top-down/bottom-up

Ateliers pratiques

Synthèse de nanoparticules assistée par micro-ondes

Intervenant.e.s : **Corinne CHANEAC** (Sorbonne Université - LCMCP, Paris). **5h.**
David PORTEHAULT (CNRS - LCMCP, Paris).

Description de l'atelier

L'atelier de « nanochimie » aura pour objet une introduction à la chimie colloïdale assistée par chauffage micro-ondes. Les particularités et avantages de ce procédé seront abordés d'un point de vue pratique au travers d'exemples de synthèses de nanoparticules.

Les participants réaliseront deux types de synthèses qui illustreront la façon dont les vitesses de chauffage importantes fournies par les micro-ondes influencent les caractéristiques structurales et morphologiques des nano-objets, ainsi que leurs propriétés, notamment luminescentes.

Les développements en cours seront aussi abordés, en particulier l'étude in situ des mécanismes à l'œuvre dans ces synthèses et le développement de procédés en flux continu transposables à une production industrielle.

Ateliers pratiques

Microscopie électronique et champ proche

Intervenants : **Bernard BARTENLIAN** (Université Paris Saclay - C2N, Palaiseau). **5h.**
Vincent REPAIN (Université de Paris - MPQ, Paris)
Entreprise Scientec

Description de l'atelier

Le but de cet atelier est l'apprentissage de techniques de caractérisations structurales et chimiques par voie électronique, optique et de champ proche avec du matériel de dernière génération prêté par la société Scientec qui sera également présente. Des sessions pratiques seront organisées avec des échantillons modèles et les participants sont invités à apporter avec eux des échantillons de leurs travaux de recherches.

1) Microscopie Electronique à Balayage (MEB/SEM)

<https://www.scientec.fr/produit/microscopes-electroniques-a-balayage-de-table/>

Réglages de base pour l'obtention d'images et interprétation du contraste. Analyse par spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDS).

2) Microscopie à Force Atomique (AFM nano observer)

<https://www.scientec.fr/produit/microscope-a-force-atomique-meilleur-rapport-qualiteprix/>

Mesures topographiques en mode contact et oscillant et caractérisation de propriétés physiques à l'échelle locale (résistivité, potentiel électrique, magnétisme).

3) Caractérisation de films minces

Mesures d'épaisseurs par réflectométrie Spectroscopique.

<https://www.scientec.fr/produit/mesure-ponctuelle> | <https://www.scientec.fr/analyse-de-surface/mesures-dynamiques/>

Caractérisation d'état de surface, microscopie 3D (applications aux sciences du vivant, des MEMS, des matériaux).

Ateliers pratiques

Caractérisation optique des nano-objets

Intervenant.e.s : **Sébastien BIDAULT** (CNRS - Institut Langevin, Paris). **5h.**
Fabienne GAUFFRE (CNRS - IPS, Rennes)
Ivan T. LUCAS (Sorbonne Université - LISE, Paris)

Description de l'atelier

Dans cet atelier seront présentées différentes techniques d'analyse optique reposant sur les propriétés de diffusion de la lumière par des nano-objets :

- La diffusion élastique de la lumière permet de sonder les résonances optiques de nanoparticules, à l'échelle de l'objet individuel. Nous mesurerons ainsi les résonances plasmons de nanoparticules d'or isolées et de dimères de nanoparticules, directement liées avec la taille de ces objets ou leur distance interparticule. Nous observerons aussi comment cette résonance évolue avec l'indice de réfraction, processus exploité dans la détection optique de biomolécules. Finalement, nous observerons les résonances de Mie de résonateurs en silicium qui permettent de manipuler les composantes électriques et magnétiques des ondes lumineuses.
- La diffusion de la lumière par des nano-objets peut également être mise à profit pour caractériser leur mouvement Brownien en solution et en déduire leur taille, plus précisément le diamètre hydrodynamique. C'est le principe de base de la technique dite de NTA (Nanoparticle Tracking Analysis), qui sera illustrée à travers différents types d'échantillons organiques ou inorganiques (vésicule extracellulaires, Latex, assemblages de nanoparticules...).
- La diffusion inélastique de la lumière par la matière est à la base de la spectroscopie Raman, spectroscopie vibrationnelle complémentaire de la spectroscopie Infrarouge (FTIR). Par ailleurs, les propriétés d'absorption et d'amplification de la lumière par des nano-objets ou nanostructures (amplificateurs plasmoniques) peuvent être exploitées par la spectroscopie Raman exaltée (SERS, SHINERS, TERS) pour l'analyse chimique de composés présentant une faible intensité de diffusion Raman (molécules, nanoobjets et films minces).

Ateliers pratiques

La Fabrique du Nano

Intervenante : **Nathalie LIDGI-GUIGUI** (Université Sorbonne Paris Nord - LSPM, Paris). **5h.**

Description de l'atelier

Dans cet atelier, un jeu de société vous sera proposé pour vous permettre de découvrir l'univers de la salle blanche :

- Qu'est-ce qu'un tel lieu ?
- Qu'y fait-on ?
- Quels instruments y trouve-t-on ?

Ce jeu sérieux s'inscrit à la fois dans un objectif de vulgarisation des activités de salle blanche mais aussi dans l'idée de sensibiliser à cet univers si particulier.

Le support du jeu peut également être utilisé comme support de diffusion scientifique, il est accompagné de 4 posters, disponibles en téléchargement ici :

http://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/projet/la_fabrique_du_nano/

Atelier projet scientifique

Atelier « Construire un projet interdisciplinaire »

Le financement de la recherche par projet est un changement de paradigme qui a touché les laboratoires français et européens ces dernières années. Il nous a semblé indispensable d'aborder aussi cet aspect des métiers de la recherche qui font notre quotidien. Nous profiterons du format de l'école pour susciter votre créativité et votre curiosité et pour poser les premières pierres d'un projet de recherche interdisciplinaire qui vous fasse rêver avec la seule contrainte de présenter un caractère interdisciplinaire.

Les groupes de travail qui mélangeront les participants issus de thématiques différentes, vous seront communiqués au début de l'école pour que vous fassiez connaissance autour de la séance poster du lundi soir. Vous disposerez d'un temps libre le mercredi après-midi pour structurer votre projet que vous présenterez le soir même au moyen de 2 à 3 transparents. La présentation ne devra pas dépasser 5 minutes et sera suivie de 5 minutes de questions. Vous exposerez l'idée générale et le contexte, les principaux résultats attendus à une échelle de 3 à 5 ans et les retombées sociétales possibles à plus long terme.



Séminaires

Séminaire 1

Auto-assemblage de nanostructures 3D à base d'ADN

Intervenant : **Gaëtan BELLOT** (Inserm ADR8 Montpellier - CBS, Montpellier). **1h30**.

Description du séminaire

Notre compréhension de l'ADN a récemment atteint un niveau nous permettant de construire des nano-objets avec des architectures 3D sophistiquées en utilisant l'ADN comme matériau de construction. Cette méthode s'appelle origami-ADN 3D. Au laboratoire, notre objectif est de construire des systèmes moléculaires artificiels et des nano-machines suffisamment sophistiquées pour récapituler et déchiffrer les aspects fondamentaux de la biologie. Dans ma présentation, je vais expliquer comment nous pouvons construire des nanostructures d'ADN entièrement adressables jusqu'à 1 gigadalton. Deuxièmement, je présenterai plusieurs applications.

Plan du séminaire

- I. **Design rationnel de nanostructures programmables à base d'ADN.**
 - a. Auto-assemblage 3D de nanostructures à base d'ADN, Origami-ADN & Lego-ADN.
 - b. Conception de nanostructures dynamiques, les Nanobots.
 - c. Réseaux supra-moléculaires 2D par auto-assemblage d'Origami-ADN.
- II. **Origami d'ADN : les applications.**
 - a. Applications biomédicales en thérapies ciblées.
 - b. L'utilisation des origami-ADN en biologie structurale.
 - c. Nanobots pour étudier les relations fonctionnelles physique/biologie, mécanobiologie.

Séminaires

Séminaire 2

Entre simplification et confiance : l'interaction collective dans la science

Intervenant : **Romain SAUZET** (Ecole Centrale de Lyon - IRHPIL, Lyon). **1h30**.

Plan du séminaire

- **Axe 1. Le problème de la simplification :**

L'interaction entre un chercheur et un public peu au fait de ses recherches pose toujours un problème pédagogique: comment intéresser, être assez frappant, tout en transmettant quelque chose de pertinent? Je propose d'aborder ce problème général à partir de deux entrées : d'une part le rôle joué par l'esthétisme et les images ; d'autre part, l'interaction entre chercheurs au sein de projet interdisciplinaire: quel degré de complexité doit-on développer ? Quels problèmes internes à notre spécialité doit-on laisser de côté? En effet, cette simplification est le contrecoup du besoin de compétences provenant d'autres disciplines : si nous avons besoin d'elles, c'est bien parce qu'elles maîtrisent quelque chose dont nous ne disposons pas.

- **Axe 2. La confiance épistémique (confiance dans la transmission de connaissance) et la dimension collective de la science :**

Directement en lien avec le problème de la simplification, la dimension collective de la science implique une confiance dans les productions scientifiques d'autres chercheurs. Que veut dire cette confiance ? Est-elle aveugle, comme dans le cas où nous demandons l'heure à un inconnu alors que nous nous croyons en retard pour prendre notre train ? Nécessite-t-elle de pouvoir vérifier - au moins potentiellement - le travail scientifique qui a été fait? Si cette confiance semble plus facile au sein d'une même spécialité où l'on dispose des capacités de vérification, elle devient problématique lorsque l'interaction a lieu avec des chercheurs appartenant à des obédiences disciplinaires distinctes.

Séminaires

Séminaire 3

Spintronique. Applications aux Mémoires Magnétiques

Intervenant : **Michel HEHN** (Université de Lorraine - IJL, Nancy). **1h30**.

Description du séminaire

De part leur non volatilité, les technologies magnétiques sont prédestinées au stockage de l'information sur de longues durées. Les besoins croissants en stockage, vitesse de lecture et d'écriture d'une part, et les découvertes faites durant ces 30 dernières années dans le cadre de l'étude de nano-objets magnétiques d'autre part ont permis d'optimiser le stockage sur les disques durs tout en proposant de nouvelles architectures tout solide, les MRAM.

Ce cours illustre ces développements, à la croisée du nanomagnétisme et de l'électronique de spin, en passant par les développements de matériaux et de procédés de salle blanche. Le point de départ est la manipulation d'un moment magnétique à l'aide d'un champ magnétique et la lecture de son état par tension induite par un champ. Où en sommes nous aujourd'hui et quelles sont les perspectives ?

Plan du séminaire

- I. **Le disque dur**
 - a. Le support de stockage : le disque magnétique
 - b. La tête mobile : écriture et lecture. Le proche avenir
- II. **La mémoire magnétique à accès aléatoire**
 - a. La magnétorésistance comme point de départ
 - b. De l'écriture par combinaison de champs au transfert de moment angulaire
 - c. Le proche avenir
- III. **Voir plus loin**
 - a. Autres types de manipulation
 - b. La question de la vitesse

Bar des sciences

Entre simplification et confiance : l'interaction collective dans la science

Intervenants : **Bernard BARTENLIAN** (Univ. Paris Saclay - C2N, Palaiseau)
Nathalie LIDGI-GUIGUI (Université Sorbonne Paris Nord - LSPM, Paris)
Romain SAUZET (Ecole Centrale de Lyon - IRHPIL, Lyon)

Dans le prolongement du séminaire de la fin d'après-midi (*séminaire 2*), le bar des sciences sera l'occasion de discuter du rôle et de la place de la confiance dans la science. Dans ce but, les participants seront mobilisés à échanger autour de quatre mots clés qui structureront les échanges :

L'autorité dans la science

La reproductibilité

L'intégrité scientifique

La place de l'erreur





Les participants

Participants



Amal AFYF

Chercheure / Enseignante - Chercheure

ISEN-YNCREA Toulon - Objets connectés, Toulon

Biographie

Je suis ingénieure docteure en Télécommunication. Mon sujet de thèse était la conception, réalisation et caractérisation d'un système innovant miniature embarqué de détection précoce de cancer du sein. Après l'obtention du doctorat j'ai travaillé en post-doc à l'université d'Aix-en-Provence avant de décrocher mon poste actuel. Depuis mars 2020 je suis enseignante-chercheuse à l'école d'ingénieur ISEN-Yncrea de Toulon.

Résumé des travaux de recherche

H-index actuel : 8 (source: Google Scholar)
Chapitres de livre avec comité de lecture : 3
Journal (peer-reviewed & indexed): 9
Articles de Conférence indexés : 13
2 articles journal : en cours de publication

Mot-clefs : Hyperfréquences ; Conception, réalisation et caractérisation RF ; RFID ; Smart-Layer (systèmes sans contact) ; Emulation de cartes de paiement (PCD/ PICC replay) ; Propagation libre et guidée ; Nano-Micro-électronique ; Nano-Circuits microondes ; Systèmes embarqués ; MEMS ; Nanotechnologies ; Capteurs thermiques; Salle blanche.

Participants



Rouba ALRAMMOUZ

Post-doctorant

Responsable scientifique : Mathieu LAZERGES

Université de Lorraine - Laboratoire Georessources, Nancy

Biographie

Rouba ALRAMMOUZ a reçu un diplôme d'ingénieur en électricité et en électronique de la faculté de génie II de l'Université Libanaise en 2015 et un master 2 en microsystemes et systèmes embarqués de la faculté des sciences II de l'Université Libanaise en 2016. En 2019, elle a reçu son doctorat en électronique de l'Université de Montpellier (IES, UMR 5214, Montpellier) et de l'Université Libanaise (EC2M, Liban). Ses travaux de recherche se sont focalisés sur le développement de capteurs d'humidité et de gaz capacitifs à base de dérivés de graphène intégrés dans du papier poreux. Depuis septembre 2020, elle est post-doctorante au laboratoire Georessources de l'Université de Lorraine (UMR5379, Nancy) et travaille en collaboration avec l'Institut Lafayette (IL, Metz). Ses travaux visent à développer des capteurs de gaz (He, CO₂, CH₄) à base de transistors à effet de champ à haute mobilité électronique (HEMT) et d'oxydes métalliques sensibles pour des applications géologiques.

Résumé des travaux de recherche

Nouveaux capteurs à base de transistors HEMTs pour les applications de détection des gaz en contexte géologique. Ce travail propose d'utiliser une plateforme de transistors à effet de champ à haute mobilité électronique (HEMTs) à base de matériaux nitrures AlGa_n munis de grilles sensibles pour la détection de gaz pour des applications géologiques. Certains efforts actuellement en géologie portent sur la localisation et la gestion des gisements et des réservoirs souterrains pour certaines ressources non renouvelables (pétrole, gaz naturel, hélium) ainsi que sur la dépollution de l'atmosphère en capturant et stockant le dioxyde de carbone dans le sous-sol. Afin de répondre aux fortes contraintes de ces applications, les transistors développés apportent les avantages suivants : Ils sont miniatures, fiables, sensibles, peu chers et compatibles avec les techniques de fabrication à grande échelle en microélectronique.

[1] K. T. Upadhyay and M. K. Chattopadhyay, "Sensor applications based on AlGa_n/Ga_n heterostructures," Materials Science and Engineering: B, vol. 263, p. 114849, Jan. 2021

[2] A. Dey, "Semiconductor metal oxide gas sensors: A review," Materials Science and Engineering: B, vol. 229, pp. 206–217, Mar. 2018

Mots-clefs : Capteurs de gaz, oxydes métalliques, transistors à haute mobilité électronique, nanoélectronique, géologie.

Participants



Adeline BLOT

Doctorante 1ère année

Thèse encadrée par Olivier DURUPHTY & Christel LABERTY-ROBERT

Sorbonne Université -

Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris, Paris

Biographie

FORMATION : Lycée St-Louis-St-Clément, Bac. Scientifique (2015), Université de Paris - campus Diderot, Licence de Chimie (2015-2018), Université de Paris - campus Diderot, Master Fronstiers in Chemistry - itinerary Chemistry for Nanosciences and Energy, spécialité nanomatériaux, électrochimie, techniques de caractérisation (2018-2020), Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris - Thèse de Doctorat «Design of Heterostructured photoelectrodes for water-splitting» (7 octobre 2020 - aujourd'hui). **EXPERIENCE :** Institut de Physique du Globe de Paris - Stage Licence 3 : création d'un protocole d'extraction par phase solide de matière organique dissoute de rivière (3 avril - 20 juillet 2018) ; Saint-Gobain Research Paris - Stage Master 1 : création d'un protocole de caractérisation des espèces hydrogénées Si-OH, H₂O en surface du verre «float» (1 avril - 30 août 2019) ; Université de Paris - Laboratoire ITODYS - Stage Master 2 : étude de stratégies de synthèse de nanostructures Co@MOF utilisant l'oxyde de surface natif des nanoparticules (NPs) de Co pour la formation du MOF (3 février - 29 mai 2020).

Résumé des travaux de recherche

STAGES M1 : Identification et quantification des espèces Si-OH, H₂O en surface du verre float engendrant sa dégradation, en simulant des conditions réelles de stockage (%HR, T, t). **STAGE M2 :** Je me suis intéressée à la synthèse de nanohybrides Co@MOF comme alternatives aux métaux nobles pour la catalyse. Leur fabrication devrait permettre d'acquérir une synergie entre les propriétés catalytiques des particules de Co et la sélectivité apportée par la taille des pores du MOF et sa capacité à interagir avec les molécules impliquées dans la réaction catalytique (Fig 1). J'ai rédigé une étude bibliographique sur l'utilisation de NPs métalliques et/ ou d'oxydes de métaux de transition comme brique élémentaire pour la formation de MOF.

THESE : L'objectif de ma thèse est la conception, la synthèse et la caractérisation d'une photoanode multicouche hétérostructurée afin d'améliorer la réaction d'OER. Cette architecture permet l'optimisation de l'absorption de la lumière et de la génération/ séparation des paires électron/trou. Ayant ses composants en abondance sur terre, l'oxyde métallique de BiVO₄ est choisi comme matériau de photoanode de par son efficacité élevée (10% en efficacité de conversion de l'énergie solaire). Afin d'optimiser le transport des photo-charges dans l'électrode, plusieurs stratégies sont envisagées : le contrôle de la morphologie, l'ajout d'un dopant (W, Mo), la création d'une hétérojonction, l'utilisation d'une couche de passivation. Parallèlement, l'optimisation de l'absorption du rayonnement solaire est possible par une modification du substrat de FTO en le combinant avec des matériaux ayant des propriétés de réfraction et/ou en intégrant des aspérités en surface sous la forme d'un motif particulier (Fig 2). La réalisation de l'empilement de monocouches de BiVO₄ se fera à l'aide du procédé de trempage-retrait i) soit à partir d'une solution concentrée de NPs de BiVO₄ de taille et de morphologie contrôlées obtenues par voie hydrothermale, ii) soit à partir d'une solution contenant les précurseurs de la phase BiVO₄. Un traitement thermique sous air sera employé pour cristalliser la phase ou pour améliorer les contacts particules/particules. Les propriétés photoélectrochimiques des électrodes seront étudiées dans des conditions normalisées en fonction des propriétés physico-chimiques des photo-électrodes (épaisseur, taille des particules, porosité).

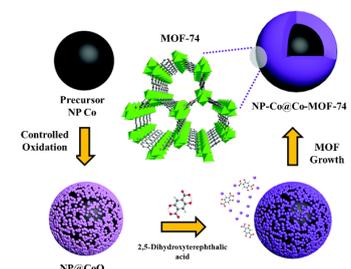


Figure 1 : Schéma du processus de croissance du MOF-74 à partir de l'oxyde natif de surface de nanoparticules de cobalt.

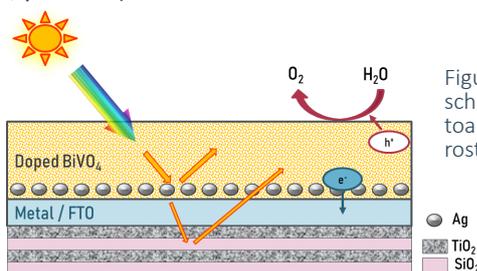


Figure 2 : Représentation schématique d'une photoanode multicouche hétérostructurée à base de BiVO₄.

Mots-clefs : Photoélectrochimie, nanomatériaux, chimie sol-gel

Participants



Nicolas BONDON

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par J.O. DURAND, C. CHARNAY & O. MONGIN

CNRS, Institut Charles Gerhardt Montpellier, Montpellier

Biographie

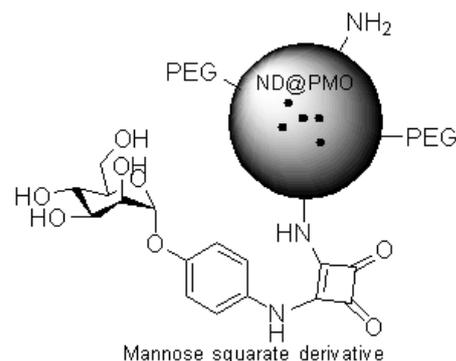
Je suis actuellement doctorant en deuxième année à l'ICGM Montpellier et l'ISCR Rennes sur un projet de thèse interdisciplinaire autour de nanoparticules à base d'organosilice pour la photothérapie antibactérienne. Je suis diplômé depuis 2019 de l'École Supérieure de Chimie Organique et Minérale (ESCOM Compiègne). Je me suis spécialisé dans les matériaux grâce à un parcours en double-diplôme avec la faculté d'Amiens (M2R). Côté professionnel, j'ai travaillé deux ans en alternance avec le groupe Saint-Gobain sur des thématiques de recherche en chimie analytique et contrôle qualité sur des matériaux d'isolation. Cela m'a permis de développer mes compétences en caractérisations et la capacité à être méthodique. Enfin, sur le plan personnel, je suis un grand curieux et passionné de musique, sport et culture. Je joue du piano depuis des années, en particulier du swing, de la pop et de l'instrumental.

Résumé des travaux de recherche

Mes travaux de recherches portent sur la synthèse de nanomatériaux biocompatibles pour de la thérapie et de l'imagerie dans le domaine de l'antibactérien, par imagerie et photothérapie dynamique à deux photons (TPE-PDT : Two-Photon Excited-PhotoDynamic Therapy), combiné ou non à l'action d'un antibiotique. Ce travail fait partie d'un projet ANR international (MSN-2hv, ndlr.) en collaboration avec des équipes françaises et taiwanaises. Pour ce faire, nous développons des nanoparticules (NPs) à base d'organosilice par voie sol-gel, appelées également PMO (Periodic Mesoporous Organosilica), dont le caractère biocompatible n'est plus à démontrer. Nos travaux incluent également la synthèse de molécules et de matériaux qui sont ensuite incorporés ou fonctionnalisés avec les NPs. Ces composés, appelés photosensibilisateurs et des fluorophores, sont réactifs dans des conditions d'irradiation à deux photons pour des applications en imagerie de fluorescence et en PDT. Ils génèrent et/ou stimulent des espèces radicalaires à base d'oxygène (ROS) qui sont à la base de mécanismes conduisant à la mortalité des cibles biologiques. Ainsi, une première étude de ma thèse porte sur la synthèse de NPs à base de nanodiamants encapsulés (ND@PMO) car ces derniers ont montré précédemment un effet de photosensibilisateur provoquant de la mortalité par TPE-PDT sur des cellules cancéreuses MCF-7.^{1,2} Une seconde partie s'articule autour de la synthèse d'un fluorophore à deux photons et son greffage sur des NPs d'organosilice à base de porphyrines, une famille de molécule appartenant à la seconde génération de photosensibilisateurs.³ Différentes problématiques sont développées autour de ces nanomatériaux :

- L'optimisation de la morphologie et de la stabilité colloïdale des NPs ;
- La fonctionnalisation de surface des NPs pour le ciblage de bactéries pathogènes par un dérivé de mannose^{4,5}.

1. N. Bondon et al., Journal of Materials Chemistry B, 2020, 8, 10878-10896.
2. C. M. Jimenez et al., Journal of Materials Chemistry B, 2016, 4, 5803-5808.
3. C. Monnereau and C. Andraud, Techniques de l'Ingenieur, 2013, IN161, 1.
4. D. Brevet et al., Chemical Communications, 2009, DOI: 10.1039/b900427k, 1475.
5. O. Sperling et al., Organic & Biomolecular Chemistry, 2006, 4, 3913.



Mots-clefs : Nanodiamants, Organosilice, Thérapie photodynamique, Fluorophores, Antibactérien

Participants



Layla BOU TANNOUS

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Agilio PADUA

CEA - Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information,
Grenoble

Biographie

Je suis Layla Bou Tannous, 25 ans, doctorante en deuxième année de thèse. En 2014, j'ai obtenu mon diplôme du Bac en Sciences Générales avec la mention bien du Liban. J'ai fait mes études à l'université libanaise à Beyrouth. J'ai obtenu ma licence en Physiques en 2017 avec une mention très bien. En 2019, j'ai obtenu mon diplôme en Nanosciences et Matériaux Fonctionnels de l'université libanaise avec une mention très bien. Mon projet de fin d'étude était en collaboration avec l'institut Nanosciences de Paris à l'université de Sorbonne où j'ai étudié des films mixtes d'oxyde de graphène et de liquide ionique obtenues. Ce stage était aussi en collaboration avec l'ECE Paris. Je suis actuellement en thèse entre l'ENS Lyon et le CEA, LETI à Grenoble où je travaille sur des dispositifs innovants à base de matériaux 2D et grilles en liquides ioniques.

Résumé des travaux de recherche

Pendant mon stage à Paris, j'ai étudié des films mixtes d'oxyde de graphène et de liquide ionique formés par une procédure de Langmuir. Ces films étaient caractérisés par la microscopie à angle de Brewster ainsi que par l'AFM. L'étude d'interaction entre les matériaux 2D et les liquides ioniques est aussi l'objectif de ma thèse qui couple plusieurs techniques de caractérisation afin de mieux comprendre l'interface entre le liquide ionique jouant le rôle d'électrolyte et l'électrode (matériau 2D), dans le but de faire des prototypes de transistors à effet de champ avec une performance améliorée. Les techniques de caractérisation mises en place sont l'AFM, à l'ENS, en milieu liquide qui permet d'obtenir des courbes force-distance enregistrées lors de l'approche de la pointe allant du bulk liquide ionique vers le substrat. Ces courbes montrent des couches de liquides ioniques bien organisées à l'interface. Ces mesures sont aussi réalisées sous application de potentiel pour étudier l'effet du voltage sur la structuration des ions. Cette technique est couplée avec l'XPS, au CEA, qui permet d'étudier la composition chimique du liquide ionique et les variations d'énergie et/ou d'intensité à l'interface vis-à-vis ses interactions avec le matériau 2D. Des mesures d'électrochimie seront ultérieurement abordées pour tester la performance du transistor avec le choix d'un liquide ionique non conventionnel et d'un matériau 2D comme le MoS2 ou le WS2.

Mots-clefs : Caractérisation interface, microscopie à force atomique , matériaux 2D, liquides ioniques

Participants



Lourdes Monica BRAVO ANAYA

Chargée de recherche

CNRS - Institut de Sciences Chimiques de Rennes, Rennes

Biographie

Dr. Mónica Bravo Anaya est actuellement Chargée de Recherche au CNRS à l'ISCR. Elle a obtenu ses doctorats en Sciences en Génie Chimique et en Mécanique des fluides, procédés et énergétique par l'Université de Guadalajara (Mexique) et l'Université Grenoble Alpes (France) en 2015. Elle a effectué 4 post-doc dans les suivants laboratoires : LRP (Grenoble, 2016), LCPO (Bordeaux, 2016-2018), LiPhy (2019-2020) et CERMAV (2020). Elle a encadré 27 étudiants de licence et master et elle a fait des enseignements à l'Université Grenoble Alpes (2019), à l'Université de Bordeaux (2017-2018) et à l'Université de Guadalajara (2010-2013). Elle a publié 19 articles, elle a fait plus de 15 présentations dans des conférences internationales, elle est membre du Système National de Chercheurs du Mexique et codirige le groupe de recherche «Biomatériaux» dans le cadre d'une collaboration avec le Mexique. Elle a reçu nombreux prix, distinctions et bourses, dont le Prix Jalisco en Sciences 2019 (Mexique).

Résumé des travaux de recherche

Travaux de thèse

Titre : Étude du comportement d'ADN en solution et aux interfaces et le rôle de la dynamique micellaire et la rhéologie dans la libération contrôlée de médicaments.

1) La première partie propose le couplage des techniques rhéométriques, électrochimiques et optiques afin d'effectuer une étude détaillée du comportement de molécules d'ADN en solution et aux interfaces, en fonction de la température, de la concentration en ADN et du potentiel électrique.

2) La deuxième partie vise la vectorisation, en tant que procédé utilisé pour contrôler le transfert de molécules hydrophobes vers une cellule cible en l'associant à un vecteur. Les dynamiques collectives d'échange entre des micelles copolymère tribloc P104, choisies comme vecteurs, et des liposomes, choisies comme cellules modèles, ont été abordées.

Stage Post-doctoral 1: Organisation supramoléculaire dans des solutions d'ADN de thymus de veau sous écoulement en fonction de la concentration d'ADN: cette organisation a été mise en évidence par des mesures locales et des visualisations de biréfringence. L'apparition de textures induites par cisaillement conduisant à l'organisation de sous-domaines d'ADN orientés dans l'écoulement a été révélée.

Stage Post-doctoral 2: Développement et caractérisation de nanoparticules à base d'ELPs pour le transfert de gènes: ce sujet de recherche propose la synthèse d'ELPs cationiques pour la transport et relargage de matériel génétique. La complexation électrostatique entre les dérivés d'ELPs et des acides nucléiques a été étudiée pour trouver des conditions optimales conduisant à des nanoparticules stables avec une taille et un potentiel de surface contrôlés et ayant la capacité d'être internalisées efficacement dans les cellules vivantes.

Travaux de recherche actuels- Mécanismes de désassemblage de complexes contenant des acides nucléiques pour le relargage de gènes: Les lipides cationiques et polycations naturels ou synthétiques sont utilisés comme vecteurs des acides nucléiques, dans les vaccins à ARNm et la thérapie génique. Ce projet vise à étudier le désassemblage de complexes contenant des acides nucléiques (ADN, siRNA, ARNm) et des polymères ou lipides cationiques dans des conditions retrouvées dans les milieux extra- et intracellulaire (en présence de polyanions biologiques, dosmolytes et

Mots-clefs : Polyélectrolytes, acides nucléiques, nanovecteurs, physique-chimie, auto-assemblage

Participants



Antonio CARONE

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Stephane PAROLA

ENS de Lyon, Laboratoire de Chimie, Lyon

Biographie

2019-2022 : PhD in chemistry at ENS of Lyon

2019 : 1 year of Erasmus at Sorbonne Université, Paris -Internship work under the supervision of Corinne Chaneac

2017-2019 : Master Student degree in Chemistry, Università di Padova, Italy

2013-2017 : Bachelor Degree in chemistry, Università della Calabria, Italy

Résumé des travaux de recherche

Assembly of nanoparticles (NPs) is a hot and challenging topic in (nano)materials chemistry field since it's a promising "bottom-up" approach to control micro- and macro-scale structures and properties of materials.[1] Nonspherical and anisotropic NPs [2] and plasmonic systems [3] are of particular interest to reach new kind of assemblies with unique optical properties. We plan to explore this topic by using gold nanobipyramids (AuBPs) as original anisotropic building blocks and study the optical response of the assemblies, in particular polarized light interaction and plasmonic circular dichroism. Such materials could find applications in (bio)sensing or catalysis fields but also in future optoelectronic devices. AuBPs will be synthesized according to our established method leading to precise nanostructures exhibiting an intense and sharp plasmon resonance, easily tunable in the visible-NIR region.[4] Then, we will modify the AuBPs surface (ligand, polymer or SiO₂ shell) for controlling the next assembling step.[5] As a first approach, original 2D arrangements by solvent evaporation onto substrate could be obtained [6]. Then, self-assembly in suspension will be explored. As a starting point for the study, linear assemblies can be prepared by using simple amino acids and can be embedded in silica matrix. By varying the conditions and the nature of the ligand we expect to control the AuBPs arrangements (linear chains or side-by-side aggregates, number of units...) and thus their optical properties. To go further, the chirality of the ligands and specifically designed ligands will be studied to generate original assemblies and plasmonic circular dichroism.

[1] M. A. Boles, M. Engel, D. V. Talapin, Chem. Rev., 2016, 116, 11220.

[2] T. Hueckel, S. Sacanna, Chapter 4, 105-130, Anisotropic Particle Assemblies, Elsevier, 2018, doi:10.1016/B978-0-12-804069-0.00004-6; X. Bouju et al., Advanced Materials, 2018, 30, 1706558; S.-Y. Zhang et al., Chem. Soc. Rev., 2014, 43, 2301-2323.

[3] S.-W. Hsu et al., Chem. Rev., 2018, 118, 3100-3120; S. Gwo et al., Chem. Soc. Rev., 2016, 45, 5672-5716.

[4] D. Château et al., Nanoscale, 2015, 7, 1934.

[5] D. Chateau, J Sol-Gel Sci Technol., 2016, 81, 147.

[6] Q. Shi et al., ACS Nano, 2016, 10, 967.

Mots-clefs : Nanoparticles, Gold Bipyramids, Colloidal assembly, Plasmonic, Photonic Materials

Participants



An-Hsi CHEN

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Moïra HOCEVAR

CNRS, Institut Néel, Nanophysics and Semiconductor, Grenoble

Biographie

Expériences Professionnelles : [2018 - 2019 (stage de master) et 2019 - présent (doctorat), Chercheur doctorant] Croissance et caractérisation de nanofils coeur/coquille semiconducteur/supraconducteur pour les technologies quantiques. [2017 - 2018, Chercheur] Polymérisation deux photons pour texture 3D de surfaces optiques avec micropiliers. [Printemps 2016, Ingénieur R&D] Laboratoire de recherche en Advanced Semiconductor Engineering, Inc. (ASE) Chung-Li

Formation : 2019 - présent : Étudiant doctorant, École Doctorale de Physique de Grenoble, Université Grenoble Alpes ; 2017 - 2019 : Master 1 et Master 2 en Sciences, Technologies, Santé, Université Grenoble Alpes ; 2012 - 2016 : Licence en sciences de l'ingénieur chimique, Université nationale de Taiwan

Compétences : Python / VASP / K Layout / COMSOL / Microsoft Office / MATLAB

Épitaxie par jet moléculaire / X-ray diffraction / Développement de dispositifs à nanofils / Microscope à force atomique Anglais (C1) / Mandarin (langage maternel) / Français (B2)

Résumé des travaux de recherche

Une proposition intéressante et prometteuse pour le calcul quantique repose sur les bits quantiques protégés topologiquement. La réalisation de tels bits quantiques dépend de la capacité à fabriquer des matériaux pouvant héberger des états liés de Majorana. En 2012, une signature de tels états ont été signalées dans des semiconducteurs unidimensionnels à fort couplage spin-orbite, couplés à un supraconducteur. Depuis lors, les matériaux hybrides nanostructurés basés sur des interfaces supraconducteurs / semiconducteurs ont fait l'objet d'une attention accrue. Cependant, la formation contrôlée d'états protégés topologiques ne peut être réalisée que si l'interface supraconducteur / semiconducteur est de haute qualité. Créer ces interfaces de manière épitaxiale présenterait de nombreux avantages, parmi lesquels une meilleure transparence, une chimie d'interface contrôlée, une injection de courant plus élevée et un désordre moins important. Cependant, la combinaison de métaux cristallins et de semiconducteurs est un défi en raison des propriétés fondamentalement différentes des deux familles de matériaux. Récemment, la croissance épitaxiale in-situ de nanofils coeur/coquille présentait des interfaces homogènes et sans défaut. Les dispositifs ont révélé un gap dur supraconducteur démontrant le potentiel élevé de l'épitaxie de coquilles métalliques in-situ. Ici, nous proposons de développer de nouvelles interfaces utilisant un supraconducteur à champ critique plus élevé, comme le vanadium et le niobium, pour atteindre le régime de Majorana et réaliser de nouvelles expériences topologiques. Dans ce projet, la croissance de réseaux de nanofils hybrides sera réalisée dans un réacteur d'épitaxie à jet moléculaire III-V. En particulier, les nanofils coeur/coquille seront fabriqués à l'aide de réseaux de catalyseurs développés en salle blanche. La caractérisation des échantillons aura lieu par SEM, EDX et TEM. En collaboration avec des laboratoires partenaires aux États-Unis, plusieurs campagnes de mesure électriques à basse température auront lieu tout au long de la thèse, ainsi que des études structurales avancées à l'aide d'équipements et d'installations de pointe.

Mots-clefs : Semiconducteur ; Supraconducteur ; Epitaxie

Participants



Xiaolei CHEN

Post-doctorant

Responsable scientifique : Stéphane BERBENNI

Université de Lorraine - LABORATORY of EXcellence Design of Alloy Metals for low-mAss Structures- LEM3, Metz

Biographie

Expériences Professionnelles : 08.2020-Maintenant: Post-doctorant au LabEx DAMAS-LEM3 ; 10.2016-07.2020: Doctorant cotutelle entre Université de Lorraine-LEM3 et Université de Saarland-MWW (Soutenu le 16.07.2020) 09.2013-10.2016: Diplôme d'Ingénieur des Matériaux au Polytech Grenoble, Université Grenoble Alpes 09.2009-07.2013: Licence en Chimie Appliquée à l'Université Technologique de Dalian
Publications : X. Chen, T. Richeton, C. Motz, S. Berbenni. IJP, 2021, dans la presse ; T. Richeton, X. Chen, S. Berbenni. Philos. Mag, 100:19, P2436-2457, 2020 ; X. Chen, T. Richeton, C. Motz, S. Berbenni. Crystals, 10:5, P411, 2020 ; X. Chen, T. Richeton, C. Motz, S. Berbenni. IJSS, 164, P141-156, 2021.
Méthodes Expérimentales : SEM, EBSD, EDX, FIB, AFM, Nano-Indentation, Ion Milling, Electro-polishing, XRD
Logiciels : Matlab, Fortran, Python, Lammmps, Ovito, HKL Channel5, NanoScope Analysis, Abaqus, Catia
Langues : Mandarin (langue maternelle), Français (Lu, écrit, parlé), Anglais (Lu, écrit, parlé), Allemand (Niv. A1)

Résumé des travaux de recherche

Cette étude présente un modèle prédisant les propriétés élastiques de surface, comme l'excès d'énergie de surface, le tenseur de contrainte de surface résiduelle et le tenseur de rigidité élastique de surface, des métaux CFC à partir des propriétés de masse et de l'orientation surfacique. Ce modèle est construit sur une combinaison d'une méthode atomistique semi-analytique [1] pour calculer les propriétés de surface élastique avec un modèle de substitution d'arbre de régression boosté (BRT) [2]. Les facteurs d'entrée de matériau considérés pour le modèle BRT comprennent : les trois valeurs propres cubiques élastiques, le paramètre de réseau, l'énergie de défaut d'empilement et l'énergie cohésive. Pendant ce temps, les tenseurs élastiques de surface sont représentés par leurs invariants en considérant la méthode polaire en élasticité plane [4]. Les valeurs de ces invariants sont d'abord données dans des représentations 3D avec des variations d'orientation de surface, qui démontrent clairement des comportements anisotropes. Les formes de ces invariants dans la représentation 3D sont relativement similaires parmi les différents métaux purs considérés, mais avec des magnitudes différentes. De plus, on constate que la partie sphérique du tenseur de contrainte de surface résiduelle est toujours positive, ce qui signifie que la surface libre est toujours dans un état de traction. En même temps, les modules surfaciques de masse et de cisaillement ne sont pas toujours positifs, décrivant le fait que la contrainte de surface et l'excès d'énergie de surface peuvent être diminuées avec une surfacique déformation appliquée. Ensuite, le modèle BRT est montré pour bien prédire les propriétés élastiques de surface pour sept métaux CFC (Cu, Ni, Ag, Au, Al, Pd, Pt). Ce modèle révèle également les corrélations entre les propriétés de masse et les propriétés de surface, qui peuvent être utilisées pour guider la conception de particules, de fils et de films nanométriques complexes.

[1] R. Dingreville and J. Qu. Acta Mater., 55(1):141-147, 2007.

[2] J. Elith, J.R Leathwick, and T. Hastie. J. Anim. Ecol., 77(4):802-813, 2008.

[3] S. Sutcliffe. J. Appl. Mech., 59(4):762-773, 1992.

[4] P. Vannucci. Mech. Adv. Mater. Struct., 18(7):548-558, 2011.

Mots-clefs : Simulation Multi-échelle, Micro-Expérience, Micro-structure, Dislocation, Intelligence Artificielle

Participants



Amaury CHEVILLARD

Doctorant 1ère année

Thèse encadrée par Noëlle LEBEAU-GOGNEAU, Maria TCHERNYCHEVA
CNRS, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, Palaiseau

Biographie

Après avoir fait une classe préparatoire aux grandes écoles filière MP, j'ai intégré CentraleSupélec cursus Centrale Paris en 2016 ; je me suis tout d'abord orienté vers le génie industriel, en ERASMUS (Espagne) puis dans mes stages de césure. Pour ma dernière année, j'ai choisi l'option Physique et Applications, durant laquelle j'ai fait un projet portant sur la récupération d'énergie multiphysique par les matériaux ferroélectriques. Durant ce projet, j'ai eu l'opportunité de suivre le lancement du flagship NanoVIBES, dédié au développement de dispositifs à nanomatériaux pour la récupération d'énergies vibratoires. Après avoir fait mon stage de fin d'études chez Pytheas Technology, bureau d'études indépendant travaillant sur la piézoélectricité, j'ai débuté en janvier 2021 ma thèse au Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies. Cette thèse porte sur l'optimisation de transducteurs intégrant des nanofils InGaN/GaN en vue de la récupération d'énergie par piézoélectricité.

Résumé des travaux de recherche

L'objectif de la thèse est de développer et optimiser des transducteurs piézoélectriques intégrant des nanofils InGaN/GaN pour convertir une déformation mécanique en une énergie électrique directement utilisable, avec deux enjeux applicatifs principaux (Image1) :

- 1- L'alimentation de la batterie de pacemaker afin d'augmenter la durée de vie de celui-ci, en accord avec la Startup Cairdac ;
- 2- Le développement d'un capteur de force de haute sensibilité et de haute résolution pour authentification biométrique digitale.

Dans les deux cas d'applications visés, le transducteur à nanofils fait appel à l'effet piézoélectrique « direct » : sous contrainte, les barycentres des charges positives et négatives s'écartent ou se resserrent, conduisant ainsi à la formation d'un champ au cœur du matériau (Image2). Le développement de dispositifs piézoélectriques tels que des générateurs d'énergie ou des capteurs de force repose sur la capacité du transducteur à convertir efficacement une déformation mécanique en un signal électrique. L'incorporation de structures unidimensionnelles aux propriétés piézoélectriques exaltées du fait de leurs formes et dimensions est une solution pour accroître les propriétés de couplage électromécaniques des transducteurs [1,2] (Image3). Le travail de thèse a trois axes principaux. La fabrication de transducteurs piézoélectriques intégrant des nanofils InGaN/GaN verticalement orientés, à l'aide de lithographie, spin-coating, gravure et dépôt métallique. L'étude de l'impact des caractéristiques des nanofils et des insertions d'InGaN sur les performances des transducteurs sera analysé. L'optimisation du banc de mesure et la caractérisation des transducteurs dans des conditions de sollicitations mécaniques au plus proche des applications visées.

[1] N. Gogneau et al. From single III-nitride nanowires to piezoelectric generators: New route for powering nomad electronics, *Semicond. Sci. Technol.* 31, 103002 (2016).

[2] N. Jegenyés et al. High Piezoelectric Conversion Properties of Axial InGaN/GaN Nanowires, *Nanomaterials* 8, 367 (2018).

[3] L. Lu, PhD thesis, Paris-Saclay University, Palaiseau, Nanofils piézoélectriques de nitrure pour la récupération d'énergie et la détection de pression (2018).

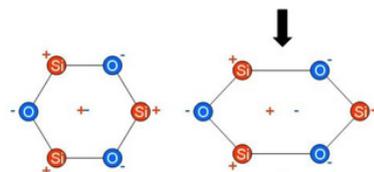
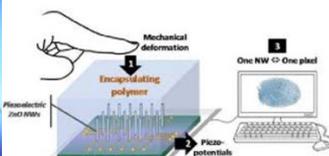
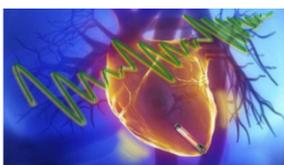


Image 2. Wikiversity.org

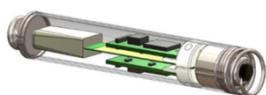
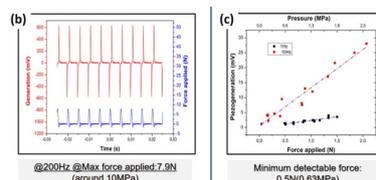


Figure 1: Cairdac Autonomous Leadless Pacemaker architecture



Image 3. Schématisation d'une couche transductrice intégrant des nanofils de GaN et sa réponse électrique [3]

Image 1. (gauche) Illustration de la nouvelle génération de pacemaker développée par Cairdac ; (droite) Schématisation d'un capteur biométrique (Project PiezoMAT (LETI))



Mots-clefs : piézoélectrique, nanofils, transducteurs

Participants



Regina Maria CHIECHIO

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Valérie MARCHI

Università Degli Studi Di Catania

Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Rennes

Biographie

Je suis Regina Maria Chiechio, doctorante en Science des Matériaux et Nanotechnologies (Université de Catane, Dr. Maria J. Lo Faro) qui a commencé une formation doctorale en cotutelle avec la France (Université de Rennes 1, Dr. Valérie Marchi, CNRS).

J'ai une licence en génie industriel à Catane et un Master en Physique des Nanosciences, Nanomatériaux et Nanotechnologies à Rennes. Pour terminer mon Master en France, j'ai effectué un stage de 5 mois dans un laboratoire de chimie (ISCR-UMR CNRS 6226) avec des applications biologiques en collaboration avec des biologistes médicaux (Dr Olivier Mignen, INSERM CHU Brest).

Résumé des travaux de recherche

Dans mes travaux de recherche, je m'occupe de la synthèse de nanoparticules luminescentes de différents types (Nanocluster d'or, nanophosphores de terres rares et points quantiques) leur fonctionnalisation et leur caractérisation afin de les utiliser pour des applications dans le diagnostic et la thérapie de maladies telles que le cancer. En particulier, je me suis concentré sur l'interaction entre les NC fluorescentes et les membranes biologiques, par interaction externe ou encapsulation en utilisant à la fois des membranes synthétisées en laboratoire et des cellules cancéreuses du pancréas. Je traiterai, dans les mois à venir, la fonctionnalisation appropriée de ces nanoparticules luminescentes avec des anticorps pour le multi-marquage de protéines membranaires sur des vésicules extracellulaires appelées myélinosomes (en collaboration avec le Pr Célia Ravel, INSERM CHU Rennes) et exosomes (en collaboration avec le Prof Cinzia Di Pietro, Université de Catane).

Mots-clefs : Nanoparticules, luminescence , biolabelling, vésicules extracellulaires, cancer

Participants



Leonardo CURTI

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Benoit FLEURY

Sorbonne Université, Institut Parisien de Chimie Moléculaire, Paris

Biographie

Formation académique : Sep.2013-Jul.2017, Licence en Chimie, Università della Calabria (Italie). Note Finale:107/110 ; Oct.2017-Oct.2019, Master en Chimie, Università di Padova (Italie). Note Finale: Summa cum laude ; Nov.2019-present, These en Chimie, Sorbonne Université, Paris.

Stage de recherche : Mar.2017-Jul.2017, Stagiare de recherche, Università della Calabria (Italie). Titre du projet: Characterization by X ray Diffraction techniques (XRPD and SC-XRD) of inorganic complexes of Cu(I) in a variable temperature range. Dirigé par: Prof. A. Crispini ; Aoû.2017-Sep.2017, Stagiare de recherche, Durham University (Royaume-Uni). Titre du projet : Synthesis, Characterisation and Application of Layered Double Hydroxides And Mixed Metal Oxide Materials in Trans-Esterification Catalysis Relevant To Biodiesel Manufacture. Dirigé par: Dr. P.W. Dyer ; Feb.2019-Jui.2019, Stagiare de recherche, Sorbonne Université, Paris. Titre du projet: Silica Nanoparticle - photoinduced CO releasing molecule - sugar conjugate: new approach towards theranostics. Dirigé par: Dr. B. Fleury & Dr. V. Corcé.

Résumé des travaux de recherche

Mon projet de recherche, intitulé nanomatériaux hybrides, est un projet multidisciplinaire, centré à l'interface de la chimie des nanomatériaux et de la chimie moléculaire. En fonctionnalisant des nanoparticules inorganiques par des complexes de coordination, nous visons à obtenir de nouveaux nano-objets hybrides porteurs de propriétés physico-chimiques qui ne sont pas présentes (ou presque absents) dans leurs briques élémentaires. Il s'agit d'obtenir soit une synergie des propriétés de ces briques exprimée par l'hybride, soit d'exprimer une propriété moléculaire à l'échelle du (nano-)matériau.

La première partie du projet s'est concentrée sur l'étude de l'amélioration des propriétés magnétiques des nanoparticules (NPs) de maghémite superparamagnétiques, étant donné le rôle critique de ces systèmes en biomédecine et dans le stockage de données à ultra haute densité [1,2]. La surface de ces NPs a été fonctionnalisée par condensation de complexes de Co(II) (cations solvatés et complexes de coordination), ce qui a induit une importante augmentation de l'anisotropie magnétique des les NPs et donc de leur champ coercitif et de leur température de blocage tout en conservant un système colloïdal stable.

La deuxième partie du projet vise d'autres propriétés. En associant des nanoplaquettes (NPLs) luminescentes de CdSe à des complexes de coordination (para)magnétiques chiraux, nous visons l'auto-assemblage des NPLs en empilements chiraux et magnétiques. Les complexes de coordination permettront de contrôler la chiralité des empilements en premier lieu, mais aussi, compte tenu de la nature magnétique du centre métallique et de la coopérativité des propriétés optiques observées dans les empilements de NPLs [3], d'induire dans le nanosystème ce qu'on appelle dichroïsme magnéto chiral. L'étude de ce phénomène à l'échelle nanométrique (alors qu'il n'a été observé que pour quelques systèmes moléculaires [4]), donnerait certainement des éclairages utiles à sa compréhension. Ce phénomène pourrait être à l'origine de l'homochiralité du monde vivant sur Terre [5], et son application dans des métamatériaux ouvrirait la voie à des applications magnéto-optiques [6].

1. Fuji Electric review 2011, 57, 2
2. Chem. Rev. 2012, 112, 5818-5878
3. ACS Nano, 2013, 7, 3332-3340
4. Chem. Eur. J. 2020, 26, 9784-9791
5. Nature, 1997, 390, 493-494
6. Opt. Lett. 2007, 32, 856-858

Mots-clefs : Nanoparticules- Chimie de coordination- Anisotropie magnétique- Auto-assemblage- Chiralité

Participants



Louise DAUGAS

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Thierry GACOIN et Jongwook KIM

Ecole Polytechnique,

Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Palaiseau

Biographie

Formation :

2018-2019 : Master Sciences des Matériaux et Nano-Objets (SMNO), Sorbonne Université

2016 - 2019 : Chimie ParisTech (ENSCP), PSL*

2014 - 2016 : Classes préparatoires aux grandes écoles, PCSI/PC*, Lycée Janson de Sailly

Expériences professionnelles:

2019 - 2022 : Doctorat au Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC) de l'Ecole Polytechnique, Palaiseau, France : Synthèse de nanocristaux plasmoniques pour l'optique infrarouge et application aux revêtements pour le contrôle solaire.

2019 : Stage de recherche de 6 mois au laboratoire mixte Saint Gobain/CNRS Surface du Verre et Interfaces (SVI), Aubervilliers, France : Réalisations de surfaces nanostructurées par dépôts de couches minces.

2018 : Stage de recherche de 5 mois au National Institute for Natural Sciences (NINS), Okazaki, Japon : Fabrication d'un transistor à partir de couches minces de composés organiques.

Résumé des travaux de recherche

Après avoir passé la couche d'ozone, le rayonnement solaire qui nous arrive est composé d'une faible portion d'ultra-violet, de la lumière visible mais aussi de rayonnement infrarouge. Ce dernier, bien qu'on ne puisse pas le voir à l'œil, est responsable du réchauffement des objets qu'il illumine. L'idée du projet sur lequel porte ma thèse est de créer un dispositif absorbant sélectivement le rayonnement infrarouge émis par le soleil (typiquement entre 800nm et 3000nm) tout en restant transparent dans le domaine du visible. Ce dispositif aurait alors pour application d'améliorer l'isolation thermique des bâtiments, notamment au niveau du vitrage qui est la zone la plus déperditive.

Pour ce faire, nous utilisons les propriétés de résonance plasmonique localisées de surface des nanoparticules conductrices. Ce phénomène est surtout connu pour les nanoparticules métalliques comme l'or ou l'argent qui absorbent dans le visible. Pour décaler l'absorption vers les plus faibles énergies (du visible à l'infrarouge), nous utilisons des semi-conducteurs fortement dopés¹ et plus particulièrement des oxydes de tungstènes dopés par des lacunes en oxygène et par du césium : Cs_xWO_{3-y} .

En contrôlant les paramètres de synthèse de ces nanoparticules, il est possible de faire varier leur géométrie, notamment leur rapport d'aspect longueur/largeur, tout en conservant une structure cristallographique pure et monocristalline. Cette structure cristalline étant hexagonale, on ajoute à l'anisotropie de forme une anisotropie cristalline et elles viennent ensemble modifier la gamme spectrale de l'absorption plasmonique² (figure 1). En sélectionnant le bon rapport d'aspect, on peut obtenir un système transparent dans le visible, mais absorbant dans le proche infrarouge.

L'objectif de ma thèse est, d'une part d'étudier le lien entre la quantité de dopants et les propriétés optiques des nanoparticules de Cs_xWO_{3-y} et, d'autre part de réaliser des revêtements fonctionnels utilisant ces nanoparticules.

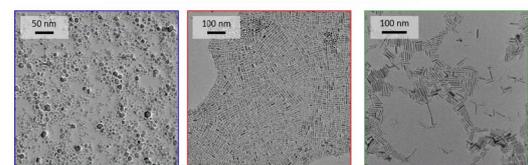
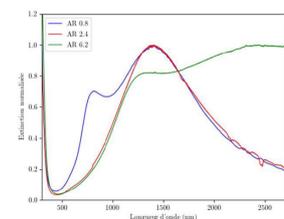


Figure 1 : Spectre d'extinction des nanoparticules de Cs_xWO_{3-y} en fonction de leur rapport d'aspect et images TEM associées.

[1] S. D. Lounis et. al., J. Phys. Chem. Lett., 5, 1564-1574, 2014

[2] J. Kim et. al. / Nano Lett., 16, 6, 3879-3884, 2016

Mots-clefs : Nanoparticules, oxydes, plasmonique, couches minces

Participants



Nicolas DAVEAU

Doctorant 1ère année

Thèse encadrée par Didier GASPARUTTO & Kuntheak KHENG

Université Grenoble Alpes, Systèmes Moléculaires et nanoMateriaux pour l'Énergie et la Santé, Grenoble

Biographie

Actuellement doctorant en première année, j'ai intégré le laboratoire SyMMES du CEA Grenoble pour travailler sur l'élaboration d'une nano-structure visant à profiter de la faible toxicité des nouveaux quantum dots d'AgInS₂ pour en faire des capteurs biologiques.

Mon parcours a toujours été centré sur les nanoparticules, domaine qui m'intéressait dès le départ pour son caractère novateur, la polyvalence de ses applications et ses perspectives de développement tant dans la recherche que dans l'industrie. Ceci s'est traduit tout d'abord au travers de mon diplôme d'ingénieur physique de l'INSA de Toulouse avec spécialité en nanotechnologies et de solides bases en chimie et biologie. Puis lors de mon travail d'ingénieur de recherche en start-up, où je développai un protocole de dépôt de capteur de déformation à base de nanotubes de carbone. Capteurs que j'implémentai dans le dispositif électronique de la start-up et qui montrèrent d'excellents résultats lors de tests in situ.

Résumé des travaux de recherche

Mes travaux actuels portent sur la synthèse et l'étude optique d'une structure composée d'une boîte quantique (QD) d'AgInS₂ couplé à un fluorophore par des brins d'ADN (figure 1). Ces QD connaissent depuis peu un fort engouement, suite à des synthèses en milieu aqueux [1] avec des rendements quantiques prometteurs [2]. Leur émission dans le proche infrarouge ainsi que l'absence de métaux lourds, assurant leur biocompatibilité, en font de très bons candidats pour devenir des capteurs biologiques fluorescents. La synthèse de ces QD a donné de très bons résultats au sein de notre équipe lors de précédents travaux [3], menant à un rendement quantique de 55%.

Mon objectif est de poursuivre sur ces résultats pour finement caractériser les QD synthétisés, tant morphologiquement qu'optiquement, puis de les lier à des fluorophores par des brins d'ADN afin de profiter de l'effet FRET entre ces deux structures, modifiant la réponse optique de l'architecture. Enfin, comme les brins d'ADN assurent l'assemblage des particules, l'utilisation de split aptamers permettra de n'avoir l'assemblage de l'architecture qu'en présence de la protéine ciblée, la modification de la réponse optique devenant l'indicateur de sa présence.

Mes précédents travaux, quant à eux, ont porté sur l'élaboration d'un capteur de déformation basé sur des nanoparticules conductrices, qui s'est révélé être hautement répétable et sans hystérésis. Capteur que j'ai ensuite intégré au dispositif électronique d'une start-up, afin de mesurer les déformations induites dans l'asphalte des routes lors du passage d'un véhicule, dont on confirma le fonctionnement lors d'un test terrain.

[1] Luo, Z., Zhang, H., Huang, J. & Zhong, X. One-step synthesis of water-soluble AgInS₂ and ZnS–AgInS₂ composite nanocrystals and their photocatalytic activities. *J. Colloid Interface Sci.* 377, 27–33 (2012).

[2] Stroyuk, O. et al. Origin and Dynamics of Highly Efficient Broadband Photoluminescence of Aqueous Glutathione-Capped Size-Selected Ag–In–S Quantum Dots. *J. Phys. Chem. C* 122, 13648–13658 (2018).

[3] Delices, A. et al. Aqueous Synthesis of DNA-Functionalized Near-Infrared AgInS₂/ZnS Core/Shell Quantum Dots. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 12, 44026–44038 (2020).

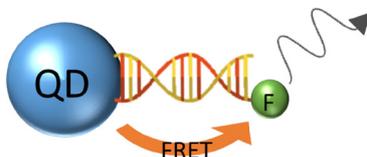


Figure 1

Mots-clefs : FRET, Synthèse de QD, ADN auto-assemblage, Bio-capteur

Participants



Fanny DELILLE

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Thomas PONS et Nicolas LEQUEUX

CNRS, Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux, Paris

Biographie

2019-2022 Doctorat en physico-chimie, LPEM, ESPCI, Paris: Développement de nanosondes pour l'imagerie et la micromanipulation de chromosomes dans des cellules vivantes.

2018-2019 Master 2 Approches Interdisciplinaires du Vivant (AIV), Centre de Recherche Interdisciplinaire (CRI), Paris. 3 stages de 3 mois : Sorbonne Université, Laboratoire Jean Perrin : Piégage et excitation d'un liposome mécanorecepteur artificiel ; LPEM : Etude de l'interaction des ligands de surface de nanoparticules avec des milieux biologiques ; Institut Jacques Monod : Etude protéomique de l'acétylation des histones chez une levure

2015-2019 ESPCI Paris, École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles, Diplôme d'ingénieur, option biotechnologies.

-New York University, Center for Soft Matter Research, Brujic Lab : Étude de cadhérines grâce à des émulsions biomimétiques

-Firmenich, Genève : Caractérisation de capsules polymériques après biodégradation

2013–2015 Classes Préparatoires aux Grandes Écoles d'ingénieur

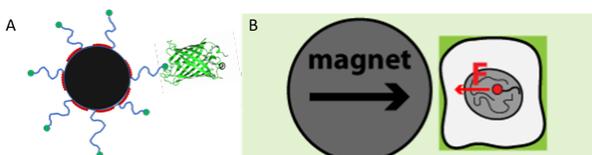
Résumé des travaux de recherche

Dans le noyau des cellules l'ADN est organisée selon une architecture multi échelle. Cette architecture joue un rôle important dans les fonctions de l'ADN comme l'expression des gènes, cependant ce rôle est encore mal compris [1]. Pour mieux le comprendre nous avons besoin de nouvelles techniques pour étudier la dynamique de l'ADN dans des cellules vivantes uniques. Dans ce projet nous proposons de construire des nanosondes magnétiques qui peuvent se lier à l'ADN. Nous utilisons des nanoparticules magnétiques d'oxydes de fer dans le but d'appliquer des forces mécaniques sur l'ADN ce qui nous permettra d'étudier comment il ressent ces forces, et quels sont leurs effets sur la transcription.

Le premier challenge est d'éviter les interactions non spécifiques entre les nanosondes et les biomolécules dans le noyau très encombré. Pour y parvenir nous avons conçu un copolymère dibloc spécifique pour recouvrir les nanoparticules. Le premier bloc contient des zwitterions sulfobetaines qui sont très efficaces pour éliminer les interactions non spécifiques. Le second block contient plusieurs groupes phosphonates d'ancrage pour assurer la stabilité de l'accroche des polymères à la nanoparticule sur le long terme. L'absence d'interactions de protéines avec le revêtement polymérique a été évalué in vivo et in cellulo. Le second challenge est d'accrocher ces nanosondes à l'ADN. Cela a été accompli en conjuguant une protéine GFP par chimie click sur les ligands de surface des nanoparticules. In cellulo, cette GFP est reconnu par un nanobody anti-GFP qui est accroché à une protéine tetR qui s'accroche sur la séquence de gène tetO répétée de notre modèle cellulaire. Cette nanosonde accrochée à l'ADN va permettre d'appliquer une force sur l'ADN grâce à un setup de micro aimant et ainsi d'étudier les conséquences sur le génome.

[1] W. A. Bickmore, "The Spatial Organization of the Human Genome," Annu. Rev. Genomics Hum. Genet., 2013

[2] M. Debayle et al., "Zwitterionic polymer ligands: an ideal surface coating to totally suppress protein-nanoparticle corona formation?," Biomaterials, 2019



A : Nanoparticule d'oxyde de fer entourée de polymères diblocs.

B : Micro aimant pour appliquer une force sur l'ADN à l'aide des nanoparticules d'oxyde de fer.

Mots-clefs : Nanoparticules magnétiques, chimie de surface, zwitterion, bioconjugaison

Participants



Angeline DILESEIGRES

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Olivier PLUCHERY

CNRS, Institut des NanoSciences de Paris, Paris

Biographie

Je suis actuellement en deuxième année de thèse à l'Institut des NanoSciences des Paris (INSP). Mon travail de thèse porte sur les propriétés opto-électroniques d'interrupteurs moléculaires greffés sur des nanoparticules d'or. Ce sujet est tri-disciplinaire puisqu'il combine de la chimie des surfaces (synthèse et fonctionnalisation des nanoparticules), de l'optique/photonique (caractérisation optique des nanoparticules, ratio de commutation et rendement quantique des interrupteurs moléculaires) et de l'électronique moléculaire (mesures électriques sur les interrupteurs moléculaires). L'interdisciplinarité de mon sujet de thèse explique ma motivation pour participer à cette école d'été qui aborde de nombreuses thématiques différentes et en lien avec mes travaux.

Je suis titulaire d'un Master en Chimie spécialité chimie des matériaux, profil physico-chimie des surfaces et interfaces, obtenu en 2019 à Sorbonne Université (SU) ainsi que d'une licence majeure Chimie, mineure Physique obtenue en 2017 à Sorbonne Université (SU).

Résumé des travaux de recherche

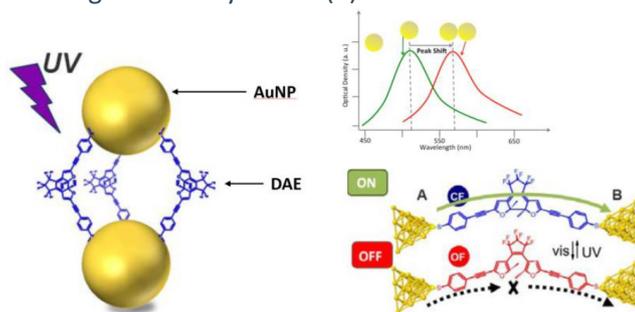
La combinaison de l'électronique moléculaire basée sur des molécules organiques optiquement commutables et de la plasmonique pourrait permettre d'obtenir de nouveaux dispositifs hybrides à conductance modulable qui constitueraient une alternative aux technologies CMOS. C'est dans cette optique que nous fabriquons des jonctions métal-molécule métal sous forme de dimères de nanoparticules d'or (AuNPs) qui servent à la fois d'électrode et d'antenne plasmonique, connectées par un interrupteur moléculaire : une molécule de diaryléthène (DAE) (voir Fig.1). L'intérêt des DAEs réside dans leur fonctionnalité basée sur le principe d'ouverture/fermeture réversible de leur cycle central en réponse à un stimulus lumineux : dans le visible pour l'état ouvert isolant (OFF), dans l'UV pour l'état fermé conducteur (ON) (voir Fig.1). Ces deux états stables conducteur et isolant qui diffèrent par le degré de conjugaison de la molécule et le fait que l'isomérisation qui permet de passer de l'un à l'autre s'effectue sans changement géométrique hors du plan sont deux éléments qui justifient l'intérêt des DAEs pour des applications en électronique moléculaire (1). Des modifications du DAE lui-même ou de ses groupe d'ancrage permettent une modulation précise de la longueur d'onde à laquelle le cycle s'ouvre/se ferme, de la conductance et du rendement quantique (RQ)(2). Nous nous proposons de conduire une étude couplée hypermicroscopie-AFM d'un dimère unique d'AuNPs connectées par un DAE. D'une part, celle-ci permettra d'investiguer le transport électronique à travers les molécules connectées aux AuNPs et l'influence des électrons du plasmon sur celui-ci grâce à l'AFM conducteur (mode PF-TUNA). D'autre part, elle permettra d'apporter des éléments de réponses à la problématique suivante : de quelle manière la résonance plasmon peut être couplée à des dispositifs métal-molécule-métal ? et de ce fait améliorer l'efficacité de commutation des diaryléthènes par effet d'antenne plasmonique. En effet l'asymétrie du rendement quantique est un problème récurrent avec les molécules photochromiques bistables. Dans le cas des DAEs, le RQ est bien supérieur pour la réaction de fermeture de cycle (OFF vers ON) que pour celle d'ouverture du cycle. L'effet antenne des AuNPs pourrait permettre de corriger cette asymétrie (3).

Fig. 1 : Schéma d'un dimère de nanoparticules d'or connectées par des molécules de diaryléthène (gauche), illustration du décalage de la longueur d'onde du pic plasmon engendré par la dimérisation tel qu'il est visible sur un spectre UV-visible (haut droit), schéma d'une molécule commutable avec ses configurations ON et OFF, la commutation est déclenchée par une irradiation dans le visible (ON → OFF) ou l'UV (OFF → ON), dans l'état ON le courant passe du point A au point B à travers la molécule (bas droit).

(1) Irie, M. Diarylethenes for Memories and Switches. 32.

(2) Irie, M.; Fukaminato, T.; Matsuda, K.; Kobatake, S. Photochromism of Diarylethene Molecules and Crystals: Memories, Switches, and Actuators. Chem Rev 2014, 104.

(3) Zhou, X.; Deeb, C.; Kostcheev, S.; Wiederrecht, G. P.; Adam, P.-M. Selective Functionalization of the Nanogap of a Plasmonic Dimer. ACS Photonics 2015, 9.



Mots-clefs : Nanoparticules d'or, interrupteurs moléculaires, plasmonique, transport électronique, rendement quantique

Participants



Florent DUCROZET

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Cécile SICARD-ROSELLI & Jean-Charles ARNAULT

Université Paris-Saclay, Institut de Chimie Physique & Laboratoire des Edifices Nanométriques, Orsay

Biographie

Formation :

2014-2016 : Classe préparatoire intégrée Physique-Chimie : Polytech Marseille

2016-2019 : Ecole d'ingénieurs en chimie des matériaux : Polytech Sorbonne

2019 - 2022 : Doctorat en chimie «Etude des mécanismes physico-chimiques induisant la surproduction de radicaux et d'électrons par les nanodiamants» : Université Paris-Saclay

Expériences :

2017 : Stage : Maitrise des procédés RMN du solide pour l'analyse de résines polymériques. (Institut de Chimie Radicalaire, UMR 7273 AMU/CNRS, France)

2018 : Stage : Etude par GC-MS de composés organosulfurés dans des produits volatils pour l'établissement de protocoles de différenciation de molécules odorantes. (Laboratoire John L. Holmes, Université d'Ottawa, Canada)

2019 : Stage : Modification de la chimie de surface de nanoparticules de diamant de détonation (DNDs) et irradiation par rayons X et gamma de suspensions aqueuses de nanodiamants. (Laboratoire Capteurs Diamant, CEA LIST, France)

Mots-clefs : Spectroscopies, RMN, GC-MS, SPME, nanoparticules, colloïdes, radiolyse.

Résumé des travaux de recherche

Ce travail de thèse a pour objet l'étude des mécanismes physico-chimiques de production de radicaux et d'électrons solvatés dans l'eau en présence de nanoparticules de diamant (NDs) sous rayonnement.

Cette thèse se déroule en co-direction entre Cécile Sicard-Roselli (Institut de Chimie Physique (ICP), Université Paris-Saclay) et Jean-Charles Arnault (Laboratoire des Edifices Nanométriques (LEDNA), NIMBE/CEA).

Une partie de ma thèse se déroule au NIMBE sur la mise au point de traitements de surface des NDs afin d'obtenir une chimie de surface contrôlée (graphitisation, hydrogénation, oxydation). Un intérêt particulier est porté sur l'étude des procédés de graphitisation de surface des NDs, réalisés sous vide ou sous argon, avec une étude du rapport sp^2-C/sp^3-C de ces objets. Ces différentes particules sont alors dispersées en suspension aqueuse. Les propriétés colloïdales de stabilité des suspensions de NDs sont évaluées (DLS, zétamétrie) et les NDs stables en suspension sont étudiés finement par caractérisations chimiques et structurales croisées (FTIR, Raman, HRTEM, XPS...).

Une seconde partie se déroule à l'ICP sur la quantification des espèces radicalaires émises dans l'eau sous irradiation en présence de NDs. Deux espèces radicalaires sont dosées, les radicaux hydroxyles et les électrons solvatés. Pour ces dernières espèces, mon travail consiste à la mise au point d'un nouveau protocole de dosage indirect par fluorescence qui est compatible avec les conditions d'irradiation et également avec les nanodiamants. De plus, une comparaison de ces quantifications sera effectuée pour différentes chimies de surface des NDs afin de mieux comprendre l'origine de cette surproduction. Les irradiations seront réalisées avec des rayons gamma en vue d'applications potentielles en radiothérapie avec les NDs pour lesquels notre équipe a observé un effet radiosensibilisant mais aussi dans l'UV pour des applications (photo)catalytiques.

Mots-clefs : Nanodiamants, traitements de surface, radicaux, électrons solvatés, suspensions colloïdales

Participants



Gersende FERNANDES

Doctorante 1ère année

Thèse encadrée par Laurent LASSABATERE & Gislain LIPEME KOUYI

Ministère de la Transition Ecologique, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Vaulx en Velin

Biographie

Après deux Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles à St Germain en Laye (78) de 2015 à 2017, j'ai été admise à l'ENTPE, l'école de l'aménagement durable des territoires (Vaulx en Velin, 69). Je m'y suis spécialisée en Environnement puis en Cours d'Eaux, Littoraux et Voies Navigables, et ai également suivi le Master Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain. Je suis donc formée, entre autres, en hydrologie statistique, hydrométéorologie, hydraulique fluviale et maritime ainsi qu'en transferts des polluants et risques. Mes stages au sein de l'INRA UMR CARRTEL (Thonon les Bains, 74) et de l'Institut Supérieur d'Agronomie de Lisbonne m'ont permis d'enrichir et d'appliquer mes connaissances. Ma thèse, débutée en octobre 2020, se déroule au LEHNA (CNRS UMR 5023), et porte sur l'hydrodynamique et les transferts en milieux poreux. Suite à cette thèse, je serai employée par le Ministère de la Transition Ecologique sur un poste spécialisé en environnement.

Résumé des travaux de recherche

L'artificialisation croissante des sols urbains perturbe le cycle de l'eau et en modifie la gestion. Les eaux pluviales, notamment, ne peuvent plus s'infiltrer et ruissellent tout en capturant des polluants. Des nouveaux systèmes artificiels de gestion des eaux pluviales dits « à la source » permettent l'infiltration sur place. La décantation des particules en solution dans les eaux pluviales forme un sédiment dans le fond du bassin. Mon stage de fin d'étude a porté sur l'étude des liens entre l'abondance et les teneurs en polluants dans des vers de terre s'y trouvant, et les paramètres physico-chimiques des sédiments. Mes travaux de recherche actuels, dans le cadre de ma thèse et du projet ANR INFILTRON (<https://infiltron.org/>), portent sur un nouveau type d'infiltromètre couplé à des nanoparticules développées par l'ILM (<https://ilm.univ-lyon1.fr/>) dont le comportement représente celui des polluants. Ce nouveau dispositif vise à quantifier l'infiltration (donc le degré de perméabilité des sols urbains) et d'injecter des nanoparticules. Ces nanoparticules doivent permettre de détecter les chemins de l'eau par utilisation du radar géologique et de simuler le comportement de polluants modèles. Ainsi, les nanoparticules sont dimensionnées en taille et en charge de surface pour simuler des polluants émergents modèles (nanoparticules manufacturées, métaux lourds, macromolécules, bactéries). L'enjeu est aussi d'affiner et combiner des modèles numériques préexistants pour simuler à la fois l'infiltration et le transfert nanoparticulaire pour, à terme, définir des indicateurs des fonctions infiltration (des eaux) et filtration (des polluants) dans les sols urbains.

Mots-clefs : infiltration, nanoparticules, transferts, modèles.

Participants



Alice FIOCCO

Doctorante 3ème année

Thèse encadrée par Ivan T LUCAS

Sorbonne Université,

Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques, Paris

Biographie

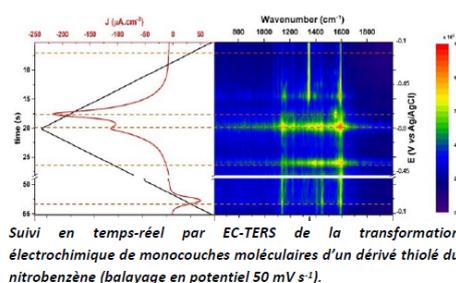
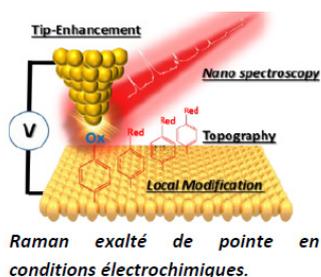
Mon parcours universitaire a commencé en 2013 à la faculté de Chimie Industrielle de l'Université di Bologna (Italie). En 2016, j'ai obtenu une bourse Erasmus+ pour le master Européen Advanced Spectroscopy in Chemistry. J'ai passé la première année à l'Université de Lille-1 et la deuxième à la Jagellonian University de Cracovie (Pologne). Depuis 2018, je suis doctorante au laboratoire LISE de Sorbonne Université. Mon travail porte sur la résolution de mécanismes électrochimiques à l'échelle moléculaire au travers du développement d'un système d'analyse operando qui conjugue la spectroscopie Raman exalté, l'électrochimie et la microscopie à balayage de sonde. En parallèle de ma recherche, j'assure des enseignements en TP de thermodynamique, cinétique et chimie des matériaux.

Résumé des travaux de recherche

Mon projet se focalise sur la fonctionnalisation de surface par des composés moléculaires électroactifs (incluant du patterning) et leur immédiate analyse nanospectroscopique (Raman exalté) en conditions électrochimiques. La fonctionnalisation de surface peut être obtenue par la formation de monocouches moléculaires auto-assemblées (SAMs de dérivés thiols), ou par électro-réduction des sels d'aryldiazonium, ArN_2^+ , qui tendent à donner des multicouches désordonnées.

Afin de contrôler la structure des dépôts formés, une méthode dite « d'inhibition redox-croisée », consistant à ajouter un inhibiteur de radicaux aux solutions de greffage à base de sels de diazonium, a été utilisée. En optimisant la concentration d'inhibiteur, il est possible de produire des monocouches de réactivité comparable à celles de l'analogue SAM de thiol. Dans les deux cas, la molécule choisie se termine avec un groupe nitrobenzène, responsable de l'électroactivité de la couche.

L'analyse par spectroscopie Raman exaltée de surface implémenté sur microélectrode (Tip-SERS) a permis d'une part le suivi en temps réel de la transformation électrochimique de composés moléculaires ; d'autre part, la spectroscopie Raman exaltée de pointe (TERS) a permis la cartographie de composition à l'échelle nanométrique, mettant ainsi en évidence l'hétérogénéité de surface en termes de densité moléculaire ou réactivité électrochimique. Les développements en cours portent sur la modification ou le greffage locale de couches moléculaires, en utilisant la pointe TERS à la fois comme microélectrode et sonde de composition.



Love, J. C. et al., Chemical Reviews, 105, 4, 1103–1170, 2005; Pinson, J. and Podvorica, F., Chem. Soc. Rev., 34, 5, 429–439, 2005; López, I. et al., ChemElectroChem, 5, 8, 1197–1202, 2018; Touzalim, T. et al., Electrochem. Comm., 108, 106557, 2019; Touzalim, T. et al., Anal. Chem., 89, 17, 8974–8980, 2017.

Mots-clefs : TERS, STM, électrochimie, nanotechnologies, greffage

Participants



Olivier GAZIL

Doctorant 3ème année

Thèse encadrée par VIRGILIO Nick

Polytechnique Montréal,

Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Rennes

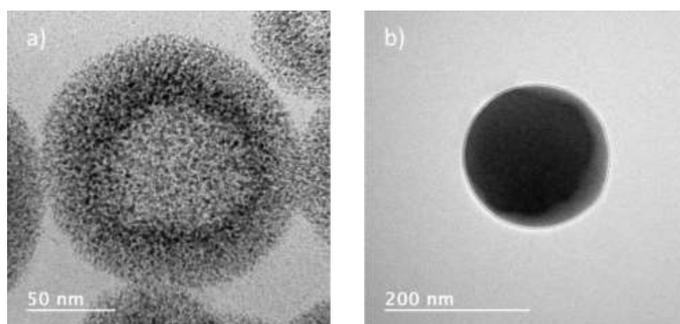
Biographie

Olivier Gazil est un ingénieur en génie chimique gradué avec mention d'excellence de Polytechnique Montréal en 2017. Il a poursuivi en maîtrise recherche avec le professeur Nick Virgilio et s'est vu décerné une bourse de recherche du CRSNG (bourse d'études supérieures du Canada Alexander Graham Bell). Lors de sa 2e année de maîtrise, M. Gazil a réalisé divers stages de recherche financés par des bourses MITACS et Michael Smith dans des laboratoires en Europe avec les Dr Miriam Unterlass, Fabienne Gauffre et France Chabert (respectivement à TU Wien, Université de Rennes 1 et ÉNIT). À la suite de ce séjour, il a effectué un passage au PhD en septembre 2019 et a de nouveau décroché une bourse du CRSNG. Ses 2 premières années de doctorat à Montréal ont été ponctués avec des collaborations avec des collègues menant à l'écriture de 2 articles de haute qualité. Enfin, son parcours le mène à nouveau en Europe pour approfondir ses collaborations, fruits de la maîtrise.

Résumé des travaux de recherche

Mes travaux de recherche portent sur deux sujets globaux. Le premier s'intéresse à l'optimisation des propriétés catalytiques des nanoparticules métalliques (NPs) immobilisés dans les hydrogels, en les localisant à la surface du gel, afin d'éliminer le besoin des réactifs et des produits à diffuser dedans/en dehors du gel. Le deuxième aspect, qui sera abordé plus en profondeur dans cette section, concerne la synthèse de nano-objets composés de plus petites NPs par réaction interfaciale dans une émulsion de type Ouzo. Le phénomène Ouzo se produit lorsque deux liquides miscibles sont mélangés, mais qu'une impureté miscible dans un seul des deux liquides mène à une séparation de phase. Dans notre cas, le tétrahydrofurane (THF) et l'eau sont utilisés en présence d'une impureté – l'hydroxytoluène butylé (BHT) - un stabilisant ajouté au THF. Nous utilisons cette émulsion instantanée pour réaliser la synthèse interfaciale de nanoparticules : un réducteur est ajouté à la phase aqueuse (NaBH_4) et un précurseur métallique (AuPPh_3Cl) est ajouté à la phase organique (THF). Lors du mélange de ces deux solutions, des gouttelettes de THF contenant le précurseur se forment dans la phase aqueuse contenant l'agent réducteur, amorçant ainsi la réaction d'oxydoréduction. Celle-ci conduit à la formation in-situ de NPs à l'interface THF/eau, grâce à la réduction par NaBH_4 du précurseur métallique. L'analyse par microscopie électronique à transmission (MET ; imagerie et spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie) a révélé la formation de nano-objets formés par des AuNPs compactes, comme le montre la Figure 1a. Notre synthèse est favorable non seulement du point de vue de sa simplicité, mais elle présente également une forte polyvalence grâce à son application à différents précurseurs métalliques (e.g. l'or ou le palladium - Figure 1b) ou même d'un mélange de ceux-ci.

Figure 1. Micrographies MET de nano-objets sphériques synthétisés via un précurseur d'or (a) et de palladium (b).



1. Gazil, O.; Gancheva, T.; Bilodeau-Calame, M.; Favis, B. D.; Virgilio, N., Controlling the distribution of nanoparticles in hydrogels via interfacial synthesis. *Nanoscale Advances* 2020, 2 (11), 5263-5270.

Mots-clefs : Nanoparticules métalliques, Chimie interfaciale, Hydrogels, Catalyse hétérogène, Émulsions Ouzo

Participants



Nadine GERGES

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Cécile GOURGEON

Université Grenoble Alpes,

Laboratoire des Technologies de la Microélectronique, Grenoble

Biographie

Après une licence (2014-2017) et Master 1 (2017-2018) en physique Générale à la faculté des sciences de l'Université Libanaise Beyrouth, je me suis spécialisée en Master 2 recherche dans le domaine des nanosciences et matériaux fonctionnels (2018-2019) à la faculté des sciences de l'Université Libanaise Beyrouth au cours duquel j'ai effectué un stage de 4 mois (1er mars au 30 juin 2019) sur le sujet de «Fabrication et caractérisation de photodétecteurs infrarouges à superréseaux» au sein de l'Institut d'Electronique et des Systèmes (IES) à Montpellier, France. En octobre 2019, j'ai débuté une thèse au Laboratoire des Technologies de la Microélectronique (LTM) à Grenoble et en collaboration avec l'Onera à palaiseau, sur le sujet de structuration de lames en silicium pour des spectromètres imageurs compacts dédiés au sondage atmosphérique.

Résumé des travaux de recherche

Le composant Nanocarb, est un spectromètre imageur à transformée de Fourier basé sur le concept ImSpoc inventé par l'ONERA et l'IPAG[1]. Il est développé dans le cadre du projet européen Scarbo et est dédié à la mesure des gaz à effet de serre CO₂ et CH₄ à partir d'une constellation de petits satellites. L'un des principaux éléments est l'interféromètre de Fabry-Perot obtenu à partir d'une lame de silicium gravée avec des marches dont les épaisseurs sont parfaitement contrôlées ainsi que la rugosité de leur surface. Une partie de mon travail de thèse consiste à réaliser cet ensemble de marches en un seul enchaînement de procédés lithographie/gravure.

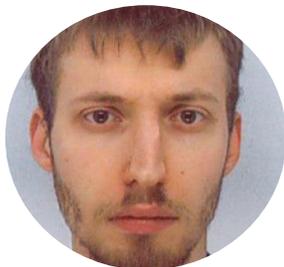
La lithographie électronique est bien adaptée pour obtenir une haute résolution (quelques dizaines de nm) dans la direction verticale, mais n'est pas compatible avec les dimensions latérales de chaque interféromètre (centaines de microns). L'exposition UV est plus adaptée à la structuration de surfaces aussi grandes, mais elle est moins adaptée à une résolution verticale inférieure à 100 nm [2]. L'objectif de ce travail est de développer un procédé de lithographie UV en niveaux de gris combinant l'exposition de grandes surfaces avec une haute résolution verticale. Nous avons utilisé un équipement de lithographie laser (Heidelberg μ PG 101) avec une modulation de la puissance du faisceau combiné à la résine Ma-P1225G. J'ai optimisé un procédé de lithographie à niveau de gris qui permet de contrôler des marches de 20 nm dans cette résine. Pour cela j'ai étudié de façon systématique l'impact des paramètres de procédé. En particulier, j'ai pu diminuer la pente de la courbe de contraste en étudiant l'influence des paramètres de recuit : Soft Bake (SB) et Post Exposure Bake (PEB). Une fois l'escalier réalisé dans la résine, il est possible de le transférer en une seule étape de gravure dans le silicium. J'ai également optimisé un procédé de gravure plasma afin d'obtenir les marches en Si de 50 nm nécessaire au composant Nanocarb. Actuellement, je développe un filtre optique et des couches absorbantes localisées en face arrière pour les besoins du projet. Après simulation, j'ai pu réaliser par dépôt PECVD des filtres optiques et les caractériser optiquement.

[1] N. Guérineau et al. Fourier transform multi-channel spectral imager. FR2019/051777.

[2] A.Rammohan et al. Sensors Actuators B Chem. 153, 125–134 (2011).

Mots-clefs : lithographie à niveaux de gris, gravure plasma, spectro-imageurs, interféromètre de Fabry-Pérot

Participants



Thomas GIRARDET

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Franck CLEYMAND & Solenne FLEUTOT

Université de Lorraine, Institut Jean Lamour, Nancy

Biographie

Doctorant en 2ème année à l'Institut Jean Lamour de l'Université de Lorraine, je mène un projet portant sur la synthèse par micro-ondes et la caractérisation de nanoparticules d'oxydes magnétiques pour des applications biomédicales. Ce travail a donné lieu à 3 communications orales, 2 posters (1 prix), une publication (2 en cours). Après 2 années de PACES, je me suis inscrit à la Faculté des Sciences et Technologies de Nancy en licence de chimie. J'ai suivi, parallèlement à la L1 et la L2, la Classe Préparatoire Universitaire consistant en un enseignement renforcé en Mathématiques, Physique et Chimie. J'ai ensuite intégré le Master de Chimie du Solide où je me suis particulièrement passionné pour les nanosciences. Désireux d'approfondir mes connaissances dans ce domaine, j'ai effectué des stages en M1 et M2 sur l'élaboration de nanomatériaux. Après avoir été tuteur de chimie au cours de mes études, je suis actuellement doctorant contractuel chargé d'une mission d'enseignement.

Résumé des travaux de recherche

Mon projet de recherche doctoral concerne l'élaboration contrôlée et la caractérisation de nanoparticules NPs à base d'oxydes magnétiques pour des applications biomédicales de type agent de contraste pour l'IRM. Une étude fondamentale des relations nanostructures/propriétés et interactions à l'interface du cœur d'oxydes et d'une coquille organique fonctionnelle est menée pour permettre d'avancer dans la compréhension de l'évolution des propriétés magnétiques de ces systèmes au cours du temps et de contrôler cette évolution pour envisager des utilisations sécurisées de nouveaux types de NPs.

Le premier axe de mon travail de thèse a consisté à synthétiser par voie microondes en une seule étape et en milieu aqueux des nanoparticules d'oxyde de fer fonctionnalisées. Le protocole de synthèse par micro-ondes a été mis au point en réalisant des plans d'expérience répétés 3 fois. Ces plans d'expérience ont permis d'étudier l'influence des paramètres de synthèse sur l'évolution des propriétés physico-chimiques et d'accéder à une meilleure compréhension des relations taille/structure/propriétés magnétiques en caractérisant finement les NPs fonctionnalisées en poudre et en solution. En effet, les NPs synthétisées ont été caractérisées systématiquement par différentes techniques (MET, IR, DLS, DRX, Mössbauer, Raman, ATG, mesures magnétiques...) pour déterminer leur taille, leur morphologie, leur stabilité colloïdale, leur composition chimique et structurale ainsi que leur chimie de surface et leurs propriétés magnétiques. L'étude de la cytotoxicité, de la viabilité cellulaire et de la biocompatibilité (coll. IMoPA, Nancy) de ces NPs est actuellement en cours.

Le deuxième axe de ce travail concerne la modulation de la composition chimique des NPs en synthétisant par micro-ondes des NPs à base d'oxyde de fer de type cœur-coquille $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{MxO}_y$ ou homogène $\text{MxFe}_{(2-x)}\text{O}_4$ avec $\text{M}=\text{Cu}, \text{Zn}, \text{Mg}, \text{Mn}...$ La méthodologie suivie est similaire en réalisant des plans d'expériences et une caractérisation physico-chimique et magnétique systématique des échantillons.

Parallèlement à cet axe, une étude est menée sur la fonctionnalisation des NPs par de nouvelles molécules elles-mêmes synthétisées ou extraites par micro-ondes afin de développer des coquilles organiques fonctionnelles et modifiables.

Mots-clefs : nanoparticules, micro-ondes, fonctionnalisation, propriétés magnétiques, applications biomédicales

Participants



Guillaume GOUGET

Post-doctorant

Responsable scientifique : Amélie JUHIN

CNRS, Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie, Paris

Biographie

Durant ma thèse au Laboratoire Chimie de la Matière Condensée de Paris, j'ai travaillé sur des nanomatériaux fonctionnels comprenant des nanoparticules riches en bore, synthétisées dans des sels inorganiques fondus. J'ai ensuite effectué quatre postdocs. À l'Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, j'ai étudié la conduction ionique mixte Na^+/O_2^- dans des niobates et titanates de sodium de structure pérovskite. À l'Université de Pennsylvanie, mon travail portait sur la sensibilisation de la photoluminescence des ions terres rares insérés dans des nanocristaux semiconducteurs. Mon projet à l'Université Catholique de Louvain était dédié à l'imprégnation de nanoparticules d'or ou de clusters métalliques sur des supports catalytiques de silice mésoporeuse. Depuis janvier 2021, mes recherches à l'Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie visent à étudier les propriétés magnétiques d'assemblées colloïdales de ferrites de structure spinelle.

Résumé des travaux de recherche

Mes recherches se situent à la frontière entre les nanomatériaux et la chimie du solide, avec en vue de synthétiser des nanocristaux de composition et structure originales, avec des tailles et des morphologies contrôlées. Pendant ma thèse, j'ai étendu la gamme des nanostructures de borure métallique (métal : Hf, Co, Ni, Mo) obtenues dans des solvants sels fondus inorganiques.^{1–3} Cela a apporté une meilleure compréhension sur la formation de morphologies comprenant un cœur cristallin entouré d'une coquille amorphe riche en bore. Dans le cas de HfB_2 , j'ai montré comment le contrôle de la taille du cœur influe les propriétés de transports électronique et thermique.⁴ J'ai ensuite étendu mes recherches sur la stabilisation de (nano)structures originales à d'autres compositions parmi les oxydes et les sulfures métalliques. Dans le cas des sulfures de terres rares, j'ai mis en place une voie de synthèse en solvant organique permettant d'isoler pour la première fois des nanocristaux colloïdaux avec des valences de terre rare +2 ou +3 et de soufre -2 ou mixte -2/-1.5 Mon travail actuel porte sur l'étude des propriétés magnétiques d'assemblées colloïdales de nanoparticules de ferrites MFe_2O_4 (M = Mn, Fe, Co, Ni) de structure spinelle. Les enjeux sont d'une part d'améliorer la cristallinité et la distribution en taille des nanoparticules obtenues par les synthèses de l'état de l'art, d'autre part d'explorer de nouvelles voies pour aboutir à des morphologies anisotropes.

1. Gouget, G. et al. New route toward nanosized crystalline metal borides with tunable stoichiometry and variable morphologies. *Faraday Discuss.* 191, 511–525 (2016).
2. Gouget, G. et al. In Situ Solid–Gas Reactivity of Nanoscaled Metal Borides from Molten Salt Synthesis. *Inorg. Chem.* 56, 9225–9234 (2017).
3. Portehault, D. et al. Beyond the Compositional Threshold of Nanoparticle-Based Materials. *Acc. Chem. Res.* 51, 930–939 (2018).
4. Gouget, G. et al. Liquid-Phase Synthesis, Sintering, and Transport Properties of Nanoparticle-Based Boron-Rich Composites. *Chem. Mater.* 33, 2099–2109 (2021).
5. Gouget, G. et al. Rare-Earth Sulfide Nanocrystals from Wet Colloidal Synthesis: Tunable Compositions, Size-Dependent Light Absorption, and Sensitized Rare-Earth Luminescence. *J. Am. Chem. Soc.* 143, 3300–3305 (2021).

Mots-clefs : naocristaux, polymorphisme, chimie du solide, synthèses inorganiques, voies en solution

Participants



Chloé GRAZON

Chercheuse / Enseignante - Chercheure

CNRS, Institut des Sciences Moléculaires, Bordeaux

Biographie

Formation : 2009-12 : Thèse de doctorat, docteur de l'École Normale Supérieure de Cachan ; 2009 : Master recherche matière molle et systèmes macromoléculaires, Univ. P.&M. Curie (UPMC) Paris 6 ; 2005-09 : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la ville de Paris (ESPCI-Paris, PSL), ingénieur spécialité physique-chimie.

Expérience : 1er oct. 2020 : Institut des Sciences Moléculaires de Bordeaux, équipe Imagerie & Photonique Moléculaires. Chargée de Recherche Classe Normale CNRS ; 2017-2020 : Boston University, USA & Univ. Bordeaux, LCPO, France – Marie-Curie Fellow. Biosenseurs FRET pour la détection d'hormones. Micelles dynamiques à base de polypeptides. Réf. : M. W. Grinstaff, S. Lecommandoux 2013-2016 : Nexdot. Ingénieur de recherche - CDI. Quantum-dots pour l'imagerie biomédicale et pour l'éclairage. Réf. : B. Dubertret 2012-13 : L'Oréal R&I. Ingénieur de recherche. Département Chimie et Matériaux de Performance : couleurs et polymères - CDD Réf. : X.Schultze ; 2009-2012 : ENS Cachan, PPSM - Doctorante. Élaboration et caractérisation de nanoparticules polymères fluorescentes fonctionnalisables à cœur BODIPY : application pour l'imagerie biologique. Réf. : R. Méallet-Renault, G. Clavier. Coll. : B. Charleux, J. Rieger ; 2009 : ESPCI, SIMM & Sorbonne Université, IPCM - Stagiaire. Étude de la formation de nanogels thermosensibles durant le procédé de synthèse. Réf. : N. Sanson, J. Rieger. ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-4564-8738>

Résumé des travaux de recherche

Mes travaux de thèse portaient sur l'élaboration et l'étude de nanoparticules polymères fluorescentes (NPF) à cœur BODIPY méthacrylate. Après la mise au point de la synthèse des NPF par un procédé de polymérisation RAFT en miniémulsion, j'ai étudié l'influence de la concentration en fluorophore sur leurs propriétés photophysiques. Puis j'ai modulé la longueur d'onde d'émission et le rendement quantique de fluorescence des NPF en modifiant la structure du BODIPY, afin d'obtenir des nanoparticules extrêmement brillantes et émettant dans le rouge. Enfin j'ai fonctionnalisé la surface des NPF afin d'obtenir un nanosenseur de pH.

J'ai ensuite travaillé au sein d'une start-up (Nexdot), où j'ai développé des biomarqueurs en fonctionnalisant la surface de Quantum Dot (QD) par de l'ADN et des protéines, afin d'obtenir des biomarqueurs fluorescents. Suite à cette expérience industrielle j'ai obtenu une bourse de post-doctorat de 3 ans (Marie-Curie fellow) entre l'université de Boston (Dptm de Chimie et Biomedical engineering) et l'université de Bordeaux (LCPO). J'ai mis au point des biosenseurs basés sur une reconnaissance entre une protéine et un oligonucléotide marqués par des quantum dots ou des fluorophores. Ces biomolécules sont fluorescentes et peuvent faire du FRET entre-elles. Après optimisation des paramètres du senseur, j'en ai diminué la limite de détection et amélioré les propriétés photophysiques (brillance, efficacité de FRET, stabilité).

Au LCPO j'ai synthétisé des polypeptides amphiphiles par ouverture de cycle d'acides α -aminés modifiés N-carboxyanhydrides et qui s'auto-assemblaient in situ dans l'eau (ROPISA) (C. Grazon et al, Angewandte 2020. Actuellement chercheuse au CNRS depuis l'automne 2020 (Institut des Sciences Moléculaires de Bordeaux), mes travaux de recherche portent sur l'amélioration de la chimie de surface des nanoparticules organiques fluorescentes (FON) et leur utilisation en biosenseur basé sur le FRET.

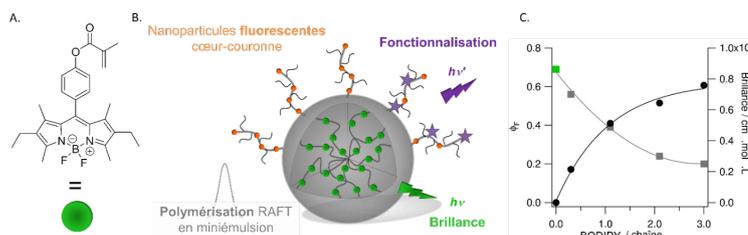


Figure 1 Nanoparticules fluorescentes élaborées en thèse. Adapté de Grazon, C et Al. Macrom. Rapid Comm. 2011 ; Grazon, C et al. J. Phys. Chem. C 2014 ; Grazon, C Polymer Chemistry 2016.

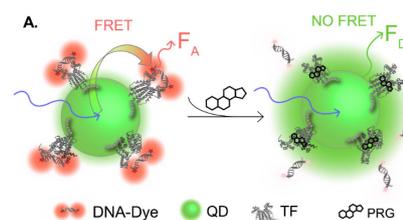


Figure 2. Schéma du senseur de progestérone basé sur un transfert d'énergie de type Förster (FRET) entre des QDs (donneur) décorés de Facteur de Transcriptions (FT) et un ADN marqué par un fluorophore (accepteur) Adapté de C. Grazon, R. C. Baer, et al. Nature Comm.2020,

Mots-clefs : Nanoparticules, biosenseurs, fluorescence, polymères, FRET

Participants



Mohamed-Amine GUERBOUKHA

ATER - CINaM/Polytech Marseille

Thèse encadrée par : Lisa MICHEZ & Matthieu PETIT

Aix-Marseille Université - Polytech Marseille,

Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille, Marseille

Biographie

FORMATION

Aix-Marseille université : Doctorat en Physique & Science de la matière spécialité Matière condensée et Nanosciences
Université de Paris Saclay (UVSQ) : Diplôme de Master2 Photovoltaïque et Voiture Électrique
École Polytechnique d'Alger : Double diplôme Ingénieur/Master en Génie des Matériaux

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

Aix-Marseille Université

- ATER au CINaM-Polytech « Croissance et caractérisation du graphène sur un film mince ferromagnétique »
 - * Croissance d'hétérostructures (Mn_5Ge_3) par épitaxie par jets moléculaires (MBE : SPE/RDE)
 - * Mesures et analyses magnétiques SQUID
- Doctorant à l'IM2NP « Étude de l'autoassemblage et des propriétés électroniques de monocouches moléculaires sur Ge »
- Doctorant contractuel chargé d'enseignement (192h), Dépt. Physique
- Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives
- Stagiaire : Préparation du Projet de fin d'études « Influence des propriétés électriques du substrat de Si sur les performances des cellules »

Résumé des travaux de recherche

ATER : Nous étudions les conditions de formation des couches ferromagnétiques $Mn_{11}Ge_8$ et Mn_5Ge_3 par MBE sur Ge(111) pour la spintronique. Des analyses DRX, RHEED, TEM et magnétiques sont réalisées afin de comprendre le phénomène ainsi que les conditions (T, t, flux) d'apparition des différentes phases.

Doctorat : Contrairement au SiO_2 , l'oxyde de germanium n'est ni stable ni de bonne qualité. Ainsi la préparation de couches interfaciales permettant de passiver et d'isoler le Ge est nécessaire mais reste à ce jour encore problématique. Une voie prometteuse consiste à utiliser des monocouches moléculaires auto-assemblées. Dans cette perspective, au cours de mes travaux nous nous sommes attachés à réaliser et caractériser de nouvelles SAMs à base d'organothiols greffés sur Ge, présentant une application potentielle comme isolants de grille. Nous avons utilisé des chaînes alkyles hydro- et fluoro-carbonées, et des chromophores push-pull. Nous avons adapté et mis au point la technique de désoxydation/greffage en solution hydro-alcoolique et montré qu'elle donne de meilleurs résultats que le traitement acide plus généralement utilisé. Cette méthode nous a en effet permis d'obtenir des surfaces de Ge fonctionnalisées moins rugueuses avec des SAMs bien organisées, ce qui est prouvé par ellipsométrie, goniométrie, spectrométrie infrarouge (FTIR), et microscopie à force atomique (AFM). Les analyses par XPS et par FTIR démontrent l'élimination de l'oxyde de la surface du Ge ainsi fonctionnalisée. Le greffage des alylthiols et alkylthiols-fluorés sur Ge est réalisé directement en une seule étape grâce à l'affinité du soufre avec le Ge, alors que pour la PP nous avons réalisé un greffage en deux étapes, et cela en utilisant des couches d'accroche. Nous avons mesuré les caractéristiques I-V des différentes SAMs à l'aide de contacts E-GaIn. Avec les SAMs de push-pull, nous avons pu diminuer le courant d'un facteur 105 comparé au Ge, et 104 par rapport à une SAM alkyle. L'analyse statistique des caractéristiques électriques a été menée par spectroscopie de tension de transition, et corrélée avec les analyses spectroscopiques des niveaux moléculaires par spectroscopie de photoémission inverse pour les LUMO, la détermination des HOMO de la bande de valence par XPS, et les calculs DFT.

Mots-clefs : Monocouche auto-assemblée, Couche mince diélectrique, couche ferromagnétique, champ proch, Germanium

Participants



Danny Petty GWEHA NYOMA

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par François MONTAIGNE

Université de Lorraine, Institut Jean Lamour, Nancy

Biographie

Doctorant de 2ème année passionné par la physique ; Compétences : Mécanique non linéaire, Physique des SOLITONS, Nano magnétisme, Electronique de spin, Physique fondamentale, Physique appliquée, Optique linéaire et non linéaire, Nano-fabrication ; Logiciel : Mat lap, Qtiplot, Origin, Latex, Mathematica, Pack office ; Langue : francais, anglais.

FORMATIONS :

2020-2021 (année en cours) 2ème année de thèse de Doctorat PHD au sein de l'école doctorale Chimie-Mécanique-Matériaux-Physique, Université de Lorraine, 54000 Nancy.

2019-2020) 1ère année de thèse de Doctorat PHD au sein de l'école doctorale Chimie-Mécanique-Matériaux-Physique, Université de Lorraine, 54000 Nancy.

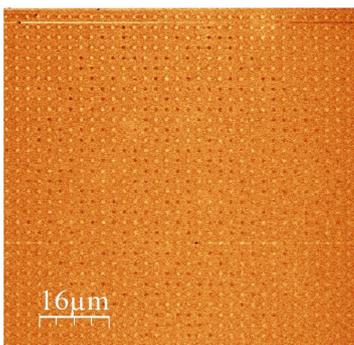
2018-2019 Master 2 en Physique, parcours matière condensée et Nano physique, à la Faculté des sciences et technologique (Nancy, 54000)

2016-2017 Master 2 en physique option Mécanique des systèmes complexes, à l'Université de Douala (Douala, Cameroun)

2014-2015 Licence en physique, à l'Université de YAOUNDE 1 (Yaoundé, Cameroun)

Résumé des travaux de recherche

La manipulation expérimentale ultra-rapide de l'aimantation d'un matériau magnétique par des impulsions LASER est un challenge pour la communauté scientifique depuis les trois dernières décennies. En effet, de l'observation en 1996 de la désaimantation d'un film continu de Ni par excitation LASER femtoseconde [1] au retournement de l'aimantation des nano-plots de GdCo à l'aide d'une seule impulsion LASER en 2019 [2], de nombreuses avancées dans la compréhension du contrôle de l'ordre magnétique dans des matériaux magnétiques ont été réalisés. Pour ma thèse, l'étude est menée sur la multicouche de Verre/Ta(3 nm)/Pt(3 nm)/[Co(0.6 nm)/Pt(0.7 nm)]/Pt(3 nm). Toutes ses couches ont été élaborés par pulvérisation magnétron et la couche ultrafine de [Co(0.6 nm)/Pt(0.7 nm)] est celle qui nous intéresse dans le cadre de notre travail. Cet échantillon possédant une forte Anisotropie magnétique perpendiculaire ('AMP') et présentant le mécanisme d'AO-HDS [4], il fait office de candidat idéal pour l'analyse des effets de taille sur le retournement de l'aimantation des nanostructures ferromagnétiques. La figure 1 nous montre une image obtenue au MFM pour un réseau carré de plot de diamètre $D=800\text{nm}$ et espacé de $d=2D$. Ainsi, lorsque la pointe passe au-dessus d'un plot, le signal mesuré est un contraste clair ou sombre, selon le sens de l'aimantation et la convention adoptée pour le traitement du signal.



1-Beaurepaire, E., Merle, J.C., Daunois, A. & Bigot, J.Y. Ultrafast Spin Dynamics in ferromagnetic Nickel. Physical Review Letters 76, 4250-4253 (1996).

2-Amal El-Ghazaly et al. Ultrafast magnetization switching in nanoscale magnetic dots. Applied Physics Letters 114, 232407 (2019).

3-Kryder, M.H. et al. Heat Assisted Magnetic Recording. Proceedings of the IEEE 96, 1810-1835. ISSN : 0018-9219 (2008)

4- El Hadri, M.S. et al. Two types of all-optical magnetization switching mechanisms using femtosecond laser pulses. Physical Review B 94, 184406 (2016).

Fig1. Image MFM d'un réseau carré de plot de diamètre 800 nm. L'échantillon étant initialement saturé avec un gros aimant, les contrastes clairs (sombres) indiquent l'état magnétique avant (après) l'excitation par une seule impulsion LASER de durée d'impulsion 100 fs et de fluence 16 mJ/Cm^2 . La polarisation de la lumière incidente est circulaire.

Mots-clefs : Nano-structure , spintronique , LASER , dynamique ultra-rapide

Participants



Jeanne HEINTZ

Doctorante 3ème année

Thèse encadrée par Sébastien BIDAULT

CNRS, Institut Langevin, ESPCI, Paris

Biographie

Jeanne Heintz est actuellement en troisième année de doctorat à l'Institut Langevin, ESPCI Paris. Elle a un diplôme d'ingénieur de l'INSA Toulouse et un master en Physique fondamentale et appliquée de l'Université de Toulouse Paul Sabatier. Durant son projet de thèse, ses sujets de recherche vont de l'auto-assemblage de nanostructures basé sur les technologies ADN à la plasmonique et nanophotonique

Résumé des travaux de recherche

L'auto-assemblage par ADN est une technique robuste pour introduire un nombre contrôlé d'émetteurs quantiques entre deux résonateurs plasmoniques. En particulier, des dimères d'or auto-assemblés grâce à un unique double-brin d'ADN permettent l'exaltation de l'émission spontanée d'une molécule unique de plus de deux ordres de grandeurs. (Nat. Commun 3 (2012) 962), fournissant une source lumineuse ultra-rapide de photon unique présentant des temps de vie inférieurs à 10 ps et un rendement quantique d'émission supérieur à 50% (ACS Nano 10 (2016) 4806).

Il est important de noter qu'optimiser le couplage entre des molécules fluorescentes et des résonateurs plasmoniques ou maximiser le rendement radiatif requièrent différents paramètres structurels. En s'appuyant sur un travail de simulations, nous montrerons que le régime de couplage fort entre un unique dipôle oscillant et un dimère formé par des nanosphères d'or est atteignable pour des sphères de 40 nm de diamètre et des distances interparticulaires inférieures à 2 nm, conditions dans lesquelles le rendement quantique d'émission est négligeable.

Compte tenu de ces contraintes géométriques, nous présenterons des résultats expérimentaux sur l'optimisation de l'interaction entre plusieurs molécules fluorescentes et un unique résonateur en or pour atteindre le régime de couplage fort. En particulier, écranter les forces de répulsions électrostatiques entre deux nanosphères d'or auto-assemblées permet d'atteindre des distances interparticulaires inférieures à deux nm de manière reproductible (ACS Nano 9 (2015) 978).

Utilisant cette approche, nous observons la séparation de la résonance du mode plasmonique longitudinal d'un dimère de nanosphère d'or de diamètre 40 nm couplé à 5 molécules d'ATTO647N, seulement pour des distances interparticulaires inférieures à 2 nm. Néanmoins, cette réponse caractéristique du régime de couplage fort est observée pour seulement 3% des nanostructures étudiées, indiquant qu'une optimisation géométrique du résonateur est nécessaire. Nous terminerons donc par une discussion sur l'optimisation des propriétés de nos antennes, en particulier par l'utilisation de nanocubes plasmoniques qui permettraient d'atteindre un régime de couplage fort conjugué à un important rendement radiatif dans le spectre du visible.

Mots-clefs : Technologies ADN, Plasmonique, Emission Spontanée

Participants



Déborah IGLICKI

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Fabienne GAUFFRE

Université Rennes 1,

Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Rennes

Biographie

INSTITUT DES SCIENCES CHIMIQUES DE RENNES (UMR 6226) : Doctorante en Chimie et Physico-chimie de 2019 à aujourd'hui. Sujet de thèse "Interfaces hybrides Nanoparticules-Polymères pour l'élaboration de gels et de nanocapsules" supervisé par Dr. Fabienne Gauffre et Dr. Soizic Chevance

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE CHIMIE DE RENNES : diplôme Ingénieur Chimiste (2017 - 2019)

Projet recherche (1 mois) : Synthèse écoresponsable et évaluations physico-chimiques de nouveaux tensioactifs cationiques

SORBONNE UNIVERSITE (UPMC - PARIS 6) : Master 1 Chimie du solide et des Matériaux + Double Licence Biologie - Chimie (2013 - 2017)

Stages R&D : ARKEMA - SARTOMER (2019, 6 mois) Synthèse, formulation et évaluation de liants acrylates photoréticulables

KTH - Fibre and Polymer technology (2018, 4 mois) Optimisation de mousses Pickering à partir de nanocellulose

RESIPOLY CHRYSOR (2017, 4 mois) Formulation de liant epoxy à hautes performances mécaniques

CNRS - Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris (2015, 2 mois) Synthèse de membrane nanostructurée pour la lyse cellulaire

Résumé des travaux de recherche

L'effet ouzo est un phénomène d'émulsification spontanée permettant la formation de microgouttelettes métastables [1]. Il se produit lors du mélange ternaire huile hydrophobe/alcool miscible à l'eau/eau [2]. Ainsi, l'huile sursaturée s'ordonne en petites gouttelettes suspendues dans la phase continue, par nucléation homogène liquide-liquide. Alors que l'effet Ouzo se manifeste par une solution turbide, Ganachaud et al. ont défini, à la limite de la zone Ouzo et dans le domaine monophasique, une zone nommée «Surfactant Free Micro-Emulsion» (SFME) comme étant une microémulsion thermodynamiquement stable et non turbide [3]. Ils ont précisé que les nano-gouttelettes formées dans cette zone sont de plus petite taille que dans l'Ouzo et sont riches en solvant et en huile. Grâce à ce phénomène, ils ont généré des nano-capsules de polymère contenant un anticancéreux hydrophobe nanoprécipité.

Dans notre cas, nous formons des nano-capsules appelées Hybridosomes. Leur procédé de fabrication consiste en un mélange eau/THF/BHT/Nanoparticules NP (BHT, anti-radicalaire initialement dans la solution commerciale de THF) [4] [5]. Ainsi, grâce à l'effet Ouzo, une suspension de nano-gouttelettes riches en BHT, ayant le rôle de soluté hydrophobe, se forme spontanément dans la phase continue. Les NP s'adsorbent à la surface des nano-gouttelettes, puis l'ajout de polymère vient renforcer la coquille de NP. Enfin, le solvant est évaporé lentement, permettant d'obtenir un coeur aqueux. Ainsi, les capsules (~ 100 nm de diamètre) ont une paroi composée de NP hydrophobes (SPION, Au) et de polymères. De plus, elles ont une très bonne stabilité dans l'eau pouvant aller jusqu'à plusieurs mois.

Mon travail consiste à encapsuler des molécules thérapeutiques hydrophobe dans nos nano-objets pour combiner Chimiothérapie-Radiothérapie, ainsi qu'à étudier de nouveaux systèmes adaptés aux applications biomédicales.

[1] Vitale S. A., Katz J. L., Langmuir, 2003, 19, 4105-4110. [2] Ganachaud F., Katz J. L., ChemPhysChem, 2005, 6, 209 – 216.

[3] Yan X., Alcouffe P., Sudre G., David L., Bernard J., Ganachaud F., Chem. Commun., 2017, 53, 1401-1404.

[4] Sciortino F., Casterou G., Eliat P.-A., Troadec M.-B., Gaillard C., Chevance S., Kahn M. L., Gauffre F., ChemNanoMat, 2016, 2(8), 796-799.

[5] Brevet FR15 62860 (CDM-570, 18 déc 2015). F. Gauffre, F. Sciortino, S. Chevance, M. Kahn, G. Casterou

Mots-clefs : Nanomaterials, Nano-encapsulation, Hybridosome®, Self-assembly, Pharmaceutical drug delivery

Participants



Fernando IGOA

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par David PORTEHAULT

Sorbonne Université,

Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris, Paris

Biographie

Fernando Igoa a obtenu son baccalauréat en chimie à l'Université nationale d'Uruguay «UdelaR» en 2017, où il a ensuite obtenu un Master en chimie. Parallèlement à ses études, il a développé des recherches dans le contexte d'un CDD, dans le domaine des matériaux poreux organiques-inorganiques connues comme des MOF. En 2018, il a obtenu une bourse pour poursuivre un Master en Physique des Matériaux à Sorbonne Université. Il a ensuite été embauché en tant que doctorat contractuel à Sorbonne Université. Ses recherches actuelles se situent dans le contexte des nanomatériaux. Il explore les méthodes de synthèse des matériaux, c'est-à-dire les synthèses en phase liquide à haute température et / ou à haute pression, pour concevoir des nanoparticules de systèmes covalents étendus à base de bore. Il utilise ces nanomatériaux comme plateforme pour optimiser les propriétés physico-chimiques grâce à la nanostructuration, en particulier les propriétés mécaniques et électrocatalytiques.

Résumé des travaux de recherche

L'objectif principal de mes recherches actuelles est d'optimiser les propriétés mécanique et électrochimique des systèmes à base de bore, grâce à la nanostructuration. Nous visons à tirer le maximum de profit de l'effet dramatique sur ces propriétés produit par la réduction de la taille des particules à l'échelle nanométrique. Nous nous concentrons sur les borures, car à cause de leurs caractéristiques de liaison (degré élevé de covalence), ils nécessitent des températures de synthèse très élevées, sous lesquelles la croissance des grains est inévitable. Il existe donc encore un grand champ de découvertes concernant la nanoscience des borures. Nous employons de nouvelles méthodes de synthèse basées sur l'utilisation de sels fondus comme milieu réactionnel et / ou des synthèses assistées par la haute pression pour empêcher la croissance des grains par rapport à la cristallisation. En particulier, nous visons à améliorer la dureté, la ténacité à la rupture et d'autres propriétés mécaniques des carbures et nitrures de bore, dont la structure est constituée de réseaux covalents 3D et où les nanostructures inférieures à 20 nm sont jusqu'à présent inaccessibles. Pour relever ce défi, nous avons conçu des schémas de synthèse en multi-étapes qui conduisent à des nanoparticules de 10 nm de phase pure et monodispersées de ces matériaux. Compte tenu de l'échelonné des travaux, l'étude de la structure est réalisée en complétant des sondes d'ordre long (diffraction des rayons X) avec des techniques de structure locale (RMN, microscopie électronique, spectroscopie vibrationnelle). L'influence de la structure et du microstructure vise à être liée aux phénomènes observés, c'est-à-dire à une augmentation de la dureté.

Mots-clefs : Borures, dureté, nanomatériaux, synthèse

Participants



Pierre LONCHAMBON

Assistant Ingénieur

Sorbonne Université,

CNRS, Laboratoire Edifices Nanométrique - Nanosciences et Innovation pour les Matériaux la Biomédecine et l'Énergie, Gif-sur-Yvette

Biographie

- Depuis 2019 : Assistant Ingénieur Sciences Chimiques et Sciences des Matériaux - NIMBE-UMR 3685, équipe LEDNA, CEA Saclay (Agent CNRS Titulaire)
- 2013 - 2019 : Assistant Ingénieur Chimie des Matériaux (CDD) - CIRIMAT UMR 5085, Toulouse
- 2010 - 2012 : Technicien supérieur Chimie des Matériaux (CDD) - LCC UPR CNRS 8241
- 2010 : Licence professionnelle - Industries Chimiques et Pharmaceutiques Spécialité Chimie, Analyse et Qualité dans le domaine des Sciences, Technologies, Santé, Université Paul Sabatier Toulouse III, Castres
- 2009 : Diplôme Universitaire Technologique - Option Chimie, Université Paul Sabatier Toulouse III, Institut Universitaire Technologie A, Castres

Résumé des travaux de recherche

A la suite de ma formation en chimie, j'ai travaillé au sein du LCC sur la préparation de catalyseur pour la synthèse de nanotubes de carbone (NTC) multi-parois et de graphène avec une mise à l'échelle de la méthode de préparation. Mes activités ont ensuite évolué vers la mise au point, selon une approche bottom up, de la synthèse de NTC en CVD à lit fluidisé.

Par la suite j'ai intégré le CIRIMAT où j'ai travaillé pendant 6 ans sur la synthèse de NTC bi-parois, leur purification et leur décoration par des molécules organiques (liaisons covalentes ou interactions chimiques et physiques). En étroite collaboration avec le Dr Emmanuel Flahaut, j'ai participé à de nombreux projets visant l'étude de la toxicité de ces NTC bi-parois, et leur utilisation dans le domaine de la bio-médecine.

Depuis 2019, j'ai intégré l'équipe LEDNA au sein de l'UMR NIMBE au CEA Saclay en tant qu'assistant ingénieur titulaire du CNRS. Je suis en charge de la maintenance, du fonctionnement et de la préparation aux expérimentations d'un dispositif complet de pyrolyse laser. Ce dispositif nous permet de synthétiser une large gamme de matériaux de taille nanométrique. Cette méthode repose sur l'interaction en jets croisés entre un faisceau laser CO₂ et des flux de précurseurs gazeux ou liquides sous forme de gouttelettes. Les réactifs sont dissociés par le transfert d'énergie, ce qui s'accompagne d'une élévation de température faisant apparaître une flamme dans laquelle les nanoparticules sont formées. Elles sont étudiées pour diverses applications, comme les électrocatalyseurs pour les piles à combustibles (nanoparticules CNFe), la photocatalyse (nanoparticules TiO₂/graphène), ou les électrodes de batteries (nanoparticules à base de silicium), qui font appel à des domaines d'utilisation variés, de la lutte anti-pollution à la biologie en passant par le stockage d'énergie. Je travaille en étroite collaboration avec les chercheurs et les doctorants ou stagiaires. Complètement impliqué sur les aspects techniques et scientifiques de ces projets, je participe activement aux étapes de conception et assemblage des montages expérimentaux, d'expérimentation en matière de synthèse des nanoparticules et d'analyse des produits synthétisés, ainsi qu'au travail d'équipe sur l'analyse des résultats obtenus.

Mots-clefs : nano-particules, nanotubes de carbone, synthèse, caractérisation, pyrolyse laser

Participants



Camille MAESTRE

Doctorant 1ère année

Thèse encadrée par Catherine JOURNET

CNRS, Laboratoire Multimatériaux et Interfaces, Villeurbanne

Biographie

Initialement orienté vers la mécanique et les sciences de l'ingénieur en classe préparatoire, j'y ai trouvé ma préférence pour l'élaboration des matériaux et leur caractérisation. Celle-ci a orienté mon choix d'études vers PHELMA à Grenoble. J'ai ainsi intégré la filière spécialisée en Science et Ingénierie des Matériaux pour étudier un large panel depuis les matériaux de structures, techniques et polymères, jusqu'aux matériaux fonctionnels et films minces pour la microélectronique. Mon stage de fin d'études sur l'oxydation du Silicium fortement dopé à STMicroelectronics à Crolles (38) en 2019 m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la microélectronique en entreprise et conforté mon attrait pour les matériaux fonctionnels. Intéressé par le monde de la recherche, j'ai commencé un doctorat entre le LMI (Lyon 1) et Mateis (INSA de Lyon) sur la compréhension de la synthèse de Nitrure de Bore hexagonal par la voie des céramiques dérivées de polymères en Juillet 2020.

Résumé des travaux de recherche

L'intérêt Nitrure de Bore hexagonal (hBN) a connu une croissance rapide pour ses applications parmi les matériaux 2D aux cotés du Graphène. La référence mondiale des mono-cristaux de hBN provient de l'équipe qui a démontré son large gap direct [1] et initié l'engouement pour ce matériau, le NIMS (Japon).

Le LMI, que j'ai intégré en Juillet 2020, a développé une voie de synthèse plus douce à partir d'un précurseur pré-céramique : la Polyborazilène et d'un traitement à haute température en four à pression isostatique (HIP). Le hBN obtenu est proche en taille et qualité cristalline de ceux du NIMS [2]. Ce procédé n'a pas été rigoureusement optimisé et la compréhension des mécanismes de croissance et l'étude de l'influence des nombreux facteurs (solvant utilisé, pré-polymérisation, température/pression...) sont indispensables à cette optimisation.

Durant ma thèse je vais donc étudier les mécanismes de croissance et l'influence des paramètres pour optimiser la taille des mono-cristaux de hBN et leur qualité. Les différents matériaux mis en jeu (précurseur, solvant et leurs produits aux différentes étapes du procédé, voire in-situ) seront étudiés au moyens de diverses techniques de caractérisation. En effet, la voie choisie est au croisement de la chimie, du frittage céramique et de la croissance de cristaux en solution et nécessite donc un large panel d'observations.

La photoluminescence du hBN est un indicateur des différents défauts et impuretés mais reste encore discutée. La photonique est une applications importante du hBN et il sera donc nécessaire de maîtriser ses propriétés de luminescence. Aussi, le transport électronique du Graphène est largement amélioré par son encapsulation dans du hBN de haute qualité. L'encapsulation est actuellement l'application première du hBN. Les propriétés de transport électronique pourront être étudiées en collaboration avec nos partenaires au sein du Graphene Flagship.

[1] K. Watanabe et al.- Nature Materials (2004)

[2] Y. Li et al.- ACS Applied Nano Materials (2020)

Mots-clefs : hBN- Elaboration- Caractérisation- Opto-électronique

Participants



Anaïs MARCHETTI

Ingénieure

Responsable scientifique : Guillaume CHASTANET

CNRS,

Institut de Chimie et de la Matière Condensée de Bordeaux, Pessac

Biographie

Diplômée en 2018 d'une école d'ingénieur en Science et Génie des Matériaux, j'ai eu une première expérience professionnelle dans un centre technique de R&D en matériaux composites et avancés. J'y étais en charge d'un projet collaboratif européen pour AIRBUS visant à l'élaboration d'un dispositif chauffant autorégulant par effet PTC (Coefficient de Température Positif).

Je suis, depuis septembre 2020, ingénieure d'étude à l'ICMCB. Je travaille sur le projet collaboratif ANR FlowSwitch dans les groupes Molécules et Matériaux Commutables et Fluides Supercritiques. Ce projet vise à l'élaboration de nanoparticules commutables par voies de synthèse classique, flux continu et fluides supercritiques. Le développement d'une nouvelle voie de synthèse en flux continu assisté par CO₂ supercritique permettra de réduire le nombre d'étapes de synthèse, d'améliorer la reproductibilité des expériences et de réduire la taille des particules jusqu'à l'échelle nanométrique.

Résumé des travaux de recherche

Les matériaux commutables étudiés dans ce projet sont des complexes de coordination comportant un centre métallique ponté par trois ligands. Ces matériaux ont la propriété de changer de propriétés (magnétisme et couleur) grâce à un stimulus externe comme la température, la pression, une excitation lumineuse, etc.

L'utilisation d'un procédé en flux continu à la place des synthèses batch classiques, couplé à des fluides supercritiques, va permettre de réaliser des synthèses en une seule étape, contre cinq habituellement, sans utilisation d'aucun tensio-actif et avec des tailles et compositions parfaitement maîtrisées. Dans un second temps, ces nanoparticules seront intégrées dans des hétérostructures combinant les propriétés de plusieurs matériaux. Ces matériaux seront ainsi plus facilement utilisables pour des applications industrielles futures, notamment dans des dispositifs électroniques.

Dans le cadre de ce projet, j'étudie les paramètres de synthèse (température, concentration, temps, agitation...) influant la coordination, la nucléation et la croissance des particules. Ces synthèses sont suivies par pH-métrie et UV-Visible et les composés obtenus sont caractérisés par microscopie électronique en transmission et à balayage, diffraction des rayons X sur poudres, analyses chimiques, et leurs propriétés étudiées par magnétométrie et optique. Le passage en flux continu constitue une innovation pour maîtriser chacune des étapes de synthèse, notamment grâce à la possibilité de suivre in situ l'évolution de ces étapes.

G. Chastanet et coll. Chem. Eur. J. 2020, Vol. 26 Issue 69, p16286.

Thèse de L. Moulet. Designs rationnel et exploratoire de nanoparticules à transition de spin. Matériaux. Université de Bordeaux, 2015

Mots-clefs : Nanoparticules- Matériaux moléculaires commutables- Synthèse en flux- Magnétisme

Participants



Célia MARETS

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Lucien SAVIOT & Lionel MAURIZI

Université Bourgogne Franche-Comté,

Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, Dijon

Biographie

Parcours : 2019-x : Doctorat en physico-chimie ; 2018-2019 : Master 2 Nanosciences (Université de Rennes 1, Rennes) ; 2017-2018 : Master 1 Physique Fondamentale et Applications (Université de Bretagne Occidentale, Brest) ; 2014-2017 : Licence de Physique (UBO, Brest) ; 2012-2014 : Première Année Commune des Etudes de Santé.

Expériences Professionnelles Scientifiques : 04/07-07/19 : Stage : Synthèse et caractérisation de nanoparticules pour le biomarquage, CNRS UMR 6226, Institut des Sciences Chimiques de Rennes ; 06/18-07/18 : Stage : Elaboration d'un capteur radiofréquence pour la surveillance de structure, LabSTICC, UBO, Brest.

2020/2021 : Encadrements : - Stage de fin d'étude M2 T2MC (Transition Metals in Molecular Chemistry) : Studies and control of proteins / nanoparticles interactions for a better development of nanomedicine ; Stage Bibliographique 4ème année école d'ingénieur : Nanomaterials in Biomedical by BH2N team ; Travaux Pratiques (école d'ingénieurs de recherche en matériaux (ESIREM)).

Résumé des travaux de recherche

Sujet de thèse : Etude de l'influence de l'adsorption de molécules organiques à la surface de nanoparticules (NPs) sur leurs comportements environnementaux.

Contexte : Les nanoparticules (NPs) font l'objet de nombreuses recherches dans le domaine médical : que ce soit en thérapie ou en diagnostique, les potentielles applications sont multiples. Ces NPs sont, dans la plupart des cas, injectées directement dans le sang. Un problème se pose : ces NPs, avant d'atteindre leur site cible, interagissent tout d'abord avec les molécules de l'environnement dans lesquelles elles sont injectées, en particulier les protéines. Il se forme ce qu'on nomme une « protéin corona » (PC). Cette PC influence les comportements biologiques des NPs tels que leurs cytotoxicités, leurs biodistributions ou encore leurs internalisations, et va donc avoir un impact sur l'efficacité de ces NPs. Les objectifs de cette thèse sont tout d'abord de constituer une bibliothèque de NPs comportant, entre deux échantillons, au moins un paramètre commun tel que la taille ou la chimie de surface, synthétisées de manière reproductible, contrôlée et à grande échelle ; d'étudier l'influence des différents paramètres sur l'adsorption de protéines puis de caractériser les PCs afin de comprendre leur influence sur les comportements environnementaux, pour ensuite mieux les contrôler.

Résumé travaux : des synthèses de trois types de nanoparticules ont été effectuées : oxyde de fer, or et silicium. Les NPs sont actuellement optimisées et fonctionnalisées. Le but est d'obtenir des NPs avec les mêmes molécules en surface. Le choix s'est porté pour l'instant sur du citrate, du glutathion et des polyéthylène glycols. Les NPs sont caractérisées avant et après fonctionnalisation par de multiples méthodes, dépendant du type d'informations recherchées et du type de NPs : DLS, zétamétrie, UV-visible, diffraction des rayons X, microscopie électronique en transmission (TEM), spectroscopie raman, spectroscopie à plasma à couplage inductif, spectroscopie infrarouge...

En parallèle, en co-première auteure, une review dans le journal *Nanoscale Advances* a été publiée [1]. Une deuxième de couverture a également été acceptée.

1] : 10.1039/D0NA00863J

Mots-clefs : chimie de surface, couronne protéique, synthèses, caractérisations, interfaces

Participants



Léna MEYNIEL

Doctorante 1ère année

Thèse encadrée par Sophie CARENCO

Sorbonne Université,

Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris, Paris

Biographie

Formation académique : 2020-2023 : Doctorat en Chimie - Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris - UMR 7574 Ecole Doctorale 397 Physique et Chimie des Matériaux ; 2017-2020 : Diplôme d'ingénieur en Physique Chimie - Ecole Nationale Supérieure de Chimie, Biologie et Physique de Bordeaux. Spécialité : Nano et Micro Matériaux ; 2018-2019 : Année d'échange académique University College of London (UCL). Département Chemical engineering.; 2015-2017 : Classe préparatoire Intégrée aux Grandes Ecoles - Fédération Gay Lussac - Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Clermont Ferrand.

Expériences professionnelles : Mars - Septembre 2020 : Stage M2 au LCMCP, Paris, France. Synthèse et caractérisation de nanoparticules de compositions inédites : carbures, phosphures, oxysulfures. Juin - Novembre 2019 : Stage Recherche et Développement à PPG Industries, Auckland, Nouvelle Zélande. Développement d'une gamme de peinture exempte de chrome pour l'industrie haute performance ; Juin - Août 2018 : Stage opérateur en production à BIOSE, Aurillac, France. Découverte de l'industrie pharmaceutique.

Résumé des travaux de recherche

Stage de Master 2 : « Synthèse de Nanoparticles de compositions inédites : carbures, phosphures, oxysulfures ».

Dans le cadre de ce projet, nous nous sommes intéressés à la synthèse de nouvelles nanoparticules à base de métaux de transition, dans lesquels nous avons inséré des éléments légers : le carbone et le phosphore. Ceux-ci permettent en effet de moduler les propriétés électroniques des nanoparticules, et donc leur réactivité, tout en gardant un système robuste. Une partie du stage s'est déroulée à distance, ainsi une étude de data mining sur les systèmes contenant du Carbone, du Nickel et du Phosphore a été menée. Ensuite, une série de synthèses a permis d'identifier plusieurs phénomènes concernant ces phases. Certaines synthèses favorisent l'insertion de Carbone tandis que d'autres tendent vers des phases plus riches en Phosphore. Les nanoparticules ainsi obtenues ont été observées en transmission (Fig 1) et caractérisées en DRX (Fig. 2) ainsi qu'en XAS au seuil K du Ni sur la ligne ROCK du Synchrotron le mois dernier.

Projet de thèse : « Synthèse de nanoparticules de composition inédite et étude de leurs propriétés électrochimiques pour des applications en nano médecine ».

Dans le contexte actuel, l'utilisation de nanoparticules dans des dispositifs de détection de molécules cibles présente un intérêt particulier. Dans ce projet nous nous intéressons à des nanoparticules d'oxysulfures de Gadolinium dont la synthèse est maîtrisée. Nous souhaitons étudier les perturbations à l'interface nano-bio lorsque ces nanoparticules de semi-conducteur sont mises en contact avec un électrolyte aqueux. Pour ce faire, une électrode nanostructurée est développée à partir d'une solution colloïdale de Gd₂O₂S déposée sous forme de film mince sur un substrat de FTO par dip coating. Les films sont caractérisés au SEM-FEG et nous observons des nanoplaquettes de Gd₂O₂S d'environ 20 nm de largeur (Fig 3). Ensuite, les modifications de charge induites par l'adsorption d'espèces organiques à l'interface nano-bio seront caractérisées via des méthodes de mesure d'impédance (EIS) grâce à une cellule à 3 électrodes (Fig 4). Nous espérons ainsi situer les bandes de conduction et de valence du semi conducteur grâce à des sondes et également être capable de détecter une infime perturbation à sa surface ce qui permettrait de développer un dispositif ultra sensible.

Figure 1 : clichés de microscopie électronique en transmission des différentes phases de phosphures et carbures de Ni obtenues par synthèse colloïdale..

Figure 2 : diffraction des rayons X sur poudre des différentes réactions à reflux variables en fonction du volume de solvants et du ballon utilisé, évolution des phases obtenues en fonction de la température de reflux.

Figure 3 : photographie du film obtenu sur Silicium via dip coating (1 nm/s) à partir d'une solution colloïdale de Gd₂O₂S et clichés SEM-FEG correspondants (15 kV).

Figure 4 : schéma récapitulatif du projet de thèse, cellule électrochimique à 3 électrodes et zoom sur l'interface nano-bio.

Fig 1

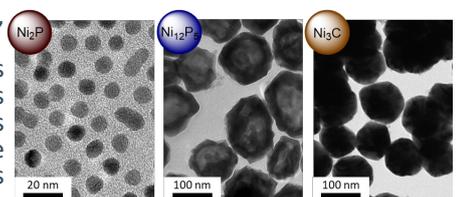


Fig 2

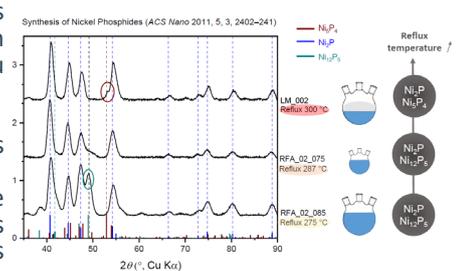


Fig 3

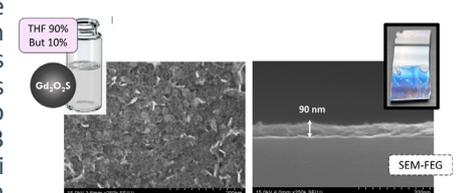
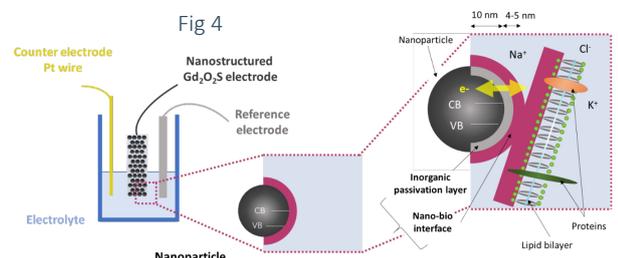


Fig 4



Mots-clefs : Interfaces électrochimiques, Nanomatériaux, Nanomédecine, Colloïdes

Participants



Mathias MIRANDA VIEIRA

Doctorant 3ème année

Thèse encadrée par Frédéric KANOUI

Université de Paris,

Interface Traitements Organisation et DYnamique des Systèmes, Paris

Biographie

Titulaire d'un master en chimie spécialité nanosciences, obtenu à l'Université de Paris en 2018, je suis actuellement en 3e année de doctorat portant sur l'électrosynthèse de nanomatériaux au laboratoire ITODYS à l'Université de Paris. Durant mon parcours académique, j'ai réalisé différents stages concernant l'étude de matériaux et de nanomatériaux tel que les PVCs (3 mois dans l'industrie, Griffine Enduction), le graphène (2 mois, Laboratoire ITODYS, Université de Paris), ou encore les nanoparticules d'argent (6 mois, Laboratoire ITODYS, Université de Paris). Actuellement en doctorat, je développe des techniques optiques et électrochimiques permettant le suivi operando de l'électrosynthèse de nanoparticules et un criblage de leur réactivité à l'échelle individuelle et à haut débit. Ces différentes expériences m'ont permis de développer des compétences en (nano)électrochimie, nano-optique et caractérisation de matériaux, ainsi qu'en traitement de données (Matlab, OriginLab et ImageJ).

Résumé des travaux de recherche

Mon projet doctoral vise à développer des stratégies permettant un suivi operando et à haut débit de la formation et réactivité de nanoparticules (NPs). L'électro-dissolution d'ultramicroélectrodes sacrificielles (UMEs) permet de générer localement des précurseurs métalliques[1]. Ces derniers se réduisent en présence d'un réducteur en solution (formation de NPs métalliques), ou précipitent lors de l'élévation locale du pH causée par une seconde électrode (formation de NPs d'oxydes métalliques). Les deux stratégies illustrées à la Fig. 1 sont mises en œuvre afin de sonder operando et à l'échelle individuelle la formation des NPs.

La première stratégie (Fig. 1a) s'appuie sur l'utilisation d'un microscope optique en champ sombre. Celui-ci permet de suivre in situ la formation de NPs d'or ou d'argent dans la couche de diffusion d'une UME[2]. L'analyse de leurs trajectoires permet d'évaluer leurs tailles ainsi que leurs vitesses de croissance, à l'échelle de la NP unique. L'effet de la force motrice de réduction des ions métalliques (modulée par le potentiel chimique du réducteur) sur la dynamique de croissance des NPs et sur leurs formes finales a été mise en évidence.

Une seconde méthodologie, reposant sur la microscopie électrochimique (SECM), est utilisée pour l'électrosynthèse de NPs d'Ag₂O[3] dans une configuration génération-collection. Une UME d'argent et d'or contrôlées indépendamment par un bipotentiohistat sont utilisées pour générer des flux de précurseurs nécessaires à la formation des NPs (Fig. 1b). Les NPs formées dans une couche de réaction entre les deux UMEs sont caractérisées operando par la méthode des impacts électrochimiques[4], permettant un suivi in situ des modes de croissance des NPs.

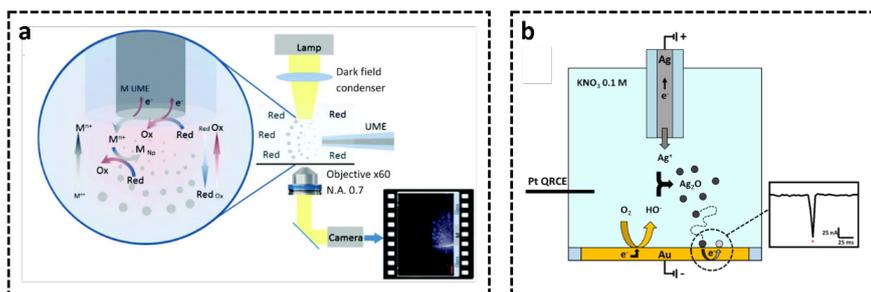
[1] M. T. Reetz et al, *J. Am. Chem. Soc.* 1994, 116, 7401–7402.

[2] J.-M. Noël, M. Miranda Vieira et al, *Nanoscale* 2020, 12, 3227–3235.

[3] M. Miranda Vieira et al, *Electrochem. commun.* 2021, 124, 106950.

[4] Y.-G. Zhou, N. V. Rees, R. G. Compton, *Angew. Chemie Int. Ed.* 2011, 50, 4219-4221

Fig. 1 Illustrations des deux stratégies développées pour le suivi operando de l'électrosynthèse de NPs. a) Montage opto-électrochimique. Reproduit de Ref [2] avec la permission de The Royal Society of Chemistry. b) Montage SECM en configuration génération-collection.



Mots-clefs : Electrosynthèse, nanoparticules, nanoélectrochimie, entité unique, opto-électrochimie

Participants



Chiara MORETTI

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Benjamin ABECASSIS

CNRS, Laboratoire de Chimie de l'ENS de Lyon, Lyon

Biographie

Education :

2019-2022 : Thèse en Chimie des matériaux au Laboratoire de Chimie de l'ENS de Lyon

2018-2019 : Master 2 en Sciences de la Matière à l'ENS de Lyon

2017-2018 : Master 1 en Sciences Chimiques à l'Université de Florence

2016-2017 : Erasmus+ à la Sorbonne Université

2014-2017 : Licence de Chimie à l'Université de Florence

Expériences :

2019-2022 : Activité complémentaire d'enseignement à l'ENS de Lyon

2019 : Stage de recherche M2 à l'ENS de Lyon sur l'auto-assemblage de nanoparticules

2017 : Stage de recherche L3 au Laboratoire Phenix à la Sorbonne Université sur les membranes d'oxyde d'aluminium nanoporeuses

Prix :

2018 : Bourse Ampère d'excellence pour les étudiants étrangers

Résumé des travaux de recherche

Mes recherches se focalisent sur la synthèse de nanoparticules (NPs) inorganiques en phase aqueuse et organique. Mon objectif est d'étudier leur auto-assemblages en super-réseaux périodiques ou en structures plus complexes, telles que les phases Frank et Kasper [1] et quasi-cristallines [2]. Les systèmes que j'étudie sont formés par auto-assemblage en deux dimensions de nanoparticules monodisperses de tailles et morphologies différentes (sphères, cubes, plaquettes) à l'interface air-liquide [3]. Je cherche à élucider les conditions pour obtenir des structures stables et contrôlées et à identifier le rôle des différents paramètres expérimentaux impliqués. En particulier, j'étudie le rôle des ligands organiques présents à la surface de NPs, du solvant dans lequel elles sont dispersées et les conditions d'évaporation dans la mise en forme des couches minces. Une autre question centrale à mon projet est de savoir si ces phases cristallines particulières peuvent être obtenues avec une seule population de NPs de tailles données ou si un mélange binaire avec deux tailles différentes est nécessaire. Ces procédés sont également menés à l'échelle tridimensionnelle par évaporation de gouttes d'émulsion [4]. Ces systèmes sont analysés par microscopie électronique à transmission (TEM) et diffusion des rayons X à petits angles (SAXS). Le but final de ce projet est donc de maîtriser la mise au point de ces structures et leurs propriétés pour concevoir de nouveaux nanomatériaux.

[1] S. Hajiw, B. Pansu, J.-F. Sadoc, ACS Nano, 2015, 9, 8116-8121.

[2] D. V. Talapin, E. V. Shevchenko, M. I. Bodnarchuk, X. Ye, J. Chen, C. B. Murray, Nature, 2009, 461, 964-967.

[3] A. Dong, J. Chen, P. M. Vora, J. M. Kikkawa, C. B. Murray, Nature, 2010, 466, 474-477.

[4] Yang, Y., Wang, B., Shen, X., Yao, L., Wang, L., Chen, X., Dong, A., Journal of the American Chemical Society, 2018, 140(44), 15038-15047.

Mots-clefs : Synthèse, nanoparticules, auto-assemblage, microscopie.

Participants



Veronica MULLER

Doctorante 3ème année

Thèse encadrée par Elizabeth DJURADO

CNRS, Laboratoire d'Electrochimie et de Physicochimie des Matériaux et des Interfaces, Grenoble

Biographie

Je m'appelle Verónica Müller, je suis en 3ème année de thèse à l'Université Grenoble Alpes sous la direction du Prof. E. Djurado dans le cadre d'une ANR et en collaboration avec l'INSA-Lyon, salariée du CNRS. Ma thèse s'intitule «Revêtements céramiques bioactifs hors équilibre par dépôt électrostatique». Nous visons à développer des revêtements nanostructurés biologiquement réactifs pour les implants.

J'ai obtenu à l'Université de Buenos Aires (Argentine) mon diplôme en Sciences Chimiques (2017) en moins de temps que ce qui est prévu dans le plan d'études et j'ai gagné le 1er prix «pour des études exceptionnelles en chimie» (2018) accordé par l'Association argentine de chimie. De plus, pendant mes études, j'ai obtenu plusieurs prix aux Olympiades de Chimie au niveau national et international (43 et 44ème IChO). Depuis ma formation de Master, je m'investis dans une formation reconnue dans le domaine des biocéramiques et des oxydes nanostructurés fonctionnels associés.

Résumé des travaux de recherche

Chaque année, plus de 200 000 prothèses orthopédiques et un grand nombre d'implants dentaires sont posés en France. Pour une efficacité optimale, ces implants doivent être bien intégrés dans l'os. Pour favoriser l'intégration, les implants dentaires reposent sur la modification de leur morphologie de surface, tandis qu'un revêtement de phosphate de calcium (comme l'hydroxyapatite, HAP) est souvent nécessaire. Habituellement, ces revêtements sont fabriqués par pulvérisation plasma. Même si ces revêtements sont utilisés sur les tiges et 'metal back' de prothèses de hanche, leur efficacité est sujette à controverse en raison de plusieurs inconvénients tels que l'épaisseur excessive, leur délamination possible conduisant à des inflammations et la nature surstabilisée des phases obtenues.

Dans le cadre de ce projet, nous avons développé une technique alternative et originale de revêtement d'hydroxyapatite cristallin et monophasé sur des substrats de titane de qualité biomédicale en utilisant la technique de dépôt par atomisation électrostatique (ESD) [1]. Cette approche est moins coûteuse et conduit à des revêtements plus efficaces (avec une adhérence plus élevée au substrat, une microstructure et une composition chimique contrôlées). Au cours de ma thèse, j'ai concentré mes efforts sur la compréhension du mécanisme de formation de HAP en utilisant la technique ESD à partir d'une solution de précurseurs à base de $(C_2H_5O)_3PO$ comme précurseur de P(V) et de $Ca(NO_3)_2$ comme précurseur de Ca(II), et aussi, la mise au point de la microstructure et de la cristallinité du revêtement [2].

Notre prochaine étape consiste à analyser des données biologiques approfondies sur ces films optimisés, visant à évaluer leur ostéoconductivité et leur réaction aux milieux biologiques. Par ailleurs, une étude comparative des propriétés d'ostéoconductivité des revêtements pulvérisés par plasma et par ESD est envisagée.

[1] Müller V., et al. (2021). Design of advanced one-step hydroxyapatite coatings for biomedical applications using the electrostatic spray deposition. Applied Surface Science, 541, 148462.

[2] Müller V., et al. (2021). One-step fabrication of hydroxyapatite coatings by electrostatic spray deposition: from microstructural to in vitro studies. Pour soumission.

Mots-clefs : Hydroxyapatite nanocristalline, dépôt par atomisation électrostatique, implants médicaux métalliques, conception de microstructures

Participants



Mouktar NOUR MAHAMOUD

Master 2ème année

Stage encadré par Fabienne GAUFFRE

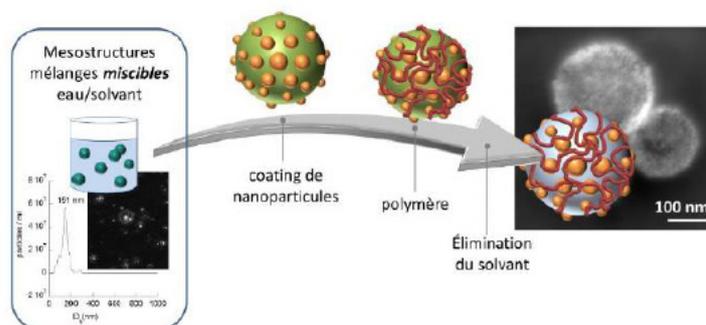
CNRS, Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Rennes

Biographie

Je suis actuellement en deuxième année de master à l'université du Mans et l'ISCR Rennes en stage de fin d'études. Je travaille sur la formulation des nanorésonateur plasmonique par voie émulsion OUZO. Je suis diplômé depuis 2018 de l'université de Djibouti en licence chimie. J'ai fait un M1 Chimie séparative matériaux et procédés à l'université de Montpellier. Côté professionnel, j'ai un stage de 4 mois à l'institut de physique nucléaire d'Orsay sur la complexation Th/Phosphate. Ensuite, un projet d'initiation à la recherche de 3 mois en alternance au Centre de Transfert Technologique du Mans. Ces expériences professionnelles m'ont conforté dans mon projet de devenir ingénieur chercheur. Enfin, sur le plan personnel, je suis un grand curieux et passionné de la recherche scientifique

Résumé des travaux de recherche

Mes travaux de recherches portent sur la synthèse de nanoparticules d'or pour élaboration nanorésonateur optique. En effet ces nanorésonateurs sont pressentis comme les composants élémentaires pour élaborer des métamatériaux, c'est-à-dire des matériaux ayant des propriétés optiques qui n'existent pas dans la nature. Ainsi, dans notre cas nous recherchons une action sur la composante magnétique de la lumière. En effet, notre équipe a mis au point une méthode d'élaboration de capsules de nanoparticules par une voie d'émulsification non-conventionnelle : l'effet Ouzo. Nous cherchons maintenant à utiliser cette technologie brevetée pour élaborer des nanorésonateurs optiques. Ce travail fait partie d'un projet ANR OUZOFAN en collaboration avec une équipe de Bordeaux (métamatériaux) et une équipe de Strasbourg (microfluidique). L'objectif de mon stage est de réaliser des diagrammes de phase d'émulsion Ouzo contenant des nanoparticules d'or, et de déterminer les différentes morphologies observées. Il s'agit de synthétiser les nanoparticules, construire les diagrammes de phase, caractériser les assemblages obtenus (microscopie électronique, diffusion de la lumière...).



Références :

- Sciortino, F. et al. Simple Engineering of Polymer-Nanoparticle Hybrid Nanocapsules. ChemNanoMat 2, 796–799 (2016)
- Goubault, C. et al. The Ouzo effect: A tool to elaborate high-payload nanocapsules. Journal of Controlled Release (2020) doi:10.1016/j.jconrel.2020.05.023
- Gomez-Graña, S. et al. Hierarchical self-assembly of a bulk metamaterial enables isotropic magnetic permeability at optical frequencies. Mater. Horiz. 3, 596–601 (2016)

Mots-clefs : Formulation, nanomatériaux, optique-plasmonique

Participants



Feras OYOUN

Doctorant 1ère année

Thèse encadrée par Yohann CORVIS

Université de Paris,

Unité de Technologies Chimiques et Biologiques pour la Santé, Paris

Biographie

Education:

2021 - 2024: Doctorat en Nanomédecine et R&D pharmaceutique - Université de Paris
2019 - 2020: Master 2 en Nanomédecine et R&D Pharmaceutique - Université d'Angers
2018 - 2019: Master 1 en Sciences du Médicament - Université Paris Sud
2017 - 2018: DU FLE (Français Langue Étrangère) - Université Paris 8
2016 - 2017: PHARM D en Pharmacie Clinique - Université Libanaise
2010 - 2016: Diplôme en pharmacie - Université Libanaise

Experience:

Janvier 2020 - Juillet 2020 : Stage à MINT | UMR INSERM 1066 - CNRS 6021 (Angers, France)
Mai 2019 - Juillet 2019 : Stage à l'INSERM 1195 (Paris, France)
Octobre 2016 - Mai 2017 : Pharmacien clinicien à l'hôpital Al-Zahraa (Beyrouth, Liban)
Juin 2016 - Août 2017 : Pharmacien à Pharma-Beirut Pharmacy (Beyrouth, Liban)

Résumé des travaux de recherche

Début mars 2021, j'ai commencé à travailler sur mon projet de doctorat qui porte sur la formulation et la caractérisation de nanocristaux pour le traitement du cancer sous la direction de Dr. Yohann CORVIS. Nous avons obtenu un financement du Collège de France pour réaliser ce projet et il se déroule au sein d'unité de technologies chimiques et biologiques pour la santé (UTCBS) de l'Université de Paris en collaboration avec une société belge (Materia Nova).

La thèse ayant pour but de « Formulation and biological evaluation of crystal nanoparticles stabilized by polymers by the microfluidic tool for cancer treatment » est un projet novateur en termes de développement de nouveaux nano-objets thérapeutiques intelligents permettant une délivrance ciblée d'anticancéreux stabilisés par les polymères spécifiquement synthétisés au sein de la société (Materia Nova). L'avantage de ces nano-cristaux stabilisés est de limiter la fréquence des administrations, de réduire les effets secondaires chez le patient, et ainsi améliorer le rapport bénéfice sur risque lié aux chimiothérapies.

Au cours du Master 2, je me suis familiarisé avec la recherche en thérapie génique à base de nanoparticules pour la régénération osseuse au laboratoire Translational Micro and Nanomedicines (MiNT) à Angers en collaboration avec le laboratoire de Médecine Régénérative et de recherche sur les Squelettes (RMeS) à Nantes. Durant ce stage, j'ai travaillé sur des nanoparticules fonctionnalisées chargées de miARN pour cibler les ostéoblastes. J'ai d'abord formulé des nanocapsules lipidiques puis j'ai encapsulé du miARN dans ces nanoparticules. Deuxièmement, j'ai caractérisé les nano-objets (taille, PDI, potentiel zêta, libération de miARN, stabilité, efficacité d'encapsulation, etc.) à l'aide de plusieurs techniques et machines tels que le DLS, le fluoromètre et l'électrophorèse sur gel. Troisièmement, j'ai synthétisé des peptides pénétrant dans les cellules en utilisant un synthétiseur de peptides en phase solide (SPPS) et j'ai utilisé deux méthodes (LC-MS et UPLC) afin d'identifier le peptide et de déterminer sa pureté. Finalement, j'ai greffé les peptides à la surface des LNC et les ai quantifiés.

Mots-clefs : Nanocristaux, formulation, fonctionnalisation, anticancéreux

Participants



Saïd PASHAYEV

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par François HENN & Adrien NOURY

Académie Nationale des Sciences d'Azerbaïdjan,
Laboratoire Charles Coulomb, Montpellier

Biographie

Je suis Saïd Pashayev, né le 28 mai 1995 dans le sud de l'Azerbaïdjan. J'ai toujours rêvé d'être chercheur et j'aime apprendre les sciences.

Education

En 2017 j'ai obtenu mon diplôme de Licence avec mention très bien de la faculté de Physique de l'Université d'Ingénierie de Bakou (Azerbaïdjan).

En 2019 j'ai obtenu mon diplôme de Master en Physique avec la meilleure note de l'Académie Nationale des Sciences d'Azerbaïdjan (ANAS). Pendant mon master, j'ai notamment étudié l'interaction nanoparticule-protéine par mesures de tension de surface, ainsi que les changements structuraux de protéines fibroïnes par FTIR.

En 2019, j'ai été sélectionné pour devenir doctorant en co-tutelle entre l'ANAS et l'Université de Montpellier.

Experiences

En 2017, j'ai enseigné les sciences à l'Ecole Anglaise d'Azerbaïdjan.

Durant mon master, j'ai fait un stage à l'Institut de Biophysique de l'ANAS.

En 2019, j'ai également travaillé pendant 6 mois au Centre de Recherche des Hautes Technologies (Ministère des Communications et des Technologies de l'Information) de la République d'Azerbaïdjan.

Résumé des travaux de recherche

L'eau étant le solvant primordial de la vie, elle est essentielle aux organismes vivants et aux sociétés humaines. Dans une situation de confinement extrême, l'eau peut toujours s'insérer dans des canaux étroits, mais au prix d'une modification de sa structure. De nombreux travaux théoriques, et seulement quelques travaux expérimentaux, ont montré que l'eau confinée dans des pores de très petit diamètre présente un comportement de phase et une structure inhabituels, par rapport à l'eau «macroscopique». Il a été observé que l'eau confinée dans les nanotubes de carbone à paroi simple (SWCNT) dont le diamètre est inférieur à 1,4 nm se comporte comme de la glace avec une structure allant d'une chaîne d'eau simple à une structure pentagonale ou hexagonale en fonction du diamètre du SWCNT.

Dans ce contexte, nous apportons une approche expérimentale pour sonder la structure de l'eau sous confinement et le diagramme de phase avec un intérêt particulier pour le régime spécifique de l'écoulement non-continu.

Grâce à leur rigidité, leur surface lisse hydrophobe et leur rapport d'aspect élevé, les SWCNT constituent la meilleure matrice pour comprendre le confinement de l'eau. Le transport et le confinement de l'eau à l'intérieur de canaux hydrophobes à l'échelle moléculaire sont également importants en raison de la similitude de ce système avec les pores protéiniques transmembranaires tels que les aquaporines. Enfin, du fait de leur extrême sensibilité en masse, de l'ordre du proton unique, les SWCNT suspendus peuvent servir non seulement de matrice mais aussi de sonde pour étudier l'eau confinée en leur sein.

Mots-clefs : eau confinée, nanotube de carbone monoparoi, nanorésonateur

Participants



Yuzhou PU

Doctorant 1ère année

Thèse encadrée par Thomas PONS

ESPCI Paris, Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux, Paris

Biographie

Formation

2020 - présent: ESPCI Paris: Thèse de doctorat en Matériau

Sujet de la thèse: Synthèse et fonctionnalisation de nanoparticules hybrides plasmon-semiconducteur pour la photothérapie du cancer

2019 - 2020: Université PSL: Master de Chimie de Paris Centre (M2): Parcours: Matériau

2016 - 2019: ESPCI Paris: Diplôme d'ingénieur (Physico-chimie)

2013 - 2016: ECUST Chine: Licence: chimie

Expériences Professionnelles

02/2020 ESPCI Paris, Laboratoire de Physique et d'Études des Matériaux (stage de recherche, 6 mois)

Sujet: Fonctionnalisation de nano-bâtonnets d'or pour le traitement des tumeurs par photothérapie

05/2019 ESPCI Paris - ENS Paris, Institut des Matériaux Poreux de Paris (stage de recherche, 3 mois)

Sujet: Synthèse et caractérisation de membranes sélective à matrice mixte pour batteries de Li - S

07/2018 Saint-Gobain Recherche Paris (stage industriel, 6 mois)

Développement de résines therm durcissables alternatives à haute valeur ajoutée

Résumé des travaux de recherche

L'objectif de ma thèse est de synthétiser et de fonctionnaliser des métal-semiconducteur nanoparticules pour le traitement photothérapie contre le cancer. En première année, j'ai synthétisé des nanobâtonnets d'or qui sont des nanoparticules inorganiques prometteuses pour la thérapie photothermique grâce à sa propriété unique, la résonance plasmonique en surface. Pour encore améliorer son efficacité, j'ai décoré les nanobâtonnets d'or avec des matériaux semiconducteurs, qui peuvent recueillir des électrons chauds surfaciques à partir des nanobâtonnets d'or excités par la lumière. Donc, sous irradiation de lumière infrarouge, des nanoparticules d'or-semiconducteur peuvent générer à la fois de la chaleur et des espèces réactives d'oxygène pour tuer les cellules tumorales. Les caractérisations physico-chimiques ont été réalisées après la synthèse, ainsi la quantification pour des espèces réactives d'oxygènes générées. Pour les étapes suivantes, je prévois d'optimiser la performance de nanoparticule sous irradiation, ses propriétés physico-chimiques, les conditions d'irradiation, etc. seront étudiés.

A part de la recherche sur des nanoparticules, j'ai aussi travaillé sur la fonctionnalisation surfacique de nanoparticule pour diminuer ou éviter la réponse immunitaire indésirable induit par nanoparticule. Avec la méthode de polymérisation RAFT, j'ai synthétisé des polymères zwitterioniques qui ont été déjà bien développé dans mon laboratoire. J'ai couplé des polymères avec des nanoparticules et j'ai commencé à étudier la stabilité de nanoparticules dans le milieu physiologique (in vitro) et sa performance pharmacocinétique chez souris (in vivo). Donc les interactions entre les particules inorganiques et le système immunitaire, la formation de couronne protéine autour de nanoparticules et la distribution de nanoparticule dans les organes différents seront prochainement étudiés.

En conclusion, mes travaux de recherche sont interdisciplinaires qui contiennent la physique, la chimie et la biologie de la science des nanomatériaux.

Mots-clefs : nanoparticule plasmon-semiconductrice, thérapie photothermique et photodynamique, fonctionnalisation en surface, études pharmacocinétiques

Participants



Rashmi RAMESH

Doctorante 3ème année

Thèse encadrée par nicolas TAULIER

Sorbonne Université, Laboratoire d'Imagerie Biomédicale, Paris

Biographie

I am a PhD student at Sorbonne Uni. where I work on developing a microfluidic tumor-on-chip platform for acoustic drug delivery from nano droplets. I did my Master's (with honors) in ESIEE Paris and bachelors (distinction) at Anna University, India . I have a sound knowledge of techniques such as Microfluidics droplet tech, Organ on Chip, Fabrication of MEMS Sensors & Chips, Therapeutic Ultrasound, Computational Fluid dynamics, Electron devices, Fiber Optics & Analog Electronics. My master's thesis on estimating the effect of surfactants on microfluidic droplet generation and development of a droplet generation mechanism for single cell analysis & sorting was done at Institute Curie under Dr. Stephanie Descroix. I was part of the Erasmus exchange program at the University of Bologna. I was involved in a project at CERN on anomalous coupling of Higgs boson collision and have worked on diverse projects in the electrical domain some of which highlights the analysis of mechanical systems.

Résumé des travaux de recherche

La réponse hétérogène et la résistance des cellules cancéreuses aux médicaments représentent un défi important pour des traitements efficaces contre le cancer. L'efficacité des thérapies conventionnelles est souvent limitée par une distribution cellulaire/tissulaire non spécifique des médicaments, leur métabolisation rapide et leur excrétion par le corps. Les gouttes nanométrique (NGs) enfermant un principe actif peuvent améliorer l'indice thérapeutique de la molécule transportée en offrant une protection contre sa dégradation, et en augmentant sa biodisponibilité. Cependant, une évaluation préclinique appropriée du potentiel des NGs souffre du manque des modèles représentatifs des cancers humains. Des tests de viabilité, effectués sur les cultures cellulaires bidimensionnelles des cancers humains, ne fournissent pas une compréhension physiologiquement pertinente de la réponse cellulaire. Bien que les modèles animaux à petite échelle soient utilisés, ils ne fournissent qu'une évaluation du traitement sans aperçus temporels détaillés du comportement des cellules tumorales tout au long du traitement. De plus, l'utilisation intensive des animaux aux premiers stades de la validation reste moralement discutable même si leur utilisation ultérieure reste essentielle. Une autre solution, plus éthique, est à utiliser des agrégats auto-assemblés de cellules cancéreuses de complexité intermédiaire entre une culture 2D et des tumeurs in vivo avec lesquelles ces sphéroïdes partagent des similitudes importantes. Par rapport à des cultures 2D simplistes les sphéroïdes sont actuellement considérés comme un modèle approprié pour permettre in vitro une sélection plus appropriée de NGs pour la délivrance de médicaments. Toutefois la plupart de ces modèles, en raison de l'absence de dynamique des fluides, miment seulement des conditions statiques. Mon projet propose de développer une plate-forme microfluidique, où l'on incorporera dans un canal microfluidique des sphéroïdes tumoraux. Cette plateforme permettra une analyse en temps réel de l'accumulation NGs dans les conditions d'écoulement physiologiques. Son but est d'évaluer l'efficacité des molécules anti-cancéreuses encapsulées dans les nanogouttes et dont la libération, au niveau de la tumeur, sera déclenchée par ultrasons.

Mots-clefs : nanodroplet drug delivery, Therapeutic Ultrasound, Nanomedicine, Microfluidics, Tumour on chip.

Participants



Florent RODRIGUEZ

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Eléna ISHOW & Jean-Luc DUVAIL

Université de Nantes,

Chimie Et Interdisciplinarité, Synthèse, Analyse, Modélisation, Nantes

Biographie

Mes études universitaires se sont déroulées à l'université Paris Diderot pour y effectuer une licence de chimie. En dernière année de licence, j'ai eu la chance d'effectuer un stage à l'Université de Vigo en Espagne dans l'équipe du Pr. Pablo Hervés-Beloso sur la synthèse et l'étude des propriétés optiques de nanoparticules d'or différant par leur taille et leur forme. J'ai choisi de poursuivre mes études à l'université Paris Diderot au travers d'un master Chimie, en spécialité Chimie Energie et Nanosciences (ChENS) disponible en deuxième année. Ces deux années m'ont permis d'effectuer deux autres stages, le premier à l'université de Liverpool dans l'équipe du Pr. Raphael Levy sur l'ajout de peptides fluorescents sur des nanoparticules d'or pour l'imagerie biologique, et le second dans l'équipe du Pr. Claire Mangeney sur l'analyse de liquide synovial par spectroscopie Raman. Suite à ce master, j'ai pu rejoindre les équipes des Pr. Eléna Ishow et Pr. Jean-Luc Duvail pour y effectuer une thèse sur la fabrication de nanoarchitectures magnétiques photocommutables.

Résumé des travaux de recherche

Le stockage d'information impliquant des nanostructures a toujours suscité un grand intérêt. Dorénavant, la création de systèmes facile à mettre en oeuvre est très recherchée et peut être améliorée grâce à des phénomènes optiques réversibles. Mes travaux de recherches consistent à déplacer et organiser des nanoparticules magnétiques grâce à la migration photoinduite de composés photochromes jouant le rôle de matrice pour les nanoparticules [1] et à l'application d'un champ magnétique externe. Ces travaux se déroulent en plusieurs étapes, en commençant par la synthèse de photochromes azoïques dotés de groupes encombrants permettant le photochromisme à l'état solide[2] Parallèlement, des nanoparticules magnétiques hydrophobes de magnétite sont synthétisées par décomposition thermique d'un précurseur d'hydroxyde de fer, puis ajoutées à la matrice azoïque. Enfin, l'organisation des nanoparticules est fondée sur une méthode d'inscription holographique impliquant une illumination interférencielle. Sous irradiation lumineuse structurée, les molécules azoïques subissent un transport de matière provoqué par des réactions de photoisomérisation E-Z de façon continue, ce qui aboutit à des réseaux de surface de manière réversible et contrôlée en hauteur (Figure 1A). Les nanoparticules présentes dans la matrice azoïque sont alors entraînées par son déplacement. Afin de créer un contraste magnétique significatif, un champ magnétique est appliqué, apportant ainsi une force motrice supplémentaire pour mieux contrôler le déplacement des nanoparticules lors de l'écriture ou l'effacement des réseaux de surfaces. Des motifs magnétiques sont alors obtenus grâce à ces processus de déplacement contrôlés (Figure 1B et 1C).

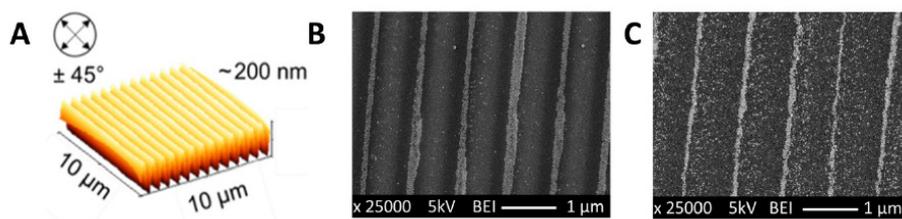


Fig. 1 A. Image AFM d'un réseau de surface à partir d'un film mince composé de molécules azoïques (polarisation $+45^\circ/-45^\circ$, $\lambda_{exc} = 488 \text{ nm}$, $P_{irr} = 80 \text{ mW/cm}^2$ par faisceau). Image MEB de l'organisation des nanoparticules d'oxyde de fer avec l'application d'un champ magnétique B. Après écriture du réseau de surface C. Après effacement du réseau de surface.

1. Oscurato, S.L; Salvatore, M; Maddalena, P; Ambrosio, A, Nanophotonics. 2018, 7, 1387-1422 2. Snell, K-E; Stephant, N; Pansu, R.B; Audibert, J-F;

Mots-clefs : Nanoparticles, magnetism, photochromism, holographic grating, photomodulation

Participants



Ludwig ROTSEN

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Raluca TIRON & Gaëtan BELLOT

CEA, CEA - LETI, Centre de Biochimie Structurale de Montpellier
Montpellier

Biographie

Récemment diplômé de l'école d'Ingénieur Polytech' Montpellier en Sciences des Matériaux (2016-2019), Ludwig ROTSEN a pu réaliser différentes études sur la caractérisation de matériaux dans le domaine de l'énergie : la première portant sur le développement de matériaux à base de Graphène et de MXene pour le stockage de l'énergie électrique (Mai 2019 - Juillet 2019, Université Chulalongkorn de Thaïlande) et la seconde portant sur l'étude de la cinétique d'oxydation du ruthénium dans les verres nucléaires (Mars 2019-Août 2019, CEA de Marcoule). Ludwig ROTSEN est actuellement un doctorant du CEA-LETI de Grenoble et du CBS de Montpellier depuis Novembre 2019. Ses recherches portent sur la réalisation de nanostructures d'ADN complexes, leur auto-assemblage sur des surfaces de SiO₂ et leur intégration dans le silicium. Cette étude se situe ainsi à la frontière entre la nanostructuration de surfaces et les nanotechnologies de l'ADN.

Résumé des travaux de recherche

Il est aujourd'hui possible, grâce à l'évolution des nanotechnologies de l'ADN de fabriquer des structures 3D plus ou moins complexes de dimensions nanométriques [1]. Ainsi, un très fort intérêt s'est porté sur l'utilisation de ces structures dans des domaines de différentes spécialités telles que la biophysique, les sciences des matériaux, la nanomédecine et la microélectronique [2]. Les travaux de recherche de la première année de thèse ont consisté à mettre au point la synthèse et la caractérisation de microfilaments à base d'ADN formés par appariement de base (interaction forte irréversible) (Figure 1, haut). Une deuxième nanostructure a été mise en place afin d'être utilisée en lithographie dans le but de réaliser des réseaux 2D dans des substrats de silicium, toujours à l'aide de structures monomère en ADN (Figure 1, bas). La méthode de polymérisation utilisée ici est basée sur le principe de reconnaissance entre la RNase P et l'ARNt [3]. Contrairement au cas précédent, les assemblages peuvent être dissociés en diminuant la force ionique de la solution ou en augmentant la température du milieu réactionnel [3]. L'objectif final étant de transférer les motifs d'ADN dans des substrats [4], il sera intéressant de considérer la méthode d'auto-assemblage assisté par substrat [5].

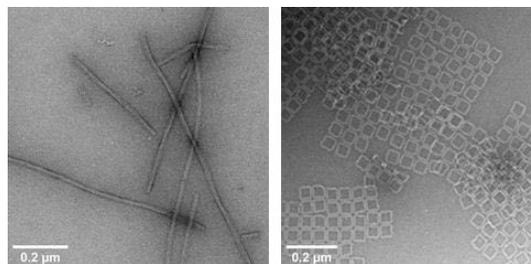


Figure 1 : Images de microscopie électronique à transmission des microfilaments (gauche) et des réseaux 2D (droite) formés à partir d'origami d'ADN.

[1] Rothemund P.W.K., Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns, Nature, 2006, 440(7082), p. 297.

[2] Ramakrishnan S., Ijäs H., Linko V., Keller A., Structural stability of DNA origami nanostructures under application specific conditions, Computational and structural biotechnology journal, 2018, 16, p. 342.

[3] Douglas S.M., Dietz H., Liedl T., Högberg B., Graf F., Shih W.M., Self-assembly of DNA into nanoscale three-dimensional shapes, Nature, 2009, 459(7245), p. 414.

[4] Guillaume Thomas, Cheikh Tidiane Diagne, Xavier Baillin, Thierry Chevolleau, Thomas Charvolin, Raluca Tiron, DNA Origami for Silicon Patterning, 2020.

[5] Xuping Sun, Seung Hyeon Ko, Chuan Zhang, Alexander E. Ribbe, Chengde Mao, Surface-mediated DNA self-assembly, 2009, 131.

Mots-clefs : Origami d'ADN, Nanotechnologie de l'ADN, Auto-assemblage, Auto-assemblage assisté par substrat, Lithographie

Participants



Célia SAHLI

Doctorante 1ère année

Thèse encadrée par Miryana HEMADI

Université de Paris,

Interfaces Traitements Organisation et DYnamique des Systèmes, Paris

Biographie

2015 - 2018 Licence de Chimie - Université Paris Diderot. Options : Spectroscopie avancée, Chimie Organique, Nanobiotechnologies et Chimie Organique à l'interface avec la biologie. Stage de synthèse organique au laboratoire BioCIS – Université Paris Sud (2 mois)

2018 - 2020 Master Frontiers in Chemistry - Université de Paris. Parcours Physico-chimie appliquée aux sciences de la vie. Options : Green Chemistry, Advanced Computational Project, Chimie Click et Chimie Théorique/Spectroscopie. Stage M1 à l'interface chimie/biologie sur la synthèse organique de molécules aux propriétés antibactériennes et antibiofilm contre MRSA - Université de Montréal (4 mois). Stage M2 de synthèse de nanoparticules de bismuth pour des applications théranostiques - CNAM laboratoire de Chimie Moléculaire (6 mois).

2020 - 2023 Doctorat à l'interface Physique-Chimie-Biologie – Université de Paris
Ingénierie de nanomatériaux hybrides multifonctionnels et multi-stimulables pour l'éradication de biofilms bactériens – Laboratoire ITODYS. Directrice de thèse : Miryana Hémadi.

Résumé des travaux de recherche

L'objectif de cette thèse est d'élaborer un actionneur à base de nouveaux nanomatériaux multifonctionnels hybrides pour l'éradication de biofilms bactériens. Il s'agit de concevoir par la technique « couche par couche » des assemblages hybrides à partir des briques élémentaires, à savoir des perles d'alginate, des Carbon Dots (CDs) et des particules d'oxyde de fer. Les perles d'alginate seront chargées en CDs puis greffées à la surface des particules d'oxyde de fer via différents types d'interactions (électrostatiques et covalentes). Par la suite, des bras thermolabiles viendront modifier la surface de ces perles alginate-CDs pour permettre la mobilisation d'une molécule active contre une souche bactérienne. Les particules d'oxyde de fer joueront le rôle d'actionneur sous l'effet d'un champ magnétique. L'irradiation laser en interaction avec les CDs et les particules provoquera une augmentation locale de la température nécessaire pour éliminer les bactéries et permettra également la libération des molécules actives.

Mots-clefs : Nanoparticules d'oxyde de fer, carbon dots, biofilms, magnétisme, laser

Participants



Florent SAUDRAIS

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Serge PIN & Yves BOULARD

Convention d'entreprise CEA, Laboratoire Interdisciplinaire sur l'Organisation Nanométrique et Supramoléculaire, Saclay

Biographie

Formations :

Octobre 2019-présent – Thèse au CEA (Interactions des protéines avec les micro et nanoplastiques)

2018-2019 – Master Chimie Analytique, Physique et Théorique, Sorbonne Université

2017-2018 – Première année de master de chimie, ENS Paris-Saclay.

2016-2017 – Licence de chimie, ENS Paris-Saclay.

2015-2016 – Licence de physique, ENS Paris-Saclay.

2015 – Admission à l'ENS Paris-Saclay sur premier concours en tant qu'élève normalien, classé 128ème.

Expériences professionnelles :

STAGE AU LABORATOIRE DE CHIMIE PHYSIQUE – MATIERE ET RAYONNEMENT AVEC JJ GALLET, PARIS, février-juillet 2019

STAGE A NARA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY AVEC M. NAKAMURA, NARA, JAPON, avril-août 2018

STAGE AU PHOTOPHYSIQUE ET PHOTOCHIMIE SUPRAMOLECULAIRES ET MACROMOLECULAIRES AVEC N. BOGLIOTTI, CACHAN, juin-juillet 2017

STAGE AU LABORATOIRE DE PHOTONIQUE QUANTIQUE ET MOLECULAIRE AVEC NGOC DIEP LAI, CACHAN, mai-juin 2016

Résumé des travaux de recherche

D'importantes quantités de micro et nanoparticules de plastique (micro et nanoplastiques, ou MNP, taille $< 20\mu\text{m}$) se trouvent actuellement dans les océans, qu'il s'agisse de MNP rejetés directement sous cette forme dans la nature (produits cosmétiques) ou de plastiques classiques qui se sont décomposés au cours du temps, où ils rejoignent la chaîne alimentaire en étant ingérés par des organismes marins. En milieu biologique, les protéines interagissent avec les MNP, formant une «corona» dont la composition et les propriétés sont pour le moment peu connues (Nel, Mädler et Velegol 2009) (Monopoli, Walczyk et Cam 2011).

Ma thèse porte donc sur les interactions entre MNP et protéines, en travaillant sur 3 protéines modèles : l'hémoglobine porcine, l'albumine du sérum bovin, et l'alpha-synucléine (M. Schvartz travaillant sur les interactions MNP/extraits protéiques). L'objectif de ce travail est de déterminer les mécanismes d'interactions des MNP avec ces protéines et de caractériser les modifications protéiques qui en résultent en terme de structure, fonction et dynamique.

Pour cela j'introduis des MNP dans des solutions protéiques pendant une durée calibrée de mise en contact puis, après avoir extrait les plastiques, j'utilise des techniques spectroscopique (dont le dichroïsme circulaire sur DISCO à SOLEIL) pour déterminer les quantités de protéines perdues et les éventuels changements structuraux protéiques. Concernant la fonction j'ai travaillé, par tonométrie, sur les courbes d'oxygénation de l'hémoglobine. Afin d'avoir une meilleure compréhension des interactions fondamentales ayant lieux je réalise aussi des simulations de dynamique moléculaire impliquant un unique nanoplastique avec un peptide ou une protéine unique.

Des expériences sont réalisées dans des circuits fermés dans lesquels les solutions protéiques passent par des filtres en plastique afin de suivre l'évolution des protéines.

Par ailleurs, nous travaillons sur des particules de plastique vieilles dans de l'eau de mer artificielle afin d'étudier l'influence du vieillissement des plastiques sur leurs interactions avec les protéines.

Mots-clefs : Nanoplastiques, protéines, corona, adsorption.

Participants



Marion SCHVARTZ

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Jean-Philippe RENAULT et Guillaume BROTONS

Université du Mans, Laboratoire Interdisciplinaire sur l'Organisation Nanométrique et Supramoléculaire, Saclay

Biographie

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

2020-2023 : Doctorat en chimie physique (CEA/Université du Mans). Sujet : Interactions des protéines avec des micro et nanoplastiques et effets sur leur devenir en milieu biologique. Techniques : Synchrotron SOLEIL : SAXS (SWING) et microscopie UV (DISCO), DLS, protéomique, spectroscopie, tensiométrie.

2017-2019 : Apprentissage en physico-chimie (L'Oréal). Sujet : Caractérisation de dispersions pigmentaires de l'échelle microscopique à macroscopique - liens entre paramètres physico-chimiques et propriétés sensorielles. Techniques : rhéologie, tensiométrie, zétamétrie, microscopie.

2018 : Stage en formulation (BASF). Sujet : Développement de peintures pour voiture. Techniques : rhéologie, spectroscopie.

2016 : Stage en laboratoire de physique (UMET - université de Lille). Sujet : Réalisation de diagrammes d'états principe actif/polymère. Techniques : DSC, TGA, DRX

FORMATIONS

2019 : Master Génie des Produits Formulés (UTC)

2016-2019 : Ingénieur chimiste (ESCOM)

Résumé des travaux de recherche

Par leur taille, les micro et nanoparticules de plastique (ici regroupés sous le sigle MNP < 20µm), largement présentes en environnement biologique, posent des questions environnementales et sanitaires. En milieu biologique, les MNP sont rapidement recouvertes de protéines, créant une couronne protéique appelée « corona » (Nel et al. 2009) (Monopoli et al. 2011). Les objectifs de mon travail de thèse sont les suivants :

- L'identification et la compréhension des interactions entre des MNP et des protéines
- La caractérisation des propriétés physico-chimiques des systèmes particule/corona, afin de mieux comprendre le comportement de ces systèmes en milieu biologique.

Le choix du système protéique s'est porté sur un extrait total de protéines issues de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, à la différence de F. Saudrais qui étudie des protéines modèles. Cet extrait, contenant environ 5800 protéines, a été largement étudié au laboratoire et constitue un système de référence (Mathé et al. 2013) (Klein et al. 2016).

Deux types de MNP ont été choisies et caractérisées : du polyéthylène et du polypropylène. Nous avons déterminé leur surface spécifique en SAXS et leur diamètre moyen en microscopie. Une première étude a démontré un impact très important des conditions de mélange sur le comportement des protéines en solution (en l'absence de MNP). Parmi les paramètres étudiés, la vitesse, le temps d'agitation, le volume de solution ainsi que le matériau constituant le tube se sont révélés déterminants. Un suivi de la concentration (par mesure d'absorbance dans l'UV) et de l'agrégation (par mesure de DLS) ont été réalisés. Ces informations nous ont permis de définir des conditions optimales pour des mises en contact MNP/protéines. Dans ces échantillons, il existe deux phases distinctes : l'une contenant les MNP et leur couronne protéique ; l'autre contenant les protéines restant en solution donc non adsorbées. Cette seconde phase est analysée, et par comparaison avec l'extrait brut, il est possible d'obtenir des informations sur les protéines adsorbées aux particules. Cette analyse « en négatif » a été appliquée pour déterminer les quantités de protéines adsorbées ainsi qu'en protéomique pour déterminer leur nature. Cette analyse protéomique nous permet d'identifier les déterminants physico-chimiques et structuraux régissant les interactions.

Mots-clefs : micro et nanoparticules de plastique, protéines, adsorption, grands instruments

Participants



Yasmine SEBTI

Doctorante 3ème année

Thèse encadrée par Laurence MOTTE

Université Sorbonne Paris Nord,

Laboratoire Vasculaire Translationnelle en Sciences, Bobigny

Biographie

Je suis Yasmine SEBTI, physicienne de formation. J'ai découvert le monde des nanoparticules lors de mon stage de master 2 sous la direction du Dr. Sicard-Roselli au Laboratoire de Chimie Physique à l'Université d'Orsay. Ce stage a porté sur l'élaboration et la comparaison de nanoparticules radiosensibilisantes. Mes travaux, à l'interface de la physique, de la chimie et de la biologie, consistaient dans un premier temps à synthétiser et caractériser des nanoparticules d'or de diamètres contrôlés avec et sans fonctionnalisation en vue d'améliorer les traitements par radiothérapie. Pour cela, j'ai été formée à différentes techniques d'analyses telles que la microscopie électronique à transmission, la diffusion de la lumière, les spectroscopies électroniques et vibrationnelles appliquées aux nanoparticules. Dans un second temps, j'ai été en charge d'étudier leur interaction avec des cellules cancéreuses ainsi que leur capacité à induire une mort cellulaire suite à une irradiation.

Résumé des travaux de recherche

Actuellement, je suis doctorante en troisième année de thèse au Laboratoire de Recherche Vasculaire Translationnelle (LVTS), UMRS1148, sous la direction du Pr. Laurence Motte et du Dr. Yoann Lalatonne, à l'Université Sorbonne Paris Nord. Mon sujet de recherche porte sur l'élaboration de nanoparticule d'oxydes d'hafnium, en tant qu'agent de contraste pour l'imagerie par rayons X et en particulier pour la détection de l'athérombose, processus physiopathologique initié dès l'enfance et qui est responsable de 30% de décès dans le monde. Le diagnostic de cette pathologie, se fait au moyen de plusieurs techniques d'imagerie clinique. Celle qui nous intéresse dans ce projet est l'imagerie par rayons X, qui présente une bonne résolution spatiale, et permet un examen rapide et accessible. Les agents de contraste pour l'imagerie X sont à l'heure actuelle à base d'iode et présentent un temps de circulation faible dans le corps, une biodistribution non spécifique, ce qui nécessite des injections multiples. Le développement des scanners à multi-énergies, qui exploitent l'imagerie spectrale et permettant de différencier un ou plusieurs agents de contraste à haut nombre atomique tout en diminuant la dose, incite à l'utilisation de nouveaux agents de contraste notamment à base de nanoparticules inorganiques. En effet, les matériaux possédant un nombre atomique Z élevé et une densité supérieure à celle de l'iode, présentent une meilleure atténuation des rayons X.

A ce titre, les nanoparticules d'oxyde d'hafnium (HfO₂) seraient une alternative aux agents de contraste conventionnels pour l'imagerie X. En effet, en raison de leur bonne atténuation des rayons X, les nanoparticules HfO₂ sont déjà utilisées en clinique comme agent radiosensibilisant dans la radiothérapie, ce qui ouvre une autre voie pour développer des nanoparticules HfO₂ théranostiques alliant l'imagerie X et la radiothérapie. C'est dans ce contexte que la synthèse des nanoparticules HfO₂ a été optimisée en utilisant la voie sol-gel associée à un chauffage sous micro-onde. Des nanoparticules de taille contrôlée et variable ont pu être obtenues. Ces nanoparticules ont été par la suite fonctionnalisées et caractérisées par différentes techniques physico-chimiques

Mots-clefs : Nanoparticules, diagnostic, imagerie X, athérombose

Participants



Fatma SPIRIDIGLIOZZI

Doctorante 2ème année

Thèse encadrée par Jean-Philippe PASSARELLO & Mounir BEN AMAR

Paris XIII Institut Galilée,

Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux, Villetaneuse

Biographie

Je m'appelle Fatma Ben Baha, j'ai 27ans. En 2015, j'ai obtenu ma licence en génie des procédés à l'Université de Bejaia (Algérie), puis de 2016 à 2019, j'ai obtenu deux masters à l'Université Sorbonne Paris Nord (France). Le premier en Génie des Procédés Innovant et de Développement Durable et le second en Matériaux de Structure. Maintenant, je suis en deuxième année de doctorat, intitulée étude expérimentale et modélisation hydro-thermodynamique d'un réacteur poly-phasique avec cavitation pour la synthèse de nanoparticules, à l'Université Sorbonne Paris Nord dans le Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM).

Résumé des travaux de recherche

Le mélange est une étape critique dans la plupart des processus de génie chimique et réduire le mélange à l'échelle moléculaire est encore plus important dans le cas des réacteurs pour la fabrication de nanomatériaux. Par conséquent, notre réacteur - mélangeur T exocentrique- a été utilisé avec succès dans le passé pour la synthèse de nanoparticules par voie sol-gel telles que : TiO_2 (Azouani et al., J. Phys.Chem, (2007)) et de ZrO_2 (Labidi et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 17 (2015)). Dans un travail antérieur de notre équipe (Oualah et al., Chem Eng Trans, vol 73, 67 (2019)), il a été démontré qu'en grands nombres Reynold ($Re > 8000$) le phénomène de cavitation apparaît dans les réacteurs T-mixer. Ce phénomène peut affecter considérablement les propriétés des nanoparticules obtenues. Dans ce travail de Oualha et al, la taille apparente (plus précisément les diamètres hydrodynamiques) des bulles de vapeur dues à la cavitation, a été mesuré in situ dans le réacteur à l'aide de méthodes SLS (Static Light Scattering) et DLS (Dynamic Light Scattering), sauf que ce rayon apparent est différent du rayon réel. Déterminer la relation entre le rayon apparent et le réel est un de nos objectif, pour ce faire de nouvelles mesures DLS utilisant des particules de tailles calibrées sont réalisées pour nous aider à interpréter et commenter les résultats précédents sur la distribution de la taille des bulles. Récemment nous avons aussi étudié numériquement l'influence de la géométrie du réacteur, et nous avons montré qu'une géométrie incluant un dôme au dessus du point de rencontre des précurseurs modifiait grandement les paramètres d'écoulement (vitesse et pression).

Mots-clefs : synthèse, nanoparticules, cavitation, caractérisation

Participants



Hugo SPIRIDIGLIOZZI

Doctorant 3ème année

Thèse encadrée par Frédéric SCHOENSTEIN

Paris XIII Institut Galilée,

Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux, Villetaneuse

Biographie

J'ai effectué mes études supérieures à l'Université Paris 13, Institut Galilée, où j'ai obtenu une licence en physique-chimie avec mention très bien, puis un master en Génie des Procédés Innovants et de Développement Durable avec mention bien. J'ai par la suite intégré le LSPM (Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux, Université Sorbonne Paris Nord) pour effectuer mon doctorat portant sur la synthèse de nanoparticules de spinelles $MgAl_2O_4$ et leur densification par Spark Plasma Sintering, pour le développement de céramiques transparentes et nanostructurées (application dans les environnements extrêmes tel que le domaine nucléaire).

Résumé des travaux de recherche

Mes travaux de recherches portent sur le développement de céramiques transparentes et nanostructurées de composition $MgAl_2O_4$. Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté une approche bottom-up, en partant de la synthèse de nos nanoparticules (tout en les comparant à des poudres commerciales en parallèle), puis en procédant à leur densification, principalement par le procédé Spark Plasma Sintering (SPS), pour enfin appliquer des traitements post-densification pour optimiser les propriétés optiques et microstructurales.

Pour la partie synthèse, nous avons développé deux méthodes que nous avons comparées. La première est la synthèse en milieu polyol, qui nous permet d'obtenir après un traitement thermique des particules de spinelle monophasée, avec une taille de cristallites de moins de 10nm. La seconde méthode utilisée se fait en deux étapes : tout d'abord l'oxydation catalysée d'une plaque d'aluminium très pure, pour obtenir un monolithe d'alumine amorphe ultra-poreux, puis l'imprégnation de cette alumine par une solution contenant des ions Mg^{2+} de manière stoechiométrique, pour obtenir la phase spinelle après un traitement thermique par diffusion solide. Cette méthode permet également d'obtenir des particules de l'ordre de la dizaine de nanomètres.

Pour le frittage SPS, une étude paramétrique a été réalisée, pour déterminer les conditions optimales afin de conserver une taille de grains la plus petite possible, tout en atteignant une densité totale (nécessaire pour la transparence). Il a été trouvé qu'en augmentant la pression appliquée lors du frittage, il était possible de diminuer la température de frittage, et par conséquent limiter la croissance granulaire.

L'étape de traitement post-densification concerne des traitements thermiques optimisée, pour relacher les contraintes et réoxygéner le matériau (lacunes en oxygène provoquant une coloration noire) sans conduire à de la recristallisation ou de la croissance de grains supplémentaires.

Mots-clefs : synthèse, nanoparticules, frittage, caractérisation

Participants



Marion STALET

Doctorante 1ère année

Thèse encadrée par Yoann ROUPIOZ & Michael CANVA

CNRS, Systèmes Moléculaires et nanoMatériaux pour l'Énergie et la Santé, Grenoble

Biographie

Après un Baccalauréat Scientifique ainsi que deux ans de Classes Préparatoires Physique Chimie, j'ai intégré l'école d'ingénieur Grenoble INP Phelma. Intéressée depuis toujours par les biotechnologies, j'ai intégré en deuxième année une filière Biomedical Engineering, spécialité Nanobiologie et dispositifs médicaux. Durant mon stage de M1, j'ai pu travailler en tant qu'assistante Ingénieur dans la start-up Ceramisphere, spécialisée dans l'encapsulation d'actifs dans des nanoparticules. J'y ai étudié de nouveaux patchs transdermiques. Afin de me familiariser avec le monde de la recherche, j'ai ensuite effectué mon projet de fin d'étude au Centre Ingénierie et Santé des Mines de Saint-Étienne. J'ai pu y étudier l'impact des caractéristiques physico-chimiques des nanoparticules de dioxyde de titane sur la formation de la couronne protéique et leur toxicité. J'effectue actuellement une thèse sur la création de surfaces antibactériennes en combinant fonctionnalisation et nanostructuration.

Résumé des travaux de recherche

Les bactéries, les champignons et les virus font partie des premières formes de vie ayant émergé sur Terre. Depuis leur apparition, ces micro-organismes ont évolué et colonisé la plupart des environnements. Néanmoins, cette colonisation se fait parfois au détriment d'autres organismes et pose problème à l'Homme depuis des siècles. La lutte contre ces micro-organismes est un problème majeur de la santé publique. Dans la lutte contre leur prolifération, le développement de surfaces antibactériennes est une des principales idées. Le caractère antibactérien des surfaces peut être défini par la limitation de l'adhésion des micro-organismes, de leur prolifération ainsi que leur viabilité. Il peut être conféré à l'aide de deux approches, la structuration de surface et la fonctionnalisation. La micro et nano-structuration a déjà fait ses preuves dans la nature en conférant de puissantes propriétés antibactériennes à différents organismes tels que les insectes, poissons, plantes : surfaces superhydrophobes, nano-piliers etc... La fonctionnalisation s'appuie elle sur des stratégies passives, comme des polymères empêchant l'adhésion des micro-organismes, ou actives, comme l'utilisation d'agents bactéricides. De nombreux nanomatériaux organiques et inorganiques, naturels ou synthétiques sont déjà utilisés dans ce but : chitosan, nanoparticules d'argent, dioxyde de titane, polymères... Le but de ce projet est donc de combiner ces deux approches, fonctionnalisation et structuration, et de vérifier leur synergie afin d'identifier et de répertorier un certain nombre de surfaces antibactériennes efficaces, utiles pour la détection précoce des bactéries. Plus particulièrement, notre projet cherche à employer et à tester l'efficacité de peptides antimicrobiens pour la partie fonctionnalisation. Ces peptides sont des éléments de choix car ils possèdent un large champ d'action contre de nombreux micro-organismes tout en ayant une faible toxicité pour les cellules de mammifères. Il s'agira dans un premier temps d'identifier les peptides les plus pertinents pour notre projet et de les combiner à différentes nanostructures pour ensuite analyser les propriétés de ces nouvelles surfaces antibactériennes.

Mots-clefs : interactions cellules/surfaces – polymères fonctionnalisés – plasmonique – nanostructuration - protection bactéricide

Participants



Azeddine TELLAL

Post-doctorant

Responsable scientifique : Patrice BALDECK

CNRS, Laboratoire de Chimie de l'ENS de Lyon, Lyon

Biographie

Je suis docteur en physique spécialisé en physique des rayonnements. Ma thèse de doctorat a porté sur l'application d'un microlaser pour l'élaboration de nano objets photoniques et leurs caractérisations spectroscopiques.

Résumé : Design et fabrication de micro et nano objets photoniques par la technique de polymérisation à deux photons 1) différents types de lentilles diffractives de tailles micrométriques pour les capteurs CMOS, 2) nanostructurations de surfaces optiques pour des propriétés antireflets large spectre, et pour la capture de lumière dans des couches minces.

Actuellement je travaille dans :

- Modélisation de l'interaction de la lumière avec des nano/micro structures photoniques (Structures à faible et fort indice de réfraction). Application à l'antireflexion, antifogging et filtrage de couleur etc.
- Modélisation de photopolymérisation pour comprendre la dynamique de différentes espèces chimiques intervenantes dans la polymérisation à deux photons.
- Fabrication de nano/micro structures par photopolymérisation en utilisant la projection holographique.

Résumé des travaux de recherche

Durant ma thèse de doctorat, j'ai travaillé sur la simulation des fonctions optiques générées par des ensembles de nanostructures diffractantes telles que la microfocalisation diffractive et l'anti-réflexion et le couplage/extraction de la lumière par des réseaux de nanostructures. Sur le plan expérimental, j'ai fait de la microfabrication de structures périodiques et isolées par la technique de polymérisation à deux photons. J'ai principalement fabriqué et simulé des nanolentilles diffractives à base de paires de nano structures et un réseau de microlentilles efficaces [1, 2].

Actuellement et durant mon post-doc (Septembre 2019 - Avril 2021) dans le cadre du projet européen PHENOMENON [3], j'ai fait de la modélisation de l'interaction de la lumière avec des nano/micro structures photoniques à faible indice de réfraction pour des applications en antireflexion et antifogging et à fort indice de réfraction pour le filtrage de couleurs.

En parallèle, des modélisations de photopolymérisation ont été faites pour comprendre la dynamique de différentes espèces chimiques intervenantes dans la polymérisation à deux photons. En effet, ces modélisations nous ont permis d'expliquer la très haute résolution obtenue par les résines fabriquées au sein de notre équipe (un article est en cours de rédaction).

Une autre partie de mon travail dans le projet portait sur la fabrication de nano/micro structures par photopolymérisation en utilisant la projection holographique. Au cours de ce travail, nous avons développé une méthode de projection holographique qui permet d'obtenir des hologrammes 3D de haute résolution. Un brevet est en cours de rédaction pour protéger la technique.

[1] A. Tellal, O. Ziane, S. Jradi, O. Stephan, and L. Baldeck Patrice, «Quadratic phase modulation and diffraction-limited microfocusing generated by pairs of subwavelength dielectric scatterers,» Nanophotonics, (2019). <https://doi.org/10.1515/nanoph-2019-0071>

[2] A. Tellal, O. Ziane, and L. Baldeck Patrice, «Diffraction-limited microfocusing generated by polymer microlines separated by 1.12 μm ,» Chinese Optics Letters 17, 8 (2019).

Mots-clefs : two-photon polymerization fabrication, flat-optics, nano optics, light management, holographie

Participants



Manon TERNOIS

Doctorante 1ère année

Thèse encadrée par Audrey DUSSUTOUR & Emmanuel FLAHAUT
Université Toulouse III Paul Sabatier, Centre de Recherches sur la
Cognition Animale et Centre Inter-universitaire de Recherche et
d'Ingénierie des Matériaux, Toulouse

Biographie

Je m'appelle Manon Ternois. Je suis actuellement en 1ère année de thèse de doctorat, sous la direction d'Audrey Dussutour (CRCA/CBI) et Emmanuel Flahaut (CIRIMAT). Titulaire d'un baccalauréat scientifique (spécialité physique-chimie), j'ai obtenu une licence en Sciences de la Vie et de la Terre Mention Biologie des Organismes et des Populations à l'université d'Angers, en 2018, ce qui m'a permis d'acquérir des connaissances en biologie de l'échelle moléculaire aux écosystèmes. J'ai validé ma licence par la rédaction d'un rapport bibliographique sur la reprotoxicité des perturbateurs endocriniens (laboratoire MITOVASC (Mitochondrial and Cardiovascular Physiopathology), Angers), ce qui m'a motivé à me diriger vers le master de Toxicologie environnementale et humaine de l'université d'Angers (validé en 2020, mention Bien). J'ai réalisé mon stage de M1 au sein du laboratoire MMS (Mer, Molécule Santé) de Nantes (Avril et Mai 2019) sur la bioaccumulation et l'organotropisme des éléments terres rares en estuaire de Loire. J'ai ensuite réalisé mon stage de M2 sur mon sujet actuel.

Résumé des travaux de recherche

Mon sujet de thèse concerne l'impact des nanotubes de carbone (NTCs) sur l'organisme unicellulaire *Physarum polycephalum*. Les NTCs sont des nanomatériaux carbonés utilisés dans une large gamme d'applications et leur utilisation va continuer à croître dans les années à venir (1). Cela pose la question de leur potentielle toxicité (2). J'étudie la toxicité des DWCNTs (NTCs à double paroi) qui sont utilisés dans diverses applications industrielles (3). Mon modèle est *Physarum polycephalum*, un organisme unicellulaire, polynucléé, capable de se déplacer par la contraction/relaxation de son réseau veineux (4) et doué d'apprentissage (5). L'objectif est de voir si l'on a une cytotoxicité des NTCs sur cet organisme. *Physarum polycephalum* est capable d'internaliser les NTCs et de les éliminer rapidement de la cellule (pas de bioaccumulation) (6). Malgré une élimination rapide, les cellules intoxiquées aux NTCs présentent un ralentissement de la croissance précoce (6). Par la suite, l'objectif est d'évaluer si la survie et la reproduction, ainsi que d'autres comportements plus complexes (6, 4) peuvent être altérés par une intoxication aux NTCs.

(1) Guinée, B., et al. «Setting the stage for debating the roles of risk assessment and life-cycle assessment of engineered nanomaterials.» *Nature nanotechnology* 12.8 (2017): 727

(2) Francis, Arul Prakash, and Thiyagarajan Devasena. «Toxicity of carbon nanotubes: A review.» *Toxicology and industrial health* 34.3 (2018): 200-210

(3) Simon, Juliette, Emmanuel Flahaut, and Muriel Golzio. «Overview of carbon nanotubes for biomedical applications.» *Materials* 12.4 (2019): 624

(4) Matsumoto, Kenji, Seiji Takagi, and Toshiyuki Nakagaki. «Locomotive mechanism of *Physarum plasmodia* based on spatiotemporal analysis of protoplasmic streaming.» *Biophysical journal* 94.7 (2008): 2492-2504

(5) Gao, Chao, et al. «Does being multi-headed make you better at solving problems? A survey of *Physarum*-based models and computations.» *Physics of life reviews* 29 (2019): 1-26.

(6) Ternois, Manon, et al. «Slime molds response to carbon nanotubes exposure: from internalization to behavior.» *Nanotoxicology* (2021): 1-16

Mots-clefs : Nanotubes de carbone, *Physarum polycephalum*, écotoxicologie, comportement

Participants



Alix VALDENNAIRE

Doctorant 2ème année

Thèse encadrée par Hervé RINNERT

Université de Lorraine, Institut Jean Lamour, Nancy

Biographie

Suite à l'obtention du bac en 2014, j'ai réalisé une licence de physique à la faculté des sciences et technologies de Vandœuvre-lès-Nancy. Dans le cadre du programme Erasmus, je suis parti étudier en Suède pour le M1 de physique dans l'université Umea University. J'ai ensuite réalisé un M2 de physique en matière Condensée et Nanophysique à Vandœuvre-lès-Nancy. Au cours de mon cursus, j'ai effectué trois stages, j'ai étudié, en L3, l'analogie entre les oscillations prédateurs-proies et les interactions turbulentes dans les plasmas. Le stage de M1 effectué en Suède s'intitule Studies of heat transport in glasses and liquids at low temperature. J'ai effectué le stage de 6 mois de M2 à l'Institut Jean Lamour à Nancy sous la direction de Hervé Rinnert portant sur l'étude de la croissance et des propriétés optiques de couches de SiP. Je poursuis actuellement l'étude de ce matériau SiP en thèse toujours sous la direction de Hervé Rinnert.

Résumé des travaux de recherche

Le silicium, matériau de base de la microélectronique, est un mauvais émetteur de lumière en raison de son gap indirect. Son utilisation dans le domaine de l'optoélectronique peut être possible avec l'utilisation de matériaux 2D tel que le SiP. Les calculs de structure de bandes montrent que le gap indirect du SiP massif devient direct lorsqu'il est sous sa forme 2D avec une énergie autour de 2,6 eV (477nm). Le composé SiP est un matériau lamellaire où la possibilité d'obtenir des monocouches par exfoliation mécanique est confortée par des calculs montrant une faible énergie d'exfoliation². Des cristaux de SiP ont été réalisés par réaction de transport chimique par Barreteau et al.³. S. Geiskopf⁴ a obtenu, au sein de l'équipe, des couches minces contenant des cristaux de SiP.

Mes travaux de recherches consiste dans un premier temps à faire croître des cristaux de SiP en couches minces. Ces dépôts de Si-P sont élaborés dans un évaporateur sous ultra vide sur des substrats de silicium puis recuit dans un four à recuit rapide afin de cristalliser le SiP. Après avoir résolu les problèmes de diffusion du phosphore dans le substrat de silicium et en ajustant les conditions de recuit, de plus larges grains de SiP ont pu être obtenus. Le matériau est d'abord caractérisé par spectroscopie Raman et infra-rouge puis par microscopie électronique en transmission. Un article sur ces premiers travaux a été publié^[5]. Les expériences de photoluminescence de SiP massif à base température sont en cours. En parallèle, l'exfoliation en phase liquide permet d'exfolier le SiP afin d'obtenir des monocouches et ensuite permettra d'aller étudier les propriétés optiques du SiP 2D.

1. Zhang, S. et al. 2D Mater. 4, 1–6 (2017).

2. Cheng, A. Q., He, Z., Zhao, J., Zeng, H. & Chen, R. S. ACS Appl. Mater. Interfaces 10, 5133–5139 (2018).

3. Barreteau, C., Michon, B., Besnard, C. & Giannini, E. J. Cryst. Growth 443, 75–80 (2016).

4. Geiskopf, S. Etude de la structure et des propriétés optiques d'alliages de SiP et de films minces d'oxydes de silicium riches en phosphore, thèse, Université de Lorraine, (2019).

5. Geiskopf, S. et al. The Journal of Physical Chemistry C, 125(5), 3235–3241, (2021).

Mots-clefs : semiconducteur, matériaux 2D, exfoliation, photoluminescence

Annuaire des participants

A

AFYF Amal
ALRAMMOUZ Rouba

B

BALGOBIN Nils
BARTENLIAN Bernard
BELLOT Gaëtan
BIDAULT Sébastien
BLOT Adeline
BONDON Nicolas
BOU TANNOUS Layla
BRAVO ANAYA Lourdes Monica
BUTON Nicolas

C

CARIMALO Julie
CARONE Antonio
CHANEAC Corinne
CHEN Xiaolei
CHEN An Hsi
CHERIF Mourad
CHEVILLARD Aumaury
CHIECHIO Regina Maria
CURTI Leonardo

D

DAUGAS Louise
DAVEAU Nicolas
DECILAP Christophe
DELILLE Fanny
DILESEIGRES Angéline
DILHAIRE Stefan
DUCROZET Florent

F

FERNANDES David
FERNANDES Gersende
FIOCCO Alice
FRUCHART Olivier

G

GAUFFRE Fabienne
GAZIL Olivier
GERGES Nadine
GIRARDET Thomas
GOMES Séverine
GOUGET Guillaume
GRAZON Chloé
GUERBOUKHA Mohamed-Amine
GWEHA NYOMA Danny Petty

H

HEHN Michel
HEINTZ Jeanne
IGLICKI Déborah

I

IGOA Fernando

L

LEPLEUX Emmanuel
LIDGI-GUIGUI Nathalie
LONCHAMBON Pierre
LUCAS Ivan T.

M

MAESTRE Camille
MARCHETTI Anaïs
MARETS Celia
MASSON Laurence
MAUGE Françoise
MEYNIEL Léna
MEZOUL Marine
MICHELINI Fabienne
MIRANDA VIEIRA Mathias
MOREL Marieke
MORETTI Chiara
MULLER Veronica
MUTSCHLER Angela

N

NEHME Florian
NOUR MAHAMOUD Mouktar

O

OYOUN Feras

P

PASHAYEV Saïd
PORTEHAULT David
PU Yuzhou

R

RABILLOUD Thierry
RAMESH Rashmi
REPAIN Vincent
RODRIGUEZ Florent
ROTSSEN Ludwig

S

SAHLI Célia
SAUDRAIS Florent
SAUZET Romain
SCHVARTZ Marion
SEBTI Yasmine
SPIRIDIGLIOZZI Fatma
SPIRIDIGLIOZZI Hugo
STALET Marion

T

TELLAL Azeddine
TERNOIS Manon

V

VALDENNAIRE Alix

