

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

BIENVENUE À LA DEUXIÈME ÉDITION DE L'ÉCOLE RÉSIDENTIELLE ERIN²C'NANO !

Labélisée école thématique du CNRS, la deuxième édition de l'école résidentielle ERIN²C'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 (≤ 5 ans), qu'ils soient chercheurs ou ingénieurs, et aux doctorants et post-doctorants, pour leur permettre de s'imprégner de la culture interdisciplinaire nécessaire au développement des nanos. Elle s'adresse également aux chercheurs en nanosciences souhaitant élargir leurs activités de recherche à des domaines transdisciplinaires.

Cette école abordera les concepts fondamentaux et expérimentaux dans de nombreuses disciplines des nanos (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 8 cours magistraux pédagogiques, 4 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'une conférence sur l'Histoire des Nanosciences et d'une soirée jeu "La Fresque du climat".

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 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Programme

Heure	Dimanche 2	Lundi 3	Mardi 4	Mercredi 5	Jeudi 6	Vendredi 7
8h30		Fondamentaux sur les interactions Lumière-Matière (S. BIDAULT)	Fondamentaux en synthèse de nanomatériaux (D.PORTEHAULT)	Introduction aux interactions entre nanomatériaux et vivant, approches toxicologiques (T.RABILLOUD)		
9h00						
10h		Pause café & thé	Pause café & thé	Pause café & thé	Ateliers pratiques	S3-Application des interactions Lumière-Matière en nanobiosciences (S. BIDAULT)
11h		Absorption X pour la caractérisation des nanos (E.FONDA)	Introduction au magnétisme des nano-objets et des nanostructures (V.REPAIN)	S2-Nanoparticules magnétiques : de la synthèse aux applications (L-M.LACROIX)		S4-Transport électronique à l'échelle nanométrique (B. GRANDIDIER)
12h		Déjeuner	Déjeuner extérieur	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner
13h		Réactivité électrochimique interfaciale (I.T. LUCAS)				S5-Microscopie de fluorescence hyper-résolue à partir de méthodes de sondes locales (G. SCHULL)
14h	Accueil	S1 -Nanotubes de carbone & graphène : Synthèse et application S.FARHAT	Activités culturelles et sportives	Atelier projet	Ateliers pratiques	Départ
15h		Pause café & thé				
16h	Fondamentaux sur la nanofabrication (B.BARTENLIAN)	Temps libre ou randonnée pour les courageuses et courageux	Histoire des nanotechnologies et de son impact... (G.RIZZA)			
17h	Fondamentaux en ingénierie des colloïdes (F.GAUFFRE)	Fresque du climat partie 1	Dîner	Dîner		
18h		Dîner				
19h						
20h	Dîner					
21h		Bar des sciences Développement durable, la transition énergétique & enjeux climatiques	Session Poster	Restitution atelier projet	Soirée de gala	
22h	Session Poster					
23h						

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Dimanche 2

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Cours

Fondamentaux sur la nanofabrication

Intervenant : Bernard BARTENLIAN (Université Paris Saclay – C2N)

Description du cours

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

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-impression, 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 Merve), 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.

Certaines techniques d'observation et d'analyse (microscopie électronique à balayage, optiques, mesures optiques pour remonter à des informations sur la structure) seront abordées dans

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

l'Atelier "caractérisation structurale". Le contenu de ce cours sera également enrichi par l'atelier Nanofabrication et salle blanche : jeu de plateau "Mano-Litho".

Plan prévisionnel

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

- 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 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Cours

Ingénierie des colloïdes : stabilité, chimie de surface et assemblages

Intervenant : 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 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Lundi 3

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

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 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Cours

Spectroscopie d'absorption des rayons-x et nanomatériaux

Emiliano Fonda (Synchrotron SOLEIL)

Description de l'atelier

La spectroscopie d'absorption des rayons-x est une sonde de l'ordre local d'un élément, elle permet de trouver des informations structurales là où l'ordre à grande distance est absent. Cette technique peut s'appliquer à tout élément du tableau périodique et pour la plupart du temps sur une gamme énergétique au de-là de quelque keV, permettant de traverser fenêtres, environnements complexes et étudier des systèmes dans leur milieu de réaction. Malgré le facteur limitant soit la nécessité d'employer le rayonnement synchrotron, le XAFS (x-ray absorption fine structure) a gagné une place importante dans la caractérisation des nanomatériaux, spécialement ceux utilisés pour la catalyse ou l'électrocatalyse.

Nous aborderons d'abord les bases de cette spectroscopie pour arriver à comprendre les types d'informations qu'on peut obtenir avec un particulier regard pour les nanomatériaux où les nombre d'atomes à la surface d'un objet sont une fraction très importante du nombre total.

Nous discuterons à la suite une série d'exemples dans la gamme des rayons x durs pour en illustrer les avantages et les limites.

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Cours

Réactivité électrochimique interfaciale - Application au stockage et à la conversion de l'énergie

Intervenant : Ivan LUCAS (Sorbonne Université - LISE, Paris / Nantes Université – 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. **Fondamentaux sur la réactivité électrochimique interfaciale**
La réaction est-elle possible, est-elle rapide ?
- II. **Introduction aux méthodes électrochimiques**
*Quelle technique choisir, comment la mettre en œuvre ? Comment interpréter les résultats (analyses *operando* couplées) ?*
- III. **Caractérisation des propriétés interfaciales de (nano)matériaux en fonctionnement**
Exemple de la Spectroscopie Raman exaltée (SERS/SHINERS)

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Séminaire

Nanotubes and Graphene: Synthesis and Applications

Samir FARHAT (Université Sorbonne Paris Nord - LSPM)

Course description

The exploration and manipulation of matter at the atomic scale saw the birth of a revolution with exciting prospects. Also, nanoscience and nanotechnology, but also a set of words where the prefix “nano” is attached to the nouns “object”, “material” etc... designate today a grouping of scientific fields under a spatial scale between one and a few hundred nanometers. Carbon nanotubes and graphene are the building blocks of nanoscience and nanotechnology. In addition to their historical importance in the genesis of carbon, they have shaped modern science in fields as varied as fundamental and applied physics, chemistry, materials science and biology. They form a model system for the study of electronic transport in one and two dimensions and also constitute new challenges for the study of interfacial phenomena and the relationships between processes and properties. This course provides a comprehensive understanding combining recent experimental and theoretical approaches for graphene and nanotubes-based nanotechnology and includes a review of key applications. After a brief history behind the discovery of these low dimension materials, the topics addressed are structure, physical and chemical properties, synthesis methods, growth mechanisms, modeling, and simulation. Particular attention will be given to the chemical vapor deposition process used to synthesize not only nanotubes and graphene but also a plethora of other 2D materials as well as their heterostructures.

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Bar des sciences

LA FRESQUE DU CLIMAT

Présentation de la fresque du climat

Le créateur du jeu la Fresque du Climat est Cédric Ringenbach, ingénieur centralien, ancien directeur du think-tank The Shift Project et enseignant sur les problématiques énergie-climat ayant étudié en détail les 4e et 5e rapports du GIEC.

Lors d'un cours sur le climat, il a expérimenté avec ses stagiaires un format d'atelier et leur a proposé de remettre dans l'ordre une quinzaine de graphiques du GIEC. En les observant interagir ensemble pour y arriver, il s'est rendu compte de l'extraordinaire potentiel pédagogique de cet exercice et a décidé de réitérer l'expérience lors de chacun des cours qu'il donnait. Il a donc amélioré le support jusqu'à sa forme actuelle, puis l'a partagé sous licence Creative Commons.

Fin 2018, Cédric a créé l'association La Fresque du Climat afin d'assurer la diffusion la plus large possible de cet outil. Un premier objectif est annoncé : sensibiliser plus de 1 million de personnes dans le monde, ce qui est désormais fait.

BASE SCIENTIFIQUE ET POSITIONNEMENT

Toutes les données utilisées dans les cartes de la Fresque proviennent des rapports du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) qui font consensus au sein de la communauté scientifique mondiale.

Tout comme le GIEC, la Fresque n'a pas pour but de donner des conseils sur les solutions, mais des informations objectives et utiles à la décision.

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Mardi 4

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Cours

Synthèse de nanomatériaux

Intervenant.e.s : 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

- Mécanisme classique de nucléation croissance
- Conséquences pour contrôler la taille et la forme: cinétique vs. Thermodynamique
- Synthèses assistées par chauffage micro-ondes

II. Mécanismes de cristallisation non classique

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

III. Approches alternatives vers de nouveaux nano-objets

- Echanges cationiques et anioniques dans des nano-objets
- Déplacement galvanique dans des nano-objets
- Insertion dans des nanocristaux métalliques
- Réactivité en sels fondus

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Introduction au magnétisme des nano-objets et des nanostructures

Intervenant.e.s : Vincent Repain (Professeur à l'Université Paris Cité, laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques)

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 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Séminaire

Histoire des nanotechnologies et de son impact sociétal (en littérature, cinéma et arts plastiques)

Giancarlo RIZZA (CEA, Laboratoire des Solides Irradiés)

Description de l'atelier

En 1870 l'édifice de la physique était considéré comme pratiquement achevé. Cependant, l'histoire a montré un visage bien différent. En effet, la brève période qui s'étend de 1895 à 1913 a été marquée par une série de découvertes révolutionnaires en physique qui ont révélé l'existence d'une nouvelle réalité infra-perceptible (rayons X, radioactivité, électrons...) et ont contribué au développement de ce que l'on appelle aujourd'hui la "physique moderne". L'instrument scientifique qui a probablement le plus contribué à ce développement est sans doute le tube à décharge. Nous montrerons comment, longtemps considéré comme un simple jouet à exposer dans les foires, le tube à décharge est devenu avec le temps la clé de voute qui a permis le développement d'instruments de plus en plus sophistiqués capable de voir et manipuler la matière à des échelles des plus en plus petites. Ce que depuis 1974 on appelle les nanotechnologies. Dans ce voyage, nous montrerons comment ces découvertes ont profondément influencé notre société, non seulement à travers le cinéma et la littérature, mais aussi en pénétrant dans le domaine des arts visuels et plastiques. Cela a permis la création d'oeuvres d'art qui explorent la relation entre les nanosciences les nanotechnologies, la nature et la société.

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Mercredi 5

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

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 stratégie à employer pour rendre compatible le nanomatériau au milieu biologique afin de développer des systèmes hybrides qui puissent assurer leur transport et leur fonction d'encapsulation et de relargage in vivo.

Plan du cours

I. Rappels sur l'organisation des systèmes vivants

- a. Organisation générale des cellules vivantes
- b. Conséquences sur les différents types d'interaction entre vivant et nanomatériaux

II. Les systèmes de défenses du vivant

- a. Les barrières biologiques
- b. La défense immunitaire

III. Etudes classiques des réactions du vivant aux nanomatériaux

- a. Le choix des systèmes biologiques. Le in vitro
- b. Les études ciblées dans les systèmes in vitro

IV. Apport des études à haut contenu

- a. Définition des études à haut contenu
- b. Exemples d'apport des études à haut contenu
- c. Apport des systèmes in vitro avancés dans la prise en compte des particularités des interactions entre nanomatériaux et vivant

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Séminaire

Nanoparticules magnétiques : de la synthèse aux applications

Lise-Marie LACROIX (Université Toulouse III Paul Sabatier-IUF - LPCNO)

Description de l'atelier

Parmi les différentes propriétés qui varient fortement en fonction de la taille, le magnétisme est assez fascinant. En effet, différentes configurations, multidomaines/vortex/monodomaines, ainsi que différents comportements, superparamagnétisme/ferromagnétisme, peuvent être rencontrés dans une petite gamme de tailles. Le contrôle de la taille, de la forme et de la composition des nanoparticules est donc crucial pour ajuster les propriétés magnétiques et ouvrir ainsi la voie à une grande variété d'applications.

Après une brève introduction sur la synthèse chimique des nanoparticules magnétiques et sur la manière dont on peut en régler les propriétés, je présenterai leur utilisation comme éléments chauffants localisés dans l'hyperthermie magnétique, avec des applications en nanomédecine ou en catalyse ; ou comme éléments constitutifs de matériaux magnétiques intégrés et leur utilisation dans des dispositifs portatifs (aimants permanents pour des capteurs ou aimants doux pour des inducteurs).

Plan de l'exposé

Synthèse de nanoparticules magnétiques : contrôle de taille, de forme et de composition chimique

Etude des propriétés physiques et applications comme agents chauffants

Assemblage dirigé et intégration dans des dispositifs

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Jeudi 6

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Atelier 1 : Méthodes de caractérisations structurales (Salle du Parc)

Intervenants de l'entreprise Scientec :

- Emmanuel Lepleux (Ingénieur Scientec), pour la partie AFM
- Didier Pellerin (Ingénieur Scientec), pour la partie Plasma Cleaner et MEB
- David Fernandes (Ingénieur Scientec), pour la partie Profilométrie optique/mécanique et Réflectométrie (couches minces)

Enseignants et organisateurs de l'école :

- Vincent Repain (Professeur, Université Paris Cité) pour la partie AFM/MFM
- Mourad Cherif (Professeur, Université Paris 13) pour la partie MEB
- Bernard Bartenlian (Chercheur, C2N/ CNRS Université Paris Saclay) pour les parties Plasmas, profilométries et réflectométrie

Description de l'atelier

Le but de cet atelier est l'apprentissage de techniques de caractérisations structurales et chimiques par voie électronique, optique et en champ proche avec du matériel de dernière génération prêté par la société Scientec qui sera également présente. Il s'agit de méthodes d'analyses couramment utilisées en salle blanche. Des sessions pratiques seront organisées avec

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

des échantillons modèles et les participants sont invités à apporter avec eux des échantillons de leurs travaux de recherches.

- Microscope électronique à balayage MEB compact Coxem (CX200)

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

Réglages de base pour l'obtention d'images et interprétation du contraste.

- Microscope à force atomique AFM Nano-observer

<https://www.scientec.fr/analyse-de-surface/microscopes-a-force-atomique/>

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

- Nettoyeur plasma (Tergeo)

<https://www.scientec.fr/produit/nettoyeur-plasma/>

Principe du nettoyage des surfaces au sein d'un milieu "plasma".

- Profilomètre optique et/ou Profilomètre mécanique (Profilm3D ou D600)

<https://www.scientec.fr/analyse-de-surface/profilometres-optiques/>

Métriologie de surface sans contact (rugosité, texture)

<https://www.scientec.fr/produit/profilometre-mecanique-nanometre-au-millimetre/>

Mesures d'épaisseurs, de rugosités, de courbures de surfaces du nm au mm en vision 2D et 3D.

- Réflectomètre (Filmetrics F20)

<https://www.scientec.fr/produit/mesure-ponctuelle/>

Mesures d'épaisseurs et d'indice de réfraction de film par voie optique.

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Atelier 2 : Synthèse de nanoparticules assistée par micro-ondes (Salle Petite Roche)

Intervenant.e.s : Corinne CHANEAC (Sorbonne Université - LCMCP, Paris).

David PORTEHAULT (CNRS - LCMCP, Paris).

Description de l'atelier

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

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

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

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Atelier 3 : Caractérisation optique des nano-objets – Part I (Salle Beaussais)

Description de l'atelier

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

Intervenante : Fabienne Gauffre (CNRS – IPS, Rennes)

- **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 dite 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 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Atelier 4 : Caractérisation optique des nano-objets – Part II (Salle Nellière)

Intervenants : Sébastien BIDAULT (CNRS – Institut Langevin, Paris)
Ivan T. Lucas (Université de Nantes – IMN, Nantes)

- **La diffusion élastique de la lumière** permet également de sonder les résonances optiques de nanoparticules, à l'échelle de l'objet individuel. Nous mesurerons ainsi les résonances plasmons de nanoparticules d'or isolées qui sont sensibles à l'environnement diélectrique local, mais aussi les résonances de Mie de résonateurs en silicium qui permettent de manipuler les composantes électriques et magnétiques des ondes lumineuses.

- **La diffusion inélastique de la lumière par la matière** est à la base de la spectroscopie Raman, spectroscopie vibrationnelle complémentaire de la spectroscopie Infrarouge (FTIR). Par ailleurs, les propriétés d'absorption et d'amplification de la lumière par des nano-objets ou nanostructures (amplificateurs plasmoniques) peuvent être exploitées par la spectroscopie Raman exaltée (SERS, SHINERS, TERS) pour l'analyse chimique de composés présentant une faible intensité de diffusion Raman (molécules, nanoobjets et films minces).

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Vendredi 7

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Séminaire

Understanding transport in nanomaterials: does Ohm's law survive?

Intervenant.e.s : Bruno GRANDIDIER (IEMN-CNRS)

Description du cours

While nanomaterials are increasingly used as active components of prototype opto-electrical devices with miniaturized dimensions and novel functions, there is a strong need to characterize their transport properties at different length and time scales. The aim of the seminar will be to explore how Ohm's law is modified in one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) structures depending on their chemical and/or physical environment. I will consider multiple scanning tunneling microscopy as a key characterization tool to probe electrical transport. Indeed, this technique enables an arbitrary arrangement of several probe electrodes on a wide range of nanomaterials, providing a straightforward insight into the properties that govern the flow of charge carriers. After recalling the fundamental basis of transport, in particular in semiconductor materials which can be grown with high purity and stacked with abrupt heterointerfaces, I will first focus on 1D nanomaterials grown by deposition phase methods to discuss the influence of the surface chemistry on their conductivity, describe a direct method to measure the band offset in buried heterointerfaces, highlight examples of ballistic transport and tackle correlation effects. Then I will consider two-dimensional materials which are chemically synthesized. The comparison of DC transport measurements with high-frequency photoconductive transport measurements will provide insight into the scattering mechanisms of charge carriers flowing in 2D array of quantum dots. I will finally describe a method to study the fate of hot electrons and show how the technique can be exploited to investigate the (photo)generation of charge carriers with the highest spatial resolution.

École Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies

du 2 au 7 juillet 2023
Abbaye, Saint-Jacut-de-la-Mer

Séminaire

Microscopie de fluorescence hyper-résolue à partir de méthodes de sondes locales.

Guillaume Schull (CNRS – IPCMS, Strasbourg)

Description de l'atelier

Au cours des dernières années, de nombreux travaux ont démontré qu'il est possible de confiner des plasmons de surface dans de très petits volumes à l'extrémité d'une pointe métallique faisant face à un échantillon métallique. Lorsque les paramètres expérimentaux sont optimisés, ce confinement est si important, que de forts gradients de champ électromagnétique sont observés sur des distances inférieures au nanomètre. En d'autres termes, on peut obtenir une source ponctuelle de lumière d'une dimension « quasi atomique » en excitant une jonction pointe-surface avec un laser. Les jonctions qui supportent ce champ électromagnétique confiné sont qualifiées de picocavités plasmoniques. Comme nous le verrons en détail pendant ce cours, ces picocavités ont été largement utilisées au cours des 6 à 7 dernières années en combinaison avec des méthodes de microscopie à sondes locales, ce qui a permis d'étudier les propriétés de fluorescence ou de diffusion Raman de molécules uniques adsorbées sur des surfaces avec des résolutions spatiales – sub-moléculaires – inaccessible par d'autres méthodes. L'objectif de ce cours est de présenter l'état de l'art de ce domaine naissant ainsi que les principales perspectives offertes par cette approche expérimentale.