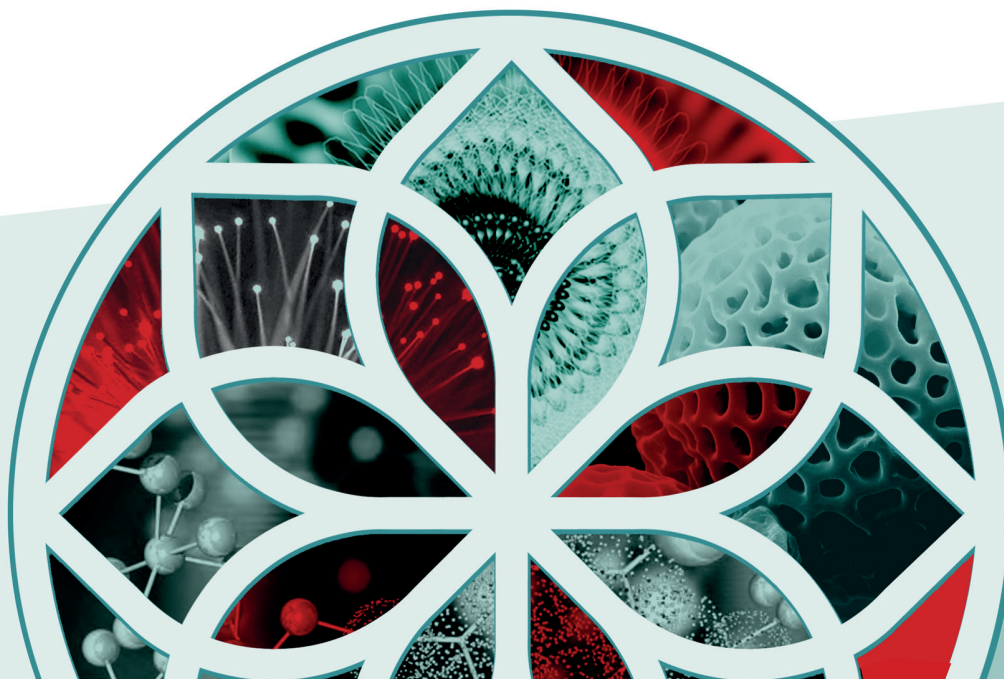




**Congrès Général de la
Société Française de Physique**
Université de Technologie de Troyes
du 30 juin au 4 juillet 2025

www.sfp2025.fr

RECUEIL DES RESUMES

Les conférences plénières

Quantum dots: a journey of nano-explorations



Mounji Bawendi (Prix Nobel de Chimie 2023)
MIT, Boston, USA.

In the Plenary *Quantum Dots: A Journey of Nano-Explorations*, Professor Mounji Bawendi explores the development of quantum dots (QDs)—tiny semiconductor particles

whose behavior is governed by quantum mechanics. During the early 1990s at MIT, Bawendi pioneered a new synthesis technique that enabled the controlled production of uniform QDs, including compounds like CdS, CdSe, and CdTe, with sizes ranging from 1.2 to 11.5 nanometers. This breakthrough made it possible to precisely adjust their optical properties—such as emission wavelength—by tuning their size and composition. The plenary talk charts the path of QDs from their initial discovery to their wide-ranging applications in modern science and technology. These include fields like optoelectronics, bioimaging, and advanced display systems. Professor Bawendi's contributions have been instrumental in advancing nanoscience and materials chemistry, showcasing the transformative potential of QDs. His work continues to influence and inspire researchers globally, driving innovation in quantum materials and nanotechnology.

 **Lundi 30 juin, 11h**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

La dynamique des fluides : moteur de la vie dans l'Océan



Marina Lévy - LOCEAN - IPSL, Paris, France.

L'Océan est un système vaste et dynamique, où la vie prospère non pas malgré le mouvement, mais grâce à lui. Des plus petits planctons aux plus grandes baleines, la vie marine est façonnée par

la danse incessante des courants et de la turbulence. Dans cette présentation, j'explorerai comment la dynamique des fluides gouverne le transport des nutriments, soutient la vie marine et façonne la structure des écosystèmes à toutes les échelles. En révélant les mouvements tridimensionnels qui enrichissent la surface de l'océan — là où la photosynthèse alimente le réseau trophique marin — nous comprenons que les mouvements géophysiques des fluides ne sont pas de simples phénomènes physiques, mais les éléments essentiels au maintien de la vie océanique — et donc de la vie sur Terre. Cette compréhension des processus physiques fondamentaux est aujourd'hui cruciale pour appréhender les transformations rapides que subit l'Océan. Le changement climatique perturbe les courants, modifie la stratification et affecte la disponibilité en nutriments, avec des conséquences profondes sur les écosystèmes marins. À ces pressions s'ajoutent la pollution, la surexploitation des ressources, l'acidification, la dégradation des écosystèmes côtiers, et bien d'autres encore. Ces enjeux sont au cœur du programme de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'Océan (UNOC3), qui se sera tenue à Nice en juin 2025. Cette intervention sur les bases physiques de la vie dans l'Océan permettra de mieux éclairer les défis contemporains auxquels nous sommes collectivement confrontés.

 **Lundi 30 juin, 11h45**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

La mécanique moléculaire des fluides



Lydéric Bocquet
Laboratoire de Physique,
Ecole Normale Supé-
rieure, Paris, France.

Le domaine émergent de la nanofluidique explore la mécanique moléculaire des fluides aux plus petites échelles. Ce domaine de «l'infiniment petit en

fluidique» est la frontière où le continuum de la dynamique des fluides rencontre la nature atomique de la matière, voire sa nature quantique. Les observations dévoilent un cabinet de curiosités aux propriétés singulières : des écoulements presque sans friction, des effets quantiques émergents, ou encore des comportements neuromorphiques qui permettent de rêver à des ordinateurs ioniques. Mais au-delà de l'intrigue scientifique, ces multiples propriétés nanométriques peuvent également être utilisées pour développer des innovations de rupture dans les secteurs de l'eau et de l'énergie, pour le dessalement, la dépollution de l'eau ou l'énergie osmotique. Autant d'atouts pour répondre aux défis de la planète.

 **Lundi 30 juin, 15h30**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

Des doutes d'Einstein à la violation des inégalités de Bell et aux technologies quantiques : la seconde révolution quantique



Alain Aspect (Prix Nobel de Physique 2022)
Institut d'Optique
Graduate School & CNRS
Saclay, France

La seconde révolution quantique, basée sur la notion d'intrication nous force à rejeter la vision réaliste locale du monde

chère à Einstein, comme l'a montré la violation des inégalités de Bell. Elle ouvre aussi des perspectives fascinantes d'applications, avec des technologies en émergence qui vont des capteurs quantiques aux communications et aux ordinateurs quantiques. Ces technologies provoqueront-elles un nouveau bouleversement de la société ? On pourrait alors vraiment parler de seconde révolution quantique.

 **Mardi 1^{er} juillet, 11h30**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

Prediction in immune systems



Aleksandra Walczak
Laboratoire de Physique de
l'Ecole Normale Supérieure
Paris, France.

Immune repertoires provide a unique fingerprint reflecting the immune history of individuals, with potential applications in precision medicine. Can this information

be used to identify a person uniquely? I will show how statistical analysis of immune repertoire sequencing experiments can answer these questions. I will then attempt to connect data to phenotypic models of evolution. This approach allows us to see how the evolution of pathogens is constrained by selection pressures coming from immune systems.

 **Mardi 1^{er} juillet, 12h15**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

Objectif énergie noire



Nathalie
Palanque-Delabrouille
Berkeley Lab, California,
USA

L'énergie noire, composant 70% de notre univers mais de nature inconnue, constitue l'un des plus grands mystères de la cosmologie moderne. Comprendre

l'énergie noire est le défi que tente de relever le Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI). En établissant une carte 3D de l'univers, DESI mesure l'impact de l'énergie noire sur l'expansion cosmique au cours des derniers 12 milliards d'années. Les premiers résultats indiquent une préférence inattendue pour une énergie noire variable dans le temps, plutôt qu'une explication en terme de constante cosmologique. Après une introduction du contexte scientifique justifiant l'existence de l'énergie noire, je présenterai les derniers résultats de DESI et leur interprétation.

 **Mercredi 2 juillet, 11h00**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

Redéfinition de la seconde : Pourquoi ? Quand ? Comment ?



Noël Dimarcq - ARTEMIS (UniCA, CNRS, OCA).

La définition actuelle de l'unité de temps du Système International, la seconde, date de 1967 et est basée sur une transition de l'atome de césium. Elle est réalisée aujourd'hui avec une incertitude relative de fréquence de 10⁻¹⁶ avec les horloges à atomes froids. Au cours des 10 dernières années, les étalons de fréquence optique ont démontré une précision relative de fréquence de 10⁻¹⁸, soit cent fois mieux que les meilleures horloges à césium. La question de changer la définition de la seconde se pose donc, et la dernière Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) a adopté en 2022 une résolution en vue d'une possible redéfinition en 2030.

Après avoir brièvement rappelé les précédentes définitions de la seconde, l'exposé présentera la feuille de route internationale vers une future redéfinition. Les différentes options envisageables pour la nouvelle définition seront décrites, ainsi que les critères permettant de s'assurer que les horloges optiques et les techniques de comparaison d'horloges ont atteint un niveau de maturité suffisant au moment de la redéfinition.

 **Mercredi 2 juillet, 11h45**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

La physique attoseconde



Anne L'Huillier (Prix Nobel de Physique 2023)

Université de Lund, Suède.

Lorsqu'un gaz d'atomes est soumis à un rayonnement laser intense, des impulsions lumineuses extrêmement courtes, de l'ordre de 100 attosecondes et dans le domaine de l'ultraviolet extrême sont créées. Ces impulsions permettent d'étudier la dynamique des électrons dans les atomes, avec une résolution temporelle exceptionnelle.

Quelques exemples seront présentés, allant de la mesure de retards à la photoionisation, à la caractérisation de l'état quantique d'un électron.

 **Vendredi 4 juillet, 11h00**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

La formation planétaire : un laboratoire de physique à grande échelle



Alessandro Morbidelli

Collège de France, Paris, France

La formation planétaire est un processus très complexe, dont les différentes étapes impliquent des phénomènes physiques très divers. Ici je porterai quelques exemples, concernant la magneto-hydrodynamique des disques protoplanétaires dans une régime très loin du régime idéal classique, la dynamique bi-fluidique gaz-poussières dans ces disques conduisant à la formation d'amas auto-gravitant de poussières qui se contractent pour former des planétésimaux, et la physique des impacts géants entre protoplanètes différenciées qui caractérisent la formation des planètes telluriques.

 **Vendredi 4 juillet, 11h45**
Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT

Les mini-colloques

MC01 Matériaux et hétérostructures 2D

Organisateurs : Jean-François Dayen (IPCMS - Université de Strasbourg),
Laurent Lombez (LPCNO - INSA Toulouse)

Division de la Matière Condensée

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mardi 01 juillet 8h30-10h30 & Mercredi 02 juillet 8h30-10h30**
Amphithéâtre A001 de l'UTT

MC02 Matière molle et systèmes vivants

Organisateurs-rices : Emmanuèle Helfer, Nicolas Levernier & Kheya Sengupta (CINaM, CNRS, Aix Marseille Université), Andrea Parmeggiani (L2C, CNRS, Université de Montpellier)

Division de la Matière Condensée & Division Physique & Vivant

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mardi 01 juillet 8h30-10h30 & Mercredi 02 juillet 13h30-15h30**
Salle C105 de l'UTT

MC04 Plasmonique Active et Hybride

Organisateurs-rices : Renaud Bachelot & Anne-Laure Baudrion (L2n, UTT/CNRS),
Nordin Felidj (ITODYS, Paris Cité), Marc Lamy-de la Chapelle (IMMM, Le Mans)

Division de la Matière Condensée & Division Chimie-Physique

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mardi 01 juillet 8h30-10h30, Mercredi 02 juillet 8h30-10h30
& Jeudi 03 juillet 8h30-10h30**
Amphithéâtre A002 de l'UTT

MC05 Matériaux grands gaps et applications

Organisateurs-rices : Mihai Lazar & Anna Rumyantseva (L2n, UTT/CNRS), Dave Rogers (Nanovation)

Division de la Matière Condensée

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mercredi 02 juillet 8h30-10h30 & Mercredi 02 juillet 13h30-15h30**
Amphithéâtre C001 de l'UTT

MC06 Approches modèles pour les sciences de la Terre

Organisateurs-rices : Axelle Amon (IPR, Univ. Rennes),
Axel Huerre & Michael Berhanu (MSC, Univ. Paris Cité)

Division Physique Non-Linéaire & Division de la Matière Condensée

 **Mercredi 02 juillet 13h30-15h30, Jeudi 03 juillet 08h30-10h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30**
Salle C104 de l'UTT

MC07 Interactions non-linéaires lumière-matière et applications

Organisateurs-rices : Stefan Haacke (Telecom Physique Strasbourg - Université de Strasbourg) & Nicolas Marsal (LMOPS, CentraleSupélec, Université de Lorraine)

Division Physique Non-Linéaire & Division Physique Atomique Moléculaire et Optique

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mardi 01 juillet 08h30-10h30 & Jeudi 03 juillet 08h30-10h30**
Amphithéâtre C002 de l'UTT

MC08 Photonique quantique : briques de base et applications

Organisateurs-rices : Florent Baboux (MPQ, Paris-Cité), Nadia Belabas (C2N, Saclay) & Christophe Couteau (L2n UTT/CNRS)

Division Physique Atomique et Moléculaire & Division Matière Condensée

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mercredi 02 juillet 13h30-15h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30**
Salle A105 de l'UTT

MC09 Applications de l'Apprentissage Automatique en Physique

Organisateurs-rices : Stéphane Barland (Université Côte d'Azur), Emmanuel Centeno (UCA) & Demetrio Macias (L2n, UTT/CNRS)

Division Physique Atomique Moléculaire et Optique

 **Mardi 01 juillet 8h30-10h30 | Salle B103 de l'UTT**
Jeudi 03 juillet 08h30-10h30 | Salle A105 de l'UTT

MC10 Physique des neutrons ultra-froids

Organisateurs-rices : Pierre Cladé (LKB), Andrew Mayne (ISMO), Guillaume Pignol, Stéphanie Rocca (LPSC)

Division Champs et Particules & Division Physique Atomique Moléculaire et Optique

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45 | Salle B106 de l'UTT**
Mercredi 02 juillet 08h30-10h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30 | Salle C103 de l'UTT

MC11 Thermodynamique et énergétique quantique

Organisateurs-rices : Alexia Auffèves (Majulab), Cyril Elouard (LPCT), Camille Lombard Latune (ICB)

Division Physique Atomique Moléculaire et Optique

 **Mardi 01 juillet 8h30-10h30, Mercredi 02 juillet 08h30-10h30 & Jeudi 03 juillet 08h30-10h30.**
Salle C102 de l'UTT

MC12 Dynamique femtoseconde : pour comprendre et contrôler les processus moléculaires

Pascale Changenet-Barret (LOB), Wutharath Chin (ISMO), Lionel Poisson (ISMO), Olivier Soppera (UHA)

Division Physique Atomique Moléculaire et Optique & Division Chimie-Physique

 **Mardi 01 juillet 8h30-10h30 & Mercredi 02 juillet 08h30-10h30.**
Salle C104 de l'UTT

MC13 Détecteurs rapide temps-position en physique atomique et physico-chimie moléculaire

Organisateurs-rices : Daniel Comparat (Lab. Aimé Cotton), Sarah Naimi (IJCLab, Univ.Paris-Saclay) & Yan Picard (Lab Aimé Cotton)

Division Chimie Physique

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45**
Salle B103 de l'UTT

MC14 Sources de particules chargées

Organisateurs : Stéphane Cuynet (IJL, CNRS) & Laurent Garrigues (LAPLACE, CNRS)

Division Plasma

 Mercredi 02 juillet 13h30-15h30
Salle B103 de l'UTT

MC15 Point sur la fusion LMJ/ITER

Organisateurs-rices : Emmanuel d'Hummières et Magali Muraglia (PIIM)

Division Plasma

 Mercredi 02 juillet 08h30-10h30 & Jeudi 03 juillet 08h30-10h30
Salle B103 de l'UTT

MC16 Accélérateurs laser plasma et nouveaux concepts

Organisateurs-rices : Brigitte Cros & Emmanuel d'Hummières(LPGP)

Division Plasma & Division Accélérateurs

 Lundi 30 juin 16h45-18h45 & Mardi 01 juillet 8h30-10h30
Salle B105 de l'UTT

MC17 La mécanique en biologie, des molécules aux tissus

Organisateurs-rices : Kerstin Blank (Johannes Kepler Universität Linz) & Martin Lenz (LPTMS, Orsay)

Division Physique & Vivant

 Mercredi 02 juillet 08h30-10h30
Salle A105 de l'UTT

MC18 Microscopies optiques pour la biologie

Organisateurs-rices : Sophie Brasselet (AMU Marseille, Institut Fresnel), Olivier Haeberle (Mulhouse, IRIMAS), Benoît Rogez (UTT Troyes, L2n), Emiliano Ronzitti (Paris-Sorbonne, Institut de la Vision), Tual Monfort (Institut de la Vision, Paris-Sorbonne Université,

Division Physique & Vivant

 Mardi 01 juillet 8h30-10h30 | Salle C103 de l'UTT
Mercredi 02 juillet 08h30-10h30 | Salle C002 de l'UTT
Jeudi 03 juillet 08h30-10h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30 | Salle C001 de l'UTT

MC19 Nanodispositifs pour la détection de biomolécules et la bioimagerie

Organisateurs-rices : Yun Luo (LCBPT, CNRS & Uni. Paris Cité),
Claire Mangeney (LCBPT, CNRS & Uni. Paris Cité) & Shuwen Zeng (L2n-UTT)

Division Physique & Vivant et Division Chimie-Physique

 Lundi 30 juin 16h45-18h45 | Salle C104 de l'UTT
Mercredi 02 juillet 13h30-15h30 & Jeudi 03 juillet & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30 | Salle A001 de l'UTT

MC20 Ingénierie cellulaire, ingénierie tissulaire et biomatériaux

Organisateurs : Vincent Gache (INMG-PGNM Lyon), Jérôme Sohier (LBTI Lyon) & Cyrille Vézy (UTT)

Division Physique & Vivant

 Mercredi 02 juillet 08h30-10h30 | Salle C002 de l'UTT
Jeudi 03 juillet 08h30-10h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30 | Salle C001 de l'UTT

MC21 Cosmologie avec les grands relevés

Organisateurs-rices : Anna Niemiec (LPSC), Corentin Ravoux (LPC)

Division Astrophysique

 **Mardi 01 juillet 8h30-10h30 | Salle A105 de l'UTT**
Mercredi 02 juillet 13h30-15h30 | Salle B106 de l'UTT

MC23 Muographie au service de la société et autres

Organisateurs-rices : David Attie (CEA) & Cristina Carloganu (LPCA)

Division Champs & Particules

 **Mercredi 02 juillet 13h30-15h30 | Salle C103 de l'UTT**
Vendredi 04 juillet 8h30-10h30 | Salle B103 de l'UTT

MC24 Derniers Résultats du LHC + Techniques pour les accélérateurs du futur (FCC) et physique au FCC

Organisateurs-rices : Jeremy Andrea (IPHC/CERN), Emilien Chapon (IRFU) & Amina Zghiche (LLR/CERN)

Division Champs & Particules

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mardi 01 juillet 8h30-10h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30**
Salle A103 de l'UTT

MC27 Histoire des sciences et des techniques

Organisateurs : Christian Bracco (LTE), Nicolas Nio (LTE)

Commission Histoire des sciences

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45 | Salle C001 de l'UTT**
Mercredi 02 juillet 13h30-15h30 & Vendredi 04 juillet 8h30-10h30 | Amphithéâtre A002 de l'UTT

MC28 Mini-colloque 'blanc'

Organisateurs-rices : Jean-Louis Bijeon & Jérôme Plain (L2n, UTT/CNRS) et responsables des divisions et commissions de la SFP

Toutes divisions et commissions

 **Mardi 01 juillet 8h30-10h30, Mercredi 02 juillet 08h30-10h30 & Jeudi 03 juillet 08h30-10h30**
Salle B106 de l'UTT

REDP Rencontres Enseignement et Didactiques de la Physique

Organisateurs-rices : Estelle Blanquet (Université de Bordeaux), Morgan Piezel (UTT)

Commission Enseignement De la Physique

 **Lundi 30 juin 16h45-18h45, Mardi 01 juillet 8h30-10h30, Mercredi 02 juillet 08h30-10h30**
& Mercredi 02 juillet 13h30-15h30
Salle B101 de l'UTT



Sous l'impulsion conjointe des commissions enseignement de la Société Française de Physique et de la Société Française d'Optique, le Congrès Général de la SFP accueille pour la deuxième fois en son sein les Rencontres Enseignement et Didactique de la Physique (REDP).

La vocation des REDP est de constituer un lieu de rencontre et de partage autour de l'enseignement de la physique, à tous les niveaux et selon toutes les approches et toute les déclinaisons.

Elles proposent de renforcer des échanges, souvent trop rares, entre physiciennes et physiciens dont l'activité d'enseignement est centrale, chercheuses et chercheurs en didactique de la physique et enseignantes et enseignants de tous niveaux (y compris primaire et secondaire).

Les Rencontres Enseignement et Didactique de la Physique, en lien avec la session sociétale organisée par la commission enseignement, articulent communications orales, posters, conférences invitées et tables rondes.

La session du lundi après-midi sera consacrée à l'enseignement de la mécanique quantique et aux dispositifs innovants, celle du mardi matin sera consacrée à l'enseignement et à la didactique de la

physique à l'université, la session du mercredi matin présentera des usages la bande dessinée et des casques de réalité virtuelle pour l'enseignement de la physique à l'école primaire et la formation des enseignants, la dernière session le mercredi après-midi présentera des dispositifs innovants avec une focale sur les dispositifs renforçant les liens entre secondaire et supérieur.

Les REDP accueillent des communications en didactique de la physique, sur les perspectives éducatives, les obstacles épistémologiques courants dans l'enseignement de la physique, la démarche d'investigation, les enjeux pédagogiques de l'histoire de la physique, la vulgarisation de la physique, la physique à l'école primaire, dans le secondaire, l'enseignement professionnel, l'enseignement supérieur, les programmes, des retours d'expérience, innovations pédagogiques, etc.



**Présence aux sessions Posters :
mardi et mercredi**

Sessions REDP :

REDP 1 : Enseignement de la mécanique quantique et dispositifs

Comment initier à la mécanique quantique au lycée ? Comment des dispositifs hybrides peuvent-ils contribuer à l'enseignement de l'optique quantique et favoriser son apprentissage ? Ces questions et d'autres seront abordées dans le cadre de cette première session qui présentera de nombreux dispositifs innovants (simulation hybride, expériences numériques mais aussi réalisation d'hologramme sans laser).

Modération :
Christophe Daussy (LPL, CNRS, Sorbonne Université) et **Estelle Blanquet** (LACES, INSPE de l'Académie de Bordeaux)

 **Lundi 30 juin,**
16h30-18h30
Salle C105 de l'UTT

REDP 2 : Les TP de physique à l'université : innover et évaluer

Les enjeux des TP sont multiples et leur évaluation n'est pas simple. Les communications de cette session aborderont les effets de la réalité augmentée sur la perception par des étudiantes et étudiants de leur dispositif de formation, l'utilisation de questions réflexives en TP et de grilles critériées pour la conception et l'évaluation de TP.

Une dernière communication portera quant à elle sur les réactions d'universitaires de différentes disciplines au regard du concept de relativité du mouvement dans différents contextes.

Modération :
Christophe Daussy (LPL, CNRS, Sorbonne Université) et **Estelle Blanquet** (LACES, INSPE de l'Académie de Bordeaux)

 **Mardi 1^{er} juillet**
8h30-10h30
Salle C105 de l'UTT

REDP 3 : Des BD et des environnements virtuels pour enseigner la physique et former à son enseignement à l'école primaire... et au-delà

Dans un contexte où la formation initiale des enseignants du primaire en physique est réduite à quelques heures, où la formation continue en sciences est quasi-inexistante, et où la très grande majorité des étudiantes et étudiants s'engageant dans le métier de professeur des écoles ne maîtrisent ni les contenus, ni la démarche scientifique, quelles stratégies les formateurs peuvent-ils adopter ? Comment accompagner les enseignants dans leur enseignement de classe ? Cette session fera la part belle à la bande dessinée et aux environnements virtuels et présentera un projet de mise à disposition de ressources clef en main utilisables non seulement par les enseignants du primaire mais

également par leurs parents, les acteurs de l'éducation populaire et médiateurs des centres de culture scientifique, technique et industrielle.

Modération :
Eric Picholle (INPHYNI, CNRS et Université Côte d'Azur)

 **Mercredi 2 juillet**
8h30-10h30
Salle C105 de l'UTT

REDP 4 : De l'école à l'université : comment tisser des liens ?

Cette session offrira aux enseignants du primaire, du secondaire et dans le supérieur l'opportunité de découvrir des actions nationales ou locales, ponctuelles ou sur le long terme visant à tisser et renforcer les liens entre les écoliers, collégiens et lycéens et l'enseignement supérieur. Les différents retours d'expériences et les présentations des dispositifs développés permettront d'échanger sur les pratiques, de partager de nouvelles approches et outils pour favoriser la compréhension de phénomènes physiques et développer l'appétence pour la physique.

Modération :
Daniel Hennequin (PHLAM, CNRS, Université de Lille)

 **Mercredi 2 juillet**
13h30-15h30
Salle C105 de l'UTT

Les lauréat·es récompensé·es

La Société Française de Physique décerne chaque année plusieurs Grands Prix, honorant l'excellence de chercheuses et chercheurs ou de projets dans le domaine de la physique.



Le Prix Gentner-Kastler 2025 décerné à Regine von Klitzing



REGINE VON KLITZING

Regine v. Klitzing est professeure de physique à la TU Darmstadt depuis 2017, où elle a fondé une division dédiée à la matière molle. Physicienne de formation, elle a mené sa carrière en Allemagne et en France, notamment au CNRS à Bordeaux, dans un esprit de collaboration interdisciplinaire et internationale.

Ses recherches portent sur le comportement des liquides complexes (solutions de polyélectrolytes, dispersions de microgels) aux interfaces et dans les films minces. Elle a mis au point des approches expérimentales innovantes pour en étudier les mécanismes fondamentaux, et s'intéresse aussi aux mousses à différentes échelles. Elle est spécialisée en microscopie à force atomique et en méthodes de diffusion (neutrons, rayons X, lumière).

Son travail se situe au croisement de la physique, de la chimie, de la biologie, du génie chimique et de la science des matériaux, dans le cadre de collaborations actives, notamment avec plusieurs institutions françaises.



Remises et conférences

mardi 1^{er} juillet 14h00

Amphithéâtre Philippe Adnot (M500) de l'UTT



LAURETTE TUCKERMAN

Prix Émilie du Châtelet 2024 remis à Laurette Tuckerman

Laurette Tuckerman est Directrice de Recherche CNRS au Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes (LPMMH). Ses travaux portent sur les transitions et instabilités dans les écoulements hydrodynamiques soumis à des cisaillements, rotations ou gradients.

Elle a été pionnière dans l'observation expérimentale de scénarios issus de la théorie des systèmes dynamiques, et a développé des méthodes numériques innovantes pour calculer des états stationnaires instables, largement utilisées dans divers domaines scientifiques.

Elle a notamment mené les premières analyses et simulations de l'instabilité de Faraday dans des fluides visqueux, révélant des motifs complexes à la surface du fluide. Elle a aussi contribué à l'étude des motifs turbulents dans les écoulements cisailés, montrant la continuité de la transition entre turbulence et régime laminaire.



Prix Jean Ricard 2024 décerné à Marc Barthelemy



MARC BARTHELEMY

Marc Barthelemy est Directeur de recherche à l'Institut de Physique Théorique de Paris-Saclay. Spécialiste des réseaux complexes et de la dynamique urbaine, il explore les grandes questions de société en croisant physique statistique, géographie, urbanisme ou épidémiologie.

Ses travaux portent sur les réseaux spatiaux (transports, infrastructures, écosystèmes), leur structure et leur évolution. Il a notamment proposé un modèle de croissance urbaine intégrant migration et croissance naturelle, apportant un cadre théorique robuste pour comprendre les dynamiques des villes.

Auteur de plusieurs ouvrages de référence sur les réseaux et les villes, il contribue aussi à la diffusion scientifique auprès du grand public avec des publications comme *Le Monde des Réseaux*.

Liste des posters

Poster #	DOCID	TITRE	AUTEUR	MC #
1	631805	Détection de proto-amas de galaxies dans les données du télescope Euclid	Dusserre Tanguy	MC21
2	608856	ENSnano: Algorithmic-based design of complex 3D DNA nanostructures	Schabanel Nicolas	MC02
3	643876	Microfluidic Flow Induced by Asymmetrically Actuated Microscopic Cilia	Moore Charles	MC02
4	640815	Physical modelling : numerical mesoscale simulation accounting for the segregation of the TCR/pMHC and LFA1/ICAM1 molecular couples	Bédel Quentin	MC02
5	640760	Démonstration d'un détecteur de particules de type « cloud chamber », refroidi à l'azote liquide, muni d'un éclairage laser et opérationnel en routine dans un bus scientifique itinérant	Amichot Erwan	Culture Scientifique (semaine)
6	639193	Education, médiation et culture scientifiques à CNRS Physique	Martrenchard Severine	Culture Scientifique (semaine)
8	639752	Magnetotactic bacteria for nanobiotechnological applications	Paul Natalia	MC20
9	640539	Propriétés de contact et rhéologie d'une suspension colloïdale adjuvantée par des PCE	Veillon Charlotte	MC07
*10	640999	Quantum Correlations in UV Dual-Comb Spectroscopy	Kokoulin Radmir	MC07
11	638472	Microscopie Tomographique DiffRACTive : principes, implémentations, et extensions non-linéaires	Haeberlé Olivier	MC07
12	636798	Explorer la complexité des langues d'Arnold dans un laser fibré à solitons à respiration	Finot Christophe	MC07
*13	641000	Tunable second harmonic generation in 2D materials: comparison of different strategies	Cannuccia Elena	MC07
14	640916	Thermal melting of a vortex lattice in a quasi two-dimensional Bose gas	Longchambon Laurent	MC07
*15	630866	Source térahertz intense à haute cadence basée sur le redressement optique dans un cristal de LiNbO ₃	Fahy Alexandre	MC07
*16	640374	Rewritable binary recording of the photon spin state in chiral liquid crystals	Bruni Nicolas	MC07
17	645007	Analyse multi-échelles par ondelettes continues de l'adhésion de produits cosmétiques sur des substituts de peau synthétiques	Gonon Marjolaine	MC18
18	651384	Monitoring the ribosome dynamics at the single molecule level	Bouhet Baptiste	MC18
*19	640830	Total Internal Reflection Fluorescence (TIRF) and Supercritical Angle Fluorescence (SAF) combined imaging	Gaudin Héloïse	MC18
20	647284	Modèle de substitution numérique pour l'accélération laser plasma	Kane Gueladio	MC16

* Posters éligibles à la sélection pour les prix de la thématique NANO-PHOT

Liste des posters

21	641629	Electronic states of the N_2^+ ion dissociating to the four lowest dissociation limits: Energies, transition dipole moments, and Einstein coefficients	Hammami Chaima	MC07
22	613736	Qu'est-ce que la physique après Newton ? Emilie du Châtelet et les Institutions de Physique.	Briend Jean-Yves	MC27
*23	641011	Pulsed Laser Nanoparticles Source and Thin Films Deposition to tune Materials Properties	Champeaux Corinne	MC19
*24	640984	Plasmonic Optical Properties and Strong Coupling Regimes in Nanoplatelets and Gold Nanotriangles	Di Shengwen	MC19
25	644794	Thermodynamics and Qubit purification via Jaynes-Cummings and Anti-Jaynes-Cummings interactions	Francisco Fagundes Dos Santos Tiago	MC19
*26	641459	2D Self-Assembly of Gold Nanoparticles with Various Morphologies for Sensing	Marguet Sylvie	MC04
*27	639650	Anisotropic nanoprism-based nanoemitters: Plasmon-controlled, excitation polarization-dependent response	Chen Minyu	MC04
*28	631836	Capteur plasmonique pour sonder la réactivité gaz/nanoparticule	Demirdjian Benjamin	MC04
*29	639355	Phase singularity in random gold metasurface for refractive index sensing	Cuanalo Fernandez Juan Pablo	MC19
*30	639477	FRET-based nanosensor for measuring cell contractile force	Lacroix Noémie	MC19
*31	641204	Development of an ultrasensitive plasmonic hydrogen sensor	He Jialing	MC19
*32	641201	Bio-Inspired symmetrical Dimer Photonic Crystals: Ultrasensitive Optical Biosensing	Zhang Guanghan	MC19
33	653287	Capteur de champs de radiofréquence à atomes de Rydberg	Boccaro Gabriel	MC08
*34	640567	Characterization of nonlinear photonic integrated circuits in silicon nitride	Laibi Iheb	MC08
*35	653536	Coherent SiV center in Diamond nanophotonic waveguide for Quantum information	Housset Althéa	MC08
36	643719	Control of multi-spin systems toward large-scale quantum technologies.	Babin Charles	MC08
*37	640997	Controlled generation of individual quantum emitters in hBN using electron beam irradiation and in-situ cathodoluminescence monitoring	Nunez Marcos Andrès	MC08
*38	653600	Generating non-Gaussian states of light with a single quantum emitter in a waveguide	Copie Thomas	MC08
*39	639412	Génération expérimentale de superpositions d'états cohérents avec une mémoire quantique	Caron Lucas	MC08

* Posters éligibles à la sélection pour les prix de la thématique NANO-PHOT

Liste des posters

40	640719	High-resolution imaging of cold rubidium atoms	Badr Thomas	MC08
*41	640005	Implementation of a controlled NOT gate on silicon nitride on insulator photonic circuits for quantum computing	Mbaye Gilbert	MC08
*42	640955	Neural network-based design tool for nonlinear quantum photonic microcavities	De Simeone Italo Pio	MC08
*43	645012	Quantum information processing with pairs of photons entangled in frequency	Viatteau Jan	MC08
*44	640993	Color Centers in SiC: Characterization using Cathodoluminescence at Low Temperature	Mandal Rupesh Dinesh	MC05
*45	639739	Narrow bandwidth integrated photon pair source for praseodymium quantum memories	Tchao Essowéréo	MC08
*46	637642	Optical Communication via Rabi Oscillations in NV Center Ensemble	Abi Akar Ziad	MC08
		Towards entanglement-based quantum communication over a field deployed fiber-network in Paris	Smaï Célia	MC08
*48	644553	Characterization of β -Ga ₂ O ₃ and device fabrication	Vuillermet Enora	MC05
		Efficient Chemical Bath Deposition Growth of ZnO: Chemical Reaction Related Aspects	Salunke Jash	MC05
*49	647848	Investigating the blistering mechanisms of β -Ga ₂ O ₃ under light ion implantation	Roth Adrien	MC05
50	640747	MOCVD growth of boron nitride and its applications	Sundaram Suresh	MC05
*51	646470	Réduction des contraintes dans les films de diamant CVD pour applications quantiques par ingénierie du substrat et traitement de surface	Nourzat Roumli	MC05
*52	644949	Fabrication de réseaux de nanopiliers sur des membranes de diamant de qualité quantique	Ben Yahia Thiziri	MC05
*53	644974	Refractive index evolution of 4H silicon carbide nanostructured surface with high temperature annealing	Usureau Elise	MC05
*54	640876	Modélisation cinétique de gaine plasma émissive	Medouni Alissia	MC15
55	644220	Kinetic entropy in 1D non-Maxwellian plasmas	Nhingsavath Océane	MC15
56	638702	Time-resolved 2D-IR spectroscopy for disentangling site effects in cryogenic matrices	Chin Wutharath	MC12
*57	639410	QCL frequency control via a femtosecond laser, AOM large scale shifted and traceable by atomic clock	Elandaloussi Hadj	MC12
58	636256	Development of Time-Resolved Circular Dichroism for Investigating Conformational Changes of (Bio)molecules	Changenet Pascale	MC12
*59	644337	A Nonlinear Variational Model of Cracks and Dislocations	Engrand Godefroy	MC28
65	645258			

* Posters éligibles à la sélection pour les prix de la thématique NANO-PHOT

Liste des posters

*66	640146	Chip Fabrication Yield Improvement via Post-Fabrication Inductance Tuning by Thermal Annealing	Lopez Alvarado Mario Alejandro	MC28
67	640164	Comprehensive investigating the post-annealing treatment effecting the electrical performance of 3,10-Didecyl naphtho[2,1-b] naphtho[1',2':4,5]thieno[2,3-d]thiophene21DNTT-10 -based organic thin-film transistors via multiple conjoint advanced nano-characterization techniques	Haobing Wang	MC28
68	645074	Détection non destructive de macromolécules via l'interaction avec des nuages d'ions refroidis par laser	Husson Audric	MC28
69	644031	Intrinsic hole spin mixing and non-local long-range electron-hole pair exchange interaction in GaAs quantum dots	Pirard Geoffrey	MC28
*70	645125	Iridescent coloring in Transmission	Amine Nour	MC28
*71	640093	Light-emitting quantum tunnelling junctions	Anthikad Manasa	MC28
*72	636240	Multiscale Strain Analysis of Nylon Polymer (PA66) Using Quantum Dots and Metallic Nanoparticles as Gauges	Kheir Al Din Malak	MC28
73	640961	Observation directe du pic de diffusion cohérente vers l'avant avec un condensat de Bose-Einstein dans un réseau optique secoué	Billy Juliette	MC28
*74	641017	Optimized Electron Beam Lithography for the Fabrication of Resonant Waveguide Gratings	Dussard Antoine	MC28
75	637933	Search for the $B \rightarrow K\nu\bar{\nu}$ decays at Belle II	Santos Corentin	MC28
*76	640831	Spectroscopie moléculaire des derniers états liés du sodium	Mirmand Bastien	MC28
77	613687	Study of the Resistance to Crack Propagation in Nano Fine Grained Alumina by Acoustic Emission	Bouras Seddik	MC28
78	619706	Thomas Fermi regime neutrons stars at finite temperature	Smail Kouidri	MC28
79	645143	Utilisation de ressources locales et déchets industriels pour une économie circulaire et réduction de l'empreinte carbone dans l'industrie du ciment	Boutefnouchet Hafida	MC28
80	640301	Generation of tsunami waves by low density gravity flow	Kane Alexandre	MC06
81	644862	Fragment breaking, motions and size distribution in a laboratory model of fragmentation of a 2D floating membrane by surface waves	Berhanu Michael	MC06
82	641013	Earthquake-induced landslides: laboratory investigations of granular gouges dynamics	Jia Xiaoping	MC06
83	641009	Unlocking 3D nanoparticle shapes from 2D HRTEM images: Deep Learning for classification and denoising at atomic resolution	Moreau Romain	MC09

* Posters éligibles à la sélection pour les prix de la thématique NANO-PHOT

Liste des posters

84	640013	E(3) Equivariant Graph Neural Network Models for Phonon Calculations	Gunday Yanki	MC09
85	638792	Thickness and staking sequence control of BN layers epitaxially grown by Rapid Thermal CVD on Ni(111)	Cornu Marjolaine	MC01
86	639811	Structural Evolution and Magnetic Behavior of Mechanically Alloyed FeS ₂ Nanocrystalline Powders	Boudinar Naouam	MC01
*87	636274	Secondary ion mass spectrometry with atomic resolution for analysis of 2D materials	Michalowski Pawel	MC01
*88	640713	Nanoscale Detection of Siloxanes Compounds on MXenes Using Photo-Induced Force Microscopy (PiFM) and Kinetic Adhesion Study	Kim Kevin	MC01
*89	640003	Kelvin probe force microscopy for the characterization at the nanoscale of graphene field effect transistors	Basavannavar Divya Ramesh	MC01
90	636268	Hydrogen storage in MXenes evaluated with secondary ion mass spectrometry	Michalowski Pawel	MC01
91	640384	Exfoliation et fonctionnalisation de graphite par des décharges impulsionsnelles en phase gaz-liquide	Reguig Abdeldjalil	MC01
92	638357	Engineering spin, orbital and charge orders in thin films: towards optimized magnetoelectric coupling in multiferroic materials	Delacotte Emma	MC01
*93	640996	Towards Optomechanical Control of Quantum Dot Emission using Transient Grating Method	Ghaisas Chaitanya	MC04
*94	638673	Thermophoretic Force in the vicinity of plasmonic nanostructures	Talla Robert	MC04
*95	640848	Probing thermophoretic forces near plasmonic structures using optical tweezers	Minchella Théo	MC04
*96	639392	Plasmonic two-photon photopolymerization for strongly-coupled nanosources of light	Zhao Yuqing	MC04
*97	639373	Photoluminescence enhancement based on multi-material metasurfaces	Sraj Ali	MC04
*98	640910	Optimization of the fluorescence decay rate and radiation pattern of colloidal CdSe nanocrystal golden supraparticles	Phan Thi Hien	MC04
*99	640125	Integration of nano emitters with plasmonic waveguides by optical trapping	Huang Xin	MC04
*100	646998	Hybrid Plasmonic Nanostructures using pi Conjugated Systems for Molecular Imprinted Polymers	Derouich Sarra	MC04
*101	640756	Hollow nanoplasmonic metamaterials for enhanced light-matter interaction	Cardova-Castro Margoth	MC04
*102	640089	Fluorescence enhancement via lossless all-dielectric meso-particles	Zakomirnyi Vadim	MC04
*103	640053	Controlling fluorescence of perovskite quantum dots with nanostructured aluminum	Garcelon Eloïse	MC04

* Posters éligibles à la sélection pour les prix de la thématique NANO-PHOT

Plan des posters M104



Table des matières

MC01 : Matériaux et hétérostructures 2D	30
Hydrogen storage in MXenes evaluated with secondary ion mass spectrometry, Paweł Michałowski	31
Secondary ion mass spectrometry with atomic resolution for analysis of 2D materials, Paweł Michałowski	32
Engineering spin, orbital and charge orders in thin films: towards optimized magnetoelectric coupling in multiferroic materials, Emma Delacotte [et al.]	33
Thickness and staking sequence control of BN layers epitaxially grown by Rapid Thermal CVD on Ni(111), Laure Tailpied [et al.]	34
Structural Evolution and Magnetic Behavior of Mechanically Alloyed FeS ₂ Nanocrystalline Powders, Naouam Boudinar [et al.]	35
Kelvin probe force microscopy for the characterization at the nanoscale of graphene field effect transistors, Divya Ramesh Basavannavar [et al.]	36
Exfoliation et fonctionnalisation de graphite par des décharges impulsives en phase gaz-liquide, Abdeldjalil Reguig [et al.]	37
Nanoscale Detection of Siloxanes Compounds on MXenes Using Photo-Induced Force Microscopy (PiFM) and Kinetic Adhesion Study, Kevin Kim [et al.]	38
Graphene Field-Effect Transistors with Edge Contacts: Fabrication and Electrostatic Characterization via Kelvin Probe Force Microscopy, Basma Zouari [et al.]	39
Gr-based Rashba interfaces and van der Waals low-symmetry materials for spin-orbitronics, Juan Carlos Rojas	41
Thermodynamique des états de l'effet Hall quantique entier et fractionnaire, Alexandre Assouline	42

Probing orbital magnetism in graphene, Hélène Bouchiat	43
Magnetic van der Waals materials close to the 2D limit, Johann Coraux	44
Photoluminescence in single layer MoS ₂ : the role of impurities and doping, Kaixiang Shu [et al.]	45
Nanodispositifs intégrés à base d'hétérojonctions de van der Waals pour le management de l'énergie, Nicolas Cavassilas [et al.]	46
Contrôle électrique des processus d'émission de lumière des matériaux bi-dimensionnels à l'échelle nanométrique, Elysé Laurent [et al.]	47
Excitonic transport in WSe ₂ monolayers controlled by strain, Louka Hemmen [et al.]	48
Van der Waals materials for thermoelectric energy conversion, Maria Luisa Della Rocca	49
Topological spin structures in two-dimensional van der Waals magnets and heterostructures, Dongzhe Li	50
Ultrafast Carrier Dynamics in Transition Metal Dichalcogenides (TMDCs) via Pump-Probe Spectroscopy, Banan El-Kerdi [et al.]	51
Auxetic two-dimensional materials: 2D tungsten semicarbide, Noah Stoeck [et al.]	52
Exciton Formation in 2D Semiconductors, Xavier Marie	53
Optical Detection of Sliding Ferroelectric Switching in hBN with a WSe ₂ Monolayer, Sébastien Roux [et al.]	55
Mapping charge density in operating 2D transistors with high-contrast optical microscopy techniques, Nathan Ullberg [et al.]	57
Ultra-thin films of lead iodide on graphene: van der Waal or not van der Waals at the interface., Hocine Khemliche	58
Extreme Longitudinal Thermal Conductivity and Non-Diffusive Heat Transport in Isotopic hBN, Julien Chaste	59
MC02 : Matière molle et systèmes vivants	60
ENSnano: Algorithmic-based design of complex 3D DNA nanostructures, Nicolas Schabanel	61

Physical modelling : numerical mesoscale simulation accounting for the segregation of the TCR/pMHC and LFA1/ICAM1 molecular couples, Quentin Bédél [et al.]	62
Microfluidic Flow Induced by Asymmetrically Actuated Microscopic Cilia, Charles Moore [et al.]	63
ENSnano: Algorithmic-based design of complex 3D DNA nanostructures, Nicolas Schabanel	64
Emerging Dynamics of Active Brownian Colloids interacting with Soft Membranes, Antonio Stocco	65
Elasticity from contacts in branched actin, Martin Lenz	66
Microscopic and stochastic simulations of chemically active droplets, Pierre Il- lien [et al.]	67
The Role of Elasticity in Candida Albicans Pathfinding, Antoine Rittaud [et al.] .	68
Swimming of a confined micro-alga in the presence of a phototactic signal, Ahmad Badr [et al.]	69
Spatiotemporal dynamics of the proton motive force of single bacterial cells, Anaïs Biquet-Bisquert [et al.]	70
Fast movements of Mimosa pudica: an osmotic muscle?, Mathieu Rivière [et al.] .	71
Modeling the temporal evolution of an irradiated cell population, Marianne Bil- loir [et al.]	72
Modulation de phase thermo-optique: Application en microscopie de fluores- cence., Hadrien Robert [et al.]	73
Internal lipid bilayer friction and thermodynamics of mixing from equilibrium simulations, Fabrice Thalmann [et al.]	74
From proteins to DNA-origamis: Designing self-assembly through complexity, Lara Koehler [et al.]	75
MC04 : Plasmonique Active et Hybride	76
Capteur plasmonique pour sonder la réactivité gaz/nanoparticule, Benjamin Demird- jian [et al.]	77

Thermophoretic Force in the vicinity of plasmonic nanostructures, Robert Talla .	78
Photoluminescence enhancement based on multi-material metasurfaces, Ali Sraji [et al.]	79
Plasmonic two-photon photopolymerization for strongly-coupled nanosources of light, Yuqing Zhao	80
Anisotropic nanoprism-based nanoemitters: Plasmon-controlled, excitation polarization-dependent response, Minyu Chen [et al.]	81
Controlling fluorescence of perovskite quantum dots with nanostructured aluminum, Eloïse Garcelon [et al.]	82
Fluorescence enhancement via lossless all-dielectric meso-particles, Vadim Zakomirnyi	83
Integration of nano emitters with plasmonic waveguides by optical trapping, Xin Huang [et al.]	84
Hollow nanoplasmonic metamaterials for enhanced light-matter interaction, Margoth Córdova-Castro [et al.]	85
Probing thermophoretic forces near plasmonic structures using optical tweezers, Théo Minchella [et al.]	86
Optimization of the fluorescence decay rate and radiation pattern of colloidal CdSe nanocrystal golden supraparticles, Thi Hien Phan [et al.]	87
Towards Optomechanical Control of Quantum Dot Emission using Transient Grating Method, Chaitanya Ghaisas [et al.]	89
2D Self-Assembly of Gold Nanoparticles with Various Morphologies for Sensing, Sylvie Marguet [et al.]	90
Hybrid Plasmonic Nanostructures using pi Conjugated Systems for Molecular Imprinted Polymers, Sarra Derouich	92
Analysis of Gold Nanoparticle Dimerization Using Multicolor Light Sheet Illumination, Gaétan Delhayé [et al.]	94
Plasmonics for enhanced light emission, Andreas Hohenau	95
Strong coupling in plasmonic-photonic hybrid microcavities, Benedict S. Morris [et al.]	96

Génération et exploitation d'électrons (vraiment) chauds en plasmonique, Bruno Palpant	97
Experimental measurement of nanoscale circular dichroism in plasmonic chiral structures using electron beams, Mathieu Kociak [et al.]	98
Carbon dots et résonances plasmoniques de l'aluminium : vers une exaltation contrôlée de la photoluminescence, Theo Duarte De Assuncao [et al.]	99
From macroscale to nanoscale polymerization through thermoplasmonics, Céline Molinaro [et al.]	100
Nanomaterials for spontaneous emission rate enhancement evidenced at single molecule level with nanometer resolution, Margoth Córdova-Castro [et al.]	101
Tamm plasmon light emitting diodes, Maël Laupretre [et al.]	102
Enhancing and controlling the emission of a colloidal CdSe/CdS/CdZnS NCs assembly by a gold layer, Hien Phan [et al.]	104
Lattice modes engineering based on bi-material arrays of metallic nanoparticles, Manon Dewynter [et al.]	105
From Symmetry to Chirality: Near-Field Imaging of Achiral Gold Nanotriangles using Linear polarization, Minyu Chen [et al.]	106
Polymerization of Diazonium Salts as a Probe for Heat and Hot Electron Generation in Gold Nanoparticles, Liudmila Trotsiuk [et al.]	107
Plasmon-induced regioselective immobilization of colloidal gold particles on lithographic disks, Nordin Felidj [et al.]	109
Plasmonic nanoantenna optical trapping of a single colloidal quantum dot, Jerome Wenger [et al.]	110
Multi-timescale dynamics of plasmonic nanocomposite thin films under high-repetition-rate femtosecond laser-induced transformation, Balint Eles [et al.]	111
Infrared plasmon resonances of doped Si Nanocrystals by Spectroscopic Ellipsometry, Kevin Dawson Ango Nsa [et al.]	112
Quantum dot emission under strong excitation: beyond the 2-level system, Damien Simonot [et al.]	113
Organic Plasmonics, Plasmon-Induced Electrochemistry: where are we heading, Jean-Christophe Lacroix [et al.]	114

Infrared optical modulation using a vanadium dioxide-based meta-surface., Thomas Ratier [et al.]	115
Infrared optical modulation using a vanadium dioxide-based meta-surface., Thomas Ratier [et al.]	116
MC05 : Matériaux grands gaps et applications	117
Investigating the blistering mechanisms of β -Ga ₂ O ₃ under light ion implantation, Adrien Roth [et al.]	118
Refractive index evolution of 4H silicon carbide nanostructured surface with high temperature annealing, Elise Usureau [et al.]	119
Color Centers in SiC: Characterization using Cathodoluminescence at Low Temperature, Rupesh Dinesh Mandal [et al.]	120
Characterization of β -Ga ₂ O ₃ and device fabrication, Enora Vuillermet [et al.] . .	121
Réduction des contraintes dans les films de diamant CVD pour applications quantiques par ingénierie du substrat et traitement de surface, Roumli Nourzat [et al.]	123
Fabrication de réseaux de nanopiliers sur des membranes de diamant de qualité quantique, Thiziri Ben Yahia [et al.]	124
MOCVD growth of boron nitride and its applications, Suresh Sundaram [et al.] .	125
Efficient Chemical Bath Deposition Growth of ZnO: Chemical Reaction Related Aspects., Jash Salunke [et al.]	126
Alternative MOS oxides for SiC technology, Razvan Pascu [et al.]	127
Wide Bandgap Perovskites : Sustainable Transparent Conductors for Next-Generation Optoelectronics, Ilhem Elgargouri [et al.]	128
Films minces de ZnO par méthode Pechini : caractérisation et application en photocatalyse, Gaël Heysen [et al.]	129
Etude du SiC, GaN et Diamant comme potentiel radiateur pour un détecteur Čerenkov, Yamina Bennour [et al.]	130
Polarization texture and sensing application of ferroelectric nanocrystals, Athulya Muraleedharan Bindu [et al.]	131

Scratching the surface and beyond: scanning probe microscopy and nano-optics in thin films of wide bandgap materials, Giovanni Fanchini	133
Thermodynamic and optical properties of point defects in wurtzite boron nitride, Martino Silvetti [et al.]	134
Neutron Radiation Effects on SiC-Based P+N Junction Diodes, Laurent Ottaviani	136
Physical and electrical characterization of wide band gap for power electronic application, Camille Sonnevile [et al.]	137
Diamant semiconducteur : le défi du dopage de type n, Marie-Amandine Pinault-Thaury	139
TiO2 décoré avec des nanoparticules d'Au pour la diffusion Raman exaltée de surface photo-induite (PIERS), Nathalie Lidgi-Guigui [et al.]	140
La physique des diodes électroluminescentes à base de GaN : qu'en est-il aujourd'hui ?, Nicolas Grandjean	141
Technology Optimization for a Ga2O3 power Schottky diode fabrication, Changzi Lu [et al.]	142
Self-powered Oxide Heterojunctions for Remote Optical Fire Sensing, Rogers David [et al.]	144
MC06 : Approches modèles pour les sciences de la Terre	145
Generation of tsunami waves by low density gravity flow, Alexandre Kane [et al.]	146
Earthquake-induced landslides: laboratory investigations of granular gouges dynamics, Xiaoping Jia	147
Fragment breaking, motions and size distribution in a laboratory model of fragmentation of a 2D floating membrane by surface waves, Michael Berhanu [et al.] .	148
Modélisation expérimentale de la remontée de fluide dans un bassin sédimentaire, Camille Porceillon [et al.]	149
Systèmes analogues de la formation de spéléothèmes, Philippe Claudin [et al.] . .	150
Dissolution of soluble bodies placed in a turbulent water flow: relative influence of the imposed flow and of buoyancy, Augustin Maller [et al.]	151

Caractérisation expérimentale de solidification en milieu poreux : Étude du pergélisol, Justine Quentin	152
Mitigating granular avalanches by adding flexible fibres, Ladislav Wierzbachek [et al.]	153
Distribution d'équilibre de la phase liquide dans un matériau granulaire non saturé, Loredana Lazar [et al.]	154
Templating model hydrothermal vents, Cyprien Vermelle [et al.]	155
Gravity driven collapse of a cylindrical column of grains, Igor Le Pivert–Jolivet [et al.]	156
Swelling granular media made of plant seeds: pressurisation and inverse silo effect, Philippe Marmottant [et al.]	157
Theoretical and Numerical Modeling of Hydro-Sedimentary currents for Geophysical Applications, Mina Jafari	158
Experimental investigation of a sediment transport instability, Martin Chaigne [et al.]	159
Sismologie de la glace de mer, Vasco Zanchi [et al.]	160
Exposé invité: Nicolas Taberlet. Morphogénèse glaciaire : formation des Zen stones et des tables glaciaires, Nicolas Taberlet	161
Seismic fault dynamics: insights from lab experiments, Elsa Bayart	162
MC07 : Interactions non-linéaires lumière-matière et applications	163
Source térahertz intense à haute cadence basée sur le redressement optique dans un cristal de LiNbO ₃ , Alexandre Fahy [et al.]	164
Explorer la complexité des langues d'Arnold dans un laser fibré à solitons à respiration, Xiuqi Wu [et al.]	166
Microscopie Tomographique Diffractive : principes, implémentations, et extensions non-linéaires, Matthieu Debailleul [et al.]	168
Rewritable binary recording of the photon spin state in chiral liquid crystals, Nicolas Bruni [et al.]	169

Propriétés de contact et rhéologie d'une suspension colloïdale adjuvantée par des PCE, Charlotte Veillon [et al.]	170
Thermal melting of a vortex lattice in a quasi two-dimensional Bose gas, Laurent Longchambon [et al.]	171
Quantum Correlations in UV Dual-Comb Spectroscopy, Radmir Kokoulin [et al.]	173
Tunable second harmonic generation in 2D materials: comparison of different strategies, Simone Grillo [et al.]	174
Electronic states of the N_2^+ ion dissociating to the four lowest dissociation limits: Energies, transition dipole moments, and Einstein coefficients, Chaima Hammami	176
Nonlinear propagation of Bessel beams : from waveguiding structure to OAM modulation, Nicolas Marsal [et al.]	177
Giant photostriction in lead-free ferroelectric stemming from photo-excited thermalized carriers, Gaëlle Vitali-Derrien [et al.]	178
Multilayered Au/TiO ₂ hyperbolic material for nonlinear optics, tuning the epsilon near zero point, Raúl Rangel-Rojo [et al.]	180
Apprentissage machine en optique non-linéaire ultrarapide fibrée, Christophe Finot [et al.]	181
" Perfect optical vortex " pour générer des paires de photons avec moments orbitaux angulaires, Paul Seguin [et al.]	183
Liquid crystal particle-like driven by light, Emma Furlanetto [et al.]	185
Shaping second harmonic beams with nonlinear semiconductor metasurfaces, Laure Coudrat [et al.]	186
New insights on all-optical ultrafast cavity switching, Guilherme Torelly [et al.] .	187
Absorption des impulsions laser ultrabrèves par le verre en mode rafale, Sylvain Lecler [et al.]	188
Polarisation-based interferometry for enhanced low electric-field detection, Jean-Baptiste Billeau [et al.]	189
Conversion de fréquences dans l'ultraviolet à fortes performances, Gabriel Mennerat	190

Label-free multimodal nonlinear optical microscopy for functional imaging of living tissues, Stringari Chiara	191
Manipulation of conical diffraction vector waves in linear and nonlinear optically biaxial crystals, Germano Montemezzani [et al.]	192
MC08 : Photonique quantique: briques de base et applications	193
Optical Communication via Rabi Oscillations in NV Center Ensemble, Ziad Abi Akar [et al.]	194
Génération expérimentale de superpositions d'états cohérents avec une mémoire quantique, Hector Simon [et al.]	195
Narrow bandwidth integrated photon pair source for praseodymium quantum memories, Essowéréo Tchao [et al.]	196
Implementation of a controlled NOT gate on silicon nitride on insulator photonic circuits for quantum computing, Gilbert Mbaye [et al.]	198
Characterization of nonlinear photonic integrated circuits in silicon nitride, Iheb Laibi	199
High-resolution imaging of cold rubidium atoms, Matthieu Cassus [et al.]	200
Towards entanglement-based quantum communication over a field deployed fiber-network in Paris, Célia Smaï [et al.]	201
Neural network-based design tool for nonlinear quantum photonic microcavities, Italo Pio De Simeone [et al.]	203
Controlled generation of individual quantum emitters in hBN using electron beam irradiation and in-situ cathodoluminescence monitoring, Andrés Nuñez Marcos [et al.]	204
Control of multi-spin systems toward large-scale quantum technologies., Charles Babin [et al.]	205
Quantum information processing with pairs of photons entangled in frequency, Jan Viatteau [et al.]	206
Capteur de champs de radiofréquence à atomes de Rydberg, Gabriel Boccara [et al.]	207
Coherent SiV center in Diamond nanophotonic waveguide for Quantum information, Althéa Housset	208

Generating non-Gaussian states of light with a single quantum emitter in a waveguide, Thomas Copie [et al.]	209
A new photonic simulator: microcavity polaritons for quantum field theory in curved spacetime, Maxime Jacquet	210
Isolated color centers in Si as single photon sources for quantum photonics: recent advances and open challenges, Baptiste Lefaucher [et al.]	211
Ultra-sensitive strain detection in a rare-earth-doped crystal, Anne Louchet-Chauvet [et al.]	213
Nanodiamonds with Group IV color centers with tunable emission for Quantum applications, Roy Konnoth Ancel [et al.]	214
Quantum photonics using color centers in a diamond membrane coupled to a photonic structure, Surena Fatemi [et al.]	215
Playing with single spins and single photons, Loïc Lanco	216
QUANTUM COHERENCE AND PHOTON CORRELATIONS IN ENTANGLED FLUORESCENT ORGANIC MOLECULE PAIRS, Jean-Baptiste Trebbia	217
Un processeur tout-optique pour la génération itérative d'états quantiques, Hector Simon [et al.]	219
Multipartite quantum correlations in bright SiN microcombs, Virginia D'auria [et al.]	220
Controlled Integration of Nanodiamonds with NV Centers into Silicon Nitride Photonic Structures for Enhanced Single-Photon Emission, Jenny Paola Romero Castro [et al.]	221
Integrated Photon Pair Source Based on Micro-Ring Resonators for Erbium-Compatible Quantum Memories, Mauricio Gómez-Robles [et al.]	223
Coherent spin control of a single rotating color center integrated in a silicon photonic cavity, Félix Cache [et al.]	225
Experimental fiber-based quantum triangle-network nonlocality with a telecom AlGaAs multiplexed entangled-photon source, Othmane Meskine [et al.]	227
Hybrid III-V/Silicon quantum photonic device embedding generation and state engineering of entangled photon pairs, Lorenzo Lazzari [et al.]	229

Optical Design and Survival Analysis of Multiplexed Ring Resonator Networks for Quantum Information Processing, Kunyuan Li	231
Quantum sensing: illustration with RF sensing based on cold and hot Rydberg atoms, Fabien Bretenaker [et al.]	232
Millikelvin side-band thermometry by photon counting on a gallium arsenide disk resonator close to the ground-state, Andrea Barbero [et al.]	233
Reproducible generation of green-emitting color centers in hBN using oxygen annealing, Helmi Fartas [et al.]	234
Intrinsic hole spin mixing and non-local long-range electron-hole pair exchange interaction in GaAs quantum dots, Geoffrey Pirard [et al.]	235
Nonlinear quantum optics with cold atoms and nanophotonic waveguides, Alban Urvoy	236
Entanglement-enabled imaging through scattering media, Hugo Defienne [et al.] .	237
Couplage fort en cavité entre atomes et photons : des atomes uniques aux registres d'atomes uniques., Romain Long	238
(Tutorial) The Illiad : Graphs states - a Trojan horse of computer scientists in quantum physics, Frédéric Grosshans	240
The Odyssey of graph states in photonic error correction, Frédéric Grosshans [et al.]	241
Continuous Variable Quantum Optics and Quantum Information, Valentina Parigi	242
MC09 : Applications de l'Apprentissage Automatique en Physique	243
E(3) Equivariant Graph Neural Network Models for Phonon Calculations, Yanki Gunday [et al.]	244
Unlocking 3D nanoparticle shapes from 2D HRTEM images: Deep Learning for classification and denoising at atomic resolution, Romain Moreau [et al.]	245
Generalization emerges from local optimization in a self-organized learning network, Lionel Gil [et al.]	247
Réseaux de neurones pour la mesure physique: évaluation de la fiabilité de mesure par des cartes auto-organisées, Robin Matha [et al.]	248

Intelligence Artificielle pour la Combinaison Cohérente de Lasers : de la simulation à la réalité, Nathanaël Hulard [et al.]	249
Retrieving the Optical Properties of Biological Structures via Symbolic Regression, Julian Sierra Velez [et al.]	250
Physics-aware Symbolic Regression & Analytic Neural Networks for Fast, Interpretable Modelling, Rodrigo Ibata	251
AI and Science, Gaël Varoquaux	252
Forty years of Boltzmann machines and counting, Rémi Monasson	253
MC10 : Physique des neutrons ultra-froids	254
Ultra-cold neutron storage and neutron lifetime measurement in the fully magnetic trap τ SPECT, Sylvain Vanneste	255
Developments in Deuterated Clathrate Hydrates for Very Cold Neutron Moderation, Valentin Czamlar [et al.]	256
Neutron-to-mirror-neutron oscillations in an ultracold neutron beam, Daniel Galbinski [et al.]	257
Introduction to Ultra-Cold Neutrons, Estelle Chanel	258
The search of the neutron electric dipole moment with ultra cold neutrons at the Paul Scherrer Institute, Katia Michielsen	259
Sensitive search for neutron to mirror-neutron oscillations at the PSI UCN source, Nathalie Ziehl	260
An optically pumped magnetometer array used for a fundamental physics experiment, Lea Segner	261
MC11 : Thermodynamique et énergétique quantique	262
Thermodynamics and Qubit purification via Jaynes-Cummings and Anti-Jaynes-Cummings interactions, Tiago Francisco Fagundes Dos Santos [et al.]	263
Feedback control of out-of-equilibrium nano-systems : Application to Information processing & Stabilization on a repulsive potential., Salambô Dago [et al.]	264
Dynamical invariant based shortcut to equilibration in open quantum systems, Mohamed Boubakour	266

Quantum Stochastic Thermodynamics: linking some definitions and their properties through modular formalism, Tristan Benoist	267
Energy and entropy in quantum computers: from fundamental to realistic and back again, Robert Whitney [et al.]	268
Observation of critical non-Gaussian statistics of the order parameter across the superfluid-to-Mott insulator phase transition, Maxime Allemand [et al.]	269
Probing weak and strong matter wave localization in quantum gases, David Guéry-Odelin	270
Quantum Energetic Advantage in Boson Sampling, Nessim Dridi [et al.]	271
Evaluating the Cost of Weak vs. Strong Continuous Quantum Measurements, Lorena Ballesteros Ferraz [et al.]	272
Stochastic information processing in a lazy quantum measurement engine: run-and-tumble exact work statistics and first-passage distribution, Lea Bresque [et al.]	273
Preparing entangled states out of dissipation in diamond, Shishir Khandelwal [et al.]	274
Some speculations about local thermalization of non-equilibrium extended quantum systems, Dragi Karevski [et al.]	275
Thermally driven quantum refrigerator autonomously resets a superconducting qubit, Aamir Ali	276

MC12 : Dynamique femtoseconde : pour comprendre et contrôler les processus moléculaires **277**

QCL frequency control via a femtosecond laser, AOM large scale shifted and traceable by atomic clock, Hadj Elandalousi	278
Time-resolved 2D-IR spectroscopy for disentangling site effects in cryogenic matrices, Wutharath Chin [et al.]	279
Development of Time-Resolved Circular Dichroism for Investigating Conformational Changes of (Bio)molecules, Pascale Changuenet [et al.]	280
Continuously tunable monochromatic intense HHG source for excitation of He nanodroplets, Jurkovicova Lucie [et al.]	281

Picosecond isomerization of bacteriophytochromes confirmed by a first fluorescent photoswitchable variant (NIR-RSFP), Cédric Mittelheisser [et al.]	283
Investigation of Ligand-Mass Dependence of the fast red negative Photochromism of Flavoprotein-Ligand Charge Transfer Complex., Amira Gharbi [et al.]	284
Time-resolved spectroscopy of the Singlet Fission process in isolated gas-phase systems, Oriane Shviro [et al.]	286
Probing dipole-dipole interactions in dense atomic vapors with double quantum coherence spectroscopy, Cyril Falvo	287
Decoherence phenomena of electron dynamics in liquid water on the attosecond timescale, Gabriele Crippa [et al.]	288
Excited-state dynamics and thermal recovery of salicylidene-aniline photoswitches: a theoretical investigation, Isabella Merritt [et al.]	289
Development a multi-timescale and multi-probe transient absorption setup using fs Ti:Sa and Yb laser sources, Evangelos Balanikas [et al.]	290
Ultrafast vibrational and chiral spectroscopies for enhanced structure-sensitivity in solution, Jan Helbing	292
Photoreactions of fluorescent proteins : from femtosecond spectroscopy to biological imaging, Agathe Espagne	293
Ultrafast processes in molecular functional materials developed for renewable energy conversion, Stefan Haacke	294
Electron scattering from planar molecules, Vincent Lorient	295
Extreme ultraviolet (XUV) time-resolved photoelectron spectroscopy for studying ultrafast internal conversion, Alexie Boyer [et al.]	296
First Instants Following Ultrafast Extreme Ultraviolet Ionization of a Peptide Chain Ion, Karwan Omar [et al.]	297

MC13 : Détecteurs rapide temps-position en physique atomique et physico-chimie moléculaire **299**

High precision time measurement with the WaveCatcher and SAMPIC fast digitizers, Dominique Breton [et al.]	300
Novel spatially resolved electron spectroscopies allowed by event-based detection, Mathieu Kociak [et al.]	301

Mesure du temps à haute résolution temporelle et haut flux de signaux rapides, David Heurteau	302
PICMIC : PICosecond subMICrometer concept, present and future, Imad Laktineh	303
MC14 : Sources de particules chargées	304
Etude d'un procédé e-HiPIMS (electron-enhanced High Power Impulse Magnetron Sputtering) par OES résolue temporellement, Dimitr Boivin [et al.]	305
Etude d'un régime impulsionnelle haute tension FHiVI ² couplé à un procédé HiPIMS, Ronny Jean-Marie-Désirée [et al.]	306
High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) for TiN Thin Films Deposition: Influence of the Substrate Bias on Conformality and Film Properties, Léo Seigneur [et al.]	307
Automated Nanosecond Plasma Jets for Targeted Medical Treatments, Jean-Baptiste Billeau [et al.]	309
Sources de particules chargées, Stéphane Béchu [et al.]	311
MC15 : Point sur la fusion LMJ/ITER	312
Kinetic entropy in 1D non-Maxwellian plasmas, Océane Nhingsavath [et al.] . . .	313
Modélisation cinétique de gaine plasma émissive, Alissia Medouni	315
Control of tokamak plasma density with X-mode reflectometry, Maylis Carrard .	316
Principes de la fusion par confinement magnétique et projet ITER, Yann Camenen	317
GenF's Vision 2040: Transforming Fusion Research into Power, Hugo Chesneau [et al.]	318
Approches alternatives pour la fusion contrôlée, Maxime Lesur	319
La fusion par confinement inertiel magnétisée, Joao Jorge Santos	321
Numerical simulation of tokamak plasmas, from MHD and gyrokinetics to integrated modeling, Nicolas Dubuit	322
Recherches expérimentales sur le tokamak WEST, Laure Vermare	323

MC16 : Accélérateurs laser plasma et nouveaux concepts 325

Modèle de substitution numérique pour l'accélération laser plasma, Gueladio Kane 326

Accélération par sillage laser-plasma: modélisation vers des accélérateurs d'électrons compacts, Francesco Massimo [et al.] 327

High quality relativistic electron beams from Laser Wakefield Acceleration, Steyn Lodewyk [et al.] 328

Development of a nonlinear plasma lens for achromatic beam transport, Pierre Drobnik 329

L'accélération laser-plasma: état de l'art et perspectives, Sandrine Dobosz Dufrénoy 330

Simulations de production de particules alpha par accélération laser-plasma dans les installations PW, Thomas Carrière [et al.] 331

Electromagnetic showers: analytical solutions and applications to pair plasma production, Mattys Pouyez [et al.] 333

Le projet européen EIC TWAC sur l'accélération terahertz, Eléonore Roussel . . 334

Performances du laser à électrons libres COXINEL sur l'accélérateur plasma d'HZDR, Marie Labat 335

Progress on laser-driven dual neutron-X-ray radiography at Apollon and ELI-NP, Weipeng Yao [et al.] 336

MC17 : La mécanique en biologie, des molécules aux tissus 337

Cell mechanical changes upon Lamin A/C alterations, Cécile Jebane [et al.] . . . 338

Electrical Stimulation Intensity and Migration Dynamics, Niloofar Pishkari [et al.] 339

Mechanics of the mitotic spindle to ensure faithful division., Nina Soler [et al.] . . 340

Biomechanics of cell adhesions using optical tweezers and FRET fluorescence microscopy, Camille Dubois [et al.] 342

Dynamics of a bacterial motor at multiple scales: from protons to polymers, Ashley Nord 343

Role of mechanics in early immune recognition, Kheya Sengupta [et al.]	344
Cellular morphodynamics on microlanes - mechanistic models and simulation based inference, Joachim Raedler	345
MC18: Microscopies optiques pour la biologie	346
Total Internal Reflection Fluorescence (TIRF) and Supercritical Angle Fluores- cence (SAF) combined imaging, Héloïse Gaudin [et al.]	347
Analyse multi-échelles par ondelettes continues de l'adhésion de produits cosmé- tiques sur des substituts de peau synthétiques, Marjolaine Gonon [et al.]	348
Monitoring the ribosome dynamics at the single molecule level, Baptiste Bouhet [et al.]	349
Label free coherent Raman imaging, Hervé Rigneault	350
Eve-SMLM: Enhanced Single-Molecule Localization Microscopy with Event-Based Sensors, Clément Cabriel [et al.]	351
Wavefront engineering for volume light control in nonlinear neuromicroscopy, Eirini Papagiakoumou	352
Reconstruction 3D de cartes d'indice de réfraction améliorée par microscopie diffractive tomographique à double vue, Carlos Alberto Chacon Avila [et al.]	353
Probing Single-Molecule Dynamics in Self-Assembling Viral Nucleocapsids, Thomas Bugea [et al.]	355
Monitoring the ribosome dynamics at the single molecule level, Baptiste Bouhet [et al.]	356
Minimalistic In Vitro Assay to Study Cell Intercalation in Morphogenesis, Daniel Selma [et al.]	357
Agile two-photon microscope for fast 5D single-particle translation and rotation tracking, Alexandre Clausolles [et al.]	358
Three-photon Holographic Microscopy For Deep Precise Optogenetics, Jeremie Nataf [et al.]	360
Optimization of speckle-free holography for scanless two-photon voltage imag- ing, Julien Nassif [et al.]	361

Quantitative Phase Imaging with a Thin Diffuser: Developments and Applications in Cell Biology, Anis Aggoun [et al.]	363
Dynamic Full-Field Optical Coherence Tomography: Recent Advances and Biomed- ical Applications, Tual Monfort [et al.]	364
Presentation of the Imabio Young Scientist Network, Clément Cabriel	366
MC19 : Nanodispositifs pour la détection de biomolécules	367
Phase singularity in random gold metasurface for refractive index sensing, Juan Pablo Cuanalo Fernandez [et al.]	368
FRET-based nanosensor for measuring cell contractile force, Noémie Lacroix [et al.]	369
Plasmonic Optical Properties and Strong Coupling Regimes in Nanoplatelets and Gold Nanotriangles, Shengwen Di [et al.]	370
Pulsed Laser Nanoparticles Source and Thin Films Deposition to tune Materials Properties, Manon Gireau [et al.]	371
Bio-Inspired symmetrical Dimer Photonic Crystals: Ultrasensitive Optical Biosens- ing, Guanghan Zhang [et al.]	372
Development of an ultrasensitive plasmonic hydrogen sensor, Jialing He [et al.] .	373
Tunable W-doped VO ₂ Nanolayer at Body Temperature for Ultrasensitive Near- Infrared Plasmonic Biosensor, Nurzad Zakirov [et al.]	374
Label-Free Plasmonic Biosensor for Cancer Marker Detection Based on Phase Singularity-Induced Lateral Position Shift, Fusheng Du [et al.]	375
Wavefront micro-spectroscopy to characterize nanomaterial-based sensors, Nathan Ullberg [et al.]	376
Real-Time Detection of Mercury Traces (ng/L) Using DNA-Based Biosensors, An- toine Elie [et al.]	377
Optimizing Saline Buffers for Ultra-Fast and Reliable DNA Hybridization at Room Temperature: A Breakthrough in Nanodiagnosics, Margaux Gaillard [et al.] . . .	379
Compact Phase-Sensitive SPR: a versatile tool for biosensing, Aurélien Bruyant [et al.]	380

Plasma-based Synthesis of Oxide Materials for Various Applications, Mohamed Chaker	381
Bioimaging and biosensing using persistent luminescence nanoparticles, Cyrille Richard	382
Near-interface sensing, imaging and nanometrology using smart surfaces, Adi Salomon [et al.]	383
Near-field chemical nanopatterning of plasmonic metasurface sensors, Kartikey Pandey [et al.]	384
Physicochemical approaches in enzymatic electrocatalysis, Elisabeth Lojou [et al.]	385
Biomimetic electronic noses based on surface plasmon resonance imaging for artificial olfaction, Hou Yanxia	386
Study of selective contacts and p-type connection layers based on indiumfree transparent conductive oxides for 2T tandem cells, Divya Nikam	387
Innovative surface strategy to design antioxidant gold nanoparticles as potential candidate for oxidative stress-related cardiac disorders, Yang Zhang [et al.]	388
Plasmonic Nanoparticles for Biomedical Applications, Philippe Nizard	389
Nanoparticules d'or multifonctionnelles conçues pour la thérapie guidée par imagerie médicale, Stéphane Roux	390
Biocapteurs plasmoniques micro-nano-structurés pour la détection de biomolécules et la bio-imagerie, Michael Canva	391
A multimodal & multiscale analytical platform for a label-free characterization of nanoobjects on a unique multiplexed biochip, Celine Elie-Caille	392
Biodetection of water contaminants using DNA technologies, Julien Proust [et al.]	393
Modeling the Reflectance of Porous Silicon Decorated with Plasmonic Nanoparticles Using the Transfer Matrix Method, Clémentine Gevers [et al.]	394
Light-harvesting fluorescent organic nanoparticles with efficient energy transfer for amplified biosensing, Andrey Klymchenko	395
MC20 : Ingénierie cellulaire, ingénierie tissulaire et biomatériaux	397
Magnetotactic bacteria for nanobiotechnological applications, Natalia Paul [et al.]	398

Substrate stiffness alters organization and motility of human induced pluripotent stem cells to modulate their differentiation potential, Jack Llewellyn [et al.] . . .	399
Elasto-capillarity of hydrogels: how surface tension drives single cell motility, Sara Faour [et al.]	400
Effets mécaniques de la stimulation par ondes de cisaillement sur la peau du visage, Koloina Randrianavony [et al.]	402
Influence of substrate topography on vascular endothelial cells, Claire Leclech [et al.]	403
Bending the rules: Role of Curvature at the cell-material interface, Laurent Pieuchot	404
Investigating biological out-of-equilibrium systems by optogenetics probing., Olivier Destaing	405
MC21 : Cosmologie avec les grands relevés	406
Détection de proto-amas de galaxies dans les données du télescope Euclid, Tanguy Dusserre	407
Détection de proto-amas de galaxies dans les données du télescope Euclid, Tanguy Dusserre	408
High-Precision Cosmology with ACT DR6: Power Spectra and Tests of Λ CDM and Beyond, Benjamin Beringue [et al.]	409
Photometric redshifts for Rubin-LSST : enhance Template Fitting methods with Stellar Population Synthesis, Joseph Chevalier [et al.]	410
Observer le fond diffus cosmologique, expériences en cours et à venir, Louise Mousset	411
Cosmology with Lyman Break Galaxies in light of DESI-II, Constantin Payerne [et al.]	412
DESI-2, Stephanie Escoffier [et al.]	413
Le comptage d'amas de galaxies dans notre Univers avec Euclid, Calum Murray .	414
Cosmology with Type Ia Supernovae: from DES5YR to Vera C. Rubin Observatory's LSST, Bruno Sánchez	415
Non-Gaussianity in the CMB: current and future constraints, Michele Citran . .	416

Unveiling faint millimetre galaxies with strong gravitational lensing at cosmic noon, Lea Pamphile	417
Probing the merger history of massive Dark Matter haloes through a joint Weak Lensing and Radio analysis of Galaxy Clusters, Lorenzo Ingolia	418
Improving BAO Reconstruction with Deep Learning: A Field-Level Approach, David Valcin	419
MC24 : Derniers Resultats du LHC + Techniques pour les accélérateurs du futur (FCC) et physique au FCC	420
Resommation et processus rare : la production de quatre quarks top au LHC, Yehudi Simon	421
Introduction à la physique des hautes énergies, Gautier Hamel De Monchenault .	422
Latest results of di-Higgs searches at the LHC, Théo Cuisset	423
Future Circular Collider: What? Why? When?, Christophe Grojean	424
Deuxième phase de jouvence de l'expérience ATLAS pour l'exploitation des données du HL-LHC, Olivier Arnaez	425
Future Circular Collider Feasibility Study - Highlights and Next Steps., Zimmermann Frank	426
Latest Results from the LHC and the Search for New Physics, Martina Manoni .	427
Studying the Vector Boson Scattering process, Panagiotis Ziakas	428
Overview of the CMS High Granularity Calorimeter and its current status, Arnaud Steen	429
ESPPU France : Contribution de la communauté HEP française à la stratégie Européenne pour la physique des particules, Cristinel Diaconu	430
A Linear Collider Facility as Higgs Factory and Beyond, Dirk Zerwas	431
MC27 : Histoire des sciences et des techniques	432
Qu'est-ce que la physique après Newton ? Émilie du Châtelet et les Institutions de Physique., Jean-Yves Briand	433

Histoire des transits de Vénus et de leur utilisation, Bruno Pagani	434
Contribution des physiciens aux progrès de l'électrophysiologie à la fin du 19ème siècle : vers l'électrocardiogramme, Quentin Le Masne	435
Une "relativité optique au premier ordre : 1818 - 1889", Christian Bracco	436
le cinquième conseil Solvay de physique en 1927, Alain Le Rille	437
Perspectives historiques sur l'effet Hawking et la "gravité analogue", Maxime Jacquet	438
Joseph Pérès (1890-1962), figure d'un renouveau de la mécanique et de la science française, François Charru	439
Lagrangian's Mechanism in Maxwell's Electro-Magnetism (1865-1873), Raffaele Pisano	440
L'École royale du Génie de Mézières, là où l'ingénieur et la physique se rencontrent..., Hervé Grau	441
Le rôle de l'esthétique dans la construction des théories physiques, Iro Koletsou .	442
La théorie cinétique de la gravitation de Georges-Louis Le Sage, Hugues Chabot .	443
Poincaré dans l'ombre de La Lumière Electrique, Nicolas Nio	444
Retour réflexif d'expérience: Programmation d'automobile autonome à la manière de Héron d'Alexandrie, Eva Corot	445
Le trésor caché du musée Ampère : une version méconnue de l'expérience d'Einstein-de Haas, Alfonso San-Miguel [et al.]	446
L'histoire mouvementée de la loi des sinus, Kevin Fraval	447
William Herschel et la découverte des infrarouges, Julien Delahaye [et al.]	448
Pendule de Foucault et promenades sur espaces courbes : loi du sinus et transport parallèle., Pierre Lauginie	449
Albert Turpain, le pionnier, le savant et l'humaniste, Jerome Pacaud [et al.] . . .	450
Un cahier d'inventaire, témoin de la physique à Lyon (1880-1960), Françoise Khantine-Langlois	451
MC28 : Mini-colloque 'blanc'	452

Study of the Resistance to Crack Propagation in Nano Fine Grained Alumina by Acoustic Emission, Seddik Bouras [et al.]	453
Thomas Fermi regime neutrons stars at finite temperature, Kouidri Smail	454
Multiscale Strain Analysis of Nylon Polymer (PA66) Using Quantum Dots and Metallic Nanoparticles as Gauges, Malak Kheir Al Din [et al.]	455
Search for the $B \rightarrow K\nu$ decays at Belle II, Corentin Santos	456
Light-emitting quantum tunnelling junctions, Manasa Anthikad [et al.]	457
Chip Fabrication Yield Improvement via Post-Fabrication Inductance Tuning by Thermal Annealing, Mario Alejandro Lopez Alvarado [et al.]	458
Comprehensive investigating the post-annealing treatment effecting the electrical performance of 3,10-Didecyl naphtho(2,1-b) naphtho(1',2':4,5)thieno(2,3-d)thiophene21DNTT- 10 -based organic thin-film transistors via multiple conjoint advanced nano-characterization techniques, Wang Haobing [et al.]	460
Spectroscopie moléculaire des derniers états liés du sodium, Bastien Mirmand	462
Observation directe du pic de diffusion cohérente vers l'avant avec un condensat de Bose-Einstein dans un réseau optique secoué, Juliette Billy [et al.]	463
Optimized Electron Beam Lithography for the Fabrication of Resonant Waveguide Gratings, Antoine Dussard [et al.]	465
Intrinsic hole spin mixing and non-local long-range electron-hole pair exchange interaction in GaAs quantum dots, Geoffrey Pirard [et al.]	466
Détection non destructive de macromolécules via l'interaction avec des nuages d'ions refroidis par laser, Audric Husson [et al.]	467
Iridescent coloring in Transmission, Nour Amine [et al.]	468
Utilisation de ressources locales et déchets industriels pour une économie circulaire et réduction de l'empreinte carbone dans l'industrie du ciment, Hafida Boutef- nouchet [et al.]	469
A Nonlinear Variational Model of Cracks and Dislocations, Godefroy Engrand	470
Vibrational excitation of the H ₂ O/HDO molecules by electron impact, Mehdi Ayouz [et al.]	471

Influence de l'environnement de sollicitation sur le comportement mécanique des polymères : de l'approche phénoménologique à la considération du mouvement des chaînes moléculaires, Quentin Bourgogne	472
1905, l'année miraculeuse d'Einstein, Boris Chenaud	474
Photoionization of diatomic molecules including vibrational considerations, Conner Penson [et al.]	475
A compact MEMS force probe for thrust measurements in electric propulsion thrusters, Giada Brandi [et al.]	476
From Synthesis to Assembly: Study of a Silicon based Metasurface Fabrication, Juan Xin [et al.]	477
Les données personnelles et la physique, Xiaohong Chen	478
Hybridation d'un interféromètre atomique avec un capteur inertielle pour la gravimétrie embarquée, Benoit Kaczmarczuk [et al.]	479
Optimized Electron Beam Lithography for Scalable Fabrication of Nanostructures, Antoine Dussard [et al.]	480
Un simulateur de plasma non-neutre grâce aux ions piégés contrôlés par laser, Célestine Klein [et al.]	481
Thermal stability of High Entropy Alloy Nanoparticles: an atomic scale study, Anissa Acheche [et al.]	482
Interactions entre atomes de Rydberg circulaires, Abderrahmane Kassid	483
Densification in situ de matériaux céramiques base carbure de titane, Hafida Boutefnouchet [et al.]	484
Comprendre les fondamentaux de l'ellipsométrie spectroscopique : principes et applications, Jean-Paul Gaston	485
Les couleurs physiques dans les arts visuels, Bruno Palpant	486
Effervesciences (dimanche)	487
(Mini-Conférence) 14h45 et 17h15 Sadi Carnot à notre panthéon, Alexandre Moatti [et al.]	488

(Speed Searching) Construire un nanosenseur de force cellulaire basé sur du transfert d'énergie (FRET), Noémie Lacroix [et al.]	489
(Mini-Conférence) 15h15 Jouer avec les dissonances pour mieux comprendre la physique, Estelle Blanquet	491
(Speed Searching) Les grandes structures de l'Univers dans les relevés cosmologiques, Tanguy Dusserre	492
(Speed Searching) Utiliser la Force du laser pour comprendre le ciment, Charlotte Veillon	493
(Mini-Conférence) 16h15 La physique et la musique dans l'apprentissage de langue, Xiaohong Chen	494
(Mini-Conférence) 14h15 et 16h45 Cheminement d'un chercheur vers la vulgarisation et la BD Scientifique, Patrick Trouillas	495
14) Nouveau Livre sur la Relativité, Paul Bruma	496
(Speed Searching) Du graphène pour des transistors plus rapides : comment voir l'invisible ?, Basma Zouari [et al.]	497
(Speed Searching) La Résonance de Plasmon de Surface : quand la lumière révèle l'invisible, Antoine Elie	498
13) Les aventures scientifiques d'Hermann et Bégonia, Frédéric Louradour	499
03) Infrarouges et gaz à effet de serre, Julien Delahaye [et al.]	500
05 et 08) Exposition itinérante de Physique des Accélérateurs, Nicolas Delerue [et al.]	501
16) (Jeu de société) La fabrique du nano, Nathalie Lidgi-Guigui	502
06) Physique et chimie des encres, Severine Martrenchard	503
04) Scientibus, Erwan Amichot [et al.]	504
01) Les Rats-tionnels : des strips pour tester ses idées !, Estelle Blanquet	505
12) Le kit pédagogique LightBox : Vers un rapprochement entre Physiciens, Enseignants et Médiateurs autour de projets expérimentaux en optique, Christophe Daussy	506
02) Les Sciences pour les enfants par les enfants, Mado Tisserand	507

15) Goûter la physique : Avez-vous déjà mangé un pixel ?, Eva Corot	508
09) DIM QuanTiP "Pincés optiques", Zoé Vessière	509
17) (Jeu de Société) Mendeleïeva, Véronique Pierron-Bohnes	510
10) (Jeu de Société) Lasermaze, Zoé Vessière	511
11) (Jeu de Société) Kieski des Ludoparticules. La physique de l'infiniment petit dans tous ses états, Bruno Boyer [et al.]	512
07) BAMESCO : Banc d'Initiation à l'Electrocinétique et aux Mesures de Con- ductivité Electrique, Christian Brylinski	513
Culture Scientifique (semaine)	514
Education, médiation et culture scientifiques à CNRS Physique, Severine Martren- chard	515
Démonstration d'un détecteur de particules de type " Cloud chamber ", refroidi à l'azote liquide, muni d'un éclairage laser et opérationnel en routine dans un bus scientifique itinérant., Erwan Amichot [et al.]	516
L'odyssée d'une bulle de champagne, Gérard Liger-Belair	517
Exposition itinérante de Physique des Accélérateurs, Nicolas Delerue [et al.] . . .	518
La fabrique du nano, Nathalie Lidgi-Guigui	519
Banc rustique et robuste d'initiation à l'électrocinétique expérimentale, Christian Brylinski	520
Scientibus, Erwan Amichot [et al.]	522
Les Rats-tionnels : des strips pour tester ses idées !, Estelle Blanquet	523
(Diner de Gala) Les mystères du proton, Egle Tomasi-Gustafsson	524
La photographie interférentielle, Daniel Hennequin [et al.]	525
Approche pédagogique de la réalisation d'hologrammes sans laser, Alexandre Es- carguel	526
Ampère en continu ..., Alfonso San Miguel [et al.]	527

REDP : Rencontres Enseignement et Didactiques de la Physique	528
An experience-based course of quantum mechanics: Numerical experiments ranging from stepwise potentials to wave packet propagation and machine learning applications, Mehdi Ayouz [et al.]	529
De la découverte des infrarouges aux gaz à effet de serre, Julien Delahaye [et al.]	530
Grilles critériées en sciences : de la conception à l'utilisation en travaux pratiques, Laurence Chérigier-Kovacic [et al.]	531
Enseigner la physique dans un contexte pluridisciplinaire : retour d'expérience en CPES, Yehudi Simon	533
Vulgarisation Scientifique sous plusieurs formes, Patrick Trouillas	534
Les Rats-tionnels : des strips pour tester ses idées !, Estelle Blanquet	535
Des BD pour se poser des questions en physique : l'oculométrie comme outil d'analyse, Estelle Blanquet [et al.]	536
Communiquer sa recherche en BD : " Regarde le ciel et réfléchis – controverse s(c)olaire ", Estelle Blanquet [et al.]	537
Intégrer la réalité augmentée dans des TP : impact du projet HOBIT sur des étudiants en IUT, Estelle Blanquet [et al.]	538
Former à l'enseignement de la physique et de la démarche scientifique avec des vidéos de classe à 360°, Estelle Blanquet [et al.]	539
HQBIT: Une simulation hybride pour l'apprentissage de l'expérimentation en optique quantique, Vincent Casamayou [et al.]	540
Un projet remarquable pour l'année de la physique, Arnaud Raoux	542
Questions Réflexives en travaux pratiques : un complément à l'évaluation classique pour renforcer les apprentissages, Margarita Auli Giraldo [et al.]	543
" Sciences à l'École " : des actions pour faire entrer la recherche dans les classes, étienne Martel	544
Approche pédagogique de la réalisation d'hologrammes sans laser, Alexandre Escarguel	545
Appropriation par des lycéens d'une expérience classique d'optique quantique de P.-M. Duffieux, Pierre Aboussouan [et al.]	546

Émergence d'une composante de pensée conformiste dans le profil épistémologique d'universitaires de différentes disciplines au regard du concept de relativité du mouvement, Estelle Blanquet [et al.]	547

Liste des auteurs	548

MC01 : Matériaux et hétérostructures 2D

Hydrogen storage in MXenes evaluated with secondary ion mass spectrometry

Paweł Michałowski * ¹

¹ Łukasiewicz Research Network- Institute of Microelectronics and Photonics – Pologne

Recent developments in secondary ion mass spectrometry (SIMS) instrumentation have enabled atomic-resolution depth profiling in two-dimensional (2D) materials.(1,2) Among its unique features, SIMS offers direct detection of hydrogen, positioning it as an ideal tool for investigating hydrogen storage phenomena in layered compounds such as MXenes.

SIMS profiling combined with density functional theory (DFT) reveals two distinct types of hydrogen storage in MXenes: intra-layer and inter-layer incorporation. Contrary to prior assumptions, hydrogen is not primarily stored between the MXene sheets. Instead, a significantly higher concentration within the layers themselves can be observed. DFT calculations suggest that inter-layer storage is limited to approximately 0.4 wt.%, while intra-layer storage, predominantly associated with structural defects such as oxygen-filled titanium vacancies, can reach up to 1.5 wt.%.

Although SIMS measurements are performed under vacuum conditions, which may lead to partial hydrogen loss before analysis, the qualitative comparisons between different MXene compositions and synthesis conditions remain robust. Notably, differences in hydrogen incorporation were observed between Ti_2C , Ti_3C_2 , and their partially unetched precursors containing residual aluminium from the MAX phase.

These results highlight the importance of atomic-scale characterization of hydrogen in MXenes and suggest that defect engineering may play a key role in tuning their hydrogen storage capacity.

References

- (1) P.P. Michalowski et al. „Oxycarbide MXenes and MAX phases identification using monoatomic layer-by-layer analysis with ultralow-energy secondary-ion mass spectrometry" Nat. Nanotechnol. 17, 1192 (2022)
- (2) P.P. Michalowski "Unraveling the composition of each atomic layer in the MXene/MAX phase structure – identification of oxycarbide, oxynitride, and oxycarbonitride subfamilies of MXenes" Nanoscale Horiz. 9, 1493 (2024)

*Intervenant

Secondary ion mass spectrometry with atomic resolution for analysis of 2D materials

Paweł Michałowski * ¹

¹ Łukasiewicz Research Network- Institute of Microelectronics and Photonics – Pologne

Recent advancements in secondary ion mass spectrometry (SIMS) have enabled atomic-scale analysis of two-dimensional materials with unprecedented resolution.(1,2) By employing ultra-low energy primary ions and grazing incidence, SIMS achieves monoatomic-layer depth profiling with sub-nanometer precision, offering a uniquely detailed view of composition and interfaces in layered systems.

This contribution presents a series of selected case studies demonstrating the power of SIMS in analyzing a broad spectrum of 2D materials:

- **Graphene:** SIMS allows for precise identification of contamination originating from growth reactors or transfer processes. Detection of sub-monolayer levels of metallic residues provides critical information for high-purity graphene applications.(3)
- **Molybdenum disulfide (MoS₂):** SIMS reveals the formation of localized molybdenum oxide (MoO₃) structures during selective oxidation. It also captures the formation of covalent bonding between TMDs and oxide substrates, involving transition metal halogens and defect-mediated processes during thermal treatment.(4)
- **Janus-type materials:** Depth-resolved mapping of chalcogen and halogen species enables characterization of asymmetric TMD structures (e.g., MoSSe), providing insight into synthesis uniformity, elemental gradients, and interface quality.
- **MXenes:** SIMS enables high-resolution analysis of high-entropy MXenes composed of up to nine transition metals within a single atomic layer. These measurements shed light on the spatial distribution, local ordering, and interplay between enthalpic and entropic contributions that govern their stability and structural configuration.(5)

Across these examples, SIMS emerges as a uniquely versatile technique, combining high elemental sensitivity with true atomic-depth resolution. It complements other characterization methods and offers critical insights into composition, interfaces, and defect chemistry in advanced 2D materials and heterostructures.

References

- (1) P.P. Michałowski et al. Nat. Nanotechnol. 17, 1192 (2022)
- (2) P.P. Michałowski Nanoscale Horiz. 9, 1493 (2024)
- (3) P.P. Michałowski et al. Measurement 187, 110308 (2022)
- (4) S. Kozdra et al. Appl. Surf. Sci. 631, 157547 (2023)
- (5) B. Wyatt et al. doi:10.26434/chemrxiv-2025-7f2c4

*Intervenant

Engineering spin, orbital and charge orders in thin films: towards optimized magnetoelectric coupling in multiferroic materials

Emma Delacotte * ¹, Adrian David ¹

¹ Laboratoire de cristallographie et sciences des matériaux – Université de Caen Normandie, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Multiferroic materials, which exhibit simultaneous ferroelectric and magnetic ordering, hold great promise for next-generation spintronic and energy-efficient memory devices (1). In this study, we explore the engineering of spin, charge, and orbital orders in thin films to enhance and control magnetoelectric coupling. By tuning these degrees of freedom through material composition, strain engineering, and external stimuli, we aim to achieve novel functional properties that go beyond conventional multiferroic behaviour. The interplay between these orders can induce emergent phenomena, such as enhanced polarization-magnetization coupling and exotic phase transitions, enabling the design of high-performance multiferroic materials with tailored functionalities. In particular, rare-earth vanadates (RVO_3) offer a unique platform to investigate these interactions due to their rich electronic phase diagram and strong correlation effects, paving the way for their integration into future nanoelectronic and spintronic applications (2-4). These materials exhibit coupled spin, charge, and orbital degrees of freedom, making them ideal candidates for achieving tunable magnetoelectric coupling. The interplay between various orbital and magnetic orders, modulated by epitaxial strain and interfacial effects in thin films heterostructures, offers a pathway to stabilizing potentially unconventional multiferroic states. (5,6). Additionally, the strong spin-lattice coupling in vanadates enables the control of ferroic properties via external fields, further enhancing their potential for device applications. By investigating strain-induced modifications of orbital polarization and charge distribution, we aim to uncover new mechanisms for controlling ferroelectricity and magnetism in rare-earth vanadate thin films. These insights could lead to the development of novel multifunctional materials with enhanced properties, opening new avenues for the design of energy-efficient memory and sensing technologies.

(1) Vopson, *CRSS & MS* 40, 4, 223–250 (2015).

(2) Fujioka *et al.*, *PRB* 82, 14, 144425 (2010).

(3) Varignon *et al.*, *Sci Rep* 5, 1, 15364 (2015).

(4) Miyasaka *et al.*, *PRB* 68, 10, 100406 (2003).

(5) Copie *et al.*, *Adv. Mater.* 29, 22, 1604112 (2017).

(6) Kumar *et al.*, *PRB* 99, 22, 224405 (2019).

*Intervenant

Thickness and staking sequence control of BN layers epitaxially grown by Rapid Thermal CVD on Ni(111)

Laure Tailpied ¹, Marjolaine Cornu * ¹, Amandine Andrieux-Ledier ²,
Frederic Fossard ¹, Jean Sébastien Merot ¹, Lorenzo Sponza ¹, Jean-Manuel
Decams ³, Annick Loiseau ¹

¹ Laboratoire d'Etudes des Microstructures – Université Paris-Saclay, ONERA, CNRS, Laboratoire
d'Etude des Microstructures, F-92322 Châtillon, France – France

² ONERA, DPHY – Université Paris-Saclay ONERA, Université Paris-Saclay, ONERA, DPHY,
F-92322 Châtillon, France – France

³ Annealsys – Annealsys, 139 rue des Walkyries, 34000 Montpellier, France – France

Le nitrure de bore hexagonal est un matériau 2D phare aux propriétés remarquables : isolant à grand gap, plan, transparent, résistant chimiquement et thermiquement. Intégré dans des dispositifs de matériaux 2D, il peut remplir différentes fonctions : couche protectrice, substrat, jonction tunnel (1)... Des dispositifs ou preuves de concept ont été produits avec des feuillets de BN obtenus par exfoliation mécanique de cristaux. Ce processus permet d'obtenir des feuillets de très bonne qualité cristalline mais de surface et épaisseurs difficilement contrôlables. En parallèle, la synthèse large échelle est développée, notamment par MBE, ALD ou CVD. Cependant une réelle maîtrise de l'épaisseur du film avec une haute qualité cristalline n'a pas encore été obtenue (2).

Nous étudions la synthèse de films de nitrure de bore hybridé sp² par CVD. Nous avons développé un procédé de croissance épitaxiale sur des pseudo-substrats de Ni(111) dans un réacteur dédié basse pression à partir de borazine (3). Les films synthétisés sont caractérisés de l'échelle millimétrique à l'échelle atomique par microscopie optique, spectroscopie Raman, AFM, MEB et MET. Nous avons pu synthétiser des films de BN de 2 à 10 couches, homogènes sur plusieurs mm² d'une même orientation cristalline avec un empilement hexagonal ou rhomboédrique. Nous avons étudié l'impact de l'épaisseur du substrat ainsi que la quantité de borazine injectée sur l'épaisseur et la cristallinité des films. Nous montrerons comment cette étude aide à la compréhension du mécanisme de croissance du BN sur Ni à basse pression, sujet très débattu dans la communauté.

(1) K. K. Kim et al., *Chemical Society Reviews* 47, 6342-69, 2018

(2) A. E. Naclerio et P. R. Kidambi, *Advanced Materials* 35, 2207374, 2023

(3) L. Tailpied et al, *J. Cryst. Growth Des.* 24, 7432, 2024

*Intervenant

Structural Evolution and Magnetic Behavior of Mechanically Alloyed FeS₂ Nanocrystalline Powders

Naouam Boudinar ^{* 1,2}, Nawel Nedjah ¹, Abdelmalik Djekoun ², Bouguerra Bouzabata ²

¹ (1) Laboratoire de Technologies des Systemes Energetiques LTSE, National Higher School of Technology and Engineering ENSTI, 23005 Annaba, Algeria ; – Algérie

² (2) Laboratoire de Magnetisme et de Spectroscopie des Solides, Universite Badji Mokhtar, Faculte des sciences, BP12 Sidi Amar, 23000 Annaba, Algeria. – Algérie

FeS₂ nanocrystalline powders were synthesized by mechanical alloying (MA) for various periods, in order to investigate the evolution of their structural, morphological and magnetic properties as a function of milling time. A comprehensive characterization of the synthesized powders was performed using scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), X-ray diffraction (XRD) with Rietveld refinement and Mössbauer spectroscopy (MS). SEM analysis revealed significant morphological evolution, transitioning from coarse, irregular particles to near-spherical agglomerates with increasing milling time. Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) is used to confirm the stoichiometry and purity of the synthesized FeS₂ nanocrystals. XRD confirmed the formation of a FeS₂ (pyrite) typically adopts a cubic crystal structure. The average crystallite size can be estimated from XRD data using the Scherrer equation, often ranging from a few nanometers to tens of nanometers depending on the synthesis method. the magnetic properties of FeS₂ nanocrystals are highly sensitive to the synthesis conditions, size, morphology, and the presence of any defects or impurities. Therefore, careful characterization is crucial for understanding the magnetic behavior of specific FeS₂ nanocrystal samples.

*Intervenant

Kelvin probe force microscopy for the characterization at the nanoscale of graphene field effect transistors

Divya Ramesh Basavannavar * ^{1,2}, Basma Zouari *

^{1,3,4}, Rafael Salas-Montiel *

^{1,4}

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN – EUT Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – France

³ Laboratoire des Matériaux Multifonctionnels et Applications [Université de Sfax] – Tunisie

⁴ EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN – EUT Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – France

Graphene field-effect transistors (gFETs) represent a compelling alternative to traditional silicon-based electronics, thanks to graphene’s outstanding electrical, thermal, and mechanical properties. These devices, which use graphene as the conductive channel, are particularly promising for high-frequency, optoelectronic, and sensing applications.

To better understand and optimize gFET performance, this project explores the local electrostatic behavior of the gFETs with encapsulated graphene on hexagonal boron nitride with the use of Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM). This technique enables non-invasive, nanoscale mapping of surface potential across the graphene channel, revealing variations linked to fabrication processes, doping, and contact effects. Conducted as part of the LAB02 project within the Graduate School Nano-phot, this work contributes to the broader goal of advancing nanoscale characterization techniques for emerging 2D material-based electronic and optoelectronic devices.

Acknowledgements: NANO-PHOT École Universitaire de Recherche (ANR-18-EURE-0013) and oFET European University of Technology (OPE-2023-0250) grants and the French Region Grand Est HPC Center ROMEO.

*Intervenant

Exfoliation et fonctionnalisation de graphite par des décharges impulsives en phase gaz-liquide

Abdeldjalil Reguig * ^{1,2}, Chevigny Romain ³, Stéphane Cuynet ³, Sébastien Fontana ³, Marc Ponçot ², Letoffe Adrien ²

¹ Sayens – SATT – France

² Institut Jean Lamour Nancy – Université de Lorraine – France

³ Institut Jean Lamour Nancy – Université de Lorraine – France

Les matériaux à base de graphène possèdent des propriétés électriques, mécaniques et physico-chimiques remarquables, mais leur production notamment à plus grande échelle reste complexe. La présente étude explore une nouvelle approche plasma pour l'exfoliation et la fonctionnalisation des particules de graphite par des décharges impulsives à la surface d'un liquide. Le gaz choisi est l'air à pression atmosphérique. Deux électrodes sont utilisées, la première conçue en fil de tungstène de 1 mm, représentant une électrode à pointe, placée à 1 mm au-dessus de la surface du liquide et reliée à la terre. La seconde, un barreau en graphite de 2 cm de diamètre, reliée à la haute tension et immergée au fond du bécher contenant le liquide. Une décharge plasma amorcée à la surface de l'eau déminéralisée a été utilisée pour traiter les particules de graphite, en deux étapes distinctes. Initialement, un plasma d'azote de forme colonnaire, déclenchant une forte acidification du liquide par la formation d'espèces réactives azotées et par la solvation des espèces chargées du plasma. Cette étape favorise une plus grande dispersion des particules de graphite dans le liquide et se caractérise par une augmentation du courant de décharge. Lorsque le courant atteint environ 2 A, la décharge se transforme en un plasma arc/filament dominé par la vapeur d'eau et des diverses charges électriques qui en sont issues. Durant cette phase, la chaleur et les ondes de choc produites par le plasma contribuent à la modification chimique des particules de graphite. Les particules traitées sont analysées par microscopies électroniques en transmission (MET) et à balayage (MEB), diffraction des rayons X et la spectroscopie Raman respectivement. La caractérisation des échantillons traités révèle une exfoliation partielle, avec une réduction de 25 % de l'épaisseur des particules et la formation d'un empilement turbostratique de type graphène. De plus, une légère oxydation se produit à la surface des particules, entraînant la présence de groupes fonctionnels carbonyles et carboxyles. Cette fonctionnalisation douce introduit moins de défauts structuraux que les méthodes chimiques traditionnelles et améliore la dispersion en milieu aqueux.

*Intervenant

Nanoscale Detection of Siloxanes Compounds on MXenes Using Photo-Induced Force Microscopy (PiFM) and Kinetic Adhesion Study

Kevin Kim * ^{1,2}, Antoine Elie ¹, Antoine Dussard ¹, Aurélien Bruyant ¹,
Jeremy Mallet ^{1,2}

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² URCA - UFR Sciences exactes et naturelles – Université de Reims Champagne-Ardenne – France

MXenes, a versatile family of 2D materials, are attracting significant attention for applications in catalysis, energy storage, and sensing due to their large surface area and tunable surface chemistry. Their highly sensitive surfaces provide exceptional potential for molecular detection applications, particularly for siloxane compounds. However, detecting and mapping surface functional groups and target molecules at the nanoscale remains challenging with traditional techniques such as FTIR and XPS, which lack the spatial resolution needed for detailed surface characterization.

In this study, we use Photo-Induced Force Microscopy (PiFM), a near-field technique combining atomic force microscopy (AFM) with infrared (IR) spectroscopy, to achieve high-resolution chemical imaging of MXene surfaces in the mid-infrared range. While far-field analyses (Raman, FTIR) did not detect siloxanes compounds on exposed MXenes, PiFM enabled their precise identification with nanoscale spatial resolution, allowing detailed mapping of their distribution across Ti₃C₂T_x monolayers.

To complement this spatial characterization and further understand the fundamental mechanisms of siloxane-MXene interactions, we have conducted an in-depth investigation of the kinetic adhesion between these materials using surface plasmon resonance (SPR). This approach focused particularly on the grafting of (3-Aminopropyl)triethoxysilane (APTES) onto Ti₃C₂T_x flakes. SPR analysis provides real-time monitoring of the adsorption process, revealing critical parameters including adsorption rates, and saturation thresholds. This comprehensive kinetic study helps establish the optimal conditions for siloxane compounds detection and quantifies the sensitivity of MXene-based sensing platforms. The correlation between SPR-derived kinetic parameters and PiFM-based spatial distribution offers insights into the fundamental mechanisms governing siloxane-MXene interactions.

*Intervenant

Graphene Field-Effect Transistors with Edge Contacts: Fabrication and Electrostatic Characterization via Kelvin Probe Force Microscopy

Basma Zouari ^{*} ^{1,2,3}, Rafael Salas-Montiel ^{*}

^{1,3}, Divya R. Basavannavar ^{*}

^{1,3}, Hamadi Khemakhem ^{*}

2

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire des Matériaux Multifonctionnels et Applications [Université de Sfax] – Tunisie

³ EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN – European University of Technology – France

Graphene field-effect transistors (gFETs) are promising candidates for next-generation electronic and optoelectronic devices, thanks to their exceptional electrical properties. However, one of the main challenges in integrating graphene into functional devices lies in minimizing contact resistance at the metal-graphene interface. To achieve this, we are investigating the use of edge contacts - where metal electrodes interact with the atomic edge of graphene rather than its surface - which offer improved carrier injections and significantly lower resistance than conventional top contacts.

In this work, we will present the fabrication and characterization of gFETs based on one-dimensional edge-contact architecture. The fabrication process includes key steps such as electron-beam lithography, metal deposition by thermal evaporation and controlled multilayer transfer of 2D materials (hBN/graphene/hBN).

To probe the local electrical behavior of these devices, Kelvin force microscopy (KPFM) is used to map the surface potential at the nanometer scale. This technique enables detailed analysis of contact effects, doping inhomogeneities and charge trapping phenomena across the channel. Measurements were carried out at the L2n laboratory and on the Nano'mat platform (Renatech+ Grand Est).

Preliminary results show uniformity of potential distribution along the channel, demonstrat-

^{*}Intervenant

ing the advantages of edge-contact architectures. This study contributes to the development of high-performance electronic components based on 2D materials and underlines the value of KPFM for device performance.

Acknowledgements: NANO-PHOT École Universitaire de Recherche (ANR-18-EURE-0013) and oFET European University of Technology (OPE-2023-0250) grants. We acknowledge partial support from the French HPC Center ROMEO.

Keywords:

Graphene FET, Edge Contact, 2D Materials, Kelvin Probe Force Microscopy, Contact Resistance, hBN encapsulation, Nanoscale Characterization

Gr-based Rashba interfaces and van der Waals low-symmetry materials for spin-orbitronics

Juan Carlos Rojas * ¹

¹ Institut Jean Lamour – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Spin current has different symmetries. In 5d transition metals with a cubic structure, we find the orthogonal or "conventional" spin Hall effect (SHE) symmetry as in Pt, Ta, and W (1). Here, when a charge current J_c is injected along x , the transverse spin current J_s generated along z transports electrons with y spin polarization (1). In magnetic materials, J_s transports electrons with spin polarization parallel to their magnetization. However, if they have strong spin-orbit coupling, J_s with the orthogonal SHE symmetry also survives. We have shown that for GdFeCo (2).

In the first part of my talk, I will present results on a new heterostructure combining 2D materials such as graphene (Gr) and 3D materials such as Fe and Pt. Through spin pumping ferromagnetic resonance, we show a record efficiency for charge current production at room temperature in Fe/Gr/Pt. The gain is 34 times over Fe/Pt. The charge current production is anisotropic, following the hexagonal symmetry of Gr. The experimental results are supported by first-principles calculations (3).

In the second part, I will present results with the van der Waals topological semimetal NbIrTe₄, which has an orthorhombic crystallographic structure and a missing reflection plane. This allows the production of spin current along z with spin polarization also along z . The bulk topological Weyl semimetal nature of NbIrTe₄, characterized by its Weyl cone, significantly enhances the out-of-plane (OOP) spin Berry curvature, enabling an unprecedented OOP spin Hall conductivity exceeding $1\text{E}5 \hbar/2e\cdot\Omega\cdot\text{m}^{-1}$. This enhancement enables efficient and field-free spin-orbit torque switching of perpendicular magnetization with a low current density of 1.4 MA/cm^2 . The improved spin Hall conductivity reduces the overall power consumption by more than two orders of magnitude compared to existing systems, such as heavy metals (4).

Thanks to H2020-RISE *ULTIMATE-I* (ID 101007825), ERC CoG *MAGNETALLIEN* (ID 101086807) projects for financial support and to all collaborators (1-5).

(1) J.-C. Rojas-Sánchez and A. Fert, Phys Rev. Applied **11**, 054049 (2019)

(2) D. Céspedes-Berrocal, et al. Advanced Materials **33**, 2007047 (2021)

(3) A. Anadón, et al. Adv. Materials **37**, 241854 (2025)

(4) W. Yang, et al. <https://arxiv.org/abs/2504.05280>

*Intervenant

Thermodynamique des états de l'effet Hall quantique entier et fractionnaire

Alexandre Assouline * ¹

¹ Institut Néel – CNRS – Institut NEEL, 25 rue des Martyrs, BP 166,38042 Grenoble cedex 9, France

Les états de la matière dits non abéliens gardent en mémoire l'ordre dans lequel leurs quasi-particules sont échangées, une propriété fascinante en physique de la matière condensée. Certains états de l'effet Hall quantique fractionnaire sont théoriquement capables d'héberger ces quasi-particules exotiques, mais leur étude reste difficile en raison de la faible plage d'énergie sur laquelle ils apparaissent.

Dans cet exposé, je présenterai une étude quantitative des gaps d'énergie de l'effet Hall quantique fractionnaire dans le graphène. Ces mesures, obtenues par des mesures directes du potentiel chimique, montrent que le graphène bicouche constitue une plateforme prometteuse pour explorer les anyons non abéliens attendus dans certains états fractionnaires.

Enfin, je montrerai que la mesure du potentiel chimique permet aussi d'accéder à l'entropie des phases de l'effet Hall quantique, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives sur la nature de leurs excitations.

*Intervenant

Probing orbital magnetism in graphene

Hélène Bouchiat * 1,2

¹ Hélène Bouchiat – CNRS : UMRUMR8502 – France

² Laboratoire de Physique des Solides - MESO – Laboratoire de Physique des Solides, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

A singular Landau orbital magnetism of graphene, occurring just at the Dirac point was predicted in 1956 by McClure but never detected until recently. It is now understood as a fundamental signature of the characteristic Berry phase of graphene's electronic wave functions. Using a specially developed, highly sensitive, giant magnetoresistance sensor, we have measured the gate voltage-dependent magnetization of a single graphene layer. The signal exhibits a sharp **diamagnetic** peak at the Dirac point whose magnetic field and temperature dependences agree with long-standing theoretical prediction of McClure. This diamagnetic peak is also observed in bilayers and survives in the presence of a displacement field in the middle of the induced gap as a signature of the strong Berry curvature of the valence and conduction bands.

These measurements have paved the way for the investigation of orbital currents in 2D materials that cannot be detected in usual transport measurements and inspired experiments on Graphene with a Moiré potential.

We also investigated graphene layers aligned with the hexagonal lattice of a boron nitride substrate giving rise to a large period moiré potential. Among the predictions an intriguing orbital **paramagnetism** at saddle points of the band structure was expected. Beside the sharp diamagnetic peak at the Dirac point, followed by de Haas-van Alphen oscillations at larger doping, we also find sharp paramagnetic peaks surrounding satellite diamagnetic peaks. These findings by revealing the existence of paramagnetic current loops in 2D systems when the Fermi energy is tuned at the saddle points of the moiré band structure motivate similar investigations of graphene bilayers in which an intriguing topological orbital ferromagnetism is expected.

Experiments in 2D topological insulators are also in progress for the detection of phase coherent ballistic current loops along protected helical edges.

*Intervenant

Magnetic van der Waals materials close to the 2D limit

Johann Coraux * ¹

¹ Institut Néel – CNRS, CNRS : UPR2940 – France

Van der Waals crystals, from which two-dimensional (2D) materials can be isolated, come with a variety of physical properties. Starting from 2016, more than 10 years after the first isolation of graphene, magnetic 2D materials became available. They represent fantastic playgrounds to revisit, hopefully with a fresh look, statistical physics models introduced long ago – with longstanding questions regarding the emergence of order in a 2D setting. They also are promising platforms to manipulate magnetism via proximity, moiré or electric-field effects, owing to their ultimate thinness and their compliance to the assembly of heterostructures with a variety of (other kinds of) materials. Finally, they are seen as promising building blocks for a number of spintronic effects envisioned. I will present our efforts focused on magnetic transition metal dichalcogenides we introduced, one we produce by mechanical exfoliation, one with molecular beam epitaxy. These materials (CrTe₂, FeS₂) hold promise for high Curie temperature ferromagnetism. I will explain how controlling their structure is essential, e.g. to control different kinds of magnetic properties by stress or heat, and how delicate the control of the structure can be. Some relevant references to our work:

- Purbawati et al. ACS Appl. Mater. Interfaces (2020), 12, 30702
- Sun et al. Nano Res. (2020), 13, 3358
- Purbawati et al. ACS Appl. Electron. Mater. (2023), 5, 764
- Riccardi et al. Phys. Rev. Materials. (2025), 9, 024001
- Prabhu et al. ACS Nano (2025), 19 13941

*Intervenant

Photoluminescence in single layer MoS2: the role of impurities and doping

Kaixiang Shu ^{*} ¹, Abhay Shukla ¹, Johan Biscaras ¹

¹ IMPMC, Sorbonne Université – Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux, et de Cosmochimie (IMPMC), Sorbonne Université, UMR CNRS 7590, Museum National d’Histoire Naturelle, IRD UMR 206, 4 place Jussieu, F-75005 Paris – France

Single layer MoS2 is a strong candidate among 2D materials for future optoelectronic devices. Photoluminescence is an important factor for device performance. The variation of photoluminescence with impurities related to the environment and the substrate and dependence on temperature, illumination and doping can give information on the mechanisms involving trapped, bound and free charges.

In this work we measure photoluminescence in single layer MoS2 on a variety of substrates and environments, as a function of temperature, gating and laser powers concluding that extrinsic impurities and defects are dominant as dopants and as trapping centers. Adsorbates from the environment act as electron acceptors and tend to reduce the intrinsically n-doped character of MoS2. On the other hand interaction between impurities on substrates like glass or silicon dioxide leads to an increase in n-doping of MoS2 and creation of positively charged traps for excitons and free charge. We identify the doping and charge trapping mechanisms influencing photoluminescence and account for all observed behaviour consistently

^{*}Intervenant

Nanodispositifs intégrés à base d'hétérojonctions de van der Waals pour le management de l'énergie

Nicolas Cavassilas ^{*} ¹, Marc Bescond ^{2,3}, Fabienne Michelini ²

¹ Institut des Matériaux, de Microélectronique et des Nanosciences de Provence – Aix Marseille Université, Université de Toulon, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Toulon : UMR7334 /UMR6242, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7334 /UMR6242, Aix Marseille Université : UMR7334 /UMR6242 – France

² Institut des Matériaux, de Microélectronique et des Nanosciences de Provence – Aix Marseille Université, Université de Toulon, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Toulon : UMR7334 /UMR6242, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7334 /UMR6242, Aix Marseille Université : UMR7334 /UMR6242 – France

³ Institute of Industrial Science [Tokyo] – Japon

Les monocouches de dichalcogénures de métaux de transition (TMDs) ont récemment fait leur entrée dans les domaines des composants électronique, optoélectronique et phononique. Issues de matériaux 3D abondants sur Terre, ces monocouches semi-conductrices sont à bas coût et liées par des liaisons de van der Waals, offrant ainsi la possibilité de créer divers métamatériaux. Cela rend réaliste la conception de nanodispositifs intégrant l'ensemble des éléments comme par exemple un système de refroidissement radiatif directement en contact avec l'objet à refroidir et uniquement alimenté par un laser.

Ici nous présenterons nos travaux de modélisation permettant de proposer de tels dispositifs intégrés, basés sur des hétérojonctions de van der Waals de TMDs. Nous adoptons des approches multi-échelles alliant, pour les petites échelles des modèles de transport quantique d'électrons et de phonon, à des concepts semi-classiques permettant de décrire l'ensemble d'un composant. Plus précisément nous nous intéressons aux composants de management de l'énergie aux échelles nanométriques en considérant les électrons, les phonons, les photons et leurs interactions. Nous nous concentrerons en particulier sur la proposition d'une cellule photo-catalytique permettant de produire de l'hydrogène par craquage de l'eau (1) et un refroidisseur solaire (2), ces deux systèmes reposants sur l'hétérojonction MoS₂/WSe₂.

(1) P. Dalla Valle, N. Cavassilas, "A van der Waals heterojunction based on monolayers of MoS₂ and WSe₂ for overall solar water splitting", *Nanoscale Adv.*, Vol. 4, p. 2816, 2022. <https://doi.org/10.1039/D2NA00178K>

(2) P. Dalla Valle, M. Bescond, F. Michelini, N. Cavassilas, "Solar Refrigeration Based on Impact Ionization in a Transition Metal Dichalcogenides Superlattice", *The Journal of Physical Chemistry C* 128 (12), 4905-4913 (2024). <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.3c08273>

^{*}Intervenant

Contrôle électrique des processus d'émission de lumière des matériaux bi-dimensionnels à l'échelle nanométrique

Elysé Laurent ^{*} ¹, Elizabeth Boer-Duchemin ¹, Séverine Le Moal ¹,
Guillaume Schull ², Stéphane Berciaud ², Eric Le Moal ¹

¹ Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS – France

² Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg – Université de Strasbourg, Centre National de la Recherche Scientifique, Matériaux et Nanosciences Grand-Est, Réseau nanophotonique et optique, Réseau nanophotonique et optique – France

Un microscope à effet tunnel (STM) est utilisé pour activer électriquement la luminescence de monofeuillets de dichalcogénures de métaux de transition (TMD) dans une jonction tunnel nanométrique, afin de résoudre spatialement, les variations de l'efficacité quantique d'excitation des monofeuillets à l'échelle submicrométrique. Nous avons utilisé un microscope optique et un spectromètre pour résoudre spatialement, angulairement et spectralement la lumière émise par des monofeuillets de TMD excités par un STM ; ce qui nous a permis d'étudier les processus d'émission des monofeuillets et d'identifier leurs espèces excitoniques. Aussi de cette manière, nous démontrons la génération d'excitons neutres et chargés dans les monofeuillets de TMD excités par un STM. De plus, nous introduisons ici une nouvelle technique permettant de suivre dans l'espace réel, les effets des porteurs de charge injectés localement dans les monofeuillets de TMD sur leur efficacité quantique radiative, ce qui n'était pas possible avec les techniques décrites jusqu'à présent. Dans notre technique, l'image de microscopie de photoluminescence (PL) de monofeuillets de diséléniure de molybdène (MoSe₂) est enregistrée sur une caméra CCD tandis que des porteurs de charge sont injectés dans le matériau par le biais d'un courant tunnel, établi depuis la pointe d'un STM et dirigé vers le TMD, ou inversement. Il apparaît que l'injection locale d'électrons dans les monofeuillets de MoSe₂ induit une extinction à longue portée de leurs intensités de PL. Par ailleurs, en inversant la polarité en tension entre la pointe de STM et le TMD, on montre qu'il est possible d'améliorer le rendement quantique radiatif des TMD. Enfin, dans une série d'expériences où nous avons fait varier périodiquement le courant de consigne ou la tension dans la jonction tunnel formée par la pointe de STM et les monofeuillets de TMD, on démontre l'impact de la réduction du rendement quantique radiatif des monofeuillets sur leurs processus d'électroluminescence. Ces résultats, présentés ici pour la première fois, apportent un nouvel éclairage sur les mécanismes au cœur de la lumière induite par STM dans les TMD.

^{*}Intervenant

Excitonic transport in WSe2 monolayers controlled by strain

Louka Hemmen ^{*} ¹, Dorian Beret ¹, Sreyan Raha ¹, Vishwas Jindal ¹,
Thierry Amand ¹, Delphine Lagarde ¹, Andrea Balocchi ¹, Cedric Robert ¹,
Hélène Carrère ¹, Xavier Marie ¹, Pierre Renucci ¹, Laurent Lombez ¹

¹ Optoélectronique Quantique (LPCNO) – Laboratoire de physique et chimie des nano-objets – France

Similar to the excitement generated by graphene, the scientific community is now interested in the properties of new 2D semiconductor materials that exhibit extraordinary optical and electronic properties, paving the way for numerous optoelectronic devices. In particular, transition metal dichalcogenide (TMD) monolayers, where electron-hole pairs (excitons) remain strongly bound even at room temperature. It is thus important to measure the transport properties of these particles and their spin transport properties to develop an optoelectronic and/or spintronic device. To achieve this, I will demonstrate how optical methods, such as luminescence imaging, are ideal for probing both transport and recombination properties. I will present results on WSe2 monolayers. I will also discuss how it is possible to control the excitonic flow, for instance with strain engineering. Several excitonic species (exciton, trion and biexcitons) are investigated and exhibit different -non-linear- behavior.

^{*}Intervenant

Van der Waals materials for thermoelectric energy conversion

Maria Luisa Della Rocca * ¹

¹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) – Université Paris Cité – France

The discovery of two-dimensional (2D) van der Waals (vdW) materials has opened new avenues in energy-related research, particularly in thermoelectricity. Their unique properties, including anisotropic thermal transport and quantum confinement, make them promising candidates for nanoscale energy conversion. However, due to the challenges in controlling thermal transport at the nanoscale and the strong influence of the environment, it is essential to thoroughly investigate the physical properties of 2D materials within realistic device architectures. Moreover, thermopower serves as a sensitive probe of a material's density of states, offering insight into the nature and density of charge carriers.

I'll present our contribution to the understanding of vdW materials integrated into solid-state devices for thermoelectric (TE) energy conversion. Our recent studies focus on the electrical, thermoelectric, and thermal properties of 2D vdW materials such as graphene, tungsten diselenide (WSe₂), and ferroelectric indium selenide (α -In₂Se₃). The 2D flakes are supported on hexagonal boron nitride (hBN), which acts as a dielectric spacer and enables efficient gating in a transistor-like configuration.

We demonstrate modulated thermoreflectance (MTR) as an effective method to probe in-device thermal transport of 2D flakes. Combining MTR with electrical and thermoelectric characterization provides a comprehensive picture of TE behavior. Using this approach, we show that nanostructuring thin graphene flakes into nanomeshes significantly reduces thermal conductivity via enhanced phonon scattering and boosts the Seebeck effect.

More recently, we have observed large thermopower in α -In₂Se₃, which, combined with its intrinsically low thermal conductivity, makes it a strong candidate for efficient TE conversion. We further show that the noise level of the measured TE voltage depends on the residual ferroelectric polarization, indicating that the TE response is sensitive to the ferroelectric state and, conversely, that TE performance is influenced by electric polarization.

- P. Dollfus et al., J. Phys.: Condens. Matter 27, 133204 (2015)
- M. Yoshida et al., Nano Lett. 16, 2061 (2016)
- M. Rahimi et al., Phys. Rev. Appl. 19, 034075 (2023)
- M. Rahimi et al., Appl. Phys. Lett. 124, 253503 (2024)

*Intervenant

Topological spin structures in two-dimensional van der Waals magnets and heterostructures

Dongzhe Li ^{*} ¹

¹ CEMES, University of Toulouse, CNRS, F-31055 Toulouse, France – Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France) – France

Magnetic skyrmions – topologically stabilized chiral spin structures with sizes down to the nanoscale – show great promise for spintronic applications. Atomically thin 2D van der Waals (vdW) materials provide an ideal playground for advancing skyrmion technology towards the single-layer limit with large tunability via external stimuli (1). Here, I explore nano- and atomic-scale topological spin structures in 2D vdW magnets and heterostructures based on first-principles calculations and atomistic spin simulations. A focus is given to heterostructures based on Fe₃GeTe₂, which is experimentally accessible and exhibits favorable properties such as a high transition temperature. An essential pre-requisite to apply topological spin states in future applications is sufficient stability, which we quantify by calculating their lifetime using transition-state theory (2,3). A reliable all-electrical skyrmion detection scheme is proposed based on non-collinear magnetoresistance, considering both a scanning tunneling microscopy geometry and a planar tunnel device structure (4). Finally, we predict the coexistence of zero-field bimerons and antibimerons at the Fe₃GeTe₂/Cr₂Ge₂Te₆ interface, the bimeron–skyrmion transformation under an external field, and discuss the lifetime of bimerons in Cr₂Ge₂Te₆ (5).

(1) Y. Wu et al. Néel-type skyrmion in WTe₂/Fe₃GeTe₂ van der Waals heterostructure. *Nat. Commun.* **11**, 3860 (2020).

(2) D. Li et al. Strain-driven zero-field near-10 nm skyrmions in two-dimensional van der Waals heterostructures. *Nano Lett.* **22**, 7706–7713 (2022).

(3) D. Li et al. Prediction of stable nanoscale skyrmions in monolayer Fe₅GeTe₂. *Phys. Rev. B (Letter)* **109**, L220404 (2024).

(4) D. Li et al. Proposal for all-electrical skyrmion detection in van der Waals tunnel junctions. *Nano Letters* **24**, 2496–2502 (2024).

(5) D. Li et al. Stability and localization of nanoscale skyrmions and bimerons in an all-magnetic van der Waals heterostructure. *arXiv preprint arXiv:2408.15974* (2024).

Acknowledgments: This study has been supported through the ANR Grant No. ANR-22-CE24-0019. This work has been (partially) supported through the grant NanoX no. ANR-17-EURE-0009 in the framework of the "Programme des Investissements d'Avenir". This work was performed using HPC resources from CALMIP.

^{*}Intervenant

Ultrafast Carrier Dynamics in Transition Metal Dichalcogenides (TMDCs) via Pump-Probe Spectroscopy

Banan El-Kerdi ^{*} ¹, Marie Chérasse ¹, Amélie Kies ¹, Emmanuel Péronne ¹,
Davide Boschetto ¹

¹ Laboratoire d'optique appliquée – École Nationale Supérieure de Techniques Avancées, Ecole Polytechnique, Centre National de la Recherche Scientifique – France

We investigate the ultrafast carrier and exciton dynamics in transition metal dichalcogenides (TMDCs) through femtosecond pump-probe spectroscopy. Monolayer TMDCs such as MoS₂, WS₂, and MoSe₂ feature strong Coulomb interactions, direct bandgaps, and distinctive spin-valley coupling, positioning them as ideal systems for exploring light-matter interactions at the nanoscale.

In our experimental setup, an ultrafast pump pulse generates electron-hole pairs, while a time-delayed probe pulse measures transient reflectivity or transmission, enabling real-time tracking of carrier and exciton relaxation pathways. We observe rapid exciton thermalisation occurring within a few hundred femtoseconds, followed by recombination processes extending over timescales from several picoseconds to hundreds of picoseconds. These dynamics are predominantly influenced by exciton-exciton annihilation at elevated exciton densities.

To further resolve valley-dependent phenomena, we intend to implement circularly polarized excitation, allowing us to selectively probe spin-valley dynamics with enhanced precision.

^{*}Intervenant

Auxetic two-dimensional materials: 2D tungsten semicarbide

Noah Stoczek ¹, Farman Ullah ^{1,2}, Giovanni Fanchini * ¹

¹ University of Western Ontario – Canada

² University of Waterloo [Waterloo] – Canada

2D materials exhibiting auxeticity at the molecular level, defined as a positive response strain normal to an applied strain, have been receiving tremendous interest in recent years for a number of applications, from shock absorption to thermal compensation in high-power electronic components. This highly unusual behavior can be quantified in terms of Poisson's ratio (ν) where auxetics have $\nu < 0$. Giant auxetic metals are molecular auxetics in which the density-of-electronic states at the Fermi level increases upon stretching, thus leading to an increase of electrical conductivity under strain in both longitudinal and transversal directions. Several 2D semicarbides have been theoretically predicted to be giant auxetics, but their experimental realization is elusive. In fact, many attempts to synthesize these M2-Xenes have so far relied only on techniques operating close to thermodynamic equilibrium, even though many of such materials are known not to grow under equilibrium, or to form only at unrealistically high temperatures. For example, 2D tungsten semicarbide (W2C) was theoretically predicted to exhibit giant auxeticity and $\nu < -0.4$,⁽¹⁾ but had yet to be synthesized because the full carbide (2D-WC) is energetically favored in equilibrium reactors, such as two-zone chemical vapor deposition (CVD), which has been successfully used to grow 2D transition-metal dichalcogenides and other equilibrium 2D MXenes. Here, we present a specially designed remote plasma enhanced CVD reactor designed by our research group to grow 2D giant-auxetic carbides out of thermodynamic equilibrium with well-tuned ratios of molecular precursors.⁽²⁾ This reactor combines a plasma generator from solid metal precursors and ionized methane, from which specific ions are extracted under high voltage and remotely conveyed in a high-temperature (1000 C) CVD furnace. We report on the specific conditions under which our remote plasma system allows for the synthesis of flakes of W2C with reproducible number of layers, which are 2D in nature due to their retained periodicity at the mesoscopic level in a Stranski–Krastanov growth process. Under applied strain, our 2D-W2C crystals exhibit the strongest auxetic behavior observed to date, in excellent agreement with theoretical reports.⁽¹⁾

(1) Wu et al *Phys Chem Chem Phys* 20 (2018) 18893;

(2) Stoczek, Ullah & Fanchini, *Mater Horizons* 11 (2024) 3066.

*Intervenant

Exciton Formation in 2D Semiconductors

Xavier Marie * ¹

¹ Laboratoire de physique et chimie des nano-objets (LPCNO) – Institut National des Sciences Appliquées - Toulouse, Université Paul Sabatier - Toulouse 3, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5215 – 135 rue de Rangueil 31077 TOULOUSE CEDEX 4, France

K. Mourzidis¹, V. Jindal¹, M. Glazov², A. Balocchi¹, L. Lombez¹, D. Lagarde¹, P. Renucci¹, C. Robert¹, T. Taniguchi³, K. Watanabe⁴, S. Francoeur⁵ and X. Marie^{1,6}

¹ Université de Toulouse, INSA-CNRS-UPS, LPCNO, 135 Av. Rangueil, 31077 Toulouse, France

² Ioffe Institute, Saint Petersburg, Russia

³ ICMN, NIMS, Tsukuba, Japan

⁴ RCFM, NIMS, Tsukuba, Japan

⁵ RQMP, Polytechnique Montréal, Canada.

⁶ Institut Universitaire de France, 75231 Paris, France

marie@insa-toulouse.fr

Robust excitons dominate the optical properties of atomically thin semiconductors based on transition-metal dichalcogenides (TMDs). The use of fully encapsulated hexagonal boron nitride (hBN) and charge-tunable (CT) TMD monolayers (MLs) allow the electrostatic doping of the MLs, thereby substantially improving the control of exciton complexes. Exciton relaxation and formation dynamics in TMDs have been extensively studied by time-resolved optical spectroscopies. Nonetheless, a crucial question persists: What is the exciton formation mechanism, and how does this process occur in two-dimensional semiconductor systems?

This study addresses this fundamental problem through polarization-dependent micro-photoluminescence (PL) studies performed at cryogenic temperatures (4K) on fully hBN-encapsulated and CT TMD monolayers close to the neutrality point. The results of our experiments performed on both WSe₂ and MoS₂ MLs clarify the role played by the two potential formation mechanisms: a) geminate and b) bimolecular. The geminate exciton formation process corresponds to the monomolecular annihilation of the photogenerated correlated electron-hole pair. In contrast the non-geminate formation results from the random bimolecular binding of two free charges, losing all correlation between the excitation photon and the electron-hole pair of the exciton.

*Intervenant

For a laser excitation energy below the band gap, we show that the geminate mechanism prevails as expected, whereas above the band gap, both geminate and bimolecular phenomena coexist. These results bring precious information on the exciton formation mechanism in 2D semiconductors, which is crucial for the optoelectronic applications of these materials. Additional striking phenomena will be further discussed.

Optical Detection of Sliding Ferroelectric Switching in hBN with a WSe2 Monolayer

Sébastien Roux ^{*} ¹, Jules Fraunié ¹, Kenji Watanabe ², Takashi Taniguchi ², Benjamin Lassagne ¹, Cédric Robert ¹

¹ Laboratoire de physique et chimie des nano-objets – Institut National des Sciences Appliquées - Toulouse, Institut de Chimie de Toulouse, Fédération de recherche « Matière et interactions » – France

² National Institute for Materials Science – Namiki 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-0044, Japon

Thanks to its 6.25 eV band gap and honeycomb lattice, hexagonal Boron Nitride (hBN) has been widely used in 2D material heterostructures as an atomically flat insulating substrate or as a dielectric barrier. More than just a capping material, Boron Nitride layers can be functionalized in many ways, for example by adding external defects to the lattice or by playing with the structure (twist angle, stacking sequence), which opened the route to its integration into complex van der Waals heterostructures combining hybrid properties.

In particular, when two hBN flakes are stacked with a near-zero twist angle, a spontaneous out-of-plane electric polarization occurs at the interface, characterized by large reconstructed domains with alternating polarization direction (1-4). This polarization can be switched by applying an out-of-plane electric field, a process driven by the in-plane interfacial sliding of one BN layer with respect to the other. In this work, we investigate the coupling of such a ferroelectric hBN interface with a 2D semiconductor, a WSe₂ monolayer, and quantify the influence of the spontaneous polarization of hBN on the charge density of WSe₂. We show that the sliding process and its associated hysteresis cycles can be optically detected through variations in the WSe₂ photoluminescence, offering a new approach to probe this emerging class of interfacial ferroelectricity (5–6).

References:

(1) C. R. Woods et al, *Charge-Polarized Interfacial Superlattices in Marginally Twisted Hexagonal Boron Nitride*, Nat. Comm. **12**, 1 (2021).

(2) M. Vizner Stern et al, *Interfacial Ferroelectricity by van Der Waals Sliding*, Science **372**, 1462 (2021).

(3) K. Yasuda et al, *Stacking-Engineered Ferroelectricity in Bilayer Boron Nitride*, Science **372**, 1458 (2021).

(4) L. Li and M. Wu, *Binary Compound Bilayer and Multilayer with Vertical Polarizations: TwoDimensional Ferroelectrics*,

Multiferroics, and Nanogenerators, ACS Nano 11, 6382 (2017)

^{*}Intervenant

(5) J. Fraunié et al, *Electron and hole doping of monolayer WSe₂ induced by twisted ferroelectric hexagonal boron nitride*,

PRM 7, L121002 (2023)

(6) S. Roux et al, *Optical Detection of Sliding Ferroelectric Switching in hBN with a WSe₂ Monolayer*, *Nanoletters* 25, 1 (2025)

Mapping charge density in operating 2D transistors with high-contrast optical microscopy techniques

Nathan Ullberg ¹, Kevin Jaouen ¹, Stéphane Campidelli ¹, Ermes Peci ²,
Michele Magnozzi ², Vincent Derycke ^{* 1}

¹ Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, NIMBE, LICSEN – CEA Paris-Saclay – France

² OptMatLab, Physics Department, Università di Genova – Italie

Backside illumination optical microscopy is a very powerful tool to observe 2D materials with optimized contrast when they are deposited on specially designed antireflective substrates (1-3) or simply on glass (4). In addition, these BALM (backside absorbing layer microscopy) and IRM (interference reflection microscopy) techniques can be ideally coupled with *in-situ* chemical (2), electrochemical (1) and electronic studies (5). In chemistry and electrochemistry, they notably allow the direct visualization of molecular deposition and molecular electrografting on 2D materials, as well as the in-situ monitoring of intercalation processes (3). More unexpectedly, optical microscopy can also be used to study electronic devices. Indeed, in 2D transition metal dichalcogenides (TMDs), and in particular in monolayer MoS₂, it is known that the refractive index and extinction coefficient (η , κ) near exciton energies are highly sensitive to the charge density. Based on this, we have developed the use of interference reflection microscopy at specific illumination wavelengths as a means to access the charge density profile (CDP) in operating MoS₂ field-effect transistors. FET operation is based on the modulation of the charge in a semiconductor channel upon application of drain and gate voltages. The ability to directly map the local variations in charge density in operating devices is therefore highly desirable. However, few techniques allow such mapping in real time. The developed method, which we call Excitonic Reflection Microscopy (XRM), can reveal with high contrast and sub-second throughput the competition between the drain and gate voltages to precisely determine the local potential at any point in the channel (5).

(1) S. Campidelli et al., Sci. Adv. 3, e1601724 (2017).

(2) K. Jaouen et al., Nanoscale 11, 6129 (2019).

(3) K. Jaouen, PhD. Thesis (2019).

(4) N. Ullberg et al., Langmuir (2025).

(5) N. Ullberg et al., ACS Nano 18, 9886 (2024).

*Intervenant

Ultra-thin films of lead iodide on graphene: van der Waal or not van der Waals at the interface.

Hocine Khemliche * ¹

¹ Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (ISMO) – CNRS : UMR8214, Université Paris XI - Paris Sud – Université Paris-Sud 91405 Orsay cedex, France

The fabrication of large-scale heterostructures with 2D layered materials is usually prawn to difficulties because of the weak van der Waals interaction at the interfaces, which typically results in randomly oriented layers (twist mosaicity). Fortunately, in some cases the interface interaction is strong enough, but not too much, to drive the relative orientation while preserving the intrinsic properties of the constituents. In the latter case, a so-called van der Waals epitaxy, for which commensurability is not necessary, produces high quality stacks with long-range crystalline order. For some systems however, the interface interaction well exceeds van der Waals and results in modified properties on both sides of the interface. It is experimentally challenging to identify/quantify subtle modifications of the materials properties at the interface.

PbI₂ is a large bandgap 2D layered material belonging to the metal halide family. It has emerged as an excellent candidate for photodetectors, and is a key component in metal halide perovskites solar cells. Up to now, thin layers of PbI₂ have been mostly obtained by depositing flakes with dimensions in the μm size and thickness greater than 3 nm (e.g. see (1)). Only one recent study achieved the controlled growth of ultra-thin PbI₂ layers by MBE on graphite (1). In the current work, we describe an experimental approach for growing highly oriented and crystalline layers of lead iodide (PbI₂) on graphene/SiC(0001) by Molecular Beam Epitaxy (MBE). Real-time characterisation of the growth dynamics by Grazing Incidence Fast Atom Diffraction (GIFAD) (), correlated with Surface Differential Reflectance Spectroscopy (SDRS) allows a precise control of the layer thickness and gives direct access to the relationship between structural and optical properties. GIFAD reflectivity shows well resolved oscillations, corresponding to a layer-by-layer growth by a van der Waals epitaxy. Both GIFAD and SDRS point to substantial modifications of the electronic and optical properties of the first PbI₂ monolayer (ML); this interface effect extends up to 10 ML. Additional analysis by Angular Resolved Photoelectron Spectroscopy (ARPES) demonstrates a charge transfer at the interface from the substrate to the PbI₂ layer. (1) A. Momeni et al., J. Phys. Chem. Lett. 9, 908 (2018)

*Intervenant

Extreme Longitudinal Thermal Conductivity and Non-Diffusive Heat Transport in Isotopic hBN

Julien Chaste * ¹

¹ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9001, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Efficient thermal management at the nanoscale is crucial to the performance and reliability of electronic and optical devices. Materials with high structural anisotropy offer exciting prospects for heat spreaders, as exhibit naturally within two-dimensional (2D) materials or 2D van der Waals (vdW) heterostructures. Among the 2D materials, hexagonal boron nitride (hBN) a special position, as, it combines efficient electrical insulation (with a bandgap of 6 eV) ⁸ and high thermal conductivity ($\kappa \sim 1000 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$). We present a method for measuring temperature profiles and investigating the thermal conductivity of suspended isotopic hexagonal boron nitride (hBN) heterostructures. Our two-point measurements show thermal conductivities exceeding 1650 W/m-K at room temperature, significantly higher than in previous reports, highlighting the crucial influence of the measurement conditions on the experimental results. By including an increasing number of data points, we refine our models beyond the accuracy of conventional approaches. Our results show a striking deviation from the classical diffusion regime described by Fourier's law: While the temperature profiles remain linear above 300 K, they become clearly nonlinear below this temperature, indicating a strong non-diffusive heat transport. This behavior underscores the need for a new theoretical framework to fully account for heat transport in two-dimensional materials. Ultimately, our findings pave the way for innovative heat dissipation technologies and challenge conventional paradigms in nano-heat engineering.

*Intervenant

MC02 : Matière molle et systèmes vivants

ENSnano: Algorithmic-based design of complex 3D DNA nanostructures

Nicolas Schabanel * ¹

¹ Institut des sciences informatiques et de leurs interactions - CNRS Sciences informatiques – Laboratoire de l’Informatique du Parallélisme (LIP), École Normale Supérieure de Lyon, CNRS - Université Claude Bernard, France, Institut Rhône-Alpin des systèmes complexes – France

Curved shapes are ubiquitous in both natural and engineered structures contributing to their intricate functionalities and mechanical resilience.

Replicating these shapes at the nanoscale using DNA nanotechnology poses significant challenges due to the inherent constraints of DNA geometry.

Here, we introduce a geometric model for curved DNA helices and an algorithm for automatic routing of DNA helices along non-planar trajectories to fold predefined 3D DNA origami nanostructures.

We provide an automated design process that enables the self-assembly of curved DNA helix bundles, hollow shapes, nested spheres, and biomimetic structures such as vault-like cages, using a spiral-based paradigm.

These complex curved structures are proven to correctly assemble within a nanometer precision through AFM, TEM and CryoEM.

This process, integrated in ENSnano software, revisits DNA origami principles to go beyond current structural confinements and opens opportunities for creating general 3D spatial configurations with advanced programmability for enhanced functional integration. Joint work with: Nicolas Levy, Julie Finkel, Allan Mills, Pierre Marcus, Octave Hazard, Joris Picot, Daria Pchelina and Gaetan Bellot

*Intervenant

Physical modelling : numerical mesoscale simulation accounting for the segregation of the TCR/pMHC and LFA1/ICAM1 molecular couples

Quentin Bédel * ^{1,2}, Nicolas Destainville ¹, Loic Dupre ²

¹ Laboratoire de Physique Théorique - IRSAMC – CNRS : UMR5152, Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse III, Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse III – France

² Toulouse Institute for Infectious and Inflammatory Diseases – Inserm, CNRS : UMR5051, Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse III – France

T lymphocytes are key cellular components of the immune system since they can eliminate virus-infected cells and tumor cells. T cells recognize target cells by forming tight membrane-membrane contacts known as immunological synapses (IS). The biophysical mechanisms and parameters responsible for the assembly and the spatial patterning of the IS are still poorly understood. In particular the mechanism leading to the segregation between the T-cell receptor (TCR) recognizing the foreign antigens and the LFA-1 integrin responsible of cell adhesion is subject to debate (2)(3)(4). In this work we propose an analytical and numerical modeling of the IS, with the hypothesis that the TCR-LFA-1 segregation is mechanically driven by the difference of height between the TCR-pMHC ligand-receptor couple on the onehand, and the LFA1-ICAM1 ligand-receptor couple on the other hand, together with an inhomogeneous pressure field exerted by the cortical actin cytoskeleton (1). Our numerical mesoscale simulation is based on the Dynamically Triangulated Surface (DTS) modeling, using Monte Carlo Metropolis algorithm. It validates qualitatively our hypothesis. However, to quantitatively validate this mechanism, we need to know the true pressure field driven by the cortical actin cytoskeleton that the lymphocyte exerts on its target cell. We propose an analytical approach based on elasticity theory to determine the single solution of the 3D force field exerted by the lymphocyte while knowing only the one-dimensional height deformation measured by Atom Force Microscopy (AFM) experiments, compensating the lack of information by minimizing the residual force on the lymphocyte-free region.

References

- (1) Morgan Huse. Nature, 2020.
- (2) Ronald D Vale et al. 104(51):20296–20301, 2007.
- (3) Abraham Kupfer et al. Nature, 395(6697):82–86, 1998.
- (4) Reinhard Lipowsky et al. Soft Matter, 5(17):3213–3224, 2009.

*Intervenant

Microfluidic Flow Induced by Asymmetrically Actuated Microscopic Cilia

Charles Moore * ¹, Jérôme Fresnais *

², Jean-François Berret *

3

¹ Matière et Systèmes Complexes – Université Paris Cité – France

² Physicochimie des Electrolytes et Nanosystèmes Interfaciaux – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire Matière et Systèmes Complexes – Université Paris Cité, CNRS, CNRS : UMR7057 – Paris, France

Lungs are lined with a thin layer of mucus which aids in clearing away foreign particulate. To remove this dirty mucus from the lung, bronchi are lined with cilia: small hair-like structures which beat, forcing the mucus to flow upwards. One approach to studying cilia has been the use of artificial microfabricated cilia, which actuate under a varying magnetic field¹. Our cilia use soft lithography in order to fill moulds with iron microparticles and polydimethylsiloxane, which is then cured². By creating a rotating magnetic field using permanent magnets mounted on a motorized axis, we are able to asymmetrically actuate our cilia. The cilia motion comprises a whipping active stroke, which is capable of pushing fluid forward, coupled with a recovery stroke, where the cilium slowly swings around to its original position. We measured the pumping capacity of these actuated cilia by particle tracking velocimetry in closed channels. The asymmetric movement of the cilia results in pulsatile flow within the channel³.

Our artificial cilia exhibit both orientational and temporal asymmetry. Notably, two separate cilia pathways are identified in the same tests. By varying the position of our magnetic cilia relative to the magnetic field, we are able to identify three distinct behaviours. Beam simulations which couple the magnetic forces and elastic forces acting on our artificial cilia, based on previous analysis of our artificial cilia³, are capable of reproducing the three distinct behaviours. This model highlights the importance of the magneto-elastic number in artificial cilia systems.

Following this, we use a coupled fluid-structure simulation to investigate separately the importance of cilia pathway versus the velocity of our cilia. Comparing the flow caused by a single cilium with the Reynolds number of the cilium, we highlight the importance of temporal asymmetry in cilium pumping. This dependence upon the Reynolds number is one contributing factor which helps explain the diminishing pumping efficiency of more viscous solutions.

(1) Zhang S. *et al.* (2018) Sensors and Actuators B 263 614-624

(2) Bolteau B. *et al.* (2023) ACS Appl Mater Interfaces 15(29):35674-35683

(3) Moore et al. (2025) arXiv:2504.0064

*Intervenant

ENSnano: Algorithmic-based design of complex 3D DNA nanostructures

Nicolas Schabanel * ¹

¹ Institut des sciences informatiques et de leurs interactions - CNRS Sciences informatiques –
Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme (LIP), École Normale Supérieure de Lyon, CNRS -
Université Claude Bernard, France, Institut Rhône-Alpin des systèmes complexes – France

Curved shapes are ubiquitous in both natural and engineered structures contributing to their intricate functionalities and mechanical resilience. Replicating these shapes at the nanoscale using DNA nanotechnology poses significant challenges due to the inherent constraints of DNA geometry.

Here, we introduce a geometric model for curved DNA helices and an algorithm for automatic routing of DNA helices along non-planar trajectories to fold predefined 3D DNA origami nanostructures.

We provide an automated design process that enables the self-assembly of curved DNA helix bundles, hollow shapes, nested spheres, and biomimetic structures such as vault-like cages, using a spiral-based paradigm.

These complex curved structures are proven to correctly assemble within a nanometer precision through AFM, TEM and CryoEM. This process, integrated in ENSnano software, revisits DNA origami principles to go beyond current structural confinements and opens opportunities for creating general 3D spatial configurations with advanced programmability for enhanced functional integration. Joint work with: Nicolas Levy, Julie Finkel, Allan Mills, Pierre Marcus, Octave Hazard, Joris Picot, Daria Pchelina and Gaetan Bellot

*Intervenant

Emerging Dynamics of Active Brownian Colloids interacting with Soft Membranes

Antonio Stocco * ¹

¹ Institut Charles Sadron (ICS) – Centre National de la Recherche Scientifique : UPR22, Université de Strasbourg – 23 rue du Loess, BP 84047, 67034 STRASBOURG Cedex 2, France

Motion of active Brownian particles is strongly affected by confinement effects, which impact the persistence of the ballistic dynamics and can guide transitions and instabilities when dealing with deformable interfaces.

Here, I will present some experimental results describing the dynamics of active colloids interacting with soft fluctuating membranes. Our experimental systems are composed of Giant unilamellar vesicles (GUVs) with tunable membrane tension and Janus self-propelled colloids showing different hydrodynamic and particle-membrane interactions. We were able to observe emerging dynamics such as particle orbital motion around the vesicle (1), active vesicle transport (2) and autonomous particle engulfment by the vesicle membrane (3).

*Intervenant

Elasticity from contacts in branched actin

Martin Lenz * ^{1,2}

¹ Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Physique et mécanique des milieux hétérogènes – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

The biologically crucial elasticity of actin networks is usually understood as an interplay between the bending and stretching of its filaments. This point of view however fails when applied to the weakly coordinated branched actin networks found throughout the cell. Through experiments and theory, we show that their elasticity crucially involves reversible contacts between their filaments. These contacts can in turn be controlled through filament entanglement during network growth to regulate the final properties of the network. These properties could be key to understanding how moving cells dynamically adapt their cytoskeleton to their environment.

*Intervenant

Microscopic and stochastic simulations of chemically active droplets

Pierre Illien ^{*} ¹, Roxanne Berthin ¹, Jacques Fries ¹, Marie Jardat ¹,
Vincent Dahirel ¹

¹ PHysicochimie des Electrolytes et Nanosystèmes Interfaciaux – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Biomolecular condensates play a central role in the spatial organization of living matter. Their formation is now well understood as a form of liquid-liquid phase separation that occurs very far from equilibrium. For instance, they can be modeled as active droplets, where the combination of molecular interactions and chemical reactions result in microphase separation. However, so far, models of chemically active droplets are spatially continuous and deterministic. Therefore, the relationship between the microscopic parameters of the models and some crucial properties of active droplets (such as their polydispersity, their shape anisotropy, or their typical lifetime) is yet to be established. In this work, we address this question computationally, using Brownian dynamics simulations of chemically active droplets: the building blocks are represented explicitly as particles that interact with attractive or repulsive interactions, depending on whether they are in a droplet-forming state or not. Thanks to this microscopic and stochastic view of the problem, we reveal how driving the system away from equilibrium in a controlled way determines the fluctuations and dynamics of active emulsions. Reference: Phys. Rev. E **111**, L023403 (2025). arXiv:2406.14256.

^{*}Intervenant

The Role of Elasticity in *Candida Albicans* Pathfinding

Antoine Rittaud ^{*} ¹, Catherine Villard ², Igor Kulic ³

¹ Université de Strasbourg - Faculté de physique et ingénierie – Université de Strasbourg, CNRS – France

² Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

³ Institut Charles Sadron – Université de Strasbourg, Institut de Chimie du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Matériaux et nanosciences d’Alsace, Réseau nanophotonique et optique, Université de Strasbourg : FR3627, Centre National de la Recherche Scientifique : FR3627 – France

Various microorganisms rely on physical processes for decision-making in complex and challenging environments. Some, such as yeasts, can be fixed in their environment and need to grow in specific directions to ensure sustainability. In doing so, their morphology shifts from unicellular spherical buds to multicellular, elongated filaments called **hyphae**.

In particular, the opportunistic human pathogen **Candida Albicans** exhibits exotic helical growth when placed in a large soft medium volume. To understand the underlying mechanisms, we use microfluidic devices to replicate living tissues as confined environments and allow consistent, single hypha analysis. We observe a broad range of behaviors in these micro-environments, including sliding events of a portion of the hypha tip to form oscillations, or stable curved tips growing against a single channel wall.

By modelling the filament as a **spatially confined, growing elastic helix**, with a solidifying part, and minimizing its elastic energy, we retrieve and understand the mechanics of these behaviors. Such experimental and theoretical approaches gives us insight into the orientation and penetration strategy of *Candida albicans*.

^{*}Intervenant

Swimming of a confined micro-alga in the presence of a phototactic signal

Ahmad Badr * ¹, Antoine Allard ^{1,2}, Françoise Argoul ³

¹ Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5798, Université de Bordeaux : UMR5798, Université de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Warwick Medical School – Royaume-Uni

³ Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5798, Université de Bordeaux : UMR5798, Université de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique – Université de Bordeaux, PAC Talence, bât. A4N, 351 Cours de la Libération, 33405 Talence Cedex, France

In their natural environment, the motility of microswimmers is controlled by many different factors. A widely used algal model that deals with such signals, *Chlamydomonas Reinhardtii* (CR), adapts its swimming strategy by sensing chemical gradients, probing its mechanical environment, or detecting light. In a free environment and in the presence of such phototactic light, wild-type CR tends to swim towards the light signal for a certain period of time, before swimming away from it. While these experiences suggest that phototaxis and photosynthesis are qualitatively linked, their relationship has not yet been quantified.

We study the motility of CR in a confined environment in the presence of a light signal. This is done by partially illuminating the environment available to the algae, in a PDMS chip with phototactic light. Individual algae are trapped in a dumbbell-like two-state system, where they can only swim in a lit well, or a dark one, both connected by a narrow tunnel. A first goal is to look for swimming tendencies in the presence of these different signals, and to observe how changing parameters (diameter of the well, length and width of the tunnel, ...) would affect them.

Preliminary results seem to show that the position probability density of CRs seems to be higher at the edges of the wells or inside the tunnel than in the wells, far from the walls. Also, it seems that CRs tend to explore their environment at an increased speed in the presence of light, before slowing down when the light is turned off. The second goal of our work will be to assess whether the phototaxis of CRs is related to their photosynthetic activity and to quantify it.

*Intervenant

Spatiotemporal dynamics of the proton motive force of single bacterial cells

Anaïs Biquet-Bisquert ¹, Amélie Astézan ¹, Baptiste Carrio ¹, Nathan Meyer ¹, Thales F.d. Fernandes ¹, Manouk Abkarian ¹, Farida Seduk ², Axel Magalon ², Ashley L. Nord ¹, Francesco Pedaci ^{* 1}

¹ Centre de Biologie Structurale [Montpellier] – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Montpellier – France

² Laboratoire de chimie bactérienne – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

All known living cells are electrically active. By selectively separating ions across specialized membranes, a cell stores energy in form of electro-chemical potentials, which then uses to power essential cellular processes. In bacteria, the electro-chemical potential due to protons (the proton motive force, PMF) drives ATP synthesis and cell motility. The dynamical behavior of the PMF at the level of a single bacterial cell is still not easy to detect or modify. Traditionally viewed as temporally and spatially stable, recent research reveals a dynamic PMF behavior at both single-cell and community levels.

We use a light-activated proton pump, and we detect the rotation of the bacterial flagellar motor on single bacterial cells, with nm and ms resolution, to both perturb and probe the bacterial PMF.

With this technique we can apply spatially homogeneous PMF perturbations, which reveal ms-scale temporal dynamics and an asymmetrical capacitive response that can be understood in terms of a simple circuit model of the membrane. On the other hand, applying localized perturbations, we observe a rapid lateral PMF homogenization, faster than proton diffusion, akin to the voltage spread observed in passive neurons, which is explained by cable theory. These observations imply a global coupling between PMF sources and consumers along the membrane, precluding sustained PMF spatial heterogeneity but allowing for rapid temporal changes.

*Intervenant

Fast movements of *Mimosa pudica*: an osmotic muscle?

Mathieu Rivière * ¹, Joel Marthelot ², Yoel Forterre ³

¹ Institut universitaire des systèmes thermiques industriels – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7343, Aix Marseille

Université : UMR7343 – France

² Aix-Marseille Université – CNRS, IUSTI UMR 7343, Marseille – France

³ Laboratoire IUSTI UMR CNRS 7343 – Aix-Marseille Université - AMU – France

Plant movements span timescales ranging from tenths of seconds to several hours, and rely on a rich variety of physical mechanisms. The “touch-me-not” plant, *Mimosa pudica*, folds its leaves in a couple of seconds in response to mechanical or electrical stimuli. This movement is reversible, and leaves reset within a few tens of minutes.

Purely osmotic water transport across the whole pulvinus—a flexible, hinge-like bulge at the base of each leaf—constitutes the textbook explanation of the motion. This scenario received only limited experimental evidence, however, and implies that pulvini operate near the physical limits of osmotic transport.

Here we experimentally characterize the kinematics of the movement and the mechanics of the pulvinus, and build the force-velocity law of this “plant muscle”. This law can be modeled by a simple osmotic motor. However, we find that both the time scale of movement and the tissue permeability extracted from the model are too fast to be compatible with the time scale of water transport across the pulvinus, measured independently by osmotic swelling experiments.

To resolve this paradox, we note, following previous authors, that motion correlates with a change in the backscattered light from the pulvinus. This observation suggests that motion may not be due to long-distance water transport across the pulvinus, as classically thought, but rather to local water transfer between cells and adjacent gas channels surrounding the cells and forming a porous network extending throughout the whole pulvinus. This “air-buffering” mechanism would provide a unique means of generating rapid hydraulic movements in plants and non-muscular organisms that are not limited by long-distance water transport.

*Intervenant

Modeling the temporal evolution of an irradiated cell population

Marianne Billoir ^{1,2}, Delphine Crépin ¹, Stéphane Plaszczynski ¹, Basile Grammaticos ¹, Olivier Seksek ¹, Mathilde Badoual ^{* 1,2}

¹ Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

² UFR Physique [Sciences] - Université Paris Cité – Université Paris Cité – France

More than 50% of cancer patients undergo radiotherapy. Currently, treatment plannings are based on the linear-quadratic model, that predicts the cell survival fraction after irradiation, but does not include any temporal or spatial component. It is well known that the response of cells to irradiation depends on their position inside the tumor; moreover, irradiation can have short and long term effects, leading to changes in the tumor's spatial organization. In this context, spatio-temporal models of effect of irradiation on tumor growth could help to improve radiotherapy.

In this work we combine time-lapse fluorescence microscopy experiments (to follow the cell density of F98 glioma cells under varying radiation doses and initial cell densities) and mathematical modeling, in order to characterize the temporal response of a cancerous cell population to single-dose radiation. The model reproduces very well all the experimental data, with only three free parameters (and four others that are fixed). It allows us to have access and follow the evolution of different cell populations after irradiation, in particular, the senescent and repaired cell populations. Surviving fractions could also be estimated. Our model allows us to analyze and quantify an inhibition effect (or cohort effect) of the dead and senescent cell populations on the regrowth of the repaired one.

*Intervenant

Modulation de phase thermo-optique: Application en microscopie de fluorescence.

Hadrien Robert ^{* 1}, Giulia Faini ¹, Chang Liu ¹, Nadja Rutz ², Anis Aggoun ¹, Elena Putti ¹, Jose Garcia-Guirado ², Filippo Del Bene ³,
Romain Quidant ², Gilles Tessier ¹, Pascal Berto ¹

¹ Institut de la Vision – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Nanophotonic Systems Laboratory, Department of Mechanical and Process Engineering, ETH Zurich, Zurich, Switzerland. – Suisse

³ Institut de la Vision – Université Paris-Sorbonne - Paris IV, Centre de Recherche Inserm, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Les microscopes à fluorescence peuvent capturer la dynamique des cellules vivantes avec une haute résolution spatio-temporelle dans un seul plan. Cependant, l'observation de signaux de fluorescences rapides et faibles, comme ceux induits par l'activité neuronale dans le cerveau, reste un défi pour des émetteurs distribués en volume en raison du fond de fluorescence hors foyer, d'un budget photonique limité et de la vitesse maximale des systèmes d'acquisition conventionnels. Nous présentons ici un système d'imagerie thermo-optique de surface adaptative permettant l'imagerie parallèle d'objets distribués en 3D à des vitesses limitées uniquement par la fréquence d'acquisition de la caméra ou le budget photonique. Ce module complémentaire pour microscope utilise un réseau de microlentilles thermiques réglables offrant une faible aberration chromatique et une haute transmission, et peut être combiné à un éclairage structuré pour réduire le sectionnement optique. Nous démontrons son potentiel *in vivo* en surveillant simultanément des dynamiques fluorescentes rapides à différentes profondeurs dans le cerveau de larves de poisson zèbre, à une fréquence de 0,5 kHz dans un volume observable de $360 \times 360 \times 90 \mu\text{m}^3$.

<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6395993/v1>

*Intervenant

Internal lipid bilayer friction and thermodynamics of mixing from equilibrium simulations

Fabrice Thalmann * ¹, Yelyzaveta Berezovska ^{1,2}, Raisa Kociurzynski ³,
Othmène Benazieb ¹

¹ Institut Charles Sadron – Université de Strasbourg, Institut National des Sciences Appliquées -
Strasbourg, Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique,
Matériaux et Nanosciences Grand-Est, Réseau nanophotonique et optique – France

² Centre de Biologie Structurale Montpellier – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
- INSERM – France

³ Faculty of Biology and University Hospital, A.Ludwigs University – Allemagne

The Physics of Membrane and Soft Matter team (M3) at Institut Charles Sadron has a broad interest in model lipid bilayer systems. We will discuss here two numerical approaches that we have proposed recently. The first one aims at obtaining the interleaflet friction coefficient b from unbiased simulations (1) (coarse-grained Martini model). The second aims at determining the value of the "Flory-Huggins" interaction parameter of a DPPC (saturated) - DLiPC (2 insaturations) mixture (2) (coarse-grained Lammmps/Spica model). Pros and cons of driven vs equilibrium approaches will be discussed as a conclusion.

(1) Benazieb et al. J.of Phys.Comm. 2023, <https://doi.org/10.1088/2399-6528/acb313>

(2) L. Berezovska et al, J. Chem. Phys. 2025, <https://doi.org/10.1063/5.0242522>

*Intervenant

From proteins to DNA-origamis: Designing self-assembly through complexity

Lara Koehler ^{*} ¹, Pierre Ronceray ², Martin Lenz ³

¹ Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems – Allemagne

² CENTURI – UMR Université Aix-Marseille – France

³ LPTMS – Université Paris-Saclay, Université Paris Saclay – France

Self-assembly is a fundamental process in biology and a central goal in nanotechnology, enabling the formation of complex structures from simple building blocks. While biological systems like proteins rely on intricate, patch-specific interactions to form ordered assemblies, synthetic approaches often struggle with controlling structure size and shape-especially at larger scales. In this talk, we explore how complexity in interactions, even among identical subunits, can give rise to a surprisingly rich variety of ordered structures including crystals, fibers, and oligomers. Through a combination of Monte Carlo simulations, machine learning, and DNA origami experiments, we show that the interplay between periodicity, geometrical frustration, and defect-promoting interactions can be harnessed to both predict and control self-assembly outcomes. These findings reveal fundamental principles that govern structure formation in both natural and synthetic systems and offer new design strategies for building robust, functional nano-architectures.

^{*}Intervenant

MC04 : Plasmonique Active et Hybride

Capteur plasmonique pour sonder la réactivité gaz/nanoparticule

Benjamin Demirdjian ^{*} ¹, Igor Ozerov ¹, Frédéric Bedu ¹, Emmanuel André ¹, Claude Henry ¹

¹ Aix Marseille Univ, CNRS, CINAM, Marseille, France – CNRS, Aix-Marseille Université - AMU – France

Les capteurs plasmoniques à base de nanoparticules d'or permettent de détecter efficacement l'interaction de molécules de gaz à leur surface. Cette interaction modifie les propriétés diélectriques locales et induit un déplacement de la longueur d'onde de la résonance plasmonique de surface localisée (LSPR) de l'or.

Nous avons utilisé la détection nanoplasmonique pour étudier les interactions de diverses molécules de gaz avec des nanodisques d'or. Ces disques peuvent être nus ou revêtus par une fine couche d'oxyde sur laquelle sont déposées différentes nanoparticules (métal, minéral, clusters ...). La technique est très sensible, quantitative et non destructive. Elle permet des mesures précises sur une large gamme de pressions et de températures.

Demirdjian, B., Ozerov, I., Bedu, F., Ranguis, A., Henry, C.R. (2021). ACS Omega 6, 13398-13405.

Demirdjian, B., Ozerov, I., Bedu, F., Ranguis, A., Henry, C.R. (2024). CPL 837, 141063.

Demirdjian, B., Vaidulych, M., Ozerov, I., Bedu, F., Vajda, S., Henry, C.R. (2024). Nanoscale 16 (2024) 20968-20976.

^{*}Intervenant

Thermophoretic Force in the vicinity of plasmonic nanostructures

Robert Talla * ¹

¹ Université de Technologie de Troyes – Light, Nanomaterials, Nanotechnologies (L2n) – France

Thermophoretic Force in the vicinity of plasmonic nanostructures

Robert TALLA, Xin HUANG Sylvain BLAIZE, Quanbo JIANG,

Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n) Laboratory, CNRS UMR 7076, University of Technology of Troyes (UTT)

In this work, we explore the generation and control of thermophoretic forces at the nanoscale using optically induced temperature gradients. This system works with localized heating around plasmonic nanostructures to create well-defined thermal profile capable of exerting forces on nearby nano-objects.

Using 3D COMSOL simulations, we investigate how the geometric parameters of a plasmonic nanoring (such as its inner radius, outer radius, and height) influence on the optical absorption, temperature distribution, and consequently the strength and the directionality of thermophoretic forces. By coupling with electromagnetic fields, heat transfer, and fluid dynamics, we identify the regimes where thermophoretic trapping is optimized.

Furthermore, we investigate the effect of the adhesion layer that also absorbs some of the incident light enabling to generate heat and consequently to affect the temperature gradient. We finally explore the optimal parameters for stable trapping and manipulation of single nanoparticles. These preliminary findings lay the foundation for future integration with microscope and lab-on-a-chip platforms.

1. Braibanti, M., Vigolo, D. & Piazza, R. Does Thermophoretic Mobility Depend on Particle Size? *Phys. Rev. Lett.* **100**, 108303 (2008).

2. Rogez, B., Marmri, Z., Thibaudau, F. & Baffou, G. Thermoplasmonics of metal layers and nanoholes. *APL Photonics* **6**, 101101 (2021).

3. Iacopini, S. & Piazza, R. Thermophoresis in protein solutions. *Europhys. Lett.* **63**, 247 (2003).

*Intervenant

Photoluminescence enhancement based on multi-material metasurfaces

Ali Sraj * ¹, Anne-Laure Baudrion * ¹, Manon Dewynter * ¹, Felidj Nordin * ², Jérémie Beal * ¹, Julien Loze * ¹, Pascal Cheng * ², Alexandre Chevillot * ², Kartikey Pandey * ²

¹ Université de Technologie de Troyes (UTT) – Light, Nanomaterials, Nanotechnologies (L2n) – France

² University Paris Diderot, ITODYS – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Laboratoire Itodys – France

Single nanoparticles have emerged as powerful structures for manipulating light at the nanoscale by supporting localized surface plasmon resonance (LSPR) modes. When arranged periodically in arrays, these nanoparticles support collective optical modes known as Surface Lattice Resonances (SLRs), which enhance light-matter interactions and provide highly tunable spectral responses (1). Several parameters influence Surface Lattice Resonances (SLR). Nanoparticle size, material composition (Au, Al, Ag), and shape strongly impact SLR behavior. Array-level factors such as pitch size, surrounding medium, array size, and light incidence also play important roles in tailoring SLR modes (2)(3). The goal of this project is to engineer arrays that exhibit SLR spectra aligned with the emission and absorption spectra of quantum dots and other emitters, thereby enhancing their photoluminescence. To achieve this, bi-material arrays are considered, composed of combinations of gold, aluminum, silver, magnesium, and other metals, as they have demonstrated strong potential for supporting high-quality SLR modes due to the coupling of the localized surface plasmon resonance (LSPR) of each individual nanoparticle (4). Parameters are optimized through a series of simulations using COMSOL, followed by sample fabrication via electron beam lithography. Absorption measurements and FLIM microscopy are conducted to evaluate their optical properties and measure the photoluminescence enhancement factor.

References:

(1) Rodriguez, S.; Schaafsma, M.; Berrier, A.; Gomez Rivas, J. Collective Resonances in Plasmonic Crystals: Size Matters. *Phys. B* 2012, 407, 4081–4085.

(2) Kelly, K. L.; Coronado, E.; Zhao, L. L.; Schatz, G. C. The Optical Properties of Metal Nanoparticles: the Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment. *J. Phys. Chem. B* 2003, 107, 668–677.

(3) Kreibig, U.; Vollmer, M. *Optical Properties of Metal Clusters*; Springer Science & Business Media, 2013.

(4) M.Dewynter, et al. (Article in progress), The first article to demonstrate SLR in Bi-Material array

*Intervenant

Plasmonic two-photon photopolymerization for strongly-coupled nanosources of light

Yuqing Zhao * ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – CNRS – France

Nowadays rapidly increasing data traffic requires more efficient energy and information exchange methods. In this context, we aim to develop a hybrid nano-emitter based on the strong coupling between metal nanoparticles and CdSe semiconducting nanoplatelets (NPLs) and this hybrid system should be sensitive to an external polarization. To control the anisotropic spatial distribution of NPL(s), polymer made by plasmon-induced two-photon photopolymerization (TPP) is employed. Through changing energy and wavelength of the incident laser, polymer dot around gold nanotriangles (AuNTs) can be manipulated. On the basis of these first studies and the alignment of the NPL dipole moment in the future, strong coupling with Rabi-energy > 500 meV as well as reliable on-demand single-photon sources are very promising. This hybrid light nanosource holds promise in multiple advanced optical applications, like quantum information processing, quantum communication and sensing.

*Intervenant

Anisotropic nanoprism-based nanoemitters: Plasmon-controlled, excitation polarization-dependent response

Minyu Chen ^{*} ^{1,2}, Thinhinane Aoudjit ¹, Issa Ali ¹, Sylvie Marguet ³,
Yuqing Zhao ¹, Safi Jradi ¹, Gérard Davy ¹, Tao Xu ², Bin Wei ², Renaud
Bachelot ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National
de la Recherche Scientifique – France

² Shanghai University – Chine

³ Nanosciences et Innovation pour les Matériaux, la Biomédecine et l'Energie (ex SIS2M) (NIMBE
UMR 3685) – CEA-CNRS-Université Paris Saclay – France

Plasmonic nanostructures offer powerful capabilities for manipulating light at the nanoscale, with broad applications in optoelectronics, sensing, and integrated photonics. In particular, the ability to control polarization-dependent optical responses is crucial for advancing photonic devices and tunable nanosources.

In this work, we demonstrate the fabrication of anisotropic hybrid nanoemitters by integrating gold nanoprisms with quantum dots via plasmon-assisted two-photon photopolymerization. Gold nanoprisms with tunable localized surface plasmon resonances (LSPR) provide strong near-field confinement and polarization-sensitive responses, enabling spatially controlled polymerization. We systematically investigate the influence of structural parameters, such as edge length and curvature, on the anisotropy of the near-field distribution. Under linearly polarized excitation, achiral nanoprisms exhibit near-field chirality through the coupling plasmon modes. Off-resonance conditions further enhance higher-order mode contributions, leading to asymmetric near-field patterns and amplified chiral effects.

The resulting hybrid nanostructures exhibit polarization-controlled, tunable emission characteristics, driven by the engineered plasmon–emitter coupling. This approach provides a strategy for designing chiral-sensitive and directionally tunable nanosources, with potential applications in chiral sensing, multi-color light emission, and advanced nanophotonic systems.

^{*}Intervenant

Controlling fluorescence of perovskite quantum dots with nanostructured aluminum

Eloïse Garcelon * ¹, Liudmila Tratsiuk ¹, Jérôme Martin ¹, Davy Gerard ¹

¹ Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n) – CNRS, Université de Technologie Troyes – France

Aluminum nanostructures, known for their unique plasmonic properties in the UV-visible spectrum, have emerged as a promising avenue for enhancing light-matter interactions, particularly photoluminescence. In this study, we investigate the interaction between aluminum nanostructures and halogenated inorganic perovskites. This coupling is corroborated by extinction, fluorescence, and lifetime measurements, which are further supported by numerical simulations. Specifically, this study examines a resonant coupling between localized surface plasmon resonances in aluminum nanorod arrays and colloidal metal halide perovskite nanocrystals. The emitters are colloidal cesium lead tribromide (CsPbBr_3) perovskite nanocrystals (NCs). The nanocrystals in question typically measure between 2 and 20 nm in diameter and exhibit an emission wavelength of approximately 510 nm. A layer of CsPbBr_3 in PMMA is deposited onto the aluminum nanostructures via spin coating.

The fluorescence emission from the perovskites NCs is investigated as a function of the size of the aluminum nanoparticles. We observe an alteration of the photoluminescence emission in presence of the Al nanostructures, with an enhancement of the CsPbBr_3 emission as well as a reduction of their lifetime.

*Intervenant

Fluorescence enhancement via lossless all-dielectric meso-particles

Vadim Zakomirnyi * ¹

¹ Lumière, nanomatériaux, Nanotechnologies (L2n), UMR CNRS 7076, Université de Technologie de Troyes, Troyes 10004, France (L2n) – Université de Technologie Troyes – France

It is demonstrated numerically that mesoscale homogeneous dielectric spheres may increase fluorescence by up to 10^4 . Those surprisingly large enhancements originate from multipolar resonances, which induce strong electric field enhancement within spheres at the excitation wavelength of the dye molecule.

*Intervenant

Integration of nano emitters with plasmonic waveguides by optical trapping

Xin Huang ^{*} ¹, Robert Talla ¹, Quanbo Jiang ¹, Sylvain Blaize ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Aiming at the precise integration of nano-emitters into scalable photonic systems, we propose using plasmonic optical tweezers to accurately position quantum emitters above dielectric waveguides. Our initial approach integrates a gold nano-taper onto a titanium dioxide waveguide. This configuration applies strong optical trapping forces at the apex on nano-emitters, such as nanodiamonds, quantum dots, and fluorescent polystyrene nanobeads, enhancing their emission characteristics and transmission efficiency (1,2). As a result, the absolute coupling efficiency into guided modes, namely the beta factor, can directly exceed 50% across a broad spectral range (3). The coupling of emitted photons within the hybrid structure, the characteristics of the waveguide, and the optical forces acting on nano-emitters have been investigated. Furthermore, we explore the optimization of this configuration, demonstrating its significant potential for realizing efficient single-photon source nanodevices (4).

References

- (1) Hybrid integrated optical waveguides in glass for enhanced visible photoluminescence of nanoemitters. J. Beltran-Madriral, R. Tellez-Limon, F. Gardillou, D. Barbier, W. Geng, C. Couteau, R. Salas-Montiel & S. Blaize, *Appl. Opt.* 55, 10263 (2016).
- (2) Efficient Optical Trapping of Nano-Particle via Waveguide-Coupled Hybrid Plasmonic Nano-Taper. Y. Lin, P-T. LEE, *IEEE Photonics Journal*, 11, 3, 4801012 (2019).
- (3) Plasmonic Purcell factor and coupling efficiency to surface plasmons. Implications for addressing and controlling optical nanosources. G Colas des Francs, J Barthes, A Bouhelier, J C Weeber, A Dereux, A Cuche and C Girard, *Journal of Optics*, 18, 9, 094005 (2016).
- (4) Single Photon Source from a Nanoantenna-Trapped Single Quantum Dot. Q. Jiang, P. Roy, J-B, Claude, J. Wenger, *Nano Lett.* 21, 7030–7036 (2021).

^{*}Intervenant

Hollow nanoplasmonic metamaterials for enhanced light-matter interaction

Margoth Córdova-Castro ^{*} ¹, Dirk Jonker ², Yaryna Mamchur ¹, Cristian Rosero-Arias ², Arturo Susarrey-Arce ², Robert Boyd ¹

¹ Department of Physics, university of Ottawa – Canada

² University of Twente – Pays-Bas

Hollow Plasmonic can bring solution in losses in metals, preserving the modes of its solid contra part but without much dissipation along the structures, and adding modes between the walls of the hollow nanostructures that support very high field enhancement due to the reduced size in the walls, however hollow nanostructures are extremely difficult to achieve experimentally in an uniform manner.

In this work we developed new plasmonic platforms based on hollow plasmonic free standing nano pillars array. Such nanostructure can be fabricated on a large area with a wafer-scale (15cm²) fabrication method by sputter redeposition on a hybrid mask. We describe the new fabrication technique and the different LSPR and collective modes in the unit cell and along the lattice respectively. The plasmonic modes in VIS and nearIR can be tailored in function of the lattice constant, the array arrangement from triangular to square and the angle and polarization of illumination.

Engineering the 3D resonances along the VIS and IR spectrum, magnitude and spatial distribution of the field enhancement can be achieved with the complex nanostructures of Au hollow truncated nanocones distributed in a square array and triangular lattice with different lattice constant. These have led to extraordinary refractive index sensitivity and enhanced spontaneous emission rate. We study the field enhancement and optical properties modification when the metamaterials are coated by a transparent conductive oxide material, shifting the resonant modes to the near infrared spectra range by increasing the thickness. We also implemented hybrid material of Au-Ni to explore the magneto-plasmonic modes, controlling the field enhancement and dispersive modes from vis to near IR when increasing the lattice constant. The strong field enhancement presented in these new nanostructures compared with its contra part solid nanorods and the engineered of the modes along the VIS and near IR spectrum can be suitable for many nanophotonic application from sensing to nonlinear optics effects.

^{*}Intervenant

Probing thermophoretic forces near plasmonic structures using optical tweezers

Théo Minchella ^{*} ¹, Quanbo Jiang ¹, Davy Gerard ¹, Benoît Rogez ¹, Artur Movsesyan ², Chaojiang Zhang ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7076 – France

² University of Electronic Science and Technology of China [Chengdu] – Chine

Despite optical tweezers are systems of great interest for manipulation of single particles, they are not efficient for trapping particles at the nanoscale. By combining optical tweezers with plasmonic structures, a more localized and stronger trap becomes possible, namely plasmonic nano-tweezers. However, being able to strongly enhance local electrical fields, the plasmonic heating is often generated near the nanostructures, leading to various unwanted thermal effects, including thermophoretic force. Understanding the thermophoretic force acting on individual structures is essential for various applications in nanotechnology and biophysics, and is still a challenge to this day. We propose a new approach using dual-beam optical tweezers to probe these forces locally, combining direct force measurements, an analytical harmonic model and numerical simulations. By conducting thorough experimentation and simulation, we investigate how the thermophoretic force, acting on polystyrene beads trapped in gold nanostructures such as nanorings varies with factors such as temperature gradients, with a significant emphasis on its correlation with the distance from the gold structure.

^{*}Intervenant

Optimization of the fluorescence decay rate and radiation pattern of colloidal CdSe nanocrystal golden supraparticles

Thi Hien Phan ^{*} ¹, Guillaume Quibeuft ¹, Thomas Pons ², Nicolas Lequeux ², Aymeric Delteil ¹, Jean-Pierre Hermier ¹, Stéphanie Buil ¹

¹ Groupe d'Etude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8635, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8635 – France

² Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux (UMR 8213) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Core/shell nanocrystals (NCs) are very popular for their tunable optical properties. Chemical synthesis enables the assembly of emitters into compact aggregates, which can be further stabilized by encapsulation within a silica and a gold layer. This work explores the impact of aggregate size on the photoluminescence decay rate (PLDR) and emission directivity. Superparticles (SPs) are composed of CdSe/CdS/CdZnS NCs (diameter of 8 nm, emission peak at 645 nm) and encapsulated in a 15 nm silica shell. AFM measurements reveal that the SP sizes range from 150 nm to 600 nm. After the deposition of a 40 nm gold layer onto the sample by sputtering (we get gold supraparticles, GSP), AFM, SEM, and profilometry are used to characterize the gold distribution around the SPs. The emission of the SPs can be analyzed before and after gold deposition.

Time resolved optical measurements are performed at 300 K using a confocal microscope and a Hanbury Brown and Twiss setup. A back focal plane imaging provides the far field radiation. The comparison of fluorescence intensity, and radiation pattern can be carried out for individual SPs, importantly both before and after gold deposition .

The results show that smaller aggregates after gold deposition exhibit a PLDR twice as high as before and higher intensity emission after gold deposition. In contrast, larger aggregates show a lower PLDR ratio (between GSPs and SPs) and significantly lower emission. The radiation pattern is also size dependent. Small GSPs emit most strongly in the center of the radiation pattern, while larger SPs exhibit a ring-shaped radiation pattern.

Finite Difference Time Domain (FDTD) simulations are performed to predict the PLDR, the intensity and the far field emission. Emission of dipoles at different positions and orientations inside the aggregates is simulated. The time dependence of the fluorescence of the whole aggregate is built by summing up the emission of each dipole. Furthermore, FDTD simulations provide insight into the field distribution inside the SPs and GSPs, revealing how the spatial field distribution inside SPs and GSPs influences the PLDR. The results show strong agreement

^{*}Intervenant

with experimental trends, that can also be analyzed through dipolar and quadrupolar plasmonic modes.

Towards Optomechanical Control of Quantum Dot Emission using Transient Grating Method

Chaitanya Ghaisas ^{*} ^{1,2}, Agnes Maitre ¹, Olga Boyko-Kazymyrenko ¹

¹ Institut des Nanosciences de Paris – Institut des NanoSciences de Paris, CNRS UMR 7588, Sorbonne Université, F-75005 Paris – France

² Université de Technologie de Troyes – Université Technologique de Troyes – France

Colloidal quantum dots are currently attracting significant interest in the scientific community as promising materials for emerging quantum technologies. One of their most remarkable properties is their fluorescence emission, which is highly dependent on their size and surrounding environment.

The main goal of this internship project is to investigate whether this emission can be influenced by mechanical vibrations at the nanoscale. To explore this, a method termed as "Transient grating method" is used, which involves interfering two pulsed IR laser beams ($\lambda = 1064$ nm, 30 ps) on the sample surface to generate surface acoustic waves. These waves are characterized via optical probing using a green laser ($\lambda = 532$ nm).

The project follows a stepwise approach: First, a simple sample consisting of a thin gold film (~ 100 nm) deposited on glass is studied to characterize the propagation and behavior of surface acoustic waves in a basic structure. Next, a PMMA and an additional gold layer is added, forming a multilayered sandwiched structure (Au-PMMA-Au-glass), in which the acoustic response is again studied. We deduce from the measurement the velocity of acoustic waves on gold, with and without the presence of PMMA. We try to determine the deformation of the sample due to these waves. Current work is focused on setting up the optical system and studying the behavior of surface acoustic waves on initial Au-glass samples. Ultimately, this research aims to explore the interaction between surface acoustic waves and quantum dot fluorescence at the nanoscale. At the end we plan to embed colloidal quantum dots (CdSe/CdS) within the PMMA layer active sample. The fluorescence of the quantum dots will be first characterized under UV excitation, with and without acoustic modulation. The goal is to investigate whether these mechanically induced modulations affect the quantum dots fluorescence.

^{*}Intervenant

2D Self-Assembly of Gold Nanoparticles with Various Morphologies for Sensing

Sylvie Marguet ^{*} ¹, Maxime Gaygard ²

¹ Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, NIMBE, 91190 Gif-sur-Yvette, France. – Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, NIMBE, 91190 Gif-sur-Yvette, France – France

² Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, NIMBE – CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91191 Gif sur Yvette France – France

Our team specializes in the synthesis and assembly of high-quality gold nanoparticles for research in the fields of plasmonics and health. We synthesize gold nanoparticles with various morphologies-including nanocubes, nanotriangles, perfect spheres, nanodisks, and microplatelets-and develop ligand-exchange protocols to precisely control their surface chemistry. The properties of these nanostructures are investigated in collaboration with experts, primarily in the field of plasmonics (refs. 1–4).

Compact 2D assemblies of gold nanoparticles are promising metasurfaces for a range of applications, particularly sensing techniques such as SERS (Surface-Enhanced Raman Scattering), SPR, SEIRA, fluorescence, and electrochemistry. To improve the reproducibility, response time, sensitivity, and selectivity of these sensors, we focus on assembling gold nanocubes with sharp edges. When interparticle distances are extremely small (~ 1 nm) the electromagnetic hot spots formed in the nanogaps significantly enhance light–matter interactions, facilitating heat and charge transfer from the gold surface to adsorbed molecules. This effect is particularly useful for applications in photochemistry and photocatalysis.

We are currently developing expertise in the fabrication of such metasurfaces through the self-assembly of gold nanoparticles at either liquid–liquid interfaces (water/oil) or water–air interfaces via the Langmuir–Blodgett technique, following established protocols from the literature. These gold nanoparticles can be coated with either an insulating organic monolayer or a silica layer of tunable thickness and porosity using sol–gel chemistry. The resulting films will be transferred onto various substrates, including transparent, conductive or stretchable supports.

1) Approaches for positioning the active medium in hybrid nanoplasmonics, **Chen *et al*, ACS photonics**, 2024

2) Spatial distribution of the photopolymerization induced by localized surface plasmons, **Khitous *et al*, J. Phys. Chem. C**, 2024

3) Impact of Supporting Nanometric Membranes on the Thermo-Optical Dynamics of Individual Plasmonic Nanodisks, **Panais *et al*, Nanoscale**, 2024

4) Spectral shifts in tip-induced light from plasmonic nanoparticles in air, **Zapata-Herrera**

^{*}Intervenant

Hybrid Plasmonic Nanostructures using pi Conjugated Systems for Molecular Imprinted Polymers

Sarra Derouich * ¹

¹ ITODYS Paris 7 – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

S.Gam-Derouich*, P. Bleteau, S.Lau , J.C. Lacroix*
Université de Paris Cité, ITODYS, CNRS-UMR 7086, France

Email : sarra.gam-derouich@u-paris.fr

Molecular imprinted Polymers are synthetic receptors for a targeted (bio)molecule. They are generated in the presence of the targeted (bio)molecule which after extraction create a cavity whose shape and chemical groups are specific to the target. Most MIP uses polymethylacrylates and interactions based on hydrogen bonds. Expanding the potential of MIPs to pi conjugated polymers with new functionalities is an interesting avenue. Plasmonics is a field of science and technology that focuses on the interaction between electromagnetic radiation and free electrons at a metal or a semi-conductor-dielectric interface. Metallic nanoparticles (NPs) exhibit confined oscillations of the quasi-free electrons in the conduction band which can be excited by light and lead to Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR). (i) LSPR occurs at wavelength which depends on the used metal, on the size and shape of the NPs and on the dielectric function of the surrounding medium. LSPR shift has thus been used in numerous sensing devices. LSPR also leads to an electric field enhancement by orders of magnitude in the vicinity of plasmonic structures. Because of this electric field enhancement, various light-matter interaction processes can be significantly enhanced. Among them, Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS) has been demonstrated to detect very low concentration of analyte, even down to the single molecule level. (ii) Recently, sensors coupling SERS and MIP, showed excellent identification and detection performances. (iii)

In this work we combine a plasmonic platform generated by e-beam lithography and consisting of Gold nanoparticle dimers with PEDOT-based imprinted polymer and use it to detect methylene blue (MB) by SERS and LSPR shift. We show PEDOT growth can be confined in the gap of the gold NP dimers, that this system makes it possible to detect MB at nanomolar concentration and we discuss the various ways to improve such detection using pi-conjugated materials.

Références

(i) Schatz, G. C. et al. J. Phys. Chem. B, 2003, 107, 668-77.

*Intervenant

- (ii) Emory, S. R. et al. Science 1997, 275, 1102-1106.
- (iii) Decorbie N. et al. Plasmonics, 2020, 15, 1533-1539

Analysis of Gold Nanoparticle Dimerization Using Multicolor Light Sheet Illumination

Gaétan Delhayé * ¹, Matthieu Loumagne ¹

¹ Angers University of Sciences – MOLTECH Anjou Laboratory – France

Gold nanoparticles (AuNPs) exhibit unique optical properties, such as Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR), which make them highly valuable for applications in nanophotonics, sensing, and the study of colloidal stability. Dimerization of AuNPs, a process where two nanoparticles form a stable dimer, leads to significant shifts in their LSPR, providing a measurable indicator of nanoscale interactions. However, direct observation of the dimerization process in real time remains challenging due to limitations in signal-to-noise ratio.

For this purpose, we created a **colored light sheet illumination** system as a novel tool to investigate the dynamics of gold nanoparticle dimerization in situ. The different wavelengths of our light sheet allow us to excite the Plasmon Resonance of both monomers and dimers, enabling real-time observation of the changes in scattered light, which serve as direct indicators of the slow aggregation of our solution. By combining this information with nanoparticle tracking analysis, we achieve a comprehensive analysis at the scale of individual particles, allowing direct comparisons with the classical macro analysis of gold nanoparticle spectra.

Our setup has been gradually simplified to work with minimal equipment, offering great flexibility in its use and making it easily adaptable to any existing microscope.

*Intervenant

Plasmonics for enhanced light emission

Andreas Hohenau * ¹

¹ University of Graz – Autriche

Plasmonic resonances on metal nanoparticles come along with optical intensity enhancements in nanoscale volumes, thereby also enhancing the interaction of light to fluorescing molecules or quantum dots in these regions. Phenomena like absorption- and emission enhancement or fluorescence lifetime shortening can be observed and even strong coupling phenomena can occur, where hybrid modes of the plasmon and the excited-state form, that drastically reshape absorption and emission spectra.

Applications of these effects are numerous, ranging from bio- or chemical sensing over spectroscopies to emission into plasmonically guided modes (1) or optical near field mapping (2).

I will give an introduction to the topic, highlight the basic underlying concepts and also give examples of important findings from literature, like thousand-fold fluorescence enhancements (3) or directional fluorescence emission (4).

(1) C. Gruber et al. Spectral Modifications and Polarization Dependent Coupling in Tailored Assemblies of Quantum Dots and Plasmonic Nanowires, *Nano Letters* 2013, 13(9), 4257–4262

(2) D.M. Koller et al. Superresolution Moiré Mapping of Particle Plasmon Modes, *Phys. Rev. Lett.* 2010 104, 143901

(3) H. Yuan et al. Thousand-fold Enhancement of Single-Molecule Fluorescence Near a Single Gold Nanorod, *Angewandte Chemie International Edition* 2012, 52 (4), 1217-1221

(4) Y. Wang et al. Directional fluorescence emission co-enhanced by localized and propagating surface plasmons for biosensing, *Nanoscale*, 2016,8, 8008-8016

*Intervenant

Strong coupling in plasmonic-photonic hybrid microcavities

Benedict S. Morris ^{*} ¹, Sergei Kostcheev ², Khanh-Van Do ¹, Anna Rumyantseva ², Shuwen Zeng ², Renaud Bachelot ², Palpant Bruno ¹

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

The strong coupling regime between two oscillators is a rich domain of electromagnetic interaction where a large diversity of fascinating physical phenomena is enabled. This regime has been shown to exist when coupling a plasmonic metasurface-a 2D array of gold nanorods (AuNRs)-to a photonic cavity. However, these hybrid cavities still pose fundamental scientific questions (1). Here, through electron-beam lithography and evaporation, we fabricate a plasmonic metasurface placed at the anti-node of a first-order Bragg microcavity to achieve a robust, strong coupling regime (coupling strength $g \approx 0.10$) at ambient room temperature conditions. After validating the stationary FDTD simulations with experimental results, the simulations are used to investigate the effects on the coupling to the photonic resonance of the AuNR aspect ratio, the metasurface filling factor and the metasurface position in the cavity.

We then demonstrate a subpicosecond change in the coupling physics thanks to the reversible ultrafast modification of the AuNRs' complex permittivity after absorption of short laser pulses (2).

References:

(1) D. G. Baranov et al., 'Ultrastrong coupling between nanoparticle plasmons and cavity photons at ambient conditions', Nat Commun, vol. 11, no. 1, p. 2715, Jun. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-16524-x.

(2) X. Hou, N. Djellali, and B. Palpant, 'Absorption of Ultrashort Laser Pulses by Plasmonic Nanoparticles: Not Necessarily What You Might Think', ACS Photonics, vol. 5, no. 9, pp. 3856–3863, Sep. 2018, doi: 10.1021/acsp Photonics.8b01012.

^{*}Intervenant

Génération et exploitation d'électrons (vraiment) chauds en plasmonique

Bruno Palpant * ¹

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces (LuMIn) – CNRS : UMR9024, CentraleSupélec, Université Paris Saclay, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – France

La résonance de plasmon localisée permet une injection efficace d'énergie dans les nanoparticules métalliques par irradiation lumineuse. L'utilisation d'impulsions laser ultracourtes induit la génération d'un gaz d'électrons chauds, dont la dynamique est régie par des conversions et des échanges d'énergie complexes. Cette interaction résulte en divers phénomènes comme la modulation transitoire ultrarapide de l'absorption optique et du champ proche, l'émission multiphotonique d'électrons et de lumière sur un large spectre, ainsi qu'un échauffement localisé et intense. Cette présentation a pour objectif d'élucider les principes fondamentaux de ces phénomènes, et de démontrer leur potentiel dans des domaines tels que les thérapies ciblées, les matériaux fonctionnels contrôlés optiquement, les dispositifs photoniques ou les capteurs.

*Intervenant

Experimental measurement of nanoscale circular dichroism in plasmonic chiral structures using electron beams

Mathieu Kociak ^{*} ¹, Malo Bézard ¹, Simon Garrigou ², Yves Auad ¹,
Jérémy Beal ³, Hugo Lourenço-Martins ², Davy Gerard ³

¹ Laboratoire de Physique des Solides - STEM – Laboratoire de Physique des Solides – France

² Nano-Optique et nanomatériaux pour l'optique – Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales, France

³ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Measuring and understanding unpolarized optical properties at the nanometer scale is now commonplace with various spectroscopy techniques. However, addressing optical polarization at this scale remains a much more challenging problem.

In this presentation, we will present recent results on nanometer-scale circular dichroism in canonical 3D chiral objects and their interpretation. More specifically, these results concern a series of nanoscale, circularly polarized cathodoluminescence (CL) experiments performed in a scanning transmission electron microscope on plasmonic Born-Kuhn systems (BKS).

Using a novel detection scheme, we measured a highly localized and strongly circularly polarized signal, which can be reproduced by simulations. While this strong dichroic signal could have been naively interpreted as a signature of the well-known large chirality of BKS, a systematic experimental and simulation analysis as a function of the BKS geometrical parameters reveals a surprisingly small effect of this chirality in the emergence of strong local circular dichroism.

A theoretical analysis, ongoing at the time of writing, will be discussed during the presentation to explain this unexpected observation.

^{*}Intervenant

Carbon dots et résonances plasmoniques de l'aluminium : vers une exaltation contrôlée de la photoluminescence

Theo Duarte De Assuncao ^{*} ¹, Roy Konnoth Ancel ¹, Anne-Laure Baudrion ¹, Jérôme Martin ¹, Christophe Couteau ¹, Jérôme Plain ¹, Julien Proust ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

L'exaltation de la fluorescence par couplage plasmonique constitue un axe de recherche majeur dans le domaine de la nanophotonique, avec des applications en détection, bio-imagerie et optoélectronique. Dans ce contexte, les carbon dots (CDs), nanomatériaux luminescents prometteurs pour leur faible toxicité et leur stabilité, sont des candidats d'intérêt car leur faible rendement quantique constitue une des principales limites à leur utilisation.

Cette étude vise d'abord à élucider les mécanismes d'émission des CDs utilisés, puis d'autre part à augmenter leur fluorescence via leur couplage avec des nanostructures métalliques. Des mesures de photoluminescence en fonction de la température ont été effectuées jusqu'à 4 Kelvin. Elles ont permis d'identifier un comportement spectral distinct de celui des boîtes quantiques semi-conductrices CdSe/ZnS, également analysées. Le comportement des CDs se rapproche de celui de molécules fluorescentes, telles que la rhodamine, ce qui suggère que leur émission est issue d'émetteurs moléculaires intégrés à la matrice des CDs.

Une fois l'origine de la fluorescence des CDs vérifiée, la résonance plasmons de surface localisée (LSPR) de réseaux de nanoparticules d'aluminium a été étudiée afin d'explorer leur exaltation. L'aluminium offrant des résonances plasmoniques dans l'UV, gamme spectrale compatible avec l'excitation des CDs, ce matériau a été choisi pour réaliser les expériences d'exaltation. Des simulations FDTD ont permis d'optimiser la géométrie de ces réseaux (taille, période, indice environnemental), aboutissant à la fabrication de structures résonantes dans l'ensemble visible par lithographie électronique. Le dépôt contrôlé de CDs oranges (o-CDs) sur ces réseaux a permis d'évaluer l'effet d'exaltation par imagerie FLIM. Les différentes résonances étudiées ont permis d'étudier la meilleure configuration possible pour l'exaltation de ces particules, un facteur d'amplification maximum de 3,61 a alors été mesuré.

Ces résultats ouvrent la voie à l'ingénierie d'émetteurs fortement exaltés dans l'UV, avec un fort potentiel en milieux dispersés ou en solution.

^{*}Intervenant

From macroscale to nanoscale polymerization through thermoplasmonics

Céline Molinaro ^{*} 1,2, Amine Khitous ^{3,4}, Olivier Soppera ^{5,4}

¹ Institut de Science des Matériaux de Mulhouse – Université de Haute-Alsace, CNRS, IS2M UMR 7361, F-68100 Mulhouse, France – France

² Université de Strasbourg – Université de Strasbourg, Strasbourg F-67000, France – France

³ Institut de Science des Matériaux de Mulhouse – Université de Haute-Alsace, CNRS, IS2M UMR 7361, F-68100 Mulhouse, France – France

⁴ Université de Strasbourg – Université de Strasbourg, Strasbourg F-67000, France – France

⁵ Institut de Science des Matériaux de Mulhouse – Université de Haute-Alsace, CNRS, IS2M UMR 7361, F-68100 Mulhouse, France – France

Localized surface plasmon induced polymerization of free-radical acrylate monomers is an efficient, smart, and versatile method for preparing metal/polymer hybrid nanoparticles (NPs) with accurate control of the thickness and spatial distribution of the polymer on the NP surface. Through decay processes, the plasmon emitted light, hot charge carriers and heat. While the photochemical pathway is well known for generating hybrid NPs,(1) thermoplasmonic effects have not been used in this context.

Here, we investigated thermoplasmonic route to graft polymer onto gold NPs. First, we developed a thermopolymer with a threshold temperature around 130°C. Gold samples were produced by gold evaporation on a glass coverslip followed by thermal annealing. These gold samples show a high density of NPs. A 532 nm laser illumination was used to match the gold NPs plasmonic resonance. Here, we addressed specifically thermopolymerization through two different laser regime with a continuous wave (cw) and fs pulses laser illumination.

In cw laser illumination, a 100-μm thick polymer dot is observed. Its size might be surprising in comparison with the nanometric size of the NPs. This observation can be explained by a collective heating effect occurring due to the high density of NPs on the substrate.(2) By comparison, in the fs pulses laser illumination, a nanometric polymer shell is generated only around each NPs. In conclusion, by addressing the laser regime in a specific way, it is possible to generate nanometric to almost millimetric polymer through thermoplasmonics, opening new pathway for grafting thermoresponsive materials at different scale.

Acknowledgements

This work was partly carried out at the IPCMS-Ultrafast user facility funded by PEPR LUMA (reference ANR-22-EXLU-0002).

References

- (1) A. Khitous *et al.*, JPCC, 2024
- (2) C. Molinaro *et al.*, ACS Appl. Polym. Mater., **2024**

^{*}Intervenant

Nanomaterials for spontaneous emission rate enhancement evidenced at single molecule level with nanometer resolution

Margoth Córdova-Castro ^{* 1}, Clément Cabriel ², Dirk Jonker ³, Mario Zapata-Herrera ⁴, Alexey Krasavin ⁵, Arturo Susarrey-Arce ³, Yannick De Wilde ², Anatoly Zayats ⁵, Robert Boyd ⁶, Ignacio Izeddin ², Valentina Krachmalnicoff ²

¹ Department of Physics, university of Ottawa – Canada

² Institut Langevin, ESPCI Paris – ESPCI Paris, PSL Research University – France

³ University of Twente – Pays-Bas

⁴ Donostia International Physics Center (DIPC) – Espagne

⁵ King’s College London – Royaume-Uni

⁶ Department of Physics, university of Ottawa – Canada

Understanding how to control the spontaneous emission of light, which determines how likely, how quickly, and where an excited emitter will release a photon, is a necessary part for new or advancing existing quantum technologies. The efficiency of a single-photon source can be significantly increased at room temperature by engineering the surrounding material/electromagnetic environment. The rate (Γ) at which an emitter can convert its excited-state energy into a photon increases as more photonic states are available to radiate into, Purcell-enhanced nanophotonic platforms have been used to demonstrate photon-efficient detection and control of quantum emitters, qubits, and quantum sensors. Yet, challenges in reproducibility and scalability persist. We present different material platforms to enhance single emitter rate emission sources at room temperature demonstrating lifetime variations from ns to picosecond, observed at the single molecule and nanometer resolution. We implemented a new hollow plasmonic metamaterial which can be fabricated on a large area with a wafer-scale (15cm²) fabrication method by sputter redeposition on a hybrid mask. The plasmonic resonances of metamaterials based on Au hollow truncated nanocones arrays give rise to high field enhancement. It behaves as a metamaterial in the near-IR and supports rich optical properties with angular illumination dependence and tunable dipolar and quadrupolar plasmonic resonances from visible to near-IR spectral range. As also demonstrate as well at the single molecule level the spontaneous emission enhancement along a carefully engineered Hyperbolic Metamaterials (HMMs), previously oven to be highly efficient for a variety of sensing and nonlinear applications. Their optical properties can be described by an effective anisotropic permittivity tensor which can have real part of the diagonal components of opposite signs. In contrast to isotropic or anisotropic metamaterials operating in the elliptic regime of dispersion, hyperbolic metamaterials exhibit spectrally separated elliptical, Epsilon-Near-Zero (ENZ) and hyperbolic regimes. The resulting extremely rich mode structure, including quasi-localized, slow-light and hybridized modes offers unique opportunities for local density of photonic states engineering.

*Intervenant

Tamm plasmon light emitting diodes

Maël Laupretre ^{*} ¹, Clémentine Symonds ², Jean-Michel Benoit ², François Bessueille ³, Aristide Lemaitre ⁴, Joel Bellessa ²

¹ Institut Lumière Matière – CNRS : UMR5306, Université Claude Bernard - Lyon I (UCBL), CNRS – France

² Institut Lumière Matière – CNRS : UMR5306, Université Claude Bernard - Lyon I (UCBL), CNRS – France

³ University of Lyon, Institute of Analytical Sciences, UMR-CNRS – University of Lyon, Institute of Analytical Sciences, UMR-CNRS – France

⁴ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N) – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

We present the use of Tamm plasmons in the development of lasers and light-emitting diodes. Tamm plasmon modes are surface-confined optical modes that emerge at the interface between a metallic layer and a Bragg mirror, exhibiting characteristics intermediate between cavity modes and traditional surface plasmons (1). Their key advantage lies in their surface localization, which allows integration into various source geometries, from simple disk-shaped structures (2) to more complex metallic metasurfaces (3). Due to the proximity of the field maximum to the surface, the micro- and nano-patterning of the metal can be used to tailor source properties such as emission directionality and polarization (4). Initial demonstrations of Tamm-based sources employed optical pumping. However, for practical applications, electrical excitation is essential. Because the Tamm mode's electric field is concentrated near the surface, device fabrication must follow specific processes to preserve emission efficiency. In this context, we describe a dedicated fabrication approach for Ag/GaAs Tamm emitters. For Tamm structures with a 5 μm diameter, the diode emission reveals mode confinement and energy discretization (5). Observing electroluminescence from Tamm structures marks a significant step toward leveraging these modes in novel optoelectronic devices.

References:

(1) M. Kaliteevski, I. Iorsh, S. Brand, R.A. Abram, J.M. Chamberlain, A. Kavokin and I.A. Shelykh. *Phys. Rev. B* **76**, 165415 (2007).

(2) C. Symonds, G. Lheureux, J.P. Hugonin, J.J. Greffet, J. Laverdant, G. Brucoli, A. Lemaitre, P. Senellart and J. Bellessa. *Nano Lett.* **13**, 3179 (2013).

(3) S. Azzini, G. Lheureux, C. Symonds, J.M. Benoit, P. Senellart, A. Lemaitre, J.J. Greffet, C. Blanchard, C. Sauvan and J. Bellessa. *ACS Photon.* **3**, 1776 (2016).

(4) L. Ferrier L., H.S. Nguyen, C. Jamois, L. Berguiga, C. Symonds, J. Bellessa, T. Benyattou, *APL Photonics*, **4**, 106101 (2019)

(5) C. Symonds, V. Toanen, A. Gassenq, J.-M. Benoit, A. Pereira, E. Cleyet-Merle, R. Fulcrand,

^{*}Intervenant

F. Bessueille, S. Minot, M. Morassi, A. Lemaitre, J. Bellessa, Appl. Phys. Lett., 122, 261105 (2023)

Enhancing and controlling the emission of a colloidal CdSe/CdS/CdZnS NCs assembly by a gold layer

Hien Phan ^{*} ¹, Guillaume Quibeuft ¹, Thomas Pons ², Nicolas Lequeux ²,
Aymeric Delteil ¹, Jean-Pierre Hermier ¹, Stéphanie Buil ¹

¹ Groupe d'Etude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre National de la Recherche Scientifique, UMR8635 – France

² Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux (UMR 8213) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Core-shell semiconductor nanocrystals (NCs) are valued for their tunable optical properties but face blinking and photooxidation. Encapsulation of a NC assembly into silica and gold shells can improve stability and emission. Here, we show that such superparticles (SPs) with a diameter around 300 nm consisting in an assembly of CdSe/CdS/CdZnS (with a diameter of 8 nm and a peak emission at 645 nm) can be arranged into structures like lines or heptamers using an AFM tip. They are then coated with a gold layer (40 nm thickness) to simultaneously enhance their fluorescence and control the radiation pattern and the polarization. The 40 nm gold coating produced by sputtering reduces optical losses with respect to chemical synthesis (1). The optical properties are studied at both 300 K and 4 K using a confocal microscope. Time-resolved experiments, performed with a pulsed laser diode, a Hanbury Brown and Twiss setup, allow for measuring photon statistics and photoluminescence lifetime. Using a time-resolved method to analyze the intensity autocorrelation function $g(2)(\tau)$ (2), we demonstrate that the emission exhibits a 10 % bunching effect corresponding to collective effects.

By adding a polarizer to the detection channel, we show that, for a line, the linear polarization reaches 80 %, the polarization being aligned with the long axis of the line. In the case of an heptamer, the emission exhibits a circular polarization. These findings demonstrate that, while the emission of a single SP is unpolarized, shaping SPs into different geometries and plasmonic coupling enables the control over the polarization of their emission.

Next, using a back focal plane imaging setup, we analyze the radiation pattern. For the line, we find that the emission resembles that of a linear bar shape as in the case of gold nanoparticles, the pattern being strongest along the direction of the line. For the heptamer, the symmetry of the structure results in a ring-like far-field pattern. Finite Difference Time Domain (FDTD) simulations validate these observations, showing very agreement with the experimental results.

(1) V. Blondot, Opt. Expr. 31, 4454 (2023)

(2) V. Blondot, Nanotechnology 35, 365001 (2024)

^{*}Intervenant

Lattice modes engineering based on bi-material arrays of metallic nanoparticles

Manon Dewynter ¹, Ali Sraj ¹, Julien Loze ¹, Jérémie Beal ¹, Pascal Cheng ², Kartikey Pandey ², Alexandre Chevillot ², Nordin Felidj ², Anne-Laure Baudrion ^{* 1}

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Interfaces, Traitements, Organisation et Dynamique des Systèmes – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

When the metallic nanoparticles are organized as arrays, one can observe a diffraction phenomenon which makes it possible to couple all the nanoparticles together and to reduce the damping of their LSPR. This collective resonance, called Surface Lattice Resonance (SLR), takes place when the LSPR is coupled to an in-plane (grazing) diffraction order(1). This sharp resonance is very interesting for many applications like emission enhancement in LEDs or in biomedical imaging. However, if the metasurface is based on one metallic material, the spectral range of its optical response is limited.

By means of numerical simulations and extinction measurements, we studied the spectral response and more precisely the lattice modes supported by gold (Au), aluminum (Al) and quincunx gold-aluminum (Au-Al) gratings in the visible range. The goal is to understand the role plays by gold and aluminum nanoparticles (NPs) in bi-material arrays, how they contribute to the coupling between Localized Surface Plasmon Resonances and Rayleigh Anomalies to form Surface Lattice Resonances. Finally, the work delves into fundamental mechanisms governing the optical behavior of plasmonic bi-material NPs arrays, with a specific emphasis on their application to fluorescence enhancement applications.

(1) Vasil G. Kravets, Andrei V. Kabashin, William L. Barnes, and Alexander N. Grigorenko, Plasmonic Surface Lattice Resonances: A Review of Properties and Applications, *Chem. Rev.*, 118, 5912–5951 (2018).

^{*}Intervenant

From Symmetry to Chirality: Near-Field Imaging of Achiral Gold Nanotriangles using Linear polarization

Minyu Chen ^{*} ^{1,2}, Thinhinane Aoudjit ¹, Baozhong Deng ², Yuqing Zhao ¹, Ali Issa ¹, Sylvie Marguet ³, Gerard Davy ¹, Lucas Vázquez Besteiro ⁴, Safi Jradi ¹, Tao Xu ², Bin Wei ², Alexander Govorov ⁵, Renaud Bachelot ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Shanghai University – Chine

³ Nanosciences et Innovation pour les Matériaux, la Biomédecine et l'Énergie (ex SIS2M) (NIMBE) – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91190 Gif sur Yvette, France

⁴ Centro de Investigación en Nanomateriais e Biomedicina – Espagne

⁵ Ohio University – États-Unis

Chirality plays a fundamental role in light-matter interactions and is traditionally explored through the coupling of chiral structures with circularly polarized light. While optical chirality is often studied in the far-field regime, recent advances have revealed that achiral gold nanotriangles with C_{3v} symmetry can exhibit chiral near-field distributions when excited by linearly polarized light. This emergent chirality arises not from structural asymmetry, but from the anisotropic plasmonic response induced by the excitation polarization.

To directly visualize and structurally characterize these near-field chiral patterns, we employ near-field-assisted two-photon polymerization, which converts the optical field distribution into nanoscale polymer features with chiral characteristics. This approach enables high-resolution mapping of polarization-induced field asymmetries.

We further conduct a systematic, wavelength-dependent investigation of the chiral near-fields under both resonant and off-resonant conditions, revealing strong spectral dependence and field localization behavior. These findings challenge the conventional assumption that chiral optical effects require geometrically chiral nanostructures and instead highlight the critical role of symmetry breaking via excitation polarization.

Our study opens new avenues for engineering optical chirality in symmetric nanostructures, with promising implications for chiral sensing, enantioselective photochemistry, and the development of next-generation nanophotonic devices.

^{*}Intervenant

Polymerization of Diazonium Salts as a Probe for Heat and Hot Electron Generation in Gold Nanoparticles

Liudmila Trotsiuk ^{* 1}, Artur Movsesyan ², Davy Gerard ³, Sylvie Marguet ⁴, Anne-Laure Baudrion ⁵, Yun Luo ⁶, Claire Mangeney ⁶, Nordin Felidj ⁷, Pierre-Michel Adam ⁸, Alexander Govorov ⁹, Renaud Bachelot ⁵

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, CNRS UMR7076 – France

² University of Electronic Science and Technology of China [Chengdu] – Chine

³ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, CNRS UMR7076 – France

⁴ Nanosciences et Innovation pour les Matériaux, la Biomédecine et l'Énergie (ex SIS2M) (NIMBE) – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91190 Gif sur Yvette, France

⁵ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, CNRS UMR7076 – France

⁶ Laboratoire de Chimie et de Biochimie Pharmacologiques et Toxicologiques – Institut de Chimie du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8601, Université Paris Cité : UMR8601, Institut de Chimie du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

⁷ Interfaces, Traitements, Organisation et Dynamique des Systèmes – Université de Paris Cité, CNRS – France

⁸ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, CNRS UMR7076 – France

⁹ Ohio University – États-Unis

Gold nanoparticles have a great potential to revolutionize the chemical industry by boosting chemical reactions and thereby reducing both energy consumption and the cost of chemical processes. They can lower the activation barrier, increase reaction rate and yield. Upon illumination, gold nanoparticles undergo a cascade of processes, beginning with the excitation of localized surface plasmon resonance, followed by the generation of non-thermalized ("hot") carriers, and resulting in heat dissipation into the environment. Each of these processes can contribute to catalytic activity. However, these events occur on very short timescales, from fs to ns, that are difficult to distinguish under continuous-wave (CW) excitation. This overlap leads to non-selective catalytic behavior and promotion of side reactions. Therefore, much attention is paid to controlling these effects to create conditions for the dominance of one or the other. In this study, we used diazonium molecules, which polymerize on the surface of gold nanocubes, as a probe to investigate hot electron and heat generation under both CW and fs pulsed excitation. This polymerization can be driven by either electron transfer or thermal effects. We expected that these distinct processes would result in different polymerization patterns. Since

*Intervenant

hot electrons are localized at the corners of gold nanocubes, while heat is expected to be uniformly distributed across the nanoparticle surface. Our results show that CW excitation of the quadrupole plasmon mode leads to polymer growth localized at the nanocube corners that indicates a hot electron-driven process. In contrast, the excitation of the dipole mode show behavior of a heat-induced process. Interestingly, fs-pulsed excitation of the dipole mode produced localized polymerization at plasmonic hotspots. Theoretical simulations suggest that this growth can be attributed to ultrafast temperature effects, which may momentarily localize thermal energy before it dissipates.

Plasmon-induced regioselective immobilization of colloidal gold particles on lithographic disks

Nordin Felidj ^{* 1}, Claire Mangeney ¹, Mathias Dolci ¹, Stéphanie Lau-Truong ¹, Leïla Boubekur-Lecaque ¹, Jean Aubard ¹, Sarra Gam-derouich ¹, Pascal Cheng ², Yun Luo ¹, Alexandre Chevillot ²

¹ Université Paris-Cité – Université Paris Cité, Université Paris Cité, Université Paris-Cité – France

² Interfaces, Traitements, Organisation et Dynamique des Systèmes – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

In this study, we present a novel approach that combines diazonium salt chemistry with plasmonic properties of gold nanoparticles to achieve regioselective immobilization of colloidal gold nanoparticles precisely at regions of high field enhancement created by plasmon excitation. Our process begins with the fabrication of well-ordered arrays of gold nanostructures via electron beam lithography. Next, we take advantage of plasmon excitation to selectively graft aryl films derived from 4-(aminomethyl)-benzene-diazonium-tetrafluoroborate, resulting in the aryl film being concentrated in regions of intensified electromagnetic fields of the lithographed nanostructures (see figure 1a) (1,2). Since these aryl films are positively charged in water medium, we complete the process by anchoring negatively charged gold colloidal particles, serving as model emitters, specifically to the areas coated with the aryl layer (see figure 1b). This approach allows precise placement of negatively charged particles at plasmonic hot spots, paving the way for enhanced light emission that benefit from controlled nanoparticle positioning, particularly useful for applications in light-emitting devices, LEDs, and display technologies.

*Intervenant

Plasmonic nanoantenna optical trapping of a single colloidal quantum dot

Jerome Wenger ^{*} ¹, Quanbo Jiang ², Jean-Benoit Claude ¹

¹ Institut FRESNEL – Aix Marseille Université, Ecole Centrale de Marseille, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : EMR7004 / ERL7004, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7076 – France

Optical nanoantennas can enhance the emission properties of single quantum emitters, but this approach requires accurate nanoscale positioning of the source at the plasmonic hotspot. Here, we use plasmonic nanoantennas to simultaneously trap single colloidal quantum dots and enhance their photoluminescence (1). The nano-optical trapping automatically locates the quantum emitter at the nanoantenna hotspot without further processing.

Our dedicated nanoantenna design achieves a high trap stiffness of 0.6 fN/nm/mW for quantum dot trapping, together with a relatively low trapping power. Our stiffness values benefit from the recent characterization of the role of the surfactant and the thermophoretic force in plasmonic trapping (2). 2 mM sodium dodecyl sulfate (SDS) surfactant ensures that the carboxylate-modified QD display a thermophilic behavior. These conditions correspond to the situation where the thermophoretic effect strengthens the trap potential and further eases the trapping of nanoscale objects. Incidentally, this approach requires the characterization of the temperature elevation close to a plasmonic nanoantenna, which is performed using a recently developed fluorescence-based approach (3,4).

The emission from the nanoantenna-trapped single quantum dot shows 7× increased brightness, 50× reduced blinking, 2× shortened lifetime and a clear antibunching below 0.5 demonstrating true single photon emission. Combining nano-optical tweezers with plasmonic enhancement is a promising route for quantum technologies and spectroscopy of single nano-objects. References

(1) Q. Jiang, P. Roy, J.-B. Claude, J. Wenger, Single Photon Source from a Nanoantenna-Trapped Single Quantum Dot, *Nano Lett.* 21, 7030 – 7036 (2021).

(2) Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, G. Baffou, and J. Wenger, Quantifying the Role of the Surfactant and the Thermophoretic Force in Plasmonic Nano-optical Trapping, *Nano Lett.* 20, 8811–8817 (2020).

(3) Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, G. Baffou, J. Wenger, Temperature Measurement in Plasmonic Nanoapertures Used for Optical Trapping, *ACS Photonics* 6, 1763-1773 (2019).

(4) Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, A. Moreau, J. Lumeau, G. Baffou, J. Wenger, Adhesion layer influence on controlling the local temperature in plasmonic gold nanoholes, *Nanoscale* 12, 2524-2531 (2020).

^{*}Intervenant

Multi-timescale dynamics of plasmonic nanocomposite thin films under high-repetition-rate femtosecond laser-induced transformation

Balint Eles ¹, Paul Rouquette ², Claude Amra ², Yaya Lefkir ¹, Christophe Hubert ¹, Myriam Zerrad ², Nathalie Destouches ^{* 1,3}

¹ Univ Lyon, UJM-Saint-Etienne, Laboratoire Hubert Curien – Univ Lyon, UJM-Saint-Etienne, Laboratoire Hubert Curien – France

² Institut FRESNEL – Aix Marseille Université, Ecole Centrale de Marseille, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Institut Universitaire de France – Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

Understanding laser-induced transformations in plasmonic nanomaterials opens the way to a better control of their properties and more efficient developments of applications. This study investigates the multi-timescale dynamics of plasmonic nanocomposite thin films, comprising silver nanoislands encapsulated in ultrathin TiO₂ layers, exposed to high-repetition-rate femtosecond laser pulses in a regime of irreversible transformation. Using a high-repetition-rate sub-ps pump-probe microscopy setup with phase measurement capability, we reveal how ultrafast electron heating, diffusion-limited processes, and thermal accumulation drive material reshaping across successive pulses. Simultaneously, polarized transmission monitoring combined with thermal modeling and mode effective index calculations unveils different self-organization phenomena, where distinct embedded periodic structures emerge as a function of pulse number and laser-induced temperature. Across both investigations, the interplay between structural transformation and plasmonic properties highlights the critical role of cumulative heating and material resonance conditions. Together, these results provide a comprehensive insight into the fundamental mechanisms underpinning irreversible laser-induced modifications in plasmonic materials, offering new strategies for the tailored design of functional nanostructures.

*Intervenant

Infrared plasmon resonances of doped Si Nanocrystals by Spectroscopic Ellipsometry

Kevin Dawson Ango Nsa ^{*} ^{1,2}, Aotmane En Naciri ³, Yann Battie ³, Hervé Rinnert ⁴, Michel Vergnat ⁵, Laurent Broch ¹, Montassar Billeh Bouzouraa ¹, Clavel Berclis Kengne Choumele ², Mathieu Stoffel ², Xavier Devaux ⁶

¹ Laboratoire de Chimie et Physique - Approche Multi-échelle des Milieux Complexes – Université de Lorraine, Université de Lorraine : EA4632 – France

² Institut Jean Lamour – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire de Chimie et Physique - Approche Multi-échelles des milieux Complexes (LCP-A2MC) – Université de Lorraine – 1 Bd Arago, 57070 Metz, France

⁴ Institut Jean Lamour : Matériaux -Métallurgie - Nanosciences - Plasma - Surfaces (IJL) – CNRS : UMR7198, Université Henri Poincaré - Nancy I, Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), Université Paul Verlaine - Metz – France

⁵ Institut Jean Lamour (IJL) – Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7198 – Institut Jean Lamour, Campus ARTEM, 2, allée André Guinier, BP 50840, 54000 NANCY Cedex, France

⁶ Institut Jean Lamour : Matériaux -Métallurgie - Nanosciences - Plasma - Surfaces (IJL) – CNRS : UMR7198, Université de Lorraine – France

Localized surface plasmon resonance corresponds to collective oscillations of free charge carriers (electrons and holes) confined in a nanoparticle under the effect of an electromagnetic field. Noble metals such as gold (Au) and silver (Ag) have attracted a great deal of interest thanks to their high charge-carrier concentration, which gives rise to localized surface plasmon resonance in the visible range. However, production costs, the incompatibility of these nanostructures with CMOS technology, and the desire to reach the infrared spectral range with nano-sized structures have led researchers to look at other alternatives. Silicon nanocrystals (Si-NCs) hyperdoped with phosphorus or boron proved to be ideal candidates to overcome the limitations of noble metal nanostructures. They offer interesting applications in a number of fields. The aim of this study is to evaluate the effect of doping concentration on the plasmonic response of phosphorus-hyperdoped silicon nanocrystals (Si-NCs:P) using ellipsometry over a wide spectral range from ultraviolet to far infrared (250 – 35000 nm). We show that ellipsometric measurements provide informations on the concentration and mobility of free charge carriers as well as plasmonic properties of silicon quantum dot.

^{*}Intervenant

Quantum dot emission under strong excitation: beyond the 2-level system

Damien Simonot ¹, Willy Daney De Marcillac ¹, Céline Roux-Byl ²,
Thomas Pons ², Martino Trassinelli ¹, Simon Huppert ¹, Agnès Maitre ^{* 1}

¹ Institut des Nanosciences de Paris – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche
Scientifique : UMR7588 – France

² Laboratoire de Physique et d'Etude des Matériaux (UMR 8213) – Ecole Supérieure de Physique et de
Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche
Scientifique – France

Under weak optical excitation, CdSe/CdS colloidal quantum dots are excellent sources of single photons at room temperature. Excited in the blue, emission starts from the fundamental transition. Its intensity grows linearly with exciting power and then saturates : each quantum dot can be likened to a two-level system. However with stronger excitation, the spectrum broadens, emission intensity varies non-linearly with excitation power, so that this single quantum dot can no longer be assimilated to a two-level system. Moreover when one single quantum dot is placed into a plasmonic cavity, like a patch antenna, we demonstrated that its absorption cross section increases by three orders of magnitude, making this non linear regime achievable at even lower excitation power.

In order to modelize the emission of these quantum dots, we started solving Schrödinger equation, taking into account the effects of carrier confinement, core and shell dimensions, and pressure at the core/shell interface. The spectrum thus calculated for a core-shell quantum box exhibits discrete lines. Due to their broadening, the spectrum remains discrete at lower energies and presents a continuum at higher energies. We used a statistical description of energy level occupancy: at thermodynamic equilibrium, the carrier population - electrons and holes - at each level can be described by a Fermi function, characterized by a chemical potential and a temperature T .

Given the large number of parameters, with cross correlations between them, a conventional fit was not appropriated. Therefore we explored the parameter space using a nested sampling algorithm, combined with Bayesian inference methods. We demonstrated a good accordance with experimental datas. We determined the most probable values of the physical parameters describing the quantum dot emission in the linear and non linear regimes of emission. We proved the relevance of Bayesian inference methods for analyzing complex problems involving a large number of correlated parameters, as spectroscopy of individual objects.

^{*}Intervenant

Organic Plasmonics, Plasmon-Induced Electrochemistry: where are we heading

Jean-Christophe Lacroix ^{*} ¹, Pierre Bleteau ¹, Sarra Gam Derouich ¹,
Fabien Miomandre ², Vitor Brasiliense ²

¹ Interfaces, Traitements, Organisation et Dynamique des Systèmes – Institut de Chimie du CNRS,
Université Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR 7086 – France

² Laboratoire de Photophysique et Photochimie Supramoléculaires et Macromoléculaires – CNRS :
UMR5831, PPSM ENS Paris-Saclay – France

Most plasmonic materials use metallic nanoparticles (NPs) of gold or silver. Plasmonic behaviors are also possible to achieve in several organic materials such as carbon dots or conductive polymers (CPs). Here, we report the synthesis of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) arrays of NPs well organized on a surface by the combined use of e-beam lithography and electropolymerization. The as-grown NPs show plasmonic behavior, with small variations in localized surface plasmon resonance (LSPR) between 1200 and 1300 nm related to the differences in their diameters (90 nm, 120 nm, and 150 nm). The properties of the arrays were chemically tuned by treatment with acetic acid to enhance their conductivity, leading to a tremendous 300 nm blue shift of their optical extinction. The PEDOT NP array after this secondary doping shows an unprecedented LSPR maximum at 960 nm, close to the visible range.

In the second part of this talk we will study if electrochemical reactions of classical redox probes in solution can be triggered by hot carriers via plasmon. To do so we use an SECM in the collector mode to analyze the variations of concentrations of species in solution near an irradiated plasmonic surface. By using a focalized laser on gold NPs, we can observe local changes of concentrations by switching the laser on and off. The study of two standard electrochemical reactions i.e. an outer sphere (ferrocinium-methanol/ferrocene-methanol) and an inner sphere electron transfer (ferricyanide/ferrocyanide) demonstrates that: (i) hot holes in these systems are more involved than hot electrons (ii) plasmon induced electrochemistry is observed only at very high laser fluence which suggests that the efficiency of plasmon induced electron transfer is quite inefficient

References:

(1) Bléteau, P., Gam-Derouich, S., Sun, X., & Lacroix, J. C. (2024). Organic plasmonics: PEDOT nanoparticles are getting closer to the visible range. *Journal of Materials Chemistry C*, 12(30), 11579-11585.

^{*}Intervenant

Infrared optical modulation using a vanadium dioxide-based meta-surface.

Thomas Ratier * ¹, Denis Flandre ¹

¹ UCLouvain – Belgique

Active meta-surfaces are among the candidates for optical switches and modulators in the communication band. Also, phase change materials (PCM) are being considered as one of the solutions for next-generation optical modulator. Then, combining the two offers a large range of application, for example (1), demonstrated a high efficiency reprogrammable phase-change meta-surface based on a PCM, Ge₂Sb₂Te₅ (GST).

Thus, we proposed the use vanadium dioxide for optical modulation. Vanadium dioxide (VO₂) is a phase change material (PCM) that undergoes a transition from an insulating to a metallic state at about 70 °C. We have then developed and simulated using COMSOL Multiphysics a metal-insulator-VO₂-insulator-metal (MI-PCM-IM) meta-surface that exhibits localized absorbance peaks in the IR range, especially in the optical communication wavelength. The suggested modulator is characterized regarding the geometrical parameters, and its behaviour with e.g. temperature is studied. We therefore demonstrate its capability of tuning its resonating wavelength depending on the VO₂ phase, making it a promising path for active optical modulation applications.

Reference:

(1) Abdollahramezani, S.; Hemmatyar, O.; Taghinejad, M.; Taghinejad, H.; Krasnok, A.; Eftekhari, A. A.; Teichrib, C.; Deshmukh, S.; El-Sayed, M. A.; Pop, E.; Wuttig, M.; Alù, A.; Cai, W.; Adibi, A. Electrically Driven Reprogrammable Phase-Change Metasurface Reaching 80% Efficiency. *Nat Commun* **2022**, *13* (1), 1696. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29374-6>.

*Intervenant

Infrared optical modulation using a vanadium dioxide-based meta-surface.

Thomas Ratier * ¹, Denis Flandre *

1

¹ UCLouvain – Belgique

Active meta-surfaces are among the candidates for optical switches and modulators in the communication band. Also, phase change materials (PCM) are being considered as one of the solutions for next-generation optical modulator. Then, combining the two offers a large range of application, for example (1), demonstrated a high efficiency reprogrammable phase-change meta-surface based on a PCM, Ge₂Sb₂Te₅ (GST).

Thus, we proposed the use vanadium dioxide for optical modulation. Vanadium dioxide (VO₂) is a phase change material (PCM) that undergoes a transition from an insulating to a metallic state at about 70 °C. We have then developed and simulated using COMSOL Multiphysics a metal-insulator-VO₂-insulator-metal (MI-PCM-IM) meta-surface that exhibits localized absorbance peaks in the IR range, especially in the optical communication wavelength. The suggested modulator is characterized regarding the geometrical parameters, and its behaviour with e.g. temperature is studied. We therefore demonstrate its capability of tuning its resonating wavelength depending on the VO₂ phase, making it a promising path for active optical modulation applications.

Reference:

(1) Abdollahramezani, S.; Hemmatyar, O.; Taghinejad, M.; Taghinejad, H.; Krasnok, A.; Eftekhari, A. A.; Teichrib, C.; Deshmukh, S.; El-Sayed, M. A.; Pop, E.; Wuttig, M.; Alù, A.; Cai, W.; Adibi, A. Electrically Driven Reprogrammable Phase-Change Metasurface Reaching 80% Efficiency. *Nat Commun* **2022**, *13* (1), 1696. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29374-6>.

*Intervenant

MC05 : Matériaux grands gaps et applications

Investigating the blistering mechanisms of β -Ga₂O₃ under light ion implantation

Adrien Roth ^{*} ¹, Guillaume Gelineau ¹, Lucas Colonel ¹, Frédéric Mazen ¹,
Chloé Tremblais ¹, Nicolas Troutot ¹, David Eon ², Julie Widiez ¹

¹ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) - Grenoble – CEA-Leti, Univ. Grenoble Alpes, F-38000 Grenoble, France – France

² Institut Néel – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Centre National de la Recherche Scientifique : UPR2940, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France

The current energy transition is accelerating the electrification of uses. It is estimated that 30% of the global electricity undergoes a conversion through power electronic devices. Improving the energy efficiency of these devices is therefore crucial. SiC and GaN wide bandgap semiconductors are already being used to meet this challenge. However, their bulk crystal growth processes are expensive and energy-intensive. This is where β -Ga₂O₃ stands out. In addition to having a wide bandgap (4.8 eV) and a high breakdown field (8 MV/cm), it can be manufactured by liquid phase crystal growth, which is more energy-efficient and cost-effective than the growth of other wide bandgap materials. However, Ga₂O₃-based power devices suffer poor thermal management capabilities, due to the very low thermal conductivity (0.15 W/cm/K) of this material, preventing this technology from being widely adopted in the industry.

To address this issue, we study the transfer of a thin layer of β -Ga₂O₃ onto a high thermal conductivity substrate, such as Si or SiC. The transfer is based on the Smart Cut™ technology, which involves implanting the β -Ga₂O₃ substrate with light ions (H⁺ or He⁺) to create defects near the surface, bonding it to the receiver substrate, and then annealing. During annealing, gas blisters form at the defects and propagate a crack leading to the transfer of a thin layer of material.

In this study, we characterized the initial (001)-oriented β -Ga₂O₃ substrates, notably highlighting line-shaped defects oriented along the (010) axis. Then, several ion implantation conditions were explored (He⁺ and H⁺ at different fluence values) to achieve the blistering of β -Ga₂O₃. The presence of blisters upon ion implantation and annealing on a free surface confirms the possibility of material transfer if bonded on a receiver substrate.

At this stage, He⁺ implantation seems to indicate better results with the presence of larger and exfoliated bubbles. Additional studies on implantation conditions are ongoing in order to evaluate the impact on the crystalline quality of the Ga₂O₃ thin film after layer transfer. These preliminary studies will enable the fabrication of β -Ga₂O₃/ β -Ga₂O₃ homostructure and β -Ga₂O₃/Si and β -Ga₂O₃/SiC heterostructures in the near future.

^{*}Intervenant

Refractive index evolution of 4H silicon carbide nanostructured surface with high temperature annealing

Elise Usureau ^{*} ¹, Mihai Lazar ^{*}

², Ahmed Charef Kazi Tani ³

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : EMR7004 / ERL7004, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7076 – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : EMR7004 / ERL7004 – France

³ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Silicon carbide (SiC) is a wide bandgap semiconductor with applications in power electronics due to its high thermal resistance, chemical stability and high critical electrical field. Moreover, SiC is also more and more studied for its applications in optoelectronics and nanophotonics. Recently, we investigated to improve the extraction of light in 4H-SiC by changing the nanostructure of the SiC surface with the help of high temperature annealing by controlling the sublimation of Si in surface. The objective was to increase the surface roughness of 4H-SiC. Therefore, the reflection of the emitted light within the material decreased and the transmission through the SiC surface improved.

4H-SiC n-doped off-axis wafer was encapsulated with AZ9260 pyrolyzed photoresist to create a C-cap protection that prevent silicon to sublimate and modify the wafer surface. Small areas were unprotected by removing the C-cap with oxygen dry etching (RIE PLASSYS).

High temperature annealing process of 30 min plateau at different temperatures occurred then from 1500°C to 1700°C with a dedicated 6" RTP AET furnace with graphite resistors.

Before and after each annealing the samples have been analyzed by J.A. Woollam M-2000X(I) Ellipsometer with variable angle (60°, 65° and 70°), UV μ Raman Spectroscopy in back-scattering geometry with LabRAM HR Evolution from Jobin Yvon Technology and Bruker Dimension Icon AFM.

The mass transport during Si sublimation at high annealing temperatures drives into a needle-shaped surface that can be named as a nanostructured surface. The roughness of the zones which are not protected by the photoresist during annealing tends to increase with the annealing temperature. This evolution has been compared to the refractive index evaluated via the Woollam Ellipsometer and Raman measurements.

^{*}Intervenant

Color Centers in SiC: Characterization using Cathodoluminescence at Low Temperature

Rupesh Dinesh Mandal ^{*} ¹, Nicolas Bercu ^{2,3}, Enora Vuillermet ^{4,3}, Mihai Lazar ^{4,3}

¹ Université de Technologie de Troyes – Light, Nanomaterials, Nanotechnologies (L2n) – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Reims Champagne-Ardenne, France – France

³ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : EMR7004 / ERL7004 – France

Silicon carbide (SiC) is a wide bandgap semiconductor that has gained significant attention due to its exceptional electrical, thermal, mechanical, and optical properties. These characteristics make it a highly suitable material for high-power, high-frequency, and high-temperature electronic devices. Beyond conventional electronics, Silicon carbide (SiC), is increasingly recognized for its potential in quantum technologies due to its ability to host optically active point defects - known as color centers - One promising application is the development of visible to near-infrared single-photon sources (SPS) using color centers like silicon vacancies (VSi) in the 4H-SiC polytype. Recent studies suggest that identifying different types of defects and modifying the surface with nanostructures can enhance the light collection efficiency of SPS. In this study, we aim to identify and characterize such defects using cathodoluminescence (CL) spectroscopy coupled with scanning electron microscopy (SEM) at 80 K, allowing high-resolution detection of zero-phonon lines (ZPLs). Our measurements revealed distinct luminescence peaks at 868 nm, 874 nm, and 922 nm, corresponding to the V1', V1, and V2 configurations of silicon vacancies, respectively, consistent with previously reported theoretical and experimental studies. These findings confirm the presence of optically active VSi centers in 4H-SiC, exhibiting properties suitable for single-photon emission. This work contributes to the growing research effort toward quantum nanophotonics.

Keywords: silicon vacancies; 4H-SiC; cathodoluminescence; single photon source.

^{*}Intervenant

Characterization of β -Ga₂O₃ and device fabrication

Enora Vuillermet ^{*} ¹, Changzi Lu ^{*}

^{1,2}, Camille Sonnevile ¹, Pierre Brosselard ¹, Jean-Marie Bluet ²,
Dominique Planson ¹

¹ Laboratoire Ampère – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon, Université Claude Bernard-Lyon I - UCBL (FRANCE), Ecole Centrale de Lyon – France

² Institut des Nanotechnologies de Lyon – Ecole Centrale de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, École supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon : UMR5270 – France

Monoclinic β -Ga₂O₃ is an ultra-wide bandgap (UWBG) semiconductor ($E_g \sim 4.5$ eV) with great physical properties, including a high breakdown field (up to 8 MV/cm) (1), a short absorption edge, and excellent chemical/thermal stability. These characteristics, as well as the recent progress in single-crystal substrate growth of this material, have raised interest in gallium oxide for high-voltage and low-loss power electronics, as a complement or potential alternative to wide-bandgap semiconductors such as silicon carbide (SiC) and gallium nitride (GaN). Over the last decade, many studies have focused on optimizing the doping of β -Ga₂O₃ for power device applications. Although highly doped n-type thin films can be obtained by incorporating Si or Sn into the crystal lattice (2), reliable and controlled p-type doping still needs further improvement (1). Instead, semi-insulating β -Ga₂O₃ can be achieved by introducing deep acceptors such as Fe, Mg, or Zn in the material (3,4). However, the effects of dopant incorporation on the crystallinity and mechanical stress of gallium oxide are still not fully understood. The identification of defects, such as dislocations, impurities, or point defects in β -Ga₂O₃, is also still a subject of discussion in recent publications (5,6).

The first objective of this work is to use μ -Raman spectroscopy to better understand the impact of doping on β -Ga₂O₃. Raman spectra of substrates unintentionally doped (UID) or doped with Sn or Fe are analyzed. To take into account the anisotropy of β -Ga₂O₃, different substrate orientations are also characterized. We also compare the Raman spectra of homoepitaxial and heteroepitaxial thin films, grown on (001) β -Ga₂O₃ and sapphire, respectively. The second objective is to optimize fabrication processes of β -Ga₂O₃ devices, including plasma etching and the development of ohmic and Schottky contact structures, with the objective of fabricating a Schottky diode.

1. Higashiwaki, M. *AAPPS Bull.* **2022**, *32*, 3.

^{*}Intervenant

2. Tadjer, M.J.; et al. *J. Phys. Appl. Phys.* **2020**, *53*, 504002.
3. Zhang, N.; et al. *J. Mater. Sci.* **2021**, *56*, 13178–13189.
4. Su, Y.; et al. *Alloys Compd.* **2019**, *782*, 299–303.
5. Remple, C.; et al. *AIP Adv.* **2021**, *11*, 105006.
6. Shokri, A.; et al. *ACS Omega* **2023**, *8*, 43732–43738.

Réduction des contraintes dans les films de diamant CVD pour applications quantiques par ingénierie du substrat et traitement de surface

Roumli Nourzat ^{* 1,2}, Léonard Desvignes ², Riadh Issaoui ², Ovidiu Brinza ¹, Paul De Boiry ², Alexandre Tallaire ³, Fabien Benedic ¹, Jocelyn Achard ¹

¹ Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux – Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Sorbonne Paris nord – France

² HiQuTe Diamond – HiQuTe Diamond – France

³ Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris - Chimie ParisTech-PSL – Université Paris sciences et lettres – France

Le développement de films de diamant de haute qualité par dépôt chimique en phase vapeur (CVD) suscite un intérêt croissant pour les technologies quantiques, spintronique et les capteurs avancés. Un défi clé reste la réduction des contraintes internes dans les couches de diamant, en particulier dans les films dopés à l'azote pour lesquels le stress influe directement sur le temps de cohérence du spin (T_2^*), paramètre déterminant pour les performances quantiques.

Afin de réduire les contraintes mécaniques résiduelles et d'améliorer la qualité des films de diamant monocristallin, nous avons privilégié l'ingénierie du substrat et les traitements de surface associés. Des études antérieures ont démontré que la mise en forme du substrat, par exemple la formation de micro-trous, permettait de réduire, après recroissance, significativement la densité de dislocations (1), tandis que la structuration du substrat en formes pyramidales modifie la dynamique de croissance et la formation de défauts (2). Cette ingénierie du substrat agit clairement sur la répartition du stress dans le film. À partir de ces approches, nous avons mis en œuvre une combinaison de mises en forme des substrats, suivie d'une gravure chimique (eau-régale, plasma H_2/O_2) et d'un polissage.

Ces étapes ont précédé une croissance CVD dopée à l'azote dans des conditions optimisées avec pour objectif d'améliorer significativement le T_2^* , offrant ainsi des perspectives prometteuses pour les dispositifs diamant pour les technologies quantiques, l'électronique et la détection de rayonnement. Cette étude vise également à souligner le rôle crucial de la conception du substrat dans l'optimisation des performances des matériaux à base de diamant synthétique.

References

- (1) A. Tallaire, O. Brinza, V. Mille, L. William, J. Achard, *Adv. Mater.* 2017, 29,1604823.
- (2) A. Tallaire, Jocelyn Achard, Ovidiu Brinza, Vianney Mille, Mehdi Naamoun, François Silva, Alix Gicquel, *Diamond and Related Material, Volume 33, 2013*.

*Intervenant

Fabrication de réseaux de nanopiliers sur des membranes de diamant de qualité quantique

Thiziri Ben Yahia * ¹, Avishek Ghosh ¹, Vianney Mille ¹, Walid Mnasri ¹,
Aboulaye Traoré ¹, Ovidiu Brinza ¹, Fabien Benedic ¹, Jocelyn Achard ¹

¹ Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Sorbonne Paris nord – France

Les progrès récents dans la synthèse de diamant monocristallin par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma micro-ondes, associés à des traitements post-croissance, permettent désormais la fabrication de films de diamant de qualité quantique, présentant une densité contrôlée de centres NV, allant de quelques ppb à plusieurs ppm (1). Ces matériaux possèdent d'excellentes propriétés de spin, permettant le développement de capteurs quantiques fonctionnant à température ambiante. Cependant, au-delà du contrôle de la qualité quantique du diamant, de nombreux défis résident encore dans le développement des procédés de mise en forme de ce matériau à l'échelle micro- et nanométrique.

L'objectif de ce travail est de développer des membranes de diamant d'une épaisseur de quelques dizaines de μm , sur lesquelles seront fabriqués des réseaux de nanopiliers possédant des centres NV sur des zones de tailles millimétriques. Ces membranes nanostructurées seront utilisées pour explorer des solutions permettant de détecter l'activité neuronale à l'échelle submicrométrique. Dans cette application, le réseau de nanopiliers servira de support pour la croissance de branches neuronales qui s'étendront d'un pilier à l'autre (2).

Pour la réalisation de motifs sur les matériaux, la lithographie optique est bien connue mais limitée à une résolution micrométrique. La lithographie par faisceau d'électrons offre une résolution nanométrique, mais conduit à des temps de process longs sur de grandes surfaces (mm^2) et à l'apparition d'effets de charge sur le diamant. Dans ce papier, nous présenterons une technique de lithographie interférométrique qui offre l'avantage d'atteindre des résolutions proches d'une centaine de nm avec la possibilité de traiter des surfaces de plusieurs mm^2 et avec des temps de traitement court. Les résultats d'une insolation sélective de résine, suivie d'un procédé de gravure ICP-RIE, menant à l'obtention d'une forêt de nanopiliers seront présentés et caractérisés.

(1) Achard, J. et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2020.

(2) Losero, E. et al., *arXiv:2207.09903*, 2022.

*Intervenant

MOCVD growth of boron nitride and its applications

Suresh Sundaram * ^{1,2}, Vishnu Ottapilakkal ², Phuong Vuong ^{1,2}, Paul Voss ^{1,2}, Jean Paul Salvestrini ^{1,2}, Abdallah Ougazzaden ^{2,1}

¹ Georgia Institute of Technology, School of Electrical and Computer Engineering, – Georgia Institute of Technology (Georgia Tech) – France

² IRL 2958 Georgia Tech – CNRS, Georgia Tech Europe, Metz, School of Electrical & Computer Engineering, Georgia Tech Atlanta, USA – France

Wafer-scale growth of high quality two dimensional (2D) materials such as graphene, chalcogenides and h-BN by MOVPE with possible hetero-integration with existing conventional micro-electronic and optoelectronic device structures have recently attracted lots of interest. Especially, h-BN, a 2D wide bandgap nitride semiconductor has several advantages, one of them being that it can be grown in the same MOVPE reactor as other III- nitrides, leading to facile integration avoiding contamination and reproducibility issues. Here we report, exploration of MOVPE van der Waals epitaxial growth of h-BN. This material growth by MOVPE has been successfully scaled up to 6" diameter. Further, we present its salient features and recent results on its hetero-integration with III-nitride and their conventional devices. These growth exploration gives a very important insight on the possible commercialization of use of 2D materials in novel device structures, especially h-BN which will be discussed as a path forward to solve the critical issues in free standing/individually addressable, thin and flexible devices.

*Intervenant

Efficient Chemical Bath Deposition Growth of ZnO: Chemical Reaction Related Aspects.

Jash Salunke * ¹, Anisha Gokarna ¹, Gilles Lerondel ¹

¹ Université de Technologie de Troyes – Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n), Université de Technologie de Troyes – France

Abstract: Zinc oxide (ZnO) nanorods have emerged as important multifunctional materials with good structural, optical, and electronic properties that enable diverse technological applications. The aim of this work is to understand the factors that affect the efficient growth of ZnO nanorods in chemical bath deposition (CBD) technique and to improve its overall efficiency. The idea is to control the key reaction parameters in order to promote selective heterogeneous growth of ZnO nanorods on any substrate while minimizing unwanted homogeneous nucleation of micropods and other by-products in the solution(1).

In heterogeneous growth, ZnO nanorods nucleate and grow directly on the substrate surfaces (typically pre-seeded with ZnO or any other metal layer), producing well-aligned arrays with controlled morphology. This contrasts with homogeneous nucleation, which occurs randomly within the solution phase, resulting in micropod-like structures that deplete precursors and reduce the heterogeneous growth efficiency (2). In order to optimize Zn^{2+} availability and OH^- ion release dynamics to enable uniform, high-quality growth of longer nanorods, we plan to study effect of the precursor concentration, pH, and the shape of the reactor on the efficiency of the NRs growth. This study will be further supported by simulations.

Keywords: Zinc oxide, nanorods, chemical bath deposition, heterogeneous growth, homogeneous nucleation, reaction kinetics, low-cost synthesis.

References :

(1) Gokarna, A.; Parize, R.; Kadiri, H.; Nomenyo, K.; Patriarche, G.; Miska, P.; Lerondel, G. *Highly Crystalline Urchin-like Structures Made of Ultra-Thin Zinc Oxide Nanowires*. *RSC Adv.* 2014, 4 (88), 47234–47239. <https://doi.org/10.1039/C4RA06327A>.

(2) *Facile wafer scale ...* <https://doi.org/10.1039/D0NA00434K>

*Intervenant

Alternative MOS oxides for SiC technology

Razvan Pascu * ¹, Cosmin Romanitan ²

¹ National Institute for Research and Development in Microtechnologies – IMT Bucharest – Roumanie

² The National Institute for R&D in Microtechnologies (IMT), Bucharest, 077190 – Roumanie

The poor quality of the SiO₂/SiC interface makes the oxidation process challenging for many harsh environment applications. In this context, we propose an alternative technique to obtain a MOS oxide on SiC, achieved through a two-step process that involves a preliminary deposition of an amorphous silicon thin film followed by oxidation at a softening temperature of a grown SiO₂ on SiC (1100°C). The properties of the resulting oxide layers are significantly improved by our technological approach, which also guarantees cost-related benefits. This is primarily because there are fewer effective oxide charges, interface traps, and near-interface oxide traps. In contrast to the conventional oxidation of SiC, the thickness of the SiO₂/SiC interfacial layer, where these traps originate, is nearly three times smaller in the case of our proposed technique, less than 1 nm, according to the results of the X-Ray Reflectivity structural investigations. These findings are corroborated by the electrical measurements performed on the fabricated MOS capacitors, which reveal an astounding correlation: the overall interface trap density, D_{tot} , was reduced threefold in our proposed sample due to its three-times thinner interface layer. Moreover, the doping profile and the net charge density distribution in the depletion region, which ultimately control the stability of the SiC MOS devices, confirm that the estimated density of near interface oxide traps values for all the structures under investigation are between 10^{11} and 10^{13} cm⁻²eV⁻¹.

*Intervenant

Wide Bandgap Perovskites : Sustainable Transparent Conductors for Next-Generation Optoelectronics

Ilhem Elgargouri * ¹, Hind Kadiri ¹, Komla Nomenyo ¹, Akram Alhussein ²,
Rached Ben Hassen ³, Gilles Lerondel ¹

¹ Université de Technologie de Troyes – Light, Nanomaterials, Nanotechnologies (L2n) – France

² Université de Technologie de Troyes – ICD – LASMIS. Université de Technologie de Troyes. Antenne de Nogent – France

³ Tunis El Manar University [University of Tunis El Manar] – Tunisie

Transparent conductive oxides (TCOs) combine optical transparency and electrical conductivity, making them essential for optoelectronic applications. Indium tin oxide (ITO) is widely used but faces challenges due to indium scarcity, rising costs, and environmental concerns, necessitating sustainable alternatives.

Perovskite oxides, particularly SrSnO₃ (SSO), offer a promising solution due to their tunable properties, stability, and abundance. While pristine SSO is non-conductive, Sb-doped SrSnO₃ (SSSO) improves conductivity and transparency, making it a strong TCO candidate.

This work presents sustainable SSSO thin films grown on silicon and quartz using a modified sol-gel method, ensuring homogeneous, stable, and high-performance films via a low-cost approach. The films exhibit high single crystallinity with a cubic perovskite structure (lattice constant: 4.187 Å), good optical transmittance in the UV-visible range, and a wide bandgap of 4.04 eV. Different doping percentages were explored to optimize electrical and optical properties.

Diodes based on an n-SSSO/p-Si structure demonstrated superior performance compared to previous studies. The obtained devices exhibited excellent efficiency, particularly under LED white light, showcasing promising results for next-generation sustainable optoelectronic applications. These findings highlight the SSSO potential as an eco-friendly, cost-effective, and high-performance alternative to ITO.

*Intervenant

Films minces de ZnO par méthode Pechini : caractérisation et application en photocatalyse

Gaël Heysen * ¹, Mickael Gilliot ¹, Aomar Hadjadj ¹, Michaël Lejeune ²

¹ Matériaux et Ingénierie Mécanique – Université de Reims Champagne-Ardenne – France

² Laboratoire de Physique de la Matière Condensée - UR UPJV 2081 – Université de Picardie Jules Verne, Université de Picardie Jules Verne : UR2081 – France

La pollution des eaux par les colorants organiques issus des industries textiles représente un enjeu environnemental majeur, en raison de leur persistance et de leur toxicité. Dans cette optique, les matériaux semi-conducteurs à large gap, tels que l'oxyde de zinc (ZnO), suscitent un intérêt croissant pour la dépollution par photocatalyse. Nos travaux s'inscrivent dans cette démarche, avec pour objectif de concevoir des films actifs à base de ZnO, capables de dégrader efficacement des polluants organiques en solution aqueuse sous irradiation UV ou solaire. Pour ce faire, des couches minces de ZnO sont élaborées selon une méthode à faible coût, garantissant une bonne homogénéité des matériaux. La synthèse repose sur une approche originale inspirée du procédé de Pechini, qui comprend quatre étapes clés :

- Chélation des ions Zn^{2+} par l'acide citrique
- Polymérisation des complexes formés
- Formation d'un gel organo-métallique par déshydratation
- Dilution dans un solvant adapté au dépôt par spin-coating

Les films ainsi obtenus par spin-coating, sont ensuite calcinés afin d'obtenir la phase cristalline de ZnO. Les films sont caractérisés par des analyses structurales (DRX), morphologiques (MEB) et optiques (ellipsométrie). Les performances photocatalytiques sont évaluées via la photodégradation du carmin d'indigo, utilisé comme colorant modèle, dans des conditions contrôlées en laboratoire. Une attention particulière est portée à la corrélation entre les propriétés des films et leur efficacité photocatalytique.

Cette méthode permet d'obtenir des films minces de ZnO homogènes à l'échelle macroscopique, dotés de bonnes qualités cristallographiques, avec une porosité ajustable. Les premiers tests de photodégradation sous UV d'une solution de carmin d'indigo à 10 ppm ont révélé une efficacité atteignant 89 % en seulement 6 heures.

*Intervenant

Etude du SiC, GaN et Diamant comme potentiel radiateur pour un détecteur Čerenkov

Yamina Bennour ^{* 1,2,3}, Mohamed Ramzi Ammar ⁴, Nicole Doumit ³,
Jacques Botsoa ¹, Paul Gueye ², Esidor Ntsoenzok ¹

¹ CEMHTI, CNRS, UPR, Université d'Orléans – CEMHTI - CNRS UPR 3079 – France

² Facility for Rare Isotope Beam – États-Unis

³ LISITE Laboratory, ISEP – ISEP, 28 Rue Notre Dame des Champs, Paris, France – France

⁴ ICMN UMR7374, CNRS & Université d'Orléans – Interfaces, Confinement, Matériaux et Nanostructures (ICMN), CNRS-Université d'Orléans, UMR 7374, 1b, Rue de la Férollerie, C.S. 40059, 45071 Orléans Cedex 2, France – France

Le laboratoire FRIB (Facility for Rare Isotope Beams), de l'université d'État du Michigan, utilise un accélérateur linéaire à haute intensité, piloté par des ions lourds, pour produire des isotopes allant des protons à l'uranium à des énergies pouvant dépasser les 100 MeV/nucléon. FRIB ambitionne de découvrir plus de 1 000 nouveaux isotopes, grâce notamment à une instrumentation avancée comprenant l'ensemble MoNA-Sweeper (Modular Neutron Array couplé au Sweeper Magnet). Ces recherches auront un impact majeur sur la compréhension fondamentale de la matière. Dans ce contexte, l'augmentation des énergies des faisceaux, susceptibles de dépasser 200 MeV/n et les courtes distances de vol dans la zone expérimentale soulèvent de nouveaux défis pour la détection et la séparation des particules. Ainsi, un détecteur Čerenkov innovant est en cours de développement, dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire FRIB et le centre de recherche CEMHTI/CNRS. L'objectif principal de ce détecteur est d'exploiter l'effet Čerenkov en utilisant des matériaux semi-conducteurs à large bande interdite, tels que le SiC, le GaN ou le diamant, comme radiateurs. Ce travail s'articule autour de plusieurs axes complémentaires: (i) simulation en utilisant SRIM et GEANT4 pour mieux comprendre l'effet Čerenkov produit ; (ii) étude des défauts dus à l'implantation de protons de 2 MeV/n à différentes fluences (5×10^{12} H⁺/cm² et 5×10^{15} H⁺/cm²) et des irradiations à hautes énergies au GANIL et FRIB avec des ions plus lourds ; et (iii) réalisation du prototype (détecteur Čerenkov). Les matériaux irradiés sont caractérisés par des techniques complémentaires telles que : la spectroscopie Raman, la spectroscopie UV-visible, la spectroscopie d'annihilation des positons ainsi que la DLTS. Nous présenterons et discuterons les résultats obtenus dans cette étude.

*Intervenant

Polarization texture and sensing application of ferroelectric nanocrystals

Athulya Muraleedharan Bindu ¹, Kevin Co ², Jingye Zou ², Maxime Vallet ^{3,4}, Abdelali Zaki ², Christine Bogicevic ², Fabienne Karolak ³, Charles Paillard ^{3,5}, Karen Perronet ⁶, Céline Fiorini-Debuisschert ⁷, François Treussart ^{* 8}

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces (LuMIn) – Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay, CNRS, CentraleSupélec – France

² Laboratoire Structures, Propriétés et Modélisation des solides (SPMS) – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, Centrale Supélec, CNRS – France

³ Laboratoire Structures, Propriétés et Modélisation des solides (SPMS) – Institut de Chimie - CNRS Chimie, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – CentraleSupélec - Bâtiment Eiffel - 3 rue Joliot-Curie 91190 GIF-SUR-YVETTE, France

⁴ Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay (LMPS) – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9026 – 4 avenue des sciences / 8-10 rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette, France

⁵ University of Arkansas [Fayetteville] – 1 University of Arkansas, Fayetteville, AR 72701, États-Unis

⁶ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces (LuMIn) – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – 91190 Gif-sur-Yvette, France, France

⁷ Service de physique de l'état condensé (SPEC - UMR3680) – Institut Rayonnement Matière de Saclay (DRF), Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – SPEC - UMR3680 CEA-CNRS(ex-URA 2464), CEA/Saclay, Orme des Merisiers, F-91191 GIF SUR YVETTE CEDEX, France

⁸ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay, CNRS, CentraleSupélec – France

Ferroelectric materials offer unique polarization textures at the nanoscale, with potential applications in improving energy efficiency and enabling advanced sensing technologies. In this work, we explore the polarization properties and electric field sensing capabilities of barium titanate (BaTiO_3) nanocrystals (NCs), emphasizing their intrinsic ferroelectric properties and functional potential.

First, we investigated the polarization textures of BaTiO_3 NCs using piezoresponse force microscopy (PFM). Experimental results, complemented by theoretical simulations, revealed a core structure composed of 180° up-and-down domains, surrounded by surface layers exhibiting 90° domain rotations (1). These findings establish PFM as a valuable tool to assess the potential of ferroelectric nanostructures in advanced sensors.

Building on this, we developed a nanosensor for detecting electric fields with submillisecond response times. Using rare-earth-doped BaTiO_3 NCs capable of upconversion (UC) luminescence, we demonstrated optical detection of rapid changes in electric potential. Surface charge

*Intervenant

variations induced by external fields alter the polarization via the converse piezoelectric effect, modulating the UC spectrum. These NCs exhibit a response time of 100 μ s and a sensitivity of 4.8 kV/cm/ $\sqrt{Hz}$, enabling detection of fields comparable to the one of neuronal action potentials (2).

Together, these studies highlight the dual promise of BaTiO₃ NCs: understanding fundamental polarization phenomena and advancing nanoscale electric field sensing for applications in neuroscience and beyond.

(1) Muraleedharan, A. K., Co, K., Vallet, M., Zaki, A., Karolak, F., Bogicevic, C., Perronet, K., Dkhil, B., Paillard, C., Fiorini-Debuisschert, C. & Treussart, F. Ferroelectric Texture of Individual Barium Titanate Nanocrystals. *ACS Nano***18**, 18355–18367 (2024).

(2) Muraleedharan, A. K., Zou, J., Vallet, M., Zaki, A., Bogicevic, C., Paillard, C., Perronet, K. & Treussart, F. Submillisecond Electric Field Sensing with an Individual Rare-Earth Doped Ferroelectric Nanocrystal. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **16**, 60800–60810 (2024).

Scratching the surface and beyond: scanning probe microscopy and nano-optics in thin films of wide bandgap materials

Giovanni Fanchini * ¹

¹ University of Western Ontario – Canada

Scanning probe microscopies (SPMs) are well-established tools for imaging the surface of materials at the nanoscale. Less frequent, however, is the possibility to gain insight into specific properties *beyond* the surface. Our research takes advantage of a host of SPM based techniques, including magnetic-force-microscopy and scanning near-field optical microscopy (SNOM), with the goal to look beyond the surface. Aperture-type SNOM capitalizes on atomic-force and scanning-tunneling cantilevers to reproducibly generate and detect evanescent radiation in the visible near-UV range through subwavelength apertures (20-100 nm) nanofabricated in these SPM probes. As evanescent modes are localized, both laterally and cross-sectionally, over distances of the order of the generating aperture, this concept enables imaging a variety of thin films of wide bandgap materials with some degree of in-depth resolution while retaining superior lateral resolution.

In this talk, we will present two examples of this approach. Phase modulated scanning near-field optical luminescence (PM-SNOL) micro-spectroscopy is a superresolution imaging method for assessing the exciton diffusion length and relaxation time of optical materials simultaneously.(1) With this method, we have shown that long-living (9h) charges in persistently luminescent strontium aluminate doped with europium and dysprosium (SrAl₂O₄:Eu,Dy, Eg > 5 eV) are diffusive in nature as opposing of being localized, and can therefore be utilized for a host of applications including charge and data storage.

Finally, we will present a near-field magnetometry and electron-spin resonance (ESR) study of nanostructured nickel oxide thin films for applications as transparent electrodes in solar cells, smart windows, and light-emitting devices.(2) It is shown that both surface and subsurface magnetic defects due to Ni³⁺ centers and O interstitials are responsible for the electrical conductivity of otherwise insulating and antiferromagnetic NiO, thus enabling the engineering of its optoelectronic properties. Collectively our talk elucidates the use of specific SPM techniques for subsurface imaging and characterization of wide bandgap materials.

(1) Wong et al. J Mater Chem C 2022, 10 12975;

(2) Ezugwu et al. *Proc SPIE* 2019, Oxide-based Materials & Devices X 109191G.

*Intervenant

Thermodynamic and optical properties of point defects in wurtzite boron nitride

Martino Silvetti ¹, Elena Cannuccia * ²

¹ Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 – France

² Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773 – France

The wurtzite polymorph of boron nitride (wBN) plays the role of intermediary in the hexagonal (hBN) to cubic (cBN) phase transition, with the hexagonal to wurtzite phase transformation occurring at around 13 GPa (1). Millimetre-sized samples of wBN have been successfully prepared and shown to be stable at ambient pressure (2). The wide band gaps of hBN, cBN, and wBN make these materials interesting as potential defect hosts, providing a wide range of energies available for defect-induced levels.

In this seminar, we present the study of the thermodynamics for some simple point defects in wBN (vacancies and carbon substitutionals) using hybrid functional DFT and the supercell method. In particular, the formation energies and charge transition levels (CTLs) (3) have been derived using a correction scheme (4) to account for the electrostatic interaction between the defect periodic images.

We investigate the optical properties of defected wBN by solving the Bethe-Salpeter equation for such systems. Since evaluating the screening for the supercell may be computationally prohibitive we circumvent this practical obstacle by using the one of the pristine unit cell. We then present our results when the Bethe-Salpeter equation is solved including the remapped screening in the kernel.

References

(1)A. Segura et al. , R. Cusco, T. Taniguchi, K. Watanabe, G. Cassabois, B. Gil, and L. Artus, The Journal

of Physical Chemistry C 2019 123 (33), 20167-20173, DOI: 10.1021/acs.jpcc.9b06163

(2)C. Chen, D. Yin, T. Kato, T. Taniguchi, K. Watanabe, X. Ma, H. Ye, and Y. Ikuhara, PNAS 116 (23) 11181-11186, <https://doi.org/10.1073/pnas.1902820116>

(3)C. Freysoldt, B. Grabowski, T. Hickel, J. Neugebauer, G. Kresse, A. Janotti, and C. G. Van de Walle, Rev. Mod. Phys. 86, 253 – Published 28 March 2014

*Intervenant

(4) C. Freysoldt, J. Neugebauer, and C. G. Van de Walle, Phys. Rev. Lett. 102, 016402

Neutron Radiation Effects on SiC-Based P+N Junction Diodes

Laurent Ottaviani * ¹

¹ Aix-Marseille Université - Faculté des Sciences – Aix Marseille Université, Aix Marseille Univ, IM2NP – France

Silicon Carbide (SiC)-based radiation detectors are promising candidates for neutron flux monitoring in extreme nuclear environments due to their high radiation resistance, wide bandgap, and excellent thermal stability. This study presents the results of irradiation campaigns conducted in different neutron fields to assess the performance and reliability of 4H-SiC P+N junction diodes under various experimental conditions.

The study was conducted within three neutron environments: 14.1 MeV mono-energetic Deuterium-Tritium neutron generator ; Ex-core irradiation, and In-core irradiation, at JSI TRIGA Mark II reactor (Slovenia).

The tested detectors included some SiC diodes with Boron-10 Neutron Conversion Layer (NCL) for thermal neutron detection, and others without NCL for epithermal and fast neutron measurements. Pulse Height Distribution, Charge Collection Efficiency (CCE), and Pulse Shape Analysis were analyzed to quantify radiation effects on the detector response.

The results confirm the potential of SiC-based detectors for neutron flux monitoring in fission environments, demonstrating their ability to withstand high radiation doses while maintaining operational stability. The presentation will also discuss future perspectives, including defect characterization, potential annealing treatments, and improvements in acquisition electronics to further enhance performance in extreme irradiation conditions.

*Intervenant

Physical and electrical characterization of wide band gap for power electronic application

Camille Sonnevile ^{*} ¹, Enora Vuillermet ^{1,2}, Ndembi Ignoumba-Ignoumba ¹,
Maroun Dagher ^{1,3}, Nhan Tran ¹, Pierre Brosselard ¹, Jean-Marie Bluet ³,
Yvon Cordier ⁴, Dominique Planson ¹

¹ Ampère, Département Energie Electrique – INSA Lyon, Universite Claude Bernard Lyon 1, Ecole Centrale de Lyon, CNRS, Ampère, UMR5005, 69621 Villeurbanne, France – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Institut des Nanotechnologies de Lyon – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon, Université Claude Bernard - Lyon I (UCBL), Ecole Centrale de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

⁴ Centre de recherche sur l'hétéroépitaxie et ses applications (CRHEA) – CNRS, Université Côte d'Azur – France

The energy transition will require power electrical devices able to manage high voltages and high currents for typical applications such as electrical motor. Although today's electronic converter market is dominated by silicon-based technology, these electronic devices have elevated intrinsic losses due to silicon physical limited properties. Thanks to their excellent physical properties Wide-Band-Gap (WBG) semiconductors such as silicon carbide (SiC) or Gallium Nitride (GaN) or even Ultra Wide-Band Gap (UWBG) semiconductors such as diamond or Ga₂O₃ are particularly interesting for power electronic applications. These materials are not all at the same stage of maturity, and their fields of application are not yet fully identified. The aim of our work is to understand the links between WBG material quality and device performances. In particular, we want to clarify:

- How the initial wafer quality and defects impact the epitaxial layer
- What wafer and epi layer defects are critical for device performance and yield?

To this aim several physical and electrical characterization methods are adopted to qualify the quality of the WBG material such as:

- Micro-Raman spectroscopy (1) : doping level, dislocation, mechanical stress...
- Deep level transient spectroscopy (DLTS) (1) : active defects or charge carrier traps
- Optical beam induced current (OBIC) (2) : homogeneity/variation of the electric field and efficiency of the periphery protection

In this talk we will present our recent results on characterization of WBG semiconductors such as SiC, GaN, Diamond and Ga₂O₃.

^{*}Intervenant

First several physical characterization techniques are used to assess the quality of the substrate and of the epilayers. In a second time, electrical characterizations are done on test devices such as Schottky diodes to understand the impact of WBG material quality on the device electrical performances. The third part is dedicated to the analysis and the combination of the results of the physical characterizations of the epilayers and of the electrical characterization of the test devices.

References :

- (1) V. Raja et al, Microelectronics Journal, Vol. 128, 105575 (2022)
- (2) C.Sonneville et al., Mat Sci Forum, 1004, p290 (2020)

This work is founded by the french ANR, Grant No: ANR-11-LABX-0014, ANR-22-PEEL-0004, ANR-22-CE05-0010, ANR-24-CE05-4081

Diamant semiconducteur : le défi du dopage de type n

Marie-Amandine Pinault-Thaury * ¹

¹ CNRS - Groupe d'Étude de la Matière Condensée (GEMaC-UMR8635) – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines – France

Les semiconducteurs sont des matériaux dont la conduction électrique se situe entre celles d'un métal et d'un isolant. Pour moduler leurs propriétés électriques, des atomes étrangers, appelés dopants, sont introduits dans leur structure cristalline. Le courant électrique est alors transporté à travers le cristal par des porteurs de charge positive (type p), avec des accepteurs d'électrons, ou de charge négative (type n), avec des donneurs d'électrons. Les semiconducteurs ainsi " dopés " composent de nombreux équipements électroniques.

Pour l'électronique de puissance, les composants semiconducteurs sont indispensables. De nos jours, le réseau électrique subit d'importantes pertes d'énergie électrique entre chaque point de transformation en raison de matériaux inadaptés aux puissances élevées. Utiliser des semiconducteurs " grand gap " permettrait d'améliorer les performances des dispositifs électroniques et augmenterait l'efficacité de production/gestion de l'électricité.

Pour cette mission, le diamant est le matériau le plus prometteur. Minéral rare composé de d'atomes de carbone, il se forme dans le manteau terrestre, sous des conditions de hautes pressions et hautes températures (4.5 - 6 GPa, 1100 - 1400°C). Depuis les années 60, il peut être synthétisé à pressions et températures modérées (10-5 GPa, 900°C,) grâce au dépôt chimique en phase vapeur (CVD). De nos jours, la qualité des diamants synthétiques a atteint celle des diamants naturels. Il est même possible de contrôler les impuretés incorporées dans le cristal.

Comme tout semiconducteur " grand gap ", le diamant souffre d'une asymétrie de dopage. Son dopage de type p est " facile ", par substitution d'atomes de carbone par des atomes de bore, contrairement à son dopage de type n qui est extrêmement difficile. La France est une des rares nations à être parvenue à réaliser le dopage de type n du diamant. Cette communication présentera le défi que représente ce dopage et le statut de la recherche française sur le sujet.

*Intervenant

TiO2 décoré avec des nanoparticules d’Au pour la diffusion Raman exaltée de surface photo-induite (PIERS)

Nathalie Lidgi-Guigui * ¹, Beatrice Bricchi ², Andrea Brognara ², Ludovic William ³, Ovidiu Brinza ³, Maria Konstantakopoulou ³, Andrea Bassi ², Matteo Ghidelli ³

¹ Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Sorbonne Paris nord – France

² Dipartimento di Energia Micro and Nanostructured Materials Laboratory, Politecnico di Milano – Italie

³ Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux – Centre National de la Recherche Scientifique – France

La diffusion Raman exaltée de surface (plus connu sous son acronyme anglais SERS pour Surface Enhanced Raman Spectroscopy) est connue depuis une cinquantaine d’année et a été largement étudiée. Pour cela, un substrat métallique nanostructuré est nécessaire, et il est communément admis que cet effet SERS peut augmenter l’intensité Raman d’un facteur supérieur à 10^6 . En 2016, il a été démontré qu’il est possible d’augmenter encore cette amplification si les nanostructures métalliques sont déposées sur une surface semi-conductrice et exposées à un rayonnement UV avant la détection. Quelques dizaines d’articles ont étudié cet effet PIERS, mais aucun n’a réussi à le faire durer plus d’une heure. Dans cette présentation, nous montrerons qu’en co-déposant les nanoparticules d’Au avec la matrice de TiO2, il est possible de prolonger cette durée à au moins 8 jours. Pour mieux comprendre la spécificité de notre structuration d’échantillon, nous avons réalisé des expériences de cathodoluminescence. Les résultats suggèrent que l’exposition au rayonnement UV réduit la largeur de la zone de déplétion de la barrière de Schottky entre l’Au et le TiO2, ce qui favorise une amplification de l’effet chimique.

*Intervenant

La physique des diodes électroluminescentes à base de GaN : qu'en est-il aujourd'hui ?

Nicolas Grandjean * ¹

¹ Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) – Suisse

Depuis trois décennies, les dislocations générées dans les couches de semiconducteurs de nitrures d'éléments-III (GaN et ses alliages InGaN et AlGaN) épitaxiées sur substrat saphir (ou silicium) ont été considérées comme le principal facteur limitant l'efficacité des diodes électroluminescentes (DELs) bleues. Les améliorations de la qualité du matériau ont permis au fil des années d'atteindre des performances remarquables, soit une efficacité quantique proche de 100% à température ambiante. Ces progrès sont à la base de la révolution de l'éclairage à source solide, qui a pris naissance au milieu des années 2000. Plusieurs hypothèses ont alors été avancées pour expliquer de telles efficacités malgré une densité de défauts structuraux supérieure à 10^8 cm^{-2} . Il a notamment été proposé que le désordre intrinsèque de l'alliage InGaN, constituant les puits quantiques (PQs) au cœur de la zone active des DELs, entraîne une localisation des porteurs, et de fait, une très faible diffusion de ceux-ci dans les puits. Cela a pour conséquence une forte réduction des recombinaisons non-radiative sur les dislocations. Ce mécanisme, bien que satisfaisant, a été remis en cause récemment par des études montrant que la localisation des porteurs était limitée à température ambiante. Par ailleurs, nous avons aussi montré que la présence de défauts ponctuels dans les PQs jouait un rôle beaucoup plus important que les dislocations sur l'efficacité des DELs. Ces résultats récents nous amènent à repenser la physique des DELs, et en particulier de l'effet des dislocations et des champs de polarisation. Nous discuterons pour finir des perspectives qu'offrent les semiconducteurs nitrures d'éléments-III pour l'émission aux grandes longueurs d'ondes, en particulier dans le domaine spectral rouge.

*Intervenant

Technology Optimization for a Ga2O3 power Schottky diode fabrication

Changzi Lu ^{1,2}, Pierre Brosselard ¹, Jean-Marie Bluet * ²

¹ Ampère, Département Energie Electrique – Ampere – France

² INL - Matériaux Fonctionnels et Nanostructures – Institut des Nanotechnologies de Lyon – France

Monoclinic β -Ga2O3 is an ultra-wide bandgap (UWBG) semiconductor ($E_g=4.8$ eV) with a high breakdown electric field (8MV/cm) (1). These properties result in a Baliga Figure of Merit (BFOM) 10 times higher than SiC and 4 times higher than GaN (2). This, together with the feasibility of largescale wafer (4 inches), make Ga2O3 a very promising candidate for high power electronics towards the 10 kV range. Nevertheless, p type material is still not available. Consequently, in order to develop technology and demonstrate material potential we target the realization of a vertical Schottky diode with passivation and optimised edge termination. Toward this end, the following steps are studied:

Ohmic contact for RON optimization

Schottky contact optimization

Plasma etching optimization for MESA or etched guard ring realization

Passivation material choice and optimization

Diode structure and design optimization by TCAD simulation

Results on circular transfer length method (CTLTM) for different metal stacks (Ti/Al, Ti/Al/Pt, Ti/Au) after rapid thermal annealing (RTA) will be presented. The results show ohmic contacts with very low total resistances in the range of several ohms.

For the Schottky diode, Ni and Pt have been selected from literature results. Both metals will be deposited by sputtering and results will be presented.

Optimization of Inductive Coupled Plasma Reactive Ion Etching (ICP-RIE) using BCl3/Ar is in progress. Initial results show etch rates of 35 nm/min (Oxford ICP) and 89 nm/min (Sentech ICP), compared to 135 nm/min reported in literature (3) for a Sentech ICP system under similar etch conditions. The discrepancy is due to the sample's orientation, (001) in our case versus (-201) in the literature. AFM and SEM characterization of side walls and etched surfaces will be presented.

Finally, the 1D simulation of a vertical punch-through structure using impact ionization method

*Intervenant

with Sentauros parameters have shown good accordance of the theoretical data within the literature regarding breakdown voltage. Thanks to this first calibration, simulations have been next used for evaluation of different structures.

- (1) A. J. Green *et al.*, doi: 10.1063/5.0060327.
- (2) S. J. Pearton *et al.*, doi: 10.1063/1.5006941.
- (3) A. P. Shah *et al.*, doi: 10.1116/1.4983078.7

Self-powered Oxide Heterojunctions for Remote Optical Fire Sensing

Rogers David ^{*} ¹, Eric Sandana ¹, Ferechteh Teherani ¹, Michel Chamberlin ², Manijeh Razeghi ^{*} ³

3

¹ Nanovation SARL – Nanovation SARL – France

² Nanovation SARL – Nanovation SARL – France

³ Northwestern University [Evanston] – États-Unis

Wildfires are estimated to contribute about as much to carbon gas emissions as all of commercial transport. A key problem is that these fires are often not detected in time to limit the damage because most commercial fire/smoke detectors usually do not go off until it is too late to quell the conflagration before it takes hold. Remote optical sensing should be a big part of the solution. Although infrared sensors are the conventional solution for heat detection, they are not ideal for remote optical fire detection because they are subject to multiple confounding signals. For this reason, there is a need for compact/cheap/autonomous ultraviolet C band (UVC) flame sensors, which are not subject to such false positives because their photoresponse is solar blind and they have extremely low background signals. Most current UVC flame sensors employ vacuum-tube-based photomultipliers (PMs), however. Although these systems do allow detection of a fire upon ignition, their technology is bulky, fragile and requires operation at a few hundred volts. Hence, widespread distribution of these sensors in locations away from power outlets has not been possible.

Recently the authors realised solid state Ga₂O₃-based photodetectors with UVC operating wavelengths for the 2023 INSPIRE-Sat 7 mission to monitor the Earth's radiation balance from space. Compared to the incumbent PM technology, these sensors are significantly cheaper, more compact, more robust and lighter in weight. They also have the potential for higher intrinsic gain, better spectral range selectivity (peak response and bandwidth), extended lifetimes, lower noise, reduced operating voltages and lower power requirements. Although these sensors work well they are nevertheless constrained to have a power supply because of their unipolar n-type operation (p-type Ga₂O₃ is not available).

This talk will explore the use of n-Ga₂O₃/p-NiO heterojunctions for use as self-powered remote fire/flame sensors. Since they will be strongly rectifying, such devices should have lower background signals (ie better SNR) and will be able to function in photovoltaic mode, in which no applied voltage is required. Thus, it will be possible to remove the need for a network power supply and deploy such devices/arrays for early optical fire sensing/localisation more widely in remote locations.

^{*}Intervenant

MC06 : Approches modèles pour les sciences de la Terre

Generation of tsunami waves by low density gravity flow

Alexandre Kane ^{*} ¹, Cyprien Morize ¹, Philippe Gondret ¹

¹ Fluides, automatique, systèmes thermiques – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7608 – France

Although many tsunamis are generated by underwater earthquakes, a significant fraction of them can also be generated by the flow or collapse of a great volume of material from the air into a body of water. Examples include aerial landslides (1, 2), the collapse of glaciers, as well as pyroclastic flows (3). This phenomenon has been the subject of several experimental studies available in the literature (1-3), and is quite complex as it involves the interaction of three different phases, i.e. water, a granular material and air as an interstitial gas. We have performed experiments using a rectangular granular column, comprised of monodisperse spherical beads made up of low density materials, released by a sluice gate to collapse in a canal filled up with water at various heights. The amplitude of the generated wave, its wavelength, as well as the dynamics of the granular material such as the velocity of the granular front at the surface of water and the volume of the immersed beads are obtained using image processing. For polypropylene – a material with density similar to ice - results show that in shallow water, the dynamics of the granular medium and of the surface of the water is influenced by the proximity of the bottom of the flume similarly to experiments carried out with a denser material such as glass (1), while in deeper water, the beads do not reach the floor because of their buoyancy, then rise back to the surface after the generation of the leading wave.

Keywords: Tsunami, Granular media, Low density gravity flow, Nonlinear waves, Surface gravity waves

(1) W. Sarlin et al., From granular collapses to shallow water waves: a predictive model for tsunami generation, *Physical Review Fluids* 7, 094801 (2022)

(2) A. Darvenne et al., Physical model of landslide-generated impulse waves: experimental investigation of the wave-granular flow coupling, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 10.1029/2024JC021145 (2024)

(3) A. Bougouin et al., Impact of fluidized granular flows into water: implications for tsunamis generated by pyroclastic flows, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 10.1029/2019JB018954 (2020)

^{*}Intervenant

Earthquake-induced landslides: laboratory investigations of granular gouges dynamics

Xiaoping Jia * ¹

¹ Institut Langevin - Ondes et Images (UMR7587) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Earthquakes are a primary trigger of landslides in mountainous regions, often leading to widespread devastation and creating long-term geohazards and risk (1,2). Understanding the seismic response of granular shear zones is crucial for unraveling the mechanisms behind the dynamic triggering of landslides (3).

Here we report two distinct shear experiments with granular gouge materials. In the first one, we investigate quasi-static responses of dry and wet granular layers using a direct shear box (strain-controlled) under constant normal stress of 200 kPa. To study the dynamic triggering, we apply ultrasonic waves of frequency of 40 kHz and amplitude $< 1\mu\text{m}$ in the steady flow state. An abrupt and drastic stress drop (up to 50%) has been observed due to the shear *acoustic lubrication* between grains (4). This is followed by a slow recovery to initial stress (> 50 s) after arresting ultrasound (6), the shear *acoustic lubrication* between grains (5).

In the second experiment (1), we study the mechanical response of long-distance shear using a ring shear apparatus (stress-control) at a constant normal stress of 300 kPa. After reaching a steady flow state at a shear stress of 190 kPa, the experimental is followed by a stress-controlled phase with a dynamic loading of 20 kPa and a frequency of 1Hz. Two scenarios are observed for the post-seismic displacement as a function of the dynamic loading amplitude, cycle and shear resistance evolution: metastable regime with creep jamming; and a catastrophic failure with accelerated slip. This highlights the effects of seismic weakening (wave-induced fatigue).

(1) Y. Li, W. Hu et al, PNAS **122**, e2417840121(2025)

(2) V. Durand et al, Communications Earth & Environment **4**, 383 (2023)

(3) C.H. Scholz, *The Mechanics of Earthquake and Faulting* (3rd edition, Cambridge University Press, 2018)

(4) G. Zhou, PhD thesis, PSL University (Paris, 3 July, 2024)

(5) J. Léopoldès, X. Jia, A. Tourin, and A. Mangeney, Phys. Rev. E **102**, 042901 (2020)

*Intervenant

Fragment breaking, motions and size distribution in a laboratory model of fragmentation of a 2D floating membrane by surface waves

Michael Berhanu ^{*} ¹, Mathéo Aksil ², Michel Tsamados ³, Antonin Eddi ⁴,
Stéphane Perrard ^{5,6}

¹ Matière et Systèmes Complexes – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

² Laboratoire Jean Perrin – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Biologie Paris Seine – France

³ Center for Polar observation and Modelling, University College London, London – Royaume-Uni

⁴ PMMH Laboratory, UMR 7636, CNRS, ESPCI, Sorbonne Université, Université Paris Cité 7 Quai Saint Bernard, 75005 Paris - FRANCE

⁵ Physique et mécanique des milieux hétérogènes (UMR 7636) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université – France

⁶ Laboratoire de physique de l'ENS - ENS Paris – école normale supérieure - Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université: UMR8023, Université de Paris – France

When particles measuring a few tens of microns are dispersed on a water surface, they aggregate due to the action of capillary forces, forming a thin, buoyant membrane known as a particle raft. In a tank containing a raft composed of graphite powder, we generate gravity surface waves. The wavelength of these waves, approximately 17 centimeters, is significantly larger compared to the thickness of the raft, which is approximately 10 μm . For sufficiently strong wave amplitudes, the raft undergoes progressive fragmentation, resulting in the formation of smaller fragments on a time scale longer than the wave period. The visual appearance of these fragments, surrounded by open water, bears a resemblance to the floes formed by the fracturing of sea ice by waves. Our experiment allows us to observe the fragmentation cascade at various stages of the process. Building upon our previous work (Saddier et al. Phys. Rev. Fluids 2024), we investigate the statistical properties of fragments as a function of time under stationary wave forcing. We focus on the decrease of mean area of fragments, the shape evolution, the drift motion, and specifically the area distribution. We then use an equation of population evolution to model the corresponding size distribution functions.

^{*}Intervenant

Modélisation expérimentale de la remontée de fluide dans un bassin sédimentaire

Camille Porceillon * ^{1,2}, Aurélien Gay ¹, Valérie Vidal ²

¹ Géosciences Montpellier – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Institut National des Sciences de l'Univers, CNRS-Université de Montpellier-Université des Antilles – France

² Laboratoire de Physique – école Normale Supérieure - Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Les bassins sédimentaires sont de grandes zones situées au fond des océans où de nombreuses particules s'accumulent, incluant de la matière organique. À cause de diverses réactions bio-physico-chimiques, ces couches de sédiments de plusieurs kilomètres d'épaisseur génèrent de grandes quantités de gaz et de liquides, essentiellement du CO₂ et du méthane. Ces fluides peuvent ensuite migrer à travers le plancher sédimentaire jusqu'à atteindre le fond océanique, formant des structures d'échappement de fluide. Ces structures peuvent présenter des risques importants pour les activités anthropiques offshore, par exemple pour la pose de fibres optiques de télécommunication transocéanique, ou encore contribuer au relâchement d'importantes quantités de gaz à effet de serre modifiant le climat (Svensen et al., Nature 2004 ; Gay and Migeon, ESLB 2017).

Pour modéliser la remontée de fluide à travers des sédiments marins, nous avons réalisé en laboratoire des expériences avec une injection localisée d'eau dans un milieu granulaire immergé. L'originalité de ce travail est de considérer l'influence d'une interface gros grains/petits grains sur la migration du fluide. Les expériences sont réalisées en cellule de Hele-Shaw (gap 2 ou 4 mm) permettant une visualisation directe du déplacement éventuel des grains grâce à un panneau lumineux et une caméra.

Dans une certaine gamme de paramètres expérimentaux, on observe le développement d'instabilités à l'interface gros grains/petits grains, avec l'apparition d'un motif de fluidisation quasi-périodique, étudié ici. Ces travaux ont une application directe sur la prédiction de la localisation des expulsions de fluides en fond de mer (Gay and Migeon, ESLB 2017 ; Gay et al., Fluids 2024).

*Intervenant

Systèmes analogues de la formation de spéléothèmes

Philippe Claudin ¹, Antonin Eddi ¹, Anne Mongruel ^{* 1}

¹ Physique et mécanique des milieux hétérogènes – PMMH, CNRS, ESPCI Paris, Université PSL, Sorbonne Université, Université Paris Cité – France

La formation des concrétions minérales dans les grottes calcaires (*spéléothèmes*) est un exemple de couplage entre écoulement et solidification, conduisant à des formes variées et remarquables par leur régularité géométrique. Alors que les processus chimiques conduisant à la précipitation du calcaire sont bien connus, les facteurs qui déterminent les formes et les vitesses de croissance sont loin d'être compris, en raison des échelles de temps très longues : la vitesse de croissance est de l'ordre du centimètre par siècle. De plus, ces facteurs sont difficiles à mesurer sur le terrain. Notre approche consiste à mettre en œuvre au laboratoire des expériences sur des systèmes analogues, afin de réduire les échelles de temps, et de contrôler les paramètres (débit et géométrie de l'écoulement, concentration en réactifs). L'objectif est de relier les échelles spatio-temporelles aux paramètres physiques prépondérants, et d'identifier les mécanismes de croissance. Les résultats sont comparés à des mesures de terrain sur les systèmes naturels.

*Intervenant

Dissolution of soluble bodies placed in a turbulent water flow: relative influence of the imposed flow and of buoyancy

Augustin Maller * ¹, Martin Chaigne ², Mathieu Receveur ¹, Sylvain Courrech Du Pont ¹, Michael Berhanu ¹

¹ Matière et Systèmes Complexes – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

² Institut de Physique du Globe de Paris (IPG Paris) – Université Paris Cité, CNRS – 1 rue Jussieu, 75005 Paris, France

On the Earth’s surface, landscapes are shaped by erosion, whether mechanical or chemical. Chemical erosion, more specifically erosion by dissolution, is, for instance, the main mechanism for the erosion of limestone or gypsum. In the process, topography, flow, and solute transport interact, generating regular patterns whose size and shape depend on hydrodynamic conditions. Previous experimental studies have focused on the emergence of such patterns on the surface of rapidly dissolving materials in water, such as sucrose or salt. Without any imposed flow, dissolution of very soluble materials generates strong density gradients that can in turn generate a solutal convection flow, which affects the dissolution rate and the appearance of patterns. An imposed external flow can also affect the local dissolution rate by shearing the solute boundary layer and thus influences the generation and the shape of dissolution patterns.

Here, we examine the dissolution of salt plates in a turbulent flow of velocity ranging up to 0.6 m/s within a free-surface water flume. First, we focus on horizontal blocks. On the top face, the denser solute boundary layer is stable and the dissolution rate increases with the external flow velocity. Conversely, on the bottom face, the solute boundary layer is unstable in the presence of gravity, leading to the generation of a solutal convection flow through buoyancy effects, which competes with the external flow. While this flow is not strong enough to modify the dissolution rate significantly, we observe that the dissolution patterns become asymmetric indicating the direction of the external flow. Secondly, we consider salt blocks, which are inclined relative to the flow axis. In this more complex configuration, we study the orientation of dissolution patterns resulting from the competition between the external flow and the solutal convection.

*Intervenant

Caractérisation expérimentale de solidification en milieu poreux : Étude du pergélisol

Justine Quentin * ¹

¹ UFR Physique [Sciences] - Université Paris Cité – Université Paris Cité – France

Les variations de températures saisonnières sur la couche superficielle du pergélisol (dite couche active) induisent des cycles de solidification et de fonte de l'eau qu'elle contient. Pendant la fonte l'eau peut imbiber le sol et le déformer lors de solidifications futures du fait de la différence de masse volumique entre l'eau et la glace. Ce phénomène impacte la structure de la couche active et les réarrangements successifs de ce matériau poreux peuvent conduire à des écoulements d'eau et déplacement des inclusions gazeuses qui pourraient s'y trouver. Notre approche consiste à modéliser un sol constitué d'un matériau solide et non déformable qui présente des pores millimétriques remplis d'eau et d'air. Des canaux de 2mm*2mm de section carrée sont creusés dans une cellule de PMMA en contact avec un bloc de cuivre (Fig 1.b et 1.d). Ce bloc impose des cycles de gel à $T = -15\text{ °C}$ puis de fonte avec $T = 0\text{ °C}$ (Fig. 1.c). La croissance du front de solidification évolue en racine du temps en accord avec le modèle de Stefan. Comme on peut le voir sur la Fig.1.C, la glace va se former progressivement dans l'eau jusqu'à rencontrer l'interface d'une inclusion d'air (à environ 100s). Le front de solidification continue ensuite de se propager après l'interface air-eau opposée (à environ 300s). L'interface mobile (interface eau-air) est déplacée dans le sens de progression du front. Lorsque l'isotherme 0°C traverse l'inclusion gazeuse et atteint la deuxième interface air-eau, la glace continue sa progression en provoquant des déformations particulières de l'interface par une perturbation de la courbure régulière (encart Fig 1.c). Cette perturbation est caractérisée en fonction des différents paramètres du système. Lors du dégel, les interfaces eau-air retrouvent une courbure convexe (à environ 1500s). Après plusieurs cycles, nous regardons le déplacement final des interfaces par rapport à la position initiale et le déplacement globale des inclusions gazeuses. Enfin, la complexité de la matrice est augmentée, en ajoutant des canaux se recoupant de manière aléatoire, et le transport des bulles de gaz à travers la matrice sous l'effet de la solidification est caractérisé.

*Intervenant

Mitigating granular avalanches by adding flexible fibres

Ladislav Wierzechalek ¹, Georges Gauthier ², Baptiste Darbois-Textier ^{* 3}

¹ Laboratoire FAST (FAST) – CNRS, Université Paris Saclay – France

² FAST (UMR 7608) – Université Paris-Saclay, CNRS – France

³ Laboratoire FAST – CNRS, Université Paris Saclay – France

Debris flows and landslides are catastrophic geophysical events that typically occur on sloped terrains and involve a large amount of granular materials in motion. These phenomena can be triggered by intense rainfall or seismic activity, and strategies for their mitigation are of great interest. At the laboratory scale, such events can be studied by observing avalanches of granular materials flowing down a slope and analyzing the factors that influence their initiation and cessation. In this study, we explore the effect of incorporating flexible fibres into granular media as a strategy to attenuate avalanches and stabilize granular piles. While fibre reinforcement has been shown to enhance the mechanical strength of soils, its influence on avalanche dynamics remains largely unexplored. We present experimental results using a rotating drum setup filled with a mixture of grains and fibres, rotated at low speeds. Our analysis focuses on the angles at which avalanches start and stop, and how these angles are affected by the fibre volume fraction and aspect ratio. We find that both start and stop angles increase with higher fibre content and larger fibre aspect ratios. Moreover, the presence of fibres significantly alters avalanche dynamic: it increases the frequency of small-scale avalanches and extends the average duration of events. These findings provide quantitative evidence of the stabilizing effects of fibres on granular slopes and their role in dissipating energy during avalanches.

^{*}Intervenant

Distribution d'équilibre de la phase liquide dans un matériau granulaire non saturé

Loredana Lazar ^{*} ¹, Cécile Clavaud ², Axelle Amon ²

¹ Institut de Physique de Rennes – Université de Rennes, Centre National de la Recherche Scientifique
– France

² Institut de Physique de Rennes – Université de Rennes, Centre National de la Recherche Scientifique
– France

En laboratoire, un sol peut être modélisé par un milieu granulaire humide composé de billes de verre mélangées à de l'eau. Dans ce type de milieu, plusieurs régimes existent en fonction de la teneur en eau. Lorsque la teneur en eau est faible, la phase liquide se concentre au niveau des contacts entre les grains formant des ponts capillaires : c'est le régime *pendulaire*. Pour des teneurs en eau croissantes, ces ponts vont grossir jusqu'à fusionner entre eux en créant des clusters : c'est le régime *funiculaire*. Lorsqu'on modélise un sol, on cherche à travailler avec des systèmes de tailles beaucoup plus grandes que la taille des grains. On s'attend donc à ce que la gravité joue un rôle dans la répartition de l'eau dans le système, au moins à partir d'une certaine valeur de la teneur en eau, conduisant à du drainage. Nous proposons une étude expérimentale et théorique de la teneur en eau en fonction de la hauteur dans un milieu granulaire non saturé dans le régime funiculaire. Nous montrons que cette teneur en eau peut être modélisée par une loi de Boltzmann dans laquelle le désordre joue le rôle de la température.

*Intervenant

Templating model hydrothermal vents

Cyprien Vermelle ^{*} ¹, Alice Marcotte ¹, Arnaud Antkowiak ¹

¹ Institut Jean le Rond d'Alembert – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS – France

Hydrothermal vents are remarkable mineral structures growing on oceanic floors as a result of a (reactive) fluid-structure interaction. Although developing in hostile environments deprived of light, these hydrothermal fields host a wealth of life forms, and this has sparked a strong interest in the biology, chemistry and geophysics community over the past decades.

Even if the mechanisms of hydrothermal vent formation are known to couple hydrodynamics, dissolved chemicals transport and precipitation kinetics, their precise nature is still largely unknown to date.

Here we investigate the growth of a model hydrothermal vent at the lab scale. By injecting an alkaline fluid into a magnesium-rich model ocean, we observe the spontaneous formation of tubular solid structures that share many properties with their oceanic counterpart. By conducting minute observations and experiments on the model vent walls, we uncover a nanoporous geometry that is key to the understanding of ionic transport through the walls. Building up on these observations and on past modelling of ice stalactites, we propose an hydrodynamical model of hydrothermal vent formation rooted in first principles.

^{*}Intervenant

Gravity driven collapse of a cylindrical column of grains

Igor Le Pivert–Jolivet ^{*} ¹, Cyprien Morize ¹, Philippe Gondret ¹

¹ Fluides, automatique, systèmes thermiques – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7608 – France

In May 2024, six villages in Province of Enga (Papua New Guinea) have been whipped out by a landslide causing hundreds of deaths **(1)**. Those types of natural disasters are common on Earth or on other telluric planets.

The model configuration of the gravity driven collapse is a way to better understand these natural flows **(2-4)**. We are studying experimentally the slump of cylindrical columns of different aspect ratios (initial height over initial radius) made of monodisperse glass beads on a rough horizontal bottom. We check the classical power laws for the size of the deposit **(2-4)** and propose a model using characteristics angles of granular media. From images processing, we measure the energy dissipation and the moving mass of the granular flow. Those quantities depend only on the aspect ratio by laws which derive from the scaling of the deposit size. By tracking the centre of mass we observe that the dissipated energy is linked with the travelled distance via an effective friction force.

When a landslide ends up in water a tsunami wave may be generated **(5)**. The study we are making aims to better understand this phenomenon and predict the size of the generated wave.

(1) Li, Z., Li, W., Xu, Q. *et al.* Brief report on the catastrophic landslide in Papua New Guinea on May 24, 2024. Landslides (2025).

(2) E. Lajeunesse, A. Mangeney-Castelnau and J.P. Vilotte, Spreading of a granular mass on a horizontal plane, Phys. Fluids, 6, 2371-2381 (2004)

(3) L. Staron and E.J. Hinch, Study of the collapse of granular columns using two dimensional discrete-grain simulation, J. Fluid Mech., 545, 1-27 (2005)

(4) W. Sarlin, C. Morize, A. Sauret and P. Gondret, Collapse dynamics of dry granular columns : From free-fall to quasistatic flow, Phys. Rev. E, 104, 064904 (2021)

(5) W. Sarlin, C. Morize, A. Sauret and P. Gondret, From granular collapses to shallow water waves: A predictive model for tsunami generation, Phys. Rev. Fluids 7, 094801 (2022)

^{*}Intervenant

Swelling granular media made of plant seeds: pressurisation and inverse silo effect

Philippe Marmottant ^{*} ¹, Catherine Quillet ², Pierre Recho ², Olivier
Stephan ²

¹ Laboratoire Interdisciplinaire de Physique [Saint Martin d'Hères] – CNRS, Université Grenoble Alpes
– France

² Laboratoire Interdisciplinaire de Physique [Saint Martin d'Hères] – Centre National de la Recherche
Scientifique, Université Grenoble Alpes, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5588 –
France

Here we are interested in a specific kind of granular media: granular media whose grains change volume. We chose the rehydration of dessicated plant seeds to obtain swelling granular media, with applications in the realm of plant physics, but we believe it can be illustrative to earth sciences where swelling occurs in response to hydration of soils. In contact with water, plant seeds attract water through osmotic effects leading to a strong volume increase and possibly strong pressures. The main objective of this talk is to present the physics of imbibition of these plant granular media.

First we will show the temporal dynamics of imbibition of single seeds in water, using chickpeas because of their near spherical shapes. The volume increased by a factor three, and we model the dynamics of imbibition using two kinetic models: diffusion through the volume and membrane limited regime.

Second we measured the forces exerted by seeds when they are hydrated and confined in spaces, such as in between two planes, in a tube or within a chamber with a piston. In an a chamber full of seeds, we could measure contact pressures as high as 8 bars in a chamber. In a vertical tube we observe an inverse Janssen effect, where the pressure increases very rapidly when entering deeper in the stack, exactly the opposite as the traditional Janssen effect.

Third we will generalize these findings with different types of plant seeds or artificial hydro-gel materials. Finally, we aim at using this granular media as an autonomous media to exert pressures by sole imbibition reproducing the phenomenon of turgor pressure.

^{*}Intervenant

Theoretical and Numerical Modeling of Hydro-Sedimentary currents for Geophysical Applications

Mina Jafari * ¹

¹ Institut d'Alembert – Sorbonne Université-CNRS – France

We present a numerical and theoretical study of two-layer fluid flows over an inclined bed, motivated by the impact of a thin water film-resulting from precipitation-on dense, complex fluid currents like hydro-sedimentary flows. This bi-layer model, based on the shallow water approximation, explores interactions between layers with distinct rheological properties and is implemented numerically using the Basilisk framework. Compared to more complex bi-fluid models, this simplified approach facilitates the study of large-scale dynamics. A limiting case, where two viscous layers interact as proposed by Shah et al. (2021), is analyzed and validated against analytical solutions. This serves as a basis for extending the model to more complex cases by incorporating frictional laws to describe inter-layer interactions. Specifically, we examine the coupling between a sedimentary or hydro-sedimentary flow-modeled with granular rheologies such as $\mu(I)$ for dry granular flows or $\mu(J)$ for wet granular suspensions-and a turbulent water layer driven by precipitation. By superimposing a water layer over sediment layers, we assess how precipitation influences the dynamics of dry sedimentary beds, muddy flows, and different phases of debris flows. Preliminary results focus on the interaction between layers with different rheologies, analyzing their effects on velocity, flow thickness, and run-out distance. By reducing the problem to kinematic equations dominated by along-slope gravity, self-similar solutions naturally emerge. This enables validation of the model against both new and existing analytical self-similar solutions.

*Intervenant

Experimental investigation of a sediment transport instability

Martin Chaigne ^{*} ¹, Olivier Devauchelle ¹, éric Lajeunesse ¹

¹ Institut de Physique du Globe de Paris (IPG Paris) – Université Paris Cité, CNRS – 1 rue Jussieu, 75005 Paris, France

Alluvial rivers shape their channels by exchanging sediments with their bed. An increase in sediment discharge typically leads to a wider channel (1). However, beyond a critical threshold, laboratory rivers destabilise into several intertwined channels – the experimental analogue of a braided river. This transition could be related to the instability proposed by Abramian *et al.* (2). According to this theory, erratic grain movements across the bed induce diffusion from high- to low-transport areas. By bringing grains from troughs to crests, this positive feedback causes perturbations to grow.

Here, we investigate this mechanism in a radial experimental setup, made of a vertical cylinder filled with grains. The injection of a mixture of water, glycerol and grains at the centre of the cylinder forms a thin laminar film. As this film spreads towards the edges of the setup, it exchanges grains with the underlying granular bed. The flow, however, rapidly destabilises, and we observe the emergence of radial deeper streaks where sediment transport concentrates, separated by shallower, less active areas. After a few minutes, these streaks evolve into distinct channels, which sometimes merge, split or migrate. We believe that the initial instability and the long-term non-linear behaviour of this ideal system are similar to those behind the formation of braided rivers.

References:

- (1) P. Popovic, O. Devauchelle, A. Abramian, & E. Lajeunesse, Sediment load determines the shape of rivers. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 118(49) e2111215118 (2021)
- (2) A. Abramian, O. Devauchelle, & E. Lajeunesse, Streamwise streaks induced by bedload diffusion, *J. Fluid Mech.*, 863, 601–619 (2019)

^{*}Intervenant

Sismologie de la glace de mer

Vasco Zanchi * ¹, Ludovic Moreau ², Antonin Eddi ^{3,4}, Stéphane Perrard ^{4,5,6}

¹ Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris – Université Paris sciences et lettres – France

² Institut des Sciences de la Terre – Institut de Recherche pour le Développement, Institut National des Sciences de l'Univers, Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Gustave Eiffel, observatoire des sciences de l'univers de Grenoble, Université Grenoble Alpes – France

³ Physique et mécanique des milieux hétérogènes – CNRS : UMR7636, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, Université Paris VII - Paris Diderot, ESPCI ParisTech, Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – France

⁴ Physique et mécanique des milieux hétérogènes – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité – France

⁵ Physique et mécanique des milieux hétérogènes (UMR 7636) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7636, Université de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁶ Laboratoire de physique de l'ENS - ENS Paris – école normale supérieure - Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8023, Université de Paris – France

L'océan Arctique se recouvre chaque hiver d'une couche de glace de mer, typiquement d'épaisseur de 2 à 3 mètres. Les propriétés mécaniques de cette glace telles que le module d'Young E , le coefficient de Poisson ν et l'épaisseur de glace h présentent une grande variabilité spatiale et temporelle. Une meilleure connaissance de ces paramètres est nécessaire, en particulier pour tester et contraindre les modèles de fracture de la banquise par la houle. Grâce à l'étude des ondes sismiques de plaques, il est possible de mesurer les propriétés mécaniques de la glace de mer.

*Intervenant

Exposé invité: Nicolas Taberlet.

Morphogénèse glaciaire : formation des Zen stones et des tables glaciaires

Nicolas Taberlet * ¹

¹ école normale supérieure de Lyon, Université Lyon 1 (ENSL/ UCBL) – école normale supérieure de Lyon, Université Lyon 1 – 46 allée d’Italie 69007 Lyon, France

Morphogénèse glaciaire : formation des Zen stones et des tables glaciaires Les processus d’ablation de la glace sont multiples, la sublimation et la fonte étant dépendantes des conditions climatiques (ensoleillement, température, humidité, précipitations, vent. . .). Nous avons étudié la morphogénèse des *Zen Stones* qui se forment essentiellement sur le lac Baikal au cours de la saison hivernale. Ces structures consistent en un piédestal de glace qui se forme sous une pierre posée à la surface gelée du lac. A travers des analyses de terrain, des expériences à l’échelle du laboratoire et des simulations numériques, nous montrons que le processus est dû à la sublimation différentielle de la glace. Nous montrons également que le rayonnement infrarouge des pierres est responsable de la cavité observée autour des pieds. Nous présenterons également des résultats sur l’étude (de terrain et en laboratoire) de la formation des tables glaciaires sur les glaciers alpins.

*Intervenant

Seismic fault dynamics: insights from lab experiments

Elsa Bayart * ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire de Physique [Saint Martin d'Hères] – UGA-CNRS – France

An earthquake is caused by the sudden slip of a seismic fault, which releases the stresses that have built up during tectonic movement. These stresses can also be released by slow slip events, which can be detected by monitoring crustal deformation. Slow slip events play a critical role in influencing the occurrence of earthquakes along a fault. However, the mechanisms by which slow slip affects earthquake initiation are not well understood. In this talk, we will demonstrate how laboratory experiments can provide valuable insights into earthquake dynamics. These experiments allow us to characterise seismic-like ruptures locally, which are generally inaccessible on real faults. In particular, we will present a study in which we investigate the interaction mechanisms between a slowly slipping region of a frictional interface and adjacent locked regions that are destabilised only by seismic-like events. Using laboratory experiments involving imaging and high-frequency strain measurements, we demonstrate that slow slip acts as a nucleation centre for seismic events, thereby increasing the frequency of earthquakes.

*Intervenant

MC07 : Interactions non-linéaires lumière-matière et applications

Source térahertz intense à haute cadence basée sur le redressement optique dans un cristal de LiNbO3

Alexandre Fahy * ¹, Leo Guiramand ², Anna Martinez ³, Saïd Idlahcen ², Jonathan Houard ⁴, Thomas Godin ¹, Angela Vella ⁵, Ammar Hideur ²

¹ Complexe de recherche interprofessionnel en aérothermochimie – Université de Rouen Normandie, Institut national des sciences appliquées Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6614 – France

² Complexe de recherche interprofessionnel en aérothermochimie – Université de Rouen Normandie, Institut national des sciences appliquées Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6614 – France

³ Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" – Italie

⁴ Groupe de physique des matériaux – Université de Rouen Normandie, Institut national des sciences appliquées Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Recherche sur les Matériaux Avancés – France

⁵ Groupe de physique des matériaux – Université de Rouen Normandie, Institut national des sciences appliquées Rouen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Recherche sur les Matériaux Avancés – France

Introduction

Le rayonnement térahertz (THz) correspond à une onde électromagnétique dont la fréquence d'oscillation est située entre 0.1 THz et 100 THz. L'attrait de cette gamme de fréquence est lié à certaines propriétés de ce rayonnement comme la faible énergie de ses photons ou encore la présence de bandes d'absorptions de matériaux spécifiques qui en font un outil de choix pour des applications dans le domaine de la spectroscopie ou de l'étude de la matière.

Dispositif de génération

Nous avons développé au CORIA (UMR 6614) un dispositif optique utilisant le processus non-linéaire de redressement optique dans un cristal de niobate de lithium à haut coefficient non-linéaire. Afin de maximiser la génération du rayonnement THz, nous devons respecter la condition d'accord de phase. Typiquement, l'onde de pompe et l'onde THz doivent se propager à la même vitesse dans le cristal. Cependant la grande différence entre les indices de réfraction dans le domaine de la pompe et du THz ne permet pas un accord de phase en propagation colinéaire. Nous avons donc utilisé un miroir échelon permettant de créer une inclinaison discrète du front d'onde. La génération de rayonnement THz est piloté par un laser à fibre dopé à l'ytterbium (Light conversion, CARBIDE) émettant à 1030 nm à une cadence de 100 kHz, d'une durée sub-200 fs et une énergie de 600 μ J.

Résultats

*Intervenant

Nous avons pu générer des impulsions THz d'une puissance moyenne de 47 mW mesurée au point focal d'un miroir ellipsoïdale situé directement après le cristal de génération. En considérant une puissance de pompe de 31.6 W cela donne une efficacité de conversion de 0.15% ce qui nous place au niveau de l'état de l'art. Un système d'échantillonnage électro-optique a été mis en place afin de mesurer la trace temporelle ainsi que le spectre THz. Cela nous permet d'observer des impulsions de 0.8 ps et un spectre admettant une fréquence centrale à 0.8 THz et s'étendant jusque 2 THz. Un champ électrique de 170 kV/cm a aussi été estimé en mesurant la modulation d'intensité de la sonde à la position du cristal EO.

En conclusion, cette source œuvrant à 100 kHz ouvre la voie à des applications combinant des mesures physiques à haut champ et à haute cadence.

Explorer la complexité des langues d'Arnold dans un laser fibré à solitons à respiration

Xiuqi Wu ^{1,2}, Junsong Peng ^{1,2}, Sonia Boscolo ³, Christophe Finot ^{* 4},
Heping Zeng ^{1,2,5}

¹ State Key Laboratory of Precision Spectroscopy, East China Normal University, Shanghai 200062, China – China

² Chongqing Key Laboratory of Precision Optics, Chongqing Institute of East China Normal University, Chongqing 401120, China – China

³ Aston Institute of Photonic Technologies - Aston University (Aston University) – Aston Institute of Photonic Technologies Electronic Engineering Aston University Aston Triangle, Birmingham B4 7ET, UK, Royaume-Uni

⁴ Laboratoire ICB – Université Bourgogne Europe, CNRS, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne ICB UMR 6303, 21000 Dijon, France – France

⁵ Shanghai Research Center for Quantum Sciences, Shanghai 201315, China – China

La synchronisation est un phénomène omniprésent dans la nature et la science, et sous-tend diverses applications, telles que les télécommunications, la navigation et la médecine (1). Les régions de synchronisation s'élargissent généralement de manière monotone avec la force du forçage, présentant ainsi une forme de langue dans l'espace des paramètres, connue sous le nom de langue d'Arnold. Une telle forme est universelle, prévalant dans de nombreux systèmes synchronisés allant de la biologie aux oscillateurs nanomécaniques et aux résonateurs Kerr. Il est intéressant de noter que des études théoriques suggèrent que sous un fort forçage externe, la forme des régions de synchronisation peut changer considérablement et des trous peuvent même émerger dans les motifs pleins (2).

Cependant, l'accès expérimental à ces régimes anormaux est assez difficile, principalement parce que de nombreux systèmes expérimentaux affichant une synchronisation deviennent fragiles sous un fort forçage. Ici, nous sommes en mesure d'observer ces régimes intrigants dans un seul oscillateur – un laser à fibre fonctionnant dans le régime de soliton à respiration (3). Plus précisément, deux types de régions de synchronisation anormales sont dévoilés, à savoir une forme en forme de feuille et une forme en forme de rayon. Le contrôle à haute résolution de la perte intracavité permet de mettre en évidence les trous dans les régions de synchronisation. Des simulations numériques basées sur un modèle laser discret confirment l'ensemble des observations expérimentales. Notre travail ouvre la possibilité de révéler la dynamique intrigante de la synchronisation et du chaos des systèmes non linéaires en utilisant un simple laser à soliton à respiration comme banc d'essai.

(1) A. Pikovsky et al, Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences, Cambridge U. Press, New York, 2001.

(2) G. V. Papaioannou et al, Evidence of holes in the Arnold tongues of flow past two oscillating cylinders. *Phys. Rev. Lett.* **96**, 014501 (2006)

*Intervenant

(3) X. Wu et al. Unveiling the complexity of Arnold's tongues in a breathing-soliton laser. *Science Advances* , 2025, 11, pp.eads3660.

Microscopie Tomographique Diffractive : principes, implémentations, et extensions non-linéaires

Matthieu Debailleul ¹, Nicolas Verrier ¹, Bruno Collichio ¹, Olivier Haeberlé
* ¹

¹ IRIMAS – Université de Haute Alsace - Mulhouse : EA2332, Université de Haute Alsace - Mulhouse –
France

Les techniques de microscopies de fluorescence ont connu ces dernières années des progrès spectaculaires, en termes de diversité/spécificité des marqueurs, de vitesse, et surtout de résolution, récompensés par exemple par l'attribution des prix Nobel de Chimie 2008 à Osamu Shimomura, Martin Chalfie et Roger Y. Tsien " pour la découverte et le développement de la green fluorescent protein, GFP " et 2014 à Eric Betzig, Stefan W. Hell et William E. Moerner " pour le développement de la microscopie de fluorescence superrésolue ". Mais lorsque l'on ne peut/veut pas utiliser un marquage de fluorescence, les microscopes optiques restent beaucoup plus limités.

La microscopie tomographique diffractive (MTD) est une technique d'imagerie sans marquage, permettant de reconstruire la distribution 3D des indices optiques dans le spécimen observé, en réfraction et en absorption, et ce, avec une résolution améliorée par rapport à la microscopie holographique ou la microscopie classique en transmission.

Connue sous des appellations multiples (tomographie optique diffractive, microscopie à synthèse d'ouverture, tomographie de phase, microtomographie...), cette approche est basée sur une mesure (habituellement par holographie) du champ diffracté par le spécimen, combinée à une technique de synthèse d'ouverture, qui peut se faire par rotation du spécimen, rotation de l'illumination, combinaison des deux, ou encore par variation de la longueur d'onde d'illumination.

La MTD est une technique d'imagerie computationnelle, résolvant un problème inverse pour retrouver la distribution d'indice produisant le champ observé. Son implémentation la plus simple, basée sur l'hypothèse de Born d'un champ diffracté très faible en amplitude par rapport au champ d'illumination, permet des reconstructions très rapides à l'aide des cartes de calcul GPU modernes, car basées sur des transformées de Fourier.

Cette présentation a pour but de d'introduire cette technique, et les diverses implémentations qui en ont été faites, avec leurs avantages et leurs inconvénients, ainsi que les perspectives de développement de cette technique. Enfin, une extension de cette approche en microscopie de seconde harmonique a été récemment proposée.

*Intervenant

Rewritable binary recording of the photon spin state in chiral liquid crystals

Nicolas Bruni ^{*} ¹, Charles Loussert ¹, Mushegh Rafayelyan ¹, Tetiana Orlova ¹, Delphine Coursault ¹, Etienne Brasselet ¹

¹ Université de Bordeaux – Laboratoire Ondes et Matière d’Aquitaine (LOMA–UMR CNRS 5798) – France

Liquid crystals have long been exploited for photonics technologies, mostly for applications as displays and spatial light modulators, but also whenever tunable optical functionality is desired. Here we experimentally report on nonvolatile and rewritable binary optical memory where the photon spin state controls the polarity of optically recorded localized orientational distortions in liquid crystals, which behave as elastic quasiparticles having long-term storage capabilities. The memory effect is made possible by the chiral nature of the liquid crystal mesophase, while the supramolecular polarity of the recorded ‘spinbits’ results from the chiral light-matter interaction. The recorded polar voxels can be electrically erased and spin-rewritten at will. Discriminatory optical read-out of the spinbits is also demonstrated. These results open up new perspectives for topological soft matter, encompassing optical data storage, optical information processing, spin-orbit photonics and laser writing of quadratic optical nonlinearities.

^{*}Intervenant

Propriétés de contact et rhéologie d'une suspension colloïdale adjuvantée par des PCE

Charlotte Veillon ^{*} ¹, Laurent Tocquer ¹, Julie Goyon ¹, Xavier Chateau ¹

¹ Laboratoire Navier – Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Gustave Eiffel – France

Les éthers polycarboxyliques (PCE) sont très utilisés comme superplastifiants dans les matériaux cimentaires, soit pour abaisser la contrainte seuil à fraction solide constante, soit pour augmenter la fraction solide à contrainte seuil constante. En s'adsorbant à la surface des particules, les PCE induisent une gêne stérique qui limite les contacts adhésifs (1). L'ajout de matériaux minéraux (cendres volantes, laitier, fumées de silice, etc.) permet ainsi de formuler des bétons à plus faible impact carbone, avec une meilleure résistance mécanique et durabilité. Cependant, l'effet des PCE sur les propriétés de contact entre particules - et donc sur les propriétés rhéologiques - reste encore mal compris. Pour mieux cerner ces phénomènes, nous travaillons sur un système modèle dont les paramètres peuvent être précisément contrôlés (2).

Nous étudions ici l'influence d'un PCE sur la contrainte seuil et le module de cisaillement d'une suspension concentrée de billes de silice dans une solution de chlorure de calcium. Les mesures rhéométriques montrent une évolution non monotone de ces deux grandeurs avec la concentration en PCE : elles augmentent d'abord, puis diminuent.

Pour relier ce comportement macroscopique aux interactions à l'échelle microscopique, nous combinons une analyse du Carbone Organique Total à des mesures à l'aide de pinces optiques (3, 4). Ces dernières, reposant sur l'utilisation d'un faisceau laser focalisé pour piéger des particules individuelles, permettent de quantifier directement les forces de contact entre particules. Nous explorons ainsi (i) la relation entre la couverture de surface par le PCE et les propriétés mécaniques macroscopiques, et (ii) l'influence des propriétés microscopiques de contact (résistance et rigidité au roulement) sur le comportement global du matériau.

(1) R. Flatt, I. Schober. In *Understanding the Rheology of Concrete*, Elsevier, 2012.

(2) Fusier et al. *J. Rheol.* 62, 753 (2018).

(3) Bonacci et al. *Nat. Mater.* 19, 775 (2020).

(4) Whitaker, Furst. *J. Rheol.* 60, 517 (2016).

^{*}Intervenant

Thermal melting of a vortex lattice in a quasi two-dimensional Bose gas

Laurent Longchambon ^{*} ¹, Romain Dubessy ², Hélène Perrin ¹, Aurélien Perrin ³, Rishabh Sharma ⁴

¹ Laboratoire de Physique des Lasers – Université Paris 13, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Sorbonne Paris nord – France

² Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773 – France

³ Laboratoire de Physique des Lasers (LPL) – Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Cité (USPC), Université Paris 13, CNRS : UMR7538 – Institut Galilée, Université Paris 13, 99 Avenue Jean-Baptiste Clément, F-93430 Villetaneuse, France

⁴ Laboratoire de Physique des Lasers – Université Sorbonne Paris Cité (USPC), Institut Galilée, Université Paris 13, CNRS : UMR7538 – France

In the context of quantum simulation, there is a profound analogy between a two-dimensional system of neutral atoms in fast rotation and the problem of 2D electrons in a magnetic field, providing a mapping with the quantum Hall effect. Here we present the first observation of the thermal melting of the vortex lattice present in a rotating quasi two-dimensional (2D) superfluid Bose gas. A superfluid Bose-Einstein condensate is prepared in an oblate trap generated by dressing atoms placed in a quadrupole magnetic field with a radio-frequency field. The atomic cloud is set in rotation by rotating a deformation of the trap. The superfluid then hosts a triangular lattice of quantized vortices in a quasi-2D regime. The order of the lattice is progressively destroyed as the superfluid effective rotation rate increases. This situation enables to test if the scenario for the thermal melting of a 2D crystal proposed by Kosterlitz, Thouless, Halperin, Nelson and Young (KTHNY) is relevant for a vortex crystal in a quantum gas. The vortex lattice's translational and orientational order are characterized respectively by the pair correlation function and the angular correlation function, and we show that the evolution of these order functions with an effective temperature evidences a transition to a liquid state and is consistent with the KTHNY scenario involving the unbinding of 5-fold and 7-fold defects of the lattice. Interestingly, the melting temperature is three

^{*}Intervenant

times lower than the estimated one in a pure BEC superfluid. This result paves the way to the understanding of the influence of temperature as a 2D quantum system reaches the Lowest Landau Level regime, which corresponds in our case to the situation when the effective rotation rate of the superfluid approaches the radial trapping frequency.

Quantum Correlations in UV Dual-Comb Spectroscopy

Radmir Kokoulin ^{*} ¹, Andrey Muraviev ², Dimitrii Konnov ², Konstantin Vodopyanov ²

¹ University of Central Florida, Orlando, Florida, USA – états-Unis

² Center for Research and Education in Optics and Lasers, University of Central Florida, Orlando, Florida, USA – états-Unis

We investigate intrinsic quantum correlations-such as polarization and quadrature entanglement-in the ultraviolet dual-comb output generated from a Cr:ZnS-based system operating at 2.4 μm . Using nonlinear crystals such as periodically poled lithium niobate (PPLN), we have coherently interfered harmonics up to the 7th order (330–390 nm) with sub-femtosecond timing precision and observed stable mode-resolved spectra exceeding 10^6 lines and resolving power ($\lambda/\Delta\lambda$) above 10^7 . In this study, we evaluate quadrature entanglement and quantum Fisher information from our archived dual-comb interferograms, assess the presence of quantum correlations, and explore implications for UV metrology and the future development of a nuclear clock.

^{*}Intervenant

Tunable second harmonic generation in 2D materials: comparison of different strategies

Simone Grillo ¹, Elena Cannuccia * ², Maurizia Palummo ³, Olivia Pulci ³,
Claudio Attaccalite ⁴

¹ Università degli Studi di Roma Tor Vergata [Roma, Italia] = University of Rome Tor Vergata [Rome, Italy] = Université de Rome Tor Vergata [Rome, Italie] – Italie

² Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773 – France

³ Università degli Studi di Roma Tor Vergata [Roma, Italia] = University of Rome Tor Vergata [Rome, Italy] = Université de Rome Tor Vergata [Rome, Italie] – Italie

⁴ Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Aix Marseille Université : UMR7325 / UPR3118, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7325 / UPR3118, Aix Marseille Université : UMR7325, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7325 – France

Nonlinear optical frequency conversion, where optical fields interact with a nonlinear medium to generate new frequencies, is a key phenomenon in modern photonic systems.

However, a major challenge with these techniques lies in the difficulty of tuning the nonlinear electrical susceptibilities that drive such effects in a given material.

As a result, dynamic control of optical nonlinearities has remained largely confined to research laboratories, limiting its practical use as a spectroscopic tool.

In this work, we aim to advance the development of devices with tunable nonlinear responses by exploring two potential mechanisms

for electrically manipulating second-order optical nonlinearity in two-dimensional materials.

Specifically, we consider two configurations: in the first, the material does not inherently exhibit second-harmonic generation (SHG), but an external field induces this response;

In the second, an external field induces doping in a material that exhibits SHG, altering the intensity of the nonlinear signal.

In this work, we have studied these two configurations using a real-time ab initio approach under an out-of-plane external field

and including the effects of doping-induced variations in the screened electron-electron interaction.

We then discuss the limitations of current computational methods and compare our results with experimental measurements.

Reference:

Tunable second harmonic generation in 2D materials: comparison of different strategies

*Intervenant

S Grillo, E Cannuccia, M Palummo, O Pulci, C Attacalite

SciPost Physics Core 7 (4), 081

Electronic states of the N_2^+ ion dissociating to the four lowest dissociation limits: Energies, transition dipole moments, and Einstein coefficients

Chaima Hammami * 1

¹ Structures Propriétés Et Modélisation des solides, Gif-sur-Yvette, France – CentraleSupélec, Saclay, France. – France

Air lasing involving N_2^+ has garnered considerable interest due to its significance in ultrafast atmospheric optics, where population inversion and radiative transitions between vibronic levels are fundamental mechanisms. For this reason, this study provides a comprehensive dataset of Born–Oppenheimer energies and transition dipole moments for the 36 lowest electronic states of the N_2^+ ion as a function of internuclear distance in the range of 1.5 to 10 bohrs, obtained from first-principles calculations. The investigated electronic states span total spin multiplicities of $S = 1/2$, $3/2$, and $5/2$, and asymptotically dissociate to the four lowest limits: $\text{N}({}^4\text{S}^0) + \text{N}({}^3\text{P})$, $\text{N}({}^2\text{P}^0) + \text{N}({}^3\text{P})$, $\text{N}({}^2\text{D}^0) + \text{N}({}^3\text{P})$, and $\text{N}({}^4\text{S}^0) + \text{N}({}^1\text{D})$. For the lowest states dissociating towards the $\text{N}({}^4\text{S}^0) + \text{N}({}^3\text{P})$ limit, relativistic corrections are included. The resulting potential energy curves and transition dipole moments are employed to compute vibrational energies, vibronic transition dipole moments, and Einstein coefficients for radiative transitions between vibronic levels.

*Intervenant

Nonlinear propagation of Bessel beams : from waveguiding structure to OAM modulation

Nicolas Marsal ^{*} ¹, Yue Chai ¹, Delphine Wolfersberger ¹

¹ Chaire Photonique, LMOPS-EA 4423, CentraleSupélec and Université Paris-Saclay – CentraleSupélec – France

Optical beams carrying orbital angular momentum (OAM) have significant potential in classical and quantum communication due to their unique helical phase structure ($\exp(il\phi)$), where l represents the number of 2π phase rotations. Unlike spin angular momentum (SAM) with only two states, OAM provides theoretically unlimited orthogonal modes, enhancing data encoding capacities.

We first utilize zero-order Bessel beams to photo-induce complex waveguide structures with multiple inputs/outputs in an SBN crystal, exploiting their diffraction-resistant and ring-shaped intensity profiles. Subsequently, higher-order Bessel beams are investigated numerically and experimentally, revealing nonlinear continuous modulation of OAM via the externally biased photorefractive crystal. Our analysis identifies distinct operational regimes with stable OAM modulation and highlights extended modulation ranges through comparative studies of vortex and truncated Bessel beams. Experimental results align closely with simulations, validating the potential for developing advanced, reconfigurable OAM modulators.

^{*}Intervenant

Giant photostriction in lead-free ferroelectric stemming from photo-excited thermalized carriers

Gaëlle Vitali-Derrien ^{*} ¹, Thomas Antoni ², Houssny Bouyanfif ³, Mouna Khiari ³, Sylvia Matzen ⁴, Pierre-Eymeric Janolin ¹, Charles Paillard ⁵

¹ Laboratoire Structures Propriétés et Modélisation des Solides – CentraleSupélec, Université Paris Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

² Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

³ Laboratoire de Physique de la Matière Condensée - UR UPJV 2081 – Université de Picardie Jules Verne, Université de Picardie Jules Verne : UR2081 – France

⁴ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9001, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁵ Faculty of Physics, University of Arkansas – états-Unis

Ferroelectric materials exhibit strong electron-lattice couplings as manifested from their piezoelectric nature; or the generation of ultrafast, strong, coherent acoustic waves and large mechanical deformations by visible or near-visible light pulses. Therefore, ferroelectrics are extremely promising to optically generate large mechanical deformations, a phenomenon known as photostriction, with potential applications in designing optically-driven micro or nanorobots, optical switches and actuators or optomagnetic memories.

The photostriction of several ferroelectrics, such as PbTiO₃ (and PbTiO₃-related ferroelectrics) or BiFeO₃, have been relatively well explored at short and long time scales. Surprisingly, photostriction in BaTiO₃ (BTO), the most prototypical ferroelectric material, has been far less explored. In this work, we demonstrate giant photostriction in barium titanate thin films in excess of 1%, as depicted in panel b).

With the combination of various optical techniques (interferometry and Raman spectroscopy), we performed an in-depth study of photostriction and its microscopic mechanisms. Complementary measurements involving thermal, electrical, and optical characterization allow the quantification of all physical contributions to the photo-induced deformation of the film, that are displayed in panel a). Contributions emerging from the substrate response of the light-induced temperature increase are quantified to extract the sole response of the film.

The photostrictive response of BaTiO₃ emerges from a screening of the ferroelectric polarization, illustrated in panel c), and the electronic pressure. Both mechanisms involve thermalized carriers, in opposition with phenomena such as the bulk photovoltaic effect that relies on the hot photogenerated electrons. The polarization screening leads to a reduction of the tetragonality

^{*}Intervenant

and an increase of the a parameter, while the electronic pressure generates an isotropic inflation.

Multilayered Au/TiO₂ hyperbolic material for nonlinear optics, tuning the epsilon near zero point

Raúl Rangel-Rojo ^{* 1}, Fernando Arturo Araiza-Sixtos ¹, Rafael Salas-Montiel ², Mario Alejandro López-Alvarado ³, Mauricio Gómez-Robles ⁴, Tiziana Cesca ⁵, Alice Sindoni ⁶

¹ Department of Optics, CICESE – Mexique

² Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – L2n, Université de Technologie de Troyes – France

³ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – L2n, Université de Technologie de Troyes – France

⁴ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – L2n, Université de Technologie de Troyes – France

⁵ University of Padova, University of Padova, Department of Physics and Astronomy, NanoStructures Group (NSG) – Italie

⁶ University of Padova, University of Padova, Department of Physics and Astronomy, NanoStructures Group (NSG) – Italie

In this work we present the design, fabrication and characterization of hyperbolic metamaterials consisting of nanolayered structures combining a metal Au and a dielectric TiO₂, designed in order to have a permittivity near zero (ENZ) at a desired wavelength. Resonance with the ENZ point provides an enhancement in the third order nonlinearity, particularly for nonlinear refraction. We produced samples with different ENZ wavelengths, with the purpose of studying the dependence of the response with the detuning of the light with the ENZ point. from observing the expected enhancement for a given laser wavelength. We employed the z-scan technique with femtosecond light pulses from a Ti:Sapphire laser centered at 800nm to study the nonlinear response of the samples. The experimental results show a considerable enhancement of the nonlinearity for the structure designed to have an ENZ near 800 nm, the laser wavelength. Time-resolve excite-probe studies are also presented to study the ultrafast dynamics of the response.

*Intervenant

Apprentissage machine en optique non-linéaire ultrarapide fibrée

Christophe Finot ^{*} ¹, Sonia Boscolo ², Junsong Peng ^{3,4}, Andrei Ermolaev ⁵,
Anastasiia Sheveleva ¹, John M. Dudley ⁵

¹ Université Bourgogne Europe, CNRS, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne ICB UMR 6303, 21000 Dijon, France – Université Bourgogne Europe – France

² Aston Institute of Photonic Technologies – Royaume-Uni

³ State Key Laboratory of Precision Spectroscopy, East China Normal University, Shanghai 200062, China – Chine

⁴ Chongqing Key Laboratory of Precision Optics, Chongqing Institute of East China Normal University, Chongqing 401120, China – Chine

⁵ Franche-Comté électronique Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies (UMR 6174) – Université de Franche-Comté, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6174, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard : UMR6174 – France

La combinaison des effets non linéaires et dispersifs en photonique guidée génèrent des dynamiques spectro-temporelles aussi riches que complexes. Les techniques d'apprentissage-machine offrent désormais de nouvelles perspectives pour en tirer le meilleur parti (1). Nous présenterons ainsi plusieurs approches que nous avons déployées dans le cadre de la photonique ultrarapide fibrée.

Un premier outil concerne l'optimisation expérimentale des systèmes photoniques ultrarapides. Les algorithmes évolutionnaires, notamment les algorithmes génétiques, sont en effet très bien adaptés aux expériences exigeantes comme l'étude de nouveaux régimes de fonctionnement dans les cavités fibrées : émission de solitons à respiration verrouillés en fréquence (2), d'impulsions bruitées ou bien encore de super vagues scélérates.

Une autre approche est l'implication de réseaux neuronaux. Ils sont capables, après entraînement, de prédire avec précision les profils temporels et spectraux, se substituant efficacement à des méthodes numériques plus lourdes. Des résultats convaincants ont ainsi pu être démontrés dans l'étude de la propagation d'impulsions isolées, dans la génération de supercontinua ou bien de peignes de fréquence. Plus de trois ordres de grandeurs en temps de calcul peuvent être gagnés et ils sont aussi efficaces pour résoudre des problèmes inverses (3).

Enfin, l'apprentissage-machine améliore la compréhension des dynamiques non linéaires : classification, décomposition en modes dynamiques, approche de l'équilibre dominant guidée par les données (4), ou méthodes comme SINDy (5) permettent d'extraire des modèles physiques pertinents à partir de données.

L'ensemble de ces approches révolutionnent la photonique non linéaire, ouvrant la voie à l'exploration

^{*}Intervenant

d'espaces de paramètres étendus, à la résolution efficace de problèmes inverses, et à une interprétation physique enrichie.

- (1) G. Genty et al, Nat. Photon., 15 (2021) 91-101.
- (2) X. Wu et al, Nat. Commun., 13 (2022) 5784.
- (3) S. Boscolo et al, Opt. Commun., 542 (2023) 129563.
- (4) A.V. Ermolaev et al, Sci. Rep., 13 (2023) 10462.
- (5) A.V. Ermolaev et al, Sci. Rep., 12 (2022) 12711.

" Perfect optical vortex " pour générer des paires de photons avec moments orbitaux angulaires

Paul Seguin * ¹, Laurence Pruvost *

2

¹ Laboratoire de Chimie Physique - Matière et Rayonnement – Sorbonne Université – France

² Laboratoire de Chimie Physique - Matière et Rayonnement – Sorbonne Université, CNRS – France

Les vortex optiques (VO) sont des faisceaux lasers avec un front d'onde hélicoïdal. Un entier relatif l caractérise le sens et le nombre de branches de l'hélice. Les VO ont une intensité annulaire et transportent un moment orbital angulaire (OAM) valant hl par photon (1). Ce qbit photonique et sa base étendue ont des applications en technologies quantiques, leur intrication se faisant par processus non-linéaire générant des paires de photons avec OAM (2).

Le mélange à quatre ondes (SFWM(*)) réalisé dans une vapeur de rubidium est connu pour produire des paires photoniques (IR-bleu) à partir de l'excitation à deux photons $5S \rightarrow 5D$. Réalisé avec des VO, il donne des paires d'OAM (3,4). Il conserve l'OAM total apporté et produit ainsi plusieurs paires d'OAM en sortie, ce qui ouvre vers la multi-intrication. L'efficacité du SFWM est directement liée au recouvrement des VO en jeu. Là, intervient la classe de vortex choisie et ses propriétés qui déterminent le nombre de paires d'OAM produites.

Les expériences déjà réalisées ont utilisé des modes de Laguerre-Gauss (LG) - VO couramment utilisés. Elles ont montré la conversion d'OAM jusqu'à $l=30$ (4) mais un nombre de paires en sortie limité (1 à 3), lié au recouvrement non optimal des LG.

Notre étude utilise des VO appelés " Perfect Vortex Beams " (PV) (5) et montre que leurs propriétés, notamment leur rayon fin et indépendant de l'OAM, conduisent à 20 fois plus de paires d'OAM. Cela va permettre d'étendre l'espace des paires d'OAM et d'aller vers la multi-intrication.

La présentation montrera comment on produit les PV avec un modulateur spatial de lumière, comment ils sont plus versatiles que les LG. L'étude expérimentale et numérique de leurs propriétés (intensité, rayon, finesse, propagation) est ensuite exploitée pour déterminer le nombre de paires produites et leur probabilité (6). On ouvrira aussi vers les applications des PV dans d'autres champs comme le piégeage d'atomes.

(1) L. Allen et al. Phys. Rev. A 12, 8185 (1992)

(2) A. Mair et al. Nature 12, 313 (2001).

*Intervenant

- (3) G. Walker, A. S. Arnold, S. Franke-Arnold, Phys. Rev. Lett. 12, 243601 (2012)
- (4) A. Chopinaud et al. Phys. Rev. A.12, 063806 (2018)
- (5) P. Vaity, L. Rusch, Opt. Lett. 12, 000597 (2015)
- (6) P Seguigne, L Pruvost, article soumis à APL
- (*) Spontaneous Four wave Mixing

Liquid crystal particle-like driven by light

Emma Furlanetto ^{*} ¹, Etienne Brasselet ², Delphine Coursault ³

¹ Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5798, Université de Bordeaux : UMR5798, Université de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine – Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (LOMA-UMR CNRS 5798) – France

³ Université de Bordeaux – Sciences and Technology College – France

Optical trapping is a well-known phenomenon in the case of solid objects, where the center of mass-the positional degrees of freedom-can be manipulated. In liquid crystals, which belong to the family of ordered fluids, one usually deals with orientational rather than positional degrees of freedom. Here we report on the optical manipulation of particle-like orientational structures existing in liquid crystals endowed with intrinsic helical orientational order. These structures are elastic in nature and it is known that they can be manipulate under the action of light, making such elastic particle-like structures to move on demand.

In this work we unveil a surprising optical manipulation phenomenon of elastic particle-like structures, namely, a polarization-controlled optomechanical push-pull effect. Liquid crystals being birefringent materials, one expects that their manipulation depends on the polarization state of light, however, our unpredicted observations raise new questions. Indeed, we demonstrate that the effect is generic, being neither nonspecific to a given material, sample preparation, nor to light-matter interaction geometry. Therefore, what drives such a behavior?

In order to elucidate the process of light-matter interaction at work, we have explored two avenues. The first option is to consider that elastic particle-like structures behave as a rigid-body optically anisotropic scatterers subject to radiation pressure effects. In fact, for solid objects, it is known that polarization-dependent push-pull effects can occur in bespoke situations. The second option is to take into account of light-induced changes of the internal orientational order of elastic particle-like structures, a process that is expected to depend on polarization. So far, our experimental investigations, supported by modelling, tend to confirm that the latter option is at work.

^{*}Intervenant

Shaping second harmonic beams with nonlinear semiconductor metasurfaces

Laure Coudrat * ^{1,2}, Degiron Aloyse ², Jean-Michel Gérard ¹, Giuseppe Leo

¹ Univ. Grenoble Alpes, CEA, Grenoble INP, IRIG, PHELIQS, "Nanophysique et semiconducteurs" group, F-38000 Grenoble, France – Université Grenoble Alpes, CEA Grenoble – France

² Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR 7162, Université Paris Cité : UMR 7162 – France

Nonlinear metasurfaces have recently brought harmonic generation to subwavelength level, with spectral and polarization control unachievable in bulk crystals. Until recently, however, no full-phase control had been demonstrated on a harmonic field generated with a sufficient efficiency to address practical purposes. In this talk, we will first recall how the fully tensorial $\chi^{(2)}$ features of AlGaAs can be harnessed in metasurfaces, to ensure generation of 0-2pi phase-encoded second harmonic (SH) light. Through nonlinear wavefront shaping, we demonstrate experimentally nonlinear beam steering, plus all-dielectric metalenses that generate and focus SH beams to diffraction-limited spot sizes (1). Nonlinear generation with record efficiency and phase control are achieved in nanostructured arrays that are fully compatible with mature III-V semiconductor technology.

In a second series of experiments, we address more specifically the generation of vortex beams (2,3). While their generation using bulky optical devices impedes to a large extent practical applications, metasurfaces have recently proven successful in creating optical vortices, especially in the linear regime. Here, we demonstrate and analyze the generation of high-purity SH optical vortices via dielectric meta-holograms. Through full-wave simulations and a proper fabrication protocol, we achieve efficient frequency doubling of an unstructured pump beam into SH vortices with topological charges from 1 to 10. Interferometric and modal-purity measurements confirm the generation of high-purity SH vortices with minimal deviations from the intended design thanks to a quasi-local control over the SH phase. Through systematic comparisons between experimental data and semi-analytical calculations, we provide a clear insight into the occurrence of weak ghost vortices in the SH beams, highlighting the importance of simple designs that can be readily transposed into fabricated nonlinear metasurfaces with high fidelity.

(1) C. Gigli, G. Marino, A. Artioli, D. Rocco, C. De Angelis, J. Claudon, J.M. Gérard, and G. Leo, *Optica* 8, 269 (2021)

(2) L. Coudrat, G. Boulliard, J.-M. Gérard, A. Lemaître, A. Degiron, and G. Leo, *Light: Sci. Appl.* 14, 51 (2025)

(3) D. de Ceglia, L. Coudrat, et al, *Nature Commun.* 15:1625 (2024)

*Intervenant

New insights on all-optical ultrafast cavity switching

Guilherme Torelly ¹, Sylvain Perret ², Emanuel Peinke ², Joël Bleuse ²,
Jean-Michel Gérard ^{* 2}

¹ Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro [Brasil] = Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro [Brazil] = Université catholique pontificale de Rio de Janeiro [Brésil] – Brésil

² Univ. Grenoble Alpes, CEA, Grenoble INP, IRIG, PHELIQS, "Nanophysique et semiconducteurs" group, F-38000 Grenoble, France – Université Grenoble Alpes, CEA Grenoble – France

We report on ultrafast all-optical free carrier switching experiments, performed on pillar microcavities containing a collection of quantum dots (QDs). Using the quantum dots as a broadband internal light source and a streak camera as detector, we track the resonance frequencies for a large set of modes with ps time resolution. We report a record-fast switch-on time constant (1.5 ps) for optimized pumping conditions (1). We observe major transient modifications of the modal structure of the micropillar on the 10-ps time scale. On one side, mode crossings are induced by a focused and symmetric injection of free carriers around the pillar axis (2). On the other side, an off-axis injection of free carriers breaks the rotational symmetry of the micropillar, which is witnessed by a transient lifting of several mode degeneracies (1). We show theoretically and experimentally that such ultrafast events can be exploited to tailor the dynamic properties of the coupled QD-cavity system. As an example, we demonstrate the generation of ultrashort spontaneous emission pulses (as short as 5 ps duration) by a collection of frequency-selected QDs in a switched pillar microcavity (2). A transmission experiment through a scattering Teflon slab confirms the lack of spectral coherence for such pulses.

Additionally, such a control of QD-mode coupling on the 10 ps-time scale establishes cavity switching as an appealing resource for quantum photonics that could be used, for instance, to shape the temporal envelope of single-photon pulses emitted by a single QD (3).

(1) T. Sattler, G.M. Torelly, E. Peinke, A. Gérard, J. Claudon, J. Bleuse, P.L. Souza, J.M. Gérard, *APL Photon.* **5**, 126104 (2020).

(2) E. Peinke, T. Sattler, G. M. Torelly, P.L. Souza, S. Perret, J. Bleuse, J. Claudon, W. L. Vos, J. M. Gérard, *Light: Science and Applications* **10**, 215 (2021).

(3) G. Hornecker, E. Peinke, J. Claudon, A. Auffèves, J.M. Gérard, *Proc. SPIE Optics and Optoelectronics, Conf on Quantum Optics and Quantum Information Transfer and Processing 2015*, Conf 9505, Paper 95050N; doi:10.1117/12.2178991

*Intervenant

Absorption des impulsions laser ultrabrèves par le verre en mode rafale

Sylvain Lecler * ^{1,2}, Baptiste De Azevedo ^{1,2}, éric Audouard ³, Armel Bahouka ⁴

¹ Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie – Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, Université de Strasbourg, Institut National des Sciences Appliquées - Strasbourg, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, Les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS), Centre National de la Recherche Scientifique, Matériaux et Nanosciences Grand-Est, Réseau nanophotonique et optique, Réseau nanophotonique et optique – France

² Institut National des Sciences Appliquées - Strasbourg – Institut National des Sciences Appliquées – France

³ Amplitude Systèmes – Amplitude Laser Group, 11 avenue de Canteranne, Cité de la Photonique, 33600 Pessac, France – France

⁴ IREPA LASER – IREPA LASER, IREPA LASER – France

Les verres sont des matériaux de premier plan dans les systèmes d'aujourd'hui. Ils sont transparents, tiennent la haute température, sont biocompatibles et ont également une bonne inertie chimique. C'est pourquoi ils sont utilisés pour les technologies de la communication, l'aérospatial, les applications biomédicales et dans beaucoup d'autres secteurs encore. Ces dernières années les lasers à impulsion ultrabrève ont montré leur intérêt pour les micro-structurer : gravure, découpe, soudage, écriture directe de guide d'onde, etc. L'énergie laser est déposée en volume dans le verre par absorption multi-photonique. Nous montrerons comment le mode rafales MHz en proche infrarouge permet d'augmenter cette absorption et de modifier le verre là où une seule impulsion avec la même énergie ne l'aurait pas permis. Nous montrerons théoriquement et expérimentalement comment par un processus d'accumulation thermique ces rafales peuvent permettre d'assembler deux verres même dans une zone où ils sont séparés de plusieurs microns. Le processus physique d'assemblage lors de la rafale sera décortiqué.

*Intervenant

Polarisation-based interferometry for enhanced low electric-field detection

Jean-Baptiste Billeau ^{*} ^{1,2}, Patrick Cusson ³, Denis Seletskiy ⁴, Stephan Reuter ²

¹ Laboratoire de Physique des Plasmas – Observatoire de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, Institut Polytechnique de Paris – Route de Saclay, 91128 Palaiseau, France, France

² PPSL Laboratory, Department of Engineering Physics, Polytechnique Montréal – Montréal, Québec H3T 1J4, Canada

³ FemtoQ Laboratory, Department of Engineering Physics, Polytechnique Montréal – Canada

⁴ FemtoQ Laboratory, Department of Engineering Physics, Polytechnique Montréal – Canada

The control and characterization of cold atmospheric plasmas (CAP) are increasingly important for biomedical applications ranging from selective cancer therapies to tissue regeneration. A key parameter influencing plasma chemistry in these contexts is the electric field, which governs redox species generation. Electric-Field Induced Second Harmonic generation (E-FISH) provides a non-invasive diagnostic tool capable of probing these fields with high temporal resolution. However, its utility is constrained by limited spatial resolution, poor sensitivity in low-field regimes, and lack of information on field polarization.

To overcome these limitations, we explore a single-beam interferometric enhancement of E-FISH that preserves its nonperturbative nature while significantly boosting sensitivity. Previous attempts to amplify E-FISH signals using homodyne techniques have been hampered by optomechanical instabilities and phase drift, leading to poor reproducibility and suboptimal signal-to-noise ratios. In this work, we introduce a novel self-referenced alignment protocol designed to stabilize the interferometric configuration and suppress error sources arising from optical misalignment.

Comparative studies between standard and amplified E-FISH configurations show a marked improvement in signal fidelity and detection limits, enabling more precise mapping of weak electric fields in CAP jets. These results open pathways to more accurate in situ diagnostics of plasma-tissue interactions and optimized therapeutic plasma delivery.

^{*}Intervenant

Conversion de fréquences dans l’ultraviolet à fortes performances

Gabriel Mennerat * ¹

¹ CEA Paris-Saclay Laboratoire d’Interactions, Dynamiques et Lasers – CEA-DRF-IRAMIS – France

Nous présentons la génération de 4e harmonique d’impulsions laser en régime ps à haute puissance moyenne et haute énergie dans le cristal de triborate de lithium LBO. Les premiers étages d’une chaîne laser Yb:YAG fonctionnant à une cadence de 1 kHz fournissent des impulsions étirées en fréquence de quelques ps à 220 mJ à une longueur d’onde fondamentale de 1030 nm. Ces impulsions sont converties en fréquence dans une cascade de trois cristaux de LBO pour générer les 2e, 3e et 4e harmoniques à 515 nm, 343 nm et 257 nm respectivement. L’épaisseur des cristaux et le désaccord angulaire de phase ont été calculés en fonction de la durée de l’impulsion par des simulations numériques optiques non linéaires à large bande. Le dernier cristal est refroidi par conduction sur ses bords et par sa surface au centre par un flux d’air forcé afin de limiter l’échauffement dû à l’absorption non linéaire dans l’UV profond et de réduire les gradients de température. La durée des impulsions a été ajustée expérimentalement pour atteindre un rendement de conversion global stable de 20 %. A notre connaissance, ces performances représentent un record mondial en puissance crête dans l’ultraviolet profond, hors chaînes pour la fusion. Les quatre profils de faisceau ont été enregistrés en continu à la sous-cadence de 10 Hz, ainsi que les énergies correspondantes, sans aucune dégradation significative du faisceau sur 50 heures. Les profils de température des deux derniers cristaux ont permis d’optimiser le refroidissement de surface pour les futures montées en puissance qui s’annoncent prometteuses d’après les simulations optiques et thermiques. Le LBO est également un matériau de choix pour la conversion de fréquence finale à 351 nm des chaînes laser pour la fusion par confinement inertiel. Nous montrerons que l’échange standard des cristaux de KDP de 40 cm de côté, actuellement utilisés à une cadence de quelques tirs par jour sur le National Ignition Facility ou le laser Mégajoule, est possible sans sacrifier la bande spectrale. Un refroidissement par les faces optiques de mosaïques de cristaux de LBO d’épaisseur adaptée permettrait d’obtenir des performances identiques aux records d’UV de 14 kJ par faisceau (2,6 MJ pour 192 faisceaux) à une cadence de tirs de plusieurs dizaines de Hz.

*Intervenant

Label-free multimodal nonlinear optical microscopy for functional imaging of living tissues

Stringari Chiara * ¹

¹ Laboratoire d'Optique et Biosciences – Ecole Polytechnique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Label-free nonlinear optical (NLO) microscopy is emerging as a transformative tool in biophotonics, offering high-resolution, non-invasive imaging of living biological tissues without the need for external dyes or fluorescent markers. In this talk, we will show how the development and integration of advanced NLO imaging modalities - including second-harmonic generation (SHG), third-harmonic generation (THG) microscopy and multiphoton fluorescence - are enabling the study of complex physiological and pathological processes in a wide range of biomedical fields. SHG and THG microscopy have emerged as powerful imaging modalities for probing the structural organization of diverse biological tissues. Here, we present novel experimental optical configurations for fast, polarised SHG and THG imaging that allow the investigation of protein organization and lipid distribution in dynamic biological systems. In addition, we present novel modelling frameworks to relate experimentally observed signals to material structure and tissue architecture across multiple spatial scales. Furthermore, we highlight recent advances in label-free metabolic imaging using two-photon fluorescence lifetime microscopy (2P-FLIM) of endogenous biomarkers naturally present in cells and tissues. We show how 2P-FLIM of metabolic coenzymes reveals the complexity of metabolic processes in intact tissues with minimal phototoxicity and can be implemented non-invasively for longitudinal studies *in vivo*. Finally, we discuss the application of multimodal NLO microscopy in the context of neuroscience to advance the understanding of myelin plasticity and cellular metabolism in healthy and diseased brain tissue.

*Intervenant

Manipulation of conical diffraction vector waves in linear and nonlinear optically biaxial crystals

Germano Montemezzani * ^{1,2}, Muhammad Waqar Iqbal ^{1,2}, Yuliia Shiposh ³, Anton Kohutych ³, Nicolas Marsal ^{1,2}, Alexander A Grabar ³

¹ Laboratoire Matériaux Optiques, Photonique et Systèmes – CentraleSupélec, Université de Lorraine – France

² Chair in Photonics – CentraleSupélec, LMOPS, 57000 Metz – France

³ Inst. for Solid State Physics and Chemistry, Uzhhorod National University – Ukraine

Internal conical diffraction (CD) is a well-known linear optical effect observable upon focused-light propagation along an optic axis of an optically biaxial crystal (BC). In the standard configuration involving a unique BC and uniformly polarized input wave, CD creates a double circular ring with spatially varying linear polarization (vector wave), where two diametrically opposite points always possess orthogonal linear polarizations. CD beams have recently demonstrated compelling capabilities for various applications in contemporary photonics, such as, optical trapping, free-space optical communication, super-resolution imaging, or polarimetry. In this context novel cascaded configurations where the optical wave traverses several aligned BCs play an important role. They lead to versatile techniques for the tailoring of multiple-ring-shaped vector waves and their optical angular momentum, up to the case where the output pattern loses its intrinsic circular symmetry in so-called conjugate cascades. In the present work we discuss new venues for manipulating CD vector waves using both linear and nonlinear optically biaxial media. It is shown that if the material exhibits the nonlinear photorefractive effect, it is possible to coherently amplify the CD wave and store it as a hologram. This approach has the remarkable feature that all processes take place in-situ within a unique medium. Experiments performed using an appropriately cut nominally undoped photorefractive Sn₂P₂S₆ crystal show that the holograms can successfully be recorded with any combination of the object and reference wave input polarizations, including mutually orthogonal ones. The observed behavior can be qualitatively accounted by a simplified model for the involved complex physical contributions. This approach opens interesting perspectives for the tailoring of the reconstructed and/or amplified CD vector waves and their static or dynamic manipulation, both in single BC and in cascaded configurations.

*Intervenant

MC08 : Photonique quantique: briques de base et applications

Optical Communication via Rabi Oscillations in NV Center Ensemble

Ziad Abi Akar * ¹, Christophe Couteau *

¹, Surena Fatemi ^{2,3}

¹ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux, nanotechnologies (L2n) – France

² Light, nanomaterials and nanotechnologies - L2n – L2n, CNRS EMR 7004, Université de Technologie de Troyes – France

³ University of Saarland / Universität des Saarlandes [Homburg, Germany] – Allemagne

Optical communication systems are fundamental to the future of high-speed, secure data transmission. With the rapid advancement of quantum technologies, new avenues are emerging to enhance the performance and security of these systems. This project investigates the use of nitrogen-vacancy (NV) centers in diamond as a platform for quantum-enhanced optical communication, aiming to develop robust and secure quantum communication protocols.

The core of this research lies in controlling the quantum states of NV center ensembles through microwave-induced Rabi oscillations and detecting these states using Optically Detected Magnetic Resonance (ODMR). By exploiting the drop in photoluminescence (PL) associated with Rabi oscillations, we implement a basic form of data transmission using On-Off Keying (OOK) modulation. In this binary encoding scheme, information is conveyed through the presence or absence of PL, enabling a novel method of quantum-state-based signal encoding.

This approach serves as a proof of concept for the feasibility of NV-based optical communication. The precision and sensitivity of ODMR, combined with the coherence and stability of NV centers, offer a compelling framework for developing future quantum communication systems. While the current focus is on demonstrating basic message transmission, the broader vision of this work is to extend these findings toward scalable, quantum-secure optical networks.

Ultimately, this research contributes to the foundation of quantum communication by leveraging the unique properties of NV centers in diamond. It not only demonstrates the potential for integrating quantum effects into practical communication technologies but also paves the way for next-generation quantum networks with enhanced data security and performance.

*Intervenant

Génération expérimentale de superpositions d'états cohérents avec une mémoire quantique

Hector Simon ¹, Lucas Caron ^{*} ¹, Romaric Journet ^{*}

¹, Viviane Cotte ¹, Rosa Tualle-Brouri ^{*}

1

¹ Laboratoire Charles Fabry / Optique Quantique – Laboratoire Charles Fabry – France

Les états " chat de Schrödinger ", qui sont des superpositions cohérentes de deux états cohérents déphasés, sont des ressources précieuses pour l'informatique quantique (1), la communication quantique (2) et la métrologie quantique (3). Dans ce travail, nous présentons une mise en œuvre expérimentale d'une source d'états " chat de Schrödinger " à l'aide d'un protocole itératif. Nous utilisons une source de photons annoncés basée sur la fluorescence paramétrique et une cavité " mémoire quantique ". Cette dernière consiste en une cavité à faibles pertes comprenant une cellule de Pockels rapide et un séparateur de polarisation ce qui nous permet de stocker un premier photon unique en attendant qu'un second photon soit généré. Nous intriquons ensuite le photon stocké et le photon entrant en utilisant le séparateur de polarisation et la cellule de Pockels, qui agit sur la polarisation des photons. Une détection homodyne effectuée ensuite une mesure de quadrature sur une partie de l'état intriqué. Il s'agit d'une mesure de conditionnement : si le résultat est " $X=0$ ", l'autre partie de l'état est projetée sur un état " chat de Schrödinger ". Ce protocole nous permet de générer ces états avec une grande fidélité ($> 60\%$) pour un taux de génération rapide (1 kHz) (4), ce qui est à notre connaissance l'état de l'art. Nous utilisons également cette cavité mémoire pour stocker l'état ainsi produit, ouvrant la voie vers la génération itérative d'états plus complexes (4). Le point central de cette expérience est la cavité " mémoire quantique " qui augmente le taux de génération en stockant le premier photon et qui permet l'implémentation de protocoles itératifs.

(1) Ralph, T. C., Gilchrist, A., Milburn, G. J., Munro, W. J., & Glancy, S. (2003). Physical Review A, 68(4),

042319.

(2) Le Jeannic, H., Cavaillès, A., Raskop, J., Huang, K., & Laurat, J. (2018). Optica, 5(8), 1012-1015.

(3) Joo, J., Munro, W. J., & Spiller, T. P. (2011). Physical review letters, 107(8), 083601.

(4) H. Simon, L. Caron, R. Journet, V. Cotte and R. Tualle-Brouri (2024). Phys. Rev. Lett. 133, 173603.

^{*}Intervenant

Narrow bandwidth integrated photon pair source for praseodymium quantum memories

Essowéréo Tchao ^{*} ¹, Rafael Salas-Montiel ^{2,3}, Mauricio Gómez-Robles ²,
Komla Nomenyo ⁴

¹ Laboratory Light, nanomaterials, and nanotechnologies CNRS UMR 7076, Université de Technologie de Troyes, 10004, Troyes, France

² Laboratory Light, nanomaterials, and nanotechnologies CNRS UMR 7076, Université de Technologie de Troyes, 10004, Troyes, France

³ EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – EUT Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – France

⁴ Laboratory Light, nanomaterials, and nanotechnologies CNRS UMR 7076, Université de Technologie de Troyes, 10004, Troyes, France

Authors: Essowéréo Tchao¹, Mauricio Gómez-Robles^{1,2}, Komla Nomenyo¹, and Rafael Salas-Montiel^{1,2,*}

Affiliations:

¹ Laboratory Light, nanomaterials, and nanotechnologies CNRS EMR 7004, Université de Technologie de Troyes, 10004, Troyes, France

² EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union

* Corresponding author's email: rafael.salas@utt.fr

Abstract:

This project proposes the design, fabrication, and characterization of an integrated photon-pair source using spontaneous four-wave mixing in a silicon nitride microring resonator, aimed at generating a signal photon at 606 nm compatible with the transitions of praseodymium ions (Pr^{3+}) and an idler photon at 1430.5 nm corresponding to a CWDM channel in the E-band. Based on previous studies that used a waveguide with dimensions $h = 430$ nm and $w = 818$ nm, we theoretically demonstrate that a waveguide with a height of 500 nm and a width of approximately 996.5 nm can achieve equivalent phase-matching conditions and thus a spectral bandwidth close to 3.98 MHz. The theoretical validation through analytical and FDTD simulations precedes the experimental phase, which will include clean-room fabrication and device characterization, paving the way for the effective integration of quantum photonic technologies and interfacing with quantum memories based on crystals doped with Pr^{3+} ions.

Acknowledgements: Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'innovation (ECOS Nord M19P01); Allocations doctorales Région Grand Est (projet Qsim); NANO-PHOT

*Intervenant

École Universitaire de Recherche (ANR-18-EURE-0013) ; French Region Grand Est HPC Center ROMEO.

Implementation of a controlled NOT gate on silicon nitride on insulator photonic circuits for quantum computing

Gilbert Mbaye * ¹, Rafael Salas-Montiel ^{1,2}, Komla Nomenyo ¹, Mauricio Gómez-Robles ¹, Essowéréo Tchao ¹

¹ Laboratory Light, nanomaterials, and nanotechnologies CNRS EMR 7004, Université de Technologie de Troyes, 10004, Troyes, France – Laboratory Light, nanomaterials, and nanotechnologies CNRS EMR 7004, Université de Technologie de Troyes, 10004, Troyes, France – France

² EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – EUT Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – France

This work focuses on the implementation of integrated photonic circuits (PICs) made of silicon nitride on insulator platform as a scalable platform for quantum computing. Quantum computers use quantum bits, or qubits, which can exist in a superposition of states, allowing them to perform calculations that classical computers cannot. In this work, we implemented and measured the transmission of classical light through a controlled NOT (CNOT) logic gate PIC across the telecom spectrum. We use spatial-mode degree of freedom in a silicon nitride waveguide to encode each qubit. Using the scattering matrix of the PIC, we obtain its quantum behavior. In addition, we use qINTERCONNECT from Ansys Lumerical to model its quantum optical response. Acknowledgements : ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (ECOS Nord M19P01) ; Allocations doctorales Région Grand Est (projet Qsim) ; NANO-PHOT École Universitaire de Recherche (ANR-18-EURE-0013) and the French Region Grand Est HPC Center ROMEO.

*Intervenant

Characterization of nonlinear photonic integrated circuits in silicon nitride

Iheb Laibi * ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

*Intervenant

High-resolution imaging of cold rubidium atoms

Matthieu Cassus¹, Thibault Bourgeois¹, Maxime Pesche¹, Thomas Badr^{*}
¹, Laurent Longchambon¹, Romain Dubessy², H       Perrin¹

¹ Laboratoire de Physique des Lasers – Université Paris 13, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Sorbonne Paris nord – France

² Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 – France

The rubidium 87 quantum gas experiment at the Laboratoire de Physique des Lasers produces degenerate gas samples in a quadrupole magnetic trap dressed with a radio frequency field. In this experiment, the atoms are located near an isomagnetic ellipsoidal surface of the inhomogeneous static field. In the presence of gravity, this ellipsoidal trap allows a two-dimensional confinement in a smooth and highly tunable potential. It has recently been demonstrated (1) that gravity can be partially compensated so that the superfluid explores a larger portion of the trap. This allows us to study of out-of-equilibrium dynamics of a superfluid on a curved surface well beyond the harmonic trap approximation.

In particular, in order to quantify rotation in a superfluid one has to study the nucleation of vortices and their self-organisation in arrays. In 2D, a vortex corresponds to a point where the density of the superfluid vanishes, with a size fixed by the healing length, a few hundreds of nanometers in atomic BECs. In order to image in-situ such small objects, we are currently working on a new imaging system with significantly better optical resolution. In parallel with the development of new imaging optics with higher numerical aperture, we plan to perform absorption imaging using the $5s \ ^2S_{1/2} \rightarrow 6p \ ^2P_{3/2}$ transition at 420 nm instead of the usual D2 line.

Latest developments will be presented at the conference.

(1) Yanliang Guo et al, New J. Phys. 24 093040 (2022)

^{*}Intervenant

Towards entanglement-based quantum communication over a field deployed fiber-network in Paris

Célia Smaï * ¹, Meskine Othmane *

¹, Marco Ravarolo ¹, Maria I. Amanti ², Florent Baboux ¹, Sara Ducci ³

¹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Université Paris Cité, CNRS – France

² Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Université Paris Cité, CNRS – France

³ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Université Paris Cité, CNRS – France

Entanglement-based quantum key distribution (QKD) is one of the most secure quantum communication protocols, relying on the fundamental properties of quantum entanglement to ensure security against eavesdropping. These protocols can operate without needing trusted nodes and are source-independent, making them strong candidates for device-independent QKD. Current research focuses on bringing these protocols out of the laboratory and into real-world networks

For practical deployment, using existing telecom infrastructure is crucial, though several technical challenges arise. Chromatic dispersion must be compensated to preserve temporal correlations, and distributing entangled states between distant measurement stations requires precise clock synchronization, often at the picosecond level. It is also necessary to encode quantum information in photonic degrees of freedom that are both robust and compatible with long-distance transmission. Polarization states stand out for their simplicity, they are relatively easy to generate, manipulate, and measure.

In this work, we demonstrate the distribution of polarization-entangled photon pairs over 30 km of deployed fiber. Our quantum source is based on an AlGaAs Bragg-reflection waveguide, which features strong second-order nonlinearity leading to efficient photon-pair generation (~ 2.7 MHz/mW) and a large electro-optic effect enabling on-chip manipulation at room temperature (1). Its direct bandgap also led to the monolithic integration of laser action and internal PDC on a single chip (2).

The generated state exhibits a broad bandwidth of 93 nm centered in the C-band allowing for entanglement distribution based on dense wavelength multiplexing. We report a fidelity $> 96.7\%$ (85%) to the polarization Bell state ψ^+ over 11(20) energy-matched pairs of 100 GHz ITU channels. A 12 nm-broad two-photon state transmitted through the deployed link maintained a fidelity $> 91\%$, demonstrating the promise of AlGaAs sources for real-world, multi-user quantum network.

(1)F. Appas et al, "Nonlinear Quantum Photonics With AlGaAs Bragg-Reflection Waveguides"

*Intervenant

Journal of Lightwave Technology (2022)

(2) F. Boitier et al, "Electrically injected photon-pair source at room temperature", Phys. Rev. Lett. 112, 183901 (2014)

Neural network-based design tool for nonlinear quantum photonic microcavities

Italo Pio De Simeone ^{*} ¹, Giorgio Maltese ², Marco Ravarò ¹, Maria Amanti ¹, Florent Baboux ¹, Sara Ducci ¹

¹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Université Paris Cité – France

² Microsoft Azure Fiber – Royaume-Uni

Designing photonic structures for nonlinear optics is challenging because of the complex interplay between the numerous design parameters and the optical modes that govern the nonlinear interactions. Traditional simulation techniques, such as Finite Difference Time Domain (FDTD), are computationally intensive, making them unsuitable for exhaustive searches across large parameter spaces. In recent years, neural networks have emerged as powerful tools in photonic design. Unlike conventional methods, trained neural networks leverage differentiability and gradient descent to efficiently identify optimal parameter sets. In this work, we develop U-Net Convolutional Neural Network (CNN)(1) models to design an optimal Aluminum Gallium Arsenide (AlGaAs) microcavity for nonlinear and quantum optics applications. The microcavity consists of a multilayer AlGaAs waveguide that emits quantum states of light through spontaneous parametric down-conversion in a transverse pump configuration(2). In this setup, a pump beam impinges on the top of the waveguide, generating pairs of counterpropagating entangled photons (signal and idler) along the waveguide axis. Our design tool predicts the spatial profile and effective index of signal and idler modes starting from the AlGaAs multilayer epitaxial structure.

This approach opens new avenues for designing integrated quantum light sources, enabling optimization of conversion efficiency, generation of exotic quantum states of light(3) (such as Schrödinger cat-like, compass, and hyperentangled states(4), higher-order modes emission) as well as non-degenerate photon pairs. The latter is particularly valuable for the development of quantum networks, as it facilitates the creation of interfaces between flying qubits (i.e. telecom photons) and static qubits (i.e. trapped ions) operating at different wavelengths. (1) J. Lim et al., APL Photonics 7, 011301 (2022)

(2) A. Orioux et al., Phys. Rev. Lett. 110, 160502 (2013)

(3) G. Boucher et al., Phys. Rev. A 92, 023804 (2015)

(4) S. Francesconi et al., Photon. Res. 11, 270-278 (2023)

^{*}Intervenant

Controlled generation of individual quantum emitters in hBN using electron beam irradiation and in-situ cathodoluminescence monitoring

Andrés Nuñez Marcos * ¹, Stéphanie Buil ², Jean-Pierre Hermier ², Aymeric Delteil ²

¹ Groupe d'Etude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8635, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8635 – France

² Groupe d'Etude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8635, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8635 – France

The control of the position and wavelength of high quality quantum emitters is crucial for the implementation of a top-down approach in solid-state quantum technologies. In this context, 2D materials offer new opportunities in this field, with specific integration techniques at the ultimate scale of single atomic layers.

We have recently demonstrated the local generation of quantum emitters ("B-centres") with reproducible wavelength and high quality photophysics in the visible range (1). The B-centres are generated by local irradiation in a scanning electron microscope. The limitation of this technique is the lack of control over the number of emitters created during irradiation. To overcome this limitation, we exploit the fact that B-centres can exhibit cathodoluminescence under irradiation conditions compatible with their generation (2). Based on this fact, we have implemented in-situ monitoring using the cathodoluminescence of the generated colour centres during the irradiation process, allowing us to observe the success of B centre generation in real time at the individual scale. The controlled generation of quantum emitters in a 2D material opens up exciting prospects in quantum photonics with applications in optical quantum technologies.

References

- (1) C. Fournier et al., Nature Commun. 12, 3779 (2021).
- (2) S. Roux et al. Appl. Phys. Lett. 121, 184002 (2022).

*Intervenant

Control of multi-spin systems toward large-scale quantum technologies.

Charles Babin * ¹, Owen Fresse-Colson ¹, Dominique Sugny ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne – Université Bourgogne Europe – France

Optically active spins in the solid are a promising platform for advanced quantum information processing, with fascinating opportunities emerging by linking atom-like optical transitions and long-lived electron and nuclear spin qubit clusters (1). Hallmark experiments have demonstrations of multi-node quantum networks (2) and fault-tolerant operations on a logical qubit (3, 4) at cryogenic temperature ($T \sim 4$ K) have highlighted the platform's potential. However, practical quantum technologies require scaling up these systems, posing unique controllability challenges in terms of speed, robustness to noise and energy efficiency.

To this end, we leverage quantum control theory (5, 6)-a powerful set of analytical and numerical tools-to design tailored control fields that steer spin systems efficiently while minimizing cost functions such as operation time and infidelity. These optimized controls enable high-fidelity operations that are robust against common experimental imperfections, including decoherence from environmental coupling (7, 8).

As a preliminary demonstration, we apply these techniques to multi-spin systems and report performance that significantly surpasses conventional Rabi-based protocols in both speed and fidelity. These results highlight the essential role of optimal quantum control in advancing spin-based architectures toward large-scale quantum technologies.

—

- (1) D.D. Awschalom et al., Nat. Photonics 12, 516 (2018)
- (2) M. Pompili et al., Science 372, 259 (2021)
- (3) G. Waldherr et al., Nature 506, 204 (2014)
- (4) M. H. Abobeih et al., Nature volume 606, pages 884–889 (2022)
- (5) C. P. Kochet al., EPJ Quantum Technology 9, 19 (2022)
- (6) Q. Ansel et al., J. Phys. B : At. Mol. Opt. Phys. 57, 133001 (2024)
- (7) M. Harutyunyan et al., Phys. Rev. Lett. 131, 200801 (2023)
- (8) H. Sun et al., APL Quantum 2, 016134 (2025)

*Intervenant

Quantum information processing with pairs of photons entangled in frequency

Jan Viatteau ^{* 1}, George Crisan ¹, Antoine Henry ², Stephane Monfray ³,
Frédéric Boeuf ³, Laurent Vivien ¹, Eric Cassan ¹, Nicolas Fabre ⁴, Carlos
Ramos ¹, Juan Rafael Alvarez Velasquez ⁴, Nadia Belabas ¹

¹ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9001, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Institute for Physical Science and Technology [College Park] – états-Unis

³ STMicroelectronics (Crolles) – STMicroelectronics – France

⁴ Télécom Paris – Institut Mines-Télécom [Paris], Institut Polytechnique de Paris – France

Photons, as flying carriers of information, are a fundamental building block for quantum networks. In addition, they possess numerous degrees of freedom that can be used to transmit and manipulate quantum information, e.g. polarization, orbital angular momentum or frequency. Using frequency encoding gives access to a high-dimensional space supporting information encoding onto qudits. An example of d-dimensional frequency encoding consists in assigning local $|0\rangle$, $|1\rangle$... $|d\rangle$ to the peaks, or bins, of a frequency comb. Qudits allow a denser transfer of quantum information and greater noise robustness with respect to qubits, notably when considering communication protocols such as quantum key distribution. Furthermore, frequency multiplexing tools allow for the coexistence of numerous frequency modes in a single-mode fiber, facilitating the construction of a complex network with single fiber links.

We present building blocks for generating and manipulating frequency bin qudits at telecom wavelengths. The system is based on dedicated low free spectral range silicon resonators where photon pairs are generated through four wave mixing. The information processing and pump rejection are achieved using notably sequences of electro-optic modulators (EOM) and programmable filters (PF). Those fibered, off-the-shelf components indeed allow to demultiplex frequency bins and act on them independently from one another, implementing quantum information processing (QIP) circuits for frequency-bin qudits.

Entanglement swapping, an important QIP primitive, transfers entanglement to photons that never interacted. We discuss and simulate frequency entanglement swapping between two pairs of photons generated simultaneously by a single resonator. Because of energy conservation, the signal and idler photons of each generated pair are entangled in frequency. By performing a Bell state measurement on the two idlers, we project the two signal photons onto a Bell state. The measurement is performed by mixing the photons from adjacent frequency bins using an EOM, and then selecting the bins of interest with a PF.

We study the feasibility of using EOMs and PFs for the implementation of ES and further discuss strategies to generate resource states such as GKP in time-frequency.

*Intervenant

Capteur de champs de radiofréquence à atomes de Rydberg

Gabriel Boccara ^{*} ^{1,2}, Mickael Branco ¹, K. V. Adwaith ¹, Duc Anh Trinh ¹, Aliénor Rouxel ^{1,3}, Israel Hinostroza ², Sacha Welinski ³, Perrine Berger ³, Stephane Saillant ², Fabienne Goldfarb ¹, Fabien Bretenaker ¹

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 - FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

² Sondra, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay – ONERA, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay – France

³ Thales Group, Research & Technology – Thales Group, Research – France

Les capteurs RF à base d'atomes de Rydberg représentent une alternative prometteuse aux antennes classiques, notamment grâce à leur sensibilité élevée, et leur calibration intrinsèque. La technique que nous proposons repose sur la transparence électromagnétiquement induite (EIT) dans une cellule à vapeur de rubidium à température ambiante (1). Lorsqu'un champ RF est résonnant avec une transition entre états de Rydberg, il induit un dédoublement Autler-Townes (AT) du pic EIT. L'amplitude du champ est alors directement liée à la séparation du doublet. Un laser sonde à 780 nm et un laser de couplage à 480 nm sont stabilisés en fréquence par verrouillage sur des transitions atomiques de référence

Une difficulté majeure identifiée dans ces capteurs est la présence de perturbations du champs RF induits par des charges de surface, particulièrement proches des parois latérales de la cellule. Ces charges, provoquées par l'adsorption d'atomes alcalins ou des effets photoélectriques liés aux lasers d'excitation, altèrent la forme du signal et limitent la miniaturisation des cellules (2).

Afin de mieux comprendre et anticiper ces effets, nous voulons simuler le champ RF dans la cellule, en intégrant différents éléments : la géométrie et les matériaux du support de cellule, la présence de charges localisées induites par les lasers (notamment à 480 nm), et l'effet perturbateur du dépôt d'atomes alcalins. Inspirées des travaux récents (2,3) utilisant l'imagerie par fluorescence des atomes de Rydberg, ces simulations 2D/3D (via éléments finis) viseront à cartographier la distribution du champ en présence de charges de surface. L'objectif est de comparer différents scénarios (cellules avec ou sans traitement, support, etc.) et d'identifier les configurations minimisant les perturbations.

(1) Trinh D.-A., *Détection de champ électrique par radiofréquence à l'aide d'atomes de Rydberg en cellule*, Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay, 2025

(2) Link P. et al., *Imaging of induced surface charge distribution effects in glass vapor cells used for Rydberg atom-based sensors*, arXiv:2502.07018 (2025).

(3) Schlossberger N. et al., *Angle-of-arrival detection of radio-frequency waves via Rydberg atom fluorescence imaging*, arXiv:2504.18028 (2025).

^{*}Intervenant

Coherent SiV center in Diamond nanophotonic waveguide for Quantum information

Althéa Housset * ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel, 4 place Jussieu, 75005 Paris – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS, Laboratoire Kastler Brossel, Sorbonne Université, CNRS, ENS-PSL Research University, Collège de France, 4 place Jussieu, F-75005 Paris, France – France

Single photon sources of different types have been widely studied in the past years for quantum information and the development of quantum networks. Solid-state single photon sources can be compact compared to traditional atomic systems, and can be integrated in photonic chips, which could be more practical and efficient for device implementation. However, collecting efficiently their single photon emission into conventional optical fibers remains a challenge. Our work focuses on the coupling of a diamond nanowaveguide with embedded group IV-color centers and specifically silicon-vacancy (SiV) centers, to a nanofiber. Optical nanofibers, with their sub wavelength diameters, can interact with their surrounding environment through an evanescent field at their surface. Nano-objects within this field can couple to the fiber. By tapering adequately the diamond nanowaveguide and placing it on top of the nanofiber, we can reach high outcoupling efficiency. For this, we perform an adiabatic transfer by tapering the two ends of the diamond nanowaveguide, to ensure a smooth transition between the two eigenstates, without incurring energy losses through change in the eigenvalue. Following this design and fabrication step, we developed a pick-and-place setup for the deposition of waveguides onto the surface of the nanofiber. A tungsten tip is positioned in proximity of the waveguide, to lift it via Van der Waals interaction. Once the waveguide adheres to the tungsten tip, it can be deposited precisely onto the nanofiber. As at low temperatures, the coherence of emitted photons is significantly improved, we will then proceed into the integration of the platform into cryogenic environments. Future studies will consider other shapes of waveguides as well as a more fundamental approach with interactions such as giant nonlinearities, with single photons and quantum emitters coupled to a cavity, to develop a functional optical control switch for single photon.

*Intervenant

Generating non-Gaussian states of light with a single quantum emitter in a waveguide

Thomas Copie ^{*} ¹, Hanna Le Jeannic ²

¹ Laboratoire Kastler Brossel – Sorbonne Université – France

² Laboratoire Kastler Brossel – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

We present a theoretical investigation of non-Gaussian photonic state generation via the interaction of light with a single two-level emitter in a waveguide. Using an input-output formalism based on virtual cavities, introduced by Kiilerich and Mølmer, we model the scattering dynamics of various input states. This approach allows us to compute the full density matrices of the output photonic states across multiple output temporal modes. We find conditions under which non-Gaussian states can be reliably generated in the scattered light, offering insights into photon-photon interactions mediated by the emitter. These results provide a foundation for engineering non-classical light states in waveguide QED systems, with potential applications in quantum information processing and communication.

^{*}Intervenant

A new photonic simulator: microcavity polaritons for quantum field theory in curved spacetime

Maxime Jacquet * ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8552, école normale supérieure - Paris : FR684, Université Paris sciences et lettres, University Paris Sorbonne, Centre National de la Recherche Scientifique, école normale supérieure - Paris – France

Quantum fields in curved spacetime exhibit a wealth of effects like Hawking radiation from black holes. While quantum field theory in black holes can only be studied theoretically, it can be tested in controlled laboratory experiments. In experiments, a fluid going from sub- to supersonic speed creates an effectively curved spacetime for the acoustic field, with a horizon where the speed of the fluid equals the speed of sound. The challenge to test predictions like the Hawking effect in such systems lies in the control of the spacetime curvature and access to the field spectrum thereon.

In this talk, I present a new simulator based on a polaritonic quantum fluid of light. I will explain how to tailor at will both the curvature of spacetime and the characteristics of the quantum field living thereon to test various QFT models.

I will report on the first observation of negative energy waves in a quantum fluid of light and discuss amplification at the horizon by the Hawking effect.

*Intervenant

Isolated color centers in Si as single photon sources for quantum photonics: recent advances and open challenges

Baptiste Lefaucher ¹, Yoann Baron ², Jean-Baptiste Jager ¹, Anaïs Dréau ³,
Jean-Michel Gérard ^{* 4}

¹ Photonique, Electronique et Ingénierie Quantiques – Université Grenoble Alpes, Commissariat à l'énergie Atomique et aux énergies Alternatives (CEA) - Grenoble, Institut polytechnique de Grenoble (Grenoble INP) – France

² Département Plate-Forme Technologique – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information – France

³ Laboratoire Charles Coulomb – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Montpellier – France

⁴ Photonique, Electronique et Ingénierie Quantiques (PHELIQS) – Université Grenoble Alpes, Commissariat à l'énergie Atomique et aux énergies Alternatives (CEA) - Grenoble, Institut polytechnique de Grenoble (Grenoble INP) – France

Silicon-on-insulator (SOI) is the main material platform for large-scale quantum photonics, with the integration of hundreds of components in cm²-scale programmable chips. However, further up-scaling is hindered by the lack of "on-demand" sources of indistinguishable single photons in silicon. In this context, the observation of photon antibunching for about a dozen of different point defects acting as color centers in Si could be a game changing advance (1).

In this talk, we will first review recent observations of Purcell-enhancement for color centers in SOI microcavities (2,5), with an emphasis on W (6), a bright color center emitting at around 1.22 μm , for its strong interest for integrated quantum photonics (3).

We will next present a pure and bright source of antibunched photons made of a single W center precisely positioned inside a cavity defined by a circular Bragg grating. Thanks to Purcell enhancement of W's zero-phonon emission, we reach at saturation a PL intensity as large as $1.3 \cdot 10^6$ counts/s, combined with nearly perfect antibunching ($g(2)(0) = 0.03$) (5).

In the light of this recent progress, we will briefly discuss the application perspectives of Si color centers to quantum communications and to quantum computing/simulation on integrated photonic chips, and the numerous challenges to be faced along this road.

The authors thank gratefully the numerous colleagues from L2C in Montpellier, PHELIQS and LETI in Grenoble, who have contributed to this work. They acknowledge support by the Plan France 2030 through the project OQuLuS ANR-22-PETQ-0013.

(1) A. Durand et al., Phys. Rev. Lett. 126, 083602 (2021) and refs. therein

(2) B. Lefaucher et al., Appl. Phys. Lett. (2023) ; (3) B. Lefaucher et al, ACS Photon. 11, 24 (2024)

(4) W. Redjem et al, Nat. Comms.14, 3321 (2023)

(5) B. Lefaucher et al, arXiv:2501.12744v1 (physics.optics) 22 Jan 2025

*Intervenant

(6) Y. Baron et al., ACS Photon. 9, 2337-2345 (2022)

Ultra-sensitive strain detection in a rare-earth-doped crystal

Anne Louchet-Chauvet ^{*} ¹, Paul Lafages ¹, P. Verlot ²

¹ Institut Langevin - Ondes et Images (UMR7587) – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7587, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

Les cristaux dopés aux ions de terres rares refroidis à température cryogénique sont des systèmes à l'état solide uniques, combinant d'excellentes propriétés de cohérence dans le domaine optique (avec des applications allant du traitement du signal aux technologies quantiques) et un couplage optomécanique intrinsèque entre les raies optiques et la contrainte mécanique dans la matrice cristalline.

Il y a quelques années, nous avons proposé et démontré une méthode originale s'appuyant sur ces deux propriétés pour concevoir un capteur cryogénique de vibrations. Ce capteur est basé sur l'interrogation en temps réel d'un trou spectral étroit (A. Louchet-Chauvet et al., Rev. Sci. Instrum. 2019). Bien que cette méthode ait montré un potentiel prometteur en termes de bande passante et de sensibilité, elle n'était pas entièrement quantitative.

Dans cette contribution, nous présentons nos récents progrès vers l'obtention d'une mesure directive et quantitative. Nous développons une stratégie permettant une mesure plus directe de la contrainte, basée sur une interrogation sur le flanc du trou spectral. Nous concentrons notre étude sur la réponse dynamique du trou spectral et son lien avec les paramètres spectroscopiques des ions thulium. En plus de représenter une avancée significative vers l'utilisation du capteur comme un outil fiable pour des applications pratiques, ce travail permettra d'approfondir notre compréhension de la physique fondamentale du couplage à la contrainte dans les cristaux dopés aux ions de terres rares.

^{*}Intervenant

Nanodiamonds with Group IV color centers with tunable emission for Quantum applications

Roy Konnoth Ancel * ¹, Christophe Couteau ¹, Surena Fatemi ^{1,2}

¹ Light, nanomaterials and nanotechnologies - L2n – L2n, CNRS EMR 7004, Université de Technologie de Troyes – France

² University of Saarland / Universität des Saarlandes [Homburg, Germany] – Allemagne

Color centers have become a hot topic in recent times for their potential applications in quantum technologies particularly in the context of realizing quantum networks. Employing a scheme that relies on the **coupling between single photons and atom-like transitions among spin states** in a diamond colour center, it is possible to exploit both the strong coherence properties of photons and the easy control of spin states within the colour centers. In this work, we seek to ascertain the feasibility of using single photons from germanium vacancy (GeV) and Silicon vacancy (SiV) centers located within nanodiamonds, as the basis for a quantum network. The advantage of using nanodiamond-based GeV centers lies in the ease of photon extraction along with the ability to control the colour center more easily through external fields without sacrificing spectral purity. The **superior conversion rate of GeV and SiV centers** compared to nitrogen vacancy centers is also a strong point, as well as the larger splitting of the spin levels compared to silicon vacancy centers, which makes control of the spin qubit easier. The project will involve selection of ideal nanodiamonds through the characterization of optical properties such as **photoluminescence** and **second order correlation**. We will examine the scope of a novel **wavelength tuning strategy** involving piezoelectric ZnO coatings. We are also part of a few collaborations; Single photons from Silicon vacancies or Quantum dots will be used to develop **quantum memristors** with colleagues from University of Trento, Time tagging data from single photon sources will be used to assess **randomness of photon arrival times** with a collaborator at Dublin city university, the effect of a magnetic ion on Nitrogen vacancy centers in bulk diamond will also be studied and other collaborations within L2n are also ongoing.

*Intervenant

Quantum photonics using color centers in a diamond membrane coupled to a photonic structure

Surena Fatemi * ^{1,2}, Jan Fait ¹, Roy Konnoth Ancel ², Christoph Becher ¹,
Christophe Couteau ²

¹ Universität des Saarlandes – Allemagne

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

In recent years, color centers in wide band-gap materials have attracted significant attention due to their exceptional potential in quantum technologies. Among these, group-IV color centers in diamond stand out for their long spin coherence times and superior optical properties, including narrow emission lines, high spectral stability, and bright single-photon emission. A key challenge in developing quantum devices based on color centers is the inefficient photon out-coupling from the diamond, resulting in low extraction rates. To address this limitation, we investigate group-IV color centers in diamond membranes integrated with a TiO₂-based photonic structure. Leveraging Finite Element Method simulations and Monte Carlo optimization, we refine membrane geometry, coupling interfaces, and structure design to enhance photon out-coupling and achieve high photon extraction rates, paving the way for practical, efficient quantum devices. We also present the fabrication process and initial investigations of these optimized structures.

*Intervenant

Playing with single spins and single photons

Loïc Lanco * ^{1,2}

¹ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – CNRS, Université Paris Sud, Université Paris Saclay, CNRS, Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, Université Paris Sud, Université Paris Saclay – France

² Département de Physique, Université Paris Cité – Université Paris Cité – France

Within the last decades, the field of quantum photonics has seen the development of numerous promising platforms used as efficient quantum emitters. In this talk, I will discuss the development of quantum dot-based spin-photon interfaces which could be used as stationary nodes, able to both emit and receive single photons. In the emitter configuration, such interfaces have already shown a great potential for the generation of multi-entangled photonic cluster states, through the entanglement of a single spin with multiple photons. The receiver configuration, on the other hand, could be used to engineer deterministic quantum gates, implementing spin-mediated logic operations between single incoming photons.

*Intervenant

QUANTUM COHERENCE AND PHOTON CORRELATIONS IN ENTANGLED FLUORESCENT ORGANIC MOLECULE PAIRS

Jean-Baptiste Trebbia * ¹

¹ Laboratoire Photonique, Numérique et Nanosciences – Université de Bordeaux, Institut d’Optique Graduate School, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut d’Optique Graduate School, Institut d’Optique Graduate School, Institut d’Optique Graduate School, Institut d’Optique Graduate School, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5298 – France

The second quantum revolution depends on precise control of quantum systems, enabling coherent manipulation of quantum states. In solid-state quantum optics, single emitters-like molecules, quantum dots, and defects in diamonds -are promising for quantum technologies due to their easy light control and integration into photonic circuits.

Among these, single organic molecules in solid matrices at cryogenic temperatures are notable for quantum information tasks. They offer exceptional photostability, narrow transitions, and coherence times limited by excited-state lifetimes (~ 10 ns), allowing high-fidelity quantum state control ($> 97\%$) with negligible decoherence (1). Recent experiments have identified coupled molecular pairs that form nearly pure Bell states by tuning optical resonances via the Stark effect. Lifetime measurements of these entangled states reveal super- and sub-radiance (2).

In this work, we study quantum coherence in the emission of fluorescent organic molecules via second-order correlation measurements. Using a theoretical model including vibrational modes alongside electronic states, we analyze the photon statistics of zero-phonon line (ZPL) and Stokes-shifted photons. Our results show that quantum coherence crucially influences these correlations. Notably, ZPL and Stokes photons exhibit different correlation patterns due to coherence effects that are invisible to classical models based on conditional probabilities (3).

These results have wide relevance in solid-state quantum optics, extending to atomic, ionic, and semiconductor systems. By highlighting the link between coherence, photon correlations, and entanglement, this study supports the future of hybrid quantum platforms, where coherent emitter interactions enable advanced quantum operations.

References

(1) Q. Deplano, et al.; Sub-nanosecond coherent optical manipulation of a single aromatic molecule at cryogenic temperature. AVS Quantum Sci., 5 , 041402 (2023),

*Intervenant

- (2) J.-B. Trebbia., et al. Tailoring the superradiant and subradiant nature of two coherently coupled quantum emitters. *Nat Commun* 13, 2962 (2022),
- (3) A. Juan-Delgado, et al. Addressing the correlation of Stokes-shifted photons emitted from two quantum emitters, *arXiv:2501.19356* (2025).

Un processeur tout-optique pour la génération itérative d'états quantiques

Hector Simon ¹, Lucas Caron ¹, Hugo Basset ¹, Romaric Journet ¹, Rosa Tualle-Broui ^{* 1}

¹ Laboratoire Charles Fabry / Optique Quantique – Laboratoire Charles Fabry – France

Les protocoles itératifs ont un grand potentiel pour la production efficace d'états quantiques complexes de la lumière (1). Ce concept fait référence à des protocoles de génération travaillant sur un ensemble d'états quantiques, en partant de ressources de base telles que des photons uniques, et en construisant l'état ciblé en plusieurs étapes par la mise en œuvre d'opérations quantiques simples sur les états intermédiaires. Cela nécessite une mémoire quantique multi-registres pour le stockage des états intermédiaires, ainsi qu'une unité de calcul quantique, l'ensemble constituant un processeur quantique de base.

Dans cet exposé, nous aborderons des architectures tout-optiques pour l'implémentation de ces protocoles, reposant sur des cavités optiques et des commutateurs optiques rapides couplés à une source de photons uniques à haute cadence (2). Les premiers résultats expérimentaux seront présentés (3), montrant notamment une génération à haut débit d'états de type " chat de Schrödinger optique ". La capacité des cavités optiques à stocker de tels états tout en préservant leurs propriétés quantiques, comme la présence de valeurs négatives dans leur fonction de Wigner, sera également démontrée.

L'un des principaux objectifs de ce travail est la synthèse d'états GKP (4). De tels états ont été récemment produits dans des systèmes fermés (ions piégés (5) et cavités QED (6)). Mais leur synthèse efficace sur des impulsions lumineuses à propagation libre constituerait une avancée majeure car elle permettrait l'implémentation de toutes les portes quantiques avec de l'optique linéaire uniquement (lames séparatrices et simples photodiodes).

(1) New J. Phys. 16, 053001 (2014)

(2) Phys. Rev. Lett. 122, 210501 (2019)

(3) Phys. Rev. Lett. 133, 173603 (2024)

(4) Phys. Rev. A 64, 012310 (2001)

(5) Nature volume 566, pages 513–517 (2019)

(6) Nature volume 584, pages 368–372 (2020)

*Intervenant

Multipartite quantum correlations in bright SiN microcombs

Virginia D’auria ^{* 1}, Adrien Bensemhoun ¹, Silvia Cassina ², Carlos Gonzalez-Arciniegas ³, Mohamed Faouzi Melalkia ¹, Giuseppe Patera ⁴, Jonathan Faugier-Tovar ⁵, Quentin Wilmart ⁶, Segolene Olivier ⁶, Alessandro Zavatta ⁷, Anthony Martin ¹, Jean Etesse ¹, Laurent Labonté ¹, Olivier Pfister ³, Sébastien Tanzilli ¹

¹ Université Côte d’Azur, CNRS, Institut de Physique de Nice (INPHYNI), UMR 7010, Nice (FR) – CNRS INPHYNI UMR7010 – France

² Università degli studi dell’Insubria [Como] – Italie

³ University of Virginia, Charlottesville, USA – états-Unis

⁴ Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille : UMR8523, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8523 – France

⁵ Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d’Electronique et de Technologie de l’Information – Université Grenoble Alpes – France

⁶ Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d’Electronique et de Technologie de l’Information – Direction de Recherche Technologique (CEA) – France

⁷ Istituto nazionale di ottica, Firenze (IT) – Italie

This experimental work demonstrates multipartite quantum correlation in bright frequency combs out of a microresonator integrated on silicon nitride operating above its oscillation threshold. Multipartite features, going beyond so far reported two-mode correlation, naturally arise due to a cascade of non-linear optical processes, making a single-color laser pump sufficient to initiate their generation. Our results show the transition from two-mode to multipartite correlation, witnessed by noise reductions as low as -2.5 dB and -2dB, respectively, compared to corresponding classical levels. A constant of the movement of the non-linear interaction Hamiltonian is identified and used to asses the multipartite behavior. Reported demonstrations pave the way to next generation on-chip multipartite sources for quantum technologies applications. Ce travail expérimental démontre la présence de corrélations quantiques multipartites dans les peignes de fréquence brillants générés par un microrésonateur intégré sur du nitrure de silicium. Lorsque le dispositif fonctionne au-dessus de son seuil d’oscillation, le comportement multipartite apparaît naturellement en raison d’une cascade de processus optiques non linéaires, qui peuvent être initiés par un seul laser de pompe monochromatique. Nos résultats montrent la transition d’un comportement bipartite à une corrélation multipartite. Une constante de mouvement de l’hamiltonien d’interaction non linéaire a été identifiée et est utilisée pour évaluer les corrélations multipartites. Ces résultats ouvrent la voie à l’utilisation de sources multipartites sur puce pour les technologies quantiques.

*Intervenant

Controlled Integration of Nanodiamonds with NV Centers into Silicon Nitride Photonic Structures for Enhanced Single-Photon Emission

Jenny Paola Romero Castro ^{*} ^{1,2,3}, Mauricio Gómez-Robles ^{2,3}, Anne-Laure Baudrion ^{2,3}, Liudmila Tratsiuk ^{2,4}, Rafael Salas-Montiel ^{2,3}, Karina Garay Palmett ¹

¹ Centro de Investigacion Cientifica y de Education Superior de Ensenada [Mexico] – Mexique

² EUT+ Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN – EUT Institute of Nanomaterials and Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – France

³ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux, nanotechnologies (L2n) – France

⁴ Université de Technologie de Troyes – Light, Nanomaterials, Nanotechnologies (L2n) – France

Precise spatial integration of quantum emitters into photonic circuits is a fundamental step toward scalable quantum photonic technologies. Nitrogen-vacancy (NV) centers in nanodiamonds (NDs) are promising single-photon sources due to their photostability and room-temperature operation. However, achieving controlled placement of NDs with nanometric precision within photonic structures remains a significant fabrication challenge.

In this work, we present a lithography-assisted method for the deterministic integration of NDs into a fabricated silicon nitride (Si_3N_4) photonic platform. Electron beam lithography is employed to define nanometric target regions, followed by a spin-coating deposition and lift-off process that confines NDs exclusively to the predefined areas. This technique enables the integration of NDs into nanoscale photonic structures-such as nanogaps-where the electromagnetic field is strongly confined and can efficiently couple to the quantum emitters.

Fluorescence lifetime imaging (FLIM) measurements on the integrated NDs reveal variations in spontaneous emission rates depending on their spatial location within the photonic structure. These results demonstrate that the positioning method allows the formation of well-defined ND arrays, enabling spatially resolved optical characterization and paving the way for scalable, on-chip single-photon emitter architectures. The entire fabrication process is fully compatible with standard nanofabrication workflows, making it well-suited for the development of integrated quantum photonic platforms.

Acknowledgments: This work was partially supported by Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) (grants FORDECYT-PRONACES/194758, FORDECYT-PRONACES 298971), Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, France (ECOS Nord M19P01), and NANO-PHOT Ecole Universitaire de Recherche, France (ANR-EURE-0013), and the French Region Grand Est HPC Center ROMEO.

^{*}Intervenant

Keywords: Nanodiamond positioning, nitrogen-vacancy centers, silicon nitride photonics, single-photon emitters, deterministic integration, fluorescence lifetime imaging, quantum photonics.

Integrated Photon Pair Source Based on Micro-Ring Resonators for Erbium-Compatible Quantum Memories

Mauricio Gómez-Robles * ^{1,2}, Rafael Salas-Montiel ^{3,1}, Juan Samuel Sebastián Durán-Gómez ^{4,5}, Roberto Ramírez-Alarcón ⁴, Gerardo De Jesús Rodríguez-Becerra ⁴

¹ European University of Technology – EUT Institute of Nanomaterials and

Nanotechnologies-EUTINN, European University of Technology, European Union – France

² Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – L2n, Université de Technologie de Troyes – France

³ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – L2n, Université de Technologie de Troyes – France

⁴ Centro de Investigaciones en Optica – Mexique

⁵ Institute of Photonics-Leibniz Universität Hannover – Allemagne

The realization of scalable quantum networks requires integrated and efficient photon pair sources tailored to the spectral properties of atomic quantum memories. Erbium ions (Er^{3+}), with transitions at 1532 nm within the C-band, offer compatibility with existing fiber-optic infrastructure, making them ideal for quantum communication systems. However, effective interaction with such quantum memories demands narrowband photon sources with linewidths below 150 MHz and high spectral purity.

In this work, we present the design, fabrication, and partial characterization of a silicon nitride (Si_3N_4) integrated photon pair source based on Spontaneous Four-Wave Mixing (SFWM) in a microring resonator. The source is engineered to generate signal photons at 1532 nm to match the Er^{3+} $4\text{I}15/2 \rightarrow 4\text{I}13/2$ transition, and idler photons at 590 nm, using a degenerate pump at 852 nm.

The waveguide geometry is optimized to ensure anomalous dispersion at the pump wavelength and satisfy the phase-matching condition:

$$\Delta\beta = 2\beta(\omega_p) - \beta(\omega_s) - \beta(\omega_i),$$

enabling efficient SFWM over the desired spectral range. The radius of the microring is selected to simultaneously satisfy the resonance condition for the signal, idler, and pump wavelengths:

$$m\lambda = n_{\text{eff}} L, \text{ with } L = 2\pi R,$$

thus enhancing the nonlinear interaction via resonance build up.

*Intervenant

We simulate the Joint Spectral Intensity (JSI) to evaluate the spectral correlations and determine the marginal spectrum of the signal photon. A minimum quality factor $Q > 9 \times 10^5$ is required to ensure a signal photon linewidth below 150 MHz, matching the bandwidth constraints of Er^{3+} -based quantum memories.

The microring resonators were fabricated using electron-beam lithography and reactive ion etching. Experimental characterization yielded a loaded Q-factor of approximately 5×10^4 , highlighting the need for improvements in the fabrication process to achieve the target performance. Nevertheless, the results demonstrate the potential of this platform as a viable path toward integrated quantum photonic systems compatible with Er^{3+} quantum memories.

Coherent spin control of a single rotating color center integrated in a silicon photonic cavity

Félix Cache ¹, Yoann Baron ², Baptiste Lefaucher ³, Jean-Baptiste Jager ³, Frédéric Mazin ⁴, Sébastien Kerdiles ⁵, Isabelle Robert-Philip ¹, Jean-Michel Gérard ³, Vincent Jacques ¹, Guillaume Cassabois ¹, Anaïs Dréau ^{* 1}

¹ Laboratoire Charles Coulomb – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Montpellier – France

² Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information – Direction de Recherche Technologique (CEA), Université Grenoble Alpes – France

³ PHELIQS – Université Grenoble Alpes, CEA – France

⁴ Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information – Commissariat à l'énergie Atomique et aux énergies Alternatives (CEA) - Grenoble, Université Grenoble Alpes – France

⁵ Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information – Commissariat à l'énergie Atomique et aux énergies Alternatives (CEA) - Grenoble, Université Grenoble Alpes – France

Due to its highly mature CMOS technology, silicon is one of the most desired platforms for the development of quantum integrated photonics. There, a new research path dedicated to the control of the quantum properties of single fluorescent defects in silicon has recently emerged (1). Driven by recent advances on T centers (2) and Erbium ions (3), a current challenge in silicon is to control the electron spin of individual optically-active defects to obtain spin qubits interfaced with telecom single photons. In this vein, the G center in silicon could be another promising candidate since it features a telecom emission around $1.3\ \mu\text{m}$ with an optically-detected magnetic resonance (ODMR) associated to a metastable spin triplet reported on ensemble measurements in the 80's (4). In addition, this color center has also a rotational degree of freedom linked to the motion of its center-of-mass (5).

In this work, we investigate the optical and spin properties of single G centers integrated inside silicon circular Bragg grating cavities. We first show that the zero-phonon line emission of these single-photon emitters can be enhanced by 2 orders of magnitude compared to unstructured silicon-on-insulator wafers. We then detect ODMR on single G centers and demonstrate the coherent control of their electron spin. At last, we evidence a fine spin structure induced by the defect spin reorientation resulting from the motion of the G center mobile atom. In a near future, the intrinsic nuclear spins of the G center (^{13}C or ^{29}Si) could be addressed using the electron spin. Similar to previous studies on ionized donors in ^{28}Si (6), the combination of an electron-spin free ground state with vacuum-like environment could promise record coherence times for the nuclear spin memory qubits.

Refs.

1- Redjem *et al.*, *Nat. Electron.* **3**, 738-743 (2020).

2- Afzal *et al.*, arXiv:2406.01704 (2024).

^{*}Intervenant

- 3- Gritsch *et al.*, *Nat. Comm.* **16**, 64 (2024).
- 4- Lee *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **48**, 37-40 (1982).
- 5- Durand *et al.*, *Phys. Rev. X* **14**, 041071 (2024).
- 6- Saeedi *et al.*, *Science* **342**, 6160 (2013).

Experimental fiber-based quantum triangle-network nonlocality with a telecom AlGaAs multiplexed entangled-photon source

Othmane Meskine ^{* 1}, Ivan Supic ², Damian Markham ³, Félicien Appas ⁴,
Fabien Boitier ⁵, Martina Morassi ⁶, Aristide Lemaitre ⁷, Maria Amanti ⁸,
Florent Baboux ⁹, Eleni Diamanti ¹⁰, Sara Ducci ⁹

¹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR 7162, Université Paris Cité : UMR 7162 – France

² LIP6 – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS – France

³ CNRS, Laboratoire d’informatique de Paris 6 (LIP6), – Université de Paris 6 – 4 place Jussieu 75005 Paris, France

⁴ ICFO – Espagne

⁵ Nokia Bell Labs – Nokia Bell Labs France – France

⁶ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9001, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁷ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N) – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁸ Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) – Université Paris Diderot - Paris 7, CNRS : UMR7162 – Bât. Condorcet , 10 rue Alice Domon et Leonie Duquet, Case 7021, 75205 Paris cedex 13, France

⁹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Université Paris Cité – France

¹⁰ Information Quantique [LIP6] – Sorbonne Université, CNRS, LIP6 – France

The exploration of the concept of nonlocality beyond standard Bell scenarios in quantum network architectures unveils fundamentally new forms of correlations that hold a strong potential for future applications of quantum communication networks (1). It is necessary to adapt theoretical advances to realistic configurations to materialize this potential. Here we consider a quantum triangle network for which it was shown in theory that, remarkably, quantum nonlocality without inputs can be demonstrated for sources with an arbitrarily small level of independence (2). We realize experimentally such correlated sources, by carefully engineering the output state of a single AlGaAs multiplexed entangled-photon source (3), exploiting energy-matched channels cut in its broad spectrum. This simulated triangle network is then used to violate a Bell-like inequality that we derive to capture the effect of noise in the correlations present in our system (4). We also rigorously validate our findings by analyzing the mutual information between the generated states. Our results

^{*}Intervenant

allow us to deepen
our understanding of network nonlocality while also pushing its practical relevance for quantum
communication

networks. References

- (1) I.Tavakoli et al, "Bell nonlocality in networks", Reports on Progress in Physics, Volume 85, Number 5, (2022)
- (2) I.Supic et al, "Quantum Nonlocality in Networks Can Be Demonstrated with an Arbitrarily Small Level of Independence between the Sources", PRL 125, 240403 (2020)
- (3) F.Appas et al, "Nonlinear Quantum Photonics With AlGaAs Bragg-Reflection Waveguides", Journal of Lightwave Technology (2022)
- (4) O.Meskine et al. "Experimental Quantum Triangle Network Nonlocality with an AlGaAs Multiplexed Entangled Photon Source", arXiv:2410.06860 (2024) (accepted in PRX Quantum)

Hybrid III-V/Silicon quantum photonic device embedding generation and state engineering of entangled photon pairs

Lorenzo Lazzari ^{*} ^{1,2,3}, Jérémie Schuhmann ^{4,5,6}, Martina Morassi ⁷,
Aristide Lemaitre ⁸, Maria Amanti ⁹, Frédéric Boeuf ³, Fabrice Raineri ¹⁰,
Florent Baboux ⁴, Sara Ducci ⁴

¹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR 7162, Université Paris Cité : UMR 7162 – France

² Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9001, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ STMicroelectronics, Technology & Design Platform – STMicroelectronics (FRANCE) – France

⁴ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Université Paris Cité – France

⁵ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, Université Paris Sud, Université Paris Saclay – France

⁶ ST Microélectronique – STMicroelectronics, 850 Rue Jean Monnet, 38920 Crolles, France – France

⁷ POEM platform – Centre for Nanoscience and Nanotechnology (C2N), CNRS, Université Paris-Saclay – France

⁸ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N) – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁹ Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) – Université Paris Diderot - Paris 7, CNRS : UMR7162 – Bât. Condorcet , 10 rue Alice Domon et Leonie Duquet, Case 7021, 75205 Paris cedex 13, France

¹⁰ Institut de Physique de Nice – CNRS, Université Côte d’Azur – France

Photonic quantum technologies represent a promising platform for various quantum information applications: implementing integrated devices capable to efficiently generating, manipulating and detecting quantum states of light is a major objective. Among the available material platforms, silicon stands out as a leader for linear integrated photonics, thanks to its moderate optical losses, large-scale and high-yield production capability, and fabrication maturity. Although nonlinear effects are accessible through its third-order susceptibility, it intrinsically lacks second-order nonlinearity; furthermore, its indirect bandgap makes it highly challenging to achieve laser action. AlGaAs, on the other hand, features both strong second-order nonlinearity and a direct bandgap, making it suitable for electrically injected photon-pair production, which is perfectly complementary to silicon for implementing a compact photonic chip for quantum information applications.

We recently demonstrated (PRXQ **5**, 040321) a hybrid AlGaAs/silicon-on-insulator (SOI) device operating at room temperature: the photon pairs are generated, upon optical pumping, via spontaneous parametric down-conversion in an AlGaAs waveguide based on Bragg reflectors and then transferred, through evanescent adiabatic coupling, to the SOI circuitry, preserving the properties of the produced quantum state, while the pump beam is automatically filtered out. In particular, we obtained energy-time entanglement visibilities larger than 90%.

^{*}Intervenant

Our recent design of a new multimode, polarization independent and broadband adiabatic taper enables efficient transfer of polarization-entangled photons, resulting in one order of magnitude brightness enhancement compared to previous generation devices, thereby representing the new state of the art. Moreover, the coupling design allows fine engineering of the produced quantum state, introducing a custom phase transformation of the joint spectral amplitude (JSA). Through a Hong-Ou-Mandel experiment, we characterized the impact of the new taper design on the JSA symmetry. We demonstrated in particular the ability to mimic the exchange statistics of anyonic particles, establishing the potential of the proposed hybrid photonic circuit for quantum information applications.

Optical Design and Survival Analysis of Multiplexed Ring Resonator Networks for Quantum Information Processing

Kunyu Li * ¹

¹ University of Twente – Pays-Bas

This presentation explores the design methodology and theoretical performance analysis of time and spatially multiplexed ring resonator networks for quantum information processing. We introduce a comprehensive simulation framework that enables analysis of quantum interference patterns and coherence properties in these multiplexed encoded systems. Using Markov chain survival analysis, we quantify photon retention rates and coherence times across various network configurations, highlighting the fundamental trade-offs between network complexity and quantum state preservation.

Our simulation results demonstrate how strategic design of coupling regions can optimize the balance between dispersion effects and propagation losses, which are critical for maintaining quantum coherence in tensor network states. By simultaneously leveraging both temporal and spatial degrees of freedom, our approach addresses the fundamental scalability challenges of traditional path-encoded architectures, which scale quadratically with mode count ($O(N^2)$).

This work aligns with our project goal of developing large-scale time and spatially multiplexed integrated interferometers using low-loss silicon nitride photonics, offering a path toward both near-term quantum advantage demonstrations and the generation of resource states for universal quantum computation. The combined spatial-temporal approach enables enhanced qubit densities with more favorable scaling properties while maintaining the necessary coherence for quantum information processing.

*Intervenant

Quantum sensing: illustration with RF sensing based on cold and hot Rydberg atoms

Fabien Bretenaker ^{*} ¹, Sylvain Schwartz ^{*}

2

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

² DPHY – ONERA – France

Quantum sensors typically use quantum objects or quantum phenomena to measure a physical quantity. Such quantum sensors are developed to exhibit some advantages over conventional sensors, which can be an improvement in sensitivity but can also take several other forms. One striking illustration is the use of atoms excited to large principal quantum numbers, also known as Rydberg atoms, to probe tiny radiofrequency fields. Such atoms, thanks to their exaggerated properties, can indeed be used to sense electromagnetic fields over a very broad frequency range, from the MHz to the THz range. In this talk, we will discuss the basics of several types of quantum sensors, and we will describe in more details the principles and advantages of RF sensors based on Rydberg atoms. Implementations based on cold and hot atoms will be presented, with their contrasting pros and cons.

^{*}Intervenant

Millikelvin side-band thermometry by photon counting on a gallium arsenide disk resonator close to the ground-state

Andrea Barbero ^{*} ¹, Samuel Pautrel ¹, Bertrand Evrard ¹, Adrien Borne ¹,
Ivan Favero ¹

¹ Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques – Centre National de la Recherche Scientifique,
Université Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR 7162 – France

During the last decade, there has been several demonstrations of optomechanical resonators put close to their mechanical ground state (1-2), which is the state of minimal energy dictated by quantum mechanics. This achievement is a fundamental preliminary step to exploit these resonators for quantum applications, such as transduction (3) or teleportation (4-5), as they enable avoiding added noise and manipulating the quantum state of a mechanical mode at the single phonon level.

Among others, Gallium Arsenide (GaAs) disk resonators are a promising platform for quantum optomechanics because of their high optical quality factors (about 10^6), their ease of fabrication and the spectral tunability of their mechanical and optical modes by a proper choice of the disk radius (6).

We present our progress on sideband thermometry photon counting measurements, which demonstrate phonon occupancy close to the mechanical ground state of a radial breathing mode (1 GHz resonance frequency) of a 1.3 μm -radius GaAs disk resonator cooled in a dilution cryostat. To do so we send red and blue detuned optical pulses, one mechanical frequency away from the optical resonance. Raman-scattered photons at the optical resonance frequency, which carry the information about the phonon occupancy, are detected with a single-photon detector after proper spectral filtering of the pump. (1) Chan et al. Nature (2011) <https://www.nature.com/articles/nature10461>
(2) Ren et al. Nature Communications (2020) <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17182-9>

(3) Weaver et al. Nature Nanotechnology (2023) <https://www.nature.com/articles/s41565-023-01515-y>

(4) Pautrel et al. Phys. Rev. A (2020) <https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.101.063820>

(5) Fiaschi et al. Nature Photonics (2021) <https://www.nature.com/articles/s41566-021-00866-z>

(6) Ding et al. Phys. Rev. Lett. (2010) <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.105.263903>

^{*}Intervenant

Reproducible generation of green-emitting color centers in hBN using oxygen annealing

Helmi Fartas ^{*} ¹, Said Hassani ², Jean-Pierre Hermier ³, Ngoc Diep Lai ⁴,
Stéphanie Buil ³, Aymeric Delteil ³

¹ Groupe d'Etude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8635, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8635 – France

² Groupe d'étude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8635, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8635 – URF de Sciences Bâtiment Fermat 45 avenue des Etats Unis 78035 Versailles, France

³ Groupe d'Etude de la Matière Condensée – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8635, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8635 – France

⁴ LuMIn – CNRS, univ Paris Sud, ENS Paris Saclay – France

The ability to generate quantum emitters with reproducible properties in solid-state matrices is crucial for quantum technologies (1). Yet when it comes to the emerging material platforms based on 2D materials, most methods yield emitters with a large wavelength spread, including in hexagonal boron nitride (hBN), a 2D insulator that hosts the single-photon emitters (SPEs) with arguably the most advantageous properties (2). The difficulty of obtaining visible-range SPEs with reproducible wavelength hinders the scalability of their applications to quantum information.

Here, we show that a high density of close-to-identical single-photon emitters can be created in commercial hexagonal boron nitride using annealing under oxygen atmosphere. This simple procedure yields uniform in-plane distributions of color centers consistently emitting at 539.35 ± 0.45 nm. We present an extensive characterization of their photophysical properties. At room temperature, we show that the emitters are bright and stable, and exhibit a high purity. We also show that at low temperature, the emitters emit predominantly in a narrow zero-phonon line with minimal spectral diffusion. We provide a statistical analysis that demonstrates the high reproducibility of these properties (3). Altogether, these characteristics make this family of quantum emitters highly appealing for applications to quantum information science.

References

- (1) I. Aharonovich, D. Englund and M. Toth, "Solid-state single-photon emitters," *Nature Photon.* 10, 631 (2016).
- (2) S. M. de Vasconcellos, D. Wigger, U. Wurstbauer, A. W. Holleitner, R. B., and T. Kuhn, "Single-Photon Emitters in Layered Van der Waals Materials," *Phys. Status Solidi B* 259, 2100566 (2022).
- (3) H. Fartas, S. Hassani, J.-P. Hermier, N. D. Lai, S. Buil, A. Delteil, "Reproducible generation of green-emitting color centers in hBN using oxygen annealing", *arXiv:2501.17562* (2025).

^{*}Intervenant

Intrinsic hole spin mixing and non-local long-range electron-hole pair exchange interaction in GaAs quantum dots

Geoffrey Pirard ^{*} ¹, Gabriel Bester ¹

¹ Université de Hambourg (UHH) – Allemagne

When a semiconductor absorbs light with energy greater than its bandgap, an electron is excited from the valence band to the conduction band, creating an electron-hole pair. The electron and the hole, attracted to each other by Coulomb forces, form a bound state known as an exciton. Eventually, they recombine, releasing energy in the form of a photon.

In self-assembled quantum dots (QDs), quantum confinement leads to discrete energy levels. For QDs fabricated using the strain-driven Stranski-Krastanov (SK) mechanism, the exciton ground state consists of a quadruplet: two optically inactive (dark) states and two optically active (bright) states. The energy difference between the bright states, called the fine structure splitting (FSS), is of great technological interest in optoelectronics because QDs can emit polarization-entangled photon pairs when the FSS is suppressed (via e.g. applied strain or electric field).

More recent growth techniques, such as droplet epitaxy and droplet etching, have enabled the fabrication of strain-free QDs, for which the FSS can be tuned to zero by design. As a result, such QDs are widely used in quantum information experiments.

However, the complex fundamental physics of these QDs cannot be fully captured by traditional textbook perturbative approaches used for SK QDs. When lens-shaped circular-based GaAs QDs are subjected to external tensile biaxial strain along the (110) crystal axis, a strong coupling regime emerges. Many-body pseudopotential atomistic calculations reveal that hole states in GaAs QDs involve mixing of all four spin components of the heavy-hole (HH) and light-hole (LH) bands. This is in stark contrast to common models, which typically consider only coupling between antiparallel HH and LH spins.

Furthermore, this intrinsic hole spin mixing significantly affects the non-local part of the long-range electron-hole exchange interaction (LREI), resulting in mixed exciton states with polarization properties that differ qualitatively from those predicted by widespread short-range (SR) effective models neglecting the LREI. These findings are important not only for GaAs QDs but also for other nanostructures, such as colloidal QDs, nanoplatelets and two-dimensional materials. Hence, models which consider only SR interactions should always be used with caution.

^{*}Intervenant

Nonlinear quantum optics with cold atoms and nanophotonic waveguides

Alban Urvoy * ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel – Laboratoire Kastler Brossel, Sorbonne Université, CNRS, ENS-PSL Research University, Collège de France, 4 place Jussieu, F-75005 Paris, France – France

In recent years, coupling atoms to nanophotonic structures has emerged as a promising method for implementing nonlinear quantum optical protocols. This approach offers superior scalability and performance metrics compared to free-space methods, along with new paradigms for atom-photon interactions. Specifically, nanophotonic waveguides have become a powerful tool for such implementations due to the strong atom-photon coupling in single-pass configuration, which results from the tight transverse confinement of the propagating light. I will discuss our recent advancements in this emerging field of neutral-atom waveguide-QED research, highlighting two experiments: an optical router using a nanofiber, and, time permitting, progress towards strong coupling with slow-mode nanophotonic waveguides.

Using an atomic array trapped around a nanofiber in a Bragg configuration, we implemented a mirror consisting of a few thousand atoms (1). This mirror can be switched from a transparent to a reflective state using an additional laser field in an Electromagnetically Induced Transparency configuration. This reflective photon router operates at record-low fW power levels. We further enhanced its performance by adding a third laser field to form a N-shaped level scheme, with which the reflectance of our atomic Bragg mirror can be controlled with as few as tens of photons, bringing the few-photon nonlinearity regime within reach.

An additional powerful degree of freedom offered by nanophotonic waveguides is the ability to engineer the dispersion relation by periodically structuring the waveguide. Near the photonic band gap, slow modes emerge, enhancing the coupling to nearby atoms and potentially achieving strong coupling. We have designed waveguides that can support a slow mode resonant with an atomic transition, as well as dipole trapping near the waveguide (2). Loading atoms near the waveguide presents a significant challenge, and I will describe how novel structures and optical techniques can be employed to address this.

(1) N. V. Corzo *et al.*, Phys. Rev. Lett. **117**, 133603 (2016)

(2) A. Bouscal *et al.*, New J. Phys. **26**, 023026 (2024)

*Intervenant

Entanglement-enabled imaging through scattering media

Hugo Defienne ¹, Chloé Vernière ^{*} ², Baptiste Courme ^{*}

3

¹ Quantum Imaging, Paris – Paris Institute of nanosciences – France

² Institut des Nanosciences de Paris – Sorbonne Université, CNRS, CNRS Sorbonne Université – France

³ 1Laboratoire Kastler Brossel, ENS-Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, Collège de France, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France – 1Laboratoire Kastler Brossel, ENS-Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, Collège de France, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France – France

Entanglement is a key resource in quantum technologies. Without a classical equivalent, it ensures the superior performance of quantum systems compared to classical ones, provided it plays a non-trivial role in the process. In optical imaging, however, it is generally challenging to demonstrate the essential role of entanglement. In most applications, the focus is often on optical correlations stemming from entangled states - correlations that can typically be reproduced by classical states - making them the central feature of imaging systems rather than entanglement itself. In our work, we explore imaging scenarios where entanglement could play a critical and non-trivial role. Specifically, in this presentation, I will discuss recent studies where entangled states are used to image through scattering media. And, as always, there will be pictures of cats !

^{*}Intervenant

Couplage fort en cavité entre atomes et photons : des atomes uniques aux registres d'atomes uniques.

Romain Long ^{*} ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel – Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, ENS-PSL, Collège de France – France

Une des situations les plus fascinantes de l'interaction lumière-matière se produit lorsqu'un atome et un mode d'une cavité peuvent échanger de manière cohérente une excitation, en dépit des pertes intrinsèques du système. Ce régime, dit *de couplage fort*, a été démontré dans des expériences pionnières et constitue aujourd'hui un pilier de l'électrodynamique quantique en cavité (1).

Depuis ces premières réalisations, de nombreuses recherches ont exploré l'interaction entre des ensembles d'atomes froids et un mode de cavité (2). Ces travaux ont permis la génération d'états intriqués multi-atomiques (3) et plus particulièrement d'états comprimés (4), ouvrant la voie à des avancées en métrologie quantique pour l'amélioration des horloges atomiques améliorées par l'intrication.

Plus récemment, l'effort s'est porté sur le couplage entre des réseaux d'atomes individuellement contrôlables piégés dans des pinces optiques, et un mode de la cavité, (5). Ces nouvelles plate-formes allient les avantages de l'interaction collective des atomes avec la cavité, et le contrôle et la détection au niveau des atomes uniques.

Dans cette présentation, je dresserai un état de l'art de ce domaine en pleine expansion, ainsi que les perspectives prometteuses qu'il ouvre à l'interface entre la physique fondamentale et technologies quantiques.

(1) S. Haroche and J.-M. Raimond, *Exploring the Quantum: Atoms, Cavities, and Photons* (Oxford University Press, 2006).

(2) M. Baghdad, P.-A. Bourdel, S. Schwartz, F. Ferri, J. Reichel, and R. Long, Spectral engineering of cavity-protected polaritons in an atomic ensemble, *Nature Physics* **19**, 1104 (2023).

(3) F. Haas, J. Volz, R. Gehr, J. Reichel, and J. Esteve, Entangled States of More Than 40 Atoms in an Optical Fiber Cavity, *Science* **344**, 180 (2014).

(4) I. D. Leroux, M. H. Schleier-Smith, and V. Vuletić, Implementation of Cavity Squeezing

^{*}Intervenant

of a Collective Atomic Spin, Phys. Rev. Lett. **104**, 073602 (2010).

(5) E. Deist, Y.-H. Lu, J. Ho, M. K. Pasha, J. Zeiher, Z. Yan, and D. M. Stamper-Kurn, Mid-Circuit Cavity Measurement in a Neutral Atom Array, Phys. Rev. Lett. **129**, 203602 (2022).

(Tutorial) The Illiad : Graphs states - a Trojan horse of computer scientists in quantum physics

Frédéric Grosshans * ¹

¹ Information Quantique [LIP6] – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS – France

Graph states are an important family of states in quantum information, really useful for quantum information. Their manipulation is quite simple, even if the graph formalism seems more daunting to physicists than to computer scientists. In this tutorial, I will introduce the formalism of graph states with some photonic centered example

*Intervenant

The Odyssey of graph states in photonic error correction

Frédéric Grosshans ^{*} ¹, Paul Hilaire ^{2,3,4}, Yaron Castor ¹, Edwin Barnes ²,
Sophia Economou ²

¹ Information Quantique [LIP6] – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS – France

² Virginia Tech – états-Unis

³ Huygens Laboratory – Pays-Bas

⁴ Quandela SAS – Quandela SAS – France

We use the formalisme of graphs states introduced in the tutorial (the Iliad) to explore the use of photonic error errecting codes in quantum repeaters.

This work is based on

P. Hilaire, E. Barnes, S. Economou, F. Grosshans : "Error-correcting entanglement swapping using a practical logical photon encoding", Physical Review A, vol. 104 (5), pp. 052623, (2021)
. Hilaire, Y. Castor, E. Barnes, S. Economou, F. Grosshans : "Linear optical logical Bell state measurements with optimal loss-tolerance threshold", PRX Quantum, vol. 4 (4), pp. 040322, (2023)

^{*}Intervenant

Continuous Variable Quantum Optics and Quantum Information

Valentina Parigi * ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel (LKB (Jussieu)) – Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI,
CNRS : UMR8552, école normale supérieure [ENS] - Paris – Case 74 - Tour 12, 4 place Jussieu, F-75252
Paris CEDEX 05, France

I will revisit the framework of continuous-variable quantum information in multimode quantum optics, covering from the building blocks to recent experimental results. Multimode parametric processes and mode-selective counting experiments can be used to create large quantum networks for testing quantum effects with Gaussian and non-Gaussian statistics, simulating open quantum systems and communication networks, and efficiently encoding quantum information.

*Intervenant

MC09 : Applications de l'Apprentissage Automatique en Physique

E(3) Equivariant Graph Neural Network Models for Phonon Calculations

Yanki Gunday ^{*} ¹, Jing Li ¹, François Triozon ¹, Benoît Sklénard ¹

¹ Univ. Grenoble Alpes – CEA, LETI, F-38000 Grenoble, France – France

Machine learning interatomic potentials (MLIPs) based on graph neural networks (GNNs) are used to predict material properties as an alternative to Density Functional Theory (DFT) calculations. It has been demonstrated that by incorporating physical symmetries such as rotations, reflections, and translations into these models and thus making them E(3) equivariant, it is possible to achieve excellent agreement with first-principle calculations (1-4).

With the availability of large-scale open datasets, such as OMat24 (5) and OC22 (6), it is possible to train equivariant models on millions of configurations, enabling the development of foundation models that can predict the properties of a wide range of materials.

Inspired by previous work (7), we investigate the phonon prediction capabilities of various state-of-the-art E(3) equivariant models that we reimplemented in an in-house library based on the Jax ecosystem, including MACE (1), NequIP (2), eSCN (3), and EquiformerV2 (4). We train them on the recently released MatPES dataset (8), which contains over 400,000 DFT calculations, covering all stable elements in the periodic table.

We then use these foundation models to compute interatomic force constants using automatic differentiation and study the phonon dispersions of a range of bulk systems.

- (1) I. Batatia, et al., NeurIPS (2022)
- (2) S. Batzner et al., Nat Commun 13, 2453, (2022)
- (3) S. Passaro and C. L. Zitnick, PMLR 202 (2023)
- (4) Y.-L. Liao, et al., ICLR (2024)
- (5) L. Barroso-Luque et al., arXiv: arXiv:2410.12771 (2024)
- (6) R. Tran, et al., ACS Catal (2023)
- (7) S. Fang, et al., arXiv: arXiv:2403.11347 (2024)
- (8) A. D. Kaplan et al., arXiv: arXiv:2503.04070 (2025)

^{*}Intervenant

Unlocking 3D nanoparticle shapes from 2D HRTEM images: Deep Learning for classification and denoising at atomic resolution

Romain Moreau ^{* 1}, Hakim Amara ^{1,2}, Maxime Moreaud ³, Jaysen Nelayah ², Adrien Moncomble ², Christian Ricolleau ², Damien Alloyeau ², Riccardo Gatti ¹

¹ Université Paris-Saclay, ONERA, CNRS, Laboratoire d'étude des microstructures (LEM) – ONERA, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Université Paris Cité, CNRS, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) – Université Paris Cité, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

³ IFP énergies Nouvelles – IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'échangeur de Solaize, 69360 Solaize, France – 69360 Solaize, France

Nanoparticles (NPs) are typically observed and analyzed using High Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM) for highly precise structural studies at the atomic scale. However, determining their 3D shapes from 2D HRTEM images is a tedious process. Indeed, this type of analysis is based on manual post-processing which suffers, among other issues, from experimental noise or human bias at post-experimental stage. In this context, the integration of artificial intelligence (AI) methodologies into data acquisition and analysis protocols is a very promising approach (1).

To tackle the problem of identifying the 3D shape of NPs, we developed a Deep Learning (DL) model to automate this task ensuring reliable statistical analysis of a large number of NPs, many of which cannot be identified by conventional methods.

We extend an approach we had developed to identify the structure of carbon nanotubes from their Moiré patterns obtained from HRTEM images (2). More precisely, the DL model, leveraging Convolutional Neural Networks (CNNs), is trained on datasets of simulated HRTEM images of NPs, labeled according to their shapes, with their diameter ranging from 4 to 8 nm. A critical point of this study was generating a representative and optimized dataset. We simulated a realistic amorphous carbon substrate derived from a tight-binding framework and noise models, to mimic experimental conditions (3). Finally, HRTEM images were simulated with the multislice algorithm (implemented in Dr Probe software (4)). The optimal dataset was attained through comprehensive studies evaluating the impact of various parameters, including amorphous carbon, resolution, focusing conditions, NPs' size, and NPs' orientations, on DL model predictive accuracy.

However, when the contrast between the investigated nanoparticles and the substrate is highly

*Intervenant

degraded, performances may drop. Hence, we have trained a UNet-like model (5) model to automatically restore best nanoparticle-substrate contrast on acquired images.

References

- (1) S. R. Spurgeon *et al.*, Nat. Mater. 20, 274 (2021)
- (2) G. D. Förster *et al.*, Carbon 169, 465 (2020)
- (3) C. Ricolleau *et al.*, J. Appl. Phys. 114, 213504 (2013)
- (4) J. Barthel, Ultramicroscopy 193, 1 (2018)
- (5) O. Ronneberger, Springer 9351, 234–241 (2015)

Generalization emerges from local optimization in a self-organized learning network

Lionel Gil ^{*} ¹, Stéphane Barland ¹

¹ Université Côte d’Azur, InPhyNi, UMR 7010 – CNRS, University Côte d’Azur – France

We design and analyze a new paradigm for building supervised learning networks, driven only by local optimization rules without relying on a global error function. Traditional neural networks with a fixed topology are made up of identical nodes and derive their expressiveness from an appropriate adjustment of connection weights. In contrast, our network stores new knowledge in the nodes accurately and instantaneously, in the form of a lookup table. Only then is some of this information structured and incorporated into the network geometry. The training error is initially zero by construction and remains so throughout the network topology transformation phase. The latter involves a small number of local topological transformations, such as splitting or merging of nodes and adding binary connections between them. The choice of operations to be carried out is only driven by optimization of expressivity at the local scale. What we’re primarily looking for in a learning network is its ability to generalize, i.e. its capacity to correctly answer questions for which it has never learned the answers. We show on numerous examples of classification tasks that the networks generated by our algorithm systematically reach such a state of perfect generalization when the number of learned examples becomes sufficiently large. We report on the dynamics of the change of state and show that it is abrupt and has the distinctive characteristics of a first order phase transition, a phenomenon already observed for traditional learning networks and known as grokking. In addition to proposing a non-potential approach for the construction of learning networks, our algorithm makes it possible to rethink the grokking transition in a new light, under which acquisition of training data and topological structuring of data are completely decoupled phenomena.

^{*}Intervenant

Réseaux de neurones pour la mesure physique: évaluation de la fiabilité de mesure par des cartes auto-organisées

Robin Matha * ¹, Aymane Hajjaoui ¹, Stéphane Barland ²,
Pierre-Emmanuel Novac ¹, Laurent Rodriguez ¹

¹ Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications – Université Nice Sophia Antipolis
(1965 - 2019), Centre National de la Recherche Scientifique, Université Côte d'Azur – France

² Université Côte d'Azur, InPhyNi, UMR 7010 – CNRS, University Côte d'Azur – France

L'interferometrie par réinjection optique est une approche de mesure originale dans laquelle une diode laser est soumise à une rétro-action optique avec délai due à la diffusion ou à la reflexion du faisceau émis sur une cible en déplacement longitudinal. L'interaction non-linéaire lumière-matière à l'intérieur du système laser se traduit par l'apparition d'un signal en dent de scie dont chacune correspond à un déplacement de la cible d'une demie longueur d'onde du laser et dont l'orientation correspond au sens du déplacement de la cible. Cependant, l'exploitation de ces signaux est en général très difficile en cause sa dépendance aux conditions experimentales. Pour traiter ce signal complexe et en extraire l'information voulue, l'utilisation de réseaux de neurones tels que les réseaux de neurones convolutifs (CNN) est une solution étudiée depuis quelques années. Malgré ses succès, elle reste très limitée car ne fournit aucune indication quant à la qualité de la reconstruction de la trajectoire de la cible.

Pour contourner cet obstacle, nous proposons une approche hybride basée sur des couches convolutionnelles et des cartes auto-organisées de Kohonen (SOM).

Ces SOM sont un type de couche de neurones inspirées du cerveau humain dont l'apprentissage est non supervisé permettant la projection de données sur un maillage de neurones. Les neurones y sont mis en compétitions les uns avec les autres pour représenter la donnée d'entrée. Les données similaires sont ainsi représentées par des ensembles de neurones proches dans la topologie de la carte. Cette propriété explique leur efficacité et leur utilisation pour des taches dites de classification.

Nous présentons ici nos travaux permettant d'inférer une regression de la vitesse à partir de signaux d'interferometrie self-mixing sur la base d'un systeme entraîné composé d'un CNN pré-entraîné puis tronqué et d'une SOM. Nous présenterons la qualité de l'inférence permise par un tel système et nous discuterons de la definition et la validité d'un indicateur permettant d'évaluer la qualité de l'inférence à partir de la topologie de la SOM.

*Intervenant

Intelligence Artificielle pour la Combinaison Cohérente de Lasers : de la simulation à la réalité

Nathanaël Hulard * ¹, Pierre Bourdon ¹, Stéphane Barland ², Bastien Rouzé ¹, Laurent Lombard ³

¹ Onera - The French Aerospace Lab (Palaiseau) – ONERA – France

² Université Côte d’Azur, InPhyNi, UMR 7010 – CNRS, University Côte d’Azur – France

³ Onera - The French Aerospace Lab (Palaiseau) – ONERA – France

La puissance d’un laser est limitée par de nombreux facteurs, notamment par des effets thermiques et non linéaires. Afin de dépasser cette limite de puissance plusieurs techniques existent, et en particulier la combinaison cohérente de lasers (CBC).

La combinaison cohérente de faisceaux par contrôle actif de phase est une technique visant à combiner la puissance de plusieurs faisceaux lasers de manière cohérente afin d’obtenir une augmentation quadratique de la densité de puissance avec le nombre d’émetteurs. Cette combinaison est réalisée en contrôlant en temps réel la phase de chacun des faisceaux lasers afin de maintenir des interférences constructives. Il est possible de contrôler cette phase de manière indirecte par méthode itérative ou directe par interférométrie.

Cependant le besoin en bande passante augmente rapidement avec le nombre de lasers à contrôler, c’est pourquoi des techniques alternatives sont envisagées. En particulier, l’intelligence artificielle (IA), forte de nombreux succès en imagerie, apparaît comme une solution potentielle pour compléter ou remplacer les techniques actuelles. Le but de notre recherche est d’explorer le potentiel et les limites de l’IA pour la combinaison cohérente ainsi que de parvenir à une démonstration expérimentale de réseau de neurones entraîné sur des données uniquement simulées. Je présenterai ainsi dans un premier temps mes travaux de simulation, la génération des données d’entraînement, les difficultés pour évaluer les performances d’un réseau de neurones ainsi que ses limites et un moyen d’améliorer les performances. Je présenterai aussi dans un second temps les résultats récemment obtenus concernant une implémentation sur un banc expérimental de combinaison cohérente ainsi que les difficultés rencontrées.

*Intervenant

Retrieving the Optical Properties of Biological Structures via Symbolic Regression

Julian Sierra Velez ^{*} ¹, Alexandre Vial ¹, Demetrio Macias ^{2,1}

¹ Université Technologique de Troyes – L2n, CNRS EMR 7004 – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – 12, rue Marie Curie BP 2060 - 10010 Troyes Cedex, France

In this contribution, we present a systematic study on the use of machine learning to model the optical properties of biological materials. To keep the complexity manageable, we consider three structures found in nature that can be geometrically modeled as multilayer structures: nacre, the jewel beetle, and the Morpho helenor butterfly. These systems, renowned for their structural coloration, present a challenge when attempting to characterize the refractive index of their composing materials using classical inverse techniques. We overcome this challenge by employing Symbolic Regression (SR), a machine learning technique that can retrieve closed-form analytical expressions without making any prior assumptions about the algebraic form of the model. Using numerically generated or experimentally measured reflectance spectra as input data, we retrieve readable, dimensionally homogeneous consistent models that describe the refractive index of the biological materials present in the structure. While we consider a multilayer geometry for the three case studies presented, the approach proposed can be extended to different geometries and materials. In addition to providing a better understanding of the possibilities and limitations of SR, the results obtained show the SR's good predictive capabilities. This makes SR a well-suited and reliable method for characterizing the optical properties of biological structures. It also opens the way to new design strategies in biomimetic photonics and materials science.

^{*}Intervenant

Physics-aware Symbolic Regression & Analytic Neural Networks for Fast, Interpretable Modelling

Rodrigo Ibata * 1,2

¹ Rodrigo Ibata – CNRS, Université de Strasbourg – France

² Observatoire astronomique de Strasbourg – Université de Strasbourg, Institut National des Sciences de l’Univers, Centre National de la Recherche Scientifique – France

We introduce two complementary tools for fast and interpretable modelling of physical data. (1) PhySO - a physics-aware symbolic-regression engine that couples deep reinforcement learning with a dimensional-analysis grammar. Every candidate expression obeys units a priori, shrinking the search space by orders of magnitude. This physics-aware strategy yields state-of-the-art recovery of Feynman-benchmark equations under noise levels of up to 10%.

(2) Analytic Neural Fitting - a next-generation Levenberg-Marquardt optimiser in which each module (segmented networks, probability density layers, PDE solvers) provides exact Jacobians, Hessians and variable-projection heads. Eliminating autograd yields 10-100 × speed-ups and convergence to machine precision; multi-layer composites solve, e.g., complex dataset fits, Gaussian-mixture inference and action-angle transformation with an order of magnitude fewer parameters. I will show how these two strands merge: symbolic search guided by analytic derivatives and governed by PDE constraints - pointing towards a modelling framework that is both explainable and numerically robust, ready for the next generation of (astro)physical data sets.

*Intervenant

AI and Science

Gaël Varoquaux * ¹

¹ Inria Palaiseau – Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique – France

The recent revolution in "Artificial Intelligence" is grounded in machine learning. I will briefly discuss the underlying science behind it, mostly computational statistics. I will then explore how these new modeling schemes, alongside with increasing data availability, are changing the scientific toolkit, opening particular exciting alleys in the less formal sciences, such as social sciences.

*Intervenant

Forty years of Boltzmann machines and counting

Rémi Monasson * ¹

¹ Laboratoire de Physique Théorique de l'ENS – Ecole Normale Supérieure de Paris - ENS Paris,
Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Boltzmann machines, the first generative models, were invented 40 years ago and awarded the Nobel Prize in Physics last October. I will review the basic principles of these machines, at the crossroad between unsupervised learning and statistical physics, then turn to recent theoretical developments on sampling and interpretability.

*Intervenant

MC10 : Physique des neutrons ultra-froids

Ultra-cold neutron storage and neutron lifetime measurement in the fully magnetic trap τ SPECT

Sylvain Vanneste * ¹

¹ Institute of Physics, University of Mainz – Allemagne

The accurate determination of the free neutron lifetime is of special interest in today's precision physics era. Its value is tightly connected to up-down quarks mixing, or the abundance of primordial elements during the Big-Bang Nucleosynthesis. As of today, the two existing distinct measurement techniques provide non-compatible results, giving rise to the so-called neutron lifetime puzzle.

With the aim of reducing experimental systematic due to neutron losses on material walls, the τ SPECT experiment is a fully magnetic trap for Ultra-Cold Neutrons (UCNs). This work presents the latest results of commissioning at the Paul Scherrer Institute (PSI), Switzerland: UCN loading optimization, systematic studies, comparisons with simulations, first neutron lifetime measurements, and future improvements.

*Intervenant

Developments in Deuterated Clathrate Hydrates for Very Cold Neutron Moderation

Valentin Czamlar ^{*} ¹, Richard Wagner ², Oliver Zimmer ³

¹ Laboratory of Subatomic Physics & Cosmology (LPSC) – CNRS, Grenoble INP, LPSC-IN2P3, 38000 Grenoble, France – France

² Laboratoire Léon Brillouin – Institut Rayonnement Matière de Saclay (DRF), Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – LLB - UMR 12, CEA Saclay 91191 GIF SUR YVETTE CEDEX, France

³ Institut Laue-Langevin – Institut Laue-Langevin (ILL), Grenoble, France – 71 avenue des Martyrs, CS 20156, 38042 GRENOBLE Cedex 9, France

Very cold neutrons (VCN) cover a wide spectral range within the long-wavelength tail of typical sources for cold neutrons, with energies below 1 meV down to few hundreds of neV, the domain of ultra-cold neutrons (UCN). Clathrate hydrates exhibit intrinsic properties that make them suited as moderators in novel, more intense sources of VCN. Such sources hold potential to significantly enhance existing neutron scattering techniques, including small-angle neutron scattering (SANS) for improved spatial resolution, and time-of-flight (TOF) or neutron spin-echo (NSE) spectroscopy for better energy resolution. In particle physics, higher VCN intensities would increase the sensitivity of experiments employing slow neutron beams, such as searches for neutron-antineutron oscillations or static neutron electric dipole moments (EDM) (1).

The efficacy of clathrate hydrates as moderators arises from localized low-energy modes of entrapped guest molecules, enabling efficient down-scattering of neutrons without being constrained by a dispersion relation. These facilitate down-scattering of neutrons, which is not restricted by any dispersion relation, allowing an efficient thermalization even at lowest neutron temperatures. Of particular interest are hydrates hosting dioxygen (O₂) and tetrahydrofuran (THF) as guest molecules. THF provides a broad excitation spectrum, while dioxygen provides an additional path for neutron slowdown by exploiting the zero-field splitting of its magnetic triplet ground state (2).

Here, we report results from a comprehensive experimental investigation of the structural properties, low-energy dynamics, and total cross section of these hydrates using neutron scattering and transmission techniques. This campaign is part of a collaborative effort to develop a high-intensity cold neutron source at the European Spallation Source (ESS), including the development of novel scattering kernels to inform future design studies (3).

(1) V. Czamlar, PhD Thesis, Univ. Grenoble Alpes (2024)

(2) O. Zimmer, Phys Rev. C93, 035503 (2016)

(3) V. Santoro et al., arXiv:2309.17333 (2023)

^{*}Intervenant

Neutron-to-mirror-neutron oscillations in an ultracold neutron beam

Daniel Galbinski ^{*} ¹, Benoit Clément ², Thomas Lefort ¹, Guillaume Pignol ³, Stephanie Roccia ², William Saenz ⁴

¹ Laboratoire de physique corpusculaire de Caen – Université de Caen Normandie, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France

³ Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie (LPSC) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5821, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Grenoble Alpes – 53 avenue des Martyrs - 38026 Grenoble Cedex, France

⁴ Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes énergies – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

The concept of "mirror matter" has been postulated in various terms since the 1950s. The modern formulation supposes that every Standard Model particle has a partner with opposite chirality, in order to restore parity symmetry in the weak interaction. Neutrons are of particular interest because their lack of electric charge allows for the possibility of mixing between the ordinary and mirror forms, where otherwise they could only interact gravitationally. Observation of such a phenomenon would have implications for baryogenesis, dark matter, and even cosmic rays. We present an overview of an experiment performed in May–July 2024 at the PF2 ultracold neutron (UCN) facility of the Institut Laue-Langevin. The experiment aims to search for evidence of neutron-to-mirror-neutron oscillations in a UCN beam, under the influence of a magnetic field in the range 1–10 mT. Neutrons were counted using one of the fast-response gaseous detectors designed and built for the n2EDM experiment, known as GADGET. This talk covers the motivations, apparatus, and data-taking strategy of the experiment.

^{*}Intervenant

Introduction to Ultra-Cold Neutrons

Estelle Chanel * ¹

¹ Institut Laue-Langevin – Ministère de l'Enseignement Supérieur – France

Neutrons are unique probes in low-energy particle physics: they are electrically neutral but have a spin, represent the simplest system decaying via beta decay, and are sensitive to all fundamental interactions, including gravity. The sensitivity of neutron experiments is often proportional to the interaction time. Therefore, there exists an eminent interest in very slow neutrons, and Ultra-Cold Neutrons (UCN) play a particular role. They have typical kinetic energies of a few hundred nano electron-volt and velocities of a few meters per second. It is possible to guide them, change their velocity via free fall, and even store them over many minutes in closed vessels. This has led to unique experiments such as bottle measurements of the neutron lifetime, or the test of time reversal invariance via measurement of the neutron electric dipole moment. The talk reviews the basic production techniques for UCN, describes some particular properties of these neutrons, and reviews their importance for precision particle physics experiments.

*Intervenant

The search of the neutron electric dipole moment with ultra cold neutrons at the Paul Scherrer Institute

Katia Michielsen * ¹

¹ Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes – France

The neutron electric dipole moment (nEDM) is the coupling of the neutron spin to an external electric field. Ultra cold neutrons permit a very precise measurement of the nEDM. The measured value is compatible with zero and constrains the strong sector CP-violating term θ . The unexpected smallness of this parameter is a puzzle - the strong CP problem - that lead in 1977 to the theoretical prediction of axions.

A better measurement of the nEDM would probe CP-violation Beyond the Standard Model and allow better constrains on the processes leading to matter-antimatter asymmetry. This talk will present the n2EDM experiment being commissioned at the Paul Scherrer Institute (Switzerland) that aims to improve the nEDM sensitivity by one order of magnitude.

*Intervenant

Sensitive search for neutron to mirror-neutron oscillations at the PSI UCN source

Nathalie Ziehl * ¹

¹ Institute for Particle Physics and Astrophysics (ETH Zürich) – Suisse

Parity-conjugated copies of standard model particles, so-called mirror particles, could provide answers for several standing issues in physics. Since they would at first only interact with ordinary matter gravitationally, they can be viable candidates for dark matter. If mixing between standard model and mirror particles was possible, they could contribute to baryon number violation. The mirror-neutron experiment at the Paul Scherrer Institute (PSI) was designed to search for anomalous disappearances of ultracold neutrons that could be hinting at neutron-to-mirror-neutron oscillations. Allowing for the presence of hypothetical mirror magnetic fields, the experiment was conducted in a controlled magnetic field, scanning from 5 μT to 109 μT . No evidence for anomalous neutron losses was found. We provide an overview of the experiment, its data analysis based on Monte Carlo simulations and precise magnetic field maps, and conclude with the presentation of new limits on the oscillation time.

*Intervenant

An optically pumped magnetometer array used for a fundamental physics experiment

Lea Segner * ^{1,2}

¹ ETH Zurich – Suisse

² Paul Scherrer Institut – Suisse

The n2EDM experiment at the Paul Scherrer Institute searches for the neutron electric dipole moment with a sensitivity of below 10^{-27} e·cm by observing neutron spin precession in a near perfectly uniform magnetic field. Precise control of systematic effects, particularly those caused by magnetic field non-uniformities, is crucial for achieving this sensitivity. To address this, an array of 112 optically pumped Cesium vapour magnetometers, capable of picotesla-level accuracy measurements, will be deployed. This system will provide real-time measurements of magnetic field gradients, enabling the control and reduction of systematic uncertainties arising from magnetic field non-uniformities.

Acknowledgement of grants: SNF 172639, 213222 and 236419
on behalf of the nEDM collaboration

*Intervenant

MC11 : Thermodynamique et énergétique quantique

Thermodynamics and Qubit purification via Jaynes-Cummings and Anti-Jaynes-Cummings interactions

Tiago Francisco Fagundes Dos Santos * ¹, Camille Lombard Latune ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne – Université Bourgogne Europe – France

In Ref. (1), the authors analyzed an autonomous machine composed of a qubit and a quantum harmonic oscillator (HO) interacting via a Jaynes-Cummings (JC) model. The authors considered the HO initially in a displaced thermal state, focusing on the classical limit, and identified three different regimes over time with distinct thermodynamic behavior. In the third and final regime, the authors showed that the HO performs autonomous feedback and is able to purify any initial qubit state when the initial number of photons in the HO is large enough. Inspired by this work, we have investigated different initial states for the HO, aiming to find a state that could improve the qubit purification process reported by the authors in Ref. (1), considering the qubit initially in a thermal state. We have found a state that is a good candidate for this purpose, and we have also analyzed the thermodynamics of the process using the framework developed in Ref. (2). Furthermore, we have explored a different setup involving a three-level system in a Lambda configuration, a classical field, and an HO (a Raman three-level lambda system scheme). By adiabatically eliminating the high-energy level of the three-level system, we have obtained an effective model of a qubit interacting with an HO via an Anti-Jaynes-Cummings (AJC) model. In this case, we have considered both systems to be initially in thermal states at different temperatures, and we have shown that it is possible to purify the effective qubit state even when the HO is initially in a thermal state with a higher temperature. Here, we have also analyzed the thermodynamics of the process using the framework developed in Ref. (2) and compared the results with those of the JC model.

(1) Yashovardhan Jha, Dragi Karveski, Cyril Elouard, *The Jaynes Cummings model as an autonomous Maxwell demon*, arXiv:2502.10344 (2025).

(2) Cyril Elouard and Camille Lombard Latune, *Extending the Laws of Thermodynamics for Arbitrary Autonomous Quantum Systems*, *PRX Quantum* 4, 020309 (2023).

*Intervenant

Feedback control of out-of-equilibrium nano-systems : Application to Information processing & Stabilization on a repulsive potential.

Salambô Dago ^{*} ¹, Jakob Rieser ¹, Mario Arnolfo Ciampini ¹, Vojtech Mlynar ², Markus Aspelmeyer ¹, Andreas Deutschman-Olek ², Nikolai Kiesel ¹, Ciliberto Sergio ³, Ludovic Bellon ³

¹ University of Vienna – Autriche

² Vienna University of Technology = Technische Universität Wien – Autriche

³ Laboratoire de Physique de l'ENS Lyon – Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique – France

When dealing with nano-systems whose dynamics are governed by **thermal (or quantum) fluctuations, feedback schemes** (measuring and applying forces accordingly) represent a powerful tool for manipulating them. In this talk, we will **discuss two experimental applications of feedback control** and explore fundamental physics through the resulting **non-equilibrium steady states**.

First, we demonstrate how a feedback loop can create a **virtual double potential** for an **underdamped** micro-mechanical oscillator, which can be used as a **1-bit memory**. This platform is employed to implement fast, and therefore **out-of-equilibrium**, 1-bit logical operations and to study the **energetic cost of information processing** in the underdamped regime (1-5).

In the second part, we address a novel use of feedback for **optimal quantum control and feedback cooling to the motional ground state (6)** of nanospheres in optical traps. We propose an original approach that uses feedback in combination with **Kalman filters** to **maintain the particle in the dark spot** (therefore avoiding absorption) of a higher laser mode used for optical detection. The particle is stabilised on the tip of a double-well potential. **We demonstrate levitation in the dark configuration** in an experimental double-well setup without the need for any confining potential in 1D (7). The so-called **FLIP** (Feedback Stabilization on an Inverted Potential) method is meant to overcome the **absorption limitations** of standard optical levitation.

(1) S. Dago, J. Pereda, S. Ciliberto, and L. Bellon, *JSTAT*, 2022(5):053209, (2022).

(2) S. Dago, J. Pereda, N. Barros, S. Ciliberto, and L. Bellon, *Phys. Rev. Lett.*, 126:170601 (2021).

(3) S. Dago, and L. Bellon, *Phys. Rev. Lett.*, 128, 070604 (2022)

^{*}Intervenant

- (4) S. Dago, L. Bellon, *Phys. Rev. E* 108, L022101 (2023)
- (5) S. Dago, S. Ciliberto and L. Bellon, *PNAS* Vol.120, No 39
- (6) L. Magrini, P. Rosenzweig, C. Bach, A. Deutschmann-Olek, S. G. Hofer, S. Hong, N. Kiesel, A. Kugi *Nature* 595, 373 (2021).
- (7) S. Dago, J. Rieser, M. Ciampini, V. Mlynar, M. Aspelmeyer, A. Deutschmann-Olek et N. Kiesel *Optics Express* 32, 45133-45141 (2024)

Dynamical invariant based shortcut to equilibration in open quantum systems

Mohamed Boubakour * ¹

¹ Laboratoire de Physique et Chimie Théoriques – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

We propose using the dynamical invariant also known as the Lewis-Riesenfeld invariant, to speed-up the equilibration of a driven open quantum system. This allows us to reverse engineer the time-dependent master equation that describes the dynamics of the open quantum system and systematically derive a protocol that realizes a shortcut to equilibration. The method does not require additional constraints on the timescale of the dynamics beside the Born-Markov approximation and can be generically applied to boost single particle quantum engines significantly. We demonstrate it with the damped harmonic oscillator, and show that our protocol can achieve a high-fidelity control in shorter timescales than simple non-optimized protocols. We find that the system is heated during the dynamics to speed-up the equilibration, which can be considered as an analogue of the Mpemba effect in quantum control. Ref: M. Boubakour, S. Endo, T. Fogarty and T. Busch, 2025 *Quantum Sci. Technol.* 10 025036

*Intervenant

Quantum Stochastic Thermodynamics: linking some definitions and their properties through modular formalism

Tristan Benoist * ¹

¹ Institut de Physique - CNRS Physique – Institut Mathématiques de Toulouse – France

In this presentation I will present different definitions of thermodynamic quantities random variables in quantum mechanics. I notably will mention naive quantization, two-time measurements and ancillary measurement definitions. I will provide a pedagogical introduction how these definitions translate into the operator algebra formalism suited for thermodynamics. Far from being only a mathematical rigorousness pedantry, I will present several results that can be obtained in this formalism that give insights into the thermodynamics of quantum systems and particularly the invasive nature of the measurement.

I will especially focus on definitions of fluctuations when the initial state is not a multi-thermal state. I will show that two-time measurements essentially trivialize this definition and how, under some natural return to equilibrium assumptions, all the definitions are mathematically equivalent for all intents and purposes. If time remains, I will present a result showing that ultraviolet cut-off assumptions are crucial to control total heat fluctuations.

This presentation is based on the following publications: [arXiv:2310.10582](#), [arXiv:2402.09380](#), [arXiv:2409.15485](#), [arXiv:2411.14841](#) and [arXiv:1802.02073](#).

*Intervenant

Energy and entropy in quantum computers: from fundamental to realistic and back again

Robert Whitney ^{*} ¹, Elisa Bossard ², Chaimae Chrirou ³, Konstantina Koteva ^{4,5}, Alexia Auffeves ⁶

¹ Laboratoire de physique et modélisation des milieux condensés, CNRS & Université Grenoble Alpes – CNRS : UMR5493, Université Grenoble Alpes – France

² Laboratoire de physique et modélisation des milieux condensés, CNRS & Université Grenoble Alpes – LPMMC Grenoble – France

³ Laboratoire de physique et modélisation des milieux condensés, CNRS & Université Grenoble Alpes – LPMMC Grenoble – France

⁴ Institut Néel, CNRS & Université Grenoble Alpes – Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁵ Majulab, CNRS & University of Singapore. – Singapour

⁶ Majulab, CNRS & University of Singapore. – Singapour

This talk is mainly about asking questions.

(i) What happens when we think of a quantum computer as a *thermodynamic machine* that consumes physical resources to produce useful information?

(ii) Are there fundamental lower bounds on the physical resources required when producing given useful information?

(iii) Does this have anything to do with minimizing the energy consumption of realistic quantum computers?

(iv) Does considering individual components in a realistic quantum computer reveal interesting new questions in fundamental quantum thermodynamics?

This talk is also about our ongoing efforts to answer some of these questions. I will mention our team's work on fundamentals of entropy flows in quantum error correction (1). I will outline our team's work on energy flows that require us to build a full-stack model of the quantum computer (a model that contains everything from the qubits to the end-user), because of subtle interconnections between hardware and software parameters (2). I will mention our team's work on a fundamental quantum thermodynamics question that emerged from a practical problem in low-temperature qubits - the problem of finding the optimal attenuation chain (3).

(1) Work of Elisa Bossard, manuscript in preparation.

(2) Work of Konstantina Koteva, manuscript in preparation.

(3) Work of Chaimae Chrirou, manuscript in preparation.

*Intervenant

Observation of critical non-Gaussian statistics of the order parameter across the superfluid-to-Mott insulator phase transition

Maxime Allemand ^{*} ¹, Géraud Dupuy ¹, Paul Paquiez ¹, Nicolas Dupuis ², Adam Rançon ³, Tommaso Roscilde ⁴, Thomas Chalopin ¹, David Clement ¹

¹ Laboratoire Charles Fabry – Laboratoire Charles Fabry, Institut d’Optique Graduate School, CNRS, Université Paris-Saclay – France

² Laboratoire de Physique Théorique de la Matière Condensée – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – France

⁴ Laboratoire de Physique de l’ENS Lyon – Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Continuous phase transitions mark the emergence of macroscopic order, distinguishing an ordered phase with a finite order parameter from a disordered one where it vanishes. While Landau theory and renormalization group (RG) approaches provide a robust theoretical framework predicting a full probability distribution of the order parameter with enhanced and non-Gaussian fluctuations near criticality-the statistical properties of the order parameter in this regime remain largely inaccessible to, and unexplored by, experiments, particularly in quantum systems. In this talk, I will present measurements of the full probability distribution of the order parameter across the superfluid-to-Mott insulator transition in a mesoscopic quantum system. Our platform consists of Bose-Einstein condensates of ~ 5000 metastable helium atoms confined in a 3D optical lattice. The high internal energy of He* allows for single-atom detection with time- and position-resolved resolution following long time-of-flight, granting access to the 3D, single-atom-resolved momentum distribution. From this, we extract the order parameter-the condensate amplitude-on a shot-by-shot basis over ~ 15000 experimental realizations.

We find that the observed distributions show limited sensitivity to universality class and boundary conditions, as both are encoded predominantly in rare events. By translating the full counting statistics into cumulants of the order parameter, we uncover oscillatory behavior as a function of the control parameter-consistent with RG predictions in the critical regime. This provides strong indication for the observation of critical behavior in our mesoscopic and inhomogeneous system. These results challenge the conventional thermodynamic-limit perspective and highlight the richness of critical phenomena beyond idealized conditions.

^{*}Intervenant

Probing weak and strong matter wave localization in quantum gases

David Guéry-Odelin * ¹

¹ Laboratoire Collisions Agregats Reactivite (LCAR) – Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse III, CNRS : UMR5589, Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse III – 31062 Toulouse cedex 04 - France, France

In classical mechanics, time-modulated pendulums serve as paradigms of chaotic dynamics, exhibiting mixed or fully chaotic stroboscopic phase spaces. In quantum systems, such chaotic landscapes give rise to new phenomena, including chaos-assisted tunneling and matter-wave localization.

While the Coherent Backscattering (CBS) peak is a well-known signature of weak localization, a second peak-Coherent Forward Scattering (CFS)-is predicted to emerge in the regime of strong localization. Using a shaken rotor model implemented with a Bose-Einstein condensate in a modulated optical lattice, we report the first direct experimental observation of the CFS peak. In our system, CFS manifests in position space, with a growth timescale governed by the localization length. By tuning the modulation, we control dynamical symmetries-such as time-reversal and parity-and observe their influence on both CBS and CFS peaks.

These findings establish CFS as a robust marker of non-ergodicity and a sensitive probe of symmetry, providing new tools to explore quantum chaos and disorder. Crucially, such experiments rely on precise preparation of the initial wave function, made possible through advanced quantum control techniques-highlighting their essential role in expanding the scope of quantum simulation.

*Intervenant

Quantum Energetic Advantage in Boson Sampling

Nessim Dridi ^{1,2}, Stephen Wein ², Ariane Soret ^{* 2}, Pierre-Emmanuel Emeriau ²

¹ ETH Zurich – Suisse

² Quandela – Quandela, 7 Rue Léonard de Vinci, 91300 Massy, France – France

Understanding the energetic efficiency of quantum computers is essential for their scalability and implementation. While the computational advantage of quantum computers has been widely studied and has motivated their development, the concept of a **quantum energetic advantage**-where a quantum computer completes tasks using less energy than the best classical counterparts-has recently emerged, adding a new layer of motivation for advancing quantum technologies (1).

In this work, we examine the energy cost required by a photonic quantum computer to solve the boson sampling problem. Boson sampling involves generating samples from the output distribution of indistinguishable photons passing through a linear optical network – a problem that quickly becomes intractable for classical computers and showcases a quantum computational advantage. Using the Metric-Noise-Resource (MNR) framework – a systematic approach to quantify and optimize resource consumption of quantum devices (1) – we identify the control parameters, performance metric, noise processes and resource consumption of the problem, and perform a quantitative analysis of the trade-off between the quality and quantity of the photons. Moreover, we compare the energetic cost per sample, and time required to create a sample, for classical and quantum implementations. Using state of the art classical algorithms (2) and supercomputers (3) as a baseline for classical energy consumption and speed, we show the existence of a quantum energetic advantage of photonic computers for boson sampling, where quantum computers are slower but more energy efficient than the classical ones.

Demonstrating the potential for a quantum energetic advantage in boson sampling extends the value of quantum computation beyond mere speed-up, emphasizing energy efficiency as a critical factor in the future of scalable quantum systems. As quantum devices evolve toward practical applications, energy considerations should play a pivotal role in their development and optimization.

(1) M. Fellous Asiani et al, PRX Quantum 4, 040319 (2023)

(2) P. Clifford and R. Clifford, Proceedings of the 29th annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (2018)

(3) TOP500 “23rd Green500 List” (2024)

*Intervenant

Evaluating the Cost of Weak vs. Strong Continuous Quantum Measurements

Lorena Ballesteros Ferraz ^{*} ^{1,2}, Cyril Elouard ¹

¹ Laboratoire de Physique et Chimie Théoriques – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire de Physique Théorique et Modélisation – Centre National de la Recherche Scientifique, CY Cergy Paris Université – France

This work aims to quantify the fundamental energetic costs of quantum measurements by developing a minimal model that captures key aspects of the process (1). The framework covers measurements ranging from weak to strong and detection efficiencies from ideal to highly lossy, accounting for both partial and complete information extraction.

To characterize the quality of this protocol, we introduce three figures, the strength characterizing the amount of information that can be extracted from the system, the detection efficiency characterizing the amount of information that has left the system and could be found in the accessible degrees of freedom of the ancilla and the normalized classical mutual information, which quantifies how much information about a specific observable is available in the accessible degrees of freedom of the ancilla.

We model the irreversibility of quantum measurements by assuming the ancilla undergoes pure dephasing. We derive a fundamental lower bound on the work cost of this protocol and compare it to an alternative using dissipation to convert quantum to classical information (2). Our analysis shows that the dephasing protocol always incurs an equal or higher energetic cost than the dissipation one.

We have also analyzed the role of coarse-graining of the ancilla outputs in the quality and cost of this setup and we have found that the lower work bound is not modified by coarse-graining as long as the coarse-graining spaces remain orthogonal between themselves.

Furthermore, we explore different routes to achieving strong and efficient measurements. One approach is to implement a single strong measurement via an intense/long interaction with the ancilla, while another relies on a long sequence of consecutive weak measurements. By comparing their energetic costs, we find that the work bound for multiple successive weak measurements significantly exceeds that of a single strong measurement.

Our findings shed light on the interplay between energy expenditure and measurement performance, offering insights into the thermodynamic constraints governing quantum measurements.

(1) Ballesteros Ferraz, Lorena, and Elouard, Cyril. arXiv:2502.09732.

(2) Latune, Camille L., and Elouard, Cyril. *Quantum* 9 (2025): 1614.

^{*}Intervenant

Stochastic information processing in a lazy quantum measurement engine: run-and-tumble exact work statistics and first-passage distribution

Lea Bresque ^{*} ¹, Edgar Roldan ¹, Debraj Das ¹

¹ Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics [Trieste] – Italie

Quantum measurements allow for information extraction and can affect the average energy of the measured quantum system via their backaction (1). When such measurements are alternated with, deterministic, unitary evolution, they lead to a list of outcomes whose stochasticity is of purely quantum origin. We study the energetic consequences and effects on this stochastic evolution on a single-qubit engine.

Information processing allows for efficiency feedback protocols by which a working substance's entropy can be reduced. Maxwell-demon type engines operate along these lines. However, information processing is also known to have an energetic cost when an irreversible memory reset is implemented, this is the famous Landauer erasure cost.

We allow for laziness in information processing, i.e., the engine stochastically runs blindly, only using measurement for its backaction, without using the outcome information in a feedback step.

When this laziness, itself, is stochastic, the measurement outcomes and the work extracted over consecutive cycles are second-order Markov processes, the work being analogous to a run-and-tumble process with transient anomalous diffusion. We derive exact analytical expressions for the work finite-time moments and first-passage-time statistics. Furthermore, we find the optimal laziness probability maximizing the mean power extracted per cycle. This reveals a quantum to classical tug-of-war where laziness disturbs work extraction while it reduces information processing cost.

Importantly, although our results crucially rely on the quantum nature of the working substance for the energetic interpretation, the measurement outcomes and their optimal erasure protocol are fully classical.

(1) C. Elouard, D. A. Herrera-Martí, M. Clusel, and A. Auffèves, The role of quantum measurement in stochastic thermodynamics, npj Quantum Information 3, 9 (2017).

^{*}Intervenant

Preparing entangled states out of dissipation in diamond

Shishir Khandelwal ¹, Shashwat Kumar ², Nicolas Palazzo ², Géraldine Haack ¹, Mayeul Chipaux ^{*} ^{2,3}

¹ Département de Physique Appliquée, Université de Genève – Suisse

² Institute of Physics, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) – Suisse

³ Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000 Besançon, France – Université Marie et Louis Pasteur, CNRS, institut FEMTO-ST (UMR 6174), F-25000 Besançon, France – France

The two-qubit entanglement engine is a theoretical framework in which quantum correlations can emerge from purely dissipative processes (1,2). In this scheme, two qubits (i.e., two-level quantum systems) are directly coupled to each other and individually connected to distinct thermal reservoirs with well-defined temperatures. By solving the quantum master equation for such a system, it has been shown that a non-equilibrium configuration-specifically, a temperature difference between the reservoirs-can drive initially separable qubits into entangled states, and that such entanglement may persist in the steady state.

In this talk, I will present our proposal (3) to implement such an entanglement engine on a diamond platform. In our scheme, the qubits are made of the electron spin transitions of two nitrogen-vacancy (NV) centers interacting via their magnetic moments. Their surrounding carbon-13 nuclear spins act as spin baths to constitute the thermal reservoirs. To address the key challenge of creating a temperature (i.e., polarization) difference between these baths, we propose to exploit the recent advances in dynamical nuclear polarization (DNP).

Considering two configurations-with or without the use of superresolution microscopy-we will explore how DNP can be used to (i) generate and control a thermal bias between the nuclear baths, (ii) tune the qubit-bath dissipation rates, and (iii) activate the interqubit flip-flop interaction Hamiltonian, such that (iv) entangled states can be prepared with concurrence values approaching theoretical maxima. As a conclusion, I will finally discuss the potential generalization of our scheme and its relevance for the quantum technologies.

References:

- (1) JB Brask et al., *New J. Phys.* **17**, 113029 (2015)
- (2) S Khandelwal, et al., *New J. Phys.* **22**, 073039 (2020).
- (3) S Khandelwal, S Kumar et al., *Phys. Rev. B* **108**, 174418 (2023)

^{*}Intervenant

Some speculations about local thermalization of non-equilibrium extended quantum systems

Dragi Karevski ^{*} ¹, Michele Cippola ²

¹ Laboratoire de Physique et Chimie Théoriques – Université de Lorraine, CNRS – France

² Jožef Stefan Institute – Slovénie

We discuss the possibility of defining an emergent local temperature in extended quantum many-body systems evolving out of equilibrium. For the most simple case of free-fermionic systems, we give an explicit formula for the effective temperature in the case of, not necessarily unitary, Gaussian preserving dynamics. In this framework, we consider the hopping of fermions on a one-dimensional lattice submitted to randomly distributed projective measurements of the local occupation numbers. We show from the average over many quantum trajectories that the effective temperature exponentially grows towards infinity.

^{*}Intervenant

Thermally driven quantum refrigerator autonomously resets a superconducting qubit

Aamir Ali * ¹

¹ Chalmers University of Technology [Gothenburg, Sweden] – Suède

Although classical thermal machines power industries and modern living, quantum thermal engines have yet to prove their utility. Here, we demonstrate a useful quantum absorption refrigerator formed from superconducting circuits. We use it to cool a transmon qubit to a temperature lower than that achievable with any one available bath, thereby resetting the qubit to an initial state suitable for quantum computing. The process is driven by a thermal gradient and is autonomous, requiring no external feedback. The refrigerator exploits an engineered three-body interaction between the target qubit and two auxiliary qudits. Each auxiliary qudit is coupled to a physical heat bath, realized with a microwave waveguide populated with synthesized quasithermal radiation. If the target qubit is initially fully excited, its effective temperature reaches a steady-state level of approximately 22 mK, lower than what can be achieved by existing state-of-the-art reset protocols. Our results demonstrate that superconducting circuits with propagating thermal fields can be used to experimentally explore quantum thermodynamics and apply it to quantum information-processing tasks.

*Intervenant

MC12 : Dynamique femtoseconde : pour comprendre et contrôler les processus moléculaires

QCL frequency control via a femtosecond laser, AOM large scale shifted and traceable by atomic clock

Hadj Elandalousi * ¹

¹ De la Molécule aux Nanos-objets : Réactivité, Interactions et Spectroscopies (MONARIS) – Sorbonne Université UPMC Paris VI, Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France) – France

Using femtosecond lasers to control QCL laser for Mid Infrared high resolution spectroscopy purposes like studying subDoppler lines of ozone, requires to sweep frequencies over large intervals. To achieve this goal we use two combs one is frequency locked to the atomic clock reference at 1542.14186115 nm while the other is shifted stepwise by an AOM. Since the frequency shift of an AOM is insufficient, we switch every 150 MHz between the two combs to cover large scales.

*Intervenant

Time-resolved 2D-IR spectroscopy for disentangling site effects in cryogenic matrices

Wutharath Chin ^{* 1}, Armel Jouan ¹, Daniel Varga ¹, Jan Helbing ²,
Claudine Crépin ¹

¹ Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8214 – France

² Université de Zürich – Suisse

Two-dimensional infrared (2D-IR) spectroscopy is a powerful tool for investigating structural properties and unraveling molecular vibrational dynamics in different environments. This non-linear technique goes beyond linear absorption spectroscopy by yielding simultaneously structural and dynamical information such as vibrational modes, anharmonicities, vibrational couplings, energy transfers, homogeneous broadening.

We present here our recent measures of 2D-IR spectra in a cryogenic matrix (well-ordered solids at low temperature stabilised by van der Waals interactions). The IR absorption spectrum of W(CO)₆ metal carbonyl complex in solid nitrogen gives complex structures with thin absorption bands (fwhm < 1 cm⁻¹) in the CO stretch region, arising from different families of trapping sites. The high-resolution achieved by the 2D-IR setup (< 0.5 cm⁻¹) enables us to unravel this complex band structure in a direct way.

In a 2D-IR spectrum, the FTIR bands can be retrieved from the diagonal peaks, the additional bands provide information on the anharmonicities and electrical or mechanical couplings between vibrations. We have evidenced the existence of two different families of trapping sites by looking at correlation bands in the 2D-IR spectrum. One family shows a unique band, which is interpreted by W(CO)₆ retaining the Oh geometry as in liquid. In the second family, the presence of cross-peaks between specific bands is the signature of vibrational couplings between the CO modes. In this case, the Oh symmetry is broken by the nitrogen lattice, resulting in degeneracy lift of the CO mode. The 2D-IR spectra also exhibit new interesting features, such as positive anharmonic coupling and coherent excitation transfer between non-degenerate modes.

*Intervenant

Development of Time-Resolved Circular Dichroism for Investigating Conformational Changes of (Bio)molecules

Pascale Changenet ^{*} ¹, Francois Hache ^{*}

1

¹ Laboratoire d'Optique et Biosciences – Ecole Polytechnique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Circular dichroism (CD), which is the differential absorbance of left- and right-handed circularly polarized light, is a widely used technique for analyzing the secondary structure of biomolecules at equilibrium in solution. The combination of pump-probe techniques with CD spectroscopy provides a versatile tool for investigating conformational and electronic structure changes in chiral molecular assemblies across a broad range of timescales.

Despite recent technological advances, time-resolved CD, particularly on the femtosecond to picosecond timescale, remains challenging due to the intrinsically weak signals that are prone to artifacts (1). In recent years, we have developed several experimental setups capable of detecting light-induced CD changes in various chiral compounds, with time windows ranging from a few hundred femtoseconds to several seconds (2,3).

Here, I present the principles, advantages, and limitations of these setups. Their capabilities are illustrated through applications to the study of photoinduced conformational changes in binols and G-quadruplex DNA structures (4,5).

1. Björling, S. C.; Goldbeck, R. A.; Milder, S. J.; Randall, C. E.; Lewis, J. W.; Kliger, D. S. J. Phys. Chem. (1991) **595**, 4685.
2. Hache F., Changenet P., Chirality (2021) **33**, 747.
3. Changenet P., Hache F., Eur. Phys. J. Spec. Top. (2023) **232**, 2117.
4. Changenet P., Hache F., Opt. Express (2023) **31**, 21296.
5. Mendonça L., Hache. F., Changenet-Barret P., Plaza P., Chosrowjan H., Taniguchi S., Imamoto Y., J. Am. Chem.Soc. (2013) **135**, 14637.

^{*}Intervenant

Continuously tunable monochromatic intense HHG source for excitation of He nanodroplets

Jurkovicova Lucie ^{*} ^{1,2}, Ltaief L. B. ³, Roos A. H. ¹, Hort O ¹, Finke O ^{1,2}, Albrecht M ^{1,2}, Hoque Z ¹, Klimesova E ¹, Sundaralingam A ³, Antipenkov R ¹, Grenfell A ¹, Vendl A ^{1,2}, Szuba W ¹, Krikunova M ¹, Mudrich M ³, Nejd J ^{1,2}, Andreasson J ¹

¹ ELI Beamlines – République tchèque

² Czech Technical University in Prague – République tchèque

³ Aarhus University [Aarhus] – Danemark

High-order harmonic generation (HHG) is a well-established source of VUV-XUV radiation (1). Recent developments in pump-probe schemes are opening a way for real time observation of electron correlations (2). Since their discovery, interatomic and intermolecular Coulombic decay processes (ICD) have gained a lot of interest, nowadays focused towards condensed-phase systems due to their importance in biological studies (3). The application of HHG is, however, not so straightforward. For many applications (4), there is a need for intense VUV radiation at a specific resonant photon energy. If an energy mismatch occurs, the interaction signal is weak and cannot be increased just by the delivered photon flux.

In HHG, individual harmonics are defined by the spectral properties of the driving laser. If the narrowband spectral resonance of a target system is in between two harmonics, spectral tuning is essential.

Here we demonstrate experimentally the ability of precise spectral tuning across the excitation resonance (21.5eV) in the He nanodroplet in the high-intensity interaction regime allowing many-body nonlinear processes inside the droplet (5). To achieve this, we use a second harmonic generation (SHG) of IR laser to drive the HHG.

Along with continuous tunability of the photon energy, there is an additional benefit of significantly increased photon flux per harmonic order. Another advantage is the doubled separation between adjacent harmonics. In the case of He nanodroplets, no monochromator is required for this method, allowing high VUV intensities to be reached on the target. Moreover, the SHG acts as a spectral lock of the HHG driver, increasing spectral stability of the generated harmonics resulting in amelioration of pump-probe scans.

A high VUV intensity, reaching 7×10^{11} W/cm² on the target, is demonstrated by observing collective autoionization of multiply excited He atoms inside the nanodroplets. This has been reported previously only with intense VUV pulses from a seeded FEL, FERMI (6).

(1) Constant, E. (2025). *APL Photonics*, 10 (1): 010907.

*Intervenant

- (2) Kotur, M. (2016). *Nat Commun* 7, 10566.
- (3) Alizadeh, E. (2015). *Ann. Rev. Phys. Chem.* 66 379.
- (4) Klimešová, E. (2021). *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 230, 4183–4194.
- (5) Jurkovičová, L. (2024). *Commun Phys* 7, 26.
- (6) Ovcharenko, Y. (2020). *New J. Phys.* 22 083043.

Picosecond isomerization of bacteriophytochromes confirmed by a first fluorescent photoswitchable variant (NIR-RSFP)

Cédric Mittelheisser * ^{1,2}, Michel Sliwa ^{1,3}, Stefan Jacobs ⁴, Daniel Stumpf ⁴, Nickels Jensen ⁴

¹ Laboratoire Avancé de Spectroscopie pour les Interactions la Réactivité et l'Environnement - UMR 8516 – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire Lorrain de Chimie Moléculaire – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire d'Optique et Biosciences – Ecole Polytechnique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ Max Planck Institute of Experimental Medicine [Göttingen] – Allemagne

Super-resolved fluorescence microscopy (nanoscopy) requires the development of new reversibly switchable fluorescent proteins (RSFPs) that are active in the red/near-infrared (NIR) spectral range. We have engineered an innovative NIR-RSFP derived from the bacteriophytochrome *Deinococcus radiodurans* (Dr-BphP). Previous studies have shown that the photo-induced switching of Dr-BphP, from the Pr state (red-absorbing) to the Pfr state (far-red-absorbing), involves an initial cis-trans isomerization of the biliverdin chromophore. The origin of the competition between fluorescence and switching in bacteriophytochromes remains under debate. Reported isomerization times in the literature range from several tens to several hundreds of picoseconds. To optimize this new NIR-RSFP, a detailed understanding of the photoswitching mechanism is essential, particularly to identify transient species that govern the quantum yields of conversion and fluorescence. We therefore investigated the photodynamics using femtosecond UV-Vis-NIR Transient Absorption Spectroscopy (TAS) and nanosecond-scale emission measurements (TCSPC). Comparing our NIR-RSFP to Dr-BphP and a non-switchable fluorescent mutant (SNIFP) allowed us to identify two distinct ground-state species, associated respectively with fluorescence emission (600 ps) and isomerization (40 ps), both with comparable yields of approximately 10%. These findings provide new insights into the switching mechanisms of phytochromes and lay a solid foundation for the development of future NIR optogenetic tools.

*Intervenant

Investigation of Ligand-Mass Dependence of the fast red negative Photochromism of Flavoprotein-Ligand Charge Transfer Complex.

Amira Gharbi * ¹, Laura Antonucci ¹, Xavier Solinas ¹, Manuel Joffre ¹,
Marten Vos ¹, Michel Sliwa ¹

¹ Laboratoire d'Optique et Biosciences – Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Photochromic proteins are light-responsive macromolecules that undergo reversible structural switching upon photon absorption, producing photoproducts with distinct spectral properties. This switching is often triggered by the chromophore (cofactor) isomerization, as seen in natural systems like rhodopsins or phytochromes. Negative photochromic proteins-where the ground state absorbs in the visible and the photoproduct is blue-shifted-are especially promising for biological imaging and optogenetics, owing to their red-light activation and potential for deep-tissue applications. Yet, such systems remain rare, and key questions persist regarding the control of switching efficiency and recovery kinetics.

We investigate a unique red-absorbing negative photochromic protein system formed by a charge transfer (CT) complex between a flavin cofactor and a ligand (methylthioacetate, MTA) within monomeric sarcosine oxidase (MSOX). This system undergoes ultrafast photocommutation with near-unity quantum yield, forming a state devoid of CT interactions with a nanosecond-scale lifetime at room temperature. A previous hypothesis proposed that thermal recovery from the photoproduct was governed by the mass of the isomerizing ligand atom.

To test this hypothesis, we compared the dynamics of two CT complexes: MSOX:MTA and MSOX:methylselenoacetate (MSeA)-differing only in the ligand central atom's mass. Using femtosecond transient absorption spectroscopy and a custom-built Arbitrary Detuning Asynchronous Optical Sampling (ADASOPS) system, we tracked both the forward photoreaction and the thermal recovery kinetics over time windows up to 100 ns.

Surprisingly, both systems showed similar activation energies (~ 23 kJ/mol), contrary to the anticipated mass-dependent energy barrier. However, their recombination rates differed significantly, suggesting that the ligand's atomic mass alters the potential energy landscape-affecting recovery rates without changing the barrier height.

These findings contribute to a deeper understanding of light-induced structural dynamics in photoactive biological systems and pave the way for designing next-generation biocompatible photo-switches with controllable thermal recovery and spectral properties.

*Intervenant

Time-resolved spectroscopy of the Singlet Fission process in isolated gas-phase systems

Oriane Shviro ^{*} ¹, Audrey Scognamiglio ¹, Lou Barreau ¹, Constant Schouder ¹, Minh-Huong Ha-Thi ¹, Lionel Poisson ¹

¹ Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8214 – France

Molecular photophysics provides an understanding of the energetic structure of molecules and the existing intra- and intermolecular couplings, which is essential knowledge for the development of future applications.

In particular, dimers of some acenes, the molecules of interest in this study, exhibit a specific property known as Singlet Fission, a process particularly relevant for the advancement of photovoltaic cells. This phenomenon enables the creation of two charges from the absorption of a single photon by the dimer, thereby increasing the quantum yield.

The study of isolated systems in the gas phase is a crucial step in understanding such interactions and processes at play in complex systems. In this study, we focus on the ultra-fast dynamics of the isolated molecules in gas phase with a pump-probe setup, using a femtosecond laser. We present the results obtained for good candidates for Singlet Fission process such as tetracene and pentacene. Isolated molecules are investigated first. Then argon clusters are used to control the stoichiometry of molecular complexes.

^{*}Intervenant

Probing dipole-dipole interactions in dense atomic vapors with double quantum coherence spectroscopy

Cyril Falvo * ^{1,2}

¹ Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS – France

² Laboratoire Interdisciplinaire de Physique – Université Grenoble Alpes, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Resonant dipole-dipole interactions control many processes in atomic and molecular physics. For example, they are responsible for vibrational and electronic exciton transport in biological systems, in molecular aggregates, or in photosynthetic units (1, 2). In atomic physics, resonant dipole-dipole interactions play a fundamental role, e.g. in optical atomic clocks, and atom-based quantum simulators (3, 4). They are also important for the optical properties of atomic vapors as they contribute to shifts and broadenings of the absorption lines (5).

Coherent nonlinear spectroscopy is a powerful tool to characterize the electronic dynamics in molecular systems. In particular, double quantum coherence spectroscopy (DQCS) was first introduced as a direct measure of electron correlation (6). In the context of atomic vapors, the DQCS signal completely vanishes for uncoupled atoms and is therefore a direct signature of dipole-dipole interactions (7). While DQCS of atomic vapors has been measured for a wide range of densities (8), a complete theoretical description of DQCS for atomic vapors and its precise link to interatomic interactions is still missing.

During this presentation, I will review some recent theoretical results that I obtained on the description of DQCS of atomic vapors (9). I will start with the atomistic model of Leegwater and Mukamel (10), first introduced to describe the optical properties of dense atomic vapors and extended here to describe DQCS. I will present some analytical results obtained in the short time limit and compare the model with recent experimental measurements.

(1) F. C. Spano, *Acc. Chem. Res.* **43**, 429 (2010).

(2) E. Thyrgaugh, R. Tempelaar, M. J. P. Alcocer, et al., *Nature Chem.* **10**, 780 (2018).

(3) M. D. Swallows, M. Bishof, Y. Lin, et al., *Science* **331**, 1043 (2011).

(4) A. Browaeys, D. Barredo, and T. Lahaye, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **49**, 152001 (2016).

(5) R. Kondo, S. Tojo, T. Fujimoto, et al., *Phys. Rev. A* **73**, 062504 (2006).

(6) S. Mukamel, R. Oszwaldowski, and L. Yang, *J. Chem. Phys.* **127**, 221105 (2007).

(7) X. Dai, M. Richter, H. Li, et al., *Phys. Rev. Lett.* **108**, 193201 (2012).

(8) D. Liang and H. Li, *J. Chem. Phys.* **154**, 214301 (2021).

(9) C. Falvo and H. Li, *J. Chem. Phys.* **159**, 064304 (2023).

(10) J. A. Leegwater and S. Mukamel, *Phys. Rev. A* **49**, 146 (1994).

*Intervenant

Decoherence phenomena of electron dynamics in liquid water on the attosecond timescale

Gabriele Crippa ^{* 1}, Geoffrey Carneiro ^{1,2}, Rafael Menezes Ferreira ², Nicolas Lericheux ², Fabien Lepetit ², Olivier Tcherbakoff ², Jean-Francois Hergott ², Christophe Nicolas ³, Francis Penent ¹, Remi Dupuy ¹, Marine Fournier ^{1,3}, Pascal Salières ², Jerome Palaudoux ¹, Hugo Jean Baptiste Marroux ²

¹ Sorbonne Université, CNRS, Laboratoire de Chimie Physique-Matière et Rayonnement, 75005 Paris, France – CNRS – France

² Université Paris-Saclay, CEA, LIDYL, 91191 Gif-sur-Yvette, France – CEA-DRF-IRAMIS – France

³ Synchrotron SOLEIL, Orme des Merisiers, Saint-Aubin, 91192 Gif-sur-Yvette, France – Synchrotron Soleil – France

The understanding of electron scattering dynamics in water is paramount for fundamental and applied research in a variety of fields, including radiobiology and ultrafast chemistry. However, its investigation is experimentally challenging since scattering occurs starting down from the attosecond timescale (1) and the mean free path of electrons in water is limited to a few angstroms (2). In this work, Reconstruction of Attosecond Beating By Interference of two-photon Transitions (RABBIT) (3) was performed in gas and liquid phase water over the photon energy range 37-74 eV. Since RABBIT is based on an atomic interferometric principle, the contrast of the sidebands oscillation can be exploited to unveil the dynamics of the photoelectrons dephasing in the liquid (4). Sources of decoherence originating from measurements biases (e.g. temporal jitter, spectral overlap) are taken in consideration and gauged, identifying solvation-environment decoherence in the liquid phase as prime mechanism for the contrast reduction. The dephasing dynamics is thus interpreted in the framework of open quantum systems as the result of the non-unitary evolution of the electron reduced density matrix.

(1) I Jordan et al., Science 369, 974–979 (2020)

(2) A Mondal et al., Nat. Phys. 19, 1813–1820 (2023)

(3) P. M Paul et al., Science 292, 1689–1692 (2001)

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

*Intervenant

Excited-state dynamics and thermal recovery of salicylidene-aniline photoswitches: a theoretical investigation

Isabella Merritt ^{*} ¹, Iulia Turcas ^{1,2}, Teodor-Aurelian Cucuiet ¹, Dario Bassani ¹, Frédéric Castet ¹

¹ Université de Bordeaux – Institut des Sciences Moléculaires, Université de Bordeaux, UMR CNRS 5255 – France

² Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – Institute of Chemistry, Physics and Materials – France

Photo-induced reactions in molecules are key to developing novel light-responsive systems and applications. One particularly interesting group of molecules are photochromes, which reversibly switch between two metastable forms upon irradiation. These light-controlled "molecular switches" or *photoswitches* hold potential for many applications, such as: photo-controllable materials, photo-pharmacology, and solar thermal energy storage.(1) Understanding photoinduced processes in these molecules, through a combination of theory and experiment, can enable intelligent selection and design of improved photoswitches.

In this contribution, I will present our theoretical study of the salicylidene aniline (SA) photo-switch, which upon UV irradiation (355 nm) undergoes an ultrafast excited-state intramolecular proton transfer (ESIPT), followed by photoisomerisation to form the metastable *photochromic* form.(2) I will highlight two key aspects of our investigations. First, I will discuss the initial sub-100 fs ESIPT reaction, which we model with mixed quantum classical non-adiabatic dynamics simulations. In particular, I will highlight the importance of an accurate preparation of the initial molecular wavepacket. Second, I will discuss the thermal recovery pathway which leads to reformation of the initial molecule from the *switched* form, which we demonstrate through combined theory and experiment to take place through a solvent-assisted mechanism in a "protonated" form, challenging previous assumptions made in literature.(3)

References

(1) A. Polosukhina et al., *Neuron*, 2012, 75, 271; C. Barrett et al., *Chem. Mater.*, 1995, **7**, 899; M. Baroncini et al., *Chem. Rev.*, 2020, **120**, 200; Giménez-Gómez et al., *React. Chem. Eng.*, 2024, **9**, 1629.

(2) M. C. Silfies et al., *J. Chem. Phys.*, 2023, **159**, 104304.

(3) E. Hadjoudis et al., *Curr. Org. Chem.*, 2009, **13**(3), 269-286.

^{*}Intervenant

Development a multi-timescale and multi-probe transient absorption setup using fs Ti:Sa and Yb laser sources

Evangelos Balanikas ^{*} ¹, Xavier Solinas ², Laura Antonucci ², Adeline Bonvalet ³, Marten Vos ², Michel Sliwa ², Manuel Joffre ², Pascale Changuenet ³

¹ Laboratoire d'Optique et Biosciences – Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire d'Optique et Biosciences – Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire d'Optique et Biosciences – Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Ultrafast pump-probe spectroscopy enables the study of molecular dynamics across a wide range of timescales, from femtoseconds to milliseconds. Conventional setups that use mechanical delay stages to control pump-probe delay, are limited to temporal windows of a few nanoseconds. This makes them unsuitable for studying biomolecules whose dynamics extend over longer timescales.

To overcome this limitation, we have developed a multiscale spectroscopic setup based on the Arbitrary Detuning Asynchronous Optical Sampling (ADASOPS) method (1). ADASOPS allows precise determination of pulse pair delay from two independent femtosecond laser sources with precision of 500 fs, without any condition on their repetition rate. This method has been successfully applied on transient absorption measurements using two femtosecond Ti:Sa oscillators (2) and two amplified kHz Ti:Sa laser sources (3). We aim to develop a transient absorption setup, combining a high-repetition-rate Yb laser (probe) and a kHz Ti:Sa laser (pump), similarly to a previously-reported approach (4). As a first step, we successfully synchronized a nanosecond diode laser (pump) with an Yb laser (probe), running at a repetition rate of 1 kHz and 125 kHz, respectively. Combining a low-repetition rate pump with a high-repetition rate probe enables the measurement the transient spectra at 8ms intervals after excitation, corresponding to an approach known as multiple probing.

To test our setup, we performed visible broadband transient absorption measurements on carboxymyoglobin (MbCO) in solution. Upon photodissociation of CO from the heme group, MbCO undergoes structural changes that evolve over a wide temporal range, from femtoseconds to milliseconds, making it an ideal model system for testing multiscale ultrafast spectroscopy methods.

(1) X. Solinas, L. Antonucci, A. Bonvalet, M. Joffre, Opt. Express **25**, 17811 (2017).

^{*}Intervenant

- (2) L. Antonucci, A. Bonvalet, X. Solinas, M.R. Jones, M.H. Vos, M. Joffre, *Opt. Lett.* **38**, 3322 (2013).
- (3) D. Sorigué *et al.*, *Mechanism and dynamics of fatty acid photodecarboxylase*, *Science* **372**, eabd5687 (2021).
- (4) J. Helbing, P. Hamm, *J. Phys. Chem. A* **127**, 6347 (2023).

Ultrafast vibrational and chiral spectroscopies for enhanced structure-sensitivity in solution

Jan Helbing * ¹

¹ University of Zürich – Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich, Suisse

Spectroscopic methods which can provide direct information on local structure and fast structure changes of molecules in solution are limited – in particular on the laboratory scale. For smaller molecules, the vibrational spectrum can be a very sensitive reporter on the details of photo-induced rearrangements, as will be illustrated for a long-range intramolecular proton transfer reaction (1). The orientation- and distant-dependent coupling of two or several chromophores in larger molecules can be used to resolve site-specific structure changes in larger molecules. Both multidimensional and circular dichroism spectroscopies are sensitive to these couplings (2). We will discuss both their potential and limitations when applied to studying fast processes in peptides and proteins in solution (3). First results on combining infrared and electronic excitations to resolve the vibrational spectra of chromophores in proteins will also be presented.

(1) Rehhausen, C. et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2024** *146* (3), 2043-2053

(2) Oppermann, M. et al. *J. Phys. Chem. Lett.* **2019**, *10*, 2700–2705

(3) W. Redl and J. Helbing. Manuscript in preparation (2025)

*Intervenant

Photoreactions of fluorescent proteins : from femtosecond spectroscopy to biological imaging

Agathe Espagne * ¹

¹ UMR 8228 CPCV – ENS-PSL, CNRS, Sorbonne Université – France

Fluorescent proteins (FPs) are artificial proteins genetically engineered from the Green Fluorescent Protein (GFP) of the jellyfish *Aequoria victoria* for use as fluorescent probes in biological imaging. They are ubiquitous tools in biology laboratories. However, FPs are not simple molecular beacons: they exhibit a variety of photoreactions whose mechanisms are only partially understood. These photoreactions are harmful when they compete with fluorescence, but they can also inspire the development of innovative imaging methods, as demonstrated for example by the emergence of super-resolution imaging methods. A better understanding of the photochemistry of FPs is essential to improve the performance of biological imaging. Using the example of our work on Reversibly Switchable Fluorescent Proteins (RSFPs) and on light-induced Reverse Intersystem Crossing (RISC) in EGFP, I will show how detailed studies of the mechanisms and dynamics of FP photoreactions, based in particular on transient absorption spectroscopy (TAS) from the femtosecond to the millisecond scale, can lead to the proposal of new biological imaging methods.

*Intervenant

Ultrafast processes in molecular functional materials developed for renewable energy conversion

Stefan Haacke * ¹

¹ Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS) – Université de Strasbourg, CNRS : UMR7504 – 23 rue du Loess - BP 43 - 67034 Strasbourg Cedex 2 - France, France

In dye-sensitized solar cells (DSSCs) and in photo-catalytic devices designed for hydrogen production or CO₂ reduction, light triggers ultrafast molecular processes, such as electron, energy transfer or singlet fission. Since these processes are at the heart of the function of the devices and of their efficiencies, the design of new molecular photo-sensitizers or catalysts can be optimized rationally if these processes are monitored by ultrafast spectroscopy. In this talk, I will present our latest results on **transparent solar cells** designed for the near-IR. Here, femtosecond spectroscopy allows to give evidence for the kinetic competition of electron release and detrimental monomer-to-aggregate energy transfer (W. Naim et al, JACS Au **1**, 409 (2021)). The latter is minimised by the recent design of diketo-pyrrolopyrrole dyes, as we could directly and quantitatively evaluate from ultrafast fluorescence spectroscopy (T. Baron et al., Angew. Chem. **61**, e202207459 (2022) & M. Kurucz et al., ChemPhotoChem **8**, e202300175 (2024)). The molecular design concepts are thus confirmed by ultrafast spectroscopy, providing a rational understanding for the state-of-the-art performances combining high average visible transmission (76%) and power conversion efficiency (4.2%).

*Intervenant

Electron scattering from planar molecules

Vincent Lorient * ¹

¹ Institut of Light and Matter (ILM UCBL) – Institut of Light and Matter – UMR5306 CNRS
Université Claude Bernard Lyon 1 Domaine Scientifique de La Doua Bâtiment Kastler, 10 rue Ada
Byron 69622 Villeurbanne CEDEX, France, France

With the advent of attosecond science, new tools have emerged to track electron dynamics on their natural timescale (1). In particular, XUV photons can liberate an electron into the continuum through single-photon ionization. Before being freed from the influence of its parent ion, the photoelectron scatters in the potential of its parent ion and imprints in its phase the details of this interaction. According to Wigner, such phase shifts can be semi-classically understood as ‘delays’ in the ionization process (2). Photoionization time-delay metrology is sensitive to a plethora of electron dynamics that can now be accessed experimentally in molecules of increasing size (3).

While few-atom molecules present well separated electronic states with a pronounced spectroscopic character, large molecules have many electronic states close in energy in their valence band (3). At a first glance, one might assume that the ionization channels of large molecules may behave independently. According to the scattering theory, ionization time delays may increase with the size of the scattering centre. However, this simple ‘size’ argument is not sufficient to justify the ionization time delay in large and planar (2D) molecules. The delocalization of the hole over the molecular plane leads to a strong quadrupole correction of the potential. This quadrupole term corresponds to a less attractive potential perpendicular to the molecular plane, leading to a significant reduction in ionization time delays (4).

(1) A. L’Huillier, *Review of Modern Physics*, 96, 030503 (2024).

(2) E. P. Wigner, *Physical Review*, 98, 145–7 (1995).

(3) A. Boyer *et al.*, *European Physical Journal Special Topics*, 232 2001-2009 (2023)

(4) V. Lorient *et al.*, *Nature Physics*, 20, 765-769 (2024)

*Intervenant

Extreme ultraviolet (XUV) time-resolved photoelectron spectroscopy for studying ultrafast internal conversion

Alexie Boyer ^{*} ^{1,2}, Shutaro Karashima ¹, Alexander Humeniuk ¹, Yo-Ichi Yamamoto ¹, Toshinori Suzuki ¹

¹ Department of Chemistry, Kyoto University – Japon

² Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Photo-induced processes in molecules are often facilitated by *conical intersections* (CIs) - molecular geometries where potential energy surfaces intersect. At these intersections, the Born-Oppenheimer approximation breaks down, and nuclear motion drives the transition between electronic states. These non-adiabatic transitions ultimately lead to the formation of photoproducts.

The non-adiabatic dynamics are governed by several factors, including the topography of the potential energy surfaces and CIs, the presence of dark states, and the nuclear degrees of freedom responsible for electronic transitions. These factors influence both the speed and efficiency of photo-reactions. Accurately describing non-adiabatic dynamics requires tracking the full evolution of the vibrational wavepacket created upon photoexcitation - from the initial Franck-Condon region to the formation of photoproducts.

In this context, the development of extreme ultraviolet (XUV) technologies has opened new opportunities to probe photo-induced dynamics. Among these advancements is XUV time-resolved photoelectron spectroscopy (XUV-TRPES), a powerful technique for investigating ultrafast processes by monitoring the evolution of vibrational wavepackets along potential energy surfaces and through conical intersections.

In this work, XUV-TRPES is employed to investigate the ultrafast internal conversion of photoexcited molecules in both gas and liquid phases. Chemical substitution is used to identify key reaction coordinates, and the influence of solvation is highlighted.

^{*}Intervenant

First Instants Following Ultrafast Extreme Ultraviolet Ionization of a Peptide Chain Ion

Karwan Omar ^{1,2}, Alexie Boyer ³, Marius Hervé ³, Isabella Merritt ⁴,
Isabelle Compagnon ³, Alexander Kuleff ⁵, Richard Brédy ³, Sreelakshmi
Palakkal ³, V. Despré ³, Emilien Prost ³, Morgane Vacher ⁴, Fabien Cailliez
², Franck Lépine ³, Aurélien De La Lande ^{* 2}

¹ University of Sulaimani – Irak

² Institut de Chimie Physique – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Institut Lumière Matière [Villeurbanne] – Université Claude Bernard Lyon 1, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5306, Université Claude Bernard Lyon 1, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ Chimie Et Interdisciplinarité : Synthèse, Analyse, Modélisation – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique, Nantes Université - UFR des Sciences et des Techniques – France

⁵ Theoretische Chemie, PCI, Universität Heidelberg – Allemagne

Attosecond pump-probe spectroscopies open up fascinating prospects for understanding the responses of matter following ionization. Recent experimental developments(1) now make this type of experiment possible on molecular systems such as proteins, and are stimulating the development of dedicated molecular simulation approaches.

In this talk, I will present the developments carried out at the Institut de Chimie Physiques to simulate the ionizing irradiation of complex molecules and their multiscale responses(2). These developments are carried out in the formalism of auxiliary dependent density theory (ADFT) and are available to the community in the deMon2k code.

I'll take the example of two peptide chains whose responses to femtosecond XUV irradiation have been studied experimentally. Firstly, RT-TD-ADFT (Real Time Time Dependent Auxiliary DFT) simulations will be presented, enabling us to understand the ionization mechanism. Secondly, multi-component DFT(3,4) and constrained Tight binding DFT simulations are used to simulate proton transfer and post-ionization nuclear relaxation, in good agreement with experimental data.

For the first time to our knowledge, these studies provide real-time measurement and simulation of the early phases of molecular structure reorganization, energetically quantified by the lambda term in Marcus' famous electron transfer theory(5).

(1) A. Boyer, Dynamiques attoseconde et femtoseconde induites par ionisation XUV ultrarapide dans les molécules neutres et les ions biomoléculaires complexes, Theses, Université Claude Bernard - Lyon I, 2022. (2) K.A. Omar, F.A. Korsaye, R. Tandiana, D. Tolu, J. Deviers, X. Wu, A. Parise, A. Alvarez-Ibarra, F. Moncada, J.N. Pedroza-Montero, D. Mejía-Rodríguez, N.-T. Van-Oanh, F. Cailliez, C. Clavaguéra, K. Hasnaoui, A. de la Lande, The European Physical

*Intervenant

Journal Special Topics, 232 (2023) 2167–2193. (3) D. Mejía-Rodríguez, A. de la Lande, J. Chem. Phys., 150 (2019) 174115. (4) L. Zhao, Z. Tao, F. Pavošević, A. Wildman, S. Hammes-Schiffer, X. Li, J. Phys. Chem. Lett., 11 (2020) 4052–4058. (5) A. de la Lande, F. Cailliez, D.R. Salahub, Electron Transfer Reactions in Enzymes: Seven Things that Might Break Down in Vanilla Marcus Theory and How to Fix Them if They Do, in: V. Moliner, I. Tunon (Eds.), RCS London, 2017: pp. 89–149.

MC13 : Détecteurs rapide
temps-position en physique atomique et
physico-chimie moléculaire

High precision time measurement with the WaveCatcher and SAMPIC fast digitizers

Dominique Breton * ¹, Jihane Maalmi *

1

¹ Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9012, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Time stamping with picosecond (ps) accuracy is an emerging technique opening new fields for physics and medical instrumentation. It indeed permits the localization of vertices with a few mm precision, thus helping associating particles coming from a common primary interaction even in a high background. It can also be used for particle identification based on Time of Flight techniques. The progress in ultra-fast digitizing electronics (including high-end oscilloscopes) demonstrated that picosecond timing accuracy can be reached simply by directly sampling the detector signal at high rate and extracting time information by interpolation of the samples located in and around the leading edge of the signal.

When one has to deal with high integration levels or large number of channels, a compact solution is mandatory and the use of ultra fast analog memory ASICs like those used in the WaveCatcher and SAMPIC digitizing systems has proven its adequation over more than a decade, offering a precision of a few ps rms.

The talk will summarize the requirements for high precision time measurements, explain the concept of analog memories, then describe the WaveCatcher and SAMPIC boards and modules, and finally present the results obtained when coupling them to different types of fast detectors.

*Intervenant

Novel spatially resolved electron spectroscopies allowed by event-based detection

Mathieu Kociak ^{*} ^{1,2}, Yves Auad ², Michael Walls ², Francisco De La Pena ³, Jean-Denis Blazit ², Florian Castioni ², Heyu Wang ², Alissa Freilinger ², Odile Stephan ², Luiz H. G. Tizei ²

¹ CNRS – CNRS, CNRS : UMR8568, CNRS, CNRS : UMR6074, CNRS, CNRS : UMR5593, CNRS : ERL3189, CNRS : UMR7104, CNRS : UMR5244, CNRS : UMR2205, CNRS : UPR8241, CNRS, CNRS : UMR5554, CNRS : UMR5274, CNRS : UMR5493, CNRS : UMR7199, CNRS : UMR8184, CNRS : UMR7141, CNRS : UMR5251, CNRS : UMRTemps8066, CNRS : FR550, CNRS : UMR5127, CNRS : UMRSETEMouilis, CNRS : UMR9189, CNRS : UMR7190, CNRS : UMR00, CNRS : UMR8079, CNRS : UMR5138, CNRS : UMR6004, CNRS : UMR8234, CNRS : UMR5249, CNRS : UMR5109, CNRS : UMR8503 – France

² Laboratoire de Physique des Solides - STEM – Laboratoire de Physique des Solides – France

³ Unité Matériaux et Transformations - UMR 8207 – Centrale Lille, Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – France

Transmission electron microscopy (TEM) plays a crucial role across many scientific fields, from materials science to biology, as well as condensed matter physics and nano-optics. Its ability to analyze structure, chemistry, and electronic and optical properties at sub-angstrom scales makes it an exceptional enabling technology. However, electron microscopes have long been limited in temporal resolution, relying on continuous electron sources and detectors that rarely achieved better than millisecond-scale resolution.

The advent of femtosecond-pulsed electron sources and nanosecond-resolved parallel detectors has dramatically changed the landscape.

In this talk, I will present our work over the past three years on developing and exploiting a nanosecond-resolved direct electron detector (Timepix3) for applications in spatially resolved electron spectroscopy. While Timepix3 is well-established in various scientific domains, its application for fast electron detection in electron microscopy is still emerging.

I will first present the developments of Timepix3 for electron energy-loss spectroscopy (EELS). I will focus on the amazing gain in temporal resolution offered by the Timepix3 when used in a scanning TEM to perform hyperspectral imaging - from at the very best 100 μ s to few ns. I will then describe two applications enabled by this technology. The first concerns inelastic electron-emitted photon coincidence experiments, which provide access to charge carrier dynamics in nanostructures. The second involves thermometry measurements on various nanostructures with simultaneous nanometer and nanosecond resolution.

^{*}Intervenant

Mesure du temps à haute résolution temporelle et haut flux de signaux rapides

David Heurteau * ¹

¹ Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay – Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS – France

La plateforme DTPI (Détection Temps Position Image) de l'ISMO (Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay) développe des systèmes innovants de mesure du temps à haute résolution temporelle et à haut flux, pour les signaux rapides de détecteurs, notamment pour la localisation. Elle fournit des appareils de codage du temps (TDC: Time to Digital Converter) et des discriminateurs (mise en forme de signaux rapides de détecteurs) à la communauté scientifique pour des expériences légères.

*Intervenant

PICMIC : PICosecond subMICrometer concept, present and future

Imad Laktineh * ¹

¹ Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon – Université Claude Bernard Lyon 1, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, CERN – France

The PICosecond subMICron (PICMIC) is a new detection concept that intends to simultaneously exploit the remarkable intrinsic spatial and time precision of the MicroChannel Plate (MCP) detectors. PICMIC is based itself on two new concepts. The first is similar in principle to the one used in the GPS and allows, with a limited number of electronic channels, to obtain a precise measurement of the arrival time of particles crossing the MCP. The second, conceived to measure the position of these particles, uses tiny pixels that are interconnected in an original way. The new scheme leads to an excellent granularity without suffering from the usual ambiguity encountered in the strip-based readout systems. The new system is operated with a smaller number of electronic channels with respect to a pixel-based readout one.

Both the spatial and the time measurement systems were individually tested and validated before to be assembled in a first prototype. The prototype equipped with an alpha source allowed the validation of the whole concept. We present in this work the PICMIC concept, the realization of the measurement systems as well as the first results obtained with the prototype. We discuss also the development of a new generation of MCP we call NanoChannel Plate (NCP) which intends to improve the time and spatial resolution by at least one order of magnitude. Such a new device could be fully exploited thanks to the PICMIC concept.

*Intervenant

MC14 : Sources de particules chargées

Etude d'un procédé e-HiPIMS (electron-enhanced High Power Impulse Magnetron Sputtering) par OES résolue temporellement

Dimitr Boivin ¹, Coline Chartrain * ¹, Ronny Jean-Marie-Désirée ²,
Stéphane Cuynet ², Ludovic De Poucques ², Pierre-Yves Jouan ¹

¹ Nantes Université, CNRS, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, IMN, F-44000 Nantes,
France – Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN), Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN) –
France

² Université de Lorraine, CNRS, IJL, Campus ARTEM, 2 Allée André Guinier F-54000 Nancy, France –
Institut Jean Lamour (IJL) – France

Le régime HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) consiste à générer une décharge pulsée de haute puissance pendant un temps de décharge très court comparativement à la post-décharge temporelle. La puissance élevée nous permet de générer un plasma froid très dense à proximité de la cible et d'obtenir des taux d'ionisation de la vapeur de quelques dizaines de pourcents. L'augmentation du taux d'ionisation améliore considérablement la qualité des films et permet le dépôt sur des substrats à géométries complexes. Avec ce régime, le plasma est successivement " on " et " off ", on définit ainsi le " duty cycle " égal au rapport ton sur la période. Ferrec et al ont montré par spectrométrie de masse que les espèces issues du plasma sont collectés à des moments différents dans la décharge. Les ions issus du gaz plasmagène atteignent le substrat avant les ions métalliques issus de la cible. Dès lors, il semblait possible d'agir sur les différentes espèces du plasma. Un nouveau générateur a été réalisé, son principe est basé sur la mise en série de 5 étages capables de délivrer chacun 300 V avec une résolution de l'ordre de la μs . Il devient alors possible de modifier la forme de l'impulsion HiPIMS globale en ajoutant des impulsions de tensions additionnelles à certains moments de la décharge afin de privilégier l'ionisation de certaines espèces de la décharge. Ce régime HiPIMS modifié est nommé e-HiPIMS. Afin de vérifier que les impulsions additionnelles influencent la décharge des mesures de courant et tensions ainsi que de la spectroscopie d'émission optique résolue en temps ont été réalisées. Lors des analyses OES, les impulsions additionnelles modifient les raies d'émission des différentes espèces par rapport au procédé HiPIMS classique. En fonction de la position de ses impulsions additionnelles, il est possible de modifier le déclenchement des réactions entre espèces mais également d'augmenter la quantité de certaines espèces, notamment le rapport ion sur neutre pour les espèces métalliques. Un procédé e-HiPIMS avec des impulsions additionnelles bien choisie permettrait de diminuer la consommation en énergies du procédé global ou de rendre de le rendre plus efficace à même puissance moyenne.

*Intervenant

Etude d'un régime impulsioneelle haute tension FHiVI² couplé à un procédé HiPIMS

Ronny Jean-Marie-Désirée * ¹, Ludovic De Poucques ¹, Stéphane Cuynet ¹

¹ Institut Jean Lamour – CNRS, Institut Jean Lamour (CNRS – Université de Lorraine) – France

Les procédés conventionnels de pulvérisation cathodique assistés par plasma présentent des limites dans le cas du traitement de surface présentant une texturation tridimensionnelle à haut rapport d'aspect. De fait, les espèces pulvérisées sont essentiellement neutres et leur trajectoire n'est donc généralement pas modifiable. Pour y pallier, l'objectif est alors de favoriser l'ionisation des espèces pulvérisées et tirer profit des ions ainsi formés. C'est dans cette optique que le régime HiPIMS (pour high power impulse magnetron sputtering) a été développé.

Ce régime HiPIMS se caractérise par des décharges de fortes densités de puissance ayant des durées relativement courtes (plusieurs dizaines de microsecondes) et une fréquence pouvant aller jusqu'à quelques kilohertz. Ainsi, la génération d'une décharge ayant une densité électronique élevée permet au mieux d'augmenter le taux d'ionisation des espèces pulvérisées de quelques dizaines de pour cent, selon les conditions opératoires. Par ailleurs, la probabilité que les ions générés soient rétro-attirés par la cathode est non nulle diminuant la part des ions susceptibles de participer au processus de dépôt.

Afin de parvenir à mieux contrôler le taux d'ionisation lors du procédé de pulvérisation, un tout nouveau régime impulsioneel spécifiquement consacré à l'amélioration du taux d'ionisation de la vapeur métallique pulvérisée nommé FHiVI² (pour fast high voltage for ionization improvement) a été développé. L'un des critères d'application du régime FHiVI² est que les variations induites par l'impulsion de très haute tension (plusieurs kilovolts) soient rapides (quelques dizaines à la centaine de mégahertz) et brèves (sub-microseconde). Ces caractéristiques temporelles sont cruciales puisqu'elles assurent de mettre en mouvement uniquement les électrons, limitant ainsi les pertes par rétro-attraction des ions.

Les différents diagnostics employés pour un premier cas d'étude indiquent une nette augmentation de la production d'ions tungstène, par exemple d'un facteur d'environ 3 estimé par spectroscopie d'émission optique.

*Intervenant

High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) for TiN Thin Films Deposition: Influence of the Substrate Bias on Conformality and Film Properties

Léo Seigneur ^{*} ¹, Jérémy Barbé ^{*}

^{1,2}, Marie-Paule Besland ^{*}

1

¹ Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique, Nantes Université - UFR des Sciences et des Techniques, Nantes Université - Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes – France

² Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique, Nantes Université – France

Keywords: HiPIMS, DCMS, conformality, thin film

Abstract:

High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) is a physical vapor deposition technique that generates a dense plasma with a high degree of ionization of the sputtered species (1). Compared to conventional Direct Current Magnetron Sputtering (DCMS), HiPIMS consists in very short (30–100 μ s) and high-voltage (100–1000 V) pulses, which can enhance ionisation rate and ions flux, thus changing the thin-film microstructure (2).

In this study, we use HiPIMS discharges to deposit titanium nitride (TiN) thin films on three-dimensional (3D) substrates for micro-supercapacitor applications. We focus on how applying substrate bias influences the deposition process in both HiPIMS and DCMS modes. The substrate bias raises the incoming ion energy and enhances their directionality, which is expected to improve conformality on 3D substrates and to impact the film properties (3), such as density, morphology and surface roughness. We systematically compare HiPIMS and DCMS processes as the substrate polarisation should have more impact on a more ionized plasma.

The TiN thin films are analyzed using microstructural characterization techniques, including Grazing Incidence X-Ray Diffraction (GIXRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), and profilometry. Their functional properties are also evaluated: electrical resistivity by four-point probe measurements and electrochemical performance through cyclic voltammetry.

Preliminary results show that HiPIMS yields a slower deposition rate but produces denser and

^{*}Intervenant

more conductive TiN films, particularly when substrate bias is increased. In contrast, these effects are less pronounced with DCMS. This is ascribed to the higher ionisation degree of HiPIMS as compared to DCMS.

References:

- (1) A. P. Ehiasarian et al. , *Vacuum*, vol. 65, no 2, p. 147-154, avr. 2002
- (2) A. Ferrec et al. , *Surface and Coatings Technology*, vol. 250, p. 52-56, juill. 2014
- (3) O. O. Abegunde et al. , *Ceramics International*, vol. 50, no 7, Part A, p. 10593-10601, avr. 2024

Automated Nanosecond Plasma Jets for Targeted Medical Treatments

Jean-Baptiste Billeau * ^{1,2}, Vlad-Ştefănuţ Radu * ³, Kasidapa Polprasarn * ¹, Frédéric Gerome * ⁴, Fetah Benabid * ⁵, David Pai * ⁶, Denis Seletskiy * ⁷, Stephan Reuter * ², Svetlana Starikovskaia * ⁸

¹ Laboratoire de Physique des Plasmas – Observatoire de Paris, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² PPSL Laboratory, Department of Engineering Physics, Polytechnique Montréal – Montréal, Québec H3T 1J4, Canada, Canada

³ Laboratoire de Physique des Plasmas – Observatoire de Paris, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ XLIM (XLIM) – CNRS : UMR7252, Université de Limoges – 123 Avenue Albert THOMAS 87060 LIMOGES CEDEX, France

⁵ XLIM (XLIM) – Université de Limoges : UMR7252, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7252, Université de Limoges, Centre National de la Recherche Scientifique – 123 Avenue Albert THOMAS 87060 LIMOGES CEDEX, France

⁶ Laboratoire de Physique des Plasmas – Observatoire de Paris, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁷ FemtoQ Laboratory, Department of Engineering Physics, Polytechnique Montréal – Campus de l'Université de Montréal - 2500, chemin de Polytechnique - Montréal (Québec) H3T 1J4, Canada

⁸ Laboratoire de Physique des Plasmas – Observatoire de Paris, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Cold atmospheric plasma (CAP) has emerged as a transformative tool in medicine, with applications ranging from selective cancer cell inactivation to the acceleration of wound healing. The therapeutic effects of CAP are largely mediated by reactive oxygen and nitrogen species (ROS/RNS), whose precise composition and concentration must be tightly controlled for safe and effective treatment. However, in many current systems, human handling introduces variability that compromises treatment reproducibility and limit accurate estimation of introduction of reactive species onto a treated surface.

This study addresses the need for standardization in plasma-based therapies by implementing a modified computer numerical control (CNC) plasma treatment platform to automate and precisely control exposure parameters. By removing human variability, this system enables reproducible treatment conditions across multiple experimental sessions. To better understand the chemistry at the point of application, preliminary diagnostics were performed using fiber-enhanced spontaneous Raman spectroscopy in a backscattering configuration.

Our preliminary results suggest that reactive species profiles can be accurately defined across the plasma plume with minimal invasiveness. Furthermore, the use of a hollow-core fiber allows for significantly enhanced signal due to its ability to increase the interaction length between

*Intervenant

the probing light source and the gas sample. As such, this work lays the groundwork for developing standardized plasma treatment protocols supported by real-time diagnostics. Ongoing and future studies will focus on integrating more advanced optical techniques and correlating plasma chemistry with biological effects to further improve the reliability and effectiveness of plasma-based medical interventions.

Sources de particules chargées

Stéphane Béchu ^{*} ^{1,2}, Alexandre Bès ³, Laurent Bonny ⁴, Dominique Fombaron ⁵, Ana Lacoste ⁴, Nelson De Oliveira ⁶, Panagiotis Svarnas ⁷, Maria Mitrou ⁸

¹ LPSC – Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France), CNRS, Grenoble INP, LPSC-IN2P3, 38000 Grenoble, France – France

² Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes - CNRS Ingénierie – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

³ Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes - CNRS Ingénierie – Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France) – France

⁴ Université Grenoble Alpes – Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France) – France

⁵ Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes - CNRS Ingénierie – Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France), Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

⁶ Synchrotron SOLEIL – Centre National de la Recherche Scientifique, Synchrotron Soleil – France

⁷ High Voltage Laboratory [Patras] – Grèce

⁸ LIST – Luxembourg

Au cours de la dernière décennie, les sources de particules chargées ont connu des avancées significatives, permettant leur déploiement dans des domaines variés tels que l'hadronthérapie, la propulsion électrique miniaturisée pour les CubeSats, ou encore le chauffage de plasmas dans les réacteurs de fusion comme ITER. Après une brève présentation - non exhaustive - des principales familles de sources et de leurs principes de fonctionnement, cette communication se focalisera sur le dispositif de chauffage auxiliaire par injection de neutres développé pour les projets ITER et DEMO.

Ce système, dont une version prototype à l'échelle 1 (SPIDER) est actuellement opérationnelle à Padoue (Italie), se compose principalement d'une source de plasma, d'un dispositif d'extraction d'ions négatifs, d'une section de neutralisation, ainsi que de systèmes de récupération d'énergie des particules non neutralisées. Pour atteindre un rendement global avoisinant les 70 % dans le cadre de DEMO, il est indispensable de générer un plasma dense ($> 10^{17} \text{ m}^{-3}$) à très basse pression ($< 0,5 \text{ Pa}$).

Les différentes stratégies technologiques et conceptuelles permettant d'atteindre ces conditions optimales seront présentées et discutées.

*Intervenant

MC15 : Point sur la fusion LMJ/ITER

Kinetic entropy in 1D non-Maxwellian plasmas

Océane Nhingsavath ^{*} 1, Maxime Lesur ^{2,3}

¹ Institut Jean Lamour – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Institut Jean Lamour – Université de Lorraine, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7198 – France

[illegible]

Non-Maxwellian velocity distributions often emerge in fusion plasmas due to neutral beam injection, radio-frequency heating, or wave-particle interactions. In many theoretical and computational treatments, fusion plasmas are approximated by a 1D velocity distribution. Although not capturing every nuance of real 3D plasmas, 1D models remain invaluable for clarifying how energetic particles evolve, how velocity-space shaping occurs through collisions and wave-particle interactions, and how these processes translate into overall confinement or instability behaviors. In this study, we investigate kinetic entropy in 1D distributions such as bump-on-tail, plateau-like

*Intervenant

(where the slope becomes nearly zero over a finite range of velocities), and a typical slowing-down distribution - of the form $1/(v^3 + v_c^3)$, where v_c is a constant critical speed. For the bump-on-tail configuration in particular, we derive analytic approximations to both the entropy and relative entropy in the limits of a small bump fraction and a bump drifted far from the main bulk. Through comprehensive parametric scans on key distribution parameters (fractional density, temperature ratio, drift velocity, plateau boundaries), we quantify how kinetic entropy is modified by typical non-Maxwellian features. This provides insights into diagnosing and controlling instabilities in fusion plasmas.

Modélisation cinétique de gaine plasma émissive

Alessia Medouni * ¹

¹ Laboratoire PIIM Aix-Marseille Université – Aix-Marseille Université et CNRS – France

Les interactions entre un plasma magnétisé et une surface solide émissive donnent lieu à la formation d'une gaine électrostatique complexe, influencée par l'émission d'électrons secondaires. Lorsque le coefficient d'émission (rapport du nombre d'électrons secondaires émis au nombre d'électrons incidents) dépasse l'unité, la structure de la gaine peut adopter différents régimes d'équilibre, tels que la gaine SCL (space charge limited) ou la gaine inverse, présentant des caractéristiques physiques opposées. À l'inverse, en l'absence d'émission significative ($\gamma \ll 1$), on parle de gaine classique. Ces gaines ont été étudiées théoriquement (1) et numériquement (2) depuis de nombreuses années, et, récemment, (3) a modélisé les différents régimes de gaine à l'aide d'une description cinétique résolue par un code eulérien. Cependant, les mécanismes physiques en jeu permettant de distinguer l'apparition des différentes gaines sont encore mal compris, et l'existence expérimentale de ces trois régimes reste encore à démontrer (4). Plus spécifiquement, la modélisation des phénomènes physiques conduisant à la formation de la gaine est une thématique importante dans le cadre du projet ITER. Outre les questions fondamentales sur la nature des gaines, leur impact sur les plasmas "détachés ou non" d'un tokamak reste à clarifier. Dans ce cadre, ce travail vise à construire un modèle cinétique permettant de reproduire les trois régimes de gaine dans un premier temps. Ainsi, à l'aide de simulations 1D-1V de ce modèle, l'objectif est d'améliorer la compréhension des conditions d'existence des régimes d'équilibre, des mécanismes de transition entre eux, et du rôle des collisions. Il est espéré que les résultats permettront l'amélioration de l'interprétation des mesures expérimentales de gaine émissive.

(1) I. Langmuir, Phys. Rev. 2, 450–486 (1913)

(2) D. Wunderlich et al., Plasma Sources Sci. Technol. 18 045031 (2009)

(3) M. D. Campanell and M. V. Umansky, Phys. Plasmas 24, 057101 (2017)

(4) V. Pigeon et al., Phys. Plasmas 27, 043505 (2020)

*Intervenant

Control of tokamak plasma density with X-mode reflectometry

Maylis Carrard * ¹

¹ Institut de Recherche sur la Fusion par confinement Magnétique (IRFM) – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – CEA Cadarache, 13108 Saint-Paul-lès-Durance, France

Plasma control in tokamak is a major challenge for nuclear fusion research. In such context, the measurement of plasma parameters is crucial for achieving fusion and is itself a wide field of research due to the extreme conditions of a fusion plasma. In particular, the electron density is an important physics parameter for tokamak plasma operation. For real-time control, density is evaluated with the interferometry diagnostic that measures line-integrated density. In addition, reflectometry provides radial electron density profiles in post-discharge for physics studies. Real-time density profiles would be a promising sensor for advanced plasma control. The purpose of this work is to produce real-time reflectometry profiles for plasma control system of WEST and to use this sensor for basic plasma control and also to optimize plasma performances.

A new algorithm was developed for density profile reconstruction, to be much faster and more straightforward than the post-discharge one. It uses a new plasma edge detection method and uses time delay instead of phase shift for profile computation. This new data processing has been tested in MATLAB, then converted and optimized in C++. A new acquisition system has been installed in the edge reflectometer of WEST (1), in parallel to the current acquisition system. This acquisition board, the NECTARINE digitizer, was developed for Thomson scattering diagnostic (2). The data transfer, data processing and profile reconstruction have been optimized to reach an average latency of 1 millisecond, the cycle time of WEST PCS. Real-time reflectometry density profiles have been reconstructed during the 2024 fall campaign, and preliminary profile validation was performed. Control experiments are planned for early 2025 to validate the use of reflectometry in real-time operations. More advanced control experiments are planned latter to use reflectometry profile for gradient control.

References

- (1) F. Clairet, S. Heuraux, C. Bottereau, "Fast sweeping reflectometry upgrade on tore supra", Review of Scientific Instruments, vol. 81, no. 10, 2010.
- (2) C. Bouchand, Y. Moudden, et al., "The data acquisition system of west's new thomson scattering diagnostics"

*Intervenant

Principes de la fusion par confinement magnétique et projet ITER

Yann Camenen * ¹

¹ Physique des interactions ioniques et moléculaires (PIIM) – Aix Marseille Université, CNRS : UMR7345 – Case 232 Av escadrille Normandie-Niemen 13397 MARSEILLE CEDEX 20, France

Avec la démonstration de l'ignition pour la fusion laser au NIFS, les nouveaux records de production d'énergie de fusion sur le tokamak européen JET, l'avancée de la construction d'ITER, l'annonce de programme nationaux ambitieux au Royaume-Uni, aux Etats-Unis, au Japon, en Chine et en Allemagne ainsi que l'essor des startups promettant la production d'électricité de fusion dès 2040, l'actualité fusion a été extrêmement riche ces dernières années.

Le but de cet exposé est d'introduire les concepts de base et les ordres de grandeur permettant à chacun de développer sa propre analyse de l'actualité sur la fusion.

Les principes de la fusion par confinement magnétique ainsi que les défis physiques et technologiques associés au développement d'une centrale à fusion basée sur le concept du tokamak seront introduits progressivement tout en faisant le lien avec les récents résultats marquants et le projet ITER.

*Intervenant

GenF's Vision 2040: Transforming Fusion Research into Power

Hugo Chesneau * ¹, Florian Condamine ¹, Mykola Ialovega ¹, Hervé Besaucèle ¹

¹ GenF - 2, avenue Gay Lussac 78 990 Elancourt France - 2640 Avenue du Médoc 33114 Le Barp France
– GenF - 2, avenue Gay Lussac 78 990 Elancourt France - 2640 Avenue du Médoc 33114 Le Barp France
– France

GenF, a French company established by Thales in 2024, was launched under the "France 2030: Réacteurs Nucléaires Innovants" initiative with private investor backing. Its mission is to develop the world's first Inertial Fusion Reactor (IFR). Interest in Inertial Confinement Fusion (ICF) has surged since the National Ignition Facility (NIF) in the U.S. first demonstrated fusion ignition in 2022-a milestone now repeated five times. Both NIF and France's Laser Mégajoule (LMJ) conduct indirect laser-driven ICF experiments for defense purposes. While NIF aims for a fusion gain of 15, indirect ICF is not a commercially viable fusion power path.

GenF is pursuing Direct Drive Laser ICF, which we believe is key to achieving a commercially viable IFR. Fusion energy-whether magnetic or inertial-presents immense scientific and engineering challenges, particularly in reactor integration. To realize this vision, we must:

Control and optimize the fusion reaction.

Develop materials that endure extreme fusion conditions.

Improve optical component resilience to high-energy fluxes.

Efficiently convert fusion energy into electricity.

Establish a self-sustaining tritium breeding fuel cycle.

France offers a unique environment to unite leading experts in inertial fusion. At GenF, we collaborate with the CEA and CNRS on fundamental fusion physics and partner with Thales to develop next-generation high-power laser technologies, essential for direct drive ICF. Additionally, we work with Assystem to implement a model-based systems engineering framework, guiding all phases of reactor development from R&D to decommissioning.

By leveraging France's scientific and industrial strengths, GenF aims to accelerate the path to practical fusion energy, providing a sustainable and abundant power source. This presentation will cover our progress, roadmap, and opportunities for students eager to join a pioneering company at the forefront of fusion technology.

*Intervenant

Approches alternatives pour la fusion contrôlée

Maxime Lesur ^{*} 1,2

¹ Institut Jean Lamour – CNRS, Institut Jean Lamour (CNRS – Université de Lorraine) – France

[illegible]

Les efforts de recherche en fusion contrôlée se concentrent principalement sur le confinement magnétique dans les tokamaks et stellarators ; et le confinement inertiel par compression laser. Cependant, diverses approches, dites "alternatives", émergent, portées par des innovations technologiques et des investissements croissants. Toutes ces approches visent à accélérer la démonstration de la faisabilité énergétique et/ou à explorer de nouvelles voies vers l'ignition. Chaque approche s'accompagne de défis spécifiques, mais aussi de promesses d'avancées technologiques (spin-offs) et d'opportunités de recherche fondamentale. Cette présentation dressera un panorama des concepts alternatifs en développement, parmi lesquels :

- les stellarators optimisés, dont certaines configurations quasi-isodynamiques permettent de réduire le transport néoclassique et d'améliorer la stabilité du plasma

*Intervenant

- les dispositifs à champ magnétique inversé : Field-Reversed Configuration (FRC) et Reversed Field Pinch (RFP), qui s'appuient sur des plasmas à fort β et des reconnexions magnétiques pour limiter les pertes énergétiques
- la fusion par cible magnétisée, qui combine confinement magnétique transitoire et compression rapide d'un plasma préchauffé, introduisant des effets hydrodynamiques non linéaires
- les concepts de confinement inertiel non conventionnel tels que les méthodes d'implosion par impact hypervélocé, qui soulèvent de nouvelles problématiques en termes de dynamique des ondes de choc et de couplage hydrodynamique
- les approches basées sur le Z-pinch stabilisé, qui bénéficient d'effets d'auto-organisation pour limiter les instabilités classiques
- les dispositifs à faisceaux de plasma en collision, qui optimisent le chauffage par interactions collectives
- les réacteurs utilisant des aimants supraconducteurs haute température, qui exploitent des champs magnétiques plus intenses pour un meilleur confinement, mais qui posent des défis d'ingénierie liés aux contraintes mécaniques et thermiques des matériaux
- quelques concepts émergeant en phase de recherche exploratoire

La fusion par confinement inertiel magnétisée

Joao Jorge Santos * ¹

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, CEA, Centre Lasers Intenses et Applications (Univ. Bordeaux - CELIA) – Université Sciences et Technologies - Bordeaux I – 351 Cours de la Libération 33405 TALENCE, France

L'ajout externe d'un champ magnétique (champ B) dans les installations laser de haute puissance ouvre des perspectives intéressantes pour la fusion par confinement inertiel (FCI). Un champ B initial pourrait être advectionné par l'implosion laser des capsules de combustible, et être ainsi amplifié jusqu'à 10^4 - 10^5 T. De tels champs peuvent atténuer les instabilités hydrodynamiques, réduire les pertes d'énergie par conduction thermique des électrons et mieux confiner les produits des réactions de fusion. Il en résulterait un cœur de combustible plus chaud qui peut s'allumer à des densités plus faibles et avec des implosions plus lentes, moins sujettes aux instabilités hydrodynamiques.

L'utilisation d'une implosion axialement symétrique (cylindrique au lieu de sphérique) facilite les études du transport magnétisé de chaleur et du flux magnétique, puisque le champ B uniforme initial est partout perpendiculaire à la compression radiale (1). Nos expériences sur l'installation laser OMEGA (États-Unis), avec 15 kJ de drive, ont montré qu'un champ B initial de 30 T augmente la température du cœur de 50 % et réduit sa densité d'un facteur d'environ 2, par rapport à une implosion non magnétisée, ce qui est cohérent avec un champ B de 10 kT à la stagnation (2).

Cette plateforme a été dimensionnée pour une énergie laser 20 fois supérieure, au National Ignition Facility (NIF, États-Unis) et au Laser MégaJoule (LMJ, France), en prévision de mesures de température du cœur résolues spatialement (3) et de compressibilité du champ B. Nous présenterons les premiers résultats obtenus au NIF, qui montrent, comparativement aux implosions non magnétisées, une compression plus symétrique et un rendement neutronique trois fois supérieur pour les implosions avec un champ B initial de 16.5 T. Nous aborderons également la modélisation magnétohydrodynamique 2D et 3D en cours pour améliorer le design des expériences au NIF et au LMJ.

Nous concluons sur les perspectives de la FCI magnétisée.

(1) C.A. Walsh *et al.*, Plasma Physics and Controlled Fusion **64**, 025007 (2022).

(2) M. Bailly-Grandvaux *et al.*, Physical Review Research **6**, L012018 (2024).

(3) G. Pérez-Callejo *et al.*, Physical Review E **106**, 035206 (2022).

*Intervenant

Numerical simulation of tokamak plasmas, from MHD and gyrokinetics to integrated modeling

Nicolas Dubuit * ¹

¹ Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773 – France

Modeling of fusion plasmas is central to both fundamental understanding of plasma physics and development of fusion as an industrial energy source. Fundamentally, modelling is necessary for testing theoretical concepts of plasma physics and mechanisms that could explain experimental observations. Modelling is also unavoidable in the development and optimization of tokamak operation scenarios.

We will first review the main models used for ab-initio description of strongly magnetized plasma (Fluid/MHD, gyrokinetic...), and focus on a few recent trends in modelling : multi-scale MHD physics, electromagnetic gyrokinetic codes, plasma core - plasma edge integration.

Broadening the view to a holistic view of tokamak operation, we will then turn to recent advances in integrated modelling. First, we will briefly present the need for and the state of integrated modelling, taking as an example the recent IMAS code (ITER Modelling & Analysis Suite). We will conclude with the use of neural networks to bring the high accuracy of gyrokinetic simulations of plasma turbulence, to a speed amenable to integrated modelling.

*Intervenant

Recherches expérimentales sur le tokamak WEST

Laure Vermare * ¹

¹ Laboratoire de Physique des Plasmas – Ecole Polytechnique – France

La mission principale du tokamak supraconducteur WEST (tungsten-W Environment in Steady-state Tokamak), installé dans les Bouches du Rhône, est d'explorer l'opération de décharges longues dans un environnement en tungstène. En particulier, la machine WEST permet de tester le concept du divertor en tungstène activement refroidi de la machine en construction ITER. La réalisation d'expériences de haute fluence, en condition de divertor attaché, permet d'étudier l'interaction plasma-paroi pour l'exploitation des machines futures. Des progrès considérables ont été réalisés dans l'optimisation de scénarii non inductifs, avec l'obtention d'un choc record de 22 minutes. Un autre volet de recherche concerne le développement de scénarii performants, tels que le traditionnel mode de fort confinement appelé mode H (pour " High confinement "), ainsi que celui d'un régime rayonnant avec des plasmas froids (quelques eV) au niveau des composants du divertor afin de minimiser les flux de chaleur arrivant au niveau des cibles. S'ajoute à ces principaux axes de recherche, des études dédiées dans des thématiques variées, allant des problématiques opérationnelles, comme l'amorçage du plasma ou le conditionnement de la machine, à des sujets plus fondamentaux comme l'étude de la turbulence et des écoulements au sein du plasma confiné. Cette présentation tentera de donner un panorama des activités expérimentales menées sur le tokamak WEST en abordant quelques exemples d'activité de recherche.

*Intervenant

Bilan de la campagne d'Ignition sur le National Ignition Facility

Sebastien Le Pape * ¹

¹ Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses – Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses,
laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses – France

Le programme de fusion par confinement inertiel constitue, depuis plus de cinquante ans, le moteur principal de la communauté spécialisée dans les hautes densités d'énergie (HED), et ce, tout particulièrement depuis le lancement de la Campagne nationale d'allumage en 2009 sur le National Ignition Facility (LLNL, États-Unis). Bien que cette campagne se soit distinguée par des avancées remarquables en matière de technologie laser et par la qualité exceptionnelle des données obtenues dans ce régime complexe, elle n'a pas permis d'atteindre l'allumage. Cet échec a mis en évidence certaines lacunes dans notre compréhension des propriétés fondamentales du plasma, telles que le transport thermique ou l'émissivité. Face à ces difficultés initiales, des évolutions notables dans la conception – notamment une adiabats plus élevée, un nouvel ablateur, ainsi que de nouvelles conditions de hohlraum – ont progressivement conduit à une amélioration significative des performances d'implosion, culminant en décembre 2022 avec l'obtention de l'allumage ($Q = 1,5$). Je reviendrai sur ces évolutions et sur les raisons qui expliquent les récents succès enregistrés au sein du NIF.

*Intervenant

MC16 : Accélérateurs laser plasma et nouveaux concepts

Modèle de substitution numérique pour l'accélération laser plasma

Gueladio Kane * ¹

¹ Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS, Université Paris Sud, Université Paris Saclay – France

La conception d'une source d'électrons à injecteur laser-plasma (LPI) de haute qualité, pilotée par un faisceau laser, repose sur des études paramétriques numériques utilisant des codes particule-en-cellule (PIC). Les principaux paramètres d'entrée étudiés sont les caractéristiques du laser, les espèces de plasma et les profils de densité, obtenus par des simulations de dynamique des fluides numériques.

Dans cette étude, nous proposons la construction de modèles de substitution à l'aide de techniques d'apprentissage automatique pour accélérer la conception de LPI. Ces modèles sont basés sur plus de 3000 simulations PIC d'accélération par sillage laser et permettent d'explorer de manière rapide et efficace la relation entre les paramètres d'entrée et les résultats, tout en réduisant considérablement les coûts computationnels.

Nous comparons plusieurs types de modèles de substitution, incluant des perceptrons multicouches (MLP), des arbres de décision (DT) et des processus gaussiens (GP), en termes de performance pour prédire les paramètres du faisceau d'électrons. Ces modèles permettent non seulement d'optimiser les points de fonctionnement d'un LPI, mais aussi de prédire des caractéristiques clés comme l'énergie du faisceau, la charge, l'émittance, et d'identifier les points de fonctionnement stables.

En outre, nous explorons l'utilisation de modèles inverses, qui permettent de trouver les configurations correspondant aux points de fonctionnement optimaux. Ces méthodes, telles que la recherche aléatoire et l'optimisation bayésienne, facilitent la conception globale d'un accélérateur laser linéaire, en permettant une exploration complète de l'espace des paramètres.

Cette approche, simple mais puissante, ouvre la voie à des études de conception plus rapides et plus globales pour les injecteurs laser-plasma, tout en réduisant les coûts de calcul.

*Intervenant

Accélération par sillage laser-plasma: modélisation vers des accélérateurs d'électrons compacts

Francesco Massimo * ¹, Ioquin Moulanier ², Oleksandra Khomyshyn ²,
Mohamad Masckala ², Theunis Lodewyk Steyn ², Brigitte Cros ²

¹ LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – France

² LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – France

L'accélération par sillage laser-plasma est un mécanisme non linéaire d'interaction laser-plasma permettant d'accélérer des faisceaux d'électrons grâce à des champs accélérateurs extrêmement intenses générés au sein d'ondes plasma dans le sillage d'une impulsion laser intense. Cette technique a démontré son potentiel pour la conception d'accélérateurs de particules bien plus compacts que les machines accélératrices conventionnelles.

L'exploration expérimentale de ces phénomènes repose sur une synergie étroite avec la modélisation numérique, essentielle à la fois pour concevoir les expériences et analyser les résultats issus de ces interactions fortement non linéaires.

Cette présentation offrira un aperçu des fondements et des défis liés à la modélisation de cette technique d'accélération innovante, et mettra en lumière des avancées récentes sur la simulation de ces phénomènes, contribuant au développement de futurs accélérateurs d'électrons compacts.

*Intervenant

High quality relativistic electron beams from Laser Wakefield Acceleration

Steyn Lodewyk ^{*} ¹, Abhishek Panchal ², Ovidiu Vasilovici ³, Susanne Schöbel ⁴, Patrick Ufer ⁴, Yen Yu Chang ⁴, I. Moulancier ³, Mohamad Masckala ³, Oleksandra Khomyshyn ³, Charles Ballage ³, M Laberge ⁴, Francesco Massimo ³, Sandrine Dobosz Dufrénoy ⁵, U Schramm ⁴, Arie Irman ⁴, Brigitte Cros ³

¹ Université Paris Saclay – LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – France

² Laboratoire Interactions, Dynamiques et Lasers (ex SPAM) – Institut Rayonnement Matière de Saclay (DRF), Université Paris-Saclay – Université Paris-Saclay, CEA, LIDYL, 91191 Gif-sur-Yvette, France, France

³ LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – LPGP, CNRS, Université Paris-Saclay – France

⁴ Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf – Allemagne

⁵ Laboratoire Interactions, Dynamiques et Lasers (ex SPAM) – Institut Rayonnement Matière de Saclay (DRF), Université Paris-Saclay – Université Paris-Saclay, CEA, LIDYL, 91191 Gif-sur-Yvette, France, France

Laser Wakefield Acceleration (LWFA) utilizes the interaction between an intense, short laser pulse travelling through a plasma, generating in its wake a plasma wave where electrons from the plasma can be trapped and then accelerated by high-amplitude electric fields to several hundreds of MeV over just a few millimeters. The plasma thus acts as a source of ultra-relativistic electrons. Harnessing non linear mechanisms during laser propagation in a tailored plasma density profile is crucial for controlling the injection and acceleration phases, and for producing high-quality electron beams.

A key challenge in LWFA is to achieve electron beams having high charge, low energy spread and low divergence. We address this challenge by tailoring the plasma density distribution in a gas cell. This provides a way to tune with a high precision the laser-plasma interaction and enhance electron beam quality. This presentation reports experimental results obtained at Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf laser facility and their comparison with Particle In Cell simulations obtained with the code SMILEI.

This project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 871124 Laserlab-Europe, and was granted access to the HPC resources of TGCC and CINES under allocation 2023-A0170510062 (Virtual Laplace) made by GENCI.

^{*}Intervenant

Development of a nonlinear plasma lens for achromatic beam transport

Pierre Drobniak * ¹

¹ Université d'Oslo – Norvège

In today's plasma accelerators, one challenge to reach high energies and compete with RF technology is the coupling of multiple accelerating plasma stages, mainly due to high diverging beams with large energy spread. The ERC SPARTA project proposes to solve this issue with a novel transport lattice for achromatic electron beam transport based on a new concept: nonlinear plasma lenses. We detail their working principle motivated by hydrodynamic plasma simulation in collaboration with DESY. Their actual design manufactured at the University of Oslo is presented together with preliminary results of their characterisation on the CLEAR beamline at CERN.

*Intervenant

L'accélération laser-plasma: état de l'art et perspectives

Sandrine Dobosz Dufrénoy * ¹

¹ CEA Saclay – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Université Paris Saclay
– France

L'accélération laser-plasma est un domaine de recherche en plein essor, dont la progression est intimement liée à celles des avancées technologiques réalisées sur les lasers de haute intensité. Le couplage du laser intense avec une cible gazeuse et/ou solide permet la création de champ électrique accélérateur de plusieurs centaines de GV/m. Les protons peuvent ainsi être accélérés et atteindre plusieurs MeV à plusieurs dizaines de MeV et les électrons des énergies proche de 10GeV sur de très courtes distances. Les sources de particules accélérées par laser ont des propriétés uniques de brièveté, compacité qui les rendent attractives pour les applications, telles qu'en radiothérapie, science des matériaux ou encore en physique des hautes énergies.

La compréhension fine des mécanismes fondamentaux mis en jeu permet l'émergence de schémas de plus en plus innovants pour produire des sources qui gagnent en maturité, en performance, même si elles ne sont pas tout à fait au niveau des accélérateurs conventionnels.

Je balayerai les différents types d'accélérateurs laser-plasma en me focalisant sur les sources d'électrons en particulier, produites à partir de gaz, de solide ou encore via des schémas innovants combinant les deux. Je présenterai l'état actuel des recherches dans ce domaine et les principales pistes explorées, les enjeux majeurs et les défis à relever pour la communauté.

*Intervenant

Simulations de production de particules alpha par accélération laser-plasma dans les installations PW

Thomas Carrière * ¹, Clément Caizergues ¹, Diluka Singappuli ¹, Howel Larreur ¹, Marine Huault ¹, Katarzyna Batani ², Emmanuel D’humieres ¹, Didier Raffestin ¹, Dimitri Batani ¹, Medhi Tarisien ³, Philippe Nicolaï ¹

¹ Centre études Lasers Intenses et Applications – Université de Bordeaux, Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives : DAM/CESTA, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5107, Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² IFPILM – Pologne

³ Laboratoire de Physique des Deux Infinis Bordeaux – Université de Bordeaux, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique – France

The landscape of attainable radio-isotopes with medical cyclotrons is limited due to the low energy of accelerated particles. In France, only the ARRONAX cyclotron in Nantes is able to produce several isotopes with energetic protons but also alpha particles, for a broad range of medical applications. A new way of producing those radio-isotopes has been studied, that is, using secondary alpha particles sources as a way to generate those relevant isotopes. Proton-Boron nuclear reactions have been actively studied these last few years as a possible way of producing secondary alpha particles sources with laser-driven proton acceleration of hydrogenated targets. The versatility of such laser systems is the preferred way to complement conventionally used medical cyclotrons.

The two main mechanisms of proton acceleration studied for this nuclear scheme are the Target Normal Sheath Acceleration (TNSA) and the Hole-Boring (HB) process. In the first case, protons are accelerated at the rear side of the target via the electrostatic field induced by laser driven electrons escaping from the target. For the Hole-Boring process, protons are accelerated at the front side thanks to the electric field induced by the electrons pushed by the radiation pressure of these high laser intensities. Accelerated protons interact directly with boron atoms contained within the same target .

Particle-in-Cell (PIC) and Monte-Carlo (FLUKA) simulations have been conducted to better understand experimental campaigns done on the VEGA-III laser at CLPU, Salamanca, Spain in november 2022 and march 2023. This laser is characterized by a short pulse duration, 30fs and a high-repetition rate of 1Hz. The two proton acceleration schemes have been studied numerically to better understand the experimental data and to deepen the analysis. PIC simulations for TNSA protons could directly be compared with experimental diagnostics and gave confidence for Hole-Boring protons results. Monte-Carlo simulations for both schemes were then directly compared to experimental data and confirmed the results. We developped a new method to directly implement p-B nuclear reactions in Smilei and we will compare with results from the simula-

*Intervenant

tion chain. This new method can be generalised for any simulation done for pB experiments at PW-scale facilities such as LFEX, ELI, CLPU..

Electromagnetic showers: analytical solutions and applications to pair plasma production

Mattys Pouyez ^{*} ¹, Thomas Grismayer ², Giuseppe Nicotera ¹, Marta Galbiati ¹, Mickael Grech ¹, Caterina Riconda ¹

¹ Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Instituto Superior Técnico, Lisbon – Portugal

Electromagnetic showers (EMS) are observed when a high-energy particle, such as an electron or a photon, interacts with matter or a strong electromagnetic (EM) field. These showers are characterized by a cascade of secondary particles, primarily electrons, positrons, and photons, that result from a series of EM interactions. EMS can be produced either by Bremsstrahlung and Bethe-Heitler processes when in matter, or by nonlinear inverse Compton scattering (niCS) and multiphoton Breit-Wheeler (nBW) in the presence of a strong external electromagnetic field. With several petawatt laser facilities being functional worldwide and the new opportunity to generate the first pair plasma in the laboratory, EMS has become a hot research topic. Despite important progress in understanding the shower properties emerging from SF-QED interaction, no study provides an exact solution for the number of pairs and the particle spectrum generated during such interaction. Each of the previous models contains crude approximations or limitations leading to inaccurate descriptions of the EMS development.

After discussing the historical solutions and their limitations for SF-QED-generated showers, we provide a generation-splitting method to investigate in depth its kinetic structure and time evolution (1). Starting from the general kinetic equations, we derive explicit formulas for the shower multiplicity and particle spectra in short (before the electron distribution has significantly cooled down) and long (when most of the incident particle energy is exhausted) time limits.

We apply our approach to showers in matter and strong-electromagnetic fields. Our analytical predictions are benchmarked against numerical simulations using particle-in-cell codes, Geant 4, and an in-house Monte Carlo code. Applications to showers produced by electron-laser collisions, electron-electron collisions, and electron-matter interaction are discussed. Finally, we discuss the feasibility of creating a pair plasma in the laboratory.

(1) M. Pouyez et al., Physical Review Letters 134.13 (2025)

^{*}Intervenant

Le projet européen EIC TWAC sur l'accélération terahertz

Eléonore Roussel * ¹

¹ Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille : UMR8523, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8523 – France

L'un des défis majeurs des accélérateurs est la réduction de l'encombrement des installations, ainsi que des coûts d'investissement et d'exploitation de l'infrastructure complexe, tant pour la physique fondamentale que pour des applications sociétales comme la santé. En effet, les traitements par radiothérapie de type flash ont besoin de nouveaux accélérateurs d'électrons médicaux (250 MeV) pouvant être installés sur des bras robotisés dans un environnement hospitalier. Or, la réduction de la taille des accélérateurs est actuellement limitée par des effets de claquage dans les structures Radiofréquence, qui causent des dommages aux composants de l'accélérateur. Plusieurs stratégies sont à l'étude pour augmenter le gain d'énergie par mètre et réduire la taille d'un accélérateur comme l'accélération avec des lasers de puissances ; soit dans un milieu gazeux comme les schémas d'accélération laser-plasma (LPA), soit un milieu solide comme l'accélération diélectrique.

Pour répondre à ces besoins, le projet TWAC, financé par l'Union Européen, a pour but de développer une nouvelle structure accélératrice diélectrique excitée par une onde THz qui permettra, à moyen terme, de démocratiser l'accès à des paquets d'électrons à l'échelle de la femtoseconde pour l'étude des phénomènes ultrarapides, tout en réduisant l'encombrement. Cet accélérateur léger et compact, permettra grâce au champ accélérateur dans le domaine THz d'obtenir des gradients de gain d'énergie de l'ordre de la 100 MeV/m et de contrôler les propriétés temporelles des paquets d'électrons. TWAC propose de franchir les barrières technologiques actuelles et ouvrira la voie vers des accélérateurs compacts et élargira l'accès temporel dans l'environnement médical (études précliniques et clinique).

*Intervenant

Performances du laser à électrons libres COXINEL sur l'accélérateur plasma d'HZDR

Marie Labat * ¹

¹ Synchrotron SOLEIL – Synchrotron SOLEIL, Gif sur Yvette, France, Synchrotron SOLEIL,
Gif-sur-Yvette, France – France

Le projet COXINEL a pour objectif, depuis environ 10 ans, de démontrer la faisabilité d'un laser à électrons libres (LEL) sur un accélérateur laser plasma (LPA). Depuis 2021, le LEL de COXINEL est installé à Dresde (Allemagne) pour bénéficier du faisceau d'électrons issus du LPA du laboratoire HZDR. Depuis le premier signal de LEL enregistré en 2022, le LEL de COXINEL ne cesse d'améliorer ses performances et de produire des résultats scientifiques d'une importance capitale à la fois pour la communauté LEL et la communauté LPA. Cet exposé permettra de faire un point sur les avancées permises par le LEL de COXINEL dans le cadre du développement de sources de lumières basées sur un LPA.

*Intervenant

Progress on laser-driven dual neutron-X-ray radiography at Apollon and ELI-NP

Weipeng Yao * ^{1,2}, Julien Fuchs ², Emmanuel D’humieres ³, Ronan Lelievre ²

¹ Laboratoire d’étude de l’Univers et des phénomènes eXtrêmes – Observatoire de Paris, Sorbonne Université – France

² Laboratoire pour l’utilisation des lasers intenses – Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Centre d’Etudes Lasers Intenses et Applications – Université de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique – France

We will present results aimed at enabling a novel dual (neutron and x-ray) interrogation method, based on ultra-intense lasers irradiating solid targets. The objective is to perform dense material probing, while also supporting imaging of high speed events. The concept is to produce both a bright X-ray source appropriate for high-resolution radiography from thin primary (pitcher) targets optimized for proton acceleration, and high-yield neutron sources with a secondary (catcher) target. We will present results obtained both at Apollon (France) and ELI-NP (Romania), characterizing the neutrons generated at the PW level at and demonstrating that their yield is adequate for material probing, as well as characterizing the produced X-rays in the same regime. The latter are the first quantitative measurements of X-ray spectra and angular distribution in the novel ultra-relativistic regime of very short pulse durations (20 fs) and ultra-high intensity (10^{22} W/cm²).

*Intervenant

MC17 : La mécanique en biologie, des molécules aux tissus

Cell mechanical changes upon Lamin A/C alterations

Cécile Jebane ¹, Alice-Anaïs Varlet ², Marc Karnat ³, Annie Viallat ¹, Jean-François Rupprecht ³, Catherine Badens ⁴, Emmanuèle Helfer ^{* 1}

¹ Aix Marseille Univ, CNRS, CINAM, Turing Centre for Living Systems, Marseille, France – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Marseille medical genetics - Centre de génétique médicale de Marseille – Aix Marseille Université, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale – France

³ Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, CPT, Turing Centre for Living Systems, Marseille, France – Aix Marseille Univ, Université de Toulon (France), Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

⁴ Aix Marseille Univ, INSERM, C2VN, Marseille, France – Aix Marseille Univ, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale – France

Lamin A/C is a crucial component of the nucleus and the impact of lamin A/C alterations has been extensively described at the molecular and nuclear scales, notably on nucleus mechanical properties. However, its impact on whole-cell mechanics has been poorly addressed, even less so in terms of measurable physical parameters.

We combined microfluidic experiments with theoretical analyses to provide a quantitative estimation of the whole-cell mechanical properties. This allowed us to characterize the mechanical changes induced in cells by lamin A/C alterations resulting either from Atazanavir treatment, a protease inhibitor which alters lamin A/C production, or from lamin A/C R482W mutation associated to type-2 familial partial lipodystrophy (FPLD2).

We reveal a distinctive increase in long-time viscosity as a signature of cells affected by lamin A/C alterations and show that the whole-cell response to mechanical stress is driven not only by the nucleus but also by the nucleo-cytoskeleton links and the microtubule network. The enhanced cell viscosity assessed by our microfluidic assay could serve as a valuable diagnosis marker for lamin-related diseases.

*Intervenant

Electrical Stimulation Intensity and Migration Dynamics

Niloofar Pishkari ^{* 1}, Eloina Corradi ², Gawoon Shim ³, Daniel Cohen ³,
Giovanni Cappello ¹, Thomas Boudou ¹, Martial Balland ¹

¹ Interdisciplinary Laboratory of Physics (LIPhy) – Université Grenoble Alpes (UGA) – France

² Interdisciplinary institute for neuroscience (IINS) – CNRS University of Bordeaux – France

³ Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Princeton University, Princeton, NJ 08544,
USA – états-Unis

Cell migration is a cornerstone of biological systems, enabling organisms to adapt to environmental stimuli and maintain dynamic equilibrium. Disruptions in this process can lead to dysfunction or collapse of the system. In many cases, cells do not move randomly; instead, they migrate directionally in response to external cues, allowing them to perform essential biological functions. This directed movement is especially important in processes such as morphogenesis, cancer invasion, and wound healing.

To unravel the complexities of directional cell migration, investigating natural guiding stimuli is crucial. Among these, electrical fields stand out as precise and biologically relevant cues. Using the SCHEEPDOG device, we applied controlled electric field stimulation to keratocyte cells at varying intensities and analyzed their migratory behavior. Our findings reveal that an electric field not only induces directional migration but also enhances migration speed with increasing intensity. Additionally, cells that initially move in random directions gradually align with the electric field, with higher intensities accelerating this alignment. Intriguingly, while both speed and alignment can be modulated through stimulation, the overall shape of migration trajectories remains unchanged.

In summary, our study demonstrates that electrical stimulation can be finely tuned to modulate both the speed and directional alignment of keratocyte migration. These findings contribute to a deeper understanding of electrotaxis and its role in cell motility, with implications for developmental biology, wound healing, and the broader study of guided cell migration in both physiological and pathological contexts.

Keywords: Electrotaxis, Cell migration, Cell Speed, Bioelectricity, Galvanotaxis

^{*}Intervenant

Mechanics of the mitotic spindle to ensure faithful division.

Nina Soler ¹, Mathis Da Silva ¹, Benjamin Mercat ², Yann Le Cunff ³,
Christophe Tascon ⁴, Laurent Chesneau ⁴, Hélène Bouvrais ⁴, Loïc Le
Marrec ⁵, Jacques Pécréaux * ⁶

¹ Institut de Génétique et Développement de Rennes – Université de Rennes, Centre National de la Recherche Scientifique, Structure Fédérative de Recherche en Biologie et Santé de Rennes, Structure Fédérative de Recherche en Biologie et Santé de Rennes – Faculté de Médecine - CS 34317 2 Av du Professeur Léon Bernard 35043 Rennes Cedex, France

² Institut de Génétique et Développement de Rennes – CNRS : UMR6290, Université de Rennes I – France

³ Institut de Génétique et Développement de Rennes – Université de Rennes 1 - UMR CNRS 6290 - IGDR – France

⁴ Institut de Génétique et Développement de Rennes – Université de Rennes, Centre National de la Recherche Scientifique, Structure Fédérative de Recherche en Biologie et Santé de Rennes, Structure Fédérative de Recherche en Biologie et Santé de Rennes – France

⁵ Institut de Recherche Mathématique de Rennes – Université de Rennes 1, CNRS : UMR6625 – France

⁶ Institute of Genetics and Developmental biology of Rennes (IGDR) – CNRS, Université de Rennes 1 – CNRS UMR 6290 - Faculté de Médecine (Univ. Rennes 1) 2 avenue du Prof. L. Bernard, CS 34317, 35043 Rennes cedex, France, France

The mitotic spindle is a dynamic, self-organising, force-generating structure critical for chromosome segregation during cell division. It consists of microtubules extending from two poles up to the kinetochores connected to the chromosomes. These microtubules exhibit dynamic instability-a stochastic switching between growth and shrinkage. To orient the spindle, pulling forces are exerted on its poles from the cell periphery. In contrast, the forces exerted on the kinetochore must be tightly regulated to ensure the correct chromosome attachment. Nevertheless, the microtubule network was classically viewed as gelified by associated proteins and moving solidly towards the poles, together with steady-state polymerisation and depolymerisation at respective ends, resulting in so-called poleward flux.

We used the nematode zygote for its large size and easy manipulation. We classified the spindle elongations using principal component analysis. The first three archetypes (eigenvectors) accounted for 95% of the variability. They were similar when obtained from a set of non-treated or genetically impaired cells. The third archetype, contributing to all conditions, corresponded to a transient spindle shortening in late metaphase, reminiscent of a kinetochore defect. It is indicative of a core mechanism that contracts the spindle against the cortical pulling forces.

Concurrently, we obtained a mechanical fingerprint for the spindle through a sliding-window Fourier analysis of the length fluctuation. The spindle, seen from its two poles, can be recapitulated as a Kelvin-Voigt with an inertia system. However, the contribution of the spring was low compared to that of the dashpot and the inertial element, in contrast with the view of a gelified spindle. Finally, to understand the putative mechanism, we measured the microtubule dynamics by fluorescence recovery after photobleaching. We found that only the microtubules

*Intervenant

attached to the chromosomes were fluxing, sliding along the ones anchored at the spindle poles by the action of a specialised kinesin. We suggest that such a mechanism could implement a mechanical insulator between the spindle poles and the kinetochores, ensuring regulated forces on them. We currently explore the plausible physical mechanism by modelling and agent-based simulations.

Biomechanics of cell adhesions using optical tweezers and FRET fluorescence microscopy

Camille Dubois ¹, Marie Erard ², Rick I Cohen ³, Nada Boustany ³,
Nathalie Westbrook ^{* 4}

¹ Laboratoire Charles Fabry / Biophotonique – Institut d’Optique Graduate School (IOGS), Université Paris-Saclay, CNRS – France

² Institut de Chimie Physique – Institut de Chimie du CNRS, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8000 – France

³ Rutgers University, Department of Biomedical Engineering – états-Unis

⁴ Laboratoire Charles Fabry / Biophotonique – Institut d’Optique Graduate School (IOGS), Université Paris-Saclay, CNRS – France

Optical tweezers, based on the mechanical action of a focused laser beam on a dielectric object, provide a non-invasive tool to study mechanical behavior of cells or organelles, in a range of force between 1-100pN. We apply with this tool a controlled and localized force on the focal adhesions of an adherent fibroblast cell. The originality of our setup is that we combine this force with a tension sensor inserted inside the vinculin protein to give access through FRET fluorescence efficiency to the forces exerted on this protein in vivo and to correlate them to the force applied by the optical tweezers. We will present results obtained on focal adhesions of fibroblasts HDFn expressing VinTS that have formed on microbeads coated with fibronectin. When the cell pulls on the bead, the force exerted by the laser mostly leads to the recruitment of vinculin around the bead within a few minutes, accompanied by a modest increase in vinculin tension. We also observe on some beads a surprising motion of the vinculin away from the bead, most likely along actin filaments, and in the opposite direction from the cell motion. The speed of this retrograde motion, of about 200nm/mn, faster than the bead, is coherent with retrograde actin flow. Interpretation of these observations will be discussed.

*Intervenant

Dynamics of a bacterial motor at multiple scales: from protons to polymers

Ashley Nord * ¹

¹ Centre de Biologie Structurale [Montpellier] (CBS) – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Montpellier – France

The bacterial flagellar motor (BFM) is the nanoscale electrochemical rotary motor which spins the flagellum and provides thrust to many species of bacteria. This remarkable self-assembled molecular machine enables bacterial motility and chemotaxis, while also playing a role in surface sensing, infection, and biofilm formation. While we now have atomic level resolution structures of many of the key components of this macromolecular machine, many fundamental mysteries remain regarding its functional dynamics. We use a combination of optical microscopy techniques, magnetic tweezers, genetic manipulation, and mathematical models to quantify and understand the rich dynamics of the BFM at multiple scales. From the nano- to micro-scale, we'll present an overview of some of our most recent results, including single cell spatial and temporal dynamics of the out-of-equilibrium proton motive force in bacteria, a mechanistic understanding of the dynamic exchange of mechanosensitive torque-generating units, and a torsionally-induced strain-stiffening in the polymer which couples torque from the motor to the flagellum.

*Intervenant

Role of mechanics in early immune recognition

Kheya Sengupta * ¹, Pierre-Henri Puech ², Laurent Limozin ²

¹ Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Aix Marseille Université : UMR7325 / UPR3118, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7325 / UPR3118, Aix Marseille Université : UMR7325, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7325 – France

² Adhésion et Inflammation – Aix Marseille Université, Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Our immune system depends on cell scale forces, which are implicated in various phenomena ranging from migration to recognition of pathology or for potentiating diseased cells for killing. Here the focus will be on the first steps of immune recognition which hinges on formation of bonds between specialised receptors and their specific ligands called antigens, where mechanics and forces are thought to be essential to discriminate our own antigens from those indicative of pathology (1). Intriguingly, unlike for tissue forming cells, the response of T cells is biphasic with the stiffness of their environment when the interaction is mediated through the T-cell receptors (TCRs). However, when the adhesive ligands of integrins are additionally involved, the cellular response becomes monotonic (2). Based on a mesoscale model, this ligand-specific response can be attributed to molecular properties of a putative link between the ligand/receptor pair and the cytoskeleton (2). While the molecules linking integrins and actin are known, the equivalent molecules for TCR are yet to be identified. Our model predicts kinetic and mechanical parameters for this putative link, whose existence we prove by mechanical extraction of membrane tubes (3). We also measure cell scale forces and show that their spatio-temporal patterns depend on chemistry, mechanics and T cell sub-type (4). Overall, our findings reinforce the proposition that force application provides a general mechanism for immune cells to discriminate mechanosensitive bonds (5).

(1) Mustapha et al. May The Force be with your (Immune) Cells. Front Immunol. 2022 13:898558.

(2) Wahl et al (2019) Biphasic mechanosensitivity of TCR mediated adhesion of T lymphocytes, PNAS 116:5908-5913.

(3) Manca et al. 2023. Probing mechanical interaction of immune receptors and cytoskeleton by membrane nanotube extraction. Sci. Rep. 13(1), 15652.

(4) Mustapha et al., 2022. T Cell Traction Forces show temporal patterns which Depend on Stimulation and Cell Subtype. bioRxiv 2022.02.11.480084.

(5) Sengupta et al, 2024. Morphodynamics of T-lymphocytes: Scanning to spreading. Biophysical Journal. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2024.02.023>

*Intervenant

Cellular morphodynamics on microlanes - mechanistic models and simulation based inference

Joachim Raedler * ¹

¹ Fakultät für Physik - Ludwig-Maximilians-Universität [München/Munich] – Allemagne

Cell adhesive micro-pattern are a versatile platform to study eukaryotic motion as they provide defined geometric boundaries and controlled surface chemistry. We present time-lapse studies of cells navigating on 1D micro-lanes as well as ring-shaped micro-lanes and dumbbell pattern. Cell motion is tracked and the statistics of single cell behavior is analyzed using a mechanistic model based on a cytoskeleton force balance. The theory reproduces migratory multistability, i.e. the existence of distinct states of cell motion, as well as the experimentally observed characteristics of oscillations and probabilities of state transitions. The mechanical model predicts the occurrence of universal relations conserved across different cell lines such as the adhesion-velocity relation and the universal correlation between speed and persistence (UCSP). We highlight the unique opportunity of standardized 1D assays to validate theory based on statistical measures from large data of trajectories and discuss the potential of simulation based inference to obtain measures of cytoskeleton parameters that control migratory behavior.

*Intervenant

MC18 : Microscopies optiques pour la biologie

Total Internal Reflection Fluorescence (TIRF) and Supercritical Angle Fluorescence (SAF) combined imaging

Héloïse Gaudin ^{*} ¹, Rodolphe Jaffiol ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

During the past few decades Total Internal Reflection Fluorescence (TIRF) microscopy has become very popular in cellular biology for routine imaging, as well as for single molecule localization nanoscopy. This successful evolution of TIRF in biology mainly results from the high-quality pictures achievable, allowing outstanding observations of the ventral part of the cell body to observe actin cortex, stress fibers, focal adhesion, molecular and vesicle trafficking...

TIRF is usually achieved by tilting a focused laser beam at the periphery of the objective back focal plane. With such kind of setup, live cells fluorescence wide-field observations present an unwanted background signal which can be removed by modifying the detection scheme. Thus, to improve TIRF detection we propose to implement a supercritical angle detection to measure only the signal coming from evanescent part, i.e. associated to the bright narrow ring appearing in the BFP. To achieve this, we designed specific apertures which will be placed in the detection channel. The objective is to quantify the depth of field reduction, where the axial molecular detection efficiency is improved compared to the usual TIRF axial sectioning, owing to filtering defined by the aperture used in detection.

^{*}Intervenant

Analyse multi-échelles par ondelettes continues de l'adhésion de produits cosmétiques sur des substituts de peau synthétiques

Marjolaine Gonon ^{*} ¹, Hassan Zahouani ¹, Gustavo S. Luengo ², Julien Portal ³, Roberto Santoprete ²

¹ Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon – France

² L'OREAL Research and Innovation, Aulnay sous Bois – L'Oréal Research and Innovation 1 avenue Eugène Schueller BP22 93600 Aulnay-sous-Bois France – France

³ L'Oréal – Research & Innovation – France

Cette étude explore les mécanismes physico-chimiques gouvernant l'adhésion de produits cosmétiques sur la peau, dans l'objectif d'optimiser leur tenue au cours du temps. Trois formulations présentant des comportements adhésifs contrastés, produits A, B et C ont été étudiées avec des méthodes sans contact d'analyse multi échelles. Une large gamme de paramètres a été prise en compte pour comprendre l'adhésion sur une surface : les propriétés mécaniques du substrat, l'effet du vieillissement cutané sur la topologie, l'évolution temporelle des formulations, ainsi que leur interaction avec le sébum.

^{*}Intervenant

Monitoring the ribosome dynamics at the single molecule level

Baptiste Bouhet ^{*} ¹, Karen Perronet ¹, Sandra Blanchet ², Olivier Namy ², Charles Truong ³

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

² Institut de Biologie Intégrative de la Cellule – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : DRF/I2BC, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9198 – France

³ CB - Centre Borelli - UMR 9010 – Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – France

Protein synthesis is a complex multi-step process involving many factors that need to interact in a coordinated manner to properly translate the messenger RNA. As translating ribosomes cannot be synchronized over many elongation cycles, single molecule studies, mainly using total-internal-reflexion fluorescence microscopy, have been introduced to bring a deeper understanding of translation dynamics. In order to perturb as little as possible the translation machinery and to use cell extracts, we decided to monitor the passage of individual, unmodified mammalian ribosomes at specific fluorescent primers hybridized along a mRNA. Because of the ribosome helicase activity, the double strand formed by the oligonucleotide and the mRNA is opened while the ribosome translates this region of the mRNA. Two different oligonucleotides are hybridized at two different places on the mRNA. Thus, the consecutive loss of the fluorescence signal of both oligonucleotides allows us to measure the translation speed distribution of single ribosomes. We use this system to study IRES- and cap-dependent initiation and measure both the initiation and the elongation rate. We are currently developing a magnetic tweezers assay to get complementary information on the elongation kinetics during frameshifting. Thanks to its versatility, this method is a valuable tool to investigate the role of translation machinery modifications in human diseases.

^{*}Intervenant

Label free coherent Raman imaging

Hervé Rigneault * ¹

¹ Institut Fresnel – Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Med – Domaine Univ St Jérôme 13397
Marseille, France

Coherent Raman is a label-free microscopy technique that can image chemical bonds in biological samples. In this talk, I will present our efforts to perform stimulated Raman histology (SRH), a novel real-time histology technique that can produce histology-like images based solely on chemical contrast. I will show how SRH can benefit from AI to diagnose brain cancers and to optimize the explored field of view in complex brain samples.

In the second part, I will present novel developments to perform coherent Raman imaging in wide-field to address large fields of view. Using speckle illuminations, it is possible to achieve wide-field coherent Raman imaging with better resolution and z-sectioning capability.

In the final part, I will review our efforts to develop coherent Raman endoscopes to bring SRH directly into the operating room without tissue removal.

*Intervenant

Eve-SMLM: Enhanced Single-Molecule Localization Microscopy with Event-Based Sensors

Clément Cabriel * ¹, Manon Albecq ², Tual Monfort ³, Christian Specht ⁴,
Ignacio Izeddin ²

¹ Institut Langevin - Ondes et Images (UMR7587) – CNRS ESPCI PSL – France

² Institut Langevin - Ondes et Images (UMR7587) – CNRS ESPCI PSL – France

³ Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM, CNRS, Institut de la Vision – France

⁴ Maladies et hormones du système nerveux – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Université Paris-Saclay – France

Although single-molecule localization microscopy (SMLM) gives access to spatial resolutions down to the scale of protein size, a number of applications in live-cell imaging remain challenging due to the trade-off between temporal and spatial samplings. This is particularly problematic whenever the system studied displays heterogeneous protein densities, as scientific cameras (EM-CCD/sCMOS) are poorly suited to these purposes. We recently introduced a new approach to SMLM, which we call Eve-SMLM, using event-based sensors (EBS) instead of scientific cameras. EBSs are commercially-available matrices of independent, asynchronous pixels that are sensitive to optical intensity variations rather than to the absolute number of photons integrated over a set exposure time. With this approach, we were able to successfully detect single molecules to perform SMLM bioimaging with a spatial resolution comparable to that achieved with scientific cameras. We furthermore used the intrinsic sparsity of the data to efficiently deal with the challenge of high density SMLM imaging, where the overlap of the Point Spread Functions (PSF) cause traditional strategies to under-perform, allowing the reconstruction of dynamic SMLM images of living samples with a temporal resolution around 1 minute (1).

Building upon Eve-SMLM, we further exploit the EBS' asynchronous detection and improved response with modulated excitation techniques. Since Eve-SMLM provides the temporal profile of the emitted signal at the single-molecule level, it is possible to encode information about the absorption spectrum of each molecule in the retrieved signal frequency by modulating the excitation laser. We used this in the context of multicolor SMLM imaging, allowing identification of different fluorophores in a simultaneous acquisition. This simple approach furthermore can improve the spatial resolution by increasing the number of events generated by each molecule as the modulation frequency increases.

Reference

(1) C. Cabriel, T. Monfort, C.G. Specht, and I. Izeddin. "Event-based vision sensor for fast and dense single molecule localization microscopy," Nat. Photon. 17, 1105–1113 (2023)

*Intervenant

Wavefront engineering for volume light control in nonlinear neurophotonics

Eirini Papagiakoumou * ¹

¹ Institut de la Vision – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Light-based approaches offer a sensitive, non-invasive means to probe and control brain activity. Recent advances in neurophotonics now enable the all-optical interrogation of neural circuits, combining activity imaging and optogenetic stimulation. This is achieved by targeting neurons genetically modified to express either fluorescent sensors (for calcium or voltage imaging) or light-sensitive actuators (for optogenetic control).

In this talk, I will present optical techniques developed in our group to optimize the excitation volume for efficient multi-neuron photoactivation and functional imaging. Specifically, we have developed methods for three-dimensional light patterning using spatial light modulators that shape the laser beam wavefront. These methods are compatible with both one-photon and multi-photon excitation. In the nonlinear regime, axial confinement of excitation patterns is further enhanced by combining spatial light modulation with temporal focusing.

Applications of these methods to scanless voltage imaging and targeted optogenetic activation of neuronal populations will be discussed.

*Intervenant

Reconstruction 3D de cartes d'indice de réfraction améliorée par microscopie diffractive tomographique à double vue

Carlos Alberto Chacon Avila ¹, Nicolas Verrier ², Matthieu Debailleul ³,
Olivier Haeberlé * ¹

¹ IRIMAS – Université de Haute Alsace - Mulhouse : EA2332, Université de Haute Alsace - Mulhouse – France

² IRIMAS – Université de Haute Alsace - Mulhouse : EA2332, Université de Haute Alsace - Mulhouse – France

³ IRIMAS – Université de Haute Alsace - Mulhouse : EA2332, Université de Haute Alsace - Mulhouse – France

La microscopie tomographique diffractive (MTD) est une technique d'imagerie sans marquage, visant à reconstruire la distribution 3D de l'indice optique dans le spécimen observé (1). Cette technique est basée sur la mesure du champ diffracté par le spécimen, combinée à une synthèse d'ouverture. Celle-ci peut se faire par rotation de l'illumination, par rotation du spécimen, par combinaison de ces deux approches, et aussi par changement de la longueur d'onde d'illumination.

Il faut ensuite résoudre un problème inverse pour retrouver la distribution d'indice produisant le champ mesuré. Son implémentation la plus simple est basée sur l'hypothèse de Born d'un champ diffracté très faible en amplitude par rapport au champ d'illumination, ce qui permet des reconstructions très rapides à l'aide des cartes de calcul GPU modernes, car basées sur des transformées de Fourier (2).

Cependant, plusieurs problèmes apparaissent.

- En MTD en transmission, la présence d'un cône de fréquences manquantes dans les données acquises (missing-cone) limite la résolution axiale, et fait apparaître des artefacts de reconstruction (3).

- L'hypothèse de Born peut rapidement être mise en défaut (spécimen épais et/ou fortement réfractant/diffractant/diffusant).

- La qualité des reconstructions dépend fortement des acquisitions (4).

Une solution pour améliorer la résolution axiale est un montage 4Pi, proposé par Lauer (5). Pour ce faire, il faut réaliser un montage symétrique à 2 objectifs de microscope se faisant face, et permettant d'acquérir 2 images en transmission et 2 images en réflexion.

Dans cette contribution, nous présentons les résultats obtenus sur la double transmission, et

*Intervenant

les développements permettant le recalage des données, puis leur fusion, afin d'obtenir une image de qualité améliorée. Les méthodes mises au point devront ensuite être adaptées pour réaliser la fusion des données mesurées en réflexion, afin d'obtenir une image à résolution isotrope.

(1) N. Verrier, M. Debailleul, and O. Haeberlé, *Sensors* **24**, 5 (2024)

(2) E. Wolf, *Opt. Commun.* **1**, p. 153(1969)

(3) M. Debailleul, *et al.*, *Opt. Lett.* **34**, p. 79 (2009)

(4) A. M. Taddese, *et al.*, *Appl. Opt.* **60**, p. 1694 (2021)

(5) V. Lauer, *J. Microsc.* **205**, p. 165 (2002)

Probing Single-Molecule Dynamics in Self-Assembling Viral Nucleocapsids

Thomas Bugea ^{1,2}, Romeo Suss ^{1,2}, Guillaume Tresset ³, Karen Perronet * ¹

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

² Laboratoire de Physique des Solides – Laboratoire de Physique des Solides – France

³ Laboratoire de Physique des Solides – Laboratoire de Physique des Solides – France

The diversity of viruses we are facing dictated us to learn how to live with them. To facilitate this coexistence and, above all, combat their proliferation, it has been necessary to understand how they work. This need has led to numerous studies on viruses of various sizes and compositions. Up to now, the results obtained through ensemble measurements contribute to improving our knowledge upon assembly pathways of viral capsids and their dependence on salt and pH. Indeed, most of the techniques used give average results for an entire population, without being able to access to the inherent heterogeneity of the assembly mechanism. Total internal reflection fluorescence microscopy (TIRFM) allows us to work not only at the level of the individual capsid, but also at the level of the individual subunit. This experimental setup has been used on the Cowpea Chlorotic Mottle Virus (CCMV), whose dimers and single-stranded RNA were fluorescently labelled.

We probed the binding and unbinding dynamics of fluorescently labeled capsid subunits on hundreds of immobilized viral RNA molecules simultaneously at each time point. A step-detection algorithm combined with statistical analysis allowed us to estimate microscopic quantities such as the equilibrium binding rate and mean residence time, which are otherwise inaccessible through traditional ensemble-averaging techniques. Additionally, we could estimate a set of rate constants modeling the growth kinetics from nonequilibrium measurements, and we observed an acceleration in growth caused by the electrostatic screening effect of monovalent salts (1). Single-molecule fluorescence imaging will be crucial for elucidating virus self-assembly at the molecular level, particularly in crowded, cell-like environments.

(1) Bugea T., Suss R. Gargowitsch L., Perronet K. and Tresset G. Probing Single-Molecule Dynamics in Self-Assembling Viral Nucleocapsids. *Nano Letters*, 24, 14821 (2024)

*Intervenant

Monitoring the ribosome dynamics at the single molecule level

Baptiste Bouhet ^{*} ¹, Karen Perronet ¹, Sandra Blanchet ², Olivier Namy ², Charles Truong ³

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

² Institut de Biologie Intégrative de la Cellule – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : DRF/I2BC, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9198 – France

³ CB - Centre Borelli - UMR 9010 – Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – France

Protein synthesis is a complex multi-step process involving many factors that need to interact in a coordinated manner to properly translate the messenger RNA. As translating ribosomes cannot be synchronized over many elongation cycles, single molecule studies, mainly using total-internal-reflexion fluorescence microscopy, have been introduced to bring a deeper understanding of translation dynamics. In order to perturb as little as possible the translation machinery and to use cell extracts, we decided to monitor the passage of individual, unmodified mammalian ribosomes at specific fluorescent primers hybridized along a mRNA. Because of the ribosome helicase activity, the double strand formed by the oligonucleotide and the mRNA is opened while the ribosome translates this region of the mRNA. Two different oligonucleotides are hybridized at two different places on the mRNA. Thus, the consecutive loss of the fluorescence signal of both oligonucleotides allows us to measure the translation speed distribution of single ribosomes. We use this system to study IRES- and cap-dependent initiation and measure both the initiation and the elongation rate. We are currently developing a magnetic tweezers assay to get complementary information on the elongation kinetics during frameshifting. Thanks to its versatility, this method is a valuable tool to investigate the role of translation machinery modifications in human diseases.

^{*}Intervenant

Minimalistic In Vitro Assay to Study Cell Intercalation in Morphogenesis

Daniel Selma ^{*} ¹, Vladimir Misiak ¹, Giovanni Cappello ², Thomas Boudou ², Martial Balland ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire de Physique [Saint Martin d'Hères] – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5588 – France

² Laboratoire Interdisciplinaire de Physique [Saint Martin d'Hères] – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5588 – France

Cell intercalation, or T1 transition, is a key process in morphogenesis, enabling cells to exchange neighbors while maintaining tissue integrity. This relies on the dynamic remodeling of cell–cell and cell–substrate junctions, occurring through both active and passive mechanisms. While in vivo and in silico models provide insights, the first presents challenges in studying isolated intercalation events, and the latter requires experimental validation.

To address this, we present a tunable in vitro assay enabling real-time imaging and in situ force measurements during T1 transitions. Practically, we engineer four-cell assemblies-cell quadruplets-to replicate the minimal tissue pavement required for T1s. Using the PRIMO maskless photolithography system, we micropattern extracellular matrix (ECM) architectures onto hard and soft substrates, allowing precise control over boundary conditions.

Then, we seed MDCK cells onto these patterns so they self-organize into quadruplets, facilitating reproducible morphological and mechanical analysis. By varying the aspect ratio of such patterns (1, 1.5, 1.75, 2), we introduce anisotropy and modulate the internal stress, affecting junction lengths and the mechanical polarity. Moreover, T1 transition rate varies with AR, substrate stiffness (glass vs. gels), and imaging plane (apical vs. basal). Initial results suggest that unpolarized cell tractions promote cell intercalation. These findings highlight the influence of geometric and mechanical constraints on T1 transitions. By extending this approach to cytoskeletal perturbations using pharmacological agents, we aim to gain deeper insights into the molecular mechanisms governing this topological rearrangement. In essence, this assay provides a controlled framework to study the biophysics of cell intercalation in vitro.

^{*}Intervenant

Agile two-photon microscope for fast 5D single-particle translation and rotation tracking

Alexandre Clausolles ^{*} ¹, Marie-Charlotte Emperauger ², Florian Semmer ^{2,3}, François Treussart ⁴, Karen Perronet ², François Marquier ²

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces (LuMIn) – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – France

² Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces (LuMIn) – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay – 91190 Gif-sur-Yvette, France, France

³ Laboratoire Charles Fabry (LCF) – Laboratoire Charles Fabry, Institut d’Optique Graduate School (IOGS), Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay – 91127 Palaiseau, France, France

⁴ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces (LuMIn) – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, CentraleSupélec, Saclay, France. – France

We present a two-photon microscopy setup to measure intraneuronal transport parameters in a 3D sample in a super localisation regime thanks to the non-linear optical response from nanoparticles (second harmonic generation (SHG)). We take advantage of a Digital Micromirror Device (DMD) to perform digital holography and change the focus position of the excitation laser. We create a pattern of excitation in the vicinity of the nanoparticle, which allows us to super-localise the particle in real time (millisecond regime), with a localization precision of less than 5 nm by maximum likelihood approach (1). The DMD is fast enough to track the nanoparticle during its motion. We also use the holograms to correct the wavefront and obtain thus a diffraction-limited spot at the laser focus. The tracking method has been tested on nanoparticles (BaTiO₃ nanospheres, ~100 nm diameter) internalized in living cells displaying directional trajectories and typical go and stop phases.

We aim at completing the intraneuronal transport parameters, inferred from the $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ positions, with the measurement of the rotational movement of vesicles. This additional parameter is useful to understand how the molecular motors are driven along the microtubules (2,3). The nanoparticles’ SHG signal depends on their crystalline axis and polarization of the excitation laser. By rotating the incident polarization and detecting along two orthogonal polarizations, we are able to track the translation motion as well as the rotation of the nanocrystal (4). Our first measurements display standard deviations around 1° for azimuthal and polar angles θ and ϕ .

(1) Balzarotti, F. et al. Nanometer resolution imaging and tracking of fluorescent molecules with minimal photon fluxes. *Science* (1979) 355, 606–612 (2017).

^{*}Intervenant

- (2) Haziza, S. et al. Fluorescent nanodiamond tracking reveals intraneuronal transport abnormalities induced by brain-disease-related genetic risk factors. *Nat Nanotechnol* 12, 322–328 (2017).
- (3) Kaplan, L., Ierokomos, A., Chowdary, P., Bryant, Z. & Cui, B. Rotation of endosomes demonstrates coordination of molecular motors during axonal transport. *Sci Adv* 4, e1602170 (2018).
- (4) Mayer, L. et al. Single KTP nanocrystals as second-harmonic generation biolabels in cortical neurons. *Nanoscale* 5, 8466 (2013).

Three-photon Holographic Microscopy For Deep Precise Optogenetics

Jeremie Nataf ^{*} ¹, Aysha S. Mohamed Lafirdeen ¹, Cécile Telliez ¹, Rafael Castillo-Negrete ¹, Lien Thi Phuong ¹, Christiane Grimm ¹, Benoit C Forget ¹, Valeria Zampini ¹, Emiliano Ronzitti ¹, Eirini Papagiakoumou ¹, Valentina Emiliani ¹

¹ Institut de la Vision – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Optogenetics has revolutionized neuroscience by enabling the precise control of neuronal activity with light¹. While single-photon widefield approaches allow reliable activation or inhibition of specific neurons expressing optogenetic tools, they lack spatial precision. Two-photon (2P) optogenetics, combined with 2P imaging, has significantly improved spatial precision and enabled near single-cell resolution in vivo, but remains limited in penetration depth to few hundreds of micrometers, due to scattering. Although endoscopic methods extend the reach of 2P techniques, they are invasive and less suited for small or delicate organisms.

Three-photon (3P) excitation microscopy offers deeper tissue penetration and reduced scattering, making it a promising alternative for functional interrogation of deep brain regions². Despite its widespread use in structural and functional imaging, 3P optogenetic activation has remained largely unexplored, with only one prior demonstration in cultured cells.

Here, we present the first in-depth validation of 3P optogenetics in organotypic brain slices, targeting three excitatory and one inhibitory opsin. Using Computer-Generated Holography (CGH) and temporal focusing (TF)³, we achieved soma-targeted activation with 1300 nm or 1700 nm illumination, confirming that the induced photocurrents followed a 3P excitation regime and elicited reliable neuronal responses. Notably, we show enhanced spatial confinement and reduced out-of-focus activation compared to 2P stimulation, with near single-cell resolution. This new method, combining the depth penetration of 3P excitation with the spatial precision of holographic techniques, opens new avenues for probing deep neural circuits with unprecedented precision.

References:

1. Emiliani, V. et al. All-Optical Interrogation of Neural Circuits. *J. Neurosci.* **35**, 13917–13926 (2015).
2. Xu, C. et al. Multiphoton fluorescence microscopy for in vivo imaging. *Cell* **187**, 4458–4487 (2024).
3. Papagiakoumou, E. et al. Patterned two-photon illumination by spatiotemporal shaping of ultrashort pulses. *Optics Expr.* **16**, 22039–22047 (2008).

^{*}Intervenant

Optimization of speckle-free holography for scanless two-photon voltage imaging.

Julien Nassif ^{*} ¹, Ruth R. Sims ¹, Benoit C Forget ¹, Eirini Papagiakoumou ¹, Valentina Emiliani ¹

¹ Wavefront-Engineering Microscopy group, Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM S968, CNRS UMR7210, Paris, France – France

In recent decades, the combined advances in protein engineering and optics have led to the development of so-called "all-optical" techniques for controlling and imaging neuronal activity (1), providing unprecedented access to the functional organization and dynamics of neural circuits. Among these approaches, two-photon voltage imaging (2) stands out as a particularly promising method, enabling direct measurement of neuronal electrical activity with high temporal resolution.

To fully exploit the spatio-temporal resolution of physiological signals over large fields of view, scanless techniques integrated with two-photon voltage imaging (2) use computer-generated holography (CGH) and Fourier-based iterative algorithms to create precise excitation patterns. However, poorly defined initial conditions can cause speckle artifacts, leading to high-contrast regions in the excitation pattern. Since voltage indicators are restricted to the neuronal membrane—a small fraction of the cell—uniform excitation is essential to prevent photobleaching and low signal-to-noise ratios that compromise data quality.

To address this issue, several phase modulation algorithms (3) have been developed, introducing fewer constraints on the final amplitudes in order to optimize convergence. Although these methods significantly reduce speckle, they generally result in a loss of diffraction efficiency.

The combination of highly efficient speckle-free illumination patterns with advanced optical strategies, such as temporal focusing (2), enables uniform excitation of fluorescent indicators, paving the way for more accurate recordings of physiological signals and improved insights into the dynamics of neuronal circuits ultimately advancing our understanding of neuronal syntax and logic.

Here, we present an experimentally optimized implementation of these methods, enabling the generation of speckle-free excitation beams with high diffraction efficiency, based on a combination of speckle-suppressing algorithms and experimental aberration correction techniques.

(1) Abdelfattah, A. et al., *Neurophotonics* 9, 1–86 (2022).

(2) Sims, R.R., Bendifallah, I., Grimm, C. et al., *Nat Commun* 15, 5095 (2024).

^{*}Intervenant

(3) Pasienski, M. and DeMarco, B., Opt. Express 16, 2176-2190 (2008)

Quantitative Phase Imaging with a Thin Diffuser: Developments and Applications in Cell Biology

Anis Aggoun ^{*} ¹, Benoît Rogez ², Jeremy Brogard ³, Baptiste Blochet ⁴,
Marc Guillon ⁴, Sacha Reichman ⁵, Gilles Tessier ⁶, Pascal Berto ⁷

¹ Institut de la Vision – Sorbonne Université – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes – France

³ Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM – France

⁴ Saints-Pères Paris Institute for Neurosciences – Université Paris Cité – France

⁵ Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM – France

⁶ Institut de la Vision – Sorbonne Université – France

⁷ Institut de la Vision – Université Paris Cité – France

Quantitative Phase Imaging (QPI) accurately maps amplitude and wavefront distortions caused by the refractive index distribution in microscopy samples. This label-free approach enhances contrast on transparent objects and enables detailed investigation of biophysical features in cells and tissues. Recently, High-definition Wavefront Sensing (HD-WFS) has emerged as a prominent group of QPI techniques. These single-shot methods are more robust and simpler than traditional reference-based interferometry techniques like Digital Holographic Microscopy, as they operate without a reference arm and can use incoherent light, such as native microscope illumination. This makes WFSs easily integrable with most commercial microscopes. Here, we introduce an HD-WFS technique called DiPSI (Diffuser Phase Sensing and Imaging). This method is implemented by positioning a thin diffuser near a standard camera, which captures a speckle pattern. The memory effect of the diffuser allows the fine tracking of the speckle grains, enabling a precise quantification of wavefront distortion with high phase sensitivity ($< \lambda/500$) and real-time imaging ($> 50\text{Hz}$). The method is cost-efficient and only uses off-the-shelf components, which should ease the dissemination of QPI. Additionally, we have developed ImageJ and Micro-Manager plugins for phase and intensity image reconstruction from speckle images and for live imaging, respectively, to further facilitate DiPSI adoption, particularly in biology labs. The potential of the DiPSI method is showcased in cell biology, specifically for identifying retinal cell types derived from organoids. These cells, including retinal ganglion cells and photoreceptors, are derived from human induced pluripotent stem cells (hiPSCs) and are of major interest for vision restoration therapies. As fluorescent tags are not suitable for human use, novel label-free classification methods are required to isolate specific cell types for therapeutic transplantation. Results from our recent efforts that combine DiPSI with Deep Learning tools for the label-free identification of precursor photoreceptor cells will be presented, demonstrating the method's crucial role in advancing vision restoration therapies.

^{*}Intervenant

Dynamic Full-Field Optical Coherence Tomography: Recent Advances and Biomedical Applications

Tual Monfort ^{*} ¹, Nate Norberg ², Sacha Reichman ², Olivier Thouvenin ³,
Kate Grieve ⁴

¹ Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM, CNRS, Institut de la Vision – France

² Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM, CNRS, Institut de la Vision – France

³ Institut Langevin – CNRS, UPMC, ESPCI – France

⁴ Institut de la Vision – Sorbonne Université, INSERM, CNRS, Institut de la Vision – France

Introduction

Optical Coherence Tomography (OCT) has revolutionized biomedical imaging since its inception, offering non-invasive visualization of tissue microstructures. Among its variants, Full-Field Optical Coherence Tomography (FF-OCT) has emerged as a powerful technique for capturing en face images with subcellular resolution. FF-OCT represents a specific configuration of time-domain OCT particularly adapted to high-resolution imaging, capable of capturing the 3D distribution of backscattering structures in complex biological samples.

Dynamic FF-OCT

More recently, Dynamic Full-Field OCT (D-FFOCT) has extended these capabilities by exploiting temporal fluctuations in the interferometric signal, offering unprecedented insights into cellular dynamics and metabolic activity without the need for exogenous contrast agents. This innovative approach reveals active structures in dense environments through the temporal quantification of signal fluctuations.

Mechanisms and Significance

D-FFOCT can identify single living cells within complex biological structures by detecting phase fluctuations associated with the active transport of cell organelles. This dynamic contrast directly relates to metabolic cell activity and is cell-specific, as organelle transport represents a deeply regulated and controlled mechanism at the core of cell physiology. Consequently, these dynamic signatures serve as valuable biomarkers for various diseases that impact local cellular activity.

Scope of Presentation

This presentation will provide a comprehensive overview of recent advances in D-FFOCT technology and its expanding applications across various biomedical fields. We will discuss technical innovations that have improved imaging speed, resolution, and penetration depth, along with

^{*}Intervenant

novel computational approaches for signal processing and image reconstruction. Furthermore, we will explore diverse applications in disease modelling, pathophysiology, and tissue engineering, highlighting how D-FFOCT is transforming our understanding of biological processes and disease mechanisms.

Presentation of the Imabio Young Scientist Network

Clément Cabriel * ¹

¹ Institut Langevin - Ondes et Images (UMR7587) – CNRS ESPCI PSL – France

Imabio YSN is a professional network that aims at establishing connections between early career scientists in the bioimaging community. It was created by the GDR imabio in 2018, and it has since grown to connect scientists (PhD students, postdocs, interns, early career research engineers and researchers, etc.) all around France and abroad in the fields of microscopy, chemistry, biology, data analysis and bioinformatics, etc.

We strive to create scientific interaction between our members, promote their visibility, bring down the barriers between young and more senior scientists, share news and provide information about professional perspectives for our members. To achieve this, we organize various types of actions, including conferences, round tables about career development, imaging platforms visits and more.

We also share useful information via our website and social networks accounts, and we are present at some events organized by the GDR Imabio. As a collaborative network, we are happy to consider propositions of our members to organize new events. Finally, we are always happy to welcome new members, particularly to expand our organization committee, which is a valuable professional experience.

*Intervenant

MC19 : Nanodispositifs pour la détection de biomolécules

Phase singularity in random gold metasurface for refractive index sensing

Juan Pablo Cuanalo Fernandez ^{*} ¹, Shuwen Zeng ^{*}

2

¹ Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Plasmonic metasurfaces consist of periodic or disordered metallic nanostructures with characteristic subwavelength sizes that exhibit unusual optical properties. Optical phase singularities occur when the reflectivity of a surface is zero. Optical phase singularities have been observed in plasmonic metasurfaces has been observed using periodic structures that require complex and expensive fabrication techniques. This phenomenon is crucial for ultra-sensitive phase detection of refractive index changes. In this study, we experimentally demonstrate that topological darkness can be observed in a random array of gold nanoislands (Au NI) supported on a glass substrate. The NI were prepared by a solid-state thermal dewetting method in ultrathin Au films ($d=13\text{nm}$), deposited by magnetron sputtering, and thermally annealed at 550°C for 3 hours. The self-assembled NI were morphologically characterized by scanning electron microscopy and atomic force microscopy. The Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR) response was obtained from reflectance and phase measurements. A common-path spectral interferometer in the attenuated total reflection configuration, was used to acquire the spectral interference pattern from the metasurface. The differential LSPR phase between the s and p polarizations was recovered by the Fourier series method and monitored in real time. The phase singularity was observed by the characterized near-zero reflection for the p polarization component. Additionally, it was further substantiated by the observation of abrupt π phase jumps in the differential phase spectra. We used the phase slope in the region of the phase singularity to quantify the refractive index resolution of 10^{-6} RIU. The experimental findings were validated by comparing them with analytically calculated reflectance and phase spectra using the island film theory, yielding a good agreement. This work opens up the possibility of using the phase singularity for biosensing applications with high sensitivity and using low-cost fabrication techniques.

^{*}Intervenant

FRET-based nanosensor for measuring cell contractile force

Noémie Lacroix * ¹, Sara Faour ^{2,3}, Thomas Pons ⁴, Cyrille Vézy ⁵,
Rodolphe Jaffiol ⁶

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS : UMR7076 – France

³ Matrice extracellulaire et dynamique cellulaire - UMR 7369 – Université de Reims Champagne-Ardenne, SFR CAP Santé (Champagne-Ardenne Picardie Santé), Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ Laboratoire de Physique et d'étude des Matériaux – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR 8213 – France

⁵ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes – France

⁶ Light Nanomaterials Nanotechnologies, CNRS 7076 – Université de Technologie de Troyes – France

Membrane adhesion receptors, such as integrins, and the actin cytoskeleton are key elements in cell biology mechanotransduction (1). The molecular machinery of this process is a transversal hot topic that gives rise to intense activity in scientific fields mixing physics, chemistry, and biology. Our ability to understand mechanical cues in biology is limited by our capability to observe and quantify them in living cells. Therefore, the spatio-temporal dynamics and regulation of active zones involved in mechanosensing, typically at focal adhesion sites, are still poorly understood. We are developing a Force NanoSensor (FNS) allowing measurement and map the mechanical strains exerted by living cells at a molecular scale (2,3,4). This probe is composed of an extensible elastic molecule, flanked by two emitters at its ends, including a Quantum Dot (QD). The force measurement will be achieved when the elastic molecule is stretched, and Förster Resonant Energy Transfer (FRET) will constitute the way to quantify this stretching at the nanoscale, as illustrated in Figure 1. A FRETforce calibration experiments are currently being conducted to assess the correspondence between FRET efficiency and the force applied on FNS probes. Thus, we propose to combine on the same setup a single-molecule imaging technique with microfluidic flow chamber device. The microfluidic chamber allows to tune at pN range a shear force on a micrometric bead attached on FNS probe. By this way, FRET emission will be mechanically switched according to the tension applied along the nanosensor.

*Intervenant

Plasmonic Optical Properties and Strong Coupling Regimes in Nanoplatelets and Gold Nanotriangles

Shengwen Di ^{*} ¹, Yuqing Zhao ¹, Minyu Chen ¹, Rehaud Bachelot ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

This work focused on the development of strongly coupled nanoscale light sources, a frontier area in modern nanophotonics. Specifically, the study investigated hybrid optical systems incorporating anisotropic nanoparticles such as gold nanotriangles (AuNTs) and CdSe/CdS nanoplatelets. These nanostructures were synthesized via controlled growth protocols to ensure high morphological uniformity and reproducibility-crucial parameters for achieving robust and tunable optical performance. AuNTs, in particular, enabled the exploitation of localized surface plasmon resonances to enhance near-field light-matter interactions. The experimental work involved advanced thin-film deposition and spectral characterization techniques, which confirmed the manifestation of strong coupling phenomena, including plasmon-exciton hybridization characterized by a Rabi splitting energy of up to 400 meV.

These findings demonstrate efficient energy transfer between metallic and semiconductor components within the hybrid systems, highlighting their potential for high-performance photonic integration. Methodologically, further optimization of the nanoparticle synthesis process-including automation, size distribution control, and functional matrix stabilization-is identified as a key direction. Moreover, the integration of next-generation materials such as 2D heterostructures and perovskites holds promise for enhancing optical stability and spectral tunability. In terms of application, these strongly coupled systems show promise for use in quantum communication, single-photon emission, and ultra-sensitive nanosensors, as well as in the development of high-efficiency integrated photonic circuits. This work contributes to advancing the fundamental understanding and technological potential of hybrid nanophotonic platforms.

^{*}Intervenant

Pulsed Laser Nanoparticles Source and Thin Films Deposition to tune Materials Properties

Manon Gireau ¹, Fusheng Du ², Joelle Youssef ³, Shuwen Zeng ², Georges Humbert ³, Frederic Dumas-Bouchiat ¹, Corinne Champeaux ^{* 4}

¹ IRCER - Institut de recherche sur les céramiques – Université de Limoges, CNRS – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ XLIM – Université de Limoges, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ IRCER - Institut de recherche sur les céramiques – Université de Limoges, CNRS – France

The downsizing of materials is challenging to reach new properties and new associated functionalities. Based on laser ablation process, this can be achieved by using a nanoparticles source, home-made developed (3), using the quenching of the pulsed high pressure plasma plume of vaporized species in an inert gas (helium). This nanoparticle source allows the in-flight growth of nanoparticles (NPs), at room temperature, with controlled size ($< 5\text{nm}$) and narrow size distribution ($< 0.5\text{ nm}$).

Coupling PLD set-up and NPs generator allows the possibility to fabricate NP-stacks, nanocomposite thin films with embedded NPs or multilayered NPs stacks and thin films.

The potentialities of these ablation processes are exploiting for the fabrication of new thin-films and nanocomposites materials for microelectronics (i) and biosensing applications (ii).

(i) Studies concerning vanadium dioxide (VO_2) which is a "smart" material presenting a first order metal to insulator transition (MIT, highlight the phase change dynamics (3-5 orders in magnitude), the transition temperature ($50 - 70^\circ\text{C}$) and the hysteresis width ($3-30^\circ\text{C}$) induced by individual/collective effects strongly dependent on the NPs size (diameter range: $3-40\text{nm}$), and the presence of potential nucleation sites which promote spatial heterogeneous nucleation.

(ii) Nanocomposite thin films constituted of an ultra-thin (12 nm) Al_2O_3 matrix with embedded silver nanoparticles (diameter 2.3 nm), covered by a 48 nm gold layer combine localized surface plasmon resonance (LSPR) in nanoparticles with propagating SPR that exists in the gold film allowed enhanced sensitivities for bio-detection, at concentration lower than femtoMole/L.

(1) F. Dumas-Bouchiat, M. Gaudin, I.A. Alonzo Zapata, C. Champeaux, Vacuum, 227, 113408, 2024

This work is partially supported by the LabEx Sigma-Lim ANR-10-LBX-0074-01, launched by the French Ministry of Higher Education and Research (<https://www.unilim.fr/labex-sigma-lim>) between the XLIM and IRCER Research Institutes and by Région Nouvelle Aquitaine.

*Intervenant

Bio-Inspired symmetrical Dimer Photonic Crystals: Ultrasensitive Optical Biosensing

Guanghan Zhang * ¹, Djny Nehemie Ezechiél *

¹, Shuwen Zeng *

1

¹ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n)
Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

This study presents a high-performance optical sensor based on symmetric dimer two-dimensional photonic crystals (PhCs), with its optical properties optimized through numerical simulations (finite element method, FEM) for bio-monitoring applications. The structure consists of periodically arranged silicon-based symmetric dimer units, enabling high-sensitivity detection without the need for defect engineering typically required in conventional PhCs. Research demonstrates that this structure generates protected localized modes within the bandgap, forming Fano-like resonance. The transmission spectrum (analyzed via FTIR transmittance measurements) exhibits sharp asymmetric line shapes. Through parameter optimization, the sensor can monitor DNA hybridization processes in real-time, with a 180° phase shift response further confirming the Fano resonance characteristics.

Additionally, the design exhibits a significant response in the wavelength range of 8 μm to 13 μm and can be scaled for other applications (e.g., gas detection). Compared to existing technologies (such as microring resonators and heterostructure PhCs), this sensor offers advantages in defect-free integration, fabrication simplicity, and performance metrics, providing new insights into the application of 2D photonic crystals in biosensing.

Keywords: Two-dimensional photonic crystals; symmetric dimer; Fano resonance; FTIR transmittance detection; bio-monitoring; high-sensitivity sensor

*Intervenant

Development of an ultrasensitive plasmonic hydrogen sensor

Jialing He * ¹, Aurélien Bruyant *

2

¹ L2N – Université de Technologie Troyes – France

² Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique (LNIO-ICD) – CNRS : UMR6279, Université de Technologie de Troyes – 12 rue Marie Curie - BP 2060 10010 TROYES CEDEX, France

Surface Plasmon Resonance (SPR) sensors show great potential for hydrogen detection because of their high sensitivity and label-free operation. Palladium (Pd), as a hydrogen-sensitive material, offers clear advantages over conventional SPR materials such as gold and silver. Pd-based SPR sensors display a unique phase response. At certain film thicknesses, the SPR phase curve near the resonance angle changes almost linearly and steeply. This behavior can enable highly sensitive hydrogen sensing using phase detection. Considering that Pd transforms from paramagnetic to diamagnetic behavior after hydrogen absorption, this study experimentally investigates the effects of external magnetic field strength and orientation on the SPR response of Pd-based sensors. The results reveal that variations in both the magnitude and direction of the applied magnetic field significantly influence the shape and resonance characteristics of the SPR response. Such magnetically induced modulation suggests that magneto-optical effects can be harnessed to enhance the sensitivity and tunability of hydrogen SPR sensors. It provides new avenues for the design of advanced magnetically enhanced SPR optical sensors.

*Intervenant

Tunable W-doped VO₂ Nanolayer at Body Temperature for Ultrasensitive Near-Infrared Plasmonic Biosensor

Nurzad Zakirov ^{*} ^{1,2}, Shaodi Zhu ³, Amine Zitouni ⁴, Etienne Charette ⁴,
Xiang Wenqiang ⁴, Boris Le Drogoff ⁴, Mohamed Chaker ⁴, Shuwen Zeng ³

¹ Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie de Troyes,
Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

² Institut National de la Recherche Scientifique - énergie Matériaux Télécommunications (INRS-EMT)
– Canada

³ Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie de Troyes,
Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

⁴ Institut National de la Recherche Scientifique - énergie Matériaux Télécommunications (INRS-EMT)
– Canada

Surface Plasmon Resonance biosensing is an advanced optical technique that detects molecular interactions in real-time through refractive index change at the sensing surface. The integration of nanotechnology in biosensing systems has opened new avenues to overcome challenges in sensitivity and selectivity. Tungsten-doped vanadium dioxide (W-VO₂) has significant attention due to its unique thermochromic properties in the near-infrared region. W-VO₂ exhibits a reversible insulator-to-metal phase transition, significantly altering its optical and electrical properties. Here, we present the design and development of a thermally tunable Surface Plasmon Resonance (SPR) biosensing chip with a W-VO₂ nanolayer sandwiched between a gold film and a sapphire substrate, configured within a prism-coupled Kretschmann setup. The W-VO₂ layer was deposited using the Cross-Beam Pulsed Laser Deposition method, known for its ability to achieve high film uniformity without large microparticle formation. The application of 2% at. W-doping into the VO₂ significantly reduces the phase transition temperature from 68°C to approximately 37°C, enhancing its compatibility with biosensing applications. Using a heating plate with temperature controller under 988-nm diode laser excitation, the SPR chip demonstrated reversible thermal tunability. Goos-Hänchen (GH) shift is the lateral displacement of the p-polarization light compared to s-polarization beam resonantly enhanced by the plasmon resonance. Modulation of W-VO₂ layer's refractive index by temperature is used to control plasmon resonance condition precisely. S-polarization beam position change is shown by temperature, which indicates the thermal tunability of the sensing chip optical properties. This phase change makes it possible to find a precise temperature for the pronounced GH shift. High-temperature measurements of 10 nm W-VO₂ with 40 nm gold film sample revealed more than 2 times increase in GH shift for the same concentrations of glycerine solution compared to room temperature. The enhanced GH shift provides a more sensitive response to molecular interactions, allowing for the detection of low-concentration analytes with high accuracy.

^{*}Intervenant

Label-Free Plasmonic Biosensor for Cancer Marker Detection Based on Phase Singularity-Induced Lateral Position Shift

Fusheng Du * ¹, Kevin Kim ^{1,2}, Aurelian Crunteanu ³, Rodolphe Jaffiol ¹,
Aurélien Bruyant ¹, Jeremy Mallet ^{1,2}, Shuwen Zeng ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire de Recherche en Nanosciences - EA 4682 – Université de Reims Champagne-Ardenne, Université de Reims - Champagne Ardenne – France

³ MINT-Micro et Nano structures pour les Télécoms, RF-ELITE : RF et électronique Imprimée pour Télécom et énergie – Xlim – France

Optical biosensors have been used powerful tools for disease diagnosis and molecular biology research. However, current plasmonic sensors based on intensity and wavelength scanning are limited to obtain ultrahigh sensitivity without further signal amplification of secondary labels (e.g., fluorescent molecules and plasmonic nanotags). To address this limitation, we developed a plasmonic biosensor based on enhanced phase singularity. This singularity is characterized by a sharp phase retardation at the dark point of reflection from the plasmonic substrate, leading to a giant position shift in the reflected beam, which is known as the Goos-Hänchen (GH) shift. According to stationary phase theory, the GH shift is defined as $DGH = -(\lambda/2\pi n\theta) \cdot (D\phi/D\theta)$ in Kretschmann structure, where λ is the wavelength of incident light, $n\theta$ is the refractive index of the prism, ϕ is the optical phase, and θ is incident angle. To overcome the challenge with current bare gold substrate as plasmonic sensing chips for small biomarkers with low concentration, we have designed and used MXene 2D materials (specifically Ti₃C₂Tx) as new sensing nanolayers. MXene are recognized as promising plasmonic nanomaterials due to their low cost and high control in the visible and near-infrared range spectra. Our plasmonic technique enabled precise measurement of optical absorption of MXene with nanoscale thickness. Our theoretical analysis based on transfer matrix method showed that integrating MXene onto a gold film substrate can achieve a quasi-zero reflection intensity and significantly improve the lateral position shift by more than 2 orders of magnitude compared to that of gold film. As a proof of concept, we have chosen tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), which is a cytokine with a low molecular weight less than 18 kDa, as the targeted analyte. Before the biological detection for TNF- α , glycerin solutions with different weight ratios were flowed onto the sensing chips for a calibration test. For glycerin solutions with a low weight ratio of 0.5%, a large GH shift of 40 μm was obtained. It is worth noting that the refractive index change was only 6×10^{-4} RIU (refractive index unit) for this measurement. The resolution for our position detection is 0.05 μm . Thus, the sensitivity for our plasmonic device is estimated to be 10^{-7} RIU.

*Intervenant

Wavefront micro-spectroscopy to characterize nanomaterial-based sensors

Nathan Ullberg ^{*} ¹, Baptiste Marthy ¹, Vincent Derycke ², Guillaume Baffou ¹

¹ Institut Fresnel – CNRS, Aix-Marseille Université - AMU, Centrale Méditerranée – France

² NIMBE (UMR 3685) – CNRS, CEA DRF, Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay – France

Nanomaterials and nanostructured surfaces can be used to manipulate the wavefront of a light beam. Furthermore, such systems can be specifically tailored so that the wavefront distortion is sensitive to the presence of some analyte of interest that is added to the system; in other words, the system can work as a sensor of chemical or biological analytes. In the context of developing such sensor technologies, it is imperative to be able to characterize wavefront distortions on the micron-scale, across multiple wavelengths. To that end, we use cross-grating wavefront microscopy (CGM) (1), a quantitative phase imaging technique, which operates in wide-field mode, with diffraction-limited resolution and sub-second throughputs. By acquiring micro-spectrographs of wavefronts, we are able to precisely characterize the optical properties of various nanomaterial systems, including 2D materials, dielectric thin films, dense nanoparticle films (2); as well as individual nanoparticles and metasurfaces (4, 5). We go into detail on how the wavelength-dependent optical permittivity $\sim \epsilon(\lambda)$ or complex polarizability $\alpha(\lambda)$ can be precisely determined from the measured transmittance and phase (or optical path difference) of light. More broadly, this work can aid in the nano-biosensor revolution (6), which requires nanomaterial properties to be known with high accuracy before the analyte responsivity is considered.

(1) G. Baffou. *ACS Photonics* **10** 322 (2023)

(2) N. Ullberg et al. *In preparation*.

(3) S. Khadir et al. *ACS Photonics* **4** 3130 (2017)

(4) S. Khadir et al. *Optica* **7** 243 (2020)

(5) S. Khadir et al. *ACS Photonics* **8** 603 (2021)

(6) S. Sreejith et al. *Measurement* **236** 115073 (2024)

^{*}Intervenant

Real-Time Detection of Mercury Traces (ng/L) Using DNA-Based Biosensors

Antoine Elie * ¹, Aurélien Bruyant ¹, Julien Proust ¹, Claudia Cosio ²

¹ Université de Technologie de Troyes – Light, Nanomaterials, Nanotechnologies (L2n) – France

² Université de Reims Champagne-Ardenne – Stress Environnementaux et BIOSurveillance des milieux aquatiques (UMR-I 02 SEBIO) – France

Toxic metals, particularly mercury, lead, and arsenic, pose a significant environmental threat to both biota and human health. Their increasing concentrations, driven by natural emissions and anthropogenic activities, are subject to extensive environmental regulations. Current methods for detecting mercury at nanoscale concentrations present several limitations. These techniques are time-consuming, require discrete sampling (leading to potential information loss between samples and location-dependent variations), and involve substantial operational and human resources costs.

This research aims to develop and characterize novel mercury detection methods based on DNA-metal interactions to address these limitations. DNA's high specificity, sequence versatility, and diverse applications make it an ideal candidate for continuous, real-time detection of contaminants at ultra-low concentrations.

Our primary approach utilizes a portable Surface Plasmon Resonance (SPR) system with gold-coated glass chips. The metallic surface is functionalized with mercury-specific aptamers that undergo conformational changes to form hairpin structures in the presence of mercuric ions (1,2,3).

We are exploring complementary detection methods based on existing research. These include the specific detection and differentiation of mercury ions through DNA-mediated nanoparticle aggregation in reduced media (4,5,6), and monitoring changes in surface roughness and refractive index of gold surfaces exposed to metallic mercury (7,8). Additionally, we are investigating fluorophore-functionalized DNA to track mercury concentration through fluorescence modulation within a microfluidic cell.

(1) <https://doi.org/10.1021/ja056354d>

(2) <https://doi.org/10.1002/anie.200454172>

(3) <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c04764>

(4) <https://doi.org/10.1021/ac504538v>

*Intervenant

(5) <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.analchem.8b01100>

(6) <https://doi.org/10.3390/s18082679>

(7) <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.08.236>.

(8) <https://doi.org/10.1021/jp0365413>.

Optimizing Saline Buffers for Ultra-Fast and Reliable DNA Hybridization at Room Temperature: A Breakthrough in Nanodiagnosics

Margaux Gaillard * ¹, Aurélien Bruyant ¹, Jérôme Plain ¹, Julien Proust ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

The optimization of DNA strands hybridization at ambient temperature is a crucial step in the development of rapid diagnostic devices, such as lateral flow assays, to detect genetic material instead of proteins. Due to DNA interaction sensitivity to thermal and ionic conditions, achieving efficient hybridization under such conditions remains difficult. In this study, we aim to optimize DNA hybridization at ambient temperature by exploring the influence of different buffer compositions on hybridization kinetics. To track hybridization in real-time, Surface Plasmon Resonance (SPR) was exploited and allowed to observe precisely how the salts concentrations and buffer types affect the binding of DNA strands. Our results showed that while the absence of salts inhibits DNA hybridization, whereas adding reasonable salts concentrations of KCl and MgCl₂ significantly enhance the hybridization kinetics. However, adding excessively high salt concentrations can have a counterproductive effect, reducing hybridization efficiency. Optimized conditions were achieved using nuclease free water, KCl and MgCl₂, or Saline Sodium Citrate buffer (SSC) alone, which led to a rapid and stable hybridization at ambient temperature. To ensure compatibility of the hybridization buffer with particles without inducing aggregation, the stability of citrate stabilized AuNPs in these different solutions was also verified. These results provide a basis for developing effective hybridization buffers at ambient temperature to improve DNA detection in rapid diagnostic tools.

*Intervenant

Compact Phase-Sensitive SPR: a versatile tool for biosensing

Aurélien Bruyant ^{*} ¹, Antoine Elie ¹, Komla Nomenyo ², Julien Proust ³,
Mickael Fevrier ⁴, Laurent Arnaud ⁴

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n), Université de Technologie de Troyes, CNRS – France

³ L2N – Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n), Université de Technologie de Troyes – France

⁴ PhaseLab Instrument SAS – PhaseLab Instrument SAS – France

Phase-sensitive Surface Plasmon Resonance offers new perspectives for investigating alternative and emerging materials having metal-like behavior. In this talk, a compact SPR technology featuring ellipsometric capability is presented with a focus biosensing applications and beyond.

^{*}Intervenant

Plasma-based Synthesis of Oxide Materials for Various Applications

Mohamed Chaker * ¹

¹ Institut National de la Recherche Scientifique - énergie Matériaux Télécommunications (INRS-EMT)
– Canada

I will report on innovative plasma-based materials processes aiming at developing advanced oxide materials. These novel materials can then be exploited to conceive the next generation of photonic devices of ever-increasing complexity, performance and functionality. In particular, I will focus on the use of Pulsed Laser Deposition (PLD) for the synthesis of undoped and doped vanadium dioxide. Vanadium dioxide (VO₂) displays a sharp reversible metal-insulator transition (MIT) in response to external stimuli, such as temperature (transition at 68°C) and optical signals. This transition is accompanied by a dramatic variation of electrical resistivity and reflectivity in the infrared and THz domains. In this presentation, a few results will be reported including: (i) the influence of various dopant elements, namely tungsten, boron, nitrogen and chromium, and of their concentration on the MIT and phase stabilities; (ii) the optical property changes in VO₂ for different dopants using Density Functional Theory (DFT); (iii) the influence on the MIT of tungsten doping combined with interfacial strain induced by (001) R-TiO₂ substrates; and (iv) an innovative method to synthesize high-quality VO₂ thin films on large area scale and at low temperature, paving the way to new applications requiring deposition on heat-sensitive flexible polymer substrates.

*Intervenant

Bioimaging and biosensing using persistent luminescence nanoparticles

Cyrille Richard * ¹

¹ Unité de technologies Chimiques et Biologiques pour la Santé (UTCBS) – Université de Paris, Faculté de Santé, UMR CNRS 8258, Inserm U1267, UTCBS, 4 avenue de l’Observatoire, 75 006 Paris, France.
– France

One of the research activities of the UTCBS laboratory is the development of nanoprobes for biological applications. We are particularly interested in persistent luminescence materials. As their name indicates, persistent luminescence (PersL) is the property of some materials that continue to emit light for a long time (from minutes to hours) after their excitation is stopped. The most well known application of this phenomenon is night vision. In daylight, materials as strontium aluminate doped with europium and dysprosium (SrAl₂O₄:Eu,Dy) are excited and can store the excitation energy in traps, which are defects present in the materials. At night, when the excitation is stopped, the energy stored in the traps is released to produce a green emission.

To be used in biology, we had to adapt the composition, to have light emission in the NIR, in the tissue transparency window, and we also had to modify the preparation method to form nanoparticles. I will show how we have been able to obtain such nanomaterials and apply them in vivo, and what their main advantage is when applied to bioimaging.^{1,2}

I will also show that this property of PersL can be apply for in vitro biosensing.^{3,4}

References: 1) Liu et al, Adv Drug Deliv Rev 2019, 138, 193-210; 2) Cai et al, Chem Eng J 2024, 490, 151643; 3) PCT WO 2024/061937 A1; 4) Liu et al, Small 2023, 2303509

*Intervenant

Near-interface sensing, imaging and nanometrology using smart surfaces

Adi Salomon * ^{1,2}, Martin Oheim ³

¹ BINA nano-center, Bar Ilan University, – Israël

² Adi Salomon – Israël

³ Martin Oheim – CNRS UMR 8003 – France

I will present two distinct types of 'smart' surfaces designed for quantitative exploration of dynamic processes occurring at sub-wavelength distances from interfaces, using far-field optical techniques. Based on evanescent waves in excitation and/or emission, we achieve an axial localization precision of about 10 nm. The first type of substrate incorporates nanocavities in a thin metallic film, enhancing and confining the electromagnetic field to a tiny volume. The second sample consists of a thin fluorescent film sandwiched between transparent spacer and capping layers deposited on a glass coverslip. The emission pattern from this film codes detailed information about the local fluorophore environment, namely, the refractive index, defects, reciprocal lattice, and the axial distance of the molecular emitter from the surface. An application to axial metrology in total internal reflection fluorescence and axial super-localisation microscopes is presented. Our smart surfaces can reveal information regarding the refractive index, the axial fluorophore distance (along the microscope's axis) and the molecular orientation, via the analysis of the radiation pattern of near-surface emitters. When combined with Raman rather than fluorescence detection, they also allow the detection of minute amounts of molecules at the interface.

*Intervenant

Near-field chemical nanopatterning of plasmonic metasurface sensors

Kartikey Pandey ¹, Mathias Dolci ², Pauline Cornette ³, Philippe Nizard ¹,
Yun Luo ¹, Nordin Felidj ⁴, Claire Mangeney ^{* 5}

¹ Laboratoire de Chimie et de Biochimie Pharmacologiques et Toxicologiques – Université Paris Cité – France

² ITODYS – Université Paris Cité – France

³ LCBPT – Université Paris Cité – France

⁴ ITODYS – Université Paris Cité – France

⁵ Laboratoire de Chimie et de Biochimie Pharmacologiques et Toxicologiques – Université Paris Cité, Université Paris-Cité – France

Plasmonic metasurfaces are gaining attention as new-generation label-free optical sensors due to their enhanced local fields and narrow linewidth resonances (surface lattice resonances, SLR) (1). While much effort has gone into architectural adjustments (size, shape, grating distance, etc...) to improve their sensitivity, little attention has been given to improving surface functionality for targeted analyte capture. In this talk, we introduce a swift, cost-effective, and eco-friendly "bottom-up" method using the SLR as an optical near-field source to precisely initiate the covalent bonding of sensing layers on plasmonic gold nanostructures. These layers are derived from aryl diazonium salts (2) and are exclusively attached to specific areas of plasmonic SLR-based sensors, where intense electric fields are present. The precise placement of these organic layers at the nanoscale promises to offer a novel approach for enhancing the sensitivity and detection limits of SLR-based metasurface sensors.

Références

(1) I. Ragheb *et al.*, *J. Opt. Soc. Am. B* (2019) 36, E36-E41.

(2) I. Kherbouche *et al.*, *Nanoscale*, (2021) 13, 11051-11057.

*Intervenant

Physicochemical approaches in enzymatic electrocatalysis

Elisabeth Lojou ^{*} ¹, Ievgen Mazurenko ², Anne De Poulpiquet ³, Umberto Contaldo ⁴

¹ Bioénergétique et Ingénierie des Protéines (BIP) – CNRS, Aix-Marseille Université - AMU, CNRS : UMR7281 – France

² Bioénergétique et Ingénierie des Protéines – CNRS, Aix-Marseille Université - AMU – France

³ Bioénergétique et Ingénierie des Protéines – Aix-Marseille Université - AMU – France

⁴ Bioénergétique et Ingénierie des Protéines – CNRS – France

^{*}Intervenant

Biomimetic electronic noses based on surface plasmon resonance imaging for artificial olfaction

Hou Yanxia * ¹

¹ SYstèmes Moléculaires et nanomatériaux pour l'Energie et la Santé – Institut de Chimie - CNRS Chimie, Centre National de la Recherche Scientifique, Institut de Recherche Interdisciplinaire de Grenoble, Université Grenoble Alpes, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France

The five senses represent a rich source of inspiration for innovative technology. Smartphones, for instance, are able to imitate sight, hearing and touch with great efficiency. Nevertheless, the replication of olfaction continues to present a significant scientific and technological challenge. Despite four decades of development, current sensor-based artificial olfaction technologies continue to be constrained by their performance, specifically in terms of sensitivity and selectivity. Taking inspiration from the human nose, we have developed biomimetic electronic noses based on biological sensing materials such as peptides and an optical detection system, surface plasmon resonance imaging (SPRi). Over the past decade, significant efforts have been made to optimize SPRi and to develop novel sensing materials. Our electronic nose has excellent sensitivity and selectivity. In addition, our technology has been valorized by the creation of a company for the development of portable SPRi device for artificial olfaction. This device has the potential for application in a variety of domains, including chemical risk assessment and environmental monitoring.

*Intervenant

Study of selective contacts and p-type connection layers based on indiumfree transparent conductive oxides for 2T tandem cells

Divya Nikam * ¹

¹ Centre de Radiofréquences, Optique et Micro-nanoélectronique des Alpes – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes – France

Integrating p-type transparent conductive oxides (TCOs) in next-generation photovoltaics is a key challenge, particularly in two-terminal (2T) tandem solar cells that require efficient charge-selective contacts. While n-type TCOs have seen significant advancement, p-type counterparts continue to suffer from limited conductivity and mobility, especially when deposited on thermally sensitive or flexible substrates. In this study, we investigate the development of indium-free, p-type TCOs using LaSrNbO_3 (LSNO) thin films deposited via metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD). LSNO, a correlated oxide material, shows promise in overcoming the intrinsic limitations of conventional p-type semiconductors. We present a systematic optimization of LSNO thin film growth by tuning deposition parameters and conducting comprehensive physicochemical characterizations using techniques such as X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). These films are further integrated with SrNbO_3 , a high-performance n-type TCO, to form transparent p-n junctions. Electrical characterization through Hall measurements, Van der Pauw method, and Kelvin probe force microscopy (KPFM) reveals promising transport properties, making LSNO a potential candidate for scalable, low-cost, and flexible photovoltaic applications. Our work contributes to realizing fully transparent and indium-free tandem solar cells, offering a path to efficient, cost-effective, and sustainable solar energy technologies.

*Intervenant

Innovative surface strategy to design antioxidant gold nanoparticles as potential candidate for oxidative stress-related cardiac disorders

Yang Zhang ^{1,2}, Greta Malavasi ³, Philippe Nizard ¹, Virginie Gueguen ²,
Cédric Chauvierre ⁴, Miryana Hémadi ⁵, Fan Sun ⁶, Graciela Pavon-Djavid ²,
Claire Mangeney ⁷, Yun Luo ^{* 1}

¹ Université Paris Cité – Laboratoire de Chimie et Biochimie Pharmacologiques et Toxicologiques UMR 8601 – France

² Université Sorbonne Paris Nord – LVTS, INSERM U1148 – France

³ Université Paris Cité – Laboratoire de Chimie et Biochimie Pharmacologiques et Toxicologiques UMR 8601 – France

⁴ Université Paris Cité – LVTS, INSERM U1148 – France

⁵ Université Paris Cité – Université de Paris, ITODYS, CNRS, UMR 7086, 15 rue J-A de Baïf, F-75013 Paris, France – France

⁶ PSL Université – Institut de Recherche de chimie Paris, IRCP, UMR 8247 du CNRS, – France

⁷ Université Paris Cité – LCBPT, UMR 8601 CNRS – France

Reactive oxygen species (ROS) are essential for heart cell regulation but can cause damage when their levels exceed antioxidant defenses. This imbalance leads to oxidative stress, contributing to cardiac dysfunction. To address this, we developed N-acetylcysteine-functionalized gold nanoparticles (NAC-Au NPs). Using a photo-click chemistry method with diazonium salt under UV light, NAC was grafted onto gold nanoparticles. The resulting NAC-Au NPs showed high NAC loading and long-term stability. Antioxidant activity was confirmed via the ORAC assay, demonstrating effective ROS scavenging. These nanoparticles also exhibited excellent biocompatibility and cellular uptake. They represent a promising therapy for preventing ROS-induced heart damage. Future research will explore their application on Fe-based bioresorbable stents. This could enhance stent biocompatibility and advance cardiovascular treatments.

*Intervenant

Plasmonic Nanoparticles for Biomedical Applications

Philippe Nizard * ¹

¹ Université de Paris, UMR8601 – Université de Paris – France

Kartikey PANDEY, Pauline CORNETTE, Delphine ONIDAS, Yun LUO, Claire MANGENEY, Philippe NIZARD

Université Paris Cité, CNRS LCBPT, F-75006 Paris, France.

philippe.nizard@u-paris.fr

Plasmonic nanoparticles have emerged as powerful tools in nanotechnology due to their unique optical properties, which enable applications ranging from biomedical imaging to photothermal therapy and sensing. However, challenges such as limited stability under physiological conditions, difficulty in controlling in vivo biodistribution and elimination, and the need for precise control over size, shape, and surface functionalization continue to hinder their clinical translation and large-scale implementation.

Our team focuses on the design and development of plasmonic nanoparticles for a wide range of applications, such as the detection of target molecules, tracking of nanoparticles in tissues and cells, medical imaging, and the delivery of bioactive compounds.

Plasmonic nanoparticles can be used to exploit the Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS) effect, which amplifies Raman signals of specific molecules by up to a thousand-fold. This significantly improves the sensitivity of detection compared to conventional techniques. When pre-labeled with SERS tags, these nanoparticles can also be tracked in biological tissues or cells, offering powerful tools for fundamental research. We employ an innovative approach for functionalizing nanoparticles through the use of diazonium salt chemistry, enabling effective molecule-nanoparticle coupling. Additionally, other types of nanoparticles developed in our lab or through collaborative efforts are being tailored for medical imaging and therapeutic applications. For example, integrating plasmonic nanoparticles into pH-sensitive microgels can facilitate the controlled release of active compounds within cells. These hybrid systems also exhibit photoacoustic properties suitable for imaging and photosensitive behaviour that can be harnessed for photothermal therapy.

*Intervenant

Nanoparticules d'or multifonctionnelles conçues pour la thérapie guidée par imagerie médicale

Stéphane Roux * ¹

¹ Laboratoire Chrono-environnement (UMR 6249) – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Franche-Comté – France

L'intense activité de recherche dans le domaine des nanosciences et des nanotechnologies a conduit au développement des nanoparticules multifonctionnelles dont certaines possèdent des caractéristiques très intéressantes pour la personnalisation des traitements médicaux. La littérature fourmille d'exemples de nanostructures combinant imagerie et thérapie. **Parmi les succès les plus marquants, figure le développement de nanoparticules radiosensibilisantes dont l'accumulation préférentielle dans les tumeurs solides améliore significativement les effets de la radiothérapie** comme l'ont montré les travaux pionniers de Hainfeld et de ses collaborateurs.

Dans ce contexte, **nous avons développé des nanoparticules d'or multifonctionnelles recouvertes de chélates de gadolinium pour la radiothérapie guidée par imagerie par résonance magnétique (IRM)**. Le pouvoir radiosensibilisant des nanoparticules d'or recouvertes de chélates de gadolinium (Au@DTDTPA(Gd) et Au@TADOTAGA(Gd)) a été validé par l'augmentation de la médiane de survie d'un facteur 2 entre les animaux porteurs d'une tumeur cérébrale (gliosarcome 9L implanté dans l'hémisphère droit du cerveau) traités par radiothérapie après injection intraveineuse de nanoparticules et ceux traités uniquement par radiothérapie. Cette amélioration de la survie des animaux porteurs de tumeurs résulte des propriétés radiosensibilisantes des nanoparticules d'or mais également de **la possibilité de suivre ces nanoparticules par différentes modalités d'imagerie médicale**. Les données recueillies par l'imagerie permettent de définir le moment le plus opportun pour induire l'activité thérapeutique.

Au cours de ces dernières années, **nous cherchons à comprendre le mode d'action des nanoparticules d'or radiosensibilisantes recouvertes de chélates de gadolinium** (en particulier Au@TADOTAGA(Gd)) et à **mieux exploiter leur potentiel** en améliorant la pharmacocinétique et le temps de rétention dans la tumeur de ces nanoparticules d'or et en associant la radiosensibilisation à d'autres stratégies thérapeutiques (chimiothérapie, hyperthermie, immunomodulation).

*Intervenant

Biocapteurs plasmoniques micro-nano-structurés pour la détection de biomolécules et la bio-imagerie

Michael Canva * ^{1,2}

¹ Laboratoire Nanotechnologies et Nanosystèmes [Sherbrooke] – Canada

² Laboratoire Charles Fabry – Institut d’Optique Graduate School, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8501 – France

Le domaine des capteurs plasmoniques s’est initialement développé grâce à la forte sensibilité des phénomènes plasmoniques aux variations locales de l’indice optique, induites par des modifications de la composition de surface. Ces capteurs offrent l’avantage de ne pas exiger de marquage des cibles, tout en permettant une quantification en continu de la dynamique des interactions à la surface, et ce, avec des dispositifs relativement peu coûteux. Des décennies de recherches s’en sont suivies et se poursuivent aujourd’hui.

La micro et nano-structuration des supports métalo-diélectriques utilisés permet de jouer sur divers modes plasmoniques (propagatifs, localisés, hybrides) afin d’optimiser les performances des capteurs pour des applications variées, qu’il s’agisse de détecter des cibles de tailles différentes ou à des concentrations variables. En particulier, nous avons démontré l’intérêt des modes hybrides obtenus en déposant des nanostructures métalliques sur des films métalliques.

Dans le domaine de la bio-imagerie, l’ajustement de différents paramètres permet d’améliorer la résolution spatiale et d’extraire des informations structurales de la partie diélectrique localisée à la surface du capteur, en particulier dans le cas de cellules biologiques liées à cette dernière.

Par ailleurs, la microstructuration rend possible l’association de la lecture plasmonique avec d’autres mécanismes (diélectrophorèse, électro-osmose, acoustique, etc.). Elle ouvre également la voie à un contrôle partiel des processus biologiques, tels que l’expression phénotypique de cellules liées à leur confinement.

*Intervenant

A multimodal & multiscale analytical platform for a label-free characterization of nanoobjects on a unique multiplexed biochip

Celine Elie-Caille * ¹

¹ FEMTO-ST (UMR 6174) – CNRS : UMR6174 – Université de Franche-Comté, Besancon, France

Our Nano2BIO team developed a NanoBioAnalytical (NBA) platform which can assist in the multimodal & multiplexed characterization of extracellular vesicles (EVs) subsets in biological samples **(1,2)**.

Indeed, one particular type of nanobioobjects of investigation in our team is extracellular vesicles (EVs) in different contexts. EVs are of growing interest, indeed being explored as biomarkers for several pathological conditions for the diagnostic purposes, and also for the therapeutic benefits and as drug delivery vehicles.

For the last 3 years, we have been working on implementing this platform with additional analytical modules and performances, in order to improve the discriminative characterization of coexisting components presents in a complex biological sample. For that, our particular strategy is especially to rethink & optimize the substrate at the core of this analytical platform, to make it compatible with the different techniques **(3)**. The phenotype of the different EVs subsets is obtained by Surface Plasmon Resonance Imaging, followed by Raman spectroscopy that gives a deeper & broader molecular signatures and Atomic Force Microscopy to address metrology of the EVs, size distribution and the morpho mechanical information of the different subsets. By combining machine learning algorithm, we accurately identified whether the spectra came from the treated cells derived EVs or the control ones **(4)**. The nanomechanical mapping highlighted noticeable difference in the Young's modulus between different EV subpopulations, some of which containing mitochondria **(5)**. Lastly, we increased the throughput and speed of the EVs subsets analysis through nanospotting of numerous ligands on the biochip and utilizing the high-speed AFM **(6)**.

*Intervenant

Biodetection of water contaminants using DNA technologies

Julien Proust ^{*} ¹, Antoine Elie ¹, Sarabjeet Kaur ¹

¹ Light, nanomaterials & nanotechnologies (L2N) – Université de Technologie Troyes – France

...

^{*}Intervenant

Modeling the Reflectance of Porous Silicon Decorated with Plasmonic Nanoparticles Using the Transfer Matrix Method

Clémentine Gevers ^{*} ¹, Louise Lejeune ², Sophie Hermans ², Laurent Francis ¹

¹ Institute of Information and Communication Technologies, Electronics and Applied Mathematics – Belgique

² Institute of Condensed Matter and Nanosciences (IMCN), Université catholique de Louvain – Belgique

Porous silicon (PSi) has attracted growing interest in the fields of photonics and optical sensing due to its nanostructured architecture, high specific surface area, and tunable optical properties. These characteristics make it an ideal platform for a variety of applications, notably in bacterial detection (Vercauteren, *Biosensors* **2024**, 14(2), 104).

To enhance its properties, one can introduce metallic nanoparticles in the PSi. The understanding and modelling of the behavior of PSi is thus crucial. To do so, we develop a model based on the transfer matrix method to simulate the reflectance of PSi thin films. This approach enables the description of light propagation through these structures while accounting for key physical parameters such as thickness, porosity, and effective refractive index.

To further take the inclusion of plasmonic nanoparticles into account, we propose an adaption of the initial model, by introducing a spatial distribution of nanoparticles within the porous framework. This refined model not only improves the prediction of experimental reflectance but also provides deeper insight into the localization and preferential trapping of nanoparticles within the pores. We demonstrate the model accuracy by comparing its results to experimental measurements.

^{*}Intervenant

Light-harvesting fluorescent organic nanoparticles with efficient energy transfer for amplified biosensing

Andrey Klymchenko * ¹

¹ Laboratoire de Bioimagerie et Pathologies, UMR CNRS 7021 – CNRS, University of Strasbourg – France

Dye-loaded fluorescent polymeric nanoparticles (NPs) are among the brightest organic nanomaterials developed so far.¹ To ensure their high brightness, aggregation-caused quenching (ACQ) of encapsulated dyes needs to be suppressed. To this end, we developed a concept of dye insulation by bulky hydrophobic counterions, which serve as spacers between dyes and favor dye encapsulation inside NPs.^{2, 3} As a result, we obtained NPs that are ~ 100 -fold brighter than reference quantum dots of similar size.⁴ Assembling dyes inside polymeric NPs resulted in a giant light-harvesting nanoantenna, where ~ 10000 encapsulated dyes undergo efficient Förster resonance energy transfer (FRET) to a single acceptor, providing > 1000 -fold signal amplification (antenna effect).⁵ Blank hydrophobic salts could further enhance its performance, with antenna effect reaching record breaking value of 4800.⁶ Ultrafast time-resolved measurements and exciton annihilation studies revealed exciton migration at sub-ps time scale with diffusion length reaching 70 nm.⁷ The light-harvesting concept was applied to amplify phosphorescence of porphyrins for ratiometric sensing of oxygen.⁸ Functionalization of these nanoantennas with nucleic acids yielded ultrabright FRET-based nanoprobe for amplified detection of nucleic acids.⁹ Recently, we also found that the energy transfer between two NPs connected by DNA duplexes can go far beyond the Förster law (~ 20 nm), which is important for amplified biosensing.¹⁰

References:

1. Ashoka AH, *et al. Chemical Society Reviews* **52**, 4525 (2023).
2. Reisch A, *et al. Nature Commun* **5**, (2014).
3. Andreiuk B, *et al. Chem Asian J* **14**, 836 (2019).
4. Reisch A, *et al. ACS Appl Mater Interfaces* **9**, 43030 (2017).
5. Trofymchuk K, *et al. Nature Photonics* **11**, 657 (2017).
6. Biswas DS, *et al. Advanced Optical Materials* **12**, 2301671 (2024).
7. Gharbi AM, *et al. Nanoscale* **16**, 11550 (2024).

*Intervenant

8. Ashokkumar P, *et al.* *Small* **16**, 2002494 (2020).
9. Melnychuk N, *et al.* *Angewandte Chemie International Edition* **59**, 6811 (2020).
10. Biswas DS, *et al.* *Advanced Materials* **35**, 2301402 (2023).

MC20 : Ingénierie cellulaire, ingénierie tissulaire et biomatériaux

Magnetotactic bacteria for nanobiotechnological applications

Natalia Paul * ^{1,2,3}, Catalin Popa ^{2,3}, Rodica Elena Ionescu ^{1,3}

¹ University of Technology of Troyes – University of Technology of Troyes, University of Technology of Troyes – France

² Technical University of Cluj Napoca, – Roumanie

³ European University of Technology – Eut Institute for Nanomaterials & Nanotechnologies EUTINN – France

Magnetotactic bacteria (MTB) are a heterogeneous group of prokaryotic organisms with ubiquitous distribution and some common, specific attributes (1,2) used in the medical field, namely, targeted and personalized medicine, improved treatment efficacy, long-term survival rates, treatment for hard-to-treat diseases and development of new drug classes (3, 4). As expected, magnetic nanoparticles from magnetotactic bacteria (MTB-NPs) are much more promising nanomaterials for biodiagnosis and therapeutics than synthetic nanoparticles (MNPs), mainly due to their improved characteristics in terms of biocompatibility, functionalization and sustainability (5). In such a context, this poster focuses on the general and particular characteristics of MTB in close correlation with their utility in the medical field, as well as on summarizing the characteristics of magnetic nanoparticles, emphasizing their importance and the significant role of MTB-NPs in rapid and specific applications in nanomedicine.

*Intervenant

Substrate stiffness alters organization and motility of human induced pluripotent stem cells to modulate their differentiation potential

Jack Llewellyn ^{1,2}, Anne Charrier ³, Rossana Cuciniello ¹, Rosanna Dono ¹,
Emmanuèle Helfer ^{* 4}

¹ Institut de Biologie du Développement de Marseille – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Turing Centre for Living Systems [Marseille] – Aix-Marseille Université - AMU – France

³ Aix Marseille Univ, CNRS, CINAM, Turing Centre for Living Systems, Marseille, France – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ Aix Marseille Univ, CNRS, CINAM, Turing Centre for Living Systems, Marseille, France – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Lineage-specific differentiation of human induced pluripotent stem cells (hiPSCs) relies on complex interactions between biochemical and physical cues. Here, we assessed how substrate stiffness impacts hiPSC response to differentiation inductive signals. We show that hiPSC differentiation into mesendoderm and endoderm is enhanced on gel-based substrates softer than glass. This correlates with changes in tight junction formation and extensive cytoskeletal remodeling. Live imaging suggests changes in cell motility and interfacial contacts underlie hiPSC layer reshaping on soft substrates. Our results provide mechanistic insight into how epithelial mechanics dictate the hiPSC response to chemical signals and provide a tool for their efficient differentiation in emerging stem cell therapies.

*Intervenant

Elasto-capillarity of hydrogels: how surface tension drives single cell motility

Sara Faour ^{*} ^{1,2}, Cyrille Vézy ³, Régis Déturche ³, Jérôme Sohier ⁴,
Stéphane Dedieu ⁵, Rodolphe Jaffiol ⁶

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies, UMR 7076 – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS : UMR7076 – France

² Matrice extracellulaire et dynamique cellulaire - UMR 7369 – Université de Reims Champagne-Ardenne, SFR CAP Santé (Champagne-Ardenne Picardie Santé), Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies, UMR 7076 – Université de Technologie de Troyes – France

⁴ Laboratoire de Biologie Tissulaire et d'ingénierie Thérapeutique UMR 5305 – Université Claude Bernard Lyon 1, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5305 – 7 Passage du Vercors 69367 Lyon cedex 07, France

⁵ Matrice extracellulaire et dynamique cellulaire - UMR 7369 (MEDyC) – Université de Reims Champagne-Ardenne – Faculté de Médecine 51 Rue Cognacq-Jay 51095 REIMS CEDEX, France

⁶ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies, UMR 7076 – Université de Technologie de Troyes – France

Soft polymer-based hydrogel are very promising biomaterials for various applications in tissue engineering and regenerative medicine. Compared to materials made with natural constituents, synthetic hydrogels provide a fine control of composition and functionalization with adhesive ligands, along with tuneable mechanical properties, as it's crucial for most investigations in mechanotransduction. While numerous studies have explored how substrate stiffness influences cell behaviour, the role of surface tension in guiding fibroblast motility remains mostly unexplored. Additionally, the elasto-capillarity of such soft solids is often neglected, especially in regimes where surface tension dominates over bulk elasticity at the water/solid interface (1–5). Here, we present a parametric study using fibronectin-coated PEG/DGL hydrogels with well-controlled stiffness E and surface tension σ to assess their influence on 2D fibroblast migration. Mechanical characterization was performed using optical tweezers via active bulk microrheology and surface micro-indentation. Two fibroblast subtypes, WPMY-1 and CAF-2, were studied across hydrogels of varying DGL concentration. Single-cell trajectories were tracked using epi-fluorescence and phase contrast microscopy, and direction and speed autocorrelations were computed and analyzed using the "stick-slip" model proposed by H. Flyvbjerg (4,5). Finally, we clearly demonstrated that fibroblasts adopt a directional persistence motion when the surface tension increases, highlighted by an increase of the time associated to the direction of motion changes.

References:

- (1). D. Missirlis, JP Spatz. *Biomacromolecules* 15, 195-205 (2014). (2). M. Dietrich, H. Le

^{*}Intervenant

Roy, D. B Brückner, H. Engelke, R. Zantl, J. O. Rädler, C. P Broedersz. (2018). Soft Matter 14, 2816-2816 (2014). (3). R. Style, A. Jagota, C-Y. Hui and E. Dufresne, Ann. Rev. Condens. Matter phys. 8, 99-118 (2017). (4). R. Gorelik, A. Gautreau. Nat Protoc. 9, 1931-1943 (2014). (5). D. Selmeczi *et al.* Eur. Phys. J. Spec. Top. 157, 1-15 (2008).

Effets mécaniques de la stimulation par ondes de cisaillement sur la peau du visage

Koloina Randrianavony * ^{1,2}, Coralie Privet-Thieulin ^{1,2}, Dominique Sigaud-Roussel ³, Hassan Zahouani ¹

¹ Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes – Ecole Centrale de Lyon, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² LyRIDS – ECE Paris – France

³ Laboratoire de Biologie Tissulaire et d'ingénierie Thérapeutique – Université Claude Bernard Lyon 1, Centre National de la Recherche Scientifique – France

La peau est un organe multicouche composé de l'épiderme, du derme et de l'hypoderme. Cette structure stratifiée lui confère ses propriétés et lui permet de remplir son rôle de barrière protecteur. Des thérapies mécaniques comme le massage peuvent être utilisées pour stimuler la peau afin de modifier ses propriétés mécaniques. Un dispositif innovant de stimulation par onde de cisaillement (SOC) a été développé pour pouvoir stimuler la peau sans contact. Il utilise la pression des jets d'air pour générer des ondes de cisaillement et de compression à l'intérieur de la peau. Il est intéressant de voir comment réagit la peau du visage, plus précisément la joue, lorsqu'on la stimule avec un tel dispositif. L'étude a été réalisée sur 12 sujets femmes, *in-vivo*. Tous les sujets ont donné leur consentement éclairé. Cette étude a été réalisée conformément à la dernière déclaration d'Helsinki. Chaque joue a été stimulée pendant 5 minutes deux fois par jour pendant quatre jours. Chaque joue a été stimulée avec différents temps d'ouverture pour pouvoir étudier l'impact de ce dernier : 20 ms pour la joue gauche et 50 ms pour la droite. Les paramètres du SOC sont les suivants : le diamètre des aiguilles de sortie est de 1,19 mm ; la distance d'intervalle du mouvement selon l'axe Y est de 5 mm ; et la pression de l'air de chaque sortie a été réglée à 4 bars. Trois dispositifs ont été utilisés pour caractériser les propriétés mécaniques de la peau dans cet ordre : Adhelaskin pour mesurer le module élastique et la fermeté de la peau, UNDERSKIN pour mesurer le module de cisaillement de la peau en fonction de la profondeur et un échographe. Les mesures ont été effectuées avant la première SOC et une heure après la dernière. Les résultats mettent en évidence l'impact des différentes intensités de stimulus sur les propriétés de la peau. Cette étude démontre l'importance d'adapter les paramètres de l'appareil en fonction de la localisation du corps et de l'effet recherché. Les différences observées reflètent certainement une modification des fibres de collagène et d'élastine. Cela suggère l'utilité de cette méthode de SOC dans de différents domaines tel que la cosmétique ou encore pour améliorer la cicatrisation des plaies.

*Intervenant

Influence of substrate topography on vascular endothelial cells

Claire Leclech * ¹, Louison Blivet-Bailly ¹, Abdul Barakat ¹

¹ LadhyX, Ecole Polytechnique, Palaiseau – CNRS, Ecole polytechnique, IP Paris – France

Vascular endothelial cells (ECs) in blood vessels are subjected to various biophysical cues that arise not only from the apical blood flow but also from the properties of the underlying vascular basement membrane (BM). How ECs integrate and respond to these cues, alone or combined, remains incompletely understood. In vivo, ECs are anchored to a vascular basement membrane (BM) that exhibits a topographical organization at different scales. We have been investigating the influence of surface structuration on ECs *in vitro* by using microgroove substrates as an idealized mimic of anisotropic BM topography. We have shown that microgrooves induce extensive nuclear deformations and control EC shape, alignment, and collective migration.

More recently, we have integrated microgroove substrates into a flow chamber to understand how ECs integrate both basal topography and apical flow. Our results show synergistic effects on EC orientation when grooves and flow are oriented in the same direction. On the other hand, orienting the grooves perpendicular to flow reveals a level of competition between the two biophysical cues, with the effect of the grooves on ECs becoming progressively more dominant as groove depth is increased.

The current results underscore the importance of extracellular environment topography in the vascular system and point to interesting processes of cellular integration of multiple biophysical signals. From a more applied perspective, this work highlights the potential of using substrate topography to control endothelial behavior, with potentially interesting implications for the design of implantable vascular devices.

*Intervenant

Bending the rules: Role of Curvature at the cell-material interface

Laurent Pieuchot * ¹

¹ Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M) – Université de Haute Alsace, CNRS :
UMR7391 – 15 rue Jean Starcky, BP2488, 68057 Mulhouse Cedex, France, France

In this talk, I will give an overview of our research and discuss examples that highlight the central role of curvature in our model systems. I will explore how individual adherent cells sense and migrate in response to static and dynamic variations in curvature, and how this influences their phenotype and collective migration. In addition, I will present recent research on biomimetic and bioengineered systems where curvature is essential. First, I will describe an original device we are developing for the treatment of irradiated colon tissue that unrolls upon water uptake and releases bioactive compounds. Then I will present our work on virus-derived spherical self-assemblies that can mimic extracellular matrix proteins and control cell behavior. Finally, I will present a case where a change in curvature within a micron-scale protein-based weapon, the R-body, induces a shape change that leads to the death of a unicellular organism. Finally, I will outline our future research goals and the potential applications of our findings.

*Intervenant

Investigating biological out-of-equilibrium systems by optogenetics probing.

Olivier Destaing * ¹

¹ Institute for Advanced Biosciences / Institut pour l'Avancée des Biosciences (Grenoble) – Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale : U1209, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5309 – France

The discovery of the concept of homeostasis has highlighted the dynamic nature of biological systems at all scales, from the cell to the whole organism. Biological systems are characterized by their ability to maintain a dynamic equilibrium in response to changes in their environment. Although classical approaches in biology, such as genetics and pharmacology, can modulate these systems, they act on time and space scales far removed from the equilibria under study.

The introduction of optogenetics has made it possible for the first time to interact with biological systems on scales characteristic of these systems, ranging from seconds to days, and from micrometers to centimeters. This approach has led to a revolution in the understanding of neural networks through the control of neuronal activation.

Our team has focused on developing methods, probes and optical systems to enable a wide range of optogenetic approaches aimed at controlling multiple and diverse biological functions. These causal approaches to biology are perfectly attuned to the characteristic timing of the targeted biological processes. We have recently proposed new molecular bases for basic principles of cell signaling, such as decision making or signal redundancy, and developed multiple probes for optogenetic control of mechanosensitive transcription factors or inflammatory organelles. These synthetic biology approaches have led to new approaches in biotechnology.

Optogenetics is an approach to causal manipulation of multiple levels of biochemical regulation, enabling new conceptual interactions at the physics-biology interface.

*Intervenant

MC21 : Cosmologie avec les grands relevés

Détection de proto-amas de galaxies dans les données du télescope Euclid

Tanguy Dusserre * ¹

¹ Institut d'astrophysique spatiale – Institut National des Sciences de l'Univers, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National d'études Spatiales [Paris] – France

Dans l'Univers, les plus grandes structures qui résistent à l'expansion cosmique en raison de leur propre attraction gravitationnelle sont les amas de galaxies. Lorsque ces derniers sont en formation, ils sont nommés proto-amas. Les caractéristiques des proto-amas sont encore mal connues, mais nous savons qu'ils ont joué un rôle clé dans la formation d'étoiles lors d'une ère de l'Univers appelée Midi Cosmique, il y a environ 10 milliards d'années. Mon objectif est de comprendre comment se comporte le gaz dans ces structures et les relevés cosmologiques sont d'excellents moyens d'en détecter pour tester nos hypothèses.

Le poster que je propose présente en détail deux détections réalisées dans les premières données disponibles d'Euclid. Il consiste essentiellement en quelques figures donnant les caractéristiques de ces détections et des comparaisons avec des proto-amas précédemment référencés dans la littérature.

*Intervenant

Détection de proto-amas de galaxies dans les données du télescope Euclid

Tanguy Dusserre * ¹

¹ Institut d'astrophysique spatiale – Institut National des Sciences de l'Univers, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National d'études Spatiales [Paris] – France

Dans l'Univers, les plus grandes structures qui résistent à l'expansion cosmique en raison de leur propre attraction gravitationnelle sont les amas de galaxies. Lorsque ces derniers sont en formation, ils sont nommés proto-amas. Les caractéristiques des proto-amas sont encore mal connues, mais nous savons qu'ils ont joué un rôle clé dans la formation d'étoiles lors d'une ère de l'Univers appelée Midi Cosmique, il y a environ 10 milliards d'années. Mon objectif est de comprendre comment se comporte le gaz dans ces structures et les relevés cosmologiques sont d'excellents moyens d'en détecter pour tester nos hypothèses. Je détaillerai d'abord les caractéristiques des proto-amas de galaxies en les plaçant dans le contexte de l'astrophysique et de la cosmologie. J'en arriverai ensuite au rôle des relevés cosmologiques dans l'observation de ces structures, en particulier celui de la mission Euclid destinée à couvrir 17000 degrés carrés de ciel d'ici six ans. Je présenterai ensuite en détail deux détections réalisées dans les premières données disponibles d'Euclid. Je terminerai par une ouverture sur les prochains relevés à venir.

*Intervenant

High-Precision Cosmology with ACT DR6: Power Spectra and Tests of Λ CDM and Beyond

Benjamin Beringue * ¹, Thibaut Louis ²

¹ APC - Cosmologie – AstroParticule et Cosmologie – France

² Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9012, Centre National de la Recherche Scientifique – France

We present high-resolution measurements of the cosmic microwave background (CMB) temperature and polarization power spectra from the Atacama Cosmology Telescope (ACT) Data Release 6. Covering nearly half the sky (19,000 deg²) at 90, 150, and 220 GHz, these maps offer polarization sensitivity three times deeper than Planck, enabling precision cosmology on arcminute scales. The TT, TE, and EE power spectra, measured over 10,000 deg², are well described by the standard Λ CDM model with known foregrounds. Combining ACT with Planck, WMAP, CMB lensing, and DESI BAO data yields tight constraints on key cosmological parameters, including $H_0 = 68.2 \pm 0.4$ km/s/Mpc and $n_s = 0.974 \pm 0.003$. We also test a range of extended cosmological models and find no significant deviations from Λ CDM. Constraints on neutrino masses ($\sum m_\nu < 0.082$ eV), the effective number of relativistic species ($N_{\text{eff}} = 2.86 \pm 0.13$), and other extensions remain consistent with standard predictions. ACT DR6 stands as one of the most powerful CMB datasets to date, providing a robust confirmation of the Λ CDM framework and placing some of the tightest existing limits on new physics. In this talk, we will present these results in detail, emphasizing both their precision and the extensive cross-checks that support them.

*Intervenant

Photometric redshifts for Rubin-LSST : enhance Template Fitting methods with Stellar Population Synthesis

Joseph Chevalier ^{*} ¹, Sylvie Dagoret-Campagne ¹, Marc Moniez ¹, Johann Cohen-Tanugi ², Reza Ansari ³

¹ Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9012, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Laboratoire Univers et Particules de Montpellier (LUPM) – CNRS : UMR5299, Université Montpellier II - Sciences et techniques, IN2P3 – Université de Montpellier II Place Eugène Bataillon - CC 72 34095 Montpellier Cédex 05, France

³ Département d’Astrophysique (ex SAP) – Institut de Recherches sur les lois Fondamentales de l’Univers – France

The Legacy Survey of Space and Time will start at the Vera C. Rubin Observatory in the summer of 2025. This survey is expected to detect an unprecedented amount of objects including about 10 billions galaxies across the southern hemisphere sky. This will in turn enable to test and constrain cosmological models with a variety of probes, notably Large Scale Structures and Type Ia Supernovae, with a higher precision than ever.

However, the detection and characterization of cosmic probes (such as galaxy clusters and Large Scale Structures for instance) strongly depends on a distance measurement of the sources, usually accessed through their redshift. Because of the great number of sources detected by LSST, it is impossible to rely on spectroscopy to measure their redshift, which, therefore, must be inferred directly from the 6-band photometry.

Though several methods and algorithms exist, this talk will focus on Template Fitting techniques and the potential improvements that can be brought by including Stellar Population Synthesis in the process. We will first address the use of Stellar Population Synthesis to derive the so-called templates from observed data and increase their representativeness of actually observed data. Then, we will show on several examples how Stellar Population Synthesis can be embedded into photometric redshifts inference and discuss the impact on the performances of the estimator.

^{*}Intervenant

Observer le fond diffus cosmologique, expériences en cours et à venir

Louise Mousset * ¹

¹ Laboratoire de physique de l'ENS - ENS Paris – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris Cité, Département de Physique de l'ENS-PSL – France

Le fond diffus cosmologique (CMB pour Cosmic Microwave Background) est un rayonnement de corps noir dont la température a été mesurée à $T = 2.7255 \pm 0.0006$ K. Émis environ 380 000 ans après le Big Bang, lors de la formation des premiers atomes d'hydrogène, il porte en lui de très nombreuses informations sur l'Univers primordial, en particulier via les anisotropies en température et polarisation. Aujourd'hui, la détection des modes B de polarisation est un enjeu majeur de la cosmologie observationnelle, notamment pour tester les modèles d'inflation cosmologique, phase d'expansion accélérée qui aurait suivi le Big Bang. De plus, étudier le CMB permet également de sonder la structuration de la matière, notamment via le lentillage gravitationnel des photons du CMB au cours de leur voyage, et via les distorsions spectrales (effet Sunyaev-Zeldovich) du spectre de corps noir. Au travers de cette présentation, je montrerai en quoi le CMB nous permet de mieux comprendre l'histoire de l'Univers. Je présenterai également les expériences principales en cours et à venir, et les enjeux auxquels elles sont confrontées.

*Intervenant

Cosmology with Lyman Break Galaxies in light of DESI-II

Constantin Payerne ^{*} ¹, Christophe Yèche ¹

¹ Institut de Recherches sur les lois Fondamentales de l'Univers – Université Paris-Saclay, Direction de Recherche Fondamentale (CEA) – France

Lyman Break Galaxies (LBGs), distinguished by their characteristic spectral break at the Lyman limit, are valuable tracers of large-scale structures in the high-redshift Universe ($z > 2$). The upcoming DESI-II survey—the extension of the Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) set to launch in 2028—positions LBGs as key probes for investigating spatial clustering during this early epoch. In this talk, we present ongoing work on LBGs within the DESI framework, with a focus on their selection from wide-area broadband imaging surveys such as the current Ultraviolet Near Infrared Optical Northern Survey (UNIONS) and the forthcoming Legacy Survey of Space and Time of the Vera C. Rubin Observatory, using Random Forest algorithms. We also highlight how future DESI LBG samples can directly inform our understanding of structure formation through power spectrum measurements and cross-correlation with the projected gravitational potential derived from weak lensing of the Cosmic Microwave Background.

^{*}Intervenant

DESI-2

Stephanie Escoffier ^{*} ¹, Pauline Zarrouk ², Eric Jullo ³, Jean-Gabriel Cuby ^{4,5}, Christophe Yèche ⁶

¹ Centre de Physique des Particules de Marseille – Aix Marseille Université, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7346, Aix Marseille Université : UMR7346 – France

² Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes énergies – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

³ Laboratoire d’Astrophysique de Marseille – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7326, Institut national des sciences de l’Univers, Aix Marseille Université : UMR7326, Centre National d’études Spatiales [Toulouse] : UMR7326, Institut national des sciences de l’Univers, Institut national des sciences de l’Univers – France

⁴ Laboratoire d’Astrophysique de Marseille (LAM) – CNRS : UMR7326 – France

⁵ Canada-France-Hawaii Telescope Corporation – états-Unis

⁶ Irfu – CEA-LIST – France

Suite aux résultats majeurs récents de la collaboration DESI, un programme de relevé cosmologique DESI-2 commence à se définir, afin d’entamer la transition avant l’arrivée des relevés de galaxies de cinquième génération. Ce programme nécessitera notamment de nouveaux relevés photométriques profonds et larges, de type CFHT, pour optimiser la sélection des cibles. Je présenterai les défis scientifiques et les synergies attendues avec les autres programmes, ainsi que les enjeux techniques associés à ce projet.

^{*}Intervenant

Le comptage d'amas de galaxies dans notre Univers avec Euclid

Calum Murray * ¹

¹ CEA Saclay – Université Paris Cité – France

Les amas de galaxies font partie des structures les plus massives de l'Univers. Leur abondance est sensible à la densité de matière, à l'amplitude des fluctuations primordiales de matière, ainsi qu'à la nature de l'énergie noire. En comptant les amas, nous pouvons en apprendre davantage sur la composition et l'évolution de notre Univers.

Le satellite Euclid de l'ESA, lancé à l'été 2023, réalise une cartographie du ciel extragalactique. Sa capacité à fournir un catalogue profond de galaxies, avec des mesures de forme de grande précision sur une large fraction du ciel, ouvre la voie à une étude cosmologique sans précédent à partir des amas de galaxies et du lentillage gravitationnel.

En particulier, la précision des mesures de forme permet d'estimer les masses des amas via les faibles distorsions induites sur les galaxies d'arrière-plan par le lentillage gravitationnel. En cartographiant la distribution des amas en fonction de leur masse et de leur redshift, Euclid imposera des contraintes puissantes sur la nature de l'énergie noire.

Cette présentation mettra en lumière le rôle central d'Euclid dans l'avancement de la cosmologie des amas, ainsi que les méthodes utilisées et les défis à venir.

*Intervenant

Cosmology with Type Ia Supernovae: from DES5YR to Vera C. Rubin Observatory's LSST

Bruno Sánchez ^{*} ¹

¹ Centre de Physique des Particules de Marseille – Aix Marseille Université, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7346, Aix Marseille Université : UMR7346 – France

In this overview talk, we trace the evolution of cosmological constraints derived from the observation and standardization of Type Ia Supernovae (SNe Ia), a well-established probe of the universe's expansion history. These observations led to the discovery of the accelerating expansion of the universe and the subsequent development of the standard cosmological model, Λ CDM. We focus on the final results of the Dark Energy Survey Supernova Program (DES-SN), which utilized the 5-year dataset comprising approximately $\sim 1,800$ SNe Ia extending to redshift $z \sim 1.1$. These data enabled precise constraints on the dark energy equation of state parameter w , its possible time-evolution (in the $w_0 w_a$ parameterization), as well as the matter energy density parameter Ω_m . Looking ahead, we highlight the potential of upcoming sky surveys to dramatically expand the sample of well-calibrated SNe Ia. In particular, we discuss the role of low-redshift surveys such as the Zwicky Transient Facility (ZTF) and the ongoing Legacy Survey of Space and Time (LSST) conducted by the Vera C. Rubin Observatory. Together, these new datasets promise to refine our understanding of cosmic acceleration and may offer insights into the possibility of a universe dominated by dynamical dark energy.

^{*}Intervenant

Non-Gaussianity in the CMB: current and future constraints

Michele Citran ^{*} ¹

¹ APC - Cosmologie – AstroParticule et Cosmologie, Université Paris-Saclay, IJCLab CNRS UMR9012, 91405 Orsay Campus – France

The Cosmic Microwave Background (CMB) is a powerful source of information about the early universe, particularly through the study of its anisotropies and their statistical properties. A key challenge in this field is the analysis of non-Gaussianity in the CMB fluctuations.

In this work, we present new constraints on primordial non-Gaussianity derived from the first bispectrum analysis of the Planck Release 4 data, representing a significant improvement over previous analyses.

We also discuss the future potential for measuring primordial tensor non-Gaussianity with the upcoming LiteBIRD mission, highlighting how sensitive it will be to signals from the early universe.

Finally, we explore the use of non-Gaussian statistics in CMB component separation techniques that operate in harmonic space, such as the SMICA method.

^{*}Intervenant

Unveiling faint millimetre galaxies with strong gravitational lensing at cosmic noon

Lea Pamphile * ¹

¹ Institut de RadioAstronomie Millimétrique – Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UAR2074 / UPS2074 – France

High-redshift galaxies ($z > 2$), observed as they were more than 10 billion years ago, contain significant amounts of cold interstellar dust. This dust absorbs ultraviolet and visible starlight and re-emits in the infrared and millimetre wavelengths. However, at such large distances, a substantial population of dust-obscured galaxies remains too faint to be detected, even with the most sensitive instruments.

Strong gravitational lensing by massive clusters of galaxies comes to help: the gravitational field of these clusters amplifies the light from background galaxies, enabling the detection of intrinsically fainter sources with reduced telescope time, particularly in the millimeter domain. In some cases, this lensing effect produces special features such as giant arcs or even Einstein rings, effectively turning galaxy clusters into natural **gravitational telescopes**.

By exploiting this phenomenon, we can better constrain the emission properties of these distant galaxies and gain new insights into their evolution and star formation processes across wide areas of the early Universe.

*Intervenant

Probing the merger history of massive Dark Matter haloes through a joint Weak Lensing and Radio analysis of Galaxy Clusters

Lorenzo Ingoglia * ¹

¹ Istituto di Radioastronomia - INAF – Italie

Clusters of galaxies, as the most massive gravitationally bound structures in the Universe, are key laboratories to probe both cosmological models and astrophysical processes driving their formation. In the current and forthcoming era of wide-field imaging surveys, the application of weak lensing to galaxy clusters is expanding beyond individual case studies to statistically significant samples, offering new opportunities for precision cosmology and the study of cluster dynamics. On astrophysical scales, weak lensing gives crucial insights into the merging processes of galaxy clusters. In particular, merging systems can host diffuse, megaparsec-scale radio emission, such as radio halos and relics, generated by turbulence and shocks in the intracluster medium. This is supported by X-ray observations, which reveal correlations between thermal and non-thermal components. However, not all merging systems exhibit giant radio halos, and the mechanisms governing the injection and dissipation of turbulence into particle acceleration during these highly energetic events remain unclear. To gain further insight into the merging processes of galaxy clusters and the generation of non-thermal phenomena, we present a joint weak lensing and radio analysis of galaxy clusters using data from the CHEX-MATE X-ray-selected sample and the LOFAR northern sky survey, LoTSS. This multi-wavelength approach illustrates the growing potential of weak lensing studies, not only as a cosmological probe but also as a key to understanding the complex baryonic processes shaping cluster formation and evolution, particularly in the era of wide-field surveys such as Euclid, LSST, and SKA.

*Intervenant

Improving BAO Reconstruction with Deep Learning: A Field-Level Approach

David Valcin * ¹

¹ University of California [Berkeley] – états-Unis

Standard baryon acoustic oscillation (BAO) reconstruction techniques rely on perturbative models that partially reverse non-linear structure formation, but they struggle with fully recovering small-scale information and suffer from damping and noise in the recovered signal. In this talk, I present our efforts to improve BAO reconstruction using field-level inference and convolutional neural networks (CNNs). By directly learning mappings from late-time density fields to the linear BAO signal, our approach avoids rigid modeling assumptions and leverages full information content. We compare traditional, standard reconstruction, and PMWD (particle mesh with displacement) methods against CNN-based reconstructions, analyzing the resulting power spectra, covariance matrices, and propagators. A key result is that CNNs appear to suppress off-diagonal noise correlations and may Gaussianize the field, but surprisingly, this does not always translate to improved BAO constraints. We investigate possible causes-including BAO damping by the CNN-and propose strategies to mitigate it, such as two-stage training and model tuning. I will also discuss tests with no-wiggle simulations to isolate the source of BAO degradation and explore the sensitivity of CNNs to cosmological mis-specification. Our results suggest that while CNNs offer compelling advantages in reducing noise, careful architecture and training choices are essential to preserve the BAO signal fidelity.

*Intervenant

MC24 : Derniers Resultats du LHC + Techniques pour les accélérateurs du futur (FCC) et physique au FCC

Resommation et processus rare : la production de quatre quarks top au LHC

Yehudi Simon * ¹

¹ Laboratoire de Physique de l'ENS Lyon – Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Nous présentons les avancées les plus récentes des techniques de resommation appliquées au calcul de la section efficace différentielle du processus de création de deux paires top-antitop au LHC. En plus du calcul perturbatif à l'ordre sous-dominant offert par le code de simulation numérique MadGraph5_aNLO, la resommation permet de tenir compte de certains aspects non-perturbatifs ce qui a pour conséquence d'augmenter la justesse et la précision de la prédiction. L'étude d'un processus aussi rare que la production de deux paires de top-antitop pousse les communautés expérimentales et théoriques dans leur retranchement dans le but de réduire au maximum les erreurs et incertitudes. Outre le test du Modèle Standard que représente chaque comparaison prédiction/expérience (et potentiellement la découverte de trace de nouvelle physique), la connaissance accrue du secteur du top est fortement liée au secteur du Higgs ou de la physique des saveurs en général.

En suivant une démarche complémentaire des travaux pionniers de A. Kulesza & al. (<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.151601>) nous parvenons à extraire la section efficace différentielle à l'ordre logarithmique sous-dominant (NLL).

Nous espérons qu'un tel résultat pourra être exploité dans les prochaines analyses de la production de 2 paires de top par les collaborations expérimentales liées au LHC, ainsi que les futurs collisionneurs.

*Intervenant

Introduction à la physique des hautes énergies

Gautier Hamel De Monchenault * ¹

¹ CEA- Saclay – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – France

La physique des hautes énergies avec le LHC, le HL-LHC et le FCC se concentre sur les projets de pointe qui visent à explorer les fondements de la matière et les lois de l'univers. Le **Large Hadron Collider (LHC)**, situé au CERN, est actuellement le plus grand accélérateur de particules du monde. Il a permis des découvertes majeures, telles que la découverte du **bo-son de Higgs** en 2012, confirmant le modèle standard de la physique des particules. Dans les prochaines années, l'**High-Luminosity LHC (HL-LHC)** viendra étendre les capacités du LHC, permettant une intensité de collision bien plus élevée et une meilleure précision pour étudier des phénomènes rares. Cependant, pour aller au-delà du modèle standard et explorer des phénomènes tels que la matière noire ou la supersymétrie, le futur **Future Circular Collider (FCC)**, prévu pour être construit après le LHC, offrira des capacités d'accélération encore plus puissantes, permettant des collisions à des énergies beaucoup plus élevées et des découvertes importantes dans la physique fondamentale.

High-energy physics with the LHC, HL-LHC, and FCC focuses on leading-edge projects that aim to explore the fundamentals of matter and the laws of the universe. The Large Hadron Collider (LHC), located at CERN, is currently the world's largest particle accelerator. It has enabled major discoveries, such as the discovery of the Higgs boson in 2012, confirming the Standard Model of particle physics. In the coming years, the High-Luminosity LHC (HL-LHC) will enhance the LHC's capabilities by providing much higher collision intensity and greater precision for studying rare phenomena. However, to go beyond the Standard Model and explore phenomena such as dark matter or supersymmetry, the future Future Circular Collider (FCC), planned to be built after the LHC, will offer even more powerful acceleration capabilities, enabling collisions at much higher energies and future discoveries in fundamental physics.

*Intervenant

Latest results of di-Higgs searches at the LHC

Théo Cuisset * ¹

¹ Laboratoire Leprince-Ringuet – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules
du CNRS, Ecole Polytechnique, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Di-Higgs production searches are a key area in particle physics, with great potential for uncovering new interactions, probing the self coupling and gaining deeper insights into the Higgs boson's dynamics. Recent results from di-Higgs searches, based on early LHC data analyses, have excluded certain theoretical models of new strongly coupled interactions, which predict higher di-Higgs production rates than those observed. Furthermore, incorporating Effective Field Theory (EFT) into the data analysis allows for extending the search beyond specific models by broadly modeling the effects of new interactions, without making assumptions about physics beyond the Standard Model. Although di-Higgs production remains challenging due to its small cross-section and substantial backgrounds, improvements in detectors and data processing capabilities, along with the expected increase in integrated luminosity, are paving the way for new opportunities. With the anticipated rise in luminosity in the future phases of the LHC, expectations for the discovery or evidence of new signatures associated with di-Higgs processes are significantly heightened, thus providing a chance to fully probe the Higgs potential in high-energy collisions.

*Intervenant

Future Circular Collider: What? Why? When?

Christophe Grojean * ¹

¹ Deutsches Elektronen-Synchrotron [Hamburg] – Allemagne

The Future Circular Collider program is profiling itself as the next big challenge taken up by CERN. This ambitious program would be a unique opportunity to fuel the field of high-energy physics for several decades to come. Be it for testing the standard model predictions with unprecedented precision or to search for new particles, this machine is being designed with versatility and diversity at the heart of its multi-stage program. This presentation will aim at providing a snapshot at the current state of affairs. Emphasis will be given on the physics case, particularly for the FCC-ee early stage.

*Intervenant

Deuxième phase de jouvence de l'expérience ATLAS pour l'exploitation des données du HL-LHC

Olivier Arnaez * ¹

¹ Laboratoire d'Annecy de Physique des Particules – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Les mises à niveau du détecteur ATLAS sont essentielles pour préparer l'expérience à l'augmentation de luminosité prévue pour la phase 2 du LHC (HL-LHC), prévue pour les années 2030. Avec un facteur de luminosité cinq à sept fois supérieur à celui du LHC actuel, l'environnement expérimental nécessitera des améliorations significatives pour faire face à l'augmentation du taux de collisions et garantir des performances optimales en matière de reconstruction des événements. Parmi les principales mises à niveau figurent le nouveau détecteur interne (ITk), conçu pour offrir une meilleure résolution et une plus grande résistance au rayonnement, ainsi que des améliorations du calorimètre, du système de déclenchement et d'acquisition de données (TDAQ) et du système de muons. Ces modifications permettront de maintenir une haute précision dans les mesures des particules du Modèle Standard et d'optimiser la sensibilité à la nouvelle physique, notamment dans les recherches sur les couplages du boson de Higgs et les processus rares. Avec ces améliorations, ATLAS sera prêt à exploiter pleinement le potentiel du HL-LHC, repoussant les limites de la physique des particules et ouvrant la voie à de nouvelles découvertes. The ATLAS Phase-2 upgrades are crucial to prepare the experiment for the High-Luminosity LHC (HL-LHC), expected in the 2030s. With a luminosity increase by a factor of five to seven compared to the current LHC, the experimental environment will require significant enhancements to cope with the higher collision rate and ensure optimal event reconstruction performance. Key upgrades include the new Inner Tracker (ITk), designed for improved resolution and radiation resistance, as well as enhancements to the calorimeter, the trigger and data acquisition (TDAQ) system, and the muon system. These modifications will maintain high-precision measurements of Standard Model particles and improve sensitivity to new physics, particularly in Higgs boson couplings and rare process searches. With these upgrades, ATLAS will be fully equipped to exploit the full potential of the HL-LHC, pushing the boundaries of particle physics and paving the way for groundbreaking discoveries

*Intervenant

Future Circular Collider Feasibility Study - Highlights and Next Steps.

Zimmermann Frank * ¹

¹ CERN [Genève] – Suisse

The proposed Future Circular Collider (FCC) integrated programme consists of two stages: an electron–positron collider serving as a Higgs-boson, electroweak and top-quark factory, followed by a proton–proton collider operating at an unprecedented collision energy of around 100 TeV. In 2021, in response to the 2020 update of the European Strategy for Particle Physics, the CERN Council initiated the FCC Feasibility Study. This study covered, inter alia, physics objectives and potential, geology, civil engineering, technical infrastructure, territorial implementation, environmental aspects, R&D needs for the accelerators and detectors, socio-economic benefits, and cost. The Feasibility Study was completed on 31 March 2025. I will show a few highlights, discuss possible challenges, and present the next steps.

*Intervenant

Latest Results from the LHC and the Search for New Physics

Martina Manoni * ¹

¹ Laboratoire Leprince-Ringuet – Ecole Polytechnique, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Recent progress in Higgs boson physics and precision measurements of the W boson mass has come from the analysis of data collected by the LHC experiments at CERN. The ATLAS and CMS collaborations have published updated values for the W boson mass and refined measurements of the Higgs boson's properties-including its mass, decay width, and couplings to other Standard Model particles. While current observations remain consistent with the Standard Model, measurement uncertainties still leave room for the possibility of new physics. The granularity of the measurements continues to improve, and to characterise any possible new interactions, several model interpretations of these measurements are employed, for example in an effective field theory framework. Future studies at the High-Luminosity LHC and other next-generation facilities will further enhance sensitivity to Higgs boson couplings and may uncover signs of new interactions beyond the Standard Model

*Intervenant

Studying the Vector Boson Scattering process

Panagiotis Ziakas * ¹

¹ Laboratoire d'Annecy de Physique des Particules – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique – France

The Vector Boson Scattering process constitutes a rare, but at the same time extremely promising process in terms of testing the limits of the Standard Model. Due to its low production cross section, it was only observed in 2018, during Run 2 of the LHC. However, the enhanced luminosity of Run 3 will allow for more precise studies of this highly interesting process.

One of the ways in which Vector Boson Scattering (VBS) will allow the study of potential new physics contributions is via the study of Quartic Gauge Couplings (QGCs), which will be studied in the context of Effective Field Theories (EFTs). Additionally, the polarized VBS process is also of high interest as it allows for an indirect study of the EW symmetry breaking, by including diagrams in which the Higgs boson is exchanged, so as to prevent unitarity issues.

This talk will focus on introducing the VBS process as a chance to study the Standard Model in more depth by testing its limits and will pose the most important challenges that are faced during its study. Also, this talk will discuss the possibility of studying VBS in several production channels and some first studies concerning polarized VBS. Finally, in this talk, the most up to date results for the VBS studies obtained from the ATLAS detector will be presented.

*Intervenant

Overview of the CMS High Granularity Calorimeter and its current status

Arnaud Steen * ¹

¹ CERN [Genève] – Suisse

The CMS detector upgrades are essential to prepare the experiment for the High-Luminosity LHC (HL-LHC) Phase 2, scheduled for the 2030s. With luminosity five to seven times higher than that of the current LHC, the experimental environment requires significant improvements to handle the increased collision rate and ensure optimal performance in event reconstruction. Key upgrades include the High Granularity Calorimeter (HGCAL), which will replace the current endcap electromagnetic and hadronic calorimeters. The new calorimeter will use silicon sensors for the electromagnetic section and high-irradiation regions of the hadronic section, while the low-irradiation regions of the hadronic section will be equipped with plastic scintillator tiles equipped with on-tile silicon photomultipliers (SiPMs). The full HGCAL will have approximately 6 million silicon sensor channels and about 240 thousand channels of scintillator tiles. In this talk, we present an overview of the HGCAL, the current status of the project, the lessons that have been learnt with prototypes, in particular from beam tests as well as the design and operation of vertical test systems and the challenges that lie ahead.

*Intervenant

ESPPU France : Contribution de la communauté HEP française à la stratégie Européenne pour la physique des particules

Cristinel Diaconu * ¹

¹ Centre de Physique des Particules de Marseille – Aix Marseille Université, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7346, Aix Marseille Université : UMR7346 – France

Dans la perspective du processus de la Stratégie européenne pour la physique des particules, la communauté française a organisé un processus national de réflexion autour du futur de la discipline en Europe et en France. Ont été organisées une collecte de contributions écrites et une série d'ateliers, qui ont abouti à un symposium national tenu à Paris début 2025, auquel ont participé plus de 280 scientifiques. La présentation résume les principales conclusions de cette approche ascendante centrée sur les motivations physiques et technologiques de la communauté Française. Des nouvelles récentes du processus Européen seront aussi présentées.

*Intervenant

A Linear Collider Facility as Higgs Factory and Beyond

Dirk Zerwas * ¹

¹ CNRS Helmholtz Dark Matter Lab – Allemagne

The European Strategy Update in 2020 identified an electron-positron Higgs factory as the highest priority for the next collider. A linear collider facility will be described to give a perspective on the physics goals, early technologies and upgrade strategies, building on the achievements of the developments for CLIC and ILC.

*Intervenant

MC27 : Histoire des sciences et des techniques

Qu'est-ce que la physique après Newton ? Émilie du Châtelet et les Institutions de Physique.

Jean-Yves Briend * ^{1,2}

¹ Institut de Mathématiques de Marseille – Ecole Centrale de Marseille, CNRS : UMR7373, Aix
Marseille Université – France

² Université d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences, 3 place Victor Hugo, 13331 Marseille cedex 3 –
Aix-Marseille Université - AMU – France

Le XVII^e siècle voit apparaître une nouvelle manière d'envisager les sciences de la nature avec la mathématisation radicale de la mécanique opérée par Isaac Newton. Ce dernier évacue les questions philosophiques posées par cette manière de faire et c'est Émilie du Châtelet qui, la première, va porter ses réflexions sur la conception de la physique après la révolution newtonienne, tant d'un point de vue des prémisses métaphysiques sous-jacents à l'œuvre de Newton que des conséquences que celles-ci peuvent avoir sur la pratique même des physiciens et physiciennes. Elle expose ses pensées dans un livre d'une très grande clarté en même temps que d'une grande profondeur, les *Institutions de Physique* de 1740. Nous en lirons quelques passages. Nous y verrons les germes de l'héritage des idées de l'autrice sur la philosophie européenne mais aussi l'intérêt de la lecture d'un tel texte pour celles et ceux qui pratiquent ou enseignent la physique.

*Intervenant

Histoire des transits de Vénus et de leur utilisation

Bruno Pagani * ¹

¹ Observatoire des Makes – La Réunion

Avec l'avènement de la mécanique céleste au XVII^e siècle, la structure à l'échelle du système solaire devient assez bien établie (du moins pour les planètes connues à l'époque)... mais on ne connaît en revanche pas de mesure absolue d'une des distances dans celui-ci. Plusieurs méthodes sont proposées, et si la première à donner un résultat avec le bon ordre de grandeur est une mesure de parallaxe avec Mars en 1672, une autre assez célèbre est l'utilisation des transits de Vénus. Mais ceux-ci sont rares, allant actuellement par paires espacées de 8 ans, suivie d'un gap en alternance de 122 ou 105 ans (les derniers étaient en 2004 et 2012, les prochains... en 2117 et 2125). Aussi, la survenue de l'un de ces passages de la "sœur" de la Terre devant notre astre solaire est un événement à ne pas rater... Les deux premiers transits prédits, en 1631 puis 1639, permettent d'estimer la distance Terre-Soleil à environ 88 millions de kilomètres, mais dont on sait à l'époque qu'elle est approximative. HALLEY (1656–1742) propose une méthode plus précise utilisant la durée observée du transit. Il n'est plus là pour transits de 1761 et 1769, les premiers pour lesquels on a appliqué sa méthode, mais pour lesquels les résultats ne sont pas concluants. Il faudra alors attendre ceux de 1874 (ainsi que de 1882) pour obtenir enfin une mesure précise de la distance Terre-Soleil : 149,59 millions de kilomètres. Seulement, en plus d'être rares, les transits de Vénus ne sont pas observables de partout. Le transit de Vénus du 9 décembre 1874 donnera donc lieu à une multitude d'expéditions dans les îles de l'océan Indien, aujourd'hui regroupées pour la plupart dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF). Cet exposé se propose de retracer brièvement l'histoire scientifique des transits de Vénus et des missions associées.

*Intervenant

Contribution des physiciens aux progrès de l'électrophysiologie à la fin du 19ème siècle : vers l'électrocardiogramme

Quentin Le Masne * 1,2

¹ Centrale Supélec – Université Paris Sud, Université Paris Saclay – France

² EMLyon Business School – CCI AuRA – France

L'objectif de cet exposé est de mettre en lumière la contribution des physiciens au progrès de l'électrophysiologie au cours du 19ème siècle.

Dans la deuxième moitié du 19ème siècle, une séquence d'avancées scientifiques et techniques portées par des physiciens de renom ont conduit à la réalisation des premières mesures d'électrocardiogramme par Einthoven à Leiden à la toute fin du siècle.

En partant des premiers travaux de Matteucci en 1842 sur les potentiels électriques dans le corps humain et ceux de Helmholtz et Du Bois-Reymond sur les influx nerveux, l'exposé résume les contributions majeures des physiciens dans cette aventure, comme celle de Lippmann avec la mise au point de l'électromètre capillaire lors de sa thèse à Paris en 1875, électromètre qui servira aux premières expérimentations de Burdon-Sanderson et Page en 1878, puis à celle de Waller en 1887.

L'analyse détaillée des améliorations techniques apportées à ces électromètres, notamment avec la mise au point des électromètres à cordes, permet d'expliquer cette avancée majeure en électrophysiologie que furent les premiers électrocardiogrammes cliniques publiés par Einthoven à partir de 1902, et qui lui valurent le Prix Nobel de Médecine en 1924.

*Intervenant

Une "relativité optique au premier ordre : 1818 - 1889"

Christian Bracco * ¹

¹ LTE - Laboratoire Temps Espace – CNRS, Observatoire de Paris, Université PSL, Sorbonne Université UPMC Paris VI, Université de Lille - Sciences et Technologies, Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) – France

Avant la théorie de la relativité restreinte de 1905, il y a eu en 1900 une "relativité à l'ordre V/c " issue de la confrontation de l'électrodynamique de Lorentz (1892, 1895) à la mécanique par Poincaré*. Mais celle-ci succède à ce qu'on peut appeler une "relativité optique à l'ordre V/c ", qui voit le principe de relativité s'émanciper du domaine de la mécanique qui l'a vu naître pour recouvrir celui de l'optique, d'abord avec les travaux de Fresnel (1818), puis avec les cours de Poincaré à la Sorbonne (1887-1888) qui conclut devant ses étudiants : "En un mot les phénomènes optiques ne peuvent mettre en évidence que des mouvements relatifs par rapport à l'observateur de la source lumineuse et de la matière pondérable". Une filière polytechnicienne?

C. Bracco et J.-P. Provost, Henri Poincaré et la relativité : 1900, 1905, 1912. Trois moments de sa réflexion (Londres, Iste, 2023).

*Intervenant

le cinquième conseil Solvay de physique en 1927

Alain Le Rille * ¹

¹ lycée Saint Louis - Paris – Ministère de l'Education Nationale – France

À la fin des années 1920, la communauté des physiciens définit les axiomes qui vont structurer la mécanique quantique émergente. Le cinquième Conseil Solvay qui se réunit en octobre 1927 à Bruxelles est une étape fondamentale dans ce processus. S'y confrontent deux visions antagonistes défendues en particulier par Einstein, Schrödinger et de Broglie d'une part et Bohr, Born et Heisenberg d'autre part. La mise au point d'un consensus scientifique autour d'une théorie physique est liée lors de ce congrès à des problèmes philosophiques sous-jacents (qui restent de nos jours pertinents). Nous nous proposons de retracer les débats qui ont eu lieu à Bruxelles du lundi 24 au samedi 29 octobre 1927, en les replaçant dans leur contexte.

*Intervenant

Perspectives historiques sur l'effet Hawking et la "gravité analogue"

Maxime Jacquet * ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8552, école normale supérieure - Paris : FR684, Université Paris sciences et lettres, University Paris Sorbonne, Centre National de la Recherche Scientifique, école normale supérieure - Paris – France

Le raisonnement par analogies imprègne les développements théoriques en physique et en astrophysique, motivé par la nature inatteignable de nombreux phénomènes en jeu. Par exemple, des analogies ont été utilisées pour comprendre la physique des trous noirs, conduisant à l'élaboration d'une théorie thermodynamique pour ces objets et à la découverte de l'effet Hawking. Ce dernier, résultant de la théorie quantique des champs sur les espaces-temps des trous noirs, a changé la façon dont les physiciens abordaient ce sujet : ce qui avait commencé comme une simple aide à la compréhension devient une source possible de preuves via le programme de recherche de la "gravité analogue" qui s'appuie sur des modèles analogiques pour les effets de champ. Certains de ces modèles analogiques peuvent être réalisés en laboratoire, permettant des tests expérimentaux des effets de champ. Ici, nous présentons une perspective historique sur la connexion entre l'effet Hawking et les modèles analogiques, réunissant histoire et physique contemporaine (1). Nous soutenons que l'histoire de la gravité analogue et de l'effet Hawking se divise en trois phases distinctes en fonction de la manière dont et pourquoi les modèles analogiques ont été utilisés pour étudier les champs à proximité des trous noirs. De plus, nous constatons que la recherche moderne signale une transition vers une nouvelle phase, où l'impulsion pour l'utilisation des modèles analogiques a dépassé le problème qu'ils étaient à l'origine conçus pour résoudre.

(1) Almeida and Jacquet, The European Physical Journal H 48 (1), 15, 2023

*Intervenant

Joseph Pérès (1890-1962), figure d'un renouveau de la mécanique et de la science française

François Charru * ¹

¹ Institut de mécanique des fluides de Toulouse (IMFT) – CNRS : UMR5502, Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse III, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT, Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse III – France

Joseph Pérès, normalien et docteur en mathématiques (avec une thèse préparée à Rome sous la direction de Vito Volterra), est nommé en 1930 premier directeur de l'institut de mécanique des fluides de Marseille, fondation du ministère de l'Air. Deux ans plus tard, il rejoint l'institut de mécanique de Paris où, avec Lucien Malavard, il développe une méthode de résolution de problèmes d'hydrodynamique fondée sur les "analogies rhéoelectriques", travaux soutenus par l'industrie aéronautique. Élu à l'Académie des sciences en 1942, il cofonde en 1946 l'Union internationale de mécanique théorique et appliquée (IUTAM), dont il devient le premier président. Il cofonde ensuite l'ONERA. Nommé directeur adjoint du CNRS en 1946, il organise la restructuration de l'organisme et y promeut en particulier le calcul scientifique, fondant et dirigeant l'Institut de calcul Blaise Pascal. En 1954, il est élu doyen de la faculté des sciences de Paris et crée les campus de Jussieu et d'Orsay. Fondateur du Journal de mécanique, membre de l'Académie internationale d'histoire des sciences et du Comité national d'histoire et de philosophie des sciences., membre de nombreuses sociétés savantes et honoré de plusieurs distinctions internationales, il meurt accidentellement en 1962. La communication proposée s'attachera à restituer dans son contexte scientifique et institutionnel l'itinéraire d'une personnalité exceptionnelle, qui a largement contribué au renouveau de la science française et à son rayonnement international. Référence : F. Charru, Fluid Mechanics in France in the First Half of the Twentieth Century. Annual Review of Fluid Mechanics, vol. 55, p. 11-44 (2023).

*Intervenant

Lagrangian's Mechanism in Maxwell's Electro-Magnetism (1865-1873)

Raffaele Pisano * ¹

¹ HOPAST at IEMN – IEMN UMR8520 – France

James Clerk Maxwell (1831–1879) advanced Electromagnetic theory, while also mathematically enlarging Michael Faraday's (1791–1867) works. He declined Newtonian mechanics for the formulation of new conceptual frameworks because more adequate for describing a field of new phenomena such as electromagnetism; so he also went beyond the Newtonian paradigm introducing a novelty in the relationship physics–mathematics based on new magnitudes, e.g., electric charge and energy instead of mass and force. In *A Treatise on Electricity and Magnetism*, II, Part IV, Chapter IV–VII (1873) Maxwell aimed to formulate a dynamical justification for field equations; he focused on the fact that magnetic field appeared a complete kinetic energy system. In this talk, I present an historical analysis of a) Lagrange's method of reducing the ordinary dynamical equations in *Mécanique analytique* (1788)—including—three methods as used by Maxwell for expressing his kinetic energy—detecting the existence of the terms of the form Tme , and (b) the application of the Lagrangian formulating through the equations of motion of a connected system.

Selected References (Springer Basic Style)

Pisano R, Marrmottini D (2025) Lagrange's Three Methods and Lagrangean in Maxwell's *A Treatise on Electricity and Magnetism* (1873) In: Pisano R (ed). *A History of Physics: Phenomena, Ideas & Mechanisms*. Springer, Cham, pp. 185-264.

Pisano R (2024) Briefs on Symmetries in the History of Physics–Mathematics: Maxwell (1865–1873), Noether (1915–1918) and Einstein (1905–1926). *Journal of Physics: Conference Series* IOP Oxford: 2877 012101

Pisano R (2013a) On Lagrangian in Maxwell's electromagnetic theory. *Proceedings Scientia-tum VI*. The Federate University of Rio de Janeiro Press, Rio de Janeiro, pp. 44–59.

Pisano R (2013b) Historical Reflections on Physics Mathematics Relationship in Electromagnetic Theory. In: *The Dialectic Relation between Physics And Mathematics in the 19th Century*. Springer, Dordrecht, pp 31–57

*Intervenant

L'École royale du Génie de Mézières, là où l'ingénieur et la physique se rencontrèrent...

Hervé Grau * ¹

¹ Polytech Nantes – Université de Nantes – rue Christian Pauc 44300 Nantes, France

Moins connue que l'École polytechnique, l'École royale du Génie de Mézières fut pourtant un lieu d'importance dans la diffusion de la physique. Ainsi l'abbé Nollet, le physicien expérimental du siècle des Lumières y fut enseignant, tout comme Gaspard Monge, créateur de la géométrie descriptive et l'un des fondateurs de l'École polytechnique. Pourtant, c'est dans les laboratoires de Mézières que Gaspard Monge va réaliser la synthèse de l'eau au même moment qu'Antoine Lavoisier à Paris. Il n'y eut pas que de célèbres professeurs à Mézières, il y eut aussi des élèves comme par exemple Charles-Augustin Coulomb sans doute parce que Mézières fut un lieu de rencontre entre le savant et l'ingénieur. Au XVIII^e siècle, pour accéder à des connaissances scientifiques, il n'y avait que trois moyens : lire, avoir, un maître prestigieux, ou assister à des cours. L'École royale du Génie de Mézières proposait les trois en même temps...

*Intervenant

Le rôle de l'esthétique dans la construction des théories physiques

Iro Koletsou * ¹

¹ Laboratoire d'Annecy de Physique des Particules – Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Dans un article paru en 2001, le philosophe des science Mark Colyvan s'interroge : " pourquoi la méthodologie mathématiques, guidée par des considérations esthétiques comme la simplicité et l'élégance, conduit à des découvertes de phénomènes empiriques qu'elle ne visait en aucun cas ? ". Pour tenter de répondre à cette interrogation, nous prendrons comme exemple la physique subatomique, comme développée durant le siècle dernier. Par l'étude des principaux articles scientifiques en physique des particules élémentaires, nous réalisons que nos théories ont également été construites dans une quête d'élégance, qui constitua souvent de manière explicite un critère pour leur adoption. Mais des critères esthétiques sont-ils nécessaires et légitimes pour la construction de nos théories physiques ? En quoi consiste l'élégance, dans ce cadre, et quel est son lien avec l'explication scientifique ? Nous discuterons ce questionnement avec des exemples concrets que nous fournit l'histoire de la physique des particules du siècle dernier. Nous nous intéresserons notamment à la prédiction du *quark charm* par S. L. Glashow, J. Iliopoulos et L. Maiani en 1970 et finalement son observation expérimentale, quelques années plus tard.

*Intervenant

La théorie cinétique de la gravitation de Georges-Louis Le Sage

Hugues Chabot * ¹

¹ Université Claude Bernard Lyon 1 – Université Claude Bernard - Lyon I, Université Claude Bernard -
Lyon I : EA4148 – France

Au XVIII^e siècle, la théorie newtonienne de l'attraction s'impose comme le nouveau paradigme des recherches en astronomie. Tous les mouvements des planètes du système solaire se déduisent de la célèbre formule en $1/r^2$, auquel il faut appliquer un calcul des perturbation dès que 3 corps entrent en jeu. Ce problème mathématique occupe les astronomes et met à l'épreuve les nouveaux outils du calcul différentiel et intégral. La question du mode d'action de la gravitation reste mystérieuse : elle se fait à distance et instantanément. Un programme de recherche antérieur, dédié à l'identification de la cause physique de la gravitation, tombe dans l'oubli faute de postérité. Dans cette communication, nous présenterons la contribution de Georges-Louis Le Sage (1724-1803) qui tente de retrouver la formule newtonienne à partir d'un modèle fondé sur les chocs de corpuscules gravifiques. Cette théorie connaîtra un renouveau un siècle plus tard dans le contexte de la théorie cinétique des gaz. Il s'agit d'un cas exemplaire des apports mutuels que peuvent s'apporter science et histoire, en particulier dans un contexte d'enseignement.

*Intervenant

Poincaré dans l'ombre de La Lumière Electrique

Nicolas Nio * ¹

¹ Observatoire de Paris – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Paris sciences et lettres – France

En 1879, le journal La Lumière Electrique est créé, s'adressant majoritairement à un public d'ingénieurs et artisans dans le domaine de l'éclairage et de l'électricité. À partir de 1887, plusieurs articles de haut niveau sont publiés dans le journal autour de la théorie de Maxwell. Ces articles, rédigés par des jeunes physiciens de la Sorbonne, sont publiés en même temps que les cours d'Henri Poincaré dans l'université. En 1894, le journal change de nom, et de comité éditorial. L'occasion pour Poincaré de sortir de l'ombre. Cet exposé propose de mettre en perspective le rôle d'Henri Poincaré dans la communication autour de sujets qui lui sont chers : les théories électromagnétiques, auxquelles il a dédié plusieurs de ses cours et ouvrages, et son influence dans les cercles académiques.

*Intervenant

Retour réflexif d'expérience: Programmation d'automobile autonome à la manière de Héron d'Alexandrie

Eva Corot * ¹

¹ Lycée Louis-le-Grand – Lycée Louis-le-Grand – France

Les premiers automates ont été évoqués par Homère dans l'Iliade avec le terme d' $\alpha\tau\mu\alpha\tau$ comme machines qui se meuvent d'elles-mêmes. Revisitons l'héritage des automates anciens à travers les innovations d'**Héron d'Alexandrie**. Les automates, jadis utilisés dans les temples et les théâtres, ont inspiré des mécanismes ingénieux tels que les portes automatiques. Héron a également conçu des trépieds autonomes, préfigurant les **véhicules autonomes** modernes. La **programmation de ces trépieds, basée sur des axes et des clous**, a été démontrée à travers des **ateliers pratiques** avec des élèves. Etude de la pertinence continue des principes mécaniques et énergétiques anciens, tout en encourageant une compréhension de l'innovation à travers les âges. Cette approche offre une perspective unique sur l'ingénierie antique et son lien avec la programmation contemporaine, incitant les jeunes esprits à s'engager dans l'innovation future. **Mots-clés.** Programmation sans ordinateur, Héron d'Alexandrie, Automate, Maquette, Antiquité, Lycée, Interdisciplinarité.

*Intervenant

Le trésor caché du musée Ampère : une version méconnue de l'expérience d'Einstein-de Haas

Alfonso San-Miguel * ^{1,2}, Bernard Pallandre ²

¹ Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL) – Université Claude Bernard - Lyon I, CNRS : UMR5306, PRES Université de Lyon – 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne cedex, France

² Musée Ampère – Société des Amis d'André-Marie Ampère – France

Un dispositif expérimental exceptionnel a été redécouvert dans les réserves du musée Ampère : une version originale et méconnue de l'expérience d'Einstein-de Haas. Réalisée en 1914-1915 par Albert Einstein et Wander de Haas, cette expérience visait à démontrer l'existence des courants moléculaires postulés par André-Marie Ampère. Conçue par Einstein, elle montrait que l'aimantation d'un matériau entraîne une rotation mesurable, confirmant ainsi l'hypothèse d'Ampère sur les courants électriques microscopiques, qui préfiguraient les orbites électroniques. L'appareil retrouvé est une version améliorée par Wander de Haas afin de corriger les défauts des premières versions, notamment en éliminant certains désalignements. Ce modèle, offert au musée Ampère en 1959 par Geertruida de Haas-Lorentz, constitue un témoignage rare de l'implication d'Einstein dans l'expérimentation et éclaire une étape essentielle de l'histoire de la physique, menant à la découverte du spin électronique.

*Intervenant

L'histoire mouvementée de la loi des sinus

Kevin Fraval * ¹

¹ Lycée Henri-IV – Ministère de l'Education Nationale – France

Approchée par Kepler dans sa Dioptrique,
Sans doute découverte en Europe par Snell, mais sans jamais la publier...

Publiée par Descartes qui croit la démontrer...

À son tour critiqué par Fermat qui introduit son principe,

En retour attaqué par Maupertuis qui introduit l'action, mais pour montrer que la lumière accélère dans l'eau!

Newton de son côté la démontre par ses principes mécaniques, toujours en faisant accélérer la lumière dans l'eau... Mais précise bien ne pas se prononcer sur la nature de la lumière, alors que l'on retient de lui une soi-disant "théorie corpusculaire"!

Foucault discréditera pour de bon les théories de Maupertuis et Newton et consacrera Fermat et les théories ondulatoires...

Et si finalement les savants arabes connaissaient déjà cette loi dès le Moyen-Âge?
Loi de Descartes en France, loi de Snell ailleurs, loi de Snell-Descartes pour l'apaisement temporaire, il sera plus prudent de l'appeler loi des sinus!

*Intervenant

William Herschel et la découverte des infrarouges

Julien Delahaye ^{* 1}, Aude Barbara ¹, Olivier Cépas ¹, Céline Goujon ¹,
Yvonne Soldo ¹, Sylvie Zanier ²

¹ Institut Néel – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Centre National de la Recherche Scientifique : UPR2940, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France

² Université Grenoble Alpes - UFR Physique, Ingénierie, Terre, Environnement, Mécanique – Université Grenoble Alpes – France

William Herschel (1738-1822) est à la fin du XVIII^e siècle un astronome rendu célèbre par sa découverte d'Uranus en 1781. En 1800, il publie une série d'articles (1) sur un sujet qui semble éloigné de l'astronomie. En décomposant la lumière du Soleil à l'aide d'un prisme et en plaçant le réservoir noirci d'un thermomètre à mercure dans le spectre de la lumière, il découvre l'existence au-delà du rouge de quelque chose qui chauffe mais qu'on ne voit pas. Ce rayonnement prendra plus tard le nom d'infrarouge.

Au cours de cette présentation, nous décrirons le contexte et les conditions dans lesquelles William Herschel a réalisé cette expérience, ainsi que les conclusions qu'il en a tirées et les discussions qui ont accompagné la publication de ses articles. Nous montrerons ensuite comment reproduire cette expérience et l'adapter à la lumière d'une ampoule halogène (2), et nous expliquerons en quoi elle constitue une expérience de choix pour introduire la notion de rayonnement infrarouge. Nous montrerons enfin comment elle peut être exploitée quantitativement pour réaliser une mesure spectrométrique avec un prisme et des thermomètres (3).

(1) William Herschel a décrit ses expériences dans quatre articles, tous publiés en 1800 dans le volume 90 des *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, respectivement p. 255-283, p. 284-292, p. 293-326 et p. 437-538.

(2) " À la découverte des infrarouges, 1^{ère} partie : l'expérience d'Herschel comme introduction à l'effet de serre ", Julien Delahaye, Aude Barbara, Olivier Cépas, Céline Goujon, Yvonne Soldo et Sylvie Zanier, à paraître au *Bup*.

(3) " À la découverte des infrarouges, 2^{ème} partie : spectrométrie avec un prisme et des thermomètres ", Julien Delahaye, Aude Barbara, Olivier Cépas, Céline Goujon, Yvonne Soldo et Sylvie Zanier, à paraître au *Bup*.

*Intervenant

Pendule de Foucault et promenades sur espaces courbes : loi du sinus et transport parallèle.

Pierre Lauginie * ¹

¹ études sur les sciences et les techniques, groupe d'histoire et de diffusion des sciences d'Orsay –
Université Paris-Saclay – France

Dans une lettre de 1851 figurant dans le Recueil posthume de ses travaux et destinée à un correspondant inconnu, Léon Foucault " pose effrontément un postulatum " visant à rendre compte de la loi du sinus de la latitude gérant la rotation du " plan d'oscillation " d'un pendule placé hors du pôle terrestre. À la même époque, son ami Belfield-Lefèvre illustre la même loi en " aplatissant " le cône tangent au parallèle du lieu.

Vous êtes au XXI^e siècle, un soir de fête de la science, sur la terrasse de l'Observatoire de Paris où vous avez installé un pendule de Foucault. La direction d'oscillation semble bien pivoter en un peu moins de 32 heures comme prévu. Un quidam – naïf mais savant – déclare, à la surprise générale : " et moi je vous dis que la direction d'oscillation n'a pas varié depuis que vous l'avez lancé ". Provocation ? Ou aurait-il raison ? Question ambiguë, qui rejoint la notion de déplacement et de " transport parallèle " élaborée à la suite des travaux de Riemann et successeurs en géométrie des surfaces courbes.

Nous verrons que les intuitions exprimées dès 1851 par Foucault et son ami Belfield-Lefèvre, équivalent à l'affirmation : " au cours d'une rotation diurne, la direction d'oscillation de la boule subit un transport parallèle le long du parallèle de Paris ", donnant, en ce sens, raison au quidam de l'Observatoire ! Au cours de l'exposé, il sera également précisé en quoi la " loi du sinus " – au-delà des " premiers principes " – relève d'une approximation, certes dérisoire et bien cachée, mais approximation tout de même.

*Intervenant

Albert Turpain, le pionnier, le savant et l'humaniste

Jerome Pacaud * ¹, Anny Michel ², Géraldine Garcia ³

¹ Université de Poitiers - Faculté de Sciences fondamentales et appliquées – Université de Poitiers =
University of Poitiers – France

² Institut Pprime (PPRIME) – CNRS : UPR3346, Université de Poitiers, ENSMA – France

³ Palevoprim, UMR 7262 CNRS-Université de Poitiers – Université de Poitiers : UMR7262, Centre
National de la Recherche Scientifique : UMR7262 – Université de Poitiers - Bât B35 - TSA 51106 - 6
rue Michel Brunet - 86073 POITIERS Cedex 9, France

Albert Turpain fut professeur à Poitiers entre 1900 et 1937 après une thèse à Bordeaux sur l'étude des oscillations électriques. Ses travaux précurseurs de la radiotélégraphie l'amenèrent en rivalité directe avec Marconi et Branly. A l'université de Poitiers où se développait à l'époque des activités autour des sciences appliquées à l'agriculture, il s'intéressera entre autres à la détection des orages. Puis dans les années trente avec ses collaborateurs Bodroux et Rivaud il effectuera des travaux pionniers sur la télévision. Sa controverse avec la famille Branly conduira à une action judiciaire conclue par un arrêt encore aujourd'hui discuté. Il sera également à l'origine du premier réseau de magasins alimentaires " Coop ".

*Intervenant

Un cahier d'inventaire, témoin de la physique à Lyon (1880-1960)

Francoise Khantine-Langlois * ¹

¹ Université Claude Bernard Lyon 1 - Faculté des sciences – Université Claude Bernard Lyon 1 – France

Le département de physique de l'université Lyon 1 conserve un certain nombre d'appareils anciens d'origines diverses et pour seul document un gros cahier d'inventaire de 500 pages commencé en 1880 et clôt en 1960.

Cet inventaire mentionne les fournisseurs (parisiens , lyonnais, étrangers) , le prix d'achat mais contient aussi de nombreuses annotations ajoutées par les responsables des collections au cours des années.

L'exploitation de ce cahier permet de retrouver l'origine de certains des appareils, de les documenter, de les mettre en relations avec les travaux des professeurs qui ont exercés plus ou moins longtemps à Lyon comme Georges Gouy ou Jules Violle.

Il existe par ailleurs des appareils originaux qui ne figurent pas dans cet inventaire, d'où de nombreuses questions sans réponse et de nouvelles pistes de recherche.

*Intervenant

MC28 : Mini-colloque ‘blanc’

Study of the Resistance to Crack Propagation in Nano Fine Grained Alumina by Acoustic Emission

Seddik Bouras * ¹, Farid Gheldane ²

¹ university of Annaba – Algérie

² Université Badji Mokhtar (UBMA) – Université Badji Mokhtar BP12 Annaba, Algérie

The ceramic brittleness is due to pre-existent micro-cracks that become unstable under the effect of a stress and leads to the fracture of the specimen. However, alumina presents a crack growth resistance that translates stable crack propagation before the fracture. In this case, the material toughness is not constant but increases with the crack extension. It depends on the crack extension Da from an initial crack size a . The curve representing the crack growth resistance variation R , or the stress intensity factor KR , according to Da is called R-curve or KR-curve. The bridging by grains and the crack ramification are responsible for the crack propagation resistance. The interest of the acoustic emission is to obtain data on emissive events and to correlate them to mechanisms responsible for their generation using the rate of numbering N/Dt : number of arcs by unit of time. Mots-clés : Alumina ; R-curve ; Resistance to Crack Propagation ; Hertzian Indentation ; Acoustic Emission.

*Intervenant

Thomas Fermi regime neutrons stars at finite temperature

Kouidri Smail * ¹

¹ university of saida (university of saida) – department of physics university of Saida 20000, Algérie

We present our numerical calculations for study the behavior of a neutron stars at finite temperature in Thomas Fermi regime. This system of BEC is described by the famous Gross-Pitaevskii equation, which can be solved numerically using a several methods. The term which contains the gravitational contribution is described by Poisson equation. Our work analyzes the time evolution of a self-gravitating BEC.

Keywords: Bose Einstein condensation (BEC); Gross-Pitaevskii equation; Gravitational potential, Poisson equation.

*Intervenant

Multiscale Strain Analysis of Nylon Polymer (PA66) Using Quantum Dots and Metallic Nanoparticles as Gauges

Malak Kheir Al Din ^{*} ¹, Abdelhamid Hmima ², Pierre-Antoine Adragna ¹, Julien Proust ², Bruno Guelorget ¹, Ali Issa ², Benoît Panicaud ¹

¹ Laboratoire des Systèmes Mécaniques et d'Ingénierie Simultanée (LASMIS) – Université de Technologie de Troyes – France

² Light, nanomaterials & nanotechnologies (L2n) – Université de Technologie Troyes, CNRS – France

Additive manufacturing (AM) is an emerging technique for fabricating complex structures, garnering significant interest in both industrial and academic sectors for the development of advanced materials. To fully leverage its benefits, it is essential to characterize the mechanical properties of fabricated structures at the local scale, particularly at the micron and nanometer levels to ensure their structural integrity during operation.

For polymeric structures and composites produced by AM, like pure nylon (PA66) or composites with continuous carbon wire, understanding the mechanical behavior of joints within infill patterns under deformation is especially crucial for enhancing their mechanical properties and identifying crack initiation points.

The present study aims thus to quantify strain in nylon (PA66) specimen at the subscale level during tensile tests. Two approaches are employed: imaging techniques and spectroscopy methods. In the first approach, a scanning electron microscope (SEM) is used to capture successive images during tensile test, allowing for the tracking of the metallic nanoparticles (NPs) centers on the polished surface. These displacements are analyzed using an original programming code to calculate strain and stress levels.

Additionally, digital camera imaging plasmonic NPs, which diffuse light during tests, provides strain data. Quantum dots (QDs) serve as optical gauges also by emitting light upon excitation, with their photoluminescence (PL) varying, due to changes in inter-dot spacing, directly correlating with strain levels.

The second approach uses plasmonic metallic nanoparticles to detect resonance spectral shifts during tensile tests. The difference between the spectra at rest and under strain provides a direct measure of strain on the sample.

The developed gauges used in both approaches will enable us to map the strain distribution on the PA66 surface, to track microstructural evolution, and to monitor crack propagation during stretching. It will be then relevant and helpful to study the strain concentration in the joints of the structure by use of these technics.

^{*}Intervenant

Search for the $B \rightarrow K\nu$ decays at Belle II

Corentin Santos ^{*} ¹

¹ Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien – Université de Strasbourg, Université de Haute-Alsace (UHA) Mulhouse - Colmar, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique – France

The flavour-changing neutral-current decay $B^+ \rightarrow K^+ + \nu\bar{\nu}$ provides rich information on the Standard Model and physics beyond it. The branching fraction of this process is predicted with high accuracy in the Standard Model, however, it is experimentally challenging due to its rarity and the inherent difficulty to detect it because of the two neutrinos in the final state. The study of the almost invisible final state can only be done with a full angular coverage of the events and a clean environment, permitted by the Belle II detector geometry and the SuperKEKB e+e-collider. Recently an evidence for this decay was obtained at Belle II with an inclusive and hadronic tag analysis with a branching fraction in tension at the level of 2.7 standard deviations relatively to the Standard Model prediction. To corroborate this result a new search based on the semileptonic tag approach is ongoing.

^{*}Intervenant

Light-emitting quantum tunnelling junctions

Manasa Anthikad * ^{1,2}, Alexandre Bouhelier ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne – Centre National de la Recherche Scientifique,
Université Bourgogne Europe – France

² Université de Technologie de Troyes – NANOPHOT – France

Electrically-driven plasmonic sources based on inelastic electron tunnelling in metal–insulator–metal (MIM) junctions have gained renewed interest for their ability to generate light at the nanoscale. Although the probability of photon emission during tunnelling is low - due to the dominance of elastic processes - recent studies have shown that one way of increasing the electron–plasmon–photon conversion is to engineer the electromagnetic environment in which the junction is coupled. Particularly, in the overbias regime, where photon energies exceed the applied bias voltage, electron–electron scattering leads to a nonequilibrium electron distribution that emits broadband radiation across the visible spectrum.

This work focuses on the fabrication and electrical characterization of MIM junctions optimised for the study of tunnelling regimes relevant to light-emission experiments. Electron-beam lithography is used to fabricate gold-based MIM junctions with geometries that support localized plasmon modes. A controlled electromigration technique is employed to form sub-nanometre gaps, to form a transition to the tunnelling regime. The resulting junctions are electrically characterised through current-voltage measurements and analysed using Simmons' model to infer barrier parameters and ascertain tunnelling behaviour.

These early findings lay the groundwork for understanding quantum transport in plasmonic systems and for future investigation of their optical emission properties. The study highlights highly efficient junction formation and meticulous electronic analysis as essential steps toward creating effective electrically-driven nanoscale emitters.

*Intervenant

Chip Fabrication Yield Improvement via Post-Fabrication Inductance Tuning by Thermal Annealing

Mario Alejandro Lopez Alvarado ^{*} ^{1,2}, Julien Rioux ¹, Gil Cardoso ¹

¹ Alice & Bob – 53 Bd du Général Martial Valin; 75015 Paris – France

² NANOPHOT – Université de Technologie de Troyes – France

Qubit state stabilization is key to scalable, fault-tolerant quantum computing. Quantum Error Correction (QEC) theory encodes fault-tolerant logical qubits from several noisy physical ones posing significant scalability challenges. (1) Cat qubits, which encode information in superposition of coherent states, reduce this burden by passively correcting bit-flip errors via two-photon dissipation, (2) leaving only phase-flip errors to be addressed.

That said, to properly harness this potential, the cat qubit design and fabrication demands must be fulfilled. One key element in the cat-circuit is the Asymmetrically Threaded SQUID (ATS). This consists of a loop of 2 Josephson Junctions (JJs), with energy Ej and junction area AT , shunted in its center by a large linear inductance built from an array of several JJs with area $Aarr$ and total energy EL . (1)

To avoid introducing dynamical instabilities in the system, the ratio between both energies must fulfill $2Ej/EL < \sim 1$. (3) However, due to fluctuations in junction oxide thickness and area during fabrication, this condition may not be consistently satisfied across different chips (4), (5). In consequence, we developed a post fabrication procedure to tune the inductance of junctions to improve the chip yield of our overall process.

In this work, a corrective post-fabrication inductance-tuning method was developed by baking different Al-AlOx-Al JJs with areas ranging from $0.006 - 3 \mu\text{m}^2$ at different temperatures and durations. The impact of the temperature and junction area was investigated, revealing a clear area dependence in the evolution of junction inductance throughout the baking process. A total inductance error correction ranging from 7% to 15% was achieved with this methodology for largest and smallest junctions, respectively.

Moreover, during the baking process, junction inductance reached a saturation point where its rate of change stabilized. Smaller junctions saturated faster, while this area dependence diminished for larger ones. This process was then calibrated, to consider the difference in the rate of inductance change, allowing the error to be minimized according to the specific requirements of the ATS design, thereby maximizing chip fabrication yield at Alice & Bob.

References:

^{*}Intervenant

- (1) doi: 10.1038/s41567-020-0824-x.
- (2) doi: 10.1038/s41586-024-07294-3.
- (3) doi: 10.1103/PRXQuantum.4.020350.
- (4) doi: 10.1038/s41598-024-74071-7.
- (5) doi: 10.48550/arXiv.2210.15293.

Comprehensive investigating the post-annealing treatment effecting the electrical performance of 3,10-Didecylnaphtho(2,1-b)naphtho(1',2':4,5)thieno(2,3-d)thiophene21DNTT-10 -based organic thin-film transistors via multiple conjoint advanced nano-characterization techniques

Haobing Wang ^{* 1,2}, Olivier Simonetti ², Nicolas Bercu ², Florence Etienne ², Sylvain Potiron ², Pierre-Michel Adam ³, Oumaima Et-Thakafy ², Rakesh Mittapall ², Louis Giraudet ²

¹ URCA-UTT – LRN-L2N – France

² LRN – LRN-L2N – France

³ L2N – Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n), Université de Technologie de Troyes – France

Organic thin-film transistors (OTFTs) features low cost, large-area fabrication, and high flexibility compared with inorganic transistors. Post-annealing treatment significantly influences the electrical performance of OTFTs. However, most studies primarily focus on changes of charge transport within the channel area and rarely study the contact characteristics affecting jointly. Multiple nanoscale characterization techniques were performed on the channel and electrode regions of top-contact bottom-gate (TCBG) OTFTs based on 3,10-Didecylnaphtho(2,1-b)naphtho(1',2':4,5)thieno(2,3-d)thiophene (S-DNTT-10) to obtain decorrelated insights into charge transport and charge injection efficiency in the device. The S-DNTT-10 thin film is fabricated using the PVD method. High mobilities exceeding 5.5 cm²/V.s are consistently obtained in the lab using PVD with post-annealing treatment. We have done the related tasks by Atomic Force Microscope (AFM)-Kelvin probe force microscopy (KPFM)-Raman-(Density Functional Theory) DFT. We find that electrical properties can be obviously affected by T_{post}. Characterization revealed that it results from the affected intrinsic mobility (μ_{int}) in the channel as confirmed by Kelvin probe force microscopy (KPFM). Particularly, the Raman spectroscopy combined with DFT simulations revealed that these changes stemmed from alterations in the molecular interaction characteristics of S-DNTT-10 with C-H and C=C chemical bands. More significantly, the contact characteristics at the gold electrodes/S-DNTT-10 thin-films interfaces is also simultaneously impacted with varied T_{post} through combined characterization techniques of KPFM and Raman spectroscopy. Ultimately, our work demonstrates that post-annealing treatment affects OTFT electrical performance is not only correlated with affected charge transport

*Intervenant

within the channel, but also by impacting charge injection and extraction efficiencies. Furthermore, it showed that the combination of Raman spectroscopy and KPFM on electrodes successfully characterized charge injection and extraction properties. KPFM strongly supported the observed Raman spectrum at the electrode region. And these findings offer deeper insights into the post-annealing treatment affecting OTFT.

Spectroscopie moléculaire des derniers états liés du sodium

Bastien Mirmand * ¹

¹ Laboratoire de Physique des Lasers – Université Paris 13, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Sorbonne Paris nord – France

Nous présentons une étude expérimentale de la spectroscopie moléculaire des derniers états liés du dimère de sodium (Na_2) à l'aide d'un condensat de Bose-Einstein de sodium confiné sur une puce atomique. Ces états jouent un rôle clé dans la compréhension des résonances de Feshbach induites par micro-ondes.

Un modèle théorique en accord avec les résultats expérimentaux a été créé. Il prédit notamment la formation d'états mixtes entre les états liés et les états du continuum libre, induisant des phénomènes de prédissociation. La connaissance précise des positions et des taux de décroissance des différents états nous ouvrent la voie pour la réalisation de résonances de Feshbach induites par micro-ondes.

En parallèle, nous développons l'utilisation d'un dispositif à micro-miroirs (DMD) pour le piégeage longitudinal du condensat et ainsi le piéger dans une boîte. Il est pour le moment piégé de façon harmonique. Cet outil permettra aussi d'explorer la dynamique hors équilibre dans des condensats de Bose-Einstein allongés.

*Intervenant

Observation directe du pic de diffusion cohérente vers l'avant avec un condensat de Bose-Einstein dans un réseau optique secoué

Juliette Billy ^{*} ¹, Floriane Arrouas ¹, Julien Hébraud ², Nicolas Ombredane ¹, Eloi Flament ¹, Dominique Ronco ¹, Nathan Dupont ^{3,4}, Gabriel Lemarié ^{2,5,6,7}, Bertrand Georgeot ², Christian Miniatura ^{6,8}, Bruno Peaudecerf ¹, David Guéry-Odelin ¹

¹ Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité – Université de Toulouse, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

² Laboratoire de Physique Théorique – Université de Toulouse, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

³ Center for Nonlinear Phenomena and Complex Systems, Université Libre de Bruxelles – Belgique
⁴ International Solvay Institutes, Brussels – Belgique

⁵ MajuLab, CNRS-UCA-SU-NUS-NTU International Joint Research Unit – Singapour

⁶ Centre for Quantum Technologies, National University of Singapore – Singapour

⁷ Department of Physics, National University of Singapore – Singapour

⁸ Institut de Physique de Nice – Université Côte d’Azur, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

Les atomes froids constituent une plateforme de choix pour les simulations quantiques, notamment pour émuler des phénomènes de transport en présence de désordre, comme par exemple la localisation forte. Cette dernière, qui induit un arrêt complet de la diffusion d’une onde dans un milieu désordonné du fait d’interférences multiples, peut se manifester dans l’espace des positions (le phénomène est alors appelé localisation d’Anderson) ou dans l’espace des impulsions (on parle alors de localisation dynamique). Une signature de la localisation forte a récemment été prédite dans l’espace réciproque au désordre : le pic de diffusion cohérente vers l’avant, ou Coherent Forward Scattering (CFS), qui se manifeste comme un doublement de la probabilité de diffusion dans la direction d’une onde incidente par rapport à la diffusion isotrope dans le cas d’un désordre spatial. Nous rapportons la première observation directe du pic CFS avec un condensat de Bose-Einstein placé dans un réseau optique modulé. Nous réalisons ainsi un modèle de rotateur secoué, extension du modèle du rotateur pulsé emblématique du chaos quantique, qui induit une localisation dynamique dans l’espace des impulsions. Le pic CFS émerge alors dans l’espace réciproque, i.e. la distribution en position du système, du fait de la dynamique non ergodique. En ajustant finement la modulation, nous contrôlons les deux distances caractéristiques du système - longueur de localisation et taille du système chaotique effectif – et montrons que le pic CFS apparaît en présence de localisation forte, mais également lorsque la dynamique est confinée classiquement. Par notre choix de modulation du réseau, nous contrôlons également les symétries de la dynamique et mesurons leur impact sur le pic CFS et son pic jumeau, le pic de diffusion cohérente vers l’arrière (pour Coherent Backscattering), une signature bien connue de la localisation faible. Nos travaux établissent ainsi le pic CFS comme un marqueur quanti-

^{*}Intervenant

tatif robuste de non-ergodicité et ouvrent de nouvelles perspectives pour la caractérisation de la non-ergodicité et des symétries dans les systèmes quantiques chaotiques ou désordonnés.

Optimized Electron Beam Lithography for the Fabrication of Resonant Waveguide Gratings

Antoine Dussard * ^{1,2}, Wajdi Chaabani ², Sylvain Blaize ¹, Hind Kadiri ^{1,2},
Anna Rumyantseva ¹, Christelle Tuambilangana ², Sergeï Kostcheev ¹,
Gilles Lerondel ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² SURYS, IN Groupe – SURYS, IN Groupe – France

Electron beam lithography (EBL) system is widely used for its high resolution, enabling writing features down to 10nm. The time-intensive process of this lithographic technic however limits the size of the patterned area. Here is presented an optimization of EBL writing time to produce high resolution master for large-scale fabrication.

To minimize the writing time, a comprehensive approach has been developed. It includes: dose reducing via the associated material issues, Monte-Carlo simulations for electron-matter interaction at different accelerating voltages and the interaction volumes overlapping. Such an approach represents a crucial step toward creating hierarchical functional surfaces with unique wetting, mechanical and optical properties.

Eventually, a 1cm² DIDTM surface (1-2), consisting of subtractive chromatic filter according to the light polarization, was produce to investigate and improve angular color stability.

References:

- (1). "Diffractive subtractive color filter responsive to angle of incidence of polychromatic illuminating light", Karl Heinrich Knop et Rudolf Hans Morf, FR2509873 (A1) – 1983-01-21.
- (2). Quaranta, G., Basset, G., Martin, O. J., & Gallinet, B. (2018). Recent advances in resonant waveguide gratings. *Laser & Photonics Reviews*, 12(9), 1800017.

*Intervenant

Intrinsic hole spin mixing and non-local long-range electron-hole pair exchange interaction in GaAs quantum dots

Geoffrey Pirard ^{*} ¹, Gabriel Bester ¹

¹ Université de Hambourg (UHH) – Allemagne

When a semiconductor absorbs light with energy greater than its bandgap, an electron is excited from the valence band to the conduction band, creating an electron-hole pair. The electron and the hole, attracted to each other by Coulomb forces, form a bound state known as an exciton. Eventually, they recombine, releasing energy in the form of a photon.

In self-assembled quantum dots (QDs), quantum confinement leads to discrete energy levels. For QDs fabricated using the strain-driven Stranski-Krastanov (SK) mechanism, the exciton ground state consists of a quadruplet: two optically inactive (dark) states and two optically active (bright) states. The energy difference between the bright states, called the fine structure splitting (FSS), is of great technological interest in optoelectronics because QDs can emit polarization-entangled photon pairs when the FSS is suppressed (via e.g. applied strain or electric field).

More recent growth techniques, such as droplet epitaxy and droplet etching, have enabled the fabrication of strain-free QDs, for which the FSS can be tuned to zero by design. As a result, such QDs are widely used in quantum information experiments.

However, the complex fundamental physics of these QDs cannot be fully captured by traditional textbook perturbative approaches used for SK QDs. When lens-shaped circular-based GaAs QDs are subjected to external tensile biaxial strain along the (110) crystal axis, a strong coupling regime emerges. Many-body pseudopotential atomistic calculations reveal that hole states in GaAs QDs involve mixing of all four spin components of the heavy-hole (HH) and light-hole (LH) bands. This is in stark contrast to common models, which typically consider only coupling between antiparallel HH and LH spins.

Furthermore, this intrinsic hole spin mixing significantly affects the non-local part of the long-range electron-hole exchange interaction (LREI), resulting in mixed exciton states with polarization properties that differ qualitatively from those predicted by widespread short-range (SR) effective models neglecting the LREI. These findings are important not only for GaAs QDs but also for other nanostructures, such as colloidal QDs, nanoplatelets and two-dimensional materials. Hence, models which consider only SR interactions should always be used with caution.

^{*}Intervenant

Détection non destructive de macromolécules via l'interaction avec des nuages d'ions refroidis par laser

Audric Husson * ^{1,2}, Aurika Janulyte ², Caroline Champenois ³

¹ Laboratoire Kastler Brossel – école normale supérieure - Paris, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique: UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université – France

³ Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, CNRS : UMR7345 – France

L'expérience GiantMol vise à développer une méthode de détection non destructive pour les macromolécules chargées en utilisant des nuages d'ions refroidis par laser. Cette nouvelle approche repose sur la modification de l'équilibre thermodynamique d'un nuage d'ions piégés refroidis par laser lorsqu'il est traversé par un projectile chargé et massif. L'objectif est de détecter le projectile en mesurant la variation du taux de fluorescence du nuage. Pour certains paramètres de piégeage, des simulations numériques ont montré une efficacité de détection de 100% pour des projectiles de masse supérieure à 1 MDa. Cependant, cette efficacité doit être confirmée expérimentalement.

Les macromolécules sont générées à partir d'une source d'ionisation par électrospray. Un dispositif de guidage est utilisé pour limiter la dispersion en masses, en charge et en énergies des ions. Les macromolécules de masse moyenne, allant de 10^3 à 10^6 Da, sont injectées dans le nuage d'ions cibles composé d'ions 40-Ca. Cette méthode de détection surmonte les limitations des dispositifs de détection traditionnels comme les multiplicateurs d'électrons ou les MCPs pour les masses supérieures à 10^4 Da, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour la spectrométrie de masse en chimie analytique en permettant la détection de molécules complexes et massives tout en évitant leur dénaturation.

Le contrôle du nuage d'ions cible repose sur un équilibre entre le refroidissement laser et le chauffage RF du piège. Les paramètres de piégeage sont optimisés pour accentuer ce dernier après la perturbation générée par le passage de la molécule à travers.

En parallèle, l'expérience GiantMol se concentre sur l'étude du pouvoir d'arrêt des ions dans les plasmas fortement couplés. Les simulations numériques visent à comprendre les rôles respectifs des collisions binaires et des interactions avec le plasma dans son ensemble. Cette analyse du pouvoir d'arrêt fournira des informations cruciales sur les processus d'interaction ion-plasma et contribuera à l'avancement des connaissances dans ce domaine.

*Intervenant

Iridescent coloring in Transmission

Nour Amine ^{*} ¹, Hind Kadiri ^{1,2}, Antoine Dussard ^{1,2}, Wajdi Chaabani ²,
Christelle Tuambilangana ², Julia Petit ², Anna Rumyantseva ¹, Serguei
Kostcheev ¹, Sylvain Blaize ¹, Gilles Lerondel ¹

¹ Université de Technologie de Troyes – Laboratoire Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies –
L2n, Université de Technologie de Troyes – France

² InGroupe – Syrus – France

Iridescent coloring is a visual optical phenomenon in which surfaces exhibit dynamic color changes depending on the angle of observation or illumination. Unlike pigment-based colors that arise from chemical absorption of light, iridescent colors are the result of physical interactions between light and structured surfaces at the micro- or nanoscale. Iridescence is commonly found in nature. Organisms such as Morpho butterflies and peacocks (*Pavo cristatus*), exhibiting structural coloration as a means of communication, camouflage, or sexual selection. Understanding these natural designs has led to the development of biomimetic materials in scientific and technological fields with applications include security printing. While iridescence in reflection is well known it is less common in transmission. We report here on enhanced colored transmission occurring in discontinuous metallic gratings. Several physical effects at the origin of the enhanced colored transmission including surface plasmons, guided modes and zero order diffraction will be discussed and compared to experimental data.

^{*}Intervenant

Utilisation de ressources locales et déchets industriels pour une économie circulaire et réduction de l’empreinte carbone dans l’industrie du ciment

Hafida Boutefnouchet * ¹, Abdelatif Boutefnouchet *

2

¹ Foundry Research Laboratory (LRF), Badji Mokhtar-Annaba University – Algérie

² Biophysics Laboratory, Faculty of Medicine, Badji Mokhtar-Annaba University – Algérie

L’environnement et la construction durable sont des préoccupations clefs pour la pérennité de l’industrie cimentaire, dont la production est fortement émettrice de gaz à effet de serre. Par une utilisation judicieuse des matières premières locales et résiduelles, cette industrie pourrait être en mesure de réduire son empreinte carbone et de promouvoir le développement de matériaux de construction plus écologiques et la mise en place d’une économie circulaire.

La présente étude porte sur la substitution partielle du clinker, dans la formulation du ciment, par des matières premières naturelles, en l’occurrence la pouzzolane et l’argile calcinée et la valorisation d’un déchet de sidérurgie, le laitier du Haut fourneau.

La méthodologie expérimentale qui a été entreprise au cours de ce travail est axée sur une étude comparative réalisée sur cinq ciments, tous répondant à la spécification de type CEM II/C-M de la norme en vigueur. Les objectifs visés, par le biais d’une évaluation des émissions des gaz à effets de serre (GES), des dépenses énergétique et des coûts liées à la production des ciments d’études est de trouver la bonne composition pour un ciment de type EcoPlanet.

Des tests physiques, chimiques et mécaniques ont permis de déterminer les performances des ciments à base des substituts utilisés. Une analyse par Diffraction des rayons X et par microscopie électronique a permis de montrer les principales phases obtenues lors des réactions d’hydratation du ciment et leurs rôles sur la prise et le durcissement, et de manière plus étendue, sur les résistances mécaniques.

*Intervenant

A Nonlinear Variational Model of Cracks and Dislocations

Godefroy Engrand * ¹

¹ Université Paris-Saclay, ONERA, CNRS, Laboratoire d'étude des microstructures (LEM) – ONERA, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

ABSTRACT

In crystalline materials, fracture is often coupled with plastic activity. A comprehensive mesoscale modeling of fracture should therefore incorporate crack propagation and its interplay with dislocation multiplication and glide.

Both cracks and dislocations are associated with discontinuities in the displacement field (1)(2). Therefore, it should be possible to construct a model based only on the displacement field. This requires the identification of a nonlinear elastic energy functional that is invariant with respect to the point group of the lattice, but also with respect to any shear deformation that leaves the lattice invariant.

In this talk, we show how to construct this infinitely degenerate potential energy and discuss the numerical implementation of the model. Finally, we present simulation results that reproduce spontaneously, through the dynamics of the displacement field alone, the complex interplay between evolving fractures and dislocations, including dislocation nucleation at the crack tip and crack nucleation due to strain localisation generated by dislocation glide.

REFERENCES

- (1) BAGGIO, R., ARBIB, Edoardo, BISCARI, P., *et al.* Landau-type theory of planar crystal plasticity. *Physical Review Letters*, 2019, vol. 123, no 20, p. 205501.
- (2) MARCONI, V. I. et JAGLA, E. A. Diffuse interface approach to brittle fracture. *Physical Review E-Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 2005, vol. 71, no 3, p. 036110.

*Intervenant

Vibrational excitation of the H₂O/HDO molecules by electron impact

Mehdi Ayouz ^{*} ^{1,2}, Alexander Faure ³, Ioan F. Schneider ⁴, Zsolt Mezei ⁵,
Kokoouline Viatcheslav ⁶

¹ Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux - EA 4038 (LGPM) – CentraleSupélec –
CentraleSupélec - LGPM - Grande Voie des vignes - 92295 Chatenay-Malabry, France

² SPMS – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, 3 rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette, France,
CentraleSupélec, Université Paris-Saclay 3 rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette, France – France

³ IPAG – Univ. Grenoble Alpes, INRAE, CNRS, INP, GAEL – France

⁴ LOMC – Université du Havre Normandie – France

⁵ HUN-REN – Hongrie

⁶ University of Central Florida – états-Unis

Abstract: Cross sections and thermally-averaged rate coefficients for vibrational (de-)excitation by electron impact of the H₂O and HDO molecules are computed using a theoretical approach based on first principles only. The approach combines the scattering matrices, obtained from the UK R-matrix codes for several geometries of the target molecule, three-dimensional vibrational states of H₂O/HDO, and the vibrational frame transformation. Vibrational states of the molecule are evaluated solving the Schrödinger equation numerically, without using the normal-mode approximation, known to be inaccurate for the water molecule. Thus, couplings and transitions between vibrational states of target are accounted. From the calculated cross sections, thermally averaged rate coefficients and their analytical fits are provided. Significant differences between the results, obtained HDO and H₂O, are observed. Uncertainty assessment of the obtained data is performed for eventual use in modeling non-local thermodynamic equilibrium (non-LTE) spectra of water in various astrophysical environments.

^{*}Intervenant

Influence de l'environnement de sollicitation sur le comportement mécanique des polymères : de l'approche phénoménologique à la considération du mouvement des chaînes moléculaires

Quentin Bourgogne * ¹

¹ Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux – Université de Lorraine - CNRS - ENIM, Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux, 7 rue Félix Savart 57070 Metz, FRANCE – France

L'utilisation de composites plastiques renforcés se démocratise dans l'industrie automobile à des fins d'allègement, jusqu'à atteindre aujourd'hui les composants sous-capot tels que les pompes à eau de refroidissement. L'immersion permanente dans le liquide de refroidissement et les fortes variations de températures inhérentes à cette application constituent un environnement défavorable à ce type de matériaux et doivent être anticipés. L'objet de la présentation porte sur une étude du comportement mécanique expérimental et théorique menée sur un PolyPhénylène Sulfide (PPS).

Les variations de températures et le vieillissement du matériau lié à l'immersion dans le liquide de refroidissement ont été investigués de manière expérimentale. Ces observations ont permis la mise en place d'un modèle phénoménologique permettant de traduire le comportement visco-elasto-pseudo-viscoplastique du PPS et de le prédire pour différentes températures et concentrations en eau (1).

Si ces modèles donnent satisfaction au niveau macroscopique, ils ne permettent pas d'étudier la réorganisation des chaînes moléculaires du matériau liée à la viscoélasticité et aux élévations de température. Un nouveau formalisme considérant ce phénomène a ainsi été développé, prenant en compte des réarrangements microstructuraux (2). Le formalisme proposé permet d'étudier l'influence de la réorganisation des chaînes moléculaires sur le comportement mécanique au cours d'une sollicitation, pour plusieurs températures et concentrations de molécules d'eau tout en formant une base d'étude du phénomène d'auto-échauffement.

Références :

(1) Bourgogne, Q. C., Bouchart, V., Chevrier, P., & Dattoli, E. (2020). Influence of temperature and cooling liquid immersion on the mechanical behavior of a PPS composite: experimental study and constitutive equations. *SN Applied Sciences*, 2, 1-19.

(2) Bourgogne, Q. C., Bouchart, V., & Chevrier, P. (2021). On the physical interpretation

*Intervenant

of pseudo-plastic behaviour of polymers and prediction for various environmental conditions.
Comptes Rendus. Mécanique, 349(3), 465-484.

1905, l'année miraculeuse d'Einstein

Boris Chenaud * ¹

¹ Laboratoire Charles Coulomb – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Montpellier – France

L'année 1905 est un moment charnière dans l'histoire des sciences. À seulement 26 ans, Albert Einstein, alors employé au bureau des brevets de Berne, publie en quelques mois quatre articles qui bouleversent la physique et ouvrent la voie à des révolutions scientifiques majeures. Ces travaux, d'une portée inégalée, posent les fondements de la physique moderne en abordant des concepts aussi essentiels que la nature de la lumière, l'existence des atomes, la relativité du temps et de l'espace, ainsi que l'équivalence entre masse et énergie. Dans cette conférence, nous plongerons au cœur de cette "année miraculeuse", en explorant chacun de ces articles et leur impact sur notre compréhension du monde. Nous verrons comment Einstein apporte une explication décisive au mouvement brownien, confirmant ainsi l'existence des atomes, et comment son interprétation de l'effet photoélectrique conduit directement à la naissance de la mécanique quantique. Nous aborderons ensuite la relativité restreinte, qui transforme notre conception du temps et de l'espace, et enfin l'équation révolutionnaire $E = mc^2$, qui révèle la formidable énergie contenue dans la matière et annonce les développements futurs de l'énergie nucléaire.

Mais au-delà des avancées théoriques, cette année 1905 soulève des questions toujours d'actualité. Comment une science en pleine mutation influence-t-elle les technologies modernes et nos sociétés ? Quel est l'héritage d'Einstein aujourd'hui, à l'ère de l'informatique quantique et des explorations spatiales ?

En mêlant rigueur scientifique et diffusion de la culture scientifique, cette conférence vous propose de redécouvrir comment, en une seule année, un jeune physicien a changé à jamais notre vision du monde et ouvert de nouvelles perspectives qui continuent de façonner notre avenir.

*Intervenant

Photoionization of diatomic molecules including vibrational considerations

Conner Penson ^{*} ¹, Mehdi Ayouz ², Viatcheslav Kokoouline ³

¹ University of Paris-Saclay – University of Paris-Saclay, University of Paris - Saclay – France

² University of Paris-Saclay – University of Paris-Saclay, University of Paris - Saclay – France

³ University of Central Florida [Orlando] – états-Unis

The photoionization (PI) spectrum of the CH and N₂ molecules are evaluated theoretically and compared with available experimental data for photon energies from the photoionization threshold to around 3eV above the second excited electronic state for both molecules. The vibrational motion and the vibronic coupling between the lowest vibrational and electronic states of the two molecules and their ions are accounted for in the present study. The multichannel quantum-defect theory with the vibrational frame transformation is employed in modeling the PI cross section. The PI cross section is calculated for several initial vibrational levels of the neutral molecules. A good agreement with the experiment by Gans et al. (J. Chem. Phys. 144, 204307 (2016)) for positions of observed resonances and a qualitative agreement for the intensities of the resonances are found for CH. Peak positioning and relative heights for N₂ are in accordance with Randazzo et al. (J. Chem. Phys. 140, 194303 (2014)) in the region past the first electronic threshold with discrepancies in the lower energy spectrum.

^{*}Intervenant

A compact MEMS force probe for thrust measurements in electric propulsion thrusters

Giada Brandi * ¹, Paul-Quentin Elias ¹, Raphaël Levy ²

¹ ONERA-DPHY-FPA, Université Paris Saclay [Palaiseau] – ONERA, Université Paris-Saclay – France

² ONERA – ONERA-DPHY-CMT – France

Accurate thrust measurement is critical for the characterization of **electric propulsion** (EP) thrusters. Conventional methods, such as thrust balances or plume diagnostics with electrostatic probes, often present limitations in terms of compatibility with specific vacuum facilities or experimental constraints. To address these issues, ONERA and CNES have developed a compact **force probe** capable of directly **measuring local pressure** of cold gas jet or plasma thrusters plume. The sensor, based on a patented piezoelectric quartz MEMS sensor, detects momentum flux via shifts in resonance frequency induced by the impact of particles on its active component, the proof mass. The frequency shifts are related to pressure through a calibration curve obtained using an electrostatic calibration method.

By performing angular scans and integrating the measured pressure over a hemispherical surface, the probe enables **thrust estimation without direct mechanical connection to the thruster**. Experimental validation was carried out using a cold gas thruster in ONERA's B09 vacuum chamber. The probe's thrust measurements showed good agreement with thrust balance values beyond 11 cm, when corrected for gas-surface interaction effects. In the near field, underestimation of thrust was observed and is currently under investigation. The compactness, adaptability, and direct measurement capabilities of this MEMS force probe suggest strong potential for flexible, in-situ diagnostics in various EP applications, including **in-flight measurements**.

*Intervenant

From Synthesis to Assembly: Study of a Silicon based Metasurface Fabrication

Juan Xin * ¹, Jérémie Beal ¹, Julien Proust ¹, Jérôme Plain ¹

¹ L2N – Light, nanomaterials, nanotechnologies (L2n), Université de Technologie de Troyes – France

We present a bottom-up, cost-effective strategy for the large-area fabrication of silicon-based metasurfaces via capillary force-assisted assembly of nanoparticles (NPs). Silicon NPs were prepared by physically grinding high-purity silicon lumps using a kitchen blender, achieving spherical particles with narrow size distribution. These NPs were chemically anchored to nano patterned silicon substrates through APTES-based silanization to ensure stable adhesion and compatibility with subsequent assembly.

Using a microfluidic system (Smart Force), capillary forces generated by controlled evaporation within confined channels were harnessed to guide individual Si NPs into nanohole traps of various sizes and periodicities. We demonstrated single-particle precision with near 99% filling efficiency across large areas. The influence of key parameters-NP concentration, substrate wettability, temperature (35.6 °C), and airflow (50.2 mL/min)-was systematically analyzed. Optical characterization revealed resonant scattering in the near-infrared (NIR) region, tunable via NP size. Both experimental and FDTD-simulated extinction spectra showed good agreement. Furthermore, a complex "Einstein" portrait was successfully assembled, showcasing the spatial resolution and robustness of the method. SEM, AFM, and dark-field microscopy confirmed the structural and optical fidelity of the assemblies after PMMA template removal.

This capillary-driven assembly technique enables high-resolution patterning of dielectric nanoparticles with potential in photonics, optical encryption, sensing, and anti-counterfeiting. The approach combines scalability, structural precision, and material compatibility, offering a promising alternative to conventional top-down fabrication methods.

*Intervenant

Les données personnelles et la physique

Xiaohong Chen * ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne – Centre National de la Recherche Scientifique,
Université Bourgogne Europe – France

Sans préparation suffisante nous sommes entré dans une époque pleinement numérique. Tout un coup face à de nouveaux phénomènes divers dont celui-ci : Les données personnelles. Elles peuvent faire (et ont fait) objet de fuite, de commerces ou d'utilisation à notre insu. Qui sont les gens qui intéressent à ces données ? Nous commençons notre travail par poser une telle question. Nous essayons d'y répondre en énumérant les gens dans différents métiers, sans oublier nous-même. Nous constatons que ce phénomène devient un véritable défi sociétal. Les données personnelles, ce concept ne semble pas avoir de rapport avec la physique. Malgré l'apparence, physiciennes et physiciens, nous pouvons observer et témoigner ce phénomène sous un éclairage qui nous est familier : celui de la physique. Le même éclairage nous guiderait dans une quête de sens, dans une recherche de perspective d'une société humainement et physiquement vivable.

*Intervenant

Hybridation d'un interféromètre atomique avec un capteur inertiel pour la gravimétrie embarquée

Benoit Kaczmarczuk ^{*} ¹, Franck Pereira Dos Santos ¹, Quentin Beaufls ¹

¹ Laboratoire Temps Espace – Institut National des Sciences de l'Univers, Observatoire de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille, Sorbonne Université, Laboratoire National de Métrologie et d'Essais – France

Dans le contexte du projet européen ADEQUADE (Advanced, Disruptive and Emerging QUAntum technologies for Defence) visant à améliorer la précision et la portabilité des mesures gravitationnelles à l'aide d'un interféromètre atomique embarqué. Ce type d'instrument, exploitant les propriétés quantiques des atomes, offre une sensibilité accrue pour la mesure de l'accélération gravitationnelle, avec des applications potentielles en géophysique et en climatologie.

Un interféromètre à une ambiguïté sur la phase et donc l'accélération lorsqu'elle est soumise à de forte bruit, pour enlever l'ambiguïté il est nécessaire d'utiliser un capteur classique.

Notre travail consiste à explorer une approche d'hybridation créant un méta-capteur combinant les qualités de l'interféromètre (valeur absolue sans dérive, bonne sensibilité). Dans un premier temps Nous considérons deux algorithmes d'hybridation (approche directe, approche combinatoire) d'estimation multi-paramètre sur le biais et le facteur d'échelle du capteur classique. Les deux algorithmes sont testés sur des données synthétique et des données réelles venant une campagne de mesure réalisée par ONERA

Dans un deuxième temps, Nous réalisons une nouvelle approche en complexifiant les deux algorithmes pour compenser les effets de désalignement d'axe des deux capteurs, les effets de la fonction de transfert du capteur classique. Une Généralisations pour chaque algorithme en considérant l'accélération comme une combinaison linéaire de coefficients de sensibilité à estimer avec des grandeurs inertielles.

Cette approche permet d'outrepasser des mesures de calibration en amont d'une campagne de mesure et d'avoir une calibration dynamique pendant les mesures d'accélération gravitationnelle.

^{*}Intervenant

Optimized Electron Beam Lithography for Scalable Fabrication of Nanostructures

Antoine Dussard * ^{1,2}, Wajdi Chaabani ², Hind Kadiri ^{1,2}, Christelle Tuambilangana ², Anna Rumyantseva ³, Sergeï Kostcheev ¹, Gilles Lerondel ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² SURYS, IN Groupe – SURYS, IN Groupe – France

³ Université de Technologie de Troyes (UTT) – Laboratoire Lumière, nanomatériaux, nanotechnologies (L2n) – France

Electron beam lithography (EBL) system is widely used for its high resolution, enabling writing features down to 10nm. The time-intensive process of this lithographic technic however limits the size of the patterned area. Here is presented an optimization of EBL writing time to produce high resolution mold for large-scale fabrication by nano-imprint lithography (NIL). To minimize the writing time, a comprehensive approach has been developed. It includes: dose reducing via the associated material issues, Monte-Carlo simulations for electron-matter interaction at different accelerating voltages and the interaction volumes overlapping. Such an approach represents a crucial step toward creating hierarchical functional surfaces with unique wetting, mechanical and optical properties.

*Intervenant

Un simulateur de plasma non-neutre grâce aux ions piégés contrôlés par laser

Célestine Klein ¹, Gaetan Hagel ¹, Marie Houssin ¹, Caroline Champenois ^{*}

1

¹ Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, CNRS : UMR7345 – France

L'expérience décrite ici a pour but de mesurer plusieurs propriétés d'auto-diffusion dans un plasma non neutre fortement corrélé, simulé par un nuage d'ions refroidis par laser dans un piège radiofréquence. Le support de ces expériences sont des nuages de quelques milliers d'ions, soumis à des protocoles d'interaction laser à plusieurs photons; ils offrent une plateforme versatile qui rend possible des approches expérimentales non accessibles aux plasmas conventionnels.

Ici, un nuage d'ions Ca^+ piégés dans un piège radiofréquence (RF) quadripolaire linéaire est la réalisation pratique d'un plasma à une composante (OCP) de taille finie où le potentiel confinant joue le rôle des particules neutralisantes dans un plasma traditionnel. Les ions sont refroidis grâce à une technique de refroidissement laser Doppler jusqu'au mK et forment une structure stationnaire appelée cristal de Coulomb, qui minimise l'énergie potentielle totale.

Un laser supplémentaire est pointé sur le nuage, ce qui permet d'exciter les ions dans un état métastable. Cet état a un temps de vie supérieur à la milliseconde, ce qui rend les ions excités dans cet état sombres. La pression de radiation induite par le refroidissement laser n'affecte que les ions lumineux et par conséquent les ions sombres et lumineux sont séparés. Cette ségrégation spatiale peut être exploitée pour mesurer le coefficient de diffusion des ions au sein du nuage. Pour cela, différents protocoles d'excitation permettent de moduler les échelles de temps pertinentes ainsi que la force de la pression de radiation. Ces mesures sont très importantes pour tester des modèles de plasma en dehors des régimes conventionnels.

^{*}Intervenant

Thermal stability of High Entropy Alloy Nanoparticles: an atomic scale study

Anissa Acheche ^{*} ^{1,2}, Syrine Krouna ², Christian Ricolleau ², Guillaume Wang ², Nathaly Ortiz Peña ², Riccardo Gatti ¹, Damien Alloyeau ², Jaysen Nelayah ², Hakim Amara ¹

¹ Université Paris-Saclay, ONERA, CNRS, Laboratoire d'étude des microstructures (LEM) – ONERA, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Université Paris Cité, CNRS, Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) - CNRS – France

Recently, HEAs have been synthesized in the form of nanoparticles (HEA-NPS). First reports on their tuneable properties have shown their promising catalytic activity in many reactions. A critical first step towards optimizing their potentials for medium or high temperature application is to develop a better understanding of their thermal behavior and structural stability. In this contribution, we have performed Molecular Dynamics (MD) simulation coupled with in situ aberration-corrected Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM) observations to gain atomic-level fundamental insights into the thermal stability of CoNiCuPtAu HEA-NPS.

On an experimental side, the HEA-NPs were synthesised by pulsed laser deposition and their atomic and chemical structures were then followed at single particle level and atomic scale during in situ STEM heating. The evolution of the NP stability reveals that some NPs coalescence is activated around 700K concomitantly with Au and Cu surface segregation. As the temperatures is raised to 1000K, we observed the simultaneous depletion of the latter two elements from the NPs. To go beyond phenomenological observations, we performed MD simulation, using the LAMMPS code, to investigate the structure of CoNiCuPtAu NPs under thermal stimuli.

In this context, 309 to 3871-atom (2 to 5 nm diameter) CoNiCuPtAu HEA-NPs in equiatomic composition were considered. The investigation of their structural properties over the temperature range from 400 to 1500 K, results in significant conclusions. Firstly, a temperature-dependent segregation of Au and Cu at the surface is highlighted. Furthermore, the analysis of the local atomic energy of the different species confirms the strong tendency of Au and Cu atoms to segregate at the surface. These elements have the lowest energy and are therefore highly susceptible to evaporation. Lastly, the diffusion studies of the constituent elements demonstrated that the presence of interfacial area in coalesced NPs favors Au mobility and thus its segregation.

^{*}Intervenant

Interactions entre atomes de Rydberg circulaires

Abderrahmane Kassid * ¹

¹ Laboratoire Kastler Brossel – Collège de France, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure de Paris - ENS Paris – France

Les simulateurs quantiques à base d'atomes de Rydberg sont particulièrement bien adaptés à l'étude de systèmes bi-dimensionnels de spins en interaction. Ils sont, en revanche, limités dans la durée des simulations réalisées par le temps de vie des niveaux de Rydberg communément utilisés, de l'ordre de quelques 100 μ s. Les atomes de Rydberg circulaires, de moment cinétique maximal, ont un temps de vie naturelle de plusieurs dizaines de millisecondes. Leur utilisation dans des simulateurs quantiques permettrait d'accroître considérablement les temps de simulations et d'étudier notamment des phénomènes lents, comme la thermalisation, hors d'atteinte des simulateurs actuels.

Dans notre expérience, nous piégeons des atomes de Rydberg circulaires dans un réseau de pinces optiques en forme de bouteille **(1)**. Dans cet exposé, je présenterai nos résultats récents par lesquels nous avons caractérisé l'interaction dipolaire entre deux atomes de Rydberg circulaires **(2)**, et montré le contrôle dynamique de la force de l'interaction par le contrôle d'un champ électrique. Je présenterai également un nouveau protocole permettant la mesure quantique non-destructive des atomes de Rydberg circulaires et la manipulation locale de leur état, via leur interaction avec un atome sonde, transitoirement excité vers un niveau de Rydberg de bas moment cinétique **(3)**. **(1)** B. Ravon *et al.*, Phys. Rev. Lett. **131** 093401 (2023). **(2)** P. Méhaignerie *et al.*, Phys. Rev. X Quantum **6**, 010353 (2025). **(3)** Y. Machu *et al.*, En cours de préparation.

*Intervenant

Densification in situ de matériaux céramiques base carbure de titane

Hafida Boutefnouchet * ¹, Nor El Houda Berramdan ², Abdelatif
Boutefnouchet *

3

¹ Foundry Research Laboratory (LRF), Badji Mokhtar-Annaba University – Algérie

² National Higher School of Technology and Engineering - Annaba – Algérie

³ Biophysics Laboratory, Faculty of Medicine, Badji Mokhtar-Annaba University – Algérie

La synthèse auto-propagée à haute température (SHS) est l'une des méthodes les plus économes en énergie et les plus faciles à mettre en œuvre pour produire du carbure de titane et des matériaux à base de ce composé. Toutefois la limite majeure de ce procédé tient au fait que les matériaux produits sont poreux et nécessitent de poursuivre leur densification par un frittage classique, compromettant ainsi, les avantages du procédé SHS, en termes d'énergie, de rapidité et de sa capacité à produire des poudres nanométriques.

Dans la présente étude, des mélanges titane-carbone à 80 % en poids avec divers additifs de nickel, d'aluminium et d'oxyde de nickel préalablement co-broyés, ont été préparés pour la formation de matériaux composites base TiC par réaction SHS. La sélection des systèmes d'étude a été établie sur la base de calculs thermodynamiques afin d'obtenir un régime de synthèse en phase liquide et promouvoir une densification in-situ. Les échantillons ont ensuite été comprimés à 1000 °C sous une pression de 50 MPa pour augmenter la densité des matériaux de synthèse.

Un temps d'acquisition court (35 ms/scan) a été utilisé pour suivre en temps réel l'évolution structurale et thermique au cours de la réaction SHS.

Les produits synthétisés analysés par MEB ont montré différentes morphologies nanostructurales des produits obtenus.

*Intervenant

Comprendre les fondamentaux de l'ellipsométrie spectroscopique : principes et applications

Jean-Paul Gaston * ¹

¹ Quantum Design Europe – états-Unis

L'ellipsométrie spectroscopique est une technique optique de caractérisation des surfaces et des couches minces. Elle mesure le changement de polarisation de la lumière après réflexions par un matériau (ou en transmission dans le cas d'échantillons anisotropes). En analysant cette variation, on peut déduire des informations des couches minces comme :

- L'épaisseur
- Les propriétés optiques : indice de réfraction (n) et coefficient d'absorption (k)
- Le band gap
- La rugosité de surface
- La couche d'interface
- La composition (jusqu'à 3 matériaux)
- La cristallinité
- L'anisotropie
- L'uniformité

Cette méthode est largement utilisée dans la recherche et l'industrie pour l'étude des semi-conducteurs, des matériaux optiques et des films minces en général. Elle est non destructive, précise, et permet une analyse sur une large gamme spectrale, d'où le terme "spectroscopique"

*Intervenant

Les couleurs physiques dans les arts visuels

Bruno Palpant * ¹

¹ Laboratoire Lumière, Matière et Interfaces – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Ecole Normale Supérieure Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR9024 / FRE2036, Centre National de la Recherche Scientifique : FRE2036 – France

A l'instar du monde numérique – intelligence artificielle, réalité augmentée, vision immersive – la science a souvent inspiré l'art et l'a nourri par l'apport de nouvelles techniques. Au-delà, c'est l'appréhension même du monde sensible qui évolue avec l'avancée des connaissances et dont s'empare la subjectivité de l'artiste. A l'inverse, bon nombre d'œuvres d'art interrogent les scientifiques dans des disciplines comme la chimie, la physique, voire les mathématiques. L'enjeu de cette interrogation se situe non seulement dans la nécessité de conservation d'une œuvre d'art, mais également dans la compréhension des techniques utilisées, de leur maîtrise par l'artiste, et des effets obtenus grâce à elles, effets exploités ensuite dans la réalisation de l'œuvre. Ainsi, science, art et industrie ont été intimement mêlés au cours des siècles.

Le monde des couleurs s'inscrit pleinement dans ces dépendances. Si la couleur est souvent d'origine pigmentaire, résultant de l'interaction de la lumière avec une substance chimique qui en modifie les propriétés par absorption sélective des couleurs, des phénomènes d'origine physique peuvent également inspirer les artistes et peupler leurs œuvres. Les " couleurs physiques " trouvent leur origine dans la structuration de la matière à petite échelle spatiale et son influence sur la propagation de la lumière. Bien souvent, le rendu visuel est le résultat complexe de l'addition de plusieurs effets d'origine pigmentaire ou physique. Ces effets peuvent être obtenus par une approche scientifique ou utilisés sciemment, voire atteints par le fruit du hasard, optimisés et reproduits par la main de l'artisan ou de l'artiste.

J'explorerai dans cet exposé les principaux phénomènes physiques conduisant à des effets colorés dans des œuvres d'art, des tessères des mosaïques romaines à des photographies contemporaines, en passant par la Coupe de Lycurgue, les lustres de céramiques abbâssides, l'utilisation du jaune d'argent dans les vitraux du Moyen Age et du " rouge rubis " dans les arts décoratifs, l'incorporation d'effets opalescents ou iridescents dans les verres, les céramiques, la peinture.

*Intervenant

Effervescences (dimanche)

(Mini-Conférence) 14h45 et 17h15 Sadi Carnot à notre panthéon

Alexandre Moatti * ¹, Christophe Goupil *

2

¹ Université Paris-Diderot SPHERE UMR 7219 – Université Paris VII - Paris Diderot – France

² Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain – Centre National de la Recherche Scientifique :
UMR8236, Université Paris Diderot - Paris 7 : UMR8236, Centre National de la Recherche Scientifique
: UMR8236, Université Paris Diderot - Paris 7 : UMR8236 – France

Nous souhaitons présenter avec Christophe Goupil (directeur du LIED, Université Paris Cité lui aussi) - un historien des sciences et un physicien - une communication en "vulgarisation scientifique" autour de Sadi Carnot (1796-1832), "père" de la thermodynamique. Alexandre Moatti

Laboratoire SPHERE (UMR7219), Université Paris Cité

*Intervenant

(Speed Searching) Construire un nanosenseur de force cellulaire basé sur du transfert d'énergie (FRET)

Noémie Lacroix * ¹, Sara Faour ^{2,3}, Thomas Pons ⁴, Cyrille Vézy ⁵,
Rodolphe Jaffiol ⁶

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS : UMR7076 – France

³ Matrice extracellulaire et dynamique cellulaire - UMR 7369 – Université de Reims Champagne-Ardenne, SFR CAP Santé (Champagne-Ardenne Picardie Santé), Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁴ Laboratoire de Physique et d'étude des Matériaux – Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, Université Paris sciences et lettres, Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8213 – France

⁵ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS : UMR7076 – France

⁶ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS : UMR7076 – France

Les cellules sont les briques de base de tous les êtres vivants-des plantes, aux animaux, jusqu'aux humains. Elles ont la capacité de ressentir et réagir à leur environnement. Elles peuvent sentir quand on les touche ou quand quelque chose appuie sur elles. Elles interagissent avec le milieu externe comme le sol par des points d'adhésions appelés **adhésions focales** reliés par un réseau de fils internes appelé **cytosquelette**. Ensemble, ils peuvent détecter et appliquer des forces avec l'extérieur.

Mais ces forces sont très petites et difficiles à observer. Pour mieux les comprendre, nous avons créé un outil : un nano-capteur de force (FNS). Il est fait d'une minuscule molécule élastique, un peu comme un ressort, avec deux petites lumières aux extrémités. L'une d'elles est une **boîte quantique**, une source de lumière très précise et résistante. Une source de lumière s'attache à la cellule sur une adhésion focale et une autre au sol, le substrat.

Quand une cellule tire dessus, le capteur s'étire, et les lumières changent avec un processus de transfert d'énergie appelé **FRET**. Ce changement nous permet de mesurer la force exercée, même à très petite échelle (pN).

Pour tester ce capteur et appliquer des forces, on utilise un appareil appelé **chambre microfluidique**. Il permet de pousser tout doucement grâce à un courant maîtrisé sur une petite bille attachée au capteur, et de connaître le lien entre les variations de signal lumineux et la force.

*Intervenant

Grâce à cette technologie, on pourra mieux comprendre comment les cellules perçoivent et réagissent aux forces qui les entourent. C'est essentiel pour mieux connaître le vivant, en particulier le déplacement des cellules.

(Mini-Conférence) 15h15 Jouer avec les dissonances pour mieux comprendre la physique

Estelle Blanquet * ¹

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – 3 ter place de la Victoire - Case
41 - 33076 Bordeaux cedex, France

La science-fiction offre un formidable terrain de jeu à qui accepte de remettre en cause ses représentations du monde. Elle peut même contribuer, par les dissonances cognitives qu'elle suscite, à une meilleure compréhension de phénomènes physiques que l'on croyait connaître. Cette conférence interactive vous permettra de tester vos idées et, qui sait, de voir le monde autrement. Alors, envie de jouer ?

*Intervenant

(Speed Searching) Les grandes structures de l'Univers dans les relevés cosmologiques

Tanguy Dusserre * ¹

¹ Institut d'astrophysique spatiale – Institut National des Sciences de l'Univers, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National d'études Spatiales [Paris] – France

Je souhaite participer à la journée Efferversciences le dimanche dans la catégorie speed-searching. Je parlerai de la façon dont on peut faire de la cosmologie avec les relevés du télescope européen Euclid, plus particulièrement de l'étude des grandes structures de l'Univers (amas de galaxies). Je m'appuierai sur les images de différents astres prises par Euclid et éventuellement par d'autres télescopes produisant du matériel adéquat à la vulgarisation, comme le JWST. Selon le temps alloué, je peux également résumer l'histoire de l'Univers de façon accessible au grand public, toujours en me basant sur des images simples et parlantes. Cela permet de mieux situer les différents domaines d'étude en cosmologie.

*Intervenant

(Speed Searching) Utiliser la Force du laser pour comprendre le ciment

Charlotte Veillon * ¹

¹ Laboratoire Navier – Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Gustave Eiffel – France

Journée effervesciences du dimanche

Je propose de présenter mes travaux de thèse sur l'influence des superplastifiants, utilisés pour fluidifier les pâtes de ciment, sur les interactions entre particules dans des suspensions modèles de ciment. À l'aide d'outils expérimentaux comme la rhéologie, l'analyse chimique et les pinces optiques, j'explore le lien entre forces de contact entre particules et propriétés macroscopiques. Ce sera aussi l'occasion d'échanger autour du métier de doctorant·e et des méthodes expérimentales en physico-chimie de la matière molle.

Je suis également disponible si vous prévoyez un stand de manips de démonstration autour de la matière molle (bulles, mousses, fluides complexes). J'ai déjà eu l'occasion d'en animer à deux reprises lors de la fête de la science.

*Intervenant

(Mini-Conférence) 16h15 La physique et la musique dans l'apprentissage de langue

Xiaohong Chen * ¹

¹ Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne – Centre National de la Recherche Scientifique,
Université Bourgogne Europe – France

Dans l'apprentissage d'une langue tonale (le chinois mandarin en fait partie), de fausses intonations peuvent générer des ambiguïtés sémantiques. C'est l'une des difficultés majeures du chinois langue étrangère. Sous éclairage des concepts de la physique, nos études ont montré des conditions sous lesquelles certaines de ces ambiguïtés peuvent être levées. Ces recherches ont impacté directement la didactique de langue.

Nos efforts ont été focalisés sur la compréhensibilité des phrases produites oralement par les débutants. Des séquences musicales et chansonnières ont été composées pour les cours du chinois mandarin. Ces morceaux ont été rassemblés et synthétisés dans deux ouvrages publiés en 2007 et 2009 respectivement, pour être utilisés également dans la recherche.

La physique et la biophysique sont des branches des sciences et techniques, la musique et la chanson sont des disciplines artistiques. Quand on apprend à parler une langue étrangère, la physique intervient parce que nos systèmes auditif et vocal (au moins) sont mobilisés naturellement.

Et la musique, où intervient-elle et comment, est-ce évident ?

Un nouvel ouvrage consacré au rythme parolier "Le chinois en rythme" a été publié récemment. Nous continuons à nous poser des questions sur les aspects de la physique et de la musique qui interviennent dans la cognition linguistique. Dans l'enseignement comme dans la recherche, beaucoup restent à élaborer et à comprendre.

*Intervenant

(Mini-Conférence) 14h15 et 16h45

Cheminement d'un chercheur vers la vulgarisation et la BD Scientifique

Patrick Trouillas * ¹

¹ INSERM U1248 P&T, Univ. Limoges – Université de Limoges – France

À partir d'une recherche académique en modélisation moléculaire très visuelle (images et vidéos de dynamiques d'assemblages moléculaires), nous montrerons comment diffuser la Science au grand public et aux scolaires. Plusieurs projets d'illustrations scientifiques seront présentés, notamment des mini bandes dessinées (BD) sur différents sujets scientifiques. Deux personnages, le robot Hermann et son amie Begonia, qui aime apprendre des choses, discutent de concepts scientifiques aussi diverses que les ressources en eau, les batteries du futur, les ordinateurs quantiques, le pic pétrolier, les antibiotiques... Ces BD aident les instituts de recherche à interagir avec le grand public et les scolaires. Une des BD concernant les accélérateurs de particules a été imprimée sous la forme d'une fresque murale accessible au grand public. L'ensemble de ces projets montreront les possibilités et les difficultés rencontrées par les scientifiques pour maintenir le lien avec la société et les scolaires.

*Intervenant

14) Nouveau Livre sur la Relativité

Paul Bruma * ¹

¹ Institut Mines-Télécom [Paris] – Cécile Dubarry – France

Je suis l'auteur d'un livre sur la Relativité qui a été publié par CRC-Routledge, et qui présente cette révolution scientifique de façon novatrice, plus accessible tout en rentrant en profondeur. Cela est le résultat d'une approche résolument physique, ce qui permet des démonstrations plus simples, et d'éviter de fréquentes erreurs chez les étudiants sur le sens physique de certaines équations. Ceci n'empêche pas le livre d'utiliser les mathématiques de façon rigoureuse, voire élégante dans la mesure où les calculs ne sont jamais fastidieux et les concepts les plus appropriés sont utilisés. En outre, le livre contient une introduction à la cosmologie et un historique de la Relativité.

Ce livre a été salué par Jean Iliopoulos est Directeur de Recherches émérite à l'Ecole Normale Supérieure et lauréat du prix Abel 2007 .

" L'ambition de ce livre est d'expliquer chaque point en présentant une démonstration rigoureuse et complète. Il part des principes premiers, pose les axiomes, et développe la théorie étape par étape de façon entièrement déductive. Chaque hypothèse est solidement ancrée dans des résultats expérimentaux.

Il existe de nombreux livres excellents sur la théorie de Relativité, mais contrairement à la plupart, l'auteur de ce livre ne demande pas au lecteur d'avoir des connaissances en physique et mathématiques au-delà de ce que l'on peut attendre d'un bon élève ayant le BAC S (aux USA : high school graduate). Le résultat est étonnant. Aussi incroyable que cela puisse paraître, l'auteur a gagné son pari. Il montre que la théorie de la Relativité n'est pas " difficile ". Elle est entièrement accessible au lectorat qu'il vise. C'est le livre que j'aurais souhaité avoir quand j'ai terminé le lycée, voici 65 ans. "

Ce livre est en 2 tomes. Le premier s'adresse aux étudiants de première année, ainsi qu'aux amateurs de physique en général.

Le second tome est pour les étudiants en seconde et troisième année.

La version française du tome 1 est disponible, celle du tome 2 est en finalisation (sera prête en mai)

*Intervenant

(Speed Searching) Du graphène pour des transistors plus rapides : comment voir l'invisible ?

Basma Zouari * ¹, Rafael Salas-Montiel *

1

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Le graphène est un matériau ultra-fin, transparent et très conducteur. Grâce à ses propriétés uniques, il pourrait permettre de créer des transistors plus rapides et plus efficaces que ceux que l'on utilise aujourd'hui.

Dans ma thèse, je travaille sur des transistors en graphène, fabriqués avec des contacts placés sur les bords du matériau. Pour comprendre comment le courant électrique circule dans ces dispositifs, j'utilise une méthode appelée **microscopie à force Kelvin**, qui permet de "voir" le potentiel électrique à la surface du transistor, à l'échelle nanométrique.

L'objectif est de mieux comprendre le fonctionnement de ces transistors pour les améliorer et, peut-être un jour, les intégrer dans des technologies électroniques de nouvelle génération.

*Intervenant

(Speed Searching) La Résonance de Plasmon de Surface : quand la lumière révèle l'invisible

Antoine Elie * ¹

¹ Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies – Université de Technologie de Troyes, Centre National de la Recherche Scientifique – France

Imaginez un détective capable de voir l'invisible : c'est exactement ce que fait la SPR (Surface Plasmon Resonance) ! Cette technique nous permet d'observer en temps réel comment toutes sortes de molécules (protéines, polluants, contaminants, ADN, virus, etc.) se rencontrent, s'attachent et se séparent.

Au cœur du système se trouve une puce dorée ultra-fine sur laquelle nous déposons nos échantillons. Quand un faisceau lumineux frappe cette surface dorée sous un angle précis, et avec la bonne couleur, il crée une onde spéciale appelée "plasmon de surface". Cette onde est extrêmement sensible : dès qu'une molécule se pose sur la surface ou s'en détache, l'onde change instantanément, et le détecteur mesure cette modification.

Pour rendre cette science invisible visible à tous, nous utiliserons une poudre magique : de la poudre photochromique ! Sous la lumière normale, elle reste incolore, mais exposée aux UV, elle se colore instantanément. En alternant lumière normale et UV, nous simulerons les phénomènes d'association (la poudre se colore = les molécules s'attachent) et de dissociation (la poudre redevient claire = les molécules se détachent).

La SPR permet de développer de nouveaux médicaments en observant comment ils interagissent avec leurs cibles, de détecter des virus en quelques minutes, de surveiller la qualité de l'eau en détectant des contaminants grâce à des brins d'ADN spécialisés, ou encore d'analyser la pollution environnementale.

*Intervenant

13) Les aventures scientifiques d'Hermann et Bégonia

Frédéric Louradour * ¹

¹ Université de Limoges – Université de Limoges – France

Les aventures d'Hermann et Bégonia sont des BD scientifiques courtes pour parler le plus simplement possible de sujets très diverses tels que les vaccins, l'eau, les accélérateurs de particules, le pic pétrolier, les allergies, le lin... Bégonia est une jeune fille bourrée de curiosité scientifique et Hermann est un petit robot, puits de savoir. Certaines histoires ont été imprimées en version papier, mais vous pouvez toutes les retrouver sur www.illustratific.com.

*Intervenant

03) Infrarouges et gaz à effet de serre

Julien Delahaye * ¹, Aude Barbara ¹, Olivier Cépas ¹, Celine Goujon ¹,
Yvonne Soldo ¹, Sylvie Zanier ²

¹ Institut Néel – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Centre National de la Recherche Scientifique : UPR2940, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France

² Université Grenoble Alpes - UFR Physique, Ingénierie, Terre, Environnement, Mécanique – Université Grenoble Alpes – France

Au cours de cette animation, nous chercherons à expliquer les mécanismes physiques à la base de l'effet de serre atmosphérique. Nous reproduirons l'expérience historique, proposée par William Herschel en 1800, qui permet de montrer simplement l'existence dans la lumière du Soleil d'un rayonnement " qui chauffe mais qu'on ne voit pas " et qui deviendra plus tard le rayonnement infrarouge. Nous montrerons également à l'aide d'une caméra thermique, que les infrarouges émis par des corps proches de la température ambiante peuvent être absorbés par certains matériaux solides, mais aussi par des gaz dits à effet de serre, transparents dans le visible.

*Intervenant

05 et 08) Exposition itinérante de Physique des Accélérateurs

Nicolas Delerue * ¹, Marie Labat * ², Anne-Sophie Chauchat * ³, Marie Durante * ³, Thibault Genestier * ³

¹ IJCLab – Université Paris-Sud - Paris 11, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Synchrotron SOLEIL – Synchrotron SOLEIL, Gif sur Yvette, France, Synchrotron SOLEIL, Gif-sur-Yvette, France – France

³ CEA – CEA – France

À l'occasion des 150 ans de la SFP la division accélérateurs a préparé une exposition itinérante. Les membres de la division accélérateurs de la SFP proposeront donc des animations pour faire découvrir le monde des accélérateurs de particules via des expériences ludiques, spectaculaires ou intrigantes !

*Intervenant

16) (Jeu de société) La fabrique du nano

Nathalie Lidgi-Guigui * ¹

¹ LSPM – CNRS, Université Sorbonne Paris nord, CNRS : UPR3407, Université Sorbonne Paris nord : UPR3407 – France

Où fabrique-t-on les smartphones ? Des lentilles de l'appareil photo au processeur en passant par l'écran et les capteurs, le dénominateur commun sont "la salle blanche". Ce laboratoire particulier permet de contrôler précisément le nombre et la taille des poussières dans l'environnement et qui pourraient nuire au bon fonctionnement de nos appareils fétiches. Pour découvrir ce lieu, je vous propose de venir jouer à un jeu de société où vous incarnerez les membres d'une start-up qui souhaitent construire une salle blanche !

*Intervenant

06) Physique et chimie des encres

Severine Martrenchard * ^{1,2}

¹ Institut de Physique - CNRS Physique – CNRS – France

² Maison d’Initiation et de Sensibilisation aux Sciences (MISS) – Université Paris Saclay – France

Comment rédiger un message secret ? Il est des écritures qui s’effacent pour toujours quand l’action mécanique est passée par là et d’autres qui disparaissent ... mais pas vraiment ! Effacer et faire réapparaître l’écriture au stylo à friction, au stylo plume... mais comment ?

Et le fabricant de feutres, combien de colorants différents a-t-il utilisé ?

Venez mener ces enquêtes pour petites et grandes !

*Intervenant

04) Scientibus

Erwan Amichot * ¹, Patrick Trouillas *

¹, Frederic Dumas-Bouchiat *

¹, Dominique Pagnoux *

¹, Frédéric Louradour *

1

¹ Université de Limoges – Université de Limoges – France

Le projet " Scientibus " a vu le jour au début des années 2000, pour lutter contre la désaffection de plus en plus marquée des jeunes générations pour les disciplines scientifiques. Inauguré en janvier 2004 par Claude Cohen-Tannoudji, Scientibus a pour but de faire découvrir les sciences et la recherche scientifique sous un jour nouveau et attractif. L'équipe de scientifiques de l'université de Limoges de Scientibus a décidé d'aménager un ancien bus de transport scolaire en laboratoire d'expérimentation scientifique ambulant et d'amener ce " mini Palais de la Découverte " itinérant au sein même des établissements scolaires (lycées, collèges ou écoles primaires). Ainsi est né " Scientibus ", dont la devise pourrait être " si tu ne vas pas à la Science, la Science ira à toi ". Depuis une vingtaine d'années, Scientibus parcourt les routes du Limousin, et même au-delà, pour présenter une large collection d'expériences modernes et étonnantes relatives aux sciences exactes (physique, chimie, biologie, géologie...). Outre ses interventions dans les établissements scolaires, Scientibus participe à de nombreuses manifestations à caractère scientifique destinées au grand public telles que la Fête de la Science, la Nuit Européenne des Chercheurs, le Téléthon ou encore à l'étranger au festival scientifique I Love Science Festival à Bruxelles.

Pour plus d'informations dont notamment de nombreuses vidéos des expériences présentes dans Scientibus, vous pouvez vous reporter au site internet de Scientibus : <https://scientibus.unilim.fr/> ; plus spécifiquement pour les vidéos des expériences : <https://scientibus.unilim.fr/video/>

*Intervenant

01) Les Rats-tionnels : des strips pour tester ses idées !

Estelle Blanquet * ¹

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – 3 ter place de la Victoire - Case 41 - 33076 Bordeaux cedex, France

A partir de plusieurs posters présentant des strips (BD de 4 cases), il s'agira de proposer au grand public de résoudre les problèmes de physique posés par les strips.

Cette activité accessible aux familles avec enfants (dès 7 ans) nécessite en plus d'une grille par poster, d'une table et du petit matériel utilisé par le strip pour permettre au public de tester ses idées et résoudre le pb. La présence de deux doctorants pour animer les activités est nécessaire. En fonction des bénévoles, un nombre plus ou moins important d'activités peuvent être proposées en parallèle.

*Intervenant

12) Le kit pédagogique LightBox : Vers un rapprochement entre Physiciens, Enseignants et Médiateurs autour de projets expérimentaux en optique

Christophe Daussy * ¹

¹ Laboratoire de Physique des Lasers (LPL) – Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Cité (USPC), Université Paris 13, CNRS : UMR7538 – Institut Galilée, Université Paris 13, 99 Avenue Jean-Baptiste Clément, F-93430 Villetaneuse., France

Les phénomènes optiques, souvent sources d’émerveillement, constituent un terrain d’expérimentation privilégié pour favoriser l’éveil scientifique. La LightBox est une action conçue pour l’enseignement et la diffusion de la culture scientifique afin d’encourager le développement de projets expérimentaux créatifs en optique. Elle vise à rapprocher les acteurs de l’enseignement supérieur, de la recherche et les enseignants, animateurs et médiateurs scientifiques.

L’action s’appuie sur un kit pédagogique ainsi que sur un dispositif de formation et d’accompagnement assuré par des référents scientifiques. Le kit est accompagné d’un guide projets qui propose plus de 40 pistes d’expérimentations. Le kit pédagogique LightBox ne vise pas l’autonomie de ses utilisateurs face à la diversité des projets scientifiques qu’ils peuvent imaginer. Il doit au contraire être une source d’inspiration et de questionnements à l’origine d’interactions entre le porteur de projet et son référent scientifique qu’il peut solliciter pour être formé ou guidé dans la réalisation et l’interprétation de ses expériences.

Depuis 2021, plus de 700 kits ont été déployés en France et dans une quinzaine de pays en Afrique et en Amérique latine. Ce déploiement a conduit 78 référents scientifiques à accompagner plus de 150 projets dans des contextes très variés. Environ 30% des actions relèvent de la diffusion de la culture scientifique, 60% d’un usage dans le cadre scolaire et 10% pour des actions de formation continue auprès d’enseignants, de médiateurs et d’animateurs.

Nous présenterons lors de la journée Effervesciences et de l’exposition de culture scientifique une déclinaison du kit sous la forme d’un jeu sérieux développé pour faciliter la prise en main des expériences lors d’actions auprès du grand public ou encore la formation continue d’enseignants ou de médiateurs.

Le matériel présenté : 3 exemplaires du jeu sérieux LightBox

Besoins : 1 grande table (environ 1mx3m) permettant l’installation simultanée de 3 jeux avec 4-5 chaises (pour les joueurs et les accompagnants). Eviter si possible d’être situé sous un éclairage direct.

*Intervenant

02) Les Sciences pour les enfants par les enfants

Mado Tisserand * ¹

¹ Maison de la Science – Université de Technologie de Troyes – France

Les enfants du Club Sciences de la Maison de la Science présentent les forces grâce à de petites expériences conçues et animées par eux. Un moment de rencontres créé par les enfants pour les enfants.

*Intervenant

15) Goûter la physique : Avez-vous déjà mangé un pixel ?

Eva Corot * ¹

¹ Lycée Louis-le-Grand – Lycée Louis-le-Grand – France

Prendre pour excuse un goûter pour parler de physique, ou bien prennent l'excuse de parler de physique pour organiser un goûter. Cela dépend du point de vue et des occasions. L'objectif est de susciter votre propre créativité afin de voir la cuisine comme un lieu amusant où l'on peut se permettre d'explorer et de vulgariser la physique.

Nous abordons de nombreux thèmes et au moins autant de recettes, des jeux, des vidéos, des patrons à découper, des photos en 3D... Des desserts, de la mécanique, des structures, des attosecondes, de la musique, de l'optique, des sons, des bulles, des messages secrets, de l'information, des probas, de l'émergence, de la percolation, de la chaleur, des algorithmes, de la magie, de la relativité, des plats salés, des couleurs, de la gourmandise.

A l'instar de nos passages dans des universités, médiathèque et au Grand Palais, nous proposerions des ateliers dégustation en continue sur notre stand pour découvrir les délices de la physique.

Par exemple : Venez étudier la flottabilité de l'iceberg autour d'une délicieuse île flottante.

*Intervenant

09) DIM QuanTiP "Pincés optiques"

Zoé Vessière * ¹

¹ DIM QuanTiP – CNRS, Région Île de France – France

Le DIM QuanTiP serait ravi de pouvoir animé une manip/jeu de société à la journée grand public du congrès (le dimanche). Nous disposons actuellement d'une manip "Pincés optiques" développée par les étudiants en mission doctorale avec nous. L'objectif de cette manip est de piéger des particules d'encre à l'aide d'un laser afin d'illustrer le piégeage d'ions et d'introduire des concepts physiques comme l'intrication. Le DIM QuantIP dispose aussi de jeux de société dont un vous sera présenter sur un autre atelier.

*Intervenant

17) (Jeu de Société) Mendeleïeva

Véronique Pierron-Bohnes * ^{1,2,3}

¹ Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg – Université de Strasbourg, Centre National de la Recherche Scientifique – France

² Association Femmes & Sciences – Association indépendante – France

³ Commission Femmes et Physique – Société Française de Physique – France

Le jeu Mendeleïeva fait découvrir de manière ludique 135 femmes scientifiques, historiques ou contemporaines, dont les recherches portent sur un ou des élément(s) du tableau périodique. C'est une production de l'association Femmes & Sciences, collaboration des régions Alsace et Occitanie Ouest.

Il s'agit à la fois d'un tableau de Mendeleïev garni d'échantillons et produits contenant l'élément choisi du tableau, et d'un jeu de cartes associé, par familles en lien avec les domaines d'application : physique, chimie, énergie, sciences de la terre, maths et informatique, sciences de la vie, sciences humaines. Au-delà des aspects scientifiques abordés, Mendeleïeva permet de parler des différents métiers et statuts de la recherche ainsi que de la variété des applications des recherches dans la vie de tous.

Son succès a incité l'association à développer une version en ligne qui en permet une très large diffusion. La version en ligne s'adresse à tous les publics, mais est plus particulièrement adaptée à un jeune public de niveau collège.

*Intervenant

10) (Jeu de Société) Lasermaze

Zoé Vessière * ¹

¹ DIM QuanTip – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Région Île de France – France

Essayez de toucher les cibles à l'aide de votre laser et des miroirs pour gagner des niveaux et devenir un expert du jeu. Mais, faites attention aux obstacles et aux lois de la physique !

*Intervenant

11) (Jeu de Société) Kieski des Ludoparticules. La physique de l'infiniment petit dans tous ses états

Bruno Boyer ¹, Emilie Maurice ¹, Sylvaine Pieyre ¹, Christophe Thiebaux ¹,
Théo Cuisset ^{* 1}, Martina Manoni ^{*}

1

¹ Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR, UMR7638) – CNRS – France

Fermions, bosons, quarks, leptons, les particules qui constituent l'Univers forment un zoo qui est aussi vaste que mystérieux. Avec le Kieski, venez les découvrir et apprenez à les connaître en jouant avec leur propriétés les plus intimes. Les briques élémentaires de la matière y sont représentées sous la forme de Ludoparticules, des petites bestioles ludiques que nous avons imaginées au Laboratoire Leprince-Ringuet afin de les faire apprécier du plus grand nombre. Les Ludoparticules, une façon simple et amusante de voir ce monde parfois complexe, qui permettra aux petits et aux plus grands de plonger au cœur des mystères de l'infiniment petit.

*Intervenant

07) BAMESCO : Banc d'Initiation à l'Electrocinétique et aux Mesures de Conductivité Electrique

Christian Brylinski * ¹

¹ Université Claude Bernard Lyon 1 – Université Claude Bernard Lyon 1, Université Claude Bernard - Lyon 1 – France

Nous présentons un banc destiné à la première mise en oeuvre expérimentale des concepts de base de l'électrocinétique : courant, tension, résistance, conductance, conductivité, résistivité. Ce banc est en service à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Plus de 300 étudiants de niveau L2 l'ont utilisé en 2024 et 2025.

Le banc serait aussi utilisable pour des apprentissages en enseignement secondaire. Et également pour l'expérimentation sur des concepts plus avancés : induction électromagnétique, impédance en régime alternatif sinusoïdal.

Ce banc est réalisé avec des constituants très ordinaires, que l'on peut trouver facilement chez de nombreux distributeurs, avec un coût total d'acquisition de moins de 500 Euros. Il peut être assemblé puis réparé, modifié, complété, par n'importe quel enseignant.

Plusieurs priorités ont guidé la conception de ce banc.

La première concerne la sécurité des étudiants. Les différences de potentiel entre corps conducteurs accessibles n'excèdent pas 200 millivolts, ce qui évite tout risque d'électrocution.

Le second objectif pris en compte est la possibilité de mesurer la conductivité de matériaux très conducteurs comme du cuivre ou de l'aluminium sur des objets de dimensions " ordinaires " : des centimètres pour la longueur de fils ou les dimensions latérales de films ; des dizaines de micromètres pour l'épaisseur minimale des films.

Pour ce faire, il est nécessaire de pouvoir mesurer des résistances de très faibles valeurs, en-dessous du milli-ohm. La mesure de valeurs aussi faibles de résistance est rendue possible par un amplificateur de tension d'un facteur 100 à 10 000, réalisé par un montage très simple alimenté par deux groupes de piles standard de type " AA ".

Sans précautions expérimentales particulières, des tensions inférieures à 0,1 millivolt peuvent être mesurées avec une précision meilleure que 10 %. Avec quelques aménagements complémentaires, nous avons vérifié que la sensibilité peut aller jusqu'à quelques dizaines de nanovolts.

*Intervenant

Culture Scientifique (semaine)

Education, médiation et culture scientifiques à CNRS Physique

Severine Martrenchard * ¹

¹ Institut de Physique - CNRS Physique – CNRS – France

CNRS Physique, l'un des 10 instituts thématiques du CNRS, a été moteur pendant l'année de la physique 2023-2024, une action de médiation scientifique d'envergure, pilotée par le CNRS, le CEA, la SFP et l'IGESR, à destination en premier lieu de la communauté éducative mais également du grand public. Plus de 500 actions ont été référencées sur l'année.

Aujourd'hui, les actions se poursuivent à CNRS Physique en s'appuyant sur les physiciennes et physiciens de ses laboratoires :

- organisation de webinaires pour les enseignantes et les enseignants en partenariat avec l'IGESR

- organisation de rencontres entre élèves et scientifiques : 1/ poursuite du projet autour du Grand oral, désormais mobilisant 5 Instituts (Chimie, Ingénierie, Nucléaires et Particules, Physique, Terre&Univers). Les élèves de spécialité en 1ere et en Tle travaillent sur un des articles d'*Etonnante Chimie* ou *Etonnante Physique*. Dans une première formule les auteurs et autrices se rendent à la rencontre des élèves dans leur lycée. Dans une seconde, les élèves produisent des vidéos pour un concours, ce qui permet d'impliquer notamment l'Outremer. 2/ Organisation de conférences "Quantique" sur tout le territoire dans le cadre de l'année internationale des sciences et technologies quantiques

- Action Nationale de Formation : "médiation en physique" à destination des membres des laboratoires affiliés à l'institut.

- Nomination chaque année d'un ambassadeur et d'une ambassadrice médiation en lien avec l'actualité : pour 2025, Charles Antoine du LPTMC (année du quantique) et Pascale Fabre du L2C (année de la mer).

La déléguée scientifique Education-médiation de CNRS Physique travaille en étroite collaboration avec la cellule Parité de l'institut pour encourager les jeunes filles à s'orienter vers les carrières scientifiques, en essayant notamment de lutter contre les stéréotypes de genre. Des actions autour de l'orientation prennent également place à partir de la BD "Ebullitions, 12 trajectoires en physique".

*Intervenant

Démonstration d'un détecteur de particules de type " Cloud chamber ", refroidi à l'azote liquide, muni d'un éclairage laser et opérationnel en routine dans un bus scientifique itinérant.

Erwan Amichot * ¹, Aymeric Bayle *

¹, Frédéric Louradour *

1

¹ Université de Limoges – Université de Limoges – France

L'équipe Scientibus propose la démonstration d'un détecteur de particules basé sur le principe bien connu de la chambre de Wilson à brouillard permanent mais développé dans une version originale à l'Université de Limoges. Cette machine est en effet de façon inédite refroidie à l'azote liquide ($T = -40^{\circ}\text{C}$ à l'aide d'une pompe à azote liquide) et les traces des particules élémentaires chargées sont observables à l'aide d'un éclairage en nappe laser (entrelacement de 10 lignes lasers vertes). Autre originalité, cette machine est installée à l'intérieur du laboratoire scientifique itinérant qu'est Scientibus. Elle fonctionne chaque jeudi en période scolaire dans un établissement scolaire de l'ex-région Limousin. Elle s'est également rendue à Nice ou à Bruxelles, avant d'être montrée à Troyes, ceci dans le cadre de congrès ou de festivals scientifiques.

Ce détecteur permet de visualiser dans un volume étendu (40 cm x 40 cm x 1 cm) une très grande variété de particules élémentaires chargées issues de la radioactivité naturelle terrestre (radioactivité α (noyaux d'hélium), radioactivité β^- (électrons) et radioactivité β^+ (positons, antiparticules des électrons)) ou celles issues du rayonnement cosmique (muons ; statistiquement 1 muon toutes les 3 minutes). Depuis sa mise en service dans Scientibus en juillet 2022, l'appareil a démontré une grande facilité de mise en service (moins de 15 mn), une parfaite compatibilité avec les contraintes d'utilisation dans un bus accueillant du public, une insensibilité aux vibrations, une consommation modérée en azote, une extrême sensibilité et une brillance inégalée. Le bon vieillissement de cette machine qui est attentivement surveillé est également une source de satisfaction.

Vidéo de présentation : <https://unil.im/ZmPvN>

Album photos du projet : <https://unil.im/EE1-x>

*Intervenant

L'odyssée d'une bulle de champagne

Gérard Liger-Belair * ¹

¹ Equipe Effervescence & Champagne, GSMA – Université de Reims Champagne-Ardenne, UMR
CNRS 7331 – France

En moyenne, ce sont près de dix bouchons de champagne qui sautent chaque seconde à l'échelle du globe. Depuis quelques années maintenant, le champagne et les vins effervescents au sens large connaissent un essor sans précédent. La valse des bulles dans une flûte n'est pas étrangère à cet incroyable engouement. L'effervescence qui agite votre verre engendre une kyrielle de phénomènes d'une complexité insoupçonnée, qui met en éveil tous vos sens. Je vous propose une vue d'ensemble des processus physicochimiques qui accompagnent une dégustation de champagne, depuis le débouchage de la bouteille, jusqu'à l'éclatement d'une bulle, en passant par le rôle essentiel du verre en dégustation. Profondément inscrite dans l'imaginaire collectif, la bulle de champagne devient prétexte à une flânerie scientifique qui vous entraînera dans le monde fascinant des gaz dissous, des changements de phase et des fluides en mouvement. Vous allez découvrir la valse des bulles comme vous ne l'avez encore jamais vue. Bon voyage au cœur de l'effervescence !

*Intervenant

Exposition itinérante de Physique des Accélérateurs

Nicolas Delerue * ¹, Marie Labat *

², Anne-Sophie Chauchat *

³, Maria Durante *

³, Thibault Genestier *

3

¹ IJCLab – Université Paris Sud - Paris 11, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

² Synchrotron SOLEIL – Synchrotron SOLEIL, Gif sur Yvette, France, Synchrotron SOLEIL, Gif-sur-Yvette, France – France

³ CEA – CEA – France

A l'occasion des 150 ans de la SFP la division accélérateurs a préparé une exposition itinérante. Les membres de la division accélérateurs de la SFP proposeront donc des animations pour faire découvrir le monde des accélérateurs de particules via des expériences ludiques, spectaculaires ou intrigantes !

*Intervenant

La fabrique du nano

Nathalie Lidgi-Guigui * ¹

¹ LPSM – CNRS, Université Sorbonne Paris nord, CNRS : UPR3407 – France

Où fabrique-t-on les smartphones ? Des lentilles de l'appareil photo au processeur en passant par l'écran et les capteurs, le dénominateur commun sont "la salle blanche". Ce laboratoire particulier permet de contrôler précisément le nombre et la taille des poussières dans l'environnement et qui pourraient nuire au bon fonctionnement de nos appareils fétiches. Pour découvrir ce lieu, je vous propose de venir jouer à un jeu de société où vous incarnerez les membres d'une start-up qui souhaitent construire une salle blanche !

*Intervenant

Banc rustique et robuste d'initiation à l'électrocinétique expérimentale

Christian Brylinski * ¹

¹ Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces (LMI) (LMI) – Université Claude Bernard Lyon 1,
CNRS : UMR5615 – France

Nous présentons un banc destiné à la première mise en oeuvre expérimentale des concepts de base de l'électrocinétique : courant, tension, résistance, conductance, conductivité, résistivité.

Ce banc est en service à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Plus de 300 étudiants l'ont utilisé en 2024 et 2025.

Le banc serait utilisable pour des apprentissages en enseignement secondaire. Et aussi pour l'expérimentation sur des concepts plus avancés : induction électromagnétique, impédance en régime alternatif sinusoïdal.

Ce banc est réalisé avec des constituants très ordinaires, que l'on peut trouver facilement chez de nombreux distributeurs, avec un coût d'acquisition de moins de 500 Euros. Il peut être assemblé puis réparé, modifié, complété, par n'importe quel enseignant.

Plusieurs priorités ont guidé la conception de ce banc.

La première concerne la sécurité des étudiants. Les différences de potentiel entre conducteurs accessibles n'excèdent pas 200 millivolts, ce qui évite tout risque d'électrocution.

Le second objectif pris en compte est la possibilité de mesurer la conductivité de matériaux très conducteurs comme du cuivre ou de l'aluminium sur des objets de dimensions " ordinaires " : des centimètres pour la longueur de fils ou les dimensions latérales de films ; des dizaines de micromètres pour l'épaisseur des films.

Pour ce faire, il est nécessaire de pouvoir mesurer des résistances de très faibles valeurs, en-dessous du milliohm. La mesure de valeurs aussi faibles de résistance est rendue possible par un amplificateur de tension d'un facteur 100, réalisé par un montage très simple alimenté par deux groupes de piles standard de type " AA ".

Sans précautions expérimentales particulières, des tensions inférieures à 0,1 millivolt peuvent être mesurées avec une précision meilleure que 10 %. Avec quelques aménagements complémentaires, nous avons vérifié que la sensibilité peut aller jusqu'à

*Intervenant

quelques microvolts.

Si les circonstances le permettent, et avec l'accord des organisateurs, nous proposons d'installer ce banc dans l'espace du congrès et de le rendre accessible, en fonctionnement, sous notre surveillance, à ceux qui seraient intéressés.

Scientibus

Erwan Amichot * ¹, Patrick Trouillas * ¹, Frederic Dumas-Bouchiat * ¹,
Dominique Pagnoux * ¹, Frédéric Louradour * ¹

¹ Université de Limoges – Université de Limoges – France

Le projet " Scientibus " a vu le jour au début des années 2000, pour lutter contre la désaffection de plus en plus marquée des jeunes générations pour les disciplines scientifiques. Inauguré en janvier 2004 par Claude Cohen-Tannoudji, Scientibus a pour but de faire découvrir les sciences et la recherche scientifique sous un jour nouveau et attractif. L'équipe de scientifiques de l'université de Limoges de Scientibus a décidé d'aménager un ancien bus de transport scolaire en laboratoire d'expérimentation scientifique ambulant et d'amener ce " mini Palais de la Découverte " itinérant au sein même des établissements scolaires (lycées, collèges ou écoles primaires). Ainsi est né " Scientibus ", dont la devise pourrait être " si tu ne vas pas à la Science, la Science ira à toi ". Depuis une vingtaine d'années, Scientibus parcourt les routes du Limousin, et même au-delà, pour présenter une large collection d'expériences modernes et étonnantes relatives aux sciences exactes (physique, chimie, biologie, géologie...). Outre ses interventions dans les établissements scolaires, Scientibus participe à de nombreuses manifestations à caractère scientifique destinées au grand public telles que la Fête de la Science, la Nuit Européenne des Chercheurs, le Téléthon ou encore à l'étranger au festival scientifique I Love Science Festival à Bruxelles. Pour plus d'informations dont notamment de nombreuses vidéos des expériences présentes dans Scientibus, vous pouvez vous reporter au site internet de Scientibus : <https://scientibus.unilim.fr/> ; plus spécifiquement pour les vidéos des expériences : <https://scientibus.unilim.fr/video/>

*Intervenant

Les Rats-tionnels : des strips pour tester ses idées !

Estelle Blanquet * ¹

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – 3 ter place de la Victoire - Case 41 - 33076 Bordeaux cedex, France

A partir de plusieurs posters présentant des strips (BD de 4 cases), il s'agit de proposer au public de résoudre les problèmes de physique posés par les strips.

Cette activité accessible dès 7 ans nécessite en plus d'une grille par poster, une table et du petit matériel utilisé par le strip pour permettre au public de tester ses idées et résoudre le pb.

En fonction des modalités choisies par l'organisation, un nombre plus ou moins important d'activités peuvent être proposées en parallèle.

*Intervenant

(Diner de Gala) Les mystères du proton

Egle Tomasi-Gustafsson * 1,2

¹ Institut de Recherches sur les lois Fondamentales de l'Univers, DPhN – Université Paris-Saclay,
Direction de Recherche Fondamentale (CEA) – France

² Université Paris Saclay – CEA, IRFU, Université Paris-Saclay, Gif sur Yvette, France – France

*Peut on 'voir' à l'intérieur du proton,
l'élément le plus commun de l'univers,*

d'une dimension de 10^{-15} mètres?

*Nous montrerons des images croisées, issues de résultats de
différentes expériences de collision electron-proton (élastique et inélastique) et annihilation
electron-positron en une paire proton-antiproton.*

*Les observations à l'aide d'accélérateurs de particules de très
haute énergie sont compatibles avec des configurations dynamiques
co-existants qui interfèrent au sens de la mécanique quantique.*

*On peut y voir trois quarks principaux, ainsi que des couples quark-antiquarks qui se forment et
s'annihilent à partir de fluctuations du vide quantique
ainsi que des 'gluons', les porteurs de l'interactions forte.*

Cette contribution est accompagnée de la projection du film 'les mystères du proton'

<https://www.youtube.com/watch?v=8iuBwdBxp3M>

*Intervenant

La photographie interférentielle

Daniel Hennequin * ¹, Philippe Verkerk *

¹, Alexandre Escarguel *

2

¹ Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille : UMR8523, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8523 – France

² Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 – France

La photographie interférentielle de Gabriel Lippmann est encore aujourd'hui le seul procédé d'entregistrement réel des couleurs.

La photographie interférentielle consiste à réaliser dans l'émulsion une onde stationnaire de la lumière incidente, grâce à un miroir. L'onde stationnaire est fixée dans les atomes d'argent de l'émulsion par les procédés chimiques habituels, créant ainsi une multitude de réseaux de Bragg. Éclairés en lumière blanche, les réseaux ne réfléchissent que les longueurs d'onde correspondant à leur pas, restituant ainsi les couleurs originales de la scène photographiée.

Bien qu'historiquement complètement marginalisé par la photographie trichromique, le matériel nécessaire pour réaliser des photographies Lippmann est toujours disponible, et il a même évolué : le procédé holographique de Denisyuk (hologramme par réflexion) est en effet quasiment identique, et nécessite les mêmes propriétés des émulsions.

Nous montrerons dans cet atelier comment réaliser des photographies Lippmann avec du matériel moderne.

*Intervenant

Approche pédagogique de la réalisation d'hologrammes sans laser

Alexandre Escarguel * ¹

¹ Physique des interactions ioniques et moléculaires – Aix Marseille Université, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345 / UMR6633 / URA773, Aix Marseille Université : UMR7345, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7345 – France

L'holographie est un outil pédagogique extrêmement puissant car elle met en "*état de curiosité*" toute personne confrontée à cette illusion d'optique incroyable, ce qui est propice à une bonne assimilation de connaissances. De nos jours, il est facile de réaliser un hologramme à l'aide de lasers, mais l'inventeur de l'holographie, Dennis Gabor, a pu réaliser un hologramme en 1948, bien avant leur invention. Lors de cette exposition, je présenterai des résultats d'expériences sur la réalisation d'hologrammes avec différentes sources lumineuses de cohérences variables faites dans le cadre de projets avec des étudiants à Aix-Marseille Université. Je montrerai le lien avec la photographie interférentielle couleur de Gabriel Lippmann dont les travaux ont inspiré les principes de l'holographie.

*Intervenant

Ampère en continu ...

Alfonso San Miguel * ^{1,2}, Georges Delorme ¹

¹ Société des Amis d'André-Marie Ampère – Musée Ampère – France

² Institut Lumière Matière (iLM) – Université Claude Bernard Lyon 1 et CNRS – France

À l'occasion du 250e anniversaire de la naissance d'André-Marie Ampère en 2025, cette exposition retrace les découvertes majeures qui ont fait sa renommée, tout en mettant en lumière des facettes moins connues de sa vie et de son œuvre. Elle montre aussi comment ses travaux en électrodynamique s'inscrivent dans l'histoire de l'électricité.

L'exposition explore également le lien entre les recherches d'Ampère et celles d'Einstein, présente le musée qui lui est consacré, et interroge les chemins actuels de la production électrique en France. Des visites commentées sont proposées par les membres de la Société des Amis d'André-Marie Ampère (inscriptions à l'accueil).

*Intervenant

REDP : Rencontres Enseignement et Didactiques de la Physique

An experience-based course of quantum mechanics: Numerical experiments ranging from stepwise potentials to wave packet propagation and machine learning applications

Mehdi Ayouz ^{*} ^{1,2}, Kokoouline Viatcheslav ³, Mariya Sosnova ², Michal Pawelkiewicz ²

¹ Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux - EA 4038 (LGPM) – CentraleSupélec – CentraleSupélec - LGPM - Grande Voie des vignes - 92295 Chatenay-Malabry, France

² SPMS – CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, 3 rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette, France, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay 3 rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette, France – France

³ University of Central Florida – états-Unis

We developed several digital tools to support teaching quantum mechanics and machine learning applied to quantum mechanics. The idea behind that is main concepts of quantum are non-intuitive to an uninitiated student due to the lack of daily experience with quantum mechanics: The basis of intuition is experience. Therefore, teaching quantum mechanics with the support of numerical experiments for all main topics of quantum mechanics appears to be essential for an efficient and quick learning process. The numerical experiments demonstrate the core concepts of quantum mechanics and include the use of machine learning in quantum mechanics. They are prepared using Jupyter Notebooks and PYTHON computer code with a user-friendly graphical interface. Students and instructors can use this active learning environment to change the parameters of the suggested numerical experiments or they can download, modify, and run the codes on their personal computers. Finally, a platform (EnsFQ à QTechEdu), gathering overall numerical experiments (Jupyter Notebooks modules), was designed. It can be used by universities and institutions in their different educations.

^{*}Intervenant

De la découverte des infrarouges aux gaz à effet de serre

Julien Delahaye * ¹, Aude Barbara ¹, Olivier Cépas ¹, Celine Goujon ¹,
Yvonne Soldo ¹, Sylvie Zanier ²

¹ Institut Néel – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology, Centre National de la Recherche Scientifique : UPR2940, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France
² Université Grenoble Alpes - UFR Physique, Ingénierie, Terre, Environnement, Mécanique – Université Grenoble Alpes – France

Au cours de cette présentation, nous décrirons une série d'expériences permettant d'expliquer à des collégiens et des lycéens les bases physiques de l'effet de serre atmosphérique. Ces expériences et les explications associées ont été récemment publiées sur le site Culture Sciences Physique (1).

La notion de rayonnement infrarouge, difficile à appréhender pour les élèves, est introduite en suivant l'expérience historique de William Herschel. Cette expérience, simple à comprendre et à reproduire en classe, permet à la fois de montrer avec des thermomètres l'existence d'un rayonnement " qui chauffe mais qu'on ne voit pas " et de le situer par rapport au spectre de la lumière visible " au-delà du rouge " (2). Nous expliquons ensuite comment le rayonnement infrarouge émis par des corps ayant des températures proches de la température ambiante peut être détecté, en présentant d'abord les capteurs historiques que sont la thermopile et le bolomètre, puis en utilisant une caméra thermique standard. Enfin, nous montrons, à l'aide de la caméra thermique, que ces infrarouges peuvent être absorbés non seulement par des matériaux solides, mais aussi par des gaz dits à effet de serre, transparents dans le visible. Nous utilisons pour cela non pas le CO₂, dont les raies d'absorption sont peu ou pas détectées par ces caméras, mais les gaz fluorés présents dans les bombes dépolluantes, faciles à se procurer.

(1) " Des infrarouges aux gaz à effet de serre – Expériences et explications pour comprendre les phénomènes en jeu ", Julien Delahaye, Aude Barbara, Olivier Cépas, Céline Goujon, Yvonne Soldo, Sylvie Zanier, site Culture Sciences Physique :

https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/Infrarouges-GES_Delahaye-1.xml

(2) " À la découverte des infrarouges, 1ère partie : l'expérience d'Herschel comme introduction à l'effet de serre ", Julien Delahaye, Aude Barbara, Olivier Cépas, Céline Goujon, Yvonne Soldo et Sylvie Zanier, à paraître au *Bup*.

*Intervenant

Grilles critériées en sciences : de la conception à l'utilisation en travaux pratiques

Laurence Chérigier-Kovacic ^{* 1}, Anne Demeester ², Sophie Guerin-Jequier ^{3,4}, Stephanie Leroy-Lhez ⁵, Manuel Majada ⁶, Corinne Osmani-Kolinsky ⁷, Jean-Marc Virey ^{4,8}

¹ Aix Marseille Univ, CNRS, PIIM, Marseille, France – Aix Marseille Université – France

² Aix Marseille univ, ADEF, Marseille, France – ADEF Aix-Marseille Université – France

³ CELIA, Université Sciences et Technologies - Bordeaux 1 – Université Sciences et Technologies Bordeaux 1 – France

⁴ Unisciel – Université des sciences en ligne - UNISCIEL – France

⁵ LABCiS, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Limoges – LABCiS, Université de Limoges – France

⁶ Université de Technologie de Compiègne – Université de Technologie de Compiègne, Université de Technologie de Compiègne : EA4297 – France

⁷ Université du Littoral Côte d'Opale, UDSMM, Dunkerque. – Université du Littoral Côte d'Opale – France

⁸ Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, CPT, Marseille, France – Aix-Marseille Université - AMU – France

Le projet " Hybridation en licence scientifique " (Hilisit ; www.hilisit.unisciel.org), coordonné par Aix-Marseille Université pour un consortium autour de l'enseignement des sciences à l'université, a permis de développer de nombreuses ressources pédagogiques pour :

- Remédier à l'hétérogénéité des acquis en sciences des néo-entrants,
- Accompagner les pédagogies actives,
- Proposer des outils d'évaluation au service de la progression des étudiants.

C'est sur ce dernier point que porte cette présentation.

L'évaluation des apprentissages ne se limite pas à la vérification de la bonne acquisition de connaissances disciplinaires. Il s'agit aussi d'apprécier le développement des compétences disciplinaires et transversales associées. Dans ce cadre, les grilles critériées définissent des critères explicites liés aux objectifs pédagogiques et des niveaux de performance gradués. Elles constituent des outils favorisant une évaluation valide, transparente et fiable. Leur utilisation encourage les interactions entre enseignants et étudiants, facilitant la compréhension des objectifs d'apprentissage. Elles permettent aux étudiants de mieux comprendre les attendus et normes de qualité d'une activité, voire d'auto-évaluer leur progression. Co-construites au sein d'une équipe pédagogique, elles apportent un regard commun et objectif sur les apprentissages, ainsi qu'un

*Intervenant

discours cohérent vers les étudiants.

Dans cette présentation, nous aborderons comment concevoir ces grilles en sciences. Nous discuterons des bénéfices et des défis liés à leur mise en place. Nous donnerons des exemples d'usage dans le cadre de travaux pratiques de physique.

Enseigner la physique dans un contexte pluridisciplinaire : retour d'expérience en CPES

Yehudi Simon * ¹

¹ Laboratoire de Physique de l'ENS Lyon – Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université de Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique – France

L'ENS de Lyon a ouvert en 2022, en partenariat avec le lycée du Parc, un cycle pluridisciplinaire d'études supérieures. La filière scientifique de ce parcours se veut orienté vers les sciences de l'environnement. Des enseignements de physique interviennent de la première à la troisième année du cursus avec divers objectifs et par différents acteurs (professeurs de CPGE du Parc, enseignants de l'ENS...). Après une rapide présentation du parcours et des enseignements de physique, j'évoquerai différents questionnements qui se sont posés à l'échelle de l'équipe pédagogique élargie ou des intervenants de physique. Ce retour d'expérience d'un enseignant en début de carrière dans une formation qui vient d'ouvrir (première promotion sortante cette année) se veut ouvert à la discussion avec l'auditoire et la comparaison de pratiques pédagogiques dans un contexte pluridisciplinaire.

*Intervenant

Vulgarisation Scientifique sous plusieurs formes

Patrick Trouillas * ¹

¹ INSERM U1248 P&T, Univ. Limoges – Université de Limoges – France

A partir d'une recherche académique en modélisation moléculaire très visuelle (images et vidéos de dynamiques d'assemblages moléculaires), nous montrerons comment diffuser la Science au grand public et aux scolaires. Plusieurs projets d'illustrations scientifiques seront présentés, notamment des mini bandes dessinées (BD) sur différents sujets scientifiques. Deux personnages, le robot Hermann et son amie Begonia, qui aime apprendre des choses, discutent de concepts scientifiques aussi diverses que les ressources en eau, les batteries du futur, les ordinateurs quantiques, le pic pétrolier, les antibiotiques... Ces BD aident les instituts de recherche à interagir avec le grand public et les scolaires. Une des BD concernant les accélérateurs de particules a été imprimée sous la forme d'une fresque murale accessible au grand public. L'ensemble de ces projets montreront les possibilités et les difficultés rencontrées par les scientifiques pour maintenir le lien avec la société et les scolaires.

*Intervenant

Les Rats-tionnels : des strips pour tester ses idées !

Estelle Blanquet * ¹

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – 3 ter place de la Victoire - Case 41 - 33076 Bordeaux cedex, France

Dans une société toujours plus informée par les sciences et les technologies et où l'afflux massif d'informations nécessite de disposer d'outils critiques pour s'assurer de leur fiabilité, on constate aujourd'hui un recul de plus en plus important de la culture mathématique, scientifique et technologique des élèves et des étudiants, attestée par les évaluations internationales (TIMSS, PISA). Les résultats de TIMSS 2023 montrent que 15% des élèves français ne maîtrisent pas le niveau élémentaire en maths et 12% en sciences en CM1. La France fait partie des pays les plus inégalitaires (décrochages des résultats filles/garçons et élèves issus de familles favorisées/défavorisées). Elle est à l'avant-dernière place pour les mathématiques et en queue de peloton en sciences. Des sondages récents ont en outre montré chez les jeunes français une méfiance envers les connaissances scientifiques bien plus importante que chez leurs aînés. Une meilleure compréhension par la population de la démarche scientifique est donc un enjeu clef, économique et social autant que culturel.

On sait par ailleurs à quel point les enfants et les jeunes adultes sont aujourd'hui friands de bandes dessinées et d'expériences partagées en vidéo, des "influenceurs" à Twitch.

Le projet Les Rats-tionnels propose à la fois aux enfants dès 8 ans, aux adultes qui les encadrent (parents, enseignants, animateurs, etc.) et aux étudiants des strips (bandes dessinées de quelques cases) comme support pour lancer, d'une part, des investigations scientifiques réalisables " sur un coin de table " avec du matériel facilement accessible et, d'autre part, générer une réflexion épistémologique et méthodologique. Ces strips seront accompagnés d'une courte vidéo montrant les expériences réalisées pour répondre au problème posé. Les vidéos s'achèveront en ouvrant les portes d'un laboratoire afin de rapprocher le monde de la recherche du grand public.

La communication sera l'occasion de présenter des strips, d'expliquer les enjeux didactiques qui se cachent derrière le choix des scénarios et de décrire le dispositif de recherche en cours

*Intervenant

Des BD pour se poser des questions en physique : l'oculométrie comme outil d'analyse

Estelle Blanquet ^{*} ¹, Thomas Arciszewski ², Jérôme Tagu ³

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés, EA 7437, Université de Bordeaux – Université de Bordeaux – France

² Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion – Aix-Marseille Université - AMU – France

³ Laboratoire de psychologie – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

La capacité de la bande dessinée à favoriser la résolution d'un problème de nature scientifique (en physique) au niveau de l'école primaire (élèves de CE2-CM1-CM2) reste largement inexplorée à ce jour. Cette proposition porte sur l'utilisation couplée du potentiel narratif et offert par l'image de suggérer et de proposer un système indiciel pour favoriser l'identification d'une procédure de résolution de problème par des enfants (on parle en didactique des sciences de démarche d'investigation scientifique).

Une des manières d'étudier cette complexité est de faire appel alors à l'oculométrie en tant que moyen d'accéder au traitement en situation de l'information donnée (Bucher & Boy, 2018), permettant également de séparer l'intérêt pour les éléments diégétiques et non diégétiques de la proposition de narration graphique.

La recherche vise à tester l'effet de différents indices textuels et graphiques sur la résolution d'un problème de physique par des élèves de CM1-CM2. Il s'agit pour cela tout d'abord d'identifier si la variation d'un élément graphique ou textuel dans un strip impacte l'exploration oculaire de l'élève. Un entretien semi-directif permettra ensuite d'identifier si les strips (BD en une ligne) présentés le conduisent à trouver une modalité de résolution de problème spécifique et si l'élève est capable de formuler un lien entre des indices présents dans le strip et le choix de résolution. Le croisement des données (oculométrie et entretien) permettra de tester le lien éventuel entre stratégies d'exploration oculaire et stratégies de résolution de problème.

Les principaux objectifs du projet consistent :

- à faire varier les indices pour mieux comprendre de quelle manière les enfants s'en saisissent pour produire un raisonnement scientifique. Cette compréhension permettra d'adapter au mieux des supports pédagogiques motivants.

- à identifier si le repérage d'un indice par un participant (attesté par l'analyse de l'exploration oculaire) favorise la résolution du problème

Les premiers résultats, obtenus auprès d'élèves de CE2, CM1, CM2 d'écoles paloises seront présentés lors de cette communication.

^{*}Intervenant

Communiquer sa recherche en BD : " Regarde le ciel et réfléchis – controverse s(c)olaire "

Estelle Blanquet * ¹, Léonie Perolat ², Philippe Baryga ³

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés, EA 7437 – Université de Bordeaux – France

² INSPE de l'académie de Bordeaux – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

³ ARTES – Université Bordeaux Montaigne, Université Bordeaux Montaigne – France

Ce retour d'expérience rend compte de la démarche qui a conduit à la réalisation d'une bande dessinée de 27 pages relatant une recherche associant didactique des sciences et des arts et de la perception de cette bande dessinée par un public d'étudiants se préparant à devenir enseignants de physique. Intitulée " Regarde le ciel et réfléchis – Controverse s(c)olaire " (Baryga, Blanquet & Perolat, 2024) , cette BD sera mise à la disposition des participants aux REDP.

Nous nous inscrivons dans une lignée de recherche dessinée définie par Nicolas Labarre comme " une tentative d'extension du genre de l'écriture universitaire, qui envisage la production de savoir sous une forme multimodale, comprenant une importante composante graphique " (Labarre, N. ; Bardiaux-Vaïente, M.-G., 2017). L'enjeu est d'utiliser et d'optimiser le potentiel de l'image séquentielle, sa faculté à raconter, situer, détailler une recherche.

Léonie Perolat, étudiante en Master MEEF arts plastiques, s'est emparée des contraintes de la recherche dessinée pour percevoir et restituer la recherche-action menée en s'appuyant sur la bande dessinée Rahan, " Le Secret du Soleil " (Lécureux, R. ; Chéret, A., 1969). Cette recherche visait à sonder l'efficacité de la BD Rahan pour favoriser l'appropriation de la relativité du mouvement par des élèves de CE2, CM1, CM2 dans le contexte Terre/Soleil. L'aventure a en effet servi de déclencheur pour lancer une démarche d'investigation scientifique dans des classes de cycle 3 et tester les réactions des élèves en les confrontant directement à un modèle analogique rendant compte de l'alternance jour/nuit et du déplacement du Soleil dans le ciel du point de vue d'un observateur sur la Terre.

L'acceptation de la relativité du mouvement dans le contexte Terre/Soleil soulève en effet des difficultés spécifiques et conduit souvent les personnes sondées (Blanquet & Picholle, 2019) à nier le déplacement du Soleil dans le ciel (95%) alors qu'une simple observation permet pourtant de constater que, vu de la Terre, le Soleil change bien de position dans le ciel au cours de la journée.

Nous présenterons dans cette communication la façon dont des étudiants en M1 MEEF second degré parcours physique-chimie en perçoivent les enjeux.

*Intervenant

Intégrer la réalité augmentée dans des TP : impact du projet HOBIT sur des étudiants en IUT

Estelle Blanquet * ¹, Jean-Paul Guillet ², Bruno Bousquet ³

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés, EA 7437 – Université de Bordeaux – France

² IMS Laboratory, Laser & terahertz team, UMR, CNRS 5218, Université de Bordeaux – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

³ ICMCB – UMR5026, Université de Bordeaux – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

Un banc optique hybride pour l'enseignement et l'apprentissage innovant (HOBIT) a été développé en tant que plateforme éducative pour exploiter la combinaison de la simulation numérique et de la manipulation physique avec comme objectifs de faciliter l'apprentissage de phénomènes complexes et de motiver les étudiants sur la thématique de l'optique ondulatoire dans le cadre de travaux pratiques. Ce banc fonctionne en temps réel, est auto-adaptatif, fournit des affichages réalistes de phénomènes optiques avec des augmentations virtuelles conçues pour faciliter leur compréhension et permet de construire rapidement et facilement n'importe quelle expérience optique reconfigurable.

Les étudiants peuvent manipuler les composants optiques et observer les changements induits sur les détecteurs et les écrans. Afin d'évaluer les effets de son utilisation dans les pratiques de laboratoire, deux cohortes d'étudiants, avec et sans la plateforme, ont répondu à un questionnaire portant sur l'engagement et sur leur compréhension des phénomènes impliqués à la fin de trois TP d'optique.

Nous présentons les premiers résultats de l'effet du dispositif sur la compréhension perçue des concepts et des montages expérimentaux, ainsi que sur les dimensions sociales, cognitives, organisationnelles et émotionnelles. Leurs notes à un examen écrit portant sur le contenu des travaux pratiques ont également été recueillies. Il s'avère que l'appareil n'a pas d'effet sur la perception qu'ont les étudiants de leur compréhension des phénomènes. Son effet sur les dimensions sociales et cognitives n'est pas significatif. En revanche, il a un effet positif significatif sur la dimension d'agentivité et sur une dimension intégrant les aspects émotionnels et cognitifs (associée à la dimension d'agentivité). Le lien entre ces résultats et leurs notes sera également présenté.

*Intervenant

Former à l'enseignement de la physique et de la démarche scientifique avec des vidéos de classe à 360°

Estelle Blanquet * ¹, Alain Sénécaïl *

2

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – 3 ter place de la Victoire - Case 41 - 33076 Bordeaux cedex, France

² Centre Interuniversitaire de Recherche en Education de Lille (CIREL) - EA 4354 – Université de Lille : EA4354, Université de Lille – France

Cette communication explore la façon dont une formation immersive utilisant des vidéos 360° filmées en classe de maternelle peut améliorer l'enseignement des sciences pour les élèves de 3 à 6 ans.

En France, les futurs enseignants du primaire, souvent peu expérimentés en sciences, reçoivent une formation scientifique minimale au niveau master, ce qui limite très souvent l'enseignement des sciences à l'école. Pour y remédier, l'étude examine les perceptions des enseignants en formation initiale et en début de carrière concernant la formation immersive par vidéos 360° comme outil d'amélioration de leurs approches pédagogiques.

La formation comportait deux phases : un atelier présentant une séquence sur la flottabilité avec des extraits de vidéos à 360° projetés sur un écran classique et une séance de réalité virtuelle (RV) avec un casque Quest. La séance de RV comprenait du contenu augmenté et une séquence basée sur le livre de jeunesse *Plouf* (Philippe Corentin) pour travailler avec les élèves le concept de poulies.

Quatre-vingt-quatorze participants, principalement des enseignants inexpérimentés, ont évalué la formation au moyen de questionnaires avant et après la séance. Les résultats révèlent que 73,3 % ont trouvé les vidéos 360° immersives, en précisant que des éléments clés comme l'exploration spatiale et l'ambiance sonore ont renforcé l'engagement. Plus de 74 % des participants ont estimé que la formation avait significativement amélioré leur compréhension d'éléments de scientificité tandis que 66,7 % ont signalé une motivation accrue à enseigner les sciences par la démarche d'investigation. Cependant, 68 % des participants ont ressenti une gêne physique pendant les séances de RV, ce qui indique une marge de progression.

L'étude souligne le potentiel des outils immersifs tels que les vidéos à 360° pour combler le fossé entre théorie et pratique dans la formation des enseignants. Des recherches futures compareront l'effet de l'ordre des deux modalités de séance proposées aux étudiants sur leur appropriation des éléments de scientificité ciblés et leur perception de la modalité de RV.

*Intervenant

HQBIT: Une simulation hybride pour l'apprentissage de l'expérimentation en optique quantique

Vincent Casamayou ^{*} ^{1,2}, Lionel Canioni ^{3,1}, Martin Hachet ²

¹ Université Sciences et Technologies - Bordeaux 1 – Université Sciences et Technologies - Bordeaux 1, Université Sciences et Technologies Bordeaux 1 – France

² Centre Inria de l'Université de Bordeaux, Bivwac Team – L'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) – France

³ Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux – Université de Bordeaux (Bordeaux, France), CNRS – France

La physique quantique est un domaine dans lequel les apprenants sont confrontés à des difficultés, tant au niveau des concepts, que du formalisme mathématique. L'expérimentation en optique quantique, permet de présenter ces notions de manière concrète, tout en engageant l'étudiant dans un apprentissage actif. Cependant, la mise en place de ces travaux pratiques peut se révéler difficile pour les établissements, pour des raisons de coût du matériel, ou de complexité des manipulations.

En nous basant sur nos précédents travaux de simulations pédagogiques de l'expérimentation en optique, tangible, HOBIT, et numérique, SHIRE, nous proposons HQBIT, une nouvelle version de ces approches dédiée à l'optique quantique et accessible sur ces deux dispositifs.

Basée sur ses prédécesseurs, sa simulation temps réel inclut désormais la distribution et discrimination des photons selon la source de lumière, permettant de simuler les états de superposition et d'intrications de ces derniers, ainsi que d'utiliser des sources de photons uniques.

HQBIT propose également aux apprenants la possibilité de collaborer à distance pour assembler des montages optiques complexes pouvant nécessiter plusieurs opérateurs comme le protocole de cryptographie quantique BB84.

Une fois leur montage assemblé, les utilisateurs peuvent réaliser des observations à l'aide de plusieurs d'outils pédagogiques. Certains sont adaptés à des situations génériques comme un détecteur de photons uniques intégrant 3 modes de visualisations (spatial, temporel et statistique). D'autres sont spécifiques à certaines expériences, comme un outil permettant un suivi en temps réel du protocole BB84.

Enfin, HQBIT intègre des composants rattachables à chaque élément optique, permettant aux enseignants de créer des configurations prédéfinies de ces éléments, modifiable en un clic, permettant ainsi de granuler la difficulté d'une manipulation au sein même d'un montage.

^{*}Intervenant

Après avoir introduit HQBITE et ses fonctionnalités, nous illustrerons ses avantages par des cas d'usages au travers de différents montages, ainsi que les futures perspectives de ce travail.

Un projet remarquable pour l'année de la physique

Arnaud Raoux * ¹

¹ UFR de physique – Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – France

L'année de la physique a été un cadre foisonnant pour créer des liens entre enseignement secondaire et enseignement supérieur. Du côté universitaire, j'ai participé à un projet sur l'année pour deux classes de terminale avec un fil conducteur sur les ondes gravitationnelles. Avec plusieurs échanges croisés entre le secondaire, l'université et la recherche, ce projet sur le temps long a permis de créer des liens qui n'étaient pas évidents a priori, le lycée ayant une majorité de voies technologiques. Les élèves ont été acculturés à la démarche scientifique, avec des ordres de grandeur, du travail sur des données authentiques, un travail expérimental ; en passant par des aspects plus prosaïques comme la découverte du monde universitaire, de la recherche académique, du doctorat. J'aurais à cœur de présenter un témoignage d'action pilotée par une enseignante de lycée (C. Ladent), qui a particulièrement bien fonctionné dans le cadre de l'année de la physique 2023-2024, mis en avant par le CNRS lors du bilan de l'année, et a ainsi créé un lien durable entre secondaire et supérieur.

*Intervenant

Questions Réflexives en travaux pratiques : un complément à l'évaluation classique pour renforcer les apprentissages

Margarita Auli Giraldo ¹, Jean-François Hérold ², Laurence Chérigier-Kovacic * ³

¹ Aix Marseille Univ, ADEF, Marseille, France – Aix Marseille Université – France

² Aix Marseille Univ, ADEF, Marseille, France – Aix Marseille Université – France

³ Aix Marseille Univ, CNRS, PIIM, Marseille, France – Aix Marseille Université – France

À l'issue de son parcours, un étudiant doit être capable de mobiliser connaissances, savoir-faire et savoir-être pour résoudre des problèmes donnés dans des contextes précis. Les travaux pratiques, par leur nature expérimentale et leur dimension appliquée, offrent un cadre idéal pour développer ces compétences, tant disciplinaires que transversales. C'est dans cette perspective que nous avons introduit l'outil des Questions Réflexives (QR).

Les QR sont des questions posées aux étudiants avant, pendant et après une séance de travaux pratiques. Elles les amènent à réfléchir sur la planification de la tâche, la définition d'objectifs, la régulation de leur activité en cours et l'évaluation de leur progression.

En incitant les étudiants à analyser leurs méthodes de travail, les QR favorisent l'appropriation d'une démarche réflexive, essentielle pour progresser et gagner en autonomie. Du point de vue des enseignants, elles permettent d'évaluer non seulement la performance, mais aussi la démarche mise en œuvre par les étudiants, intégrant finalement de façon naturelle l'évaluation des compétences dans l'apprentissage.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche doctorale, au cours de laquelle les QR ont été expérimentées lors de séances de travaux pratiques en physique et en chimie de première année. Cette présentation détaillera la méthodologie employée, les conditions de l'expérience et ses limites. Nous discuterons de l'impact des QR sur les pratiques et résultats des étudiants. Nous montrerons en quoi elles peuvent constituer un outil d'évaluation complémentaire de l'évaluation classique des connaissances. Nous partagerons également le retour d'expérience des enseignants ayant intégré cet outil à leurs TP, ainsi que les difficultés rencontrées lors de sa mise en œuvre. Enfin, nous proposerons des pistes d'amélioration issues de cette étude.

*Intervenant

«Sciences à l'École» : des actions pour faire entrer la recherche dans les classes

Étienne Martel * ¹

¹ « Science à l'école » - Observatoire de Paris PSL – Université Paris sciences et lettres, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Ministère de l'Education Nationale – France

Le dispositif ministériel " Sciences à l'École ", piloté par le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, soutient l'enseignement des sciences dans le secondaire via des projets pédagogiques innovants. Parmi ses actions en lien avec la physique figurent des plans d'équipement, tels que " ASTRO à l'École " pour l'astronomie et l'astrophysique, et " COSMOS à l'École " pour la physique des particules. Ces dispositifs permettent aux établissements scolaires, après sélection sur appel à projets, de bénéficier de matériel scientifique (télescopes, caméras, détecteurs de muons, etc.) et de formations adaptées.

Au-delà du prêt de matériel, le dispositif " Sciences à l'École " accompagne les enseignants dans la mise en œuvre de projets variés, par exemple avec son concours d'images astronomiques annuel ou avec une formation à l'usage du télescope téléopérable IRiS. Il soutient également la formation continue des enseignants avec des stages spécialisés, notamment au CERN ou au GANIL.

En parallèle, le dispositif promeut la physique à travers des concours nationaux et internationaux, comme les Olympiades internationales de physique, dont il assure chaque année la sélection et la préparation de la délégation représentant la France ou comme le concours CGénial.

Par ses nombreuses initiatives, " Sciences à l'École " crée un lien fort entre les communautés éducative et scientifique, en favorisant les échanges entre enseignants et chercheurs. Le congrès de la SFP, à travers l'atelier " Rencontres Enseignement et Didactiques de la Physique ", offrira une tribune pour présenter ce dispositif, ses retombées concrètes en milieu scolaire et des retours d'expériences.

*Intervenant

Approche pédagogique de la réalisation d'hologrammes sans laser

Alexandre Escarguel * ¹

¹ Physique des interactions ioniques et moléculaires (PIIM) – Aix Marseille Université, CNRS :
UMR7345 – Case 232 Av escadrille Normandie-Niemen 13397 MARSEILLE CEDEX 20, France

l'holographie est un outil pédagogique extrêmement puissant car elle met en "*état de curiosité*" toute personne confrontée à cette illusion d'optique incroyable, ce qui est propice à une bonne assimilation de connaissances. De nos jours, il est facile de réaliser un hologramme à l'aide de lasers, mais l'inventeur de l'holographie, Dennis Gabor, a pu réaliser un hologramme en 1948, bien avant leur invention. Lors de cette conférence-démonstration, je commencerai par poser les principes fondamentaux de l'holographie pratique, puis je présenterai des résultats d'expériences sur la réalisation d'hologrammes avec différentes sources lumineuses de cohérences variables faites dans le cadre de projets avec des étudiants à Aix-Marseille Université. Je montrerai le lien avec la photographie interférentielle couleur de Gabriel Lippmann dont les travaux ont inspiré les principes de l'holographie.

*Intervenant

Appropriation par des lycéens d'une expérience classique d'optique quantique de P.-M. Duffieux

Pierre Aboussouan ¹, Estelle Blanquet * ², Florent Dautre ³, Eric Picholle ³

¹ Lycée de Vence – Ministère de l'Éducation Nationale – France

² Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – France

³ Institut de Physique de Nice – Université Nice Sophia Antipolis (1965 - 2019), Centre National de la Recherche Scientifique, Université Côte d'Azur – France

Un corollaire de ce qu'il est convenu d'appeler la "seconde révolution quantique", avec la sortie annoncée des laboratoires de certaines technologies exploitant les propriétés proprement quantique de la lumière (cryptographie quantique, métrologie quantique, ordinateur quantique, etc.) est la nécessité de former à terme, outre des ingénieurs dotés d'une solide connaissance de la physique quantique, des techniciens et en général des intervenants de niveau intermédiaire, voire à terme de faire diffuser dans le grand public, pur utilisateur, un minimum de familiarité avec la culture quantique.

Quand et comment, alors, introduire ces idées à un niveau plus élémentaires que celui d'une licence de physique ? Une objection courante aux tentatives de présentation "physicienne" des enjeux quantiques dès le lycée est le caractère souvent abstrait des concepts considérés, et *a fortiori* du formalisme afférent. Une stratégie alternative peut consister à aborder plutôt le monde quantique par le biais de l'histoire des science et des techniques. Nous explorons ici une troisième option, d'ordre technologique.

Dans le cadre de "projets" présentés à des concours lycéens, un groupe d'élèves de seconde puis de première ont reproduit une expérience classique de P.-M. Duffieux consistant à observer l'émergence progressive d'une image lisible (en l'occurrence des franges d'interférence) *via* le traitement statistique d'un grand nombre de prises de vue à très faible intensité, où un petit nombre de pixels étaient excités.

La plaque photographique utilisée dans l'expérience originale était ici remplacée par le capteur CMOS plein format d'un appareil photo numérique commercial de très grande sensibilité souvent utilisé en photographie astronomique (SONY Alpha 7S-III), et l'accent porté, en particulier la seconde année, sur les aspects électronique et informatique du traitement de ces images.

Ce travail a bénéficié d'un financement IDEX-JEDI de l'Académie 5 de l'Université Côte d'Azur.

*Intervenant

Émergence d'une composante de pensée conformiste dans le profil épistémologique d'universitaires de différentes disciplines au regard du concept de relativité du mouvement

Estelle Blanquet * ¹, Eric Picholle ²

¹ Laboratoire Cultures, éducation, Sociétés – Université de Bordeaux – France

² Institut de Physique de Nice – Université Nice Sophia Antipolis (1965 - 2019), Centre National de la Recherche Scientifique, Université Côte d'Azur – France

La posture épistémologique d'une même personne pouvant considérablement varier selon le concept considéré, Gaston Bachelard a développé dans *La Philosophie du non* (1940) la notion de "profil épistémologique". Celui-ci retient, dans une certaine mesure, la trace des étapes philosophiques que cette personne a dû franchir pour aboutir à la compréhension de ce concept. Il identifie en particulier cinq composantes essentielles d'un profil épistémologique : "réalisme naïf", "empirisme clair et positiviste", "rationalisme classique", "rationalisme complet" et "sur-rationalisme". Étudiant prioritairement ses propres postures au regard des concepts de masse et d'énergie, il n'envisage pas la persistance de composantes *a priori* malvenues dans un cadre scientifique, comme la pensée immédiate ou la pensée conformiste.

Nous montrerons que ces dernières sont néanmoins susceptibles d'apparaître, sous pression paradigmatique forte, dans le profil épistémologique d'universitaires de haut niveau. Pour cela, nous avons dressé les profils au regard du concept de relativité (galiléenne) du mouvement de cinq chercheurs et enseignants-chercheurs (trois physiciens, un mathématicien, un sociologue), dans deux contextes différents : celui du mouvement relatif d'objets sans enjeu paradigmatique particulier (en l'occurrence l'exemple classique du manège) ; et celui du mouvement relatif de la Terre et du Soleil (forte pression paradigmatique du fait de l'importance historique de la querelle copernicienne).

Nous observons par ailleurs que l'émergence d'une composante conformiste est très différente selon que le problème est abordé entre pairs, d'un point de vue conceptuel (approche de type 'recherche'), ou en relation avec des enjeux d'enseignement, suggérant sa possible corrélation avec une posture de type '*gate-keeper*'.

*Intervenant

Liste des auteurs

A, Grenfell, 281
A, Sundaralingam, 281
A, Vendl, 281
A. H., Roos, 281
Abi akar, Ziad, 194
Abkarian, Manouk, 70
Aboussouan, Pierre, 546
Achard, Jocelyn, 123, 124
Acheche, Anissa, 482
Adam, Pierre-Michel, 107, 460
Adragna, Pierre-Antoine, 455
Adrien, Letoffe, 36
Adwaith, K. V., 207
Aggoun, Anis, 73, 363
Aksil, Mathéo, 148
Albecq, Manon, 351
Alhussein, Akram, 128
Ali, Aamir, 276
Allard, Antoine, 69
Allemand, Maxime, 269
Alloyeau, Damien, 245, 482
Aloyse, Degiron, 186
Alvarez Velasquez, Juan Rafael, 206
Amand, Thierry, 47
Amanti, Maria, 203, 227, 229
Amanti, Maria I., 201
Amara, Hakim, 245, 482
Amichot, Erwan, 504, 516, 522
Amine, Nour, 468
Ammar, Mohamed Ramzi, 130
Amon, Axelle, 154
Amra, Claude, 111
Andrieux-Ledier, Amandine, 33
André, Emmanuel, 77
Ango Nsa, Kevin Dawson, 112
Ansari, Reza, 410
Anthikad, Manasa, 457
Antkowiak, Arnaud, 155
Antoni, Thomas, 178
Antonucci, Laura, 284, 290
Aoudjit, Thinhinane, 81, 106
Appas, Félicien, 227
Araiza-Sixtos, Fernando Arturo, 180
Arciszewski, Thomas, 536
Argoul, Françoise, 69
Arnaez, Olivier, 425
Arnaud, Laurent, 380
Arrouas, Floriane, 463
Aspelmeyer, Markus, 264
Assouline, Alexandre, 41
Attaccalite, Claudio, 174
Auad, Yves, 98, 301
Aubard, Jean, 109
Audouard, éric, 188
Auffeves, Alexia, 268
Auli Giraldo, Margarita, 543
Ayouz, Mehdi, 471, 475, 529
Babin, Charles, 205
Baboux, Florent, 201, 203, 227, 229
Bachelot, Rehaud, 370
Bachelot, Renaud, 81, 96, 106, 107
Badens, Catherine, 338
Badoual, Mathilde, 72
Badr, Ahmad, 69
Badr, Thomas, 200
Baffou, Guillaume, 376
Bahouka, Armel, 188
Balanikas, Evangelos, 290
Ballage, Charles, 328
Balland, Martial, 339, 357
Ballesteros Ferraz, Lorena, 272
Balocchi, Andrea, 47
Barakat, Abdul, 403
Barbara, Aude, 448, 500, 530
Barbero, Andrea, 233
Barbé, Jérémy, 307
Barland, Stéphane, 247–249
Barnes, Edwin, 241
Baron, Yoann, 211, 225
Barreau, Lou, 286
Baryga, Philippe, 537
Basavannavar, Divya Ramesh, 35
Bassani, Dario, 289
Basset, Hugo, 219
Bassi, Andrea, 140
Batani, Dimitri, 331
Batani, Katarzyna, 331
Battie, Yann, 112
Baudrion, Anne-Laure, 79, 99, 105, 107, 221
Bayart, Elsa, 162
Bayle, Aymeric, 516
Beal, Jérémie, 79, 98, 105, 477
Beaufils, Quentin, 479

Becher, Christoph, 215
 Bedu, Frédéric, 77
 Belabas, Nadia, 206
 Bellessa, Joel, 102
 Bellon, Ludovic, 264
 Ben Hassen, Rached, 128
 Ben Yahia, Thiziri, 124
 Benabid, Fetah, 309
 Benazieb, Othmène, 74
 Benedic, Fabien, 123, 124
 Bennour, Yamina, 130
 Benoist, Tristan, 267
 Benoit, Jean-Michel, 102
 Bensemhoun, Adrien, 220
 Berciaud, Stéphane, 46
 Bercu, Nicolas, 120
 Beret, Dorian, 47
 Berezovska, Yelyzaveta, 74
 Berger, Perrine, 207
 Berhanu, Michael, 148, 151
 Beringue, Benjamin, 409
 Berramdan, Nor El Houda, 484
 Berret, Jean-François, 63
 Berthin, Roxanne, 67
 Berto, Pascal, 73, 363
 Besaucèle, Hervé, 318
 Bescond, Marc, 45
 Besland, Marie-Paule, 307
 Bessueille, François, 102
 Besteiro, Lucas Vázquez, 106
 Bester, Gabriel, 235, 466
 Billeau, Jean-Baptiste, 189, 309
 Billoir, Marianne, 72
 Billy, Juliette, 463
 Biquet-Bisquert, Anaïs, 70
 Biscaras, Johan, 44
 Blaize, Sylvain, 84, 465, 468
 Blanchet, Sandra, 349, 356
 Blanquet, Estelle, 491, 505, 523, 535–539, 546, 547
 Blazit, Jean-Denis, 301
 Bleteau, Pierre, 114
 Bleuse, Joël, 187
 Blivet-Bailly, Louison, 403
 Blochet, Baptiste, 363
 Bluet, Jean-Marie, 121, 137, 142
 Boccara, Gabriel, 207
 Boer-Duchemin, Elizabeth, 46
 Boeuf, Frédéric, 206, 229
 Bogicevic, Christine, 131
 Boitier, Fabien, 227
 Boivin, Dimitr, 305
 Bonny, Laurent, 311
 Bonvalet, Adeline, 290
 Borne, Adrien, 233
 Boschetto, Davide, 50
 Boscolo, Sonia, 166, 181
 Bossard, Elisa, 268
 Botsoa, Jacques, 130
 Boubakour, Mohamed, 266
 Boubekour-Lecaque, Leïla, 109
 Bouchiat, Hélène, 42
 Boudinar, Naouam, 34
 Boudou, Thomas, 339, 357
 Bouhelier, Alexandre, 457
 Bouhet, Baptiste, 349, 356
 Bouras, Seddik, 453
 Bourdon, Pierre, 249
 Bourgeois, Thibault, 200
 Bourgogne, Quentin, 472
 Bousquet, Bruno, 538
 Boustany, Nada, 342
 Boutefnouchet, Abdelatif, 469, 484
 Boutefnouchet, Hafida, 469, 484
 Bouvrais, Hélène, 340
 bouyanfif, houssny, 178
 Bouzabata, Bouguerra, 34
 Bouzouraa, Montassar Billeh, 112
 Boyd, Robert, 85, 101
 Boyer, Alexie, 296, 297
 Boyer, Bruno, 512
 Boyko-Kazymyrenko, Olga, 89
 Bracco, Christian, 436
 Branco, Mickael, 207
 Brandi, Giada, 476
 Brasiliense, Vitor, 114
 Brasselet, Etienne, 169, 185
 Bresque, Lea, 273
 Bretenaker, Fabien, 207, 232
 Breton, Dominique, 300
 Bricchi, Beatrice, 140
 Briend, Jean-Yves, 433
 Brinza, Ovidiu, 123, 124, 140
 Broch, Laurent, 112
 Brogard, Jeremy, 363
 Brognara, Andrea, 140
 Brosselard, Pierre, 121, 137, 142
 Bruma, Paul, 496
 Bruni, Nicolas, 169
 Bruno, Palpant, 96
 Bruyant, Aurélien, 37, 373, 375, 377, 379, 380
 Brylinski, Christian, 513, 520
 Brédy, Richard, 297
 Bugea, Thomas, 355

Buil, Stéphanie, 87, 104, 204, 234
 Bès, Alexandre, 311
 Béchu, Stéphane, 311
 Bédel, Quentin, 61
 Bézard, Malo, 98

 C Forget, Benoit, 360, 361
 Cabriel, Clément, 101, 351, 366
 Cache, Félix, 225
 Cailliez, Fabien, 297
 Caizergues, Clément, 331
 Camenen, Yann, 317
 Campidelli, Stéphane, 56
 Canioni, Lionel, 540
 Cannuccia, Elena, 134, 174
 Canva, Michael, 391
 Cappello, Giovanni, 339, 357
 Cardoso, Gil, 458
 Carneiro, Geoffrey, 288
 Caron, Lucas, 195, 219
 Carrard, Maylis, 316
 Carrio, Baptiste, 70
 Carrière, Thomas, 331
 Carrère, Hélène, 47
 Casamayou, Vincent, 540
 Cassabois, Guillaume, 225
 Cassan, Eric, 206
 Cassina, Silvia, 220
 Cassus, Matthieu, 200
 Castet, Frédéric, 289
 Castillo-Negrete, Rafael, 360
 Castioni, Florian, 301
 Castor, Yaron, 241
 Cavassilas, Nicolas, 45
 Cesca, Tiziana, 180
 Chaabani, Wajdi, 465, 468, 480
 Chabot, Hugues, 443
 Chacon Avila, Carlos Alberto, 353
 Chai, Yue, 177
 Chaigne, Martin, 151, 159
 Chaker, Mohamed, 374, 381
 Chalopin, Thomas, 269
 Chamberlin, Michel, 144
 Champeaux, Corinne, 371
 Champenois, Caroline, 467, 481
 Chanel, Estelle, 258
 Chang, Yen Yu, 328
 Changenet, Pascale, 280, 290
 Charette, Etienne, 374
 Charrier, Anne, 399
 Charru, François, 439
 Chartrain, Coline, 305

 Chaste, Julien, 58
 chateau, xavier, 170
 Chauchat, Anne-Sophie, 501, 518
 Chauvierre, Cédric, 388
 Chen, Minyu, 81, 106, 370
 Chen, Xiaohong, 478, 494
 Chenaud, Boris, 474
 Cheng, Pascal, 79, 105, 109
 chesneau, hugo, 318
 Chesneau, Laurent, 340
 Chevalier, Joseph, 410
 Chevillot, Alexandre, 79, 105, 109
 Chiara, Stringari, 191
 Chin, Wutharath, 279
 Chipaux, Mayeul, 274
 Chirrou, Chaimae, 268
 Chérasse, Marie, 50
 Chérigier-Kovacic, Laurence, 531, 543
 Ciampini, Mario Arnolfo, 264
 Citran, Michele, 416
 Claude, Jean-Benoit, 110
 Claudin, Philippe, 150
 Clausolles, Alexandre, 358
 Clavaud, Cécile, 154
 Clement, David, 269
 Clément, Benoit, 257
 Co, Kevin, 131
 Cohen, Daniel, 339
 Cohen, Rick I, 342
 Cohen-Tanugi, Johann, 410
 Collichio, Bruno, 168
 Colonel, Lucas, 118
 Compagnon, Isabelle, 297
 Condamine, Florian, 318
 Contaldo, Umberto, 385
 Copie, Thomas, 209
 Coppola, Michele, 275
 Coraux, Johann, 43
 Cordier, Yvon, 137
 Cornette, Pauline, 384
 Cornu, Marjolaine, 33
 Corot, Eva, 445, 508
 Corradi, Eloina, 339
 Cosio, Claudia, 377
 Cotte, Viviane, 195
 Coudrat, Laure, 186
 Courme, Baptiste, 237
 Courrech du Pont, Sylvain, 151
 Coursault, Delphine, 169, 185
 Couteau, Christophe, 99, 194, 214, 215
 Crippa, Gabriele, 288
 Crisan, George, 206

Cros, Brigitte, 327, 328
 Crunteanu, Aurelian, 375
 Crépin, Claudine, 279
 Crépin, Delphine, 72
 Cuanalo Fernandez, Juan Pablo, 368
 Cuby, Jean-Gabriel, 413
 Cuciniello, Rossana, 399
 Cucuiet, Teodor-Aurelian, 289
 Cuisset, Théo, 423, 512
 Cusson, Patrick, 189
 Cuynet, Stéphane, 36, 305, 306
 Czamlar, Valentin, 256
 Cépas, Olivier, 448, 500, 530
 Córdova-Castro, Margoth, 85, 101

 D'Auria, Virginia, 220
 D'Humières, Emmanuel, 331, 336
 Da Silva, Mathis, 340
 Dagher, Maroun, 137
 Dago, Salambô, 264
 Dagoret-Campagne, Sylvie, 410
 Dahirel, Vincent, 67
 Daney de Marcillac, Willy, 113
 Darbois-Textier, Baptiste, 153
 Das, Debraj, 273
 Daussy, Christophe, 506
 David, Adrian, 32
 David, Rogers, 144
 Davy, Gerard, 106
 De Azevedo, Baptiste, 188
 De Boiry, Paul, 123
 de la Lande, Aurélien, 297
 De la Pena, Francisco, 301
 De Oliveira, Nelson, 311
 de Poucques, Ludovic, 305, 306
 De Poulpiquet, Anne, 385
 De Simeone, Italo Pio, 203
 De Wilde, Yannick, 101
 Debailleul, Matthieu, 168, 353
 Decams, Jean-Manuel, 33
 Dedieu, Stéphane, 400
 Defienne, Hugo, 237
 Del Bene, Filippo, 73
 Delacotte, Emma, 32
 Delahaye, Julien, 448, 500, 530
 Delerue, Nicolas, 501, 518
 Delhay, Gaétan, 94
 Della Rocca, Maria Luisa, 48
 Delorme, Georges, 527
 Delteil, Aymeric, 87, 104, 204, 234
 DEMEESTER, Anne, 531
 Demirdjian, Benjamin, 77

 Deng, Baozhong, 106
 Derouich, Sarra, 92
 Derycke, Vincent, 56, 376
 Despré, V., 297
 Destaing, Olivier, 405
 Destainville, Nicolas, 61
 Destouches, Nathalie, 111
 Desvignes, Léonard, 123
 Deutschman-Olek, Andreas, 264
 Devauchelle, Olivier, 159
 Devaux, Xavier, 112
 Dewynter, Manon, 79, 105
 Di, Shengwen, 370
 Diaconu, Cristinel, 430
 Diamanti, Eleni, 227
 Djekoun, Abdelmalik, 34
 Do, Khanh-Van, 96
 Dobosz Dufrénoy, Sandrine, 328, 330
 Dolci, Mathias, 109, 384
 Dono, Rosanna, 399
 Doumit, Nicole, 130
 Doutre, Florent, 546
 Dridi, Nessim, 271
 Drobniak, Pierre, 329
 Dréau, Anaïs, 211, 225
 DU, Fusheng, 371, 375
 Duarte De Assuncao, Theo, 99
 Dubessy, Romain, 171, 200
 Dubois, Camille, 342
 Dubuit, Nicolas, 322
 Ducci, Sara, 201, 203, 227, 229
 Dudley, John M., 181
 Dumas-Bouchiat, Frederic, 371, 504, 522
 Dupont, Nathan, 463
 Dupre, Loic, 61
 Dupuis, Nicolas, 269
 Dupuy, Géraud, 269
 Dupuy, Remi, 288
 Durante, Maria, 518
 Durante, Marie, 501
 Durán-Gómez, Juan Samuel Sebastián, 223
 Dussard, Antoine, 37, 465, 468, 480
 Dusserre, Tanguy, 407, 408, 492
 Déturche, régis, 400

 E, Klimesova, 281
 Economou, Sophia, 241
 Eddi, Antonin, 148, 150, 160
 El-Kerdi, Banan, 50
 Elandaloussi, Hadj, 278
 Eles, Balint, 111
 Elgargouri, Ilhem, 128

Elias, Paul-Quentin, 476
 Elie, Antoine, 37, 377, 380, 393, 498
 Elie-Caille, Celine, 392
 Elouard, Cyril, 272
 Emeriau, Pierre-Emmanuel, 271
 Emiliani, Valentina, 360, 361
 Emperauger, Marie-Charlotte, 358
 En Naciri, Aotmane, 112
 Engrand, Godefroy, 470
 Eon, David, 118
 Erard, Marie, 342
 Ermolaev, Andrei, 181
 Escarguel, Alexandre, 525, 526, 545
 Escoffier, Stephanie, 413
 Espagne, Agathe, 293
 Et-thakafy, Oumaima, 460
 Etesse, Jean, 220
 Etienne, Florence, 460
 Evrard, Bertrand, 233

 Fabre, Nicolas, 206
 Fahy, Alexandre, 164
 Faini, Giulia, 73
 Fait, Jan, 215
 Falvo, Cyril, 287
 Fanchini, Giovanni, 51, 133
 Faour, Sara, 369, 400, 489
 Fartas, Helmi, 234
 Fatemi, Surena, 194, 214, 215
 Faugier-Tovar, Jonathan, 220
 Faure, Alexander, 471
 Favero, Ivan, 233
 Felidj, Nordin, 79, 105, 107, 109, 384
 Fernandes, Thales F.D., 70
 Fevrier, Mickael, 380
 Finot, Christophe, 166, 181
 Fiorini-Debuisschert, Céline, 131
 Flament, Eloi, 463
 Flandre, Denis, 115, 116
 Fombaron, Dominique, 311
 Fontana, Sébastien, 36
 Forterre, Yoel, 71
 Fossard, Frederic, 33
 Fournier, Marine, 288
 Francis, Laurent, 394
 Francisco Fagundes dos Santos, Tiago, 263
 Frank, Zimmermann, 426
 Fraunié, Jules, 54
 Fraval, Kevin, 447
 Freilinger, Alissa, 301
 Fresnais, Jérôme, 63
 Fresse-Colson, Owen, 205

 Fries, Jacques, 67
 Fuchs, Julien, 336
 Furlanetto, Emma, 185

 Gaillard, Margaux, 379
 Galbiati, Marta, 333
 Galbinski, Daniel, 257
 Gam Derouich, Sarra, 114
 Gam-derouich, Sarra, 109
 Garay Palmett, Karina, 221
 Garcelon, Eloïse, 82
 Garcia, Géraldine, 450
 Garcia-Guirado, Jose, 73
 Garrigou, Simon, 98
 Gaston, Jean-Paul, 485
 Gatti, Riccardo, 245, 482
 Gaudin, Héloïse, 347
 Gauthier, Georges, 153
 Gay, Aurélien, 149
 Gaygard, Maxime, 90
 Gelineau, Guillaume, 118
 Genestier, Thibault, 501, 518
 Georgeot, Bertrand, 463
 Gerard, Davy, 81, 82, 86, 98, 107
 Gerome, Frédéric, 309
 Gevers, Clémentine, 394
 Ghaisas, Chaitanya, 89
 Gharbi, Amira, 284
 Gheldane, Farid, 453
 Ghidelli, Matteo, 140
 Ghosh, Avishek, 124
 Gil, Lionel, 247
 Gilliot, Mickael, 129
 Giraudet, Louis, 460
 Gireau, Manon, 371
 Godin, Thomas, 164
 Gokarna, Anisha, 126
 Goldfarb, Fabienne, 207
 Gondret, Philippe, 146, 156
 Gonon, Marjolaine, 348
 Gonzalez-Arciniegas, Carlos, 220
 Goujon, Celine, 448, 500, 530
 Goupil, Christophe, 488
 Govorov, Alexander, 106, 107
 Goyon, Julie, 170
 Grabar, Alexander A, 192
 Grammaticos, Basile, 72
 Grandjean, Nicolas, 141
 Grau, Hervé, 441
 Grech, Mickael, 333
 Grieve, Kate, 364
 Grillo, Simone, 174

Grimm, Christiane, 360
 Grismayer, Thomas, 333
 Grojean, Christophe, 424
 Grosshans, Frédéric, 240, 241
 Gueguen, Virginie, 388
 Guelorget, Bruno, 455
 Guerin-Jequier, Sophie, 531
 Gueye, Paul, 130
 Guillet, Jean-Paul, 538
 Guillon, Marc, 363
 Guiramand, Leo, 164
 Gunday, Yanki, 244
 Guéry-Odelin, David, 270, 463
 Gérard, Jean-Michel, 186, 187, 211, 225
 Gómez-Robles, Mauricio, 180, 196, 198, 221, 223

 Ha-Thi, Minh-Huong, 286
 Haack, Géraldine, 274
 Haacke, Stefan, 294
 Hache, Francois, 280
 Hachet, Martin, 540
 Hadjadj, Aomar, 129
 Haeberlé, Olivier, 168, 353
 Hagel, Gaetan, 481
 Hajjaoui, Aymane, 248
 Hamel de Monchenault, Gautier, 422
 Hammami, Chaima, 176
 Hassani, Said, 234
 He, Jialing, 373
 Helbing, Jan, 279, 292
 Helfer, Emmanuèle, 338, 399
 Hemmen, Louka, 47
 Hennequin, Daniel, 525
 Henry, Antoine, 206
 Henry, Claude, 77
 Hergott, Jean-Francois, 288
 Hermans, Sophie, 394
 Hermier, Jean-Pierre, 87, 104, 204, 234
 Hervé, Marius, 297
 Heurteau, David, 302
 Heysen, Gaël, 129
 Hideur, Ammar, 164
 Hilaire, Paul, 241
 Hinostroza, Israel, 207
 Hmima, Abdelhamid, 455
 Hohenau, Andreas, 95
 Houard, Jonathan, 164
 Housset, Althéa, 208
 Houssin, Marie, 481
 Huang, Xin, 84
 Huault, Marine, 331

 Hubert, Christophe, 111
 Hulard, Nathanaël, 249
 Humbert, Georges, 371
 Humeniuk, Alexander, 296
 Huppert, Simon, 113
 Husson, Audric, 467
 Hébraud, Julien, 463
 Hémadi, Miryana, 388
 Hérold, Jean-François, 543

 Ialovega, Mykola, 318
 Ibata, Rodrigo, 251
 Idlahcen, Saïd, 164
 Ignoumba-Ignoumba, Ndembi, 137
 Illien, Pierre, 67
 Ingoglia, Lorenzo, 418
 Ionescu, Rodica Elena, 398
 Iqbal, Muhammad Waqar, 192
 Irman, Arie, 328
 Issa, ALI, 455
 Issa, Ali, 81, 106
 Issaoui, Riadh, 123
 Izeddin, Ignacio, 101, 351

 J, Andreasson, 281
 J, Nejd, 281
 Jacoks, Stefan, 283
 Jacques, Vincent, 225
 Jacquet, Maxime, 210, 438
 Jafari, Mina, 158
 Jaffiol, Rodolphe, 347, 369, 375, 400, 489
 Jager, Jean-Baptiste, 211, 225
 janolin, Pierre-Eymeric, 178
 Janulyte, Aurika, 467
 Jaouen, Kevin, 56
 Jardat, Marie, 67
 Jean-Marie-Désirée, Ronny, 305, 306
 Jebane, Cécile, 338
 Jensen, Nickels, 283
 Jia, Xiaoping, 147
 Jiang, Quanbo, 84, 86, 110
 Jindal, Vishwas, 47
 Joffre, Manuel, 284, 290
 Jonker, Dirk, 85, 101
 Jouan, Armel, 279
 Jouan, Pierre-Yves, 305
 Journet, Romaric, 195, 219
 Jradi, Safi, 81, 106
 Jullo, Eric, 413

 Kaczmarczuk, Benoit, 479
 Kadiri, Hind, 128, 465, 468, 480
 Kane, Alexandre, 146

Kane, Gueladio, 326
 Karashima, Shutaro, 296
 Karevski, Dragi, 275
 Karnat, Marc, 338
 Karolak, Fabienne, 131
 Kassid, Abderrahmane, 483
 Kaur, Sarabjeet, 393
 Kazi Tani, Ahmed Charef, 119
 Kengne Choumele, Clavel Berclis, 112
 Kerdiles, Sébastien, 225
 Khandelwal, Shishir, 274
 Khantine-Langlois, Francoise, 451
 Kheir Al Din, Malak, 455
 Khemakhem, Hamadi, 38
 Khemliche, Hocine, 57
 Khiari, Mouna, 178
 Khitous, Amine, 100
 Khomyshyn, Oleksandra, 327, 328
 Kies, Amélie, 50
 Kiesel, Nikolai, 264
 Kim, Kevin, 37, 375
 Klein, Célestine, 481
 Klymchenko, Andrey, 395
 Kociak, Mathieu, 98, 301
 Kociurzynski, Raisa, 74
 Koehler, Lara, 75
 Kohutych, Anton, 192
 Kokoouline, Viatcheslav, 475
 Kokoulin, Radmir, 173
 Koletsou, Iro, 442
 Konnoth Ancel, Roy, 99, 214, 215
 Konnov, Dimitrii, 173
 Konstantakopoulou, Maria, 140
 Kostcheev, Sergei, 96
 Kostcheev, Sergeï, 465, 480
 Kostcheev, Serguei, 468
 Koteva, Konstantina, 268
 Krachmalnicoff, Valentina, 101
 Krasavin, Alexey, 101
 Krouna, Syrine, 482
 Kuleff, Alexander, 297
 Kulic, Igor, 68
 Kumar, Shashwat, 274

 L. B., Ltaief, 281
 Labat, Marie, 335, 501, 518
 Laberge, M, 328
 Labonté, Laurent, 220
 Lacoste, Ana, 311
 Lacroix, Jean-Christophe, 114
 Lacroix, Noémie, 369, 489
 Lafages, Paul, 213

 Lagarde, Delphine, 47
 Lai, Ngoc Diep, 234
 Laibi, Iheb, 199
 Lajeunesse, éric, 159
 Laktineh, Imad, 303
 Lanco, Loïc, 216
 Larreur, Howel, 331
 Lassagne, Benjamin, 54
 Lau-Truong, Stéphanie, 109
 Lauginie, Pierre, 449
 Laupretre, Maël, 102
 Laurent, Elysé, 46
 Lazar, Loredana, 154
 Lazar, Mihai, 119, 120
 Lazzari, Lorenzo, 229
 Le Cunff, Yann, 340
 Le Drogoff, Boris, 374
 Le Jeannic, Hanna, 209
 Le Marrec, Loïc, 340
 Le Masne, Quentin, 435
 Le Moal, Eric, 46
 Le Moal, Séverine, 46
 Le pape, Sebastien, 324
 Le Pivert-Jolivet, Igor, 156
 Le Rille, Alain, 437
 Leclech, Claire, 403
 Lecler, Sylvain, 188
 Lefaucher, Baptiste, 211, 225
 Lefkir, Yaya, 111
 Lefort, Thomas, 257
 Lejeune, Louise, 394
 Lejeune, Michaël, 129
 Lelievre, Ronan, 336
 Lemaitre, Aristide, 102, 227, 229
 Lemarié, Gabriel, 463
 Lenz, Martin, 66, 75
 Leo, Giuseppe, 186
 Lepetit, Fabien, 288
 Lequeueux, Nicolas, 87, 104
 Lericheux, Nicolas, 288
 Lerondel, Gilles, 126, 128, 465, 468, 480
 leroy-lhez, stephanie, 531
 Lesur, Maxime, 313, 319
 Levy, Raphaël, 476
 Li, Dongzhe, 49
 Li, Jing, 244
 Li, Kunyuan, 231
 Lidgi-Guigui, Nathalie, 140, 502, 519
 Liger-Belair, Gérard, 517
 Limozin, Laurent, 344
 Liu, Chang, 73
 Llewellyn, Jack, 399

Lodewyk, Steyn, 328
 Loiseau, Annick, 33
 lojou, Elisabeth, 385
 Lombard Latune, Camille, 263
 Lombard, Laurent, 249
 Lombez, Laurent, 47
 Long, Romain, 238
 Longchambon, Laurent, 171, 200
 Lopez Alvarado, Mario Alejandro, 458
 Lorient, Vincent, 295
 Louchet-Chauvet, Anne, 213
 Louis, Thibaut, 409
 Loumaigne, Matthieu, 94
 Louradour, Frédéric, 499, 504, 516, 522
 Lourenço-Martins, Hugo, 98
 Loussert, Charles, 169
 Loze, Julien, 79, 105
 Lu, Changzi, 121, 142
 Lucie, Jurkovicova, 281
 Luengo, Gustavo S., 348
 Luo, Yun, 107, 109, 384, 388
 Lépine, Franck, 297
 López-Alvarado, Mario Alejandro, 180

 M, Albrecht, 281
 M, Krikunova, 281
 M, Mudrich, 281
 Maalmi, Jihane, 300
 Macias, Demetrio, 250
 Magalon, Axel, 70
 Magnozzi, Michele, 56
 Maitre, Agnes, 89
 Maitre, Agnès, 113
 Majada, Manuel, 531
 Malavasi, Greta, 388
 Maller, Augustin, 151
 Mallet, Jeremy, 37, 375
 Maltese, Giorgio, 203
 Mamchur, Yaryna, 85
 Mandal, Rupesh Dinesh, 120
 Mangeney, Claire, 107, 109, 384, 388
 Manoni, Martina, 427, 512
 Marcotte, Alice, 155
 Marguet, Sylvie, 81, 106, 107
 marguet, Sylvie, 90
 Marie, Xavier, 47, 52
 Markham, Damian, 227
 Marmottant, Philippe, 157
 Marquier, François, 358
 Marroux, Hugo Jean Baptiste, 288
 Marsal, Nicolas, 177, 192
 Martel, Étienne, 544

 Marthelot, Joel, 71
 Marthy, Baptiste, 376
 Martin, Anthony, 220
 Martin, Jérôme, 82, 99
 Martinez, Anna, 164
 Martrenchard, Severine, 503, 515
 Masckala, Mohamad, 327, 328
 Massimo, Francesco, 327, 328
 Matha, Robin, 248
 Matzen, Sylvia, 178
 Maurice, Emilie, 512
 Mazen, Frédéric, 118
 Mazin, Frédéric, 225
 Mazurenko, Ievgen, 385
 Mbaye, Gilbert, 198
 Medouni, Alissia, 315
 Melalkia, Mohamed Faouzi, 220
 Menezes Ferreira, Rafael, 288
 Mennerat, Gabriel, 190
 Mercat, Benjamin, 340
 Merot, Jean Sébastien, 33
 Merritt, Isabella, 289, 297
 Meskine, Othmane, 227
 Meyer, Nathan, 70
 Mezei, Zsolt, 471
 Michałowski, Paweł, 30, 31
 Michel, Anny, 450
 Michelini, Fabienne, 45
 Michielsen, Katia, 259
 Mille, Vianney, 124
 Minchella, Théo, 86
 Miniatura, Christian, 463
 Miomandre, Fabien, 114
 Mirmand, Bastien, 462
 Misiak, Vladimir, 357
 Mitrou, Maria, 311
 Mittapall, Rakesh, 460
 Mittelheisser, Cédric, 283
 Mlynar, Vojtech, 264
 Mnasri, Walid, 124
 Moatti, Alexandre, 488
 Molinaro, Céline, 100
 Monasson, Rémi, 253
 Moncomble, Adrien, 245
 Monfort, Tual, 351, 364
 Monfray, Stéphane, 206
 Mongrue, Anne, 150
 Moniez, Marc, 410
 Montemezzani, Germano, 192
 Moore, Charles, 63
 Morassi, Martina, 227, 229
 moreau, ludovic, 160

Moreau, Romain, 245
 Moreaud, Maxime, 245
 Morize, Cyprien, 146, 156
 Morris, Benedict S., 96
 Moulanier, I., 328
 Moulanier, Ioquin, 327
 Mousset, Louise, 411
 Movsesyan, Artur, 86, 107
 Muraleedharan Bindu, Athulya, 131
 Muraviev, Andrey, 173
 Murray, Calum, 414

 Namy, Olivier, 349, 356
 Nassif, Julien, 361
 Nataf, Jeremie, 360
 Nedjah, Nawel, 34
 Nehemie Ezechiël, DJNY, 372
 Nelayah, Jaysen, 245, 482
 Nhingsavath, Océane, 313
 Nicolas, Bercu, 460
 Nicolas, Christophe, 288
 Nicolaï, Philippe, 331
 Nicotera, Giuseppe, 333
 Nikam, Divya, 387
 Nio, Nicolas, 444
 Nizard, Philippe, 384, 388, 389
 Nomenyo, Komla, 128, 196, 198, 380
 Norberg, Nate, 364
 Nord, Ashley, 343
 Nord, Ashley L., 70
 Nourzat, Roumli, 123
 Novac, Pierre-Emmanuel, 248
 Ntsoenzok, Esidor, 130
 Nuñez Marcos, Andrés, 204

 O, Finke, 281
 O, Hort, 281
 Oheim, Martin, 383
 Olivier, Segolene, 220
 Omar, Karwan, 297
 Ombredane, Nicolas, 463
 Orlova, Tetiana, 169
 Ortiz Peña, Nathaly, 482
 Osmani-Kolinsky, Corinne, 531
 Othmane, Meskine, 201
 Ottapilakkal, Vishnu, 125
 Ottaviani, Laurent, 136
 Ougazzaden, Abdallah, 125
 Ozerov, Igor, 77

 Pacaud, Jerome, 450
 Pagani, Bruno, 434
 Pagnoux, Dominique, 504, 522

 Pai, David, 309
 Paillard, Charles, 131, 178
 Palakkal, Sreelakshmi, 297
 Palaudoux, Jerome, 288
 Palazzo, Nicolas, 274
 Pallandre, Bernard, 446
 Palpant, Bruno, 97, 486
 Palummo, Maurizia, 174
 Pamphile, Lea, 417
 Panchal, Abhishek, 328
 Pandey, Kartikey, 79, 105, 384
 Panicaud, Benoît, 455
 Papagiakoumou, Eirini, 352, 360, 361
 Paquiez, Paul, 269
 Parigi, Valentina, 242
 Pascu, Razvan, 127
 Patera, Giuseppe, 220
 Paul, Natalia, 398
 Pautrel, Samuel, 233
 Pavon-Djavid, Graciela, 388
 Pawelkiewicz, Michal, 529
 Payerne, Constantin, 412
 Peaudecerf, Bruno, 463
 Peci, Ermes, 56
 Pedaci, Francesco, 70
 Peinke, Emanuel, 187
 Penent, Francis, 288
 Peng, Junsong, 166, 181
 Penson, Conner, 475
 Pereira dos Santos, Franck, 479
 Perolat, Léonie, 537
 Perrard, Stéphane, 148, 160
 Perret, Sylvain, 187
 Perrin, Aurélien, 171
 Perrin, Hélène, 171, 200
 Perronet, Karen, 131, 349, 355, 356, 358
 Pesche, Maxime, 200
 Petit, Julia, 468
 Pfister, Olivier, 220
 Phan, Hien, 104
 Phan, Thi Hien, 87
 Picholle, Eric, 546, 547
 Pierron-Bohnes, Véronique, 510
 Pieuchot, Laurent, 404
 Pieyre, Sylvaine, 512
 Pignol, Guillaume, 257
 Pinault-Thaury, Marie-Amandine, 139
 Pirard, Geoffrey, 235, 466
 Pisano, Raffaele, 440
 Pishkari, Niloofar, 339
 Plain, Jérôme, 99, 379, 477
 Planson, Dominique, 121, 137

Plaszczynski, Stéphane, 72
 Poisson, Lionel, 286
 Polprasarn, Kasidapa, 309
 Pons, Thomas, 87, 104, 113, 369, 489
 Ponçot, Marc, 36
 Popa, Catalin, 398
 Porceillon, Camille, 149
 Portal, Julien, 348
 Potiron, Sylvain, 460
 Pouyez, Mattys, 333
 Privet-Thieulin, Coralie, 402
 Prost, Emilien, 297
 Proust, Julien, 99, 377, 379, 380, 393, 455, 477
 Pruvost, Laurence, 183
 Puech, Pierre-Henri, 344
 Pulci, Olivia, 174
 Putti, Elena, 73
 Pécréaux, Jacques, 340
 Péronne, Emmanuel, 50

 Quentin, Justine, 152
 Quibeuf, Guillaume, 87, 104
 Quidant, Romain, 73
 Quillet, Catherine, 157

 R, Antipenkov, 281
 R. Basavannavar, Divya, 38
 Radu, Vlad-Ștefănuț, 309
 Raedler, Joachim, 345
 Rafayelyan, Mushegh, 169
 Raffestin, Didier, 331
 Raha, Sreyan, 47
 Raineri, Fabrice, 229
 Ramos, Carlos, 206
 Ramírez-Alarcón, Roberto, 223
 Randrianavony, Koloina, 402
 Rangel-Rojo, Raúl, 180
 Rançon, Adam, 269
 Raoux, Arnaud, 542
 Ratier, Thomas, 115, 116
 Ravaro, Marco, 201, 203
 Razeghi, Manijeh, 144
 Receveur, Mathieu, 151
 Recho, Pierre, 157
 Reguig, Abdeldjalil, 36
 Reichman, Sacha, 363, 364
 Renucci, Pierre, 47
 Reuter, Stephan, 189, 309
 Richard, Cyrille, 382
 Ricolleau, Christian, 245, 482
 Riconda, Caterina, 333
 Rieser, Jakob, 264

 Rigneault, Hervé, 350
 Rinnert, Hervé, 112
 Rioux, Julien, 458
 Rittaud, Antoine, 68
 Rivière, Mathieu, 71
 Robert, Cedric, 47
 Robert, Cédric, 54
 Robert, Hadrien, 73
 Robert-Philip, Isabelle, 225
 Roccia, Stephanie, 257
 Rodriguez, Laurent, 248
 Rodríguez-Becerra, Gerardo de Jesús, 223
 Rogez, Benoît, 86, 363
 Rojas, Juan Carlos, 40
 Roldan, Edgar, 273
 Romain, Chevigny, 36
 Romanitan, Cosmin, 127
 Romero Castro, Jenny Paola, 221
 Ronceray, Pierre, 75
 Ronco, Dominique, 463
 Ronzitti, Emiliano, 360
 Roscilde, Tommaso, 269
 Rosero-Arias, Cristian, 85
 Roth, Adrien, 118
 Rouquette, Paul, 111
 Roussel, Eléonore, 334
 Roux, Stéphane, 390
 Roux, Sébastien, 54
 Roux-Byl, Céline, 113
 Rouxel, Aliénor, 207
 Rouzé, Bastien, 249
 Rummyantseva, Anna, 96, 465, 468, 480
 Rupprecht, Jean-François, 338
 Rutz, Nadja, 73

 S. Mohamed Lafirdeen, Aysha, 360
 Saenz, William, 257
 Saillant, Stéphane, 207
 Salas-Montiel, Rafael, 35, 38, 180, 196, 198, 221, 223, 497
 Salières, Pascal, 288
 Salomon, Adi, 383
 Salunke, Jash, 126
 Salvestrini, Jean Paul, 125
 San Miguel, Alfonso, 527
 San-Miguel, Alfonso, 446
 Sandana, Eric, 144
 Santoprete, Roberto, 348
 Santos, Corentin, 456
 Santos, Joao Jorge, 321
 Schabanel, Nicolas, 60, 64
 Schneider, Ioan F., 471

Schouder, Constant, 286
 Schramm, U, 328
 Schuhmann, Jérémie, 229
 Schull, Guillaume, 46
 Schwartz, Sylvain, 232
 Schöbel, Susanne, 328
 Scognamiglio, Audrey, 286
 Seduk, Farida, 70
 Segner, Lea, 261
 Seguigne, Paul, 183
 Seigneur, Léo, 307
 Seksek, Olivier, 72
 Seletskiy, Denis, 189, 309
 Selma, Daniel, 357
 Semmer, Florian, 358
 Sengupta, Kheya, 344
 Sergio, Ciliberto, 264
 Sharma, Rishabh, 171
 Sheveleva, Anastasiia, 181
 Shim, Gawoon, 339
 Shiposh, Yuliia, 192
 Shu, Kaixiang, 44
 Shukla, Abhay, 44
 Shviro, Oriane, 286
 Sierra Velez, Julian, 250
 Sigaudou-Roussel, Dominique, 402
 Silvetti, Martino, 134
 Simon, Hector, 195, 219
 Simon, Yehudi, 421, 533
 Simonetti, Olivier, 460
 Simonot, Damien, 113
 Sims, Ruth R., 361
 Sindoni, Alice, 180
 Singappuli, Diluka, 331
 Sklénard, Benoît, 244
 Sliwa, Michel, 283, 284, 290
 Smail, Kouidri, 454
 Smaï, Célia, 201
 Sohier, Jérôme, 400
 Soldo, Yvonne, 448, 500, 530
 Soler, Nina, 340
 Solinas, Xavier, 284, 290
 Sonnevile, Camille, 121, 137
 Soppera, Olivier, 100
 Soret, Ariane, 271
 Sosnova, Mariya, 529
 Specht, Christian, 351
 Sponza, Lorenzo, 33
 Sraj, Ali, 79, 105
 Starikovskaia, Svetlana, 309
 Steen, Arnaud, 429
 Stephan, Odile, 301
 Stephan, Olivier, 157
 Steyn, Theunis Lodewyk, 327
 Stocco, Antonio, 65
 Stoczek, Noah, 51
 Stoffel, Mathieu, 112
 Stumpf, Daniel, 283
 Sugny, Dominique, 205
 Sun, Fan, 388
 Sundaram, Suresh, 125
 Supic, Ivan, 227
 Susarrey-Arce, Arturo, 85, 101
 Suss, Romeo, 355
 Suzuki, Toshinori, 296
 Svarnas, Panagiotis, 311
 Symonds, Clémentine, 102
 Sánchez, Bruno, 415
 Sénécaïl, Alain, 539
 Taberlet, Nicolas, 161
 Tagu, Jérôme, 536
 Tailpied, Laure, 33
 Talla, Robert, 78, 84
 Tallaire, Alexandre, 123
 Taniguchi, Takashi, 54
 Tanzilli, Sébastien, 220
 tarisien, medhi, 331
 Tascon, Christophe, 340
 Tchao, Essowéréo, 196, 198
 tcherbakoff, olivier, 288
 Teherani, Ferechteh, 144
 Telliez, Cécile, 360
 Tessier, Gilles, 73, 363
 Thalmann, fabrice, 74
 Thi Phuong, Lien, 360
 Thiebaux, Christophe, 512
 Thouvenin, Olivier, 364
 Tisserand, Mado, 507
 Tizei, Luiz H. G., 301
 Tocquer, Laurent, 170
 Tomasi-Gustafsson, Egle, 524
 Torelly, Guilherme, 187
 Tran, Nhan, 137
 Traoré, Aboulaye, 124
 Trassinelli, Martino, 113
 Tratsiuk, Liudmila, 82, 221
 Trebbia, Jean-Baptiste, 217
 Tremblais, Chloé, 118
 Tresset, Guillaume, 355
 Treussart, François, 131, 358
 Trinh, Duc Anh, 207
 Triozon, François, 244
 Trotsiuk, Liudmila, 107

Trouillas, Patrick, 495, 504, 522, 534
 Troutot, Nicolas, 118
 Truong, Charles, 349, 356
 Tsamados, Michel, 148
 Tualle-Brouiri, Rosa, 195, 219
 Tuambilangana, Christelle, 465, 468, 480
 Turcas, Iulia, 289

 Ufer, Patrick, 328
 Ullah, Farman, 51
 Ullberg, Nathan, 56, 376
 Urvoy, Alban, 236
 Usureau, Elise, 119

 Vacher, Morgane, 297
 Valcin, David, 419
 Vallet, Maxime, 131
 Vanneste, Sylvain, 255
 Varga, Daniel, 279
 Varlet, Alice-Anaïs, 338
 Varoquaux, Gaël, 252
 Vasilovici, Ovidiu, 328
 Veillon, Charlotte, 170, 493
 Vella, Angela, 164
 Vergnat, Michel, 112
 Verkerk, Philippe, 525
 Verlot, P., 213
 Vermare, Laure, 323
 Vermelle, Cyprien, 155
 Vernière, Chloé, 237
 Verrier, Nicolas, 168, 353
 Vessière, Zoé, 509, 511
 Vial, Alexandre, 250
 Viallat, Annie, 338
 Viatcheslav, Kokouline, 471, 529
 Viatteau, Jan, 206
 Vidal, Valérie, 149
 Villard, Catherine, 68
 Virey, Jean-Marc, 531
 Vitali-Derrien, Gaëlle, 178
 Vivien, Laurent, 206
 Vodopyanov, Konstantin, 173
 Vos, Marten, 284, 290
 Voss, Paul, 125
 Vuillermet, Enora, 120, 121, 137
 Vuong, Phuong, 125
 Vézy, Cyrille, 369, 400, 489

 W, Szuba, 281
 Wagner, Richard, 256
 Walls, Michael, 301
 Wang, Guillaume, 482
 Wang, Heyu, 301

 Wang, Haobing, 460
 Watanabe, Kenji, 54
 WEI, Bin, 106
 Wei, Bin, 81
 Wein, Stephen, 271
 Welinski, Sacha, 207
 Wenger, Jerome, 110
 Wenqiang, Xiang, 374
 Westbrook, Nathalie, 342
 Whitney, Robert, 268
 Widiez, Julie, 118
 Wierchalek, Ladislav, 153
 William, Ludovic, 140
 Wilmart, Quentin, 220
 Wolfersberger, Delphine, 177
 Wu, Xiuqi, 166

 Xin, Juan, 477
 Xu, Tao, 81, 106

 Yamamoto, Yo-ichi, 296
 Yanxia, Hou, 386
 Yao, Weipeng, 336
 Youssef, Joelle, 371
 Yèche, Christophe, 412, 413

 Z, Hoque, 281
 Zahouani, Hassan, 348, 402
 Zaki, Abdelali, 131
 Zakirov, Nurzad, 374
 Zakomirnyi, Vadim, 83
 Zampini, Valeria, 360
 Zanchi, Vasco, 160
 Zanier, Sylvie, 448, 500, 530
 Zapata-Herrera, Mario, 101
 Zarrouk, Pauline, 413
 Zavatta, Alessandro, 220
 Zayats, Anatoly, 101
 Zeng, Heping, 166
 Zeng, Shuwen, 96, 368, 371, 372, 374, 375
 Zerrad, Myriam, 111
 Zerwas, Dirk, 431
 Zhang, Chaojiang, 86
 Zhang, Guanghan, 372
 Zhang, Yang, 388
 Zhao, Yuqing, 80, 81, 106, 370
 Zhu, Shaodi, 374
 Ziakas, Panagiotis, 428
 Ziehl, Nathalie, 260
 Zimmer, Oliver, 256
 Zitouni, Amine, 374
 Zou, Jingye, 131
 Zouari, Basma, 35, 38, 497

