

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Bienvenue à la troisième édition de l'école résidentielle ERIN<sup>2</sup>C'NANO !

Labélisée école thématique du CNRS, la **troisième édition de l'école résidentielle ERIN<sup>2</sup>C'NANO** ambitionne toujours 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 ( $\leq 5$ ans)**, qu'ils soient **chercheurs ou ingénieurs**, et aux **doctorants et post-doctorants**, pour leur permettre de **s'imprégner de la culture interdisciplinaire** nécessaire aux développements des nanos. Elle s'adresse également aux chercheurs en nanosciences souhaitant **élargir leurs activités de recherche à des domaines transdisciplinaires** et aux **étudiants de M2** en fonction des places disponibles.

Cette école abordera les **concepts fondamentaux et expérimentaux** dans de nombreuses disciplines des nanos (élaboration et fabrication de nanomatériaux, fonctionnalisation de surface et interfaces, caractérisation, propriétés électronique, magnétique et optique) de façon **accessible à tout public scientifique**. Ainsi, l'école proposera une série de **cours magistraux** pédagogiques, **des ateliers pratiques** sur les approches *top-down* et *bottom-up* et la caractérisation, un atelier sur la **conception d'un projet interdisciplinaire dans les nanos**, ainsi que des **séminaires** plus spécifiques de l'état de l'art dans ces domaines. La semaine sera aussi **animée de soirées poster**, d'un jeu pédagogique "**Ma terre en 180 minutes**" sur la réduction de l'empreinte carbone des chercheurs et d'un **bar des sciences concernant le sens et l'éthique du métier de chercheur** ou comment associer innovation et développement durable.

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.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Programme

	Dimanche 29/06	Lundi 30/06	Mardi 01/07	Mercredi 02/07	Jeudi 03/07	Vendredi 04/07
8:00		Petit déjeuner	Petit déjeuner	Petit déjeuner	Petit déjeuner	
8:30		Cours 2 <b>Synthèse de nanomatériaux</b> David Portehault	Cours 5 <b>Colloïdes</b> Fabienne Gauffre	Cours 7 <b>Electrochimie</b> Ivan Lucas	Ateliers <b>Pratiques</b>	Petit Déjeuner
9:00						
9:30						
10:00		Pause Café	Pause Café	Pause Café		<b>Séminaire 3</b> Geoffrey Cotin
10:30		Cours 3 <b>Interactions lumière-matière</b> Sébastien Bidault	Cours 6 <b>Interactions avec le vivant</b> Thierry Rabilloud	Cours 8 <b>Magnétisme</b> Vincent Repain	Ateliers <b>Pratiques</b>	Pause Café
11:00						
11:30						<b>Séminaire 4</b> Romain Gautier
12:00						
12:30						
13:00		Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner
13:30						
14:00						<b>Départ</b>
14:30	Arrivée sur site	Cours 4 <b>Catalyse</b> Asma Tougerti	Atelier <b>MaTerre</b>	Cours 9 <b>Optoélectronique</b> Charles Cornet	Ateliers <b>Pratiques</b>	
15:00						
15:30	Discussions & activités extérieures	Pause Café	Pause Café	Pause Café	Pause Café	
16:00		<b>Séminaire 1</b> Nathaly Ortiz	Atelier <b>MaTerre</b>	Atelier <b>Projet</b>	Ateliers <b>Pratiques</b>	
16:30						
17:00	Pause Café	Discussions & activités extérieures	Discussions & activités extérieures	Discussions & activités extérieures	Discussions & activités extérieures	
17:30	<b>Début de l'école</b>					
18:00						
18:30	Cours 1 <b>Nanofabrication</b> Bernard Bartenlian		<b>Séminaire 2</b> Christophe Brun			
19:00						
19:30						
20:00	Dîner	Dîner	Dîner	Dîner		
20:30						
21:00					Soirée de <b>Gala</b>	
21:30						
22:00	Session <b>Poster 1</b>	Session <b>Poster 2</b>	Bar des <b>Sciences</b>	Restitution Atelier <b>Projet</b>		
22:30						

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Table des matières

Bienvvenue à la troisième édition de l'école résidentielle ERIN <sup>2</sup> C'NANO !.....	1
Programme .....	2
Comité d'Organisation & Scientifique .....	7
Intervenantes & intervenants.....	8
Dimanche 29 juin .....	10
Cours : Nanofabrication conventionnelle et non conventionnelle, nanostructures par croissances cristallines auto-organisées .....	11
Session Poster 1 .....	13
Lundi 30 juin.....	14
Cours : Synthèse de nanomatériaux .....	15
Cours : Interactions lumière-matière, nanoscopie & nanophotonique.....	16
Cours : Spectroscopie Operando pour la caractérisation des Nanoparticules en catalyse hétérogène	17
Séminaire : In situ liquid/gas transmission electron microscopy for the study of (electro)catalytic materials .....	18
Session Poster 2 .....	19
Mardi 1 juillet.....	20
Cours : Ingénierie des colloïdes : stabilité, chimie de surface et assemblages.....	21
Cours : Introduction aux interactions entre nanomatériaux et vivant, approches toxicologiques.....	22
Atelier Ma Terre.....	23
Séminaire : xx.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Mercredi 2 juillet.....	25
Cours : Electrochimie .....	26
Cours : Magnétisme .....	27
Cours : Propriétés optoélectroniques et structure des matériaux aux échelles nanométriques.....	28
Atelier Projet.....	29

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



Jeudi 3 juillet.....	32
Atelier 1 : Synthèse de nanoparticules assistée par micro-ondes.....	33
Atelier 2 : Caractérisation optique des nano-objets.....	33
Atelier 3: Microscopie électronique à Balayage .....	34
Atelier 4: Atelier sécurité nano .....	34
Atelier 5 : Atelier sur la spectroscopie Rama.....	35
Vendredi 4 juillet.....	36
Séminaire : SuperSpio, du labo à la production GMP .....	37
Séminaire : Découverte de nouveaux matériaux assistée par intelligence artificielle .....	38
Participant.es et participants.....	39
AZEMA Antoine, Doctorant, CEMES/LAAS, Université de Toulouse, Toulouse .....	39
BARRIOS—COLLETTE Lila, Doctorante, CRPP et ICMCB, Université de Bordeaux.....	41
BASTIDE Mathieu, Docteur, IS2M, CNRS .....	42
BEAURAIN Janyce, Doctorant, Institut Lumière Matière et Ircelyon, Université Lyon 1.....	43
BELZ Bleuenn, Stagiaire, Institut des nanosciences de Paris, Sorbonne Université .....	44
BHAKTA Arvind Kumar, Postdoctorant, LSPM, CNRS.....	45
BONETTI Marcello, Doctorant, laboratoire Physique de la Matière Condensée-Ecole Polytechnique, CNRS.....	46
BOUAOUNI Yasmine, Doctorante, Laboratoire des édifices nanométriques (LEDNA), Université Paris Saclay .....	47
BOUOUD Mohammed, Doctorant, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies- C2N, Université Paris-Saclay .....	48
CALAVARO Filippo, Stagiaire, Institut des Nanosciences de Paris (INSP), Sorbonne Université .....	50
CASALS Damien, Doctorant, IMS, Université de Bordeaux.....	51
FONDANÈCHE Marie, Doctorante, Institut Langevin, Sorbonne Université.....	53
GAFFAR Kirène, Ingénieur de Recherche en matériaux/nanotechnologies, Laboratoire Albert Fert, UMR CNRS-Thales .....	54
GAUCHET Marius, doctorant, Institut Lumière Matière, Université Claude Bernard.....	55

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



GHARIANI Wissem, Doctorante, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, Université Paris Cité.....	56
GHERNOUB Mouhssin, Ingénieur d'études en caractérisation et mesures, IEMN.....	57
JEFFRIES Beatrice, Doctorante, LPEM, EPSCI-PSL .....	59
KHAIREH WALIEH Abdourahman, post-doctorant, LAAS, CNRS .....	60
LAHOUATI Arnaud - Doctorant, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique/Aionobios.....	61
LEYGONIE Tamina, Doctorante, LCMCP, Sorbonne Université.....	62
LOPEZ NAVARRO Pedro, Doctorant, Laboratoire de Nanomédecine, Institut de Cancérologie Strasbourg Europe (ICANS) .....	63
MATTA Rita, Post-doctorante, Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM), CNRS, Université Sorbonne Paris Nord.....	64
MAY Arthur, Doctorant, Laboratoire Albert Fert, CNRS-Thales/ Université Paris Saclay .....	66
MUZARD Sarah, Stagiaire, Institut Langevin, IOGS.....	67
NEAU Dylan, Doctorant, IMN, SAFT .....	68
NOIREL Marc, Doctorant, Institut Fresnel, CNRS .....	69
PAPALETSIU Alexandra, doctorant, IMN UMR CNRS 6230 & CEISAM, Nantes Université.....	70
PATRY Loïc, Ingénieur en Développement de Nanostructures. CNRS, laboratoire Aimé Cotton, Paris Saclay .....	71
PULCINARO Federica, Doctorante, Laboratoire ITODYS, équipe NanoCat, Université Paris Cité.....	72
ROBERT Achille, Doctorant, Institut des Nanosciences de Paris (INSP), CNRS .....	73
SAUTEL Valère, Doctorante, Centre de nanosciences et de nanotechnologies, CNRS.....	74
SCHOKKAERT Rowan, Doctorant, ICGM-D1/D3, l'université de Montpellier .....	75
SOUN Dalin, Doctorante 1ère année, Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS), Université de Toulouse .....	76
TCHOUEKEM Hulerich Camel, Doctorant, Institut de physique de Rennes, Université de Rennes.....	77
VASILIJEVIC Sandra, Ingénieur de recherche, Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure, CNRS.....	78
ZORAI Amel – Postdoctorante, Centre de nanosciences et de nanotechnologies, CNRS .....	79

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



ZOUGGAGH Sara, Doctorante, Institut Charles Sadron, CNRS, Strasbourg, et Laboratoire de Chimie,  
ENS Lyon, CNRS..... 80

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Comité d'Organisation & Scientifique

### Comité d'organisation

**Sébastien BIDAULT** (CNRS, C'Nano, Institut Langevin)

**Christophe DECILAP** (CNRS, C'Nano)

**Maéva LUBIN** (CNRS, C'Nano)

**Corinne CHANEAC** (Sorbonne Univ., LCMCP)

### Comité scientifique

**Bernard BARTENLIAN** (CNRS, C2N)

**Mourad CHERIF** (Université Sorbonne Paris Nord, LSPM)

**Fabienne GAUFFRE** (CNRS, ISCR)

**Ivan T. LUCAS** (Université de Nantes, IMN)

**David PORTEHAULT** (CNRS, LCMCP)

**Vincent REPAIN** (Université de Paris, MPQ)

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Intervenantes & intervenants



**Bernard BARTENLIAN**

(CNRS - C2N, Palaiseau)



**Sébastien BIDAULT**

(CNRS - Institut  
Langevin, Paris)



**Christophe BRUN**

(CNRS - INSP, Paris)



**Charles CORNET**

(INSA de Rennes -  
FOTON, Rennes)



**Geoffrey COTIN**

(CTO Superbranche,  
Strasbourg)



**Fabienne GAUFFRE**

(CNRS - ISCR, Rennes)



**Romain GAUTIER**

(CNRS - IMN, Nantes)



**Guillaume GOUGET**

(CNRS - ISCR, Rennes)



**Laurent JEANNEAU**

(CNRS - Géosciences  
Rennes)

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



**Ivan T. LUCAS**

(Université de Nantes -  
IMN, Nantes)



**Damien MONCOQ**

(CNRS, Orléans)



**Nathaly ORTIZ**

(CNRS - MPQ, Paris)



**Edwin PERROT**

(Université de Rennes)



**David PORTEHAULT**

(CNRS - LCMCP, Paris)



**Thierry RABILLOUD**

(CNRS - LCBM, Grenoble)



**Vincent REPAIN**

(Université de Paris Cité -  
MPQ, Paris)



**Véronique SIGNORET**

(INRAE, UMR EVA à  
Caen)



**Asma TOUGERTI**

(Université de Lille -  
UCCS, Lille)

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



**Dimanche 29 juin**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



Cours : Nanofabrication conventionnelle et non conventionnelle,  
nanostructures par croissances cristallines auto-organisées

**Intervenant : Bernard BARTENLIAN** (Université Paris Saclay – C2N)

## Description du cours

Nous aborderons les différentes méthodes dites « top-down » de nanofabrication depuis celles appelées « conventionnelles » (lithographie, gravure, dépôt et lift-off) issues de la microélectronique vers celles dites « non conventionnelles » (lithographie souple, nano-implosion, etc.) propices aux applications à la biologie.

L'approche « bottom-up » sera également abordée dans le cadre restreint de la croissance de nanostructures par épitaxie par jets moléculaires. Ainsi, nous verrons des concepts spécifiques à la physique des surfaces tels que les surfaces cristallines, leurs reconstructions, les surfaces vicinales, les coefficients et anisotropies de diffusion des adatoms (atomes diffusants sur les plans cristallins) au sein de la couche de transition de surface dans les tous premiers stades de la croissance des matériaux. Ces notions couplées à celles d'énergie de surface, de Gamma-Plot avec construction de Wulf nous permettront de prédire les trois modes de croissances principalement rencontrés en épitaxie : le mode 2D ou couche par couche (Frank van der Merwe), le mode 3D ou en îlot (Volmer-Weber), ou un combiné 2D + 3D (Stransky-Krastanov). Les exemples seront pris sur la base des connaissances en hétéroépitaxie de matériaux semi-conducteurs et de la croissance d'or sur silicium.

On verra également comment en couplant ou hybridant les deux approches précitées, on peut contrôler la position et la faible disparité en taille des nanostructures obtenues par auto-organisation sur des surfaces prétexturées.

Le cours de nanofabrication sera complété par l'atelier "Microscopie Electronique à Balayage" dont le contenu est prévu pour les non spécialistes.

## Plan prévisionnel

### I Méthodes d'élaboration conventionnelle (approche « top-down »)

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



- Principe de la micro et nanofabrication conventionnelle en salle blanche
- Lithographie optique UV, électronique (les résines positives, négatives, leurs limites de résolutions)
- Les méthodes de transferts : dépôts en couche mince sous vide, par pulvérisation cathodique, assistées par plasma, les dépôts et « lift-off », la gravure sèche ionique réactive
- Méthodes directes d'élaboration à base de gravures ioniques en très haute résolution

## II. Méthodes d'élaboration non conventionnelles

- Nanoimpression assistée UV, dans cas de la réalisation de grandes surfaces nanostructurées à bas coût pour la biodétection
- Microfluidique pour la biologie

## III Croissance épitaxiale de nanostructures sur des surfaces cristallines (approche « bottom-up »)

- Energie de surface – anisotropie cristalline
- Surfaces vicinales
- Reconstructions de surface
- Cinétique et processus atomiques de surface - concept de couche de transition de surface
- Interaction adsorbat/surface – physisorption - chimisorption – nucléation à partir d'un germe de taille critique
- Approche thermodynamique – modes de croissance 2D, 3D, 2D/3D
- Croissance auto-organisée sur surfaces préstructurées

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Session Poster 1

LASTNAME	FIRSTNAME
AZEMA	Antoine
NEAU	Dylan
BARRIOS-COLLETTE	Lila
BASTIDE	Mathieu
BELZ	Bleuenn
BHAKTA	Arvind Kumar
BONETTI	Marcello
BOUAOUNI	Yasmine
BOUOUD	Mohammed
CALAVARO	Filippo
CASALS	Damien
FONDANÈCHE	Marie
GAFFAR	Kirène
GAUCHET	Marius
GHARIANI	Wissem
GHERNOUB	Mouhssin
GUENGARD-MORINEAU	Lola
JEFFRIES	Beatrice
KHAIREH WALIEH	Abdourahman

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



**Lundi 30 juin**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Cours : Synthèse de nanomatériaux

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

### Description de l'atelier

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 croissance
- b. Conséquences pour contrôler la taille et la forme: cinétique vs. Thermodynamique
- c. Synthèses assistées par chauffage micro-ondes

#### **II. Mécanismes de cristallisation non classique**

- a. Auto-assemblage : l'attachement orienté et son contrôle
- b. Mésocristaux : artificiels et naturels

#### **III. Approches alternatives vers de nouveaux nano-objets**

- a. Echanges cationiques et anioniques dans des nano-objets
- b. Déplacement galvanique dans des nano-objets
- c. Insertion dans des nanocristaux métalliques
- d. Réactivité en sels fondus

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



Cours : Interactions lumière-matière, nanoscopie & nanophotonique

Intervenant : Sébastien BIDAULT (CNRS – Institut Langevin, Paris)

## Description du cours

A priori, lumière et nanosciences 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 et des imageries super-résolues (nanoscopies) nous montre comment il est possible de structurer des matériaux aux échelles nanométriques afin de maximiser leur interaction avec la lumière ou, inversement, comment il est possible de moduler ces interactions pour observer la matière à des échelles plus petites que la longueur d'onde.

Le but de ce cours est de présenter les bases théoriques principales des interactions lumière-matière aux échelles nanométriques (champ proche Vs champ lointain, limite de diffraction, sections efficaces d'interaction en présence d'un confinement quantique ou diélectrique des électrons) mais aussi de montrer comment un même formalisme décrivant les interactions électromagnétiques aux échelles sub-longueur d'onde permet de quantifier aussi bien les processus d'exaltation en plasmonique que les transferts d'énergie entre molécules pendant la photosynthèse. Ces bases théoriques unifiées seront exploitées afin de mieux comprendre des applications récentes de la nanophotonique allant de la biologie cellulaire aux technologies quantiques en passant par la plasmonique.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



Cours : Spectroscopie Operando pour la caractérisation des Nanoparticules  
en catalyse hétérogène

Intervenante : Asma TOUGERTI (Université de Lille - UCCS, Lille)

## Description du cours

En raison de leurs propriétés uniques liées à leur très petite taille, leur morphologie contrôlable et leur structure électronique spécifique, les nanoparticules sont au cœur de la catalyse hétérogène. La possibilité de moduler finement la nature des sites, permet d'accroître l'activité catalytique mais aussi d'envisager des mécanismes réactionnels innovants et d'élargir ainsi le champ des transformations catalytiques accessibles. Ces propriétés en font des matériaux de choix dans de nombreux procédés industriels, allant de la synthèse de molécules chimiques à la dépollution environnementale. Pour comprendre et optimiser leur fonctionnement, il est désormais essentiel de suivre, en temps réel, l'évolution de leurs propriétés structurales et électroniques pendant la réaction catalytique, grâce à la caractérisation en mode *operando*. Des techniques complémentaires comme la spectroscopie d'absorption des rayons X (XAS), la spectroscopie photoélectronique X (XPS) et la spectroscopie infrarouge (IR) permettent respectivement d'examiner la structure locale et l'état d'oxydation des atomes, la composition chimique de surface et les états électroniques, ainsi que l'identification des espèces adsorbées au cours de la réaction. En combinant ces approches, on peut établir le lien entre la structure des nanoparticules et leur performance catalytique, ouvrant ainsi la voie à une conception plus rationnelle et efficace de nouveaux catalyseurs.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Séminaire : In situ liquid/gas transmission electron microscopy for the study of (electro)catalytic materials

Nathaly Ortiz Peña,<sup>1</sup> Jaysen, Nelayah,<sup>1</sup> Hakim Amara,<sup>1</sup> Christian Ricolleau,<sup>1</sup> Damien Alloyeau,<sup>1</sup> Louis Godeffroy,<sup>2</sup>  
Jean-Marc Noël,<sup>2</sup> Dris Ihiwakrim,<sup>3</sup> Madeleine Han,<sup>5</sup> Benedikt Lassalle-Kaiser,<sup>4</sup> Sophie Carencu,<sup>5</sup> Clément  
Sanchez,<sup>5</sup> Christel Laberty-Robert,<sup>5</sup> David Portehault,<sup>5</sup> Ovidiu Ersen,<sup>3</sup> Stefan Stanescu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, Université Paris Cité / CNRS, France.

<sup>2</sup>Laboratoire ITODYS, Université Paris Cité / CNRS, France.

<sup>3</sup>Institute of Physics and Chemistry of Materials of Strasbourg (IPCMS), UMR 7504 CNRS – University of  
Strasbourg

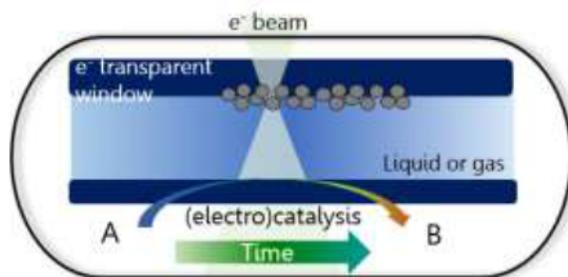
<sup>4</sup>Synchrotron SOLEIL

<sup>5</sup>Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris - UMR 7574 Sorbonne Université, CNRS, Collège de  
France

Intervenante : Nathaly Ortiz (CNRS - MPQ)

### Description du cours

Direct probing of dynamical processes at the nanoscale is key to move forward in the comprehension of formation, degradation and catalytic mechanisms of biological and synthetic materials. Furthermore, a deepened understanding of such processes in realistic synthesis or functioning conditions is crucial to improve their production and implementation methods in functional devices. Thereby, the development of *in situ* and *operando* characterization techniques arises as a logical step in the advancement of material sciences. *In situ* liquid and gas phase transmission electron microscopy is part of the thriving characterization techniques allowing real time monitoring with nanometric resolution of processes taking place in liquid and gas environments. Here we will take a look to the basics on transmission electron microscopy to understand the implications for in situ studies, in particular for environmental experiments. By the end, some examples of how these techniques are used to observe catalysts in their application media.



**Figure 1.** Schematic representation of *in situ* liquid/gas phase transmission electron microscopy for the study of (electro)catalysts.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Session Poster 2

BEURAIN	Janyce
LAHOUATI	Arnaud
LEYGONIE	Tamina
LOPEZ NAVARRO	Pedro
MATTA	Rita
MAY	Arthur
MUZARD	Sarah
NOIREL	Marc
PAPALETIOU	Alexandra
PATRY	Loic
PULCINARO	Federica
ROBERT	Achille
SAUTEL	Valère
SCHOKKAERT	Rowan
SOUN	Dalin
TCHOUEKEM	Hulerich Camel
VASILJEVIC	Sandra
ZORAI	Amel
Zougagh	Sara

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



**Mardi 1 juillet**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



**Cours : Ingénierie des colloïdes : stabilité, chimie de surface et assemblages**

**Intervenante : Fabienne GAUFFRE** (CNRS – Institut des Sciences Chimiques de Rennes)

## 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 comme dans le cas des cristaux colloïdaux par exemple. L'objectif du cours est de donner les bases théoriques sur les interactions mises en jeu entre les colloïdes (notamment la théorie DLVO) 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.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Cours : Introduction aux interactions entre nanomatériaux et vivant, approches toxicologiques

Intervenant : **Thierry RABILLOUD** (CNRS – LCBM)

### Description du cours

Après une introduction aux approches toxicologiques et mécanistiques des interactions entre nanomatériaux et vivant, nous montrerons des exemples de stratégies à employer pour s'assurer de la non toxicité des nouveaux nanomatériaux vis-à-vis du vivant.

### 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
- c. Comment s'assurer de la pertinence biologique des 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

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Atelier Ma Terre

Intervenant : **Fabienne GAUFFRE** (CNRS - ISCR, Rennes), **Guillaume GOUGET** (CNRS - ISCR, Rennes), **Laurent JEANNEAU** (CNRS - Géosciences Rennes), **Edwin PERROT** (Université de Rennes), **Véronique SIGNORET** (INRAE, Caen)

### Description de l'atelier

Ma Terre est un atelier collaboratif, ludique et convivial sous forme d'un jeu de rôle. Il vise à sensibiliser et mobiliser les personnels des laboratoires, pour construire des scénarios de réduction de leur empreinte carbone. Il consiste à discuter entre participant.e.s de la réduction de l'empreinte carbone d'un laboratoire fictif, en questionnant notamment les déplacements (aérien, voiture, train, bateau), les achats (consommables, équipements, services) et les activités (conférences, modélisation, expériences synchrotron, etc.). Les participant.e.s sont menées à proposer des mesures concrètes à mettre en œuvre pour réduire cette empreinte de 50% d'ici 2030 au plus tard. L'atelier met en scène des personnages aux profils et aux niveaux de sensibilité environnementale variés, afin de faciliter la compréhension de différents points de vue et la recherche collective de leviers de changement des comportements.

**Un seul objectif commun, atteindre les accords de Paris, c'est-à-dire -50% d'émissions carbone, non pas d'ici 2030, mais en 180 min**

Pour plus d'information : <https://materre.osug.fr/-L-atelier66->

**Afin de commencer à rentrer dans les enjeux de la formation et de pouvoir également discuter de l'empreinte carbone professionnelle vs empreinte carbone personnelle, merci de prendre 15 minutes environ pour faire votre bilan carbone personnel avec l'outil suivant <https://nosgestesclimat.fr/?lang=fr>**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Réflexivité sur la prise en compte des enjeux socio-environnementaux dans la recherche en nanosciences

**Intervenant : Christophe BRUN** (CNRS - INSP, Paris)

### Description

La crise socio-environnementale actuelle questionne la nature et la soutenabilité de nos activités de recherche [1]. Le développement continu de la physico-chimie quantique des matériaux a contribué à une transformation sociétale sans précédent au cours du 20ème puis du 21ème siècle, notamment par des transformations successives des moyens de télécommunication et de transmission/stockage d'information/données à travers ce qu'on nomme le domaine de l'électronique puis du numérique. Ces transformations se sont conduites dans un paradigme fondé sur une abondance énergétique et de ressources en négligeant les impacts socio-environnementaux. De manière réflexive, il nous faut ainsi aujourd'hui prendre en compte le cadre conceptuel des limites planétaires [2] dans le choix et la pratique de nos activités de recherche. Cette approche nous invite à questionner la pertinence du besoin de développer telle ou telle application, recherche ou innovation d'un point de vue sociétal et citoyen. Cela implique aussi concrètement envisager l'élaboration de nouveaux matériaux ou de dispositifs dans un cadre conceptuel plus « éco-conçu » de type analyse en cycle de vie, afin de réduire les impacts des différentes étapes, depuis les aspects ressources en matériaux (moins nombreux, moins critiques), les procédés d'élaboration (moins énergivores), la phase d'usage (plus sobre), et la fin de vie (faciliter la réutilisation/recyclage).

[1] Knödelseder et al. Scenarios of future annual carbon footprints of astronomical research infrastructures, *Nature astronomy* 8, 1478 (2024)

[2] Richardson K. et al., Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Sciences Advances*. 9, 37 (2023)

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



**Mercredi 2 juillet**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Cours : Electrochimie

**Intervenant :** Ivan T. LUCAS (Université de Nantes - IMN, Nantes)

### 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...). Ce cours débutera par quelques rappels d'électrochimie puis présentera quelques outils ciblés (méthodes électrochimiques et techniques de caractérisation de surface) permettant de sonder les interfaces de ces matériaux en conditions de fonctionnement (*operando*), ainsi que 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. Les concepts

*Transformation de la matière / Stockage et conversion de l'énergie / Potentiel d'électrode et énergie électrochimique / Instrumentation et techniques dédiées*

#### II. Caractérisation des propriétés interfaciales de (nano)matériaux en fonctionnement

*Dispositifs de stockage et conversion de l'énergie / Les défis à relever / Analyses *operando* couplées*

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Cours : Magnétisme

**Intervenant : Vincent REPAIN** (Université de Paris Cité - MPQ, Paris)

### Description du cours

L'objectif de ce cours est de revenir sur les bases du magnétisme en introduisant les différentes quantités et longueurs caractéristiques pour ensuite introduire les spécificités du nanomagnétisme. En particulier, je détaillerai le problème de la stabilité de l'aimantation dans les nanoparticules, problème essentiel pour le stockage magnétique de l'information. Je montrerai ensuite comment des composés inorganiques peuvent présenter des propriétés magnétiques originales, comme la possibilité de passer de l'état diamagnétique à paramagnétique sous illumination. Le cours sera aussi l'occasion de présenter plusieurs techniques de mesures de l'aimantation à différentes échelles.

### Plan du cours

- Historique du magnétisme
- D'où vient le spin ?
- Echange et anisotropie, longueurs caractéristiques
- Modèle de retournement cohérent, hystérésis, stabilité thermique
- Applications : disque dur et mémoire magnétique
- Apport de la chimie inorganique aux matériaux magnétiques

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Cours : Propriétés optoélectroniques et structure des matériaux aux échelles nanométriques

**Intervenant : Charles CORNET** (INSA de Rennes - FOTON, Rennes)

C. Cornet<sup>1,\*</sup>, P. Huillery and Y. Léger<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Univ Rennes, INSA Rennes, CNRS, Institut FOTON – UMR 6082, F-35000 Rennes, France

\*Charles.cornet@insa-rennes.fr

### Description du cours

La science des matériaux semi-conducteurs pour la détection/absorption de la lumière ou les applications photoniques sont au cœur de nombreux développements technologiques récents, afin de répondre aux grands enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle, par exemple dans le domaine de la santé, de l'énergie propre et abordable, des capteurs environnementaux, de l'informatique ou des communications.

Dans ce contexte, la réalisation de nanostructures présentant des propriétés physiques dédiées, et en particulier des propriétés optiques ou électro-optiques adaptées à l'application, est un enjeu important. Elle s'accompagne toutefois inévitablement de la formation de plusieurs types de défauts structuraux impactant leurs propriétés.

Dans cette contribution, le lien entre les défauts structuraux ou cristallins à l'échelle nanométrique et les propriétés optoélectroniques des semi-conducteurs sera tout d'abord présenté. Nous passerons ensuite en revue les différents outils de caractérisation optique couramment utilisés pour les nanostructures, que ce soit pour l'émission ou la collecte de lumière. Enfin, des perspectives seront données sur le développement des outils de caractérisation de photons uniques, dans le contexte du développement récent des technologies quantiques.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Atelier Projet

- **Contexte :**

Le financement de la recherche par projet représente un changement de paradigme qui a profondément impacté les laboratoires français et européens ces dernières années. Il nous a semblé indispensable d'aborder cet aspect des métiers de la recherche qui font désormais partie intégrante de notre quotidien. Profitez de ce format pour susciter votre créativité et votre curiosité, tout en posant les premières pierres d'un projet de recherche interdisciplinaire qui vous fasse rêver. La seule contrainte : présenter un caractère interdisciplinaire.

- **Organisation :**

Les **groupes de travail**, qui mixeront des participants issus de différentes thématiques, vous seront communiqués au début de l'école. Vous aurez l'occasion de faire connaissance lors des séances poster de dimanche et lundi soir.

Vous disposerez d'un temps libre le mercredi après-midi pour échanger des idées au sein de votre groupe. Le soir même, vous présenterez ces idées au moyen de **1 à 2 transparents**. La présentation ne devra **pas dépasser 5 minutes**, et devra mettre en évidence une idée originale et son contexte, en soulignant la nouveauté et la crédibilité scientifique (par exemple, en utilisant des ordres de grandeur).

Le but de cet atelier est d'apprendre à **partager des idées et des compétences** de manière transdisciplinaire. Les projets peuvent inclure, par exemple :

- L'adaptation d'une technique de mesure à de nouvelles nanostructures ;
- L'exploitation d'un nouveau type de matériau pour une application différente ;
- La combinaison de nano-objets aux propriétés optiques, magnétiques, catalytiques ou électroniques complémentaires...

**L'important est de faire preuve, à la fois, de réalisme et de créativité.**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



## Les groupes projets :

NOM Prénom	Groupe
Antoine Azema	1
Belz Bleuenn	1
Jeffries Beatrice	1
Fondanèche Marie	1
Bouaouni Yasmine	1
Pulcinaro Federica	1

Calavaro Filippo	4
Soun Dalin	4
Zouggagh Sara	4
Guengard-Morineau Lola	4
Bhakta Arvind Kumar	4

Robert Achille	2
Beurain Janyce	2
Gauchet Marius	2
May Arthur	2
Schokkaert Rowan	2

Sautel Valère	5
Tchoukem Hulerich Camel	5
Noirel Marc	5
Leygonie Tamina	5
Papaletsiou Alexandra	5

Khairah Walieh Abdourahman	7
Zorai Amel	7
Vasilijević Sandra	7
Ghernoub Mouhssin	7
Patry Loic	7
Matta Rita	7

Bonetti Marcello	3
Bououd Mohammed	3
Ghariani Wissem	3
Lahouati Arnaud	3
Muzard Sarah	3

Casals Damien	6
Gaffar Kirène	6
Barrios-Collette Lila	6
Lopez Navarro Pedro	6
Neau Dylan	6
Bastide Mathieu	6

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



**Jeudi 3 juillet**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Atelier 1 : Synthèse de nanoparticules assistée par micro-ondes

### Description

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.

## Atelier 2 : Caractérisation optique des nano-objets

### Description

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** par des nano-objets peut 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 des techniques dites de NTA (Nanoparticle Tracking Analysis) et de DLS (diffusion dynamique de la lumière), qui seront illustrées à travers différents types d'échantillons organiques ou inorganiques (vésicule extracellulaires, Latex, assemblages de nanoparticules...).

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Atelier 3: Microscopie électronique à Balayage

### Description

**Le but de cet atelier est l'apprentissage d'une technique de caractérisation structurale par microscopie électronique.**

Des sessions pratiques de réglages de base pour l'obtention d'images et l'interprétation du contraste seront organisées avec des échantillons modèles. Une comparaison sera faite avec la microscopie optique traditionnelle.

**Il est possible aux intervenants de venir avec leurs échantillons mais ceux-ci doivent être métalliques ou s'ils sont isolants, ils doivent être préalablement recouvert d'une couche d'or de quelques nanomètres.**

## Atelier 4: Atelier sécurité nano

### Description

Manipulation d'une poudre fluorescente pour simuler les problématiques de contaminations des postes de travail, du port des équipements individuels, de l'organisation du poste de travail, du nettoyage, des déchets. Les contaminations sont mises en évidence à l'aide d'une lampe à UV à chaque phase de travail.

1. Equipement de protection individuelles
2. Pesée
3. Echantillonnage
4. Nettoyage
5. Gestions des déchets

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Atelier 5 : Atelier sur la spectroscopie Rama

### Description

Dans cet atelier sera présentée la spectroscopie Raman, spectroscopie vibrationnelle complémentaire de la spectroscopie Infrarouge (FTIR), reposant sur les propriétés de diffusion inélastique de la lumière, notamment par des nano-objets. Les propriétés d'absorption et d'amplification de la lumière par des nanoobjets ou nanostructures (amplificateurs plasmoniques) peuvent être en effet 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). Par ailleurs, le faible signal de diffusion de l'eau permet l'étude de matériaux en conditions in situ, operando...

Ces propriétés originales seront illustrées au travers de mesures sur des échantillons modèles, sur des matériaux fonctionnels et sur des produits de la vie courante.

**Un grand merci pour sa généreuse participation à l'atelier à l'entreprise. Merci de partager votre temps et votre savoir-faire !**



# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



**Vendredi 4 juillet**

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Séminaire : SuperSpio, du labo à la production GMP

**Intervenant : Geoffrey COTIN** (CTO Superbranche, Strasbourg)

### Description

Superbranche développe des nanoparticules d'oxyde de fer fonctionnalisées par des molécules dendrons (SuperSpio) pour des applications théranostiques en oncologie. Afin d'être éligibles aux différentes méthodes d'imagerie (IRM/MPI) et de thérapie (Hyperthermie magnétique) les caractéristiques du cœur inorganique doivent être maîtrisées et sont liées à sa méthode de préparation. La synthèse du cœur inorganique par décomposition thermique représentant l'innovation stratégique de l'entreprise, donc non sous-traitable, a imposé la conservation de la production en interne. Se pose alors la question de la montée en échelle et de l'industrialisation des procédés. Comment pré-industrialiser une méthode de synthèse R&D permettant la production en batch à l'échelle de quelques milligrammes ? Quelles problématiques techniques, de sécurité ? De plus, les applications biomédicales imposent un degré de complexité supplémentaire dans la méthode de production avec le respect des règles de bonnes pratiques de fabrication (BPF) ou de bonne pratique de laboratoire (BPL).



**SUPERBRANCHE**  
LET'S PLAY COLLECTIVE

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Séminaire : Découverte de nouveaux matériaux assistée par intelligence artificielle

**Intervenant : Romain GAUTIER** (CNRS - IMN, Nantes)

### Description

L'intelligence artificielle (IA) transforme aujourd'hui les sciences des matériaux. Ces outils offrent notamment des stratégies pour extraire des tendances cachées dans des ensembles de données complexes, prédire des propriétés, et guider des expérimentations de manière plus efficace. Dans ce séminaire, nous introduirons les concepts fondamentaux de l'apprentissage automatique, en illustrant les différences entre apprentissage supervisé, non supervisé et par renforcement. Nous discuterons ensuite de leur utilité dans le domaine des matériaux, notamment pour accélérer la découverte de composés aux propriétés optimales et comprendre les mécanismes physico-chimiques sous-jacents.

Nous aborderons les types de données particulièrement intéressants dans ce contexte et mettrons l'accent sur certains pièges à éviter : qualité et biais des données, surapprentissage, et interprétabilité des modèles.

Pour illustrer ces concepts, nous présenterons quatre cas d'application concrets :

1. La prédiction de la cytotoxicité de nanoparticules à partir de descripteurs physico-chimiques.
2. La modélisation de la couleur de la luminescence de matériaux en fonction des paramètres de synthèse.
3. L'optimisation de la luminescence blanche par une approche d'apprentissage actif.
4. L'accélération de la caractérisation des matériaux grâce à des réseaux de neurones.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## Participant·es et participant·s

AZEMA Antoine, Doctorant, CEMES/LAAS, Université de Toulouse, Toulouse

Dans le cadre de mon doctorat je m'intéresse aux métasurfaces. Ce sont des assemblés périodique de nanostructures avec des distances plus petites que la longueur d'onde, ce qui rend ces systèmes non-diffractif et permet d'obtenir des réponses optiques qui n'existent pas dans la nature, par exemple de la réfraction négative ou des effets de magnétisme optique. En modifiant l'arrangement et le type des nano-structures composant ces surfaces, il est possible de contrôler précisément comment le champ électrique réagit face à la métasurface. Elles peuvent être utilisées pour de nombreuses applications comme des métalentes permettant de remplacer des lentilles lourdes et épaisses par des métalentes fines et légères. Elles peuvent être aussi conçues pour favoriser des résonances collectives due au couplage radiatif de ses nano-structures, ce qui peut être utile pour contrôler les radiations dans le champ proche émise par un émetteur quantique.

Les métasurfaces sont souvent construites avec des nano-pilliers qui agissent comme un guide d'onde. La phase peut être ainsi localement contrôlée par la taille des nano-pilliers, ce qui change l'indice effectif et donc la vitesse de propagation de la lumière. Il existe une autre manière pour contrôler la phase: la superposition des résonances des dipôles électrique et magnétique dans une nanostructure permet de contrôler la phase sur un cycle complet  $2\pi$ . On appelle cela des *métasurfaces de Huygens*, elles offrent la promesse de créer des métasurfaces avec presque aucune perte, ce qui permettrait de créer des métalentes avec une diffusion vers l'avant parfaite. Ensemble ces deux résonances font en sorte que chaque nano-structure se comporte comme une source secondaire dit de Huygens qui émet une onde élémentaire se propageant purement vers l'avant. Le couplage entre nano-structure voisine est très fort pour ce type de métasurface, ce qui rend leur conception particulièrement complexe. La technique du tableau de correspondance habituellement utilisé pour d'autre type de métasurface ne peut pas être utilisé. Dans le cadre de ma thèse, nous étudions la possibilité d'utiliser la différenciation automatique qui est une technique numérique utilisée pour calculer les gradients d'une fonction. Couplé avec l'algorithme de descente de gradient, la différenciation

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



automatique permet d'automatiser la géométrie des nano-structures de la métasurface et ainsi créer par exemple une métalentille qui permet de focaliser la lumière.

Il est également possible de concevoir une métasurface afin d'obtenir des résonances de réseau permettant de générer des états où le champ reste piégé dans la structure, car par symétrie le couplage par radiation au champ lointain est interdite. En cassant la symétrie (du design ou d'illumination), ces états peuvent devenir accessibles: en illuminant avec un émetteur quantique placé dans la métasurface, il est donc possible d'accéder à ces résonances. En combinant avec des résonances de Mie obtenable en utilisant des nano-structures comme des sphères ou des cylindres plat, il est possible d'augmenter fortement la densité locale d'états optiques dans la métasurface. Intégrer des émetteurs quantiques dans ce type de métasurfaces devrait donc permettre de contrôler leur radiation dans le champ proche.

Dans le cadre de ma thèse, j'ai la chance de pouvoir travailler à la fois sur l'aspect simulation numérique et sur la caractérisation expérimentale. Même si j'ai déjà conçu un masque pour lithographie ebeam, je ne m'occupe pas de la partie nanofabrication en elle-même. En apprendre sur la synthèse de nanoparticules et la nanofabrication m'intéresse donc beaucoup. De plus les différents cours magistraux que vous proposer me permettraient également d'en apprendre plus sur les nanomatériaux, éléments importants de ma thèse. Etant en première année, j'ai pour le moment surtout travaillé sur l'aspect simulation, l'atelier de caractérisation me permettrait donc d'en apprendre plus, me préparer pour la suite de ma thèse et d'élargir mon horizon concernant les nanotechnologies en général. Échanger avec d'autres doctorants et jeunes chercheurs représente aussi une opportunité précieuse, de voir ce que d'autres étudient et ainsi enrichir ou confronter mes idées.

**Titre du poster:** Holistic design of Huygens' metasurfaces using automatic differentiation

**Mots clés :** Nanoélectronique, Nanophotonique, Nanocaractérisation, Métasurface, Différenciation automatique, Simulation

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## BARRIOS—COLLETTE Lila, Doctorante, CRPP et ICMCB, Université de Bordeaux

J'ai obtenu une licence de chimie de l'université de Bordeaux en 2022, puis un Master en chimie des matériaux en 2024. J'ai réalisé mon stage de fin d'étude au Centre de Recherche Paul Pascal (CRPP) sous la co-direction de Serge RAVAINÉ et Etienne DUCROT. Mon sujet de stage portait sur la synthèse de dimères colloïdaux constitués de deux microparticules de polystyrène (PS) et d'une ceinture de triméthoxysililpropylméthacrylate. L'objectif était d'utiliser ces dimères comme blocs de construction pour l'auto-assemblage de structures gyroïdes, qui peuvent présenter une bande interdite photonique complète. J'ai commencé ma thèse en septembre 2024, intitulée « Stocker des bits d'informations dans des particules : vers l'ordinateur amorphe », sous la direction de Serge RAVAINÉ et Etienne DUCROT au CRPP ainsi qu'Etienne DUGUET de l'Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux. J'encadre des travaux dirigés et des travaux pratiques car je bénéficie d'une mission complémentaire d'enseignement.

Un nouveau concept, l'ordinateur amorphe, est apparu récemment. L'idée principale est d'avoir un grand nombre d'entités qui communiquent localement et se combinent pour réaliser une tâche globale spécifique sous l'action d'un stimulus externe. Le premier objectif de ma thèse consiste en la production à grande-échelle de telles entités. En nous basant sur les résultats de thésards précédents, notre choix s'est porté sur des nanoparticules de silice présentant deux patchs localisés à  $180^\circ$  l'un de l'autre. Ces nanoparticules sont obtenues par une réaction de polymérisation en émulsion du styrène ensemencée, suivie d'une recroissance du cœur de silice et d'une dissolution sélective des nodules de polystyrène. Dans le but d'encoder de l'information au sein des nanoparticules, nous envisageons d'incorporer dans la silice des éléments distinguables par microscopie électronique. Il sera alors possible de différencier chaque type de nanoparticules et ainsi de leur attribuer un bit d'information. Afin de pouvoir utiliser ces nanoparticules encodées pour élaborer un ordinateur amorphe, il faut aussi qu'elles puissent interagir de façon spécifique et réversible. Ceci sera possible via le greffage régiosélectif de brins d'ADN sur leurs patchs. Les nanoparticules ainsi fonctionnalisées pourront s'auto-assembler via l'hybridation des brins d'ADN, sous la forme de structures 1D, 2D ou 3D, qui correspondront à une séquence d'informations prédéfinie.

**Titre du poster :** Storing bits of information in particles: towards amorphous computing

**Mots clés :** Nanochimie

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## BASTIDE Mathieu, Docteur, IS2M, CNRS

Nous avons précédemment présenté une nouvelle méthode de thermopolymérisation utilisant des nanoparticules d'or (AuNP) pour déterminer la chaleur générée par les effets plasmoniques. Le système utilise le triacrylate de pentaérythritol (PETA) comme monomère combiné à différents initiateurs thermiques. Sous irradiation laser à 532 nm, les AuNPs génèrent de la chaleur qui initie la polymérisation de la formulation thermique, ce qui permet de cartographier la température du substrat.

Pour cela nous avons déposé une formulation avec un amorceur thermique sur un substrat recouvert d'AuNPs et nous l'avons exposé à des puissances laser variables. La thermopolymérisation est visiblement détectable car les régions où l'on observe un polymère sont en corrélation avec le chauffage localisé induit par l'irradiation des AuNPs. Il est important de noter que l'étude valide la voie thermique en excluant la photopolymérisation, en raison de la transparence de la formulation dans le spectre d'irradiation. La calorimétrie différentielle à balayage (DSC) et les essais sur plaque chauffante confirment la température nécessaire pour atteindre le seuil de polymérisation pour chaque initiateur thermique.

Cette approche tire parti des effets de chauffage collectif des AuNPs denses, qui amplifient la distribution de la température au-delà des échelles des nanoparticules individuelles. Les résultats expérimentaux démontrent le contrôle précis de la taille et de la forme des plots de polymère en fonction de la puissance du laser et de la durée d'exposition.

Ce cadre de polymérisation thermoplasmonique fournit une méthode rapide et sans marqueur pour sonder la génération de chaleur. Son potentiel s'étend à la fabrication de nanocomposites métal-polymère et à la vérification des modèles de température dans les systèmes plasmoniques.

**Mots clés :** Thermoplasmonique ; nanoparticules d'or (AuNPs) ; thermopolymérisation ; initiateurs thermiques

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



BEAURAIN Janyce, Doctorant, Institut Lumière Matière et Ircelyon, Université  
Lyon 1

Doctorante en première année de Physique à l'Institut Lumière Matière et à l'Ircelyon, je travaille sur la synthèse de photocatalyseurs oxysulfures à upconversion pour la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau. Le but de ma thèse est de synthétiser des particules de  $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$  de taille nanométrique, dopées avec des terres rares, par un procédé bottom-up de décomposition thermique de précurseurs moléculaires.  $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$  est un matériau photocatalyseur prometteur, son dopage avec des ions terres rares permettrait de convertir les photons infrarouges en photons UV (upconversion), afin d'exploiter le spectre solaire au maximum et augmenter la gamme d'efficacité du photocatalyseur jusque dans le proche infrarouge. De plus,  $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_5\text{S}_2$  est pour l'instant obtenu en taille micronique, voir submicronique par synthèse à l'état solide (Lin et al. 2023, Wang et al. 2019), l'optimization des conditions de synthèse permettront d'obtenir des nanoparticules avec moins de défauts afin d'éviter la recombinaison rapide des charges électrons/trous.

**Titre du poster:** Photocatalyseurs synergiques à up-conversion pour la production d'hydrogène

**Mots clés :** Nanophotonique ; Nanocaractérisation ; Nanochimie ; Nanocatalyse ; Nanoénergie

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



BELZ Bleuenn, Stagiaire, Institut des nanosciences de Paris, Sorbonne  
Université

Je travaille actuellement sur la caractérisation de nanoparticules à avalanche de photons. L'avalanche de photons est un processus d'optique non linéaire, comparable à des phénomènes de la vie courante tels que les feux de forêts ou des mouvements de foules. En l'occurrence, nous étudions des nano-particules dopés aux terres-rares (des ions  $Tm^{3+}$ ) capables d'engendrer ces processus hautement non-linéaires. J'ai déjà eu l'occasion de manipuler les échantillons et collecter les spectres d'émissions après excitation laser (en infra-rouge proche). En parallèle, j'ai pu également manipuler d'autres techniques de microscopie telle que le champ sombre.

**Mots Clés :** Nanophotonique ; Nanofabrication ; Nanocaractérisation ; Processus hautement non linéaires

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



BHAKTA Arvind Kumar, Postdoctorant, LSPM, CNRS

This work focuses on the design of a simple, fast, and efficient technique to synthesize multifunctional nanostructured materials. In this context, core–shell nanocomposites were obtained via a microwave-assisted soft-chemistry route. The core consists of magnetic nanoparticles, specifically a cobalt–nickel alloy ( $\text{Co}_{80}\text{Ni}_{20}$ ), synthesized by mixing cobalt(II) acetate ( $\text{Co}(\text{OAc})_2$ ), nickel(II) acetate ( $\text{Ni}(\text{OAc})_2$ ), ruthenium(III) chloride ( $\text{RuCl}_3$ ), and sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ) in a butanediol medium, followed by microwave treatment at 175 °C.

The resulting materials were characterized using various techniques, including powder X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM), and vibrating sample magnetometry (VSM). The synthesized  $\text{Co}_{80}\text{Ni}_{20}$  nanoparticles are nanowires with a head at both ends. They are highly crystalline, monodisperse, and exhibit uniform morphology. Their average dimensions are 175 nm in length, 7.8 nm in diameter, 14.5 nm in head diameter, and 14.3 nm in head thickness.

A lead-free piezoelectric perovskite ceramic, potassium sodium niobate ( $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$  or KNN), will be subsequently grown around the magnetic core to form a shell. This architecture aims to enable reversible piezomagnetic coupling, whereby the magnetic properties of the core can be modulated via mechanical strain induced by an electric field applied to the piezoelectric shell. The resulting core–shell nanocomposite holds potential for diverse applications, including but not limited to data storage, sensing technologies, and biomedical devices.

**Titre du poster:** Microwave-assisted polyol synthesis of  $\text{Co}_{80}\text{Ni}_{20}$  nanowires and their characterizations

**Mots-Clés :** Core ; shell nanocomposites ; Magnetic nanoparticles ; Microwave ; assisted synthesis ; Multiferroic materials ; Piezoelectric ceramics

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



BONETTI Marcello, Doctorant, laboratoire Physique de la Matière Condensée-  
Ecole Polytechnique, CNRS

Nous avons développé une nouvelle méthode de shearmétrie qui nous permet de sonder localement la contrainte de cisaillement à l'intérieur d'un canal microfluidique. La technique consiste à mesurer les spectres de photoluminescence (PL) de nanorods de LaPO<sub>4</sub>:Eu à l'aide d'un microscope confocal avec un volume focal inférieur à 1  $\mu\text{m}^3$ . Comme les bâtonnets présentent une PL fortement polarisée, nous sommes en mesure de corrélérer les spectres PL à l'orientation d'une particule unique ou à l'orientation collective d'un ensemble de particules. Cette dernière est définie par le directeur et le paramètre d'ordre orientationnel de l'ensemble. Au moyen d'une fonction d'étalonnage, nous sommes alors en mesure de convertir le paramètre d'ordre en cisaillement de flux.

Nous appliquons cette technique à divers domaines dans lesquels des mesures directes du cisaillement sont intéressantes. Notre objectif spécifique est maintenant d'étudier comment les forces de cisaillement sont transduites intracellulairement pour activer les réponses biologiques responsables des événements pathologiques en mesurant la contrainte de cisaillement à la surface des cellules. Des étapes importantes ont été franchies en fonctionnalisant les particules avec un polymère zwitterionique pour les rendre colloïdalement stables dans une solution physiologique et une première preuve de concept a déjà été faite avec des cellules humaines.

**Titre du poster:** Tomographic Shearmetry of Flows at Cell Surfaces using Nanoprobes

**Mots clés :** Nanobiosciences ; Nanofabrication ; Nanocaractérisation ; Microfluidic

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## BOUAOUNI Yasmine, Doctorante, Laboratoire des édifices nanométriques (LEDNA), Université Paris Saclay

Le nanodiamant (ND) suscite un intérêt croissant en raison de ses propriétés photocatalytiques remarquables, qu'il soit utilisé seul ou en combinaison avec d'autres matériaux. Cet intérêt récent pour ce nanomatériau résulte d'une meilleure maîtrise de sa chimie de surface, qui permet une absorption dans le visible et de moduler ses propriétés électroniques, telle que la position des bandes de valence et de conduction (Miliaieva et al., 2023 et F. Büchner, 2022). Ces caractéristiques ouvrent ainsi la voie aux études sur sa photoréactivité pour diverses applications catalytiques.

Cette thèse s'inscrit dans ce cadre, en explorant les applications photocatalytiques et photoélectrocatalytiques des NDs pour la production de carburants solaires, notamment l'hydrogène ( $H_2$ ) issu de la dissociation de l'eau sous illumination solaire et les molécules issues de la réduction du  $CO_2$ . Notre équipe a récemment démontré que des NDs génèrent du  $H_2$  avec des performances comparables aux nanoparticules de  $TiO_2$  (Marchal et al., 2024). L'objectif de cette thèse est d'approfondir la compréhension des mécanismes photocatalytiques impliqués tout en optimisant les performances des NDs, en les associant à des co-catalyseurs moléculaires (phtalocyanines de Co, Fe) ou métalliques (Au, Ag). Des hétérostructures seront également développées pour améliorer les transferts de charge. Le greffage sera réalisé par interactions électrostatiques,  $\pi$ -stacking ou fonctionnalisation, et les modifications de surface seront caractérisées par FTIR, Raman, XPS, ainsi que par DLS et potentiel Zêta.

Les travaux s'articulent donc autour de trois axes : (1) la synthèse de matériaux hybrides, (2) l'étude de leurs performances photocatalytiques et photoélectrocatalytiques, et (3) l'investigation des mécanismes via des spectroscopies operando en collaboration avec SOLEIL.

Afin d'évaluer les performances photocatalytiques des NDs modifiés, un banc photocatalytique couplé à une analyse en phase gaz a été conçu et installé lors de ces premiers mois de thèse. Ce dispositif présente un caractère original, notamment par l'utilisation d'un spectromètre de masse, ouvrant la voie à des études isotopiques.

**Titre du poster :** « Etude des propriétés photocatalytiques des nanodiamants pour la production de  $H_2$ . »

**Mots clés :** Nanocaractérisation ; Nanochimie

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## BOUOUD Mohammed, Doctorant, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies- C2N, Université Paris-Saclay

Dans le cadre de ma thèse, je travaille sur le développement de dispositifs plasmoniques (détecteurs, amplificateurs, sources) à base de graphène et d'hétérostructures AlGaAs/GaAs. L'objectif est de contribuer à combler le gap térahertz (THz) en proposant des dispositifs exploitant les propriétés des plasmon-polaritons dans un puits quantique ou un matériau 2D comme le graphène, afin de dépasser les limitations dues aux pertes et au bruit qui restreignent le fonctionnement des dispositifs électroniques (par exemple : HEMT et diodes Gunn, limités à quelques centaines de GHz) et/ou photoniques (lasers à cascades quantiques opérant à quelques THz).

Mon travail se divise en 3 volets :

### 1. Modélisation :

J'étudie principalement l'interaction entre les ondes électromagnétiques et les plasmons dans un gaz d'électrons bidimensionnel. Dans ce cadre, je développe des modèles basés sur les fonctions de Green, en utilisant des méthodes avancées telles que la *Interface Response Theory* (IRT) et la méthode des images.

L'objectif est de concevoir et d'optimiser des structures de dispositifs plasmoniques dédiés à la détection, l'amplification et/ou la génération d'ondes électromagnétiques dans le gap THz.

### 2. Fabrication en salle blanche :

Je réalise ces dispositifs en profitant des installations de la salle blanche du C2N. Actuellement, je suis dans les toutes dernières étapes de fabrication d'un détecteur opérant à 650 GHz, basé sur une hétérostructure AlGaAs/InGaAs/GaAs, sur laquelle est déposé un réseau de corrugations métalliques.

Pour les dispositifs à base de graphène, je pars d'un niveau plus élémentaire : je collabore avec une équipe d'ingénieurs du C2N pour effectuer la croissance et le transfert du graphène vers les substrats souhaités (principalement en silicium haute résistivité ou en quartz). Ensuite, un isolant tel que l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  est déposé sur le graphène, suivi par un réseau de corrugations métalliques ou de nanotubes de carbone, qui rend possible l'excitation des plasmon-polaritons.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



### 3. Mesure :

Je caractérise les dispositifs fabriqués à l'aide de méthodes telles que la spectroscopie dans l'infrarouge lointain (FTIR) et la mesure par source quasi-optique (source monochromatique émettant à 650 GHz).

**Titre du poster :** Amplification sub-THz par couplage plasmonique graphène–nanotubes de carbone

**Mots-Clés :** Nanoélectronique ; Nanofabrication ; Nanocaractérisation

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



CALAVARO Filippo, Stagiaire, Institut des Nanosciences de Paris (INSP),  
Sorbonne Université

In nature, several phenomena exhibit avalanche-like behavior. In optics, something similar happens, mainly observing the emission of certain rare-earth-doped nanoparticles (Tm<sup>3+</sup>). The emission of these avalanching nanoparticles (ANPs) shows a nonlinear response to the excitation source, and their up-conversion capabilities make them great probes for applications such as super-resolution imaging. Our nanophotonics team at INSP previously built great expertise at handling light-matter interactions at the nanoscale, developing advanced techniques to spatially separate the electric and magnetic components of light. This is achieved by fabricating incredibly effective nanostructures such as nano-mirrors and plasmonic nano-antennas. In this way this interesting phenomenon is currently also studied in near-field, giving great attention to magnetic dipole (MD) interactions rather than simply the electrical dipole (ED) ones. Techniques such as Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM) are therefore also involved. Collaborating with the University of California, Berkeley, and Columbia University, this project, ERC-funded, is certainly at the forefront of a new field of research and technological applications. This topic, in fact, will be the core of a PhD thesis I will pursue.

**Titre du poster :** Manipulating the Photon-Avalanche Process

**Mots clés :** light ; matter interactions ; highly nonlinear processes ; avalanche behavior ; magnetic light ; nanophotonics ; nanosciences ; nanofabrication ; quantum optics

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## CASALS Damien, Doctorant, IMS, Université de Bordeaux

Lors de mon parcours académique j'ai eu l'opportunité de réaliser plusieurs stages dont un à l'Université d'Ottawa. L'objectif était de réaliser un transistor en utilisant notamment le WSe<sub>2</sub> pour étudier ses propriétés physiques. Mon stage de fin d'études, que j'ai effectué au CEA de Grenoble, était centré sur les pérovskites destinées à l'imagerie médicale. Plus précisément, j'ai substitué le brome par le chlore pour former des alliages de CsPb(Br,Cl)<sub>3</sub>, et j'ai utilisé un processus de sublimation pour obtenir des films de quelques  $\mu\text{m}$ . J'ai par la suite déposé des électrodes par évaporation thermique et réalisé des tests sous rayons x dans des conditions similaires au domaine médical.

Mon projet de thèse intervient dans le cadre du projet DETECT qui propose de repenser l'architecture et les matériaux des photodétecteurs afin de répondre aux attentes sociétales en matière de durabilité des ressources matérielles, de consommation d'énergie et de gestion des déchets électroniques. En particulier, l'étude se concentre sur la conception d'un photodétecteur capacitif en utilisant un substrat actif afin de faciliter le processus de fabrication tout en limitant les déchets électroniques : 95% des matériaux utilisés seront biosourcés.

Le choix des matériaux, en vue de substituer un substrat biosourcé au substrat plastique utilisé dans les photodétecteurs classiques, constitue une étape essentielle. Il s'agit d'atteindre une épaisseur cible de plusieurs micromètres, tout en garantissant un substrat flexible, transparent et homogène. Par la suite, des électrodes interdigitées ou encapsulées autour du substrat seront imprimées. Ainsi, la détection traditionnelle du photocourant sera remplacée par une détection capacitive, l'architecture simplifiée du dispositif s'apparentant à celle d'un condensateur, dont la capacité dépend de l'épaisseur du substrat actif et de l'irradiance.

Afin de détecter une variation de capacité sous illumination, une variation de la permittivité au sein du substrat actif est nécessaire. La première stratégie repose sur la fabrication de nanoparticules organiques semi-conductrices de type cœur/écorce, présentant une faible énergie de bande interdite, afin de favoriser la génération d'un grand nombre de porteurs de charge libres. Ces nanoparticules sont dispersées dans de l'eau ou de l'alcool, facilitant ainsi leur incorporation ultérieure dans une matrice diélectrique biosourcée. Une seconde stratégie consiste à concevoir des molécules présentant une HOMO fortement localisée et une LUMO

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



étendue et délocalisée. Des calculs quantiques sont menés pour estimer la durée de vie des états excités (de l'ordre de la microseconde à la milliseconde pour une efficacité optimale), ainsi que leur absorbance et leur polarisabilité.

Pour résumer le début de mes travaux, j'ai d'abord travaillé sur la conception d'un film transparent, flexible et biodégradable. J'ai identifié quelques formulations prometteuses combinant du glycérol, de l'agar-agar, de l'eau déionisée, de la gélatine et de la pectine.

Une autre tâche a consisté à réaliser un état de l'art sur les matériaux pouvant être utilisés comme matrices diélectriques. La démarche a été d'abord expérimentale : les matériaux étaient dissous dans un solvant approprié (principalement de l'eau), puis déposés par spin coating sur des substrats en verre/ITO. Des électrodes en argent ont ensuite été déposées par évaporation par faisceau d'électrons (E-Beam). Une étude d'épaisseur au profilomètre a permis d'établir un abaque reliant la concentration, la vitesse de rotation et l'épaisseur des films obtenus. À partir de mesures de spectroscopie d'impédance, la permittivité en fonction de la fréquence a pu être estimée. Les matériaux étudiés comprennent : L-glutamine, sucre, PVA (10k, 61k, 195k), PVI et polystyrène.

Sur la base de ces matrices, plusieurs types de molécules ont été synthétisées pour concevoir des dispositifs de type verre/ITO/solution/électrodes en aluminium, sur lesquels une spectroscopie d'impédance a été réalisée. L'objectif est d'obtenir les valeurs réelles et imaginaires de l'admittance, afin d'en déduire la capacité. Plusieurs conditions d'illumination ont été testées, dans le but de mettre en évidence une variation significative sous lumière, suivie d'un retour à l'état initial une fois la lumière coupée. Dans le même esprit, je fabrique également des nanoparticules cœur/écorce par mini-émulsion, que j'intègre aux dispositifs via spin coating.

**Titre du poster :** Photodétecteurs organique biodégradables

**Mots clés :** Nanofabrication ; Nanoparticules ; Nanocaractérisation ; Nanoélectronique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## FONDANÈCHE Marie, Doctorante, Institut Langevin, Sorbonne Université

L'holographie numérique est une technique d'imagerie qui permet de reconstruire en trois dimensions à la fois l'amplitude et la phase d'un champ électromagnétique après son interaction avec un objet. Cette méthode, fondée sur l'interférométrie, peut être mise en œuvre à l'aide d'un laser en régime continu, les mesures étant alors effectuées à la fréquence optique fondamentale. Elle peut également servir à étudier la réponse non linéaire d'un objet soumis à une excitation laser, en particulier la génération de seconde harmonique (SHG), un phénomène cohérent observé dans certains matériaux non linéaires.

Dans ce contexte, nous avons développé un microscope holographique harmonique capable de cartographier en une seule acquisition l'émission SHG autour d'échantillons présentant une susceptibilité non linéaire. En mesurant le champ diffusé (amplitude et phase) dans le plan de la caméra, il devient possible de reconstituer le champ dans différents plans via une rétro-propagation numérique tridimensionnelle, notamment grâce à l'analyse en spectre angulaire.

Ce microscope offre également un sectionnement optique par cohérence, limitant les interférences à une zone restreinte définie par la cohérence spatiale et temporelle d'un laser femtoseconde. Cela améliore la résolution axiale et permet de cibler des plans spécifiques dans l'échantillon, renforçant ainsi la qualité de la reconstruction 3D.

Une preuve de concept a été réalisée sur des cornées de porc, riches en fibres de collagène, connues pour leur forte émission SHG. À plus long terme, notre objectif est d'atteindre une sensibilité suffisante pour caractériser le diagramme d'émission de nanoantennes "bowtie" asymétriques de tailles variables. Ce projet est mené dans le cadre d'un financement ANR, en collaboration avec l'équipe de Dangyuan Lei de la City University de Hong Kong.

Enfin, nous étudions la dépendance en polarisation de l'émission SHG grâce à un système de multiplexage intégrant un prisme de Wollaston. Ce dernier crée deux faisceaux de référence hors axe, polarisés orthogonalement, chacun interférant uniquement avec la composante SHG de même polarisation. Les deux réseaux de franges d'interférence sont traités indépendamment, permettant une reconstruction 3D qui distingue les deux composantes complémentaires de polarisation à partir d'une seule acquisition.

**Titre du poster :** Microscopie non linéaire de nanostructures par holographie numérique multiplexée en polarisation

**Mots clés :** nanophotonique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## GAFFAR Kirène, Ingénieur de Recherche en matériaux/nanotechnologies, Laboratoire Albert Fert, UMR CNRS-Thales

Lors de ma thèse réalisée au sein de l'Institut Lavoisier de Versailles (ILV), j'ai eu l'opportunité de contribuer au projet DGA intitulé GREAT (hiGH fREquency gAn elecTRonics). Mon sujet de thèse portait principalement sur la mise en place d'une approche multi-techniques (XPS, Auger, STEM-EDX, mesures électriques) pour la caractérisation de transistors HEMT GaN afin de corrélérer leurs propriétés structurales, chimiques et électriques. Cela m'a permis de collaborer avec plusieurs laboratoires académiques (C2N, IEMN, Institut Pascal, ICB) mais également des partenaires industriels (UMS, SOITEC) et dont les résultats phares ont été présentés dans de nombreuses conférences internationales, européennes et nationales.

Bien que la majorité de ma thèse fût axée caractérisation, j'ai suivi de près les étapes clés de la fabrication des transistors HEMT en salle blanche à l'IEMN ainsi que les mesures électriques afin d'améliorer ma compréhension du dispositif et élaborer une méthodologie pour le qualifier et guider la fabrication. Cette volonté de m'aventurer en salle blanche est née lors de mon année d'apprentissage au sein de TRT lors de ma 2ème année de master (M2- Matériaux en couches minces, Université Paris-Saclay). J'étais en charge de l'élaboration de dispositifs RF à base de nanotubes de carbones nécessitant plusieurs étapes de fabrication en salle blanche (dépôt PVD, lithographie optique/e-beam, gravure RIE...) dans le cadre du projet européen Nanosmart. Ces étapes étaient par la suite validées par caractérisation structurales/chimiques (MEB, EDX, Auger) et électrique (mesures RF).

Aujourd'hui, je débute en tant qu'Ingénieur de Recherche en matériaux et nanotechnologies au sein du Laboratoire Albert Fert à l'UMR CNRS-Thales où l'objectif est de mettre en œuvre des procédés d'élaboration et de structuration des matériaux en couches minces pour la réalisation de dispositifs avancés dans le cadre de plusieurs projets.

**Mots Clés :** Nanofabrication ; Nanocaractérisation ; Nanomagnétisme

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## GAUCHET Marius, doctorant, Institut Lumière Matière, Université Claude Bernard

Metamaterials are artificial nano-structured materials engineered to exhibit properties not found in nature, attracting significant attention to fundamental research and practical applications due to their exotic and tunable optical properties. Chiral metamaterials, in particular, enable precise control over the states of polarization of light and enhance optical activity [1].

To understand the fundamental mechanisms underlying the generation of circular dichroism and to avoid the averaging effects resulting from the response of a collection of metallic nano-objects (MNOs), investigations at the single-particle level are imperative.

In this approach, we illuminate the MNO with a focalized beam in a confocal geometry and detect its transmission extinction. A photo-elastic modulator (PEM) is used to control the polarization states of the incident light allowing the extraction of anisotropic properties of MNO (linear and/or circular dichroism and birefringence) [2]. To significantly improve the signal-to-noise ratio, we developed an extremely sensitive experimental setup combining Polarization Modulation Spectroscopy (PMS) and Spatial Modulation Spectroscopy (SMS) [3], along with a data analysis protocol to determine an effective Jones matrix bearing the anisotropic parameters of individual nanostructures.

Preliminary studies have been conducted on dimers of golden nano-spheres, well-known for their linear optical anisotropy. Additionally, MNOs with chiral geometries are expected to exhibit circular dichroism. To characterize both linear and circular anisotropies, we probed isolated gold MNOs exhibiting a simple shape anisotropy, considered as enantiomers of 2D-chiroplasmonic objects when deposited on a substrate [4].

Experimental results on both linear and circular dichroism and birefringence measurements for single MNO will be discussed and compared to numerical simulations to illustrate the versatility of this technique.

[1] Oh, S.S., Hess, O, 2, 24 (2015)

[2] Schellman J., Jensen H.P, Chem. Rev., 87, 1359-1399 (1987)

[3] Billaud P. et al, Rev. Sci. Instrum. 81, 043101 (2010)

[4] V. K. Valev et al, Adv. Mater, 25, 2517-2534 (2013)

**Titre du poster :** Exploring Chiroplasmonic Effects on Single Metallic Nano-Objects

**Mots Clés :** nanooptique ; nanophotonique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## GHARIANI Wissem, Doctorante, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques, Université Paris Cité

Mon projet de recherche s'inscrit dans les domaines de la nanocaractérisation et de la nanoénergie, à travers l'étude de la croissance et des propriétés électroniques de matériaux 2D, notamment les allotropes du phosphore.

Depuis plusieurs décennies, l'intérêt pour les matériaux bidimensionnels (2D) ne cesse de croître en raison de leurs propriétés physiques remarquables. Le phosphorène – une monocouche d'atomes de phosphore (P) – se distingue par son fort potentiel pour des applications en optoélectronique et dans le domaine de l'énergie. Bien que de nombreux allotropes aient été prédits théoriquement (Guan 2014), leurs synthèses expérimentales restent limitées. À ce jour, seul le phosphore noir (exfoliation) et le phosphore bleu (évaporation sur Cu(111), Kaddar 2023 ; David 2025) ont pu être obtenus. En présence de substrats métalliques tels que Au, Ag ou Ni, de fortes interactions conduisent à la formation de clusters complexes, parfois alliés au substrat (Zhang 2016 ; Puppo 2024), rendant la croissance contrôlée difficile.

Dans ce contexte, nous étudions la croissance du phosphore sur la surface Au(111), par microscopie à effet tunnel (STM) et spectroscopie d'électrons Auger (AES), en fonction de la température du substrat. À température ambiante, le phosphore s'adsorbe préférentiellement sur les zones de type FCC, modifiant progressivement la reconstruction en chevrons de la surface. Le suivi in situ des pics Auger de P et Au révèle une forte dépendance du coefficient de collage à la température. Dès 180 °C, des phases de type alliage P-Au, proches de la structure du phosphore bleu, commencent à se former. Quel que soit le régime thermique, la croissance observée reste auto-limitante : au-delà d'une certaine couverture, le phosphore ne s'adsorbe plus. Par ailleurs, la désorption thermique du phosphore nous a permis de déterminer l'énergie d'activation associée.

Ces résultats préliminaires fournissent des paramètres expérimentaux de référence (flux, température) pour mieux contrôler la croissance du phosphore. Afin de favoriser la formation d'allotropes spécifiques, notamment du phosphorène, nous envisageons désormais d'exploiter des surfaces vicinales à haute densité de marches. Cette approche semble particulièrement prometteuse compte tenu de l'anisotropie intrinsèque de la structure atomique du phosphorène (Hashemi 2019 ; He 2023). L'étude approfondie des arrangements atomiques et des propriétés électroniques des phases obtenues constituera la prochaine étape de ce travail.

**Titre du poster :** Observation In-Situ de la croissance P/Au(111) par STM et AES.

**Mots clés :** nanocaractérisation ; nanoénergie

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## GHERNOUB Mouhssin, Ingénieur d'études en caractérisation et mesures, IEMN

Ingénieur en microélectronique, je suis actuellement en poste au sein du groupe de recherche Photonique & Téràhertz de l'IEMN-CNRS à Lille, en tant qu'ingénieur en caractérisation et mesures. Mon parcours universitaire débute avec une licence en électronique suivie d'un master en microélectronique à l'Université de Constantine. Je possède une double expérience académique et professionnelle en dispositifs RF et optoélectroniques. Depuis avril 2024, je contribue au projet européen GRAPH-X, qui vise à développer une plateforme matérielle fondée sur des circuits photoniques intégrés en graphène. Je me spécialise dans la caractérisation de composants haute fréquence et photoniques, avec une familiarité avec les instruments de mesure avancés (VNA, analyseur de spectre, OSA, etc.).

Je travaille actuellement au sein du groupe Photonique & Téràhertz de l'IEMN-CNRS sur des thématiques liées à la caractérisation avancée et à la nanocaractérisation de dispositifs optoélectroniques et RF. Cette activité s'inscrit dans le cadre du projet européen GRAPH-X, qui vise à concevoir une plateforme matérielle innovante reposant sur des circuits photoniques intégrés en graphène, pour des applications de communication et de détection de nouvelle génération.

Mon travail quotidien consiste à évaluer les performances de dispositifs fonctionnant à très haute fréquence (jusqu'à la bande D et au-delà), notamment des composants d'amplification et de conversion de fréquence. J'utilise pour cela une instrumentation spécialisée et participe à la mise en place de bancs de mesure complexes intégrant des signaux optiques modulés, des photodétecteurs à large bande et des instruments de mesure RF de haute précision.

Ces travaux me permettent de contribuer à une meilleure compréhension du comportement des composants hybrides photonique–RF à l'échelle nanométrique, en tenant compte des phénomènes physiques, des limitations technologiques et des contraintes d'intégration. Ils nécessitent la maîtrise de compétences transversales allant de l'électronique à la photonique, en passant par la simulation multiphysique et l'analyse critique des résultats expérimentaux.

Je m'intéresse particulièrement aux nouvelles approches de nanocaractérisation et aux technologies de nano-intégration, permettant d'évaluer avec finesse les propriétés électroniques et optiques des dispositifs intégrés. Ces thématiques sont cruciales pour optimiser les performances des composants dans les futures architectures de communication (6G, détection THz, capteurs photoniques intelligents), et plus largement pour accompagner l'évolution des nanotechnologies appliquées à l'électronique et à la photonique.

**Mots clés :** Nanocaractérisation ; Nanotechnologies ; Composants RF ; Amplification haute fréquence ; Dispositifs optoélectroniques ; Instrumentation avancée ; Caractérisation THz

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



GUENGARD-MORINEAU Lola, Doctorante, Institut Langevin, ESPCI-PSL

Grâce à leurs champs optiques proches, confinés et intensifiés, les résonateurs sub-longueur d'onde à large bande présentent une capacité remarquable à amplifier les interactions lumière-matière à température ambiante. Ces dernières années, les matériaux diélectriques à haut indice de réfraction se sont imposés comme une alternative prometteuse aux matériaux plasmoniques, en raison de leurs faibles pertes ohmiques [1]. En particulier, l'excitation simultanée de modes électriques et magnétiques dans des nanostructures diélectriques résonantes permet de concentrer les champs optiques à l'intérieur du résonateur, favorisant ainsi une augmentation significative des réponses optiques non linéaires.

En combinant broyage mécanique et traitements thermiques par laser, nous synthétisons des nanosphères colloïdales de phosphure de gallium (GaP), caractérisées par des résonances optiques de haute qualité, une absorption négligeable dans les gammes visible et proche infrarouge (au-delà de 450 nm) [2], ainsi que par de fortes susceptibilités non linéaires quadratiques. Nous cherchons actuellement à corrélérer les résultats de la spectroscopie linéaire, de la spectroscopie non linéaire et de la microscopie électronique, afin d'étudier l'influence de la taille des nanosphères sur la génération de seconde harmonique. L'objectif est de démontrer que les résonances de Mie, à la fois à la longueur d'onde fondamentale et/ou à celle de la seconde harmonique, permettent une amplification de la réponse non linéaire sur plusieurs ordres de grandeur. Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour la fabrication à grande échelle, et à faible coût, de nano-résonateurs optiques non linéaires hautement performants.

## References

[1] S. Bidault, M. Mivell, N. Bonod « Dielectric nanoantennas to manipulate solid-state light emission », *J. Appl. Phys.* 126. 094104 (2019)

[2] D. Shima, H. Sugimoto, A. Assadillayev, S. Raza, M. Fuji, Gallium Phosphide Nanoparticles for Low-Loss Nanoantennas in Visible Range. *Adv. Optical Mater.*, 11, 2203107. (2023)

**Titre du Poster:** "Fabrication à large échelle de nanorésonateurs de Phosphure de Gallium (GaP) colloïdaux" (en anglais)

**Mots clés :** Nanophotonique ; Nanofabrication ; Résonateur de Mie ; Phosphure de Gallium

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



**JEFFRIES Beatrice, Doctorante, LPEM, EPSCI-PSL**

Mon objectif est de développer de nouveaux photosensibilisateurs infrarouges pour le traitement des tumeurs par thérapie photodynamique, basés sur des nanoparticules hybrides or-semiconducteur. En effet, les nanoparticules plasmoniques, notamment les bâtonnets d'or, ont la capacité particulière d'absorber très efficacement la lumière grâce à leur résonance plasmonique de surface locale. Afin de permettre la production d'espèces réactives d'oxygène (ROS), ces nanoparticules plasmoniques seront couplées à des matériaux semiconducteurs. Dans ces nanomatériaux hybrides, l'absorption d'un photon infrarouge par la nanoparticule plasmonique conduit à un transfert d'énergie ou de charge (« électrons chauds ») dans le semiconducteur et permet la production d'espèces radicales d'oxygène cytotoxiques à la surface des nanoparticules. Par exemple, notre groupe a développé la synthèse de différentes nanostructures hybrides, dont Au/TiO<sub>2</sub> amorphe et Au/SiO<sub>2</sub>/Ag<sub>2</sub>S, et démontré leur efficacité à générer des radicaux hydroxyle dans un milieu physiologique sous excitation d'un laser dans le proche infrarouge. Afin d'améliorer le rendement de production de ROS, je développe de nouvelles nanostructures hybrides, comme CuInS<sub>2</sub>/ZnS - Au et Au/TiO<sub>2</sub> cristallin.

**Titre du poster :** Synthèse de nanoparticules hybrides plasmon semiconducteur pour la thérapie photodynamique

**Mots Clés :** Nanocristaux ; chimie de surface ; photocatalyse

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



**KHAIREH WALIEH Abdourahman, post-doctorant, LAAS, CNRS**

Les caméras enregistrent facilement l'intensité de la lumière, ce qui donne une information partielle concernant l'onde lumineuse. La détermination de la phase de l'onde lumineuse, qui est riche en information, nécessite des techniques plus sophistiquées. Ces techniques sont connues sous le nom de "imagerie de phase quantitative" ou QPI (Quantitative Phase Imaging en anglais).

Parmi ces techniques, la QLSI (Quadriwave Lateral Shearing Interferometry en anglais) permet de déterminer la phase à l'aide de principalement deux éléments: un réseau de diffraction et une caméra. La lumière traverse le réseau de diffraction puis se propage sur une distance de quelques millimètres. Au bout de cette distance, la caméra enregistre un interférogramme qui est ensuite travaillé avec la transformée de Fourier pour récupérer la phase et l'intensité. Néanmoins, cette technique présente des limitations face aux vortex optiques. L'objectif de mes travaux est de contourner ces limitations à l'aide d'une modulation de phase optimisée par descente de gradient et un modèle de réseau de neurones.

Tout d'abord, un modèle d'IA capable de récupérer le front d'onde lumineux est mis en place afin de reproduire le fonctionnement de la QLSI. Dans ce cas, le modèle montre une bonne performance. Au moment de la rédaction de ce résumé, le modèle de la récupération des phases avec les vortex est en cours de préparation et sera, comme prévu, présenté dans le poster.

**Titre du poster :** Récupération des fronts d'onde lumineux avec une modulation de phase optimisée et des réseaux de neurones.

**Mots-Clés :** Nanophotonique ; Nanocaractérisation ; Intelligence Artificielle

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## LAHOUATI Arnaud - Doctorant, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique/Aionobios

Lors de ma thèse, j'ai pour objectif de développer une méthodologie innovante pour accélérer la découverte de matériaux optiques avancés en couplant une synthèse laser à haut débit et algorithmes d'intelligence artificielle. Face aux difficultés souvent rencontrées inhérentes au temps de synthèse en chimie du solide, qui peuvent rendre difficile l'exploration de l'espace des phases complet. L'objectif est d'optimiser de manière automatisée et prédictive la conception de compositions chimiques complexes, par exemple, un système YAG dopés avec plusieurs terres rares.

La démarche expérimentale débute par la production rapide de matériaux variés via un protocole de broyage de précurseurs:  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  dans différentes proportions suivi d'un recuit laser. Les échantillons sont ensuite caractérisés par diffraction des rayons X, mesures de spectres de photoluminescence, microscopie optique et électronique pour déterminer leur cristallinité, leur morphologie et leurs propriétés optiques, constituant la base de données expérimentale .

La base de données ainsi constituée alimente des modèles de machine learning visant à prédire les conditions optimales de synthèse pour obtenir des performances ciblées (durée de cohérence, cristallinité de la matrice de  $\text{LaPO}_4$ , polarisation et intensité de la luminescence). Les algorithmes exploitent les corrélations entre paramètres de composition, conditions de recuit et propriétés mesurées, puis suggèrent de nouvelles formulations à tester, formant une boucle fermée d'optimisation accélérée: l'active learning.

Au-delà du système étudié pour le développement de la preuve de concept (phosphate de lanthane), l'approche est conçue pour être généralisable à d'autres classes de matériaux fonctionnels, ouvrant la voie à une plateforme de découverte automatisée à haut débit.

**Titre du poster:** Synthèse laser haut débit de phosphate de lanthane dopé Europium et optimisation du procédé par algorithmes de machine learning.

**Mots Clés :** Nanochimie ; Active Learning ; Intelligence Artificielle ; Synthèse laser ; Interaction lumière ; matière

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## LEYGONIE Tamina, Doctorante, LCMCP, Sorbonne Université

One of today's major energy challenges is the efficient and large-scale storage of renewable energy. Hydrogen is a promising candidate in this context, especially for long-term and high-capacity storage. To support a sustainable future, the development of green hydrogen production methods is essential. In the short term, improved alkaline and proton exchange membrane water electrolysis (PEMWE) technologies are expected to play a key role.

A major limitation in PEMWE is the use of large amounts of rare and expensive iridium-based catalysts at the anode. While previous research has shown that Ir-based catalyst performance can be tuned by modifying their chemical structure (composition, crystallinity) [1], the impact of catalyst porosity despite its role in mass transport remains underexplored.

In this work, porous IrO<sub>2</sub> catalysts with tunable architecture were developed to investigate the influence of porosity on PEMWE anode performance. The ultra-porous iridium-based catalysts are prepared by spray drying, adapting a previously reported methodology [2]. This technique involves atomizing a solution containing an iridium precursor and polymethyl methacrylate (PMMA) as a templating agent. Solvent evaporation forms composite particles, which are then calcined to remove the polymer and convert the precursor to IrO<sub>2</sub>. This process yields highly porous materials composed of Ir-based nanoparticles assembled into microporous, micrometer-sized spheres.

Porosity was systematically tuned by varying the PMMA size and the polymer-to-precursor ratio to determine optimal pore size and architecture. The materials were characterized using SEM, XRD, and gas physisorption. Electrochemical performance toward the oxygen evolution reaction was evaluated through ex situ studies.

[1] Marine Elmaalouf et al. The origin of the high electrochemical activity of pseudo-amorphous iridium oxides, *Nat. Commun.*, 2021, 12, 3935

[2] Marco Faustini et al. Hierarchically Structured Ultraporos Iridium-Based Materials: A Novel Catalyst Architecture for Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers, *Adv. Energy Mater.* 2019, 9, 1802136

**Titre du poster :** Optimization of the Electrochemical Performance Through Porosity of Iridium-Based Catalysts

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## LOPEZ NAVARRO Pedro, Doctorant, Laboratoire de Nanomédecine, Institut de Cancérologie Strasbourg Europe (ICANS)

Multiple Myeloma (MM) is the second most prevalent hematological cancer, characterized by frequent relapses and the development of resistance to existing therapies. Novel therapeutic strategies such as Proteolysis-Targeting Chimeras (PROTACs) and molecular glues (MGs) offer a promising alternative by selectively degrading disease-related proteins. Among these, Cereblon E3 Ligase Modulating Drugs (CELMoDs) targeting GSPT1 have shown relevant efficacy in MM. However, their clinical translation is limited by potential toxicity and restricted biodistribution.

To overcome these barriers, we developed a library of novel CELMoDs based on the Lenalidomide scaffold, specifically designed to target GSPT1. Following in vitro drug screening, we identified a potent lead compound with high degradation efficiency and cytotoxic activity against Myeloma cell lines. Proteomic profiling using mass spectrometry confirmed the compound's selectivity and specific degradation of GSPT1.

In order to increase the therapeutic index of protein degraders, we explored two nanocarrier-based strategies for the delivery of our lead CELMoD: 1) A passive targeting through a Bottlebrush Polymer (BBP) conjugate, designed to exploit the enhanced permeability and retention (EPR) effect to improve its circulation time and tumor accumulation; and 2) An active targeting via PLGA-based nanoparticles engineered for receptor-mediated uptake by MM cells, aiming to increase its cellular specificity and internalization.

For instance, in vivo studies demonstrated that BBP-CELMoD nanocarrier significantly improved pharmacokinetic properties, with prolonged systemic circulation and enhanced tumor growth inhibition, showing a promising therapeutic potential in the treatment of MM.

Altogether, our work highlights a promising step forward in making targeted protein degradation therapies more precise, effective, and safer for patients living with Multiple Myeloma.

**Titre du poster :** Protein degraders drug delivery in Multiple Myeloma

**Mots clés :** Nanobiosciences ; Nanoparticules ; Oncologie ; Cancer ; Pharmaceutique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## MATTA Rita, Post-doctorante, Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM), CNRS, Université Sorbonne Paris Nord

Titulaire d'un doctorat en microélectronique obtenu à l'École des Mines de Saint-Étienne (Centre Microélectronique de Provence - CMP), j'ai développé des microélectrodes (MEAs) flexibles pour l'électroporation cérébrale dans des modèles d'épilepsie, en combinant des techniques de microfabrication classiques (photolithographie, évaporation, gravure, CVD, etc.) et des méthodes d'impression (jet d'encre et impression 3D). Je poursuis actuellement mes travaux en tant que post-doctorante au Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM - CNRS, Université Sorbonne Paris Nord), où je conçois des dispositifs microélectroniques à base de diamant, notamment des diodes Schottky et des structures pour interfaces quantiques et bioélectroniques, avec un intérêt particulier pour la stabilité, la flexibilité et les nouvelles fonctionnalités offertes par ce matériau.

Ma thèse a porté sur la conception, la fabrication et la caractérisation de microélectrodes flexibles et transparentes destinées à l'électroporation cérébrale in vivo. Trois types d'électrodes ont été réalisés, chacun adapté à une configuration expérimentale spécifique :

Des MEAs à couches minces d'or sur substrat en Parylene C (PaC), fabriquées en salle blanche. La métallisation a été réalisée par évaporation thermique après photolithographie, suivie du dépôt d'une seconde couche de PaC en tant que couche isolante. Les ouvertures ont été définies par gravure ionique réactive (RIE), puis recouvertes de PEDOT:PSS, un polymère conducteur combinant conductivité ionique et électronique.

Des électrodes transparentes à base de PEDOT:PSS imprimées par jet d'encre à l'aide d'une imprimante Fujifilm DMP-2831, associées à des encres conductrices et diélectriques, ont été développées afin de permettre une stimulation électrique tout en conservant une transparence compatible avec l'imagerie biphotonique. Cette approche a permis d'obtenir un processus reproductible, flexible et économique, adapté au prototypage rapide de dispositifs implantables.

Des MEAs tridimensionnelles fabriquées par impression 3D (Phrozen Sonic Mini 8K), puis recouvertes de PaC et métallisées par évaporation d'or, afin d'obtenir des géométries complexes et profilées adaptées à la stimulation ciblée du cortex cérébral.

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



Les performances de ces électrodes ont été évaluées à travers des mesures électrochimiques telles que la capacité de stockage de charge (CSC), la capacité d'injection de charge (CIC), la spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS) (révélant une faible impédance à 1 kHz) et la voltammétrie cyclique (CV) (avec des réponses capacitives stables). Des mesures électriques ont également permis d'évaluer la conductivité (jusqu'à 360 S/cm pour le PEDOT:PSS imprimé) et la stabilité des interconnexions. Des tests *in vivo* ont également été menés dans des modèles murins d'épilepsie. Les électrodes visaient à délivrer des champs électriques localisés de forte intensité (High Frequency Irreversible Electroporation - H-FIRE), tout en restant compatibles avec l'imagerie optique haute résolution. Les tests *in vivo* ont montré une stimulation efficace, reproductible et ciblée, avec une augmentation immédiate du signal calcique intracellulaire dans un rayon de 200  $\mu\text{m}$ , démontrant l'efficacité de l'électroporation irréversible. Les électrodes transparentes ont permis une stimulation électrique simultanée à l'imagerie, validant la compatibilité optique du dispositif *in situ*. Enfin, les électrodes 3D à géométrie complexe, validées électrochimiquement, sont en cours d'évaluation pour des applications de stimulation ciblée dans les couches corticales profondes, avec une architecture conçue pour améliorer la focalisation du champ électrique.

Ces travaux interdisciplinaires, à l'interface de la microélectronique, des neurosciences et de la bioélectronique, qui font principalement l'objet du poster présenté dans le cadre cette école, ouvrent des perspectives vers de nouvelles architectures d'électrodes intégrant des matériaux innovants comme le diamant. Ce matériau, actuellement au cœur de mes recherches postdoctorales, représente une plateforme prometteuse pour des applications en microélectronique, quantique et bioélectronique, grâce à ses propriétés optiques, chimiques et mécaniques uniques.

**Titre du poster :** Électrodes flexibles et imprimées pour l'électroporation cérébrale, et perspectives vers des dispositifs diamantés

**Mots clés :** Nanoélectronique ; Nanobiosciences ; Nanofabrication ; Nanocaractérisation

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## MAY Arthur, Doctorant, Laboratoire Albert Fert, CNRS-Thales/ Université Paris Saclay

A la fin de mon Master, j'ai eu l'opportunité de pouvoir faire mon stage au sein du Laboratoire Albert Fert, dans lequel j'ai rejoint une équipe qui fabrique des « antennes quantiques » basées sur des jonctions Josephson. Durant mon stage j'ai découvert la théorie autour de ces dispositifs et la conception de composants comme des SQUIDs et des SQIFs ayant des possibilités d'application extrêmement variées. A la fin de mon stage, j'ai pu continuer de travailler dans ce groupe dans le cadre d'une thèse. Ma thèse est basée sur la « modélisation et la simulation de dispositifs à base de jonctions Josephson irradiées », en particulier des SQUIDs et des SQIFs.

Une jonction Josephson est composée de deux électrodes supraconductrices séparées par une barrière non-supraconductrice de taille nanométrique. Chaque électrode est caractérisée par une fonction d'onde. Celles-ci vont se rencontrer dans la barrière, mais ne vont pas forcément être en phase. Cette différence de phase dans la barrière, crée l'apparition d'un super-courant sans aucune tension appliquée. Avec l'application d'une tension aux bornes de la jonction, on génère alors une variation de la différence de phase qui entraîne une variation du super-courant.

Avec cette jonction, on peut fabriquer des dispositifs interférométriques appelés SQUID. Il consiste en une boucle supraconductrice dans laquelle on ajoute deux jonctions Josephson en parallèle. Ces dispositifs ont la capacité de détecter des variations de champ magnétique inférieures au quantum de flux. La réponse d'un SQUID est une tension périodique avec le champ magnétique et inversement proportionnelle à la surface de la boucle.

Cette réponse périodique empêche une mesure absolue du champ magnétique. Pour pallier ce problème, on peut fabriquer des chaînes de SQUIDs (SQIF) dont chaque surface est différente. La réponse du SQIF est alors la somme de la réponse de chacun des SQUIDs, ce qui nous donne la somme de signal périodique avec une période différente. Comme toutes les réponses sont minimales pour un champ magnétique nulle, un anti-pic apparaît autour de ce point. En plus de la perte de périodicité, on augmente la sensibilité et la linéarité de la réponse, sans dépendre de la fréquence du champ magnétique (DC jusqu'à quelques GHz). Ce sont ces dispositifs qui sont utilisés pour la création d'antenne quantique.

Durant ma thèse, mon objectif est de modéliser et simuler ces dispositifs au plus proche de la réalité possible. Le but sera ensuite de pouvoir essayer de nouveaux designs pour les antennes sans passer par un processus de fabrication complexe et coûteux.

**Titre du poster :** Simulation and modelling of devices based on irradiated Josephson junctions

**Mots clés :** Nanofabrication ; Nanocaractérisation ; Nanoélectronique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## MUZARD Sarah, Stagiaire, Institut Langevin, IOGS

Pour enrichir mes études d'ingénieur à l'Institut d'Optique Graduate School, j'ai rejoint en 2022 l'ENS Paris-Saclay ce qui a élargi ma formation à de nouveaux domaines de la physique et à l'enseignement. A cette occasion, j'ai préparé et été reçue 7ème au concours de l'Agrégation externe de physique en juillet 2024, ce qui a contribué à m'offrir une solide formation théorique et pratique en physique et en chimie. Mes différentes expériences de stages ont confirmé mon intérêt pour la recherche et ma volonté de poursuivre mes études avec une thèse.

Dans le cadre de mon stage, qui se poursuivra par un doctorat, je m'intéresse à l'interaction entre la lumière cohérente et des milieux nanoscopiques désordonnés, avec un accent particulier sur les phénomènes d'optique non linéaire. Mes travaux visent à explorer de nouveaux supports optiques pour la conversion de fréquence à l'échelle nanométrique, en combinant désordre structural, résonances optiques et contrôle du front d'onde.

Les approches conventionnelles de conversion non linéaire reposent souvent sur des dispositifs massifs ou des nanostructures résonantes fabriquées par des techniques complexes. Ces systèmes, bien que performants, sont généralement optimisés pour une seule longueur d'onde et présentent une faible adaptabilité. Une alternative prometteuse consiste à introduire du désordre dans des systèmes résonants : des couplages aléatoires entre résonateurs permettent d'obtenir des propriétés optiques à large bande tout en simplifiant les procédés de fabrication. De plus, un milieu désordonné qui diffuse efficacement la lumière offre de nombreux degrés de liberté pour contrôler la propagation de l'onde, via le façonnage de front d'onde en champ lointain. Il apparaît alors possible de compenser l'apparente complexité du désordre pour optimiser les réponses optiques non linéaires.

Je développe actuellement une nouvelle plateforme expérimentale basée sur des nanosphères colloïdales de phosphore de gallium (GaP), un matériau non linéaire à faible absorption dans le visible et le proche infrarouge. L'objectif de ce projet est double : d'une part, caractériser les effets non linéaires à l'échelle d'un seul nano-résonateur ; d'autre part, exploiter des assemblages désordonnés de ces particules pour réaliser des mélanges à trois ondes (SPDC, SFG) à large bande, via des stratégies de façonnage du front d'onde. Je souhaiterais ainsi présenter un poster sur ces travaux à l'occasion de l'école d'été, intitulé « Contrôle de front d'onde dans des milieux nanophotoniques désordonnés non-linéaires ».

**Titre du poster :** Contrôle de front d'onde dans des milieux nanophotoniques désordonnés non-linéaires

**Mots clés :** Nanophotonique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## NEAU Dylan, Doctorant, IMN, SAFT

Mon sujet de recherche concerne l'analyse operando des mécanismes au sein de batteries Zn/MnO<sub>2</sub>. Bien que les batteries lithium-ion (LIB) soient aujourd'hui la technologie de stockage d'énergie la plus largement utilisée, les batteries zinc-ion (ZIB) ont récemment attiré l'attention en tant qu'alternative parmi les plus prometteuses, offrant une option plus sûre, exempte d'électrolytes toxiques et inflammables. Les ZIBs, ou plus précisément les batteries Zn/MnO<sub>2</sub> fonctionnant dans un électrolyte légèrement acide (ZnSO<sub>4</sub>), présentent de nombreux avantages, notamment une capacité spécifique théorique élevée, une sécurité accrue, une faible toxicité et un faible coût, un respect de l'environnement, ainsi qu'une abondance des matières premières. Les performances électrochimiques des ZIBs proviennent principalement de l'électrode positive à base de MnO<sub>2</sub>, ce qui rend la compréhension des mécanismes à l'interface MnO<sub>2</sub>/électrolyte particulièrement importante. Cependant, la complexité de la chimie impliquée a conduit à des interprétations contradictoires des mécanismes fondamentaux régissant le fonctionnement des ZIBs depuis leur apparition. Quelques années après les travaux de Xu sur le mécanisme d'insertion de Zn<sup>2+</sup>, plusieurs hypothèses ont vu le jour, notamment la co-insertion H<sup>+</sup>/Zn<sup>2+</sup>, la conversion de H<sup>+</sup>, et plus récemment, le mécanisme d'électrodissolution/électrodéposition. Bien qu'un consensus définitif n'ait pas encore été atteint, les recherches récentes tendent à converger vers cette dernière hypothèse. La crédibilité de ce mécanisme est en outre renforcée par l'inclusion du composé Zn<sub>4</sub>(SO<sub>4</sub>)(OH)<sub>6</sub>·5H<sub>2</sub>O (ZHS), une phase observée expérimentalement depuis longtemps mais restée inexplicée dans les premiers modèles. Le projet de doctorat proposé, issu d'une collaboration entre SAFT et l'IMN, a pour objectif la mise en œuvre d'un ensemble d'outils de diagnostic operando complémentaires développés au sein de l'IMN. Une attention particulière sera portée à la spectroscopie Raman, combinée à la microscopie confocale et à des techniques d'amplification du signal telles que SERS et SHINERS. Par ailleurs, des mesures gravimétriques (EQCM, permettant d'étudier la dynamique de dissolution-déposition) ainsi que des analyses par FIB-SEM, couplées à la spectroscopie Raman et à l'analyse EDX pour une cartographie tridimensionnelle de la composition, seront également intégrées.

La technique d'amplification du signal Raman SHINERS repose sur l'utilisation de nanoparticules d'or, il y a donc un aspect intéressant à la fois au niveau de la synthèse de ces nanoparticules qui présente plusieurs challenges, et également au niveau de la caractérisation elle-même qui résulte d'une amplification très localisée (<10nm).

**Titre du poster :** Operando characterisation of the MnO<sub>2</sub>/electrolyte interface in Zn-ion batteries

**Mots clés :** Nanophotonique ; Nanocaractérisation ; Nanochimie

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## NOIREL Marc, Doctorant, Institut Fresnel, CNRS

Diplômé de l'école Centrale Méditerranée de la promotion 2021-2024, j'ai commencé une thèse en nanophotonique sous la direction de Nicolas Bonod depuis novembre 2024.

Mon sujet de thèse s'intitule Développement de métasurface pour la détection de molécules chirales, plus précisément je cherche à obtenir un design facilement productible de métasurface achirale permettant une détection efficace des asymétries moléculaires. Dans un premier temps, je modélise numériquement plusieurs de ces métasurfaces, puis l'objectif serait de tester expérimentalement les design optimaux ; l'idéal serait de prévoir théoriquement le lien entre résonances magnétique et électrique en champ lointain et une grandeur en champ proche nommée densité de chiralité.

Les aspects quantiques de ma discipline m'intéressent également dans un second temps.

**Titre du poster :** Nanophotonic chiral sensing with achiral metasurfaces.

**Mots clés :** Nanophotonique ; Nanofabrication

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## PAPALETSIUO Alexandra, doctorant, IMN UMR CNRS 6230 & CEISAM, Nantes Université

Mes travaux de thèse s'inscrivent dans la capacité à exploiter l'énergie lumineuse pour réaliser des transformations aussi bien chimiques, que mécaniques. Ce dernier type de transformation représente un champ d'études fascinant, présent dans les processus naturels que sont la vision et la nyctinastie. Parvenir à mimer cette conversion d'énergie grâce à des molécules et à des matériaux organiques choisis stimule actuellement des recherches particulièrement dynamiques pour la production de valves photoactivables, de connecteurs, de patches médicamenteux, de capteurs mécaniques ou encore de photoconvertisseurs solaires.

Je serai appelée à mettre en œuvre des matériaux photoélastiques, cristallins ou amorphes, aptes à fondre, à se contracter / s'expandre, ou encore à s'orienter sous l'effet de la lumière. Pour ce faire, j'exploiterai des molécules photochromes, déjà synthétisées au laboratoire et dotées de longues chaînes alkyles (et ultérieurement de chaînes cristaux liquides) pour faciliter les mouvements coopératifs après modification photoinduite de leur géométrie, et ainsi obtenir des mouvements amplifiés. Des dispositifs optiques dédiés, équipés de différentes sources lumineuses, polarisées ou non, et couplées à des mesures mécaniques, seront utilisés pour sonder in situ la déformation des matériaux et quantifier les propriétés rhéologiques (viscosité, élasticité, rigidité). Un tel couplage à l'échelle nanométrique requerra un contrôle des interfaces et des conditions opératoires pour fournir des analyses fiables à l'échelle de nano-objets. Par ailleurs, les caractérisations classiques des matériaux (zetamétrie, microscopie électronique, spectroscopie UV-vis-IR) seront réalisées pour évaluer toute modification des interactions intermoléculaires.

Les matériaux résultants trouveront des applications en imagerie acoustique et dans la modulation de l'organisation de nanoparticules magnétiques et optiques pour le stockage de l'information.

Mes premiers travaux de thèse, débutés en février, ont porté sur la découverte de transitions de phase amorphe-cristal photoinduites sur des nanoparticules photochromes en solution.

**Titre du poster :** Photoinduced crystalline transition of photochromic nanoparticles

**Mots clés :** Photochromisme ; Nanoparticules ; Transition amorphe ; cristal ; Déformation photoinduite ; Applications optoélectroniques

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



PATRY Loïc, Ingénieur en Développement de Nanostructures. CNRS,  
laboratoire Aimé Cotton, Paris Saclay

Aujourd'hui je travaille dans la synthèse, le dépôt et la caractérisation de Nanostructures pour le stockage et la conversion de l'énergie.

**Mots clés :** Nanoénergie ; Nanofabrication ; Nanocaractérisation

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



PULCINARO Federica, Doctorante, Laboratoire ITODYS, équipe NanoCat,  
Université Paris Cité

Depuis 2024, je suis doctorante à l'Université Paris Cité, dans l'équipe NanoCat du laboratoire ITODYS. Mon projet porte sur l'optimisation de réactions d'hydrogénation de transfert catalysées par des nanoparticules (NPs) bimétalliques synthétisées par la méthode Polyol. L'accent est mis sur des métaux magnétiques (Co, Ni) facilement récupérables, dans une optique d'upcycling par dépolymérisation de polymères. J'ai appris à synthétiser des catalyseurs bimétalliques (CoRu, CoNi, CoCu), et à les caractériser (DRX, MET, XPS, EDS). Le système vise à déshydrogéner le 2-heptanol et à transférer l'hydrogène produit pour l'hydrogénation de substrats difficiles comme les carbamates. Plusieurs essais ont été menés sur le méthylphénylcarbamate, utilisé comme substrat modèle, mais l'aniline et le méthanol attendus n'ont pas été détectés. Des substrats alternatifs (amides, esters) ont alors été testés. Des variations de paramètres réactionnels (rapport NPs/solvant, substrat) ont été explorées. L'analyse (RMN, GC-MS) a révélé une hydrogénation du cycle aromatique plutôt que de la liaison C–N, confirmant l'activité du ruthénium pour ces cycles. La sélectivité doit donc être améliorée. La littérature suggère que l'ajout d'une base pourrait orienter la réaction, bien que le mécanisme reste mal compris. Actuellement, plusieurs pistes sont explorées : développement de nouveaux catalyseurs supportés, séparation des deux étapes dans un réacteur en forme de H pour éviter les réactions indésirables et pour optimiser séparément les catalyseurs de déshydrogénation et d'hydrogénation. Lors de l'école d'été, je présenterai mes travaux sous la forme d'un poster intitulé « Optimization of bimetallic nanocatalysts for carbonyl substrates hydrogenation through hydrogen transfer ».

**Titre du poster :** Optimization of bimetallic nanocatalysts for the hydrogenation of carbonyl substrates by hydrogen transfer.

**Mots clés :** nanosciences, nanofabrication, nanocaractérisation, nanochimie, nanocatalyse, nanomagnétisme

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## ROBERT Achille, Doctorant, Institut des Nanosciences de Paris (INSP), CNRS

Ma thèse fait partie d'un projet ANR regroupant expérimentateurs et théoriciens, issus de laboratoires de l'INSP, du LPENS et de l'ESPCI. Nous étudions des boîtes quantiques colloïdales, depuis leur synthèse (à l'ESPCI) jusqu'à leur caractérisation expérimentale (INSP) et théorique (LPENS). Nous cherchons à caractériser ces boîtes dans un régime d'excitation à haute puissance, dans un régime à multi-excitons. Ma thèse englobe la partie théorique de ce projet, je cherche à modéliser et caractériser le couplage lumière-matière de boîtes quantiques sphériques dans le régime de multi-exciton. Dans mon approche, je conçois un modèle théorique que je teste à partir de simulations numériques. Ces simulations permettent de vérifier la vraisemblance de mon modèle grâce à des cas précis où l'on connaît analytiquement le résultat attendu. Une fois le modèle vérifié, nous appliquons les simulations à des structures concrètes (correspondant à des échantillons réalistes) pour obtenir des prédictions sur le comportement (niveaux d'énergie, force d'oscillateur) des excitons confinés. Ces résultats ne sont plus analytiques, l'approche numérique fournit des données permettant à l'équipe expérimentale de mieux comprendre le comportement de leurs échantillons. De plus, ces simulations permettent aussi de trouver des structures et dimensions de boîtes intéressantes (en terme de force d'oscillateur) pour l'étude expérimentale.

Dans mon poster, intitulé "Theoretical treatment of electron-hole correlation in spherically symmetric quantum dots", je présenterai mon premier modèle et les simulations associées. Le modèle décrit le confinement d'un exciton dans une boîte quantique sphérique en fonction du choix des dimensions et de la structure. Le modèle est basé sur les corrélations électron-trou qui permettent de mieux modéliser l'interaction de Coulomb et donc décrire avec une plus grande précision le confinement de l'exciton. Dans un premier temps, on étudie la convergence du modèle en termes d'énergie de Coulomb et de force d'oscillateur pour des tailles de boîtes croissantes. Pour montrer que le modèle est adapté, on se base sur les résultats analytiques d'un exciton dans un matériau bulk. Ainsi, pour des grands rayons de la boîte, l'énergie de Coulomb et la force d'oscillateur doivent tendre vers ceux attendus dans la bulk. En particulier, cela montre que ce modèle est adapté au régime de confinement intermédiaire dans lequel la taille de la boîte est de l'ordre du rayon de Bohr de l'exciton. Les résultats sont comparés à d'autres méthodes (méthode perturbative et méthode itérative) pour avoir un aperçu des conditions dans lesquelles il est intéressant d'utiliser mon modèle. D'autre part, ce modèle décrit plus précisément les caractéristiques des boîtes quantiques colloïdales du type Cœur/Coquille\_1/Coquille\_2 qui sont celles auxquelles s'intéresse principalement l'équipe expérimentale dans le cadre de l'ANR.

**Titre du poster :** Theoretical treatment of electron-hole correlation in spherically symmetric quantum dots

**Mots clés :** Nanophotonique ; Nanocaractérisation

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



SAUTEL Valère, Doctorante, Centre de nanosciences et de nanotechnologies,  
CNRS

L'interaction atome-photon joue un rôle clé en science et technologie de l'information quantique. Afin de permettre un échange d'information efficace entre l'atome et le photon, la communauté scientifique s'efforce de renforcer cette interaction. L'utilisation de nanostructures photoniques intégrées, telles que des guides d'ondes optiques à modes lents, est un des moyens d'y parvenir. Ce domaine ouvre la voie à l'électrodynamique quantique des guides d'ondes.

Notre équipe, au C2N, travaille à la conception et à la fabrication de guides d'ondes à cristaux photoniques présentant des modes optiques lents. Nous collaborons avec l'équipe d'optique quantique du LKB, qui se concentre sur le piégeage d'atomes de rubidium ultra-froids. Le piégeage de ces atomes à proximité de guides d'ondes à cristaux photoniques soigneusement conçus permet un fort couplage atome-photon sans cavité.

Mon travail s'est concentré sur l'ingénierie de la structure de bande des cristaux photoniques afin d'optimiser les guides d'ondes à nanostructures à base de cristaux photoniques compatibles avec les atomes de rubidium présentant une transition optique à 780 nm. Les structures doivent être capables de propager le laser sonde à 780 nm et les lasers utilisés pour piéger les atomes à leur proximité avec un minimum de pertes.

J'ai également travaillé sur les différents composants nanophotoniques entourant les guides d'ondes à cristaux photoniques en mode lent, qui doivent permettre un couplage efficace de la lumière provenant de l'espace libre vers le guide d'ondes lent.

**Titre du poster :** Photonic crystal nanostructures for strong atom-photon interaction in a quantum network

**Mots clés :** Nanophotonique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyrand, 22 430, ERQUY



SCHOKKAERT Rowan, Doctorant, ICGM-D1/D3, l'université de Montpellier

This thesis begins with the sol-gel synthesis of mesoporous silica nanoparticles (MSNs), chosen for their high surface area, tunable pore structure, and broad use in biomedical applications. These MSNs are subsequently converted into Cerium-doped yttrium silicate by impregnating them with yttrium and cerium precursors, followed by controlled thermal treatment process to induce crystallization and achieve luminescence properties while guarding the nanoscale. The ultimate objective is to develop colloiddally stable nanoscintillators, capable of emitting light upon exposure to ionizing radiation. These nanoscintillators are intended to be coupled with photosensitizing agents, enabling a synergistic combination of radiation therapy (RT) and photodynamic therapy (PDT). This dual-modality approach aims to enhance therapeutic efficacy, particularly in treating deep-seated tumors, where conventional photodynamic therapy is limited by the penetration depth of external light sources.

**Titre du poster :** Nanoscintillating yttrium silicate synthesis via nanocasting

**Mots clés :** Nanoparticles ; Nanoscintillator ; MSN ; Nanocasting ; Yttriumsilicate ; Cancer ; PDT

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## SOUN Dalin, Doctorante 1ère année, Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS), Université de Toulouse

### Gradient-Based Optimization of Core-Shell Particles with Discrete Materials for Directional Scattering

The design of nanophotonic structures is a typically ill-posed inverse problem. In consequence it cannot be solved directly and is usually tackled with optimization methods. Furthermore, nanophotonic design problems often involve discrete parameters such as real materials, which are typically solved using costly global optimization methods [1]. To circumvent the slow convergence of global optimization, methods to make the problem continuous are commonly used. Topology optimization, for example, uses smooth interpolation between discrete materials during optimization [2]. However, such techniques often introduce a more or less severe physical error in the design evaluation and can be difficult to generalize to more than two possible materials. Here, we introduce an alternative approach that leverages generative deep learning (specifically a Wasserstein Generative Adversarial Network with Gradient Penalty, WGAN-GP) [3]. We use the generative model to map discrete parameter sets into a continuous latent space, enabling direct gradient-based optimization. An additional neural network is employed as a differentiable surrogate model. Note that this could be replaced also by automatic differentiation implementations of the physical models.

We demonstrate the efficacy of this methodology by optimizing the directional scattering properties of core-shell particles composed of a selection of several realistic materials. Our analysis reveals significant improvement in computational efficiency, achieving around 1% residual error compared to around 10% using global optimization with the same compute budget. Additionally, the method allows us to derive suggestions for core-shell geometries with strong forward scattering and minimized backscattering. We found that silicon core spheres with dielectric shells are very interesting candidates.

This framework is not limited to nanophotonics; it could be applied to any other discrete problem across science and engineering, such as metamaterial science problems, synthesis protocol optimization in chemistry, the optimization of material composition for specific material properties or process automation with binary triggers as system parameters.

[1] L. Kuhn, T. Repän, C. Rockstuhl. Scientific Reports 12.1, 19019 (2022)

[2] J.S. Jensen and O. Sigmund, Laser & Photonics Reviews 5.2, 308 (2011)

[3] D. Soun, A. Azéma, L. Roach, G.L. Drisko, P.R. Wiecha, arXiv:2502.13338 (2025)

**Titre du poster :** Gradient-Based Optimization of Core-Shell Particles with Discrete Materials for Directional Scattering

**Mots clés :** Nanophotonics ; AI for Physics ; Deep learning

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025  
Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



TCHOUEKEM Hulerich Camel, Doctorant, Institut de physique de Rennes,  
Université de Rennes

Recently, the metal-assisted exfoliation of transition-metal dichalcogenides (TMDs) has emerged as a promising method for producing large-area, high-quality monolayers (MLs) thanks to the covalent-like quasi-bonding (CLQB) interaction at the interface between the first TMD layer and the metal substrate. This noble metal-assisted exfoliation method has been demonstrated for more than 40 different layered materials [1], opening up a new area for systematic studies of the richness of the electronic phases of the TMDs at the single layer limit. However, although this method allows record lateral sizes to be obtained, the very strong coupling at the TMD/metal interface drastically alters both the atomic and electronic properties expected for a free-standing ML, and further prevents the elaboration of twisted TMDs heterostructures using the 'tear and stack' method. In this communication, we present ARPES, Raman and photoluminescence (PL) measurements performed on MoS<sub>2</sub> monolayer exfoliated on Au. After highlighting the strong impact of the Au substrate on the MoS<sub>2</sub> electronic band structure and vibrational properties, we explore the possibility of weakening the CLQB interaction at the TMD-Au interface by controlling the formation of an intermetallic AuAl<sub>2</sub> alloy using Al as adhesion layer with 1:2 atomic ratio and annealing procedure in a controlled atmosphere.

**Titre du poster :** Control of large area 2D crystals noble metal interactions via interfacial alloying

**Mots clés :** Gold assisted exfoliated ; Transition metal dichalcogenides ; Raman spectroscopy ; Electronic properties

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



VASILJEVIC Sandra, Ingénieur de recherche, Laboratoire de Physique de  
l'Ecole Normale Supérieure, CNRS

Ma thèse portait sur l'étude du graphène dans la configuration de transistor à effet de champ, ses propriétés électroniques et électrochimiques avec une application dans le domaine des biocapteurs et de l'électronique imprimée. Lors de ma thèse, j'ai développé une encre imprimable en graphène qui est aujourd'hui utilisée pour des impressions de circuits électroniques (thèse soutenue en janvier 2021 à Université Paris Cité, Laboratoire ITODYS sous la direction de Benoît PIRO).

Après ma thèse, je me suis dirigée vers le domaine de la nanofluidique en post doctorat (Laboratoire de Physique de l'ENS, sous la direction de Lydéric Bocquet). Je me suis intéressée au transport des ions dans des canaux nanofluidiques fabriqués à partir d'assemblages de matériaux 2D (graphène, hBN). Nous avons étudié l'influence du confinement présent dans des nanocanaux sur la friction à l'interface liquide/solide.

Depuis juin 2023, j'exerce les fonctions d'ingénieur de recherche dans le même établissement. Mon sujet de recherche actuel est centré autour de la compréhension des phénomènes à l'échelle nanométriques, tel que l'électrochimie à l'interface de graphène, le transport des fluides, transport des ions ainsi que des molécules uniques au travers des canaux nanofluidiques. Pour cela, je suis en charge de la nanofabrication autour des matériaux 2D. Par ailleurs, je m'intéresse à caractériser les dispositifs nanofluidiques au travers des caractérisations électriques et optiques. Le poster que je souhaite présenter lors de l'école présente les étapes de nanofabrication que je maîtrise ainsi que les applications des systèmes fabriqués et leurs caractérisations.

**Titre du poster :** Van der Waals assemblies based on 2D materials for nanofluidic devices'

**Mots clés :** Nanofabrication ; Nanocaractérisation ; Nanofluidique

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



## ZORAI Amel – Postdoctorante, Centre de nanosciences et de nanotechnologies, CNRS

Titulaire d'un doctorat en Sciences des Matériaux et actuellement postdoctorante depuis Janvier 2025 au Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N), je participe au projet PANACHE financé par PSINano, qui vise à développer de nouveaux photo-catalyseurs à base de nanofils de GaN (bande interdite  $\sim 3.4$  eV) ou InGaN ( $\sim 1.5$  eV), synthétisés par épitaxie sur substrat de silicium, fonctionnalisés à l'aide de nanoparticules métalliques (Pt, Cu, Ni), synthétisées à la surface des nanofils par radiolyse. Ce projet interdisciplinaire s'étend de la synthèse par épitaxie et radiolyse à l'application en photocatalyse pour la production d'H<sub>2</sub>, en passant par la caractérisation des matériaux et l'étude de la dynamique des porteurs de charges (photo-courant, CV, conductivité microonde résolue en temps TMRC...).

Ma thèse, conduite entre l'Université de Béjaia (Algérie) et l'Université Paris-Saclay (Institut de Chimie Physique), portait sur la synthèse radiolytique et la caractérisation de nanoparticules magnétiques de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> et CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. j'y ai acquis une expertise avancée en nanomatériaux, complétée par la maîtrise de techniques telles que la diffraction des rayons X, la microscopie électronique en transmission (TEM) et la magnétométrie SQUID. Deux articles ont été publiés dans ce cadre.

Pendant mon poste ATER à l'Université Sorbonne Paris Nord (09/23-08/24), j'ai eu l'opportunité de contribuer au projet ANR NanoKFT sur des nanoparticules fonctionnalisées pour des applications biomédicales.

Fin 2024, j'ai également occupé un poste de postdoctorante pendant trois mois à l'ICP, où j'ai travaillé sur la chimie ultrarapide du radical nitrate par radiolyse picoseconde sur la plateforme ELYSE, en collaboration avec le CEA Marcoule. Un article est en cours de rédaction.

**Titre du poster :** Photocatalytic GaN/InGaN Nanowires for Green Hydrogen Production

**Mots clés :** Nanomatériaux ; Nanofils GaN et InGaN ; Production d'H<sub>2</sub> vert ; Photocatalyse

# École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 29 juin au 4 juillet 2025

Centre Roz Armor - 47, Rue de la Fossé Eyraud, 22 430, ERQUY



ZOUGGAGH Sara, Doctorante, Institut Charles Sadron, CNRS, Strasbourg, et  
Laboratoire de Chimie, ENS Lyon, CNRS

La synthèse de produits chimiques énantiopurs est essentielle pour les industries pharmaceutiques, agricoles et alimentaires. Bien que les réactions énantiosélectives reposent traditionnellement sur des systèmes homogènes avec des catalyseurs moléculaires, le développement de réactions asymétriques à l'aide de catalyseurs hétérogènes reste un défi.

Dans ce projet, nous cherchons à combiner les propriétés uniques des nanofils d'argent plasmoniques avec la réactivité asymétrique, afin de réaliser des réactions photocatalytiques hétérogènes et asymétriques contrôlées par des plasmons. Notre travail se concentre sur une réaction bien connue : la photodimérisation de l'anthracène catalysée par la cyclodextrine. Sous irradiation directe et en présence de gamma-cyclodextrine, l'acide 2-anthracène carboxylique peut se dimériser pour produire quatre régioisomères : syn et anti head-to-head ou head-to-tail, parmi lesquels deux sont chiraux. La photodimérisation en solution est suivie par spectroscopie UV-vis, dichroïsme circulaire et RMN.

Pour les manipulations à venir, la pulvérisation à incidence rasante (GIS) sera utilisée pour assembler des nanofils d'argent en films minces monocouches et multicouches orientés avec une orientation et un espacement bien contrôlés. La GIS sera combinée à l'approche couche par couche (LbL) pour construire des superstructures multicouches chirales comprenant de la gamma-cyclodextrine. La structure de l'assemblage sera caractérisée à l'aide de différentes techniques de microscopie, tandis que les propriétés optiques seront mesurées en combinant différentes approches spectroscopiques et polarimétriques (y compris la spectroscopie UV-Vis-NIR polarisée, l'ellipsométrie, la spectroscopie FTIR et CD). Ces métasurfaces chirales plasmoniques seront utilisées comme catalyseurs plasmoniques pour modifier l'énantiosélectivité de la photodimérisation de l'anthracène. L'énantiosélectivité de la réaction sera évaluée en utilisant la HPLC chirale pour déterminer l'excès énantiomérique des produits chiraux.

**Titre du poster :** Métasurfaces plasmoniques chirales pour la photocatalyse asymétrique.

**Mots clés :** Nanochimie ; Nanocaractérisation ; Nanocatalyse ; Plasmonique ; Métasurfaces chirales ; Auto ; assemblage