



RAPPORT
D'ACTIVITÉ
2021

LABORATOIRE INTERDISCIPLINAIRE CARNOT DE BOURGOGNE

www.icb.u-bourgogne.fr

Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne
Unité Mixte de Recherche :



LE MOT DU DIRECTEUR



La physique, la chimie et les sciences de l'ingénieur au service des technologies et des matériaux du futur.

Impliquant plus de 300 personnes, dans les domaines de la physique, de la chimie physique et de l'ingénierie des matériaux associés à l'ingénierie mécanique, implanté sur le territoire à Dijon, Le Creusot, Chalon-sur-Saône et Belfort (Sévenans), le laboratoire ICB incarne au meilleur niveau les ambitions de recherche du CNRS en Bourgogne Franche-Comté, de l'Université de Bourgogne, de l'Université de Technologie de Belfort Montbéliard et, à travers ces Établissements, de la fédération Université Bourgogne Franche-Comté (UBFC).

Les principales orientations scientifiques du laboratoire, formant un continuum de la recherche fondamentale aux applications industrielles, sont portées par six départements et quatre plateformes technologiques, récemment reconfigurées suite à l'obtention de deux EquipEx+ (Programme Investissement d'Avenir - 2020). Le présent rapport vous fera découvrir l'impressionnante créativité qui se décline par des projets tant nationaux qu'internationaux, par des projets stratégiques du PIA ou par des mises en valeur en interaction

avec le monde socio-économique sans oublier les distinctions scientifiques qui honorent nos chercheurs les plus emblématiques. Notre Laboratoire est également investi dans la formation par la recherche en pilotant des masters internationaux de premier plan (Erasmus Mundus).

Nous souhaitons que le présent rapport motive le lecteur à interagir avec les membres du laboratoire que ce soit pour construire un projet collaboratif de recherche fondamentale ou appliquée, pour s'impliquer dans un réseau européen de partenaires de R&D, pour accéder à des prestations scientifiques offertes par nos plateformes technologiques, pour s'engager à un niveau master ou doctoral dans nos formations pour la recherche, ou encore pour nous rejoindre et contribuer au rayonnement de l'ICB en tant que Chercheur.e, Doctorant.e, Stagiaire, Ingénieur.e, Technicien.ne, ou Administratif.ve.

Je remercie tous les membres du laboratoire pour leur engagement et leur passion traduits par les nombreux succès présentés dans ce bilan 2021. J'espère que vous aurez plaisir à découvrir les multiples facettes des activités du laboratoire autant que j'ai eu plaisir à les voir éclore au cours de l'année 2021.

STÉPHANE GUÉRIN

Directeur du laboratoire Interdisciplinaire
Carnot de Bourgogne

SOMMAIRE

CHIFFRES CLÉS	5 > 6
L'ORGANISATION	7 > 10
Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne Nouvelle Direction Nouveaux membres	
TALENTS & DISTINCTIONS	10 > 11
L'ACTUALITÉ 2021	12 > 20
OPTIQUE Dijon 2021 Jeux de Lumières Equipex+ : SMARTLIGHT & CALHIPSO	
TEMPS FORTS SCIENTIFIQUES	21 > 48
Intéraction et Contrôle Quantique (I.C.Q) Photonique Nanosciences Conception, Optimisation et Modélisation en Mécanique (C.O.M.M) Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux (P.M.D.M) Interfaces Plateformes technologiques	
FORMATIONS ET START-UPS INNOVANTES	49 > 50

2021, CHIFFRES CLÉS



+300 MEMBRES

191 Permanents :

- 112 Enseignants-chercheurs
- 23 Chercheurs CNRS
- 26 ITA CNRS
- 30 IATSS Universités

190 Non permanents :

- 21 Post-doctorants
- 122 Doctorants
- 17 CDD IT
- 30 Cherch.associés - Visiteurs/an



BUDGET ANNUEL MOYEN



~ 220 PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES/ AN (en moyenne)

+800 ABONNÉS

SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

Rejoignez le laboratoire ICB :
@LaboICB



232



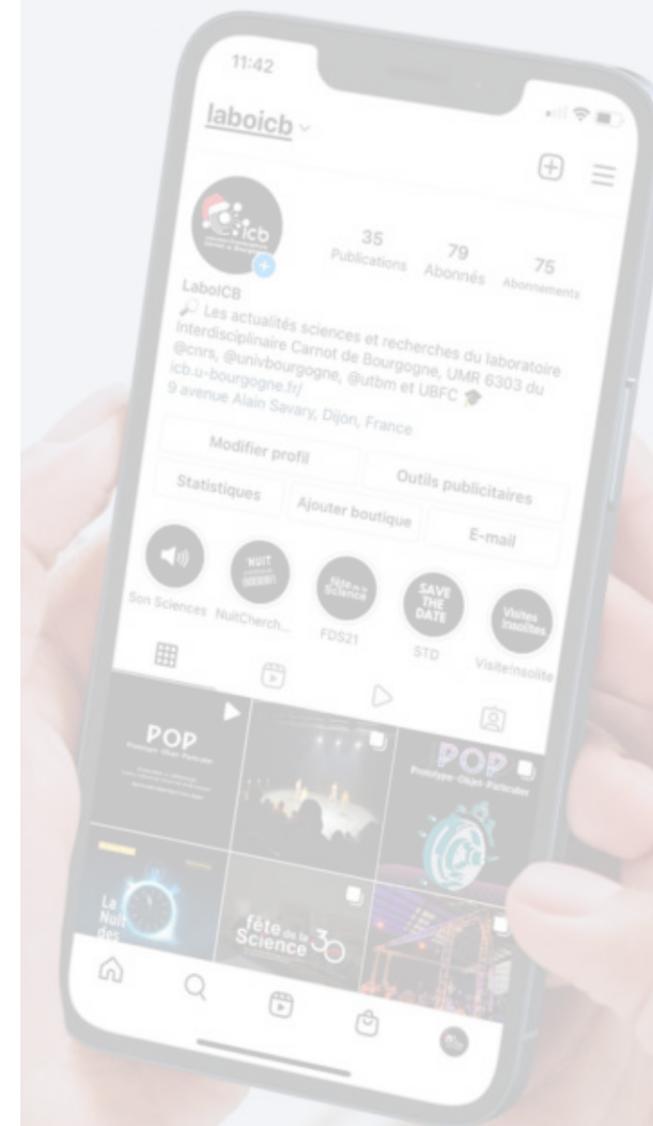
543



86



57



INTERDISCIPLINAIRE CARNOT DE BOURGOGNE

Le laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB), Unité Mixte de Recherche CNRS-UBFC compte 300 physiciens, chimistes, ingénieurs et techniciens implantés en Bourgogne-Franche-Comté, sur les sites de Dijon, Le Creusot, Chalon-sur-Saône et Belfort (Sévenans). Ils y développent de nouvelles fonctionnalités en optique et pour les matériaux du futur, à destination d'applications dans l'industrie (photonique, métallurgie, industrie 4.0,...), la médecine, les communications optiques à haut débit, le traitement de l'information à une échelle nanométrique, l'énergie et les technologies quantiques.

Des interactions avec le monde socio-économique

Les équipes scientifiques du laboratoire ICB collaborent avec les entreprises pour développer des projets de recherche dont les résultats trouvent des applications directes socio-économiques et permettent ainsi de contribuer au développement économique du territoire. Dans le contexte des Investissements d'Avenir (PIA), l'ICB est co-fondateur et acteur de la Graduate School EIPHI (Innovation through Physics and Engineering), coordonne deux nouveaux Equipex+ SMARTLIGHT (photonique intelligente) et CALHIPSO (compaction et assemblage innovants d'alliage métallique) ainsi qu'un réseau européen et un Erasmus Mundus sur les technologies quantiques. Le laboratoire est porteur de projets collaboratifs soutenus par l'Europe ou l'Agence nationale de la recherche et est aussi co-fondateur du PEPR exploratoire (PIA4) DIADEME très récemment sélectionné sur les matériaux de nouvelle génération (impression additive 4D). L'ICB est aussi acteur en ingénierie de la santé en particulier via l'EquipEx IMAPPI sur l'imagerie médicale.

Une recherche scientifique d'excellence

Les recherches interdisciplinaires du laboratoire forment un continuum du fondamental aux applications. Ses activités spécialisées dans les domaines de la microscopie optique et électronique, les fibres optiques, les lasers, la nanofabrication, la nanophotonique quantique, la nanomédecine, l'analyse des surfaces et des interfaces, la réactivité, la caractérisation et l'élaboration de matériaux (procédés, pile à combustible, métallurgie des poudres, fabrication additive, frittage, ciments, capteurs et contrôle non destructif) sont soutenues par 4 plateformes technologiques et performantes qui font la réputation du laboratoire avec des projets d'excellence. L'expertise pluridisciplinaire est mise à disposition des projets de recherche et au service des pôles et des entreprises de la Région et au-delà (nationales et internationales). Le laboratoire ICB incarne au meilleur niveau les ambitions de recherche du CNRS en Bourgogne Franche-Comté (BFC), de l'Université de Bourgogne, de l'Université de Technologie de Belfort Montbéliard et, à travers ces universités, de la fédération Université Bourgogne Franche-Comté (UBFC).

LES DÉPARTEMENTS SCIENTIFIQUES

- I.C.Q (*Interaction et Contrôle Quantique*)
- Photonique
- Nanosciences
- Interfaces
- C.O.M.M (*Conception, Optimisation, et Modélisation en Mécanique*)
- P.M.D.M (Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux)

LES PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES

- ARCEN-Carnot
- TITAN (*computational intelligence in design and manufacturing*)
- Equipex+ SMARTLIGHT (*anciennement PICASSO*)
- Equipex+ CALHIPSO (*anciennement FLAIR*)

NOUVELLE DIRECTION

En accord avec le CNRS, l'Université de Bourgogne, l'Université Technologique de Belfort-Montbéliard et consécutivement à la fin de mandat d'Alain DEREUX, la nouvelle direction du laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, Unité Mixte de Recherche CNRS-UBFC (UMR 6303) a pris ses fonctions le 1er août 2021.

Le laboratoire est désormais dirigé par Stéphane Guérin, Professeur de Physique à l'Université de Bourgogne. Trois directeurs-adjoints complètent l'équipe de direction, Nadine Millot, Professeure des Universités (uB), Alexandre Bouhelier, Directeur de Recherche (CNRS), et Cécile Langlade, Professeure des Universités (UTBM), ainsi que la Directrice Administrative, Claudine JONON, Ingénieure de Recherche (CNRS).

Stéphane GUÉRIN

PR, uB

Directeur, Laboratoire ICB

stephane.guerin@u-bourgogne.fr

Nadine MILLOT

PR, uB

Directrice Adjointe

nadine.millot@u-bourgogne.fr

Alexandre BOUHELIER

Directeur de recherche, CNRS

Directeur Adjoint

alexandre.bouhelier@u-bourgogne.fr

Cécile LANGLADE

PR, UTBM

Directrice Adjointe

cecile.langlade@utbm.fr

L'évolution de la gouvernance de l'unité a conduit au renouvellement des directions des départements scientifiques ainsi que celle de la plateforme ARCEN-Carnot qui ont accueilli leurs nouveaux responsables :

CO2M

Directeur : Frédéric DEMOLY, PR UTBM

Adjoint : Sébastien ROTH, PR UTBM

Nanosciences

Directeur : Patrick SENET, PR UB

Adjoint : Eric LESNIEWSKA, PR UB

I.C.Q

Directeur : Hans-Rudolf JAUSLIN, PR UB

Adjoint : Vincent BOUDON, DR CNRS

Photonique

Directeur : Frédéric SMEKTALA, PR UB

Adjoint : Edouard HERTZ, MCF HDR

Interfaces

Directeur : Jérôme ROSSIGNOL, MCF HDR UB

Adjoint : Bruno DOMENICHINI, PR UB

P.M.D.M

Directeur : Gilles CABOCHE, PR UB

Adjoint : Jean-Marie JOUVARD, PR UB

Plateforme ARCEN-Carnot

Responsables : Eric BOURILLOT, MCF HDR UB,

Rémi CHASSAGNON, IGR UB

NOUVEAUX MEMBRES PERMANENTS

Chercheurs :



M. LOPEZ-MARIN Isidoro

Maître de conférence UB
Département Interfaces

Chercheur en chimie, j'ai un intérêt particulier pour l'utilisation de techniques électrochimiques/spectroscopiques pour fournir des solutions innovantes à différents défis allant de la conversion efficace de l'électricité en carburants chimiques à l'adaptation des propriétés des surfaces d'électrodes. Ma vocation scientifique interdisciplinaire m'a permis d'adapter mes compétences techniques à de nombreux domaines de recherche dont l'étude des propriétés redox des composés moléculaires, l'élaboration de surfaces conductrices modifiées et l'étude de l'interface électrode/électrolyte dans les batteries Li.

isidoro.lopez-marin@u-bourgogne.fr



M. DUJARDIN Erik

Directeur de recherche CNRS
Département Photonique

Physico-chimiste de formation, j'ai étudié l'électronique de nanotubes de carbone, de graphène nanostructuré (nanocônes, nanorubans), le mouillage et la manipulation de nanogouttes, la synthèse et l'autoassemblage de nanoparticules par des virus ou des protéines artificielles, la plasmonique de nanocristaux métalliques seuls ou auto-assemblés. En janvier 2022, après 19 ans au CEMES (UPR 8011, Toulouse), j'ai rejoint l'équipe PRISM au laboratoire ICB avec laquelle je collabore depuis plus de 15 ans.

erik.dujardin@u-bourgogne.fr



M. MARCONOT Olivier

Enseignant chercheur UTBM
Département PMDM (LERMPS)

Ingénieur diplômé de l'Ecole Centrale de Lyon en 2013 et docteur de l'Université de Grenoble Alpes en 2016, mes travaux ont porté sur le développement de nouvelles architectures de catalyseur pour les piles à combustible. J'ai réalisé un post-doctorat (2017-2021) à l'Université de Sherbrooke au Canada portant sur l'étude des transferts de chaleur à l'échelle micro et nano métrique. Nouvellement recruté en tant qu'enseignant chercheur à l'UTBM et au sein de l'équipe ICB/PMDM, mes recherches s'orientent sur l'utilisation de la fusion laser sur lit de poudre pour la réalisation de nouveaux composites à matrices métalliques. Ces nouveaux matériaux sont attractifs pour des applications de dissipation de chaleur.

olivier.marconot@utbm.fr

ITA/ IATSS :



Mme CHOFFAY Nathalie

Technicienne CNRS
Service Administratif et Financier

Arrivée au laboratoire Lezi à l'IUT du Creusot en tant que contractuel en 2001. J'ai obtenu le concours CNRS de «Technicien» pour un poste au Lezi en 2008. J'ai, par la suite, intégré le Laboratoire ICB à 20%, et l'ERL Vibot du laboratoire ImViA à 80% en 2018. Depuis février 2022, je suis à 100% à l'ICB.

nathalie.ravey@u-bourgogne.fr



M. PARVAUD Régis

Ingénieur de recherche CNRS
Plateforme ARCEN-CARNOT-MEB

Après l'obtention de mon master dans les procédés d'élaboration des matériaux passé à l'université de Limoges, j'ai donné des cours de maths et de physique chimie au niveau secondaire, avant de repartir sur une licence pro en analyse et en alternance à Paris Diderot et au centre de recherche de Rhodia Aubervilliers. A l'issue de mon alternance, j'ai été embauché à Rhodia devenu Solvay au département d'analyse. Pendant dix ans, j'y ai exercé mes compétences en microscopie électronique, en diffraction et diffusion des rayons X. Après ces riches années, j'ai décidé de quitter la région parisienne pour entrer au CNRS ici à Dijon.

regis.parvaud@u-bourgogne.fr



M. SEULIN Ralph

Ingénieur de recherche CNRS
Département PMDM

Après un cursus universitaire à LYON 1 en Electronique, Electrotechnique et Automatique, j'ai effectué ma thèse en vision industrielle en partenariat avec le groupe Guy Degrenne à l'université de Bourgogne. J'ai intégré le CNRS en 2002 au sein du laboratoire Lezi (Electronique, Informatique et Image) puis dans l'ERL ViBot (Vision pour la Robotique) sur le site du Creusot où j'ai été responsable de plateformes en vision par ordinateur et numérisation 3D puis en robotique mobile. En février 2022, j'ai intégré l'équipe LERMPS à l'ICB sur le site de Sévenans.

ralph.seulin@u-bourgogne.fr

TALENTS & DISTINCTIONS

Yicha ZHANG

Médaille Frederick Winslow TAYLOR

Yicha Zhang, maître de conférences à l'université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM) est le lauréat 2021 de la médaille Frederic Winslom Taylor.

Une seule personne dans le monde, âgée de moins de 35 ans, se voit attribuer chaque année, par l'Académie internationale d'ingénierie de production, la médaille Frederick Winslow TAYLOR, qui vient illustrer le mérite exceptionnel d'un travail de recherche original. Pour la troisième fois depuis 1958, année où elle fut attribuée pour la première fois, cette médaille est décernée à une personne conduisant ses travaux de recherche au sein d'un établissement français.

Yicha ZHANG poursuit ses activités de recherche au sein du laboratoire ICB sur la conception et planification intégrées pour la fabrication additive et les procédés de fabrication additive hybride. Il dispense aux élèves-ingénieurs de l'UTBM un enseignement sur les procédés de fabrication additive.



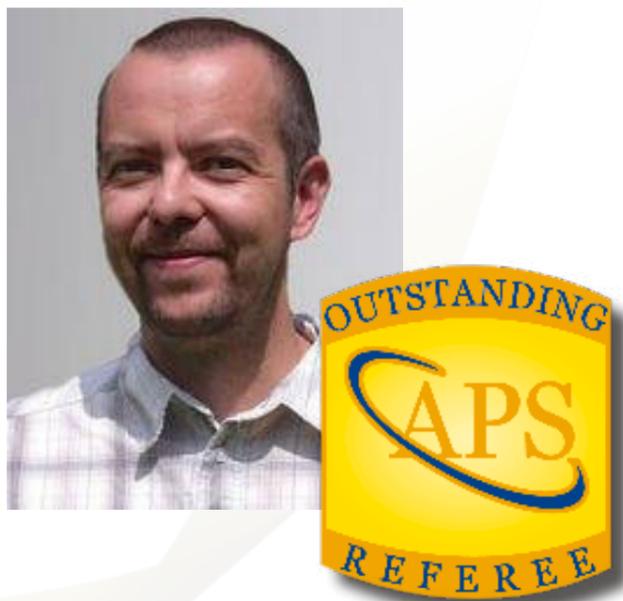
Contact :
Yicha Zhang, yicha.zhang@utbm.fr

Dominique SUGNY

Outstanding Referee 2021

Professeur des Universités en Physique au laboratoire ICB, Dominique Sugny a été nommé Outstanding Referee par l'American Physical Society.

Institué en 2008, le programme Outstanding Referee reconnaît chaque année les scientifiques qui ont été d'une aide exceptionnelle dans l'évaluation des manuscrits en vue de leur publication dans les revues APS. Par le biais de ce programme, APS exprime sa gratitude à tous les arbitres, dont les efforts de révision par les pairs maintiennent les normes des revues à un niveau élevé, mais aident également dans de nombreux cas les auteurs à améliorer la qualité et la lisibilité de leurs articles.



Contact :
Dominique Sugny, dominique.sugny@u-bourgogne.fr

Hanlin LIAO & Christian CODDET

Classement de Stanford

Hanlin LIAO et Christian CODDET, 2 enseignants-chercheurs du laboratoire ICB à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard font partie des chercheurs les plus influents au monde.

L'étude de Stanford est basée sur l'analyse de Scopus, une base de données bibliométrique transdisciplinaire de résumés et de citations de publications scientifiques. Cette liste comporte 159 683 chercheurs. Parmi elles, 5 048 évoluent dans des institutions françaises, ce qui représente environ 3% des personnes citées. Parmi ces personnes, 55 d'entre elles évoluent en Bourgogne-Franche-Comté, au sein des établissements d'enseignement et de recherche, des organismes de recherche et des centres hospitaliers universitaires.



Contact :
Hanlin Liao, hanlin.liao@utbm.fr
Christian Coddet, christian.coddet@utbm.fr



2021, L'ACTUALITÉ

Le laboratoire ICB s'engage depuis plusieurs années à transmettre ses connaissances et les partager avec le grand public. Ce moment de partage et de transmission se fait via des actions de médiation scientifiques récurrentes tels que la Fête de la Science, la Nuit Européenne des Chercheur.e.s et bien d'autres initiatives en région Bourgogne-Franche-Comté.

MARS

Faire découvrir au grand public les propriétés fascinantes du Temps



Organisée conjointement par la Société française de physique, le CNRS et le CEA, l'opération a consisté d'une part à une mobilisation des scolaires autour du thème du Temps via des concours expérimentaux, artistiques, littéraires et philosophiques, et d'autre part en une soirée à fort retentissement : table ronde pluridisciplinaire, reportage et palmarès des concours ont rythmé la soirée et animé les esprits.

JUILLET

Festival Image Sonore

Le 10 juillet dernier, le laboratoire prenait ses marques au Festival Image Sonore avec un atelier scientifique et pédagogique « Voir les rayons cosmiques ». À l'aide d'une chambre à brouillard, il est possible de détecter le passages des particules nucléaires dans la matière sous forme de traînées de condensation.



SEPTEMBRE

Nuit Européenne des Chercheur.e.s

Après 10 ans passés à la Maison des Sciences de l'Homme et l'atheneum, la 17ème édition de la Nuit Européenne des Chercheur.e.s, dédiée aux voyages scientifiques, a posé ses bagages vendredi 24 septembre tout au bout du campus de Dijon à la halle de tennis de l'UFR STAPS.

Dans ce lieu, six dispositifs prêts pour l'embarquement : « la valise du chercheur », le « speed searching », « le bivouac », « le rendez-vous des voyageurs », « la soirée diapos » et le terrain des « sciences du sport ». Pendant 1h45, le grand public a pu circuler d'un dispositif à l'autre pour découvrir et échanger avec des paléontologues, des historiens, des sociologues, ainsi que des physiciens du laboratoire ICB.



OCTOBRE

Fête de la Science 2021

Un moment privilégié de partage et de dialogue entre le citoyen et le scientifique, autour d'une même curiosité : la découverte. Les chercheurs ont pu partager avec le grand public leur quotidien, leur démarche scientifique, leurs batailles et leurs moments « Eurêka ! » à travers la thématique annuelle « l'émotion de la découverte ».



Pour cette 30ème édition, le laboratoire ICB s'est invité au Village des Sciences, au lycée Carnot avec 3 animations scientifiques — Pile à combustible (hydrogène), optique géométrique (l'oeil et la vision), spectroscopie moléculaire (comprendre l'Univers).

Soutenu par notre ambassadeur en région Vincent Boudon, Directeur de recherche CNRS au laboratoire.

NOVEMBRE

« Mouvement et Science »

Cet UE culturel s'est organisé autour de la Compagnie Ex Novo dirigé par Antoine Arbeit et du spectacle de danse « Système » ainsi que d'un cours théorique donné par Vincent Boudon (CNRS/ICB).

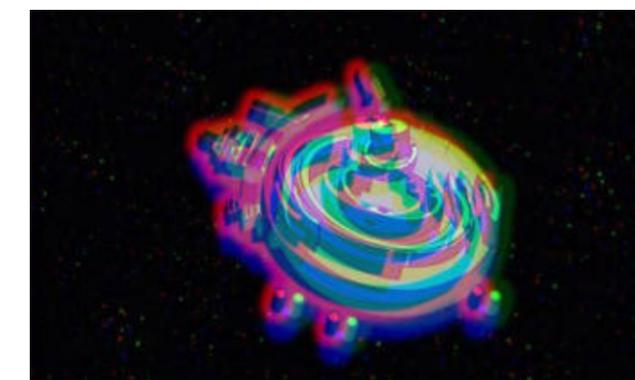
Deux temps d'explorations : les mouvements planétaires à travers l'histoire de l'astronomie et l'exploration du déplacement et de l'organisation des corps dans l'espace emportés par les enregistrements sonores de l'univers publiés par la NASA en 1992, à la fois nébuleux,



Exposition POP Prototype Objet Particulier

« Saviez-vous que les universités de Bourgogne et de Franche-Comté ne se limitent pas uniquement à l'enseignement et à la recherche ?

Chercheur.e.s, ingénieur.e.s, technicien.ne.s travaillent ensemble, main dans la main, pour construire la science d'aujourd'hui et de demain. Les prototypes, objets particuliers, entre expérimentation et industrialisation, sont au coeur de cette exposition. Notre Centre de Ressources Mécaniques (CRM) a contribué à cette belle exposition.





OPTIQUE *Dijon 2021*

Du 5 au 9 juillet s'est tenu le Congrès OPTIQUE Dijon 2021 au palais des congrès à Dijon, organisé sous la présidence de Guy Millot et sous l'égide de la Société Française d'Optique. Ce grand congrès biennal a su mettre en lumière la richesse et la vigueur de tous les secteurs de l'optique en France. L'événement a donné une vision globale des recherches de pointe du fondamental à l'appliqué, des développements industriels et des innovations pédagogiques à travers plusieurs conférences plénières à spectre large, associées à de nombreuses conférences thématiques et à des sessions par affiches. De grandes sommités scientifiques ont répondu présent : le prix Nobel de physique 2018 (Prof. Gérard Mourou), plusieurs médaillés d'argent du CNRS et membres de l'Institut Universitaire de France, des chercheurs imminents de Suisse, Allemagne, Italie, Angleterre, Espagne, Suède, Québec. Outre les présentations scientifiques, une session consacrée aux relations industrielles et une session pédagogique ont également constitué un terrain propice aux échanges.

Le laser est à la base de cette révolution technologique. Sans cette science de la lumière pas d'internet, pas d'éclairage LED, pas de smartphones... Elle est la principale source d'innovation dans un nombre de domaines exponentiellement croissant : par exemple les réseaux de communication par fibres optiques, les smartphones, les panneaux solaires, l'automatisation des véhicules équipés de radars optiques Lidar, les imprimantes 3D, les drones, les casques de réalité virtuelle/augmentée, les LED (éclairage économique, écrans à haute résolution, culture de plantes, thérapie du cerveau, lecteur de codes-barres, lecteur de CD et DVD, wifi optique LiFi), et aussi les soins de santé, la sécurité, la défense, la sûreté.



De gauche à droite : Guy Millot, chercheur au laboratoire ICB, Gérard Mourou, Prix Nobel de physique, et Philippe Adam, président de la SFO.

Les recherches et les avancées technologiques liées à la lumière sont de formidables facteurs de croissance économiques et d'évolution culturelle, respectueux de l'environnement. L'optique propose des solutions innovantes et uniques qui surpassent les technologies conventionnelles électroniques en termes de vitesse, de capacité et de précision : liaisons à fibres optiques, résolution des problèmes d'émission de chaleur dans les centres de données, biopsies optiques, l'analyse de fluides, diagnostic précoce et non invasif de cancer.

LA PARITÉ DANS L'OPTIQUE

En symbiose avec la commission « Femmes et physique, réussir la parité optique », le congrès a mis l'accent sur les solutions possibles pour augmenter le nombre de femmes travaillant dans le secteur de l'optique, à tous les niveaux de responsabilité. Cette année, 50 % des conférences plénières et 30 % des conférences thématiques étaient présentées par des femmes, là où on estime qu'il n'y a pas plus de 20 % de femmes dans le secteur de l'optique.

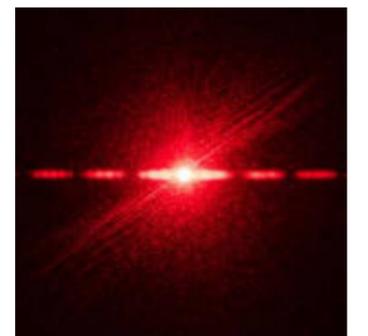
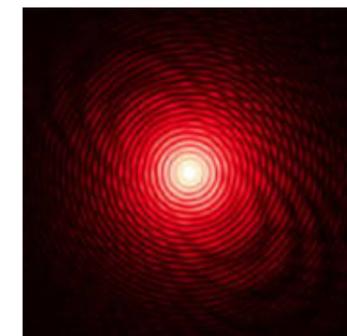
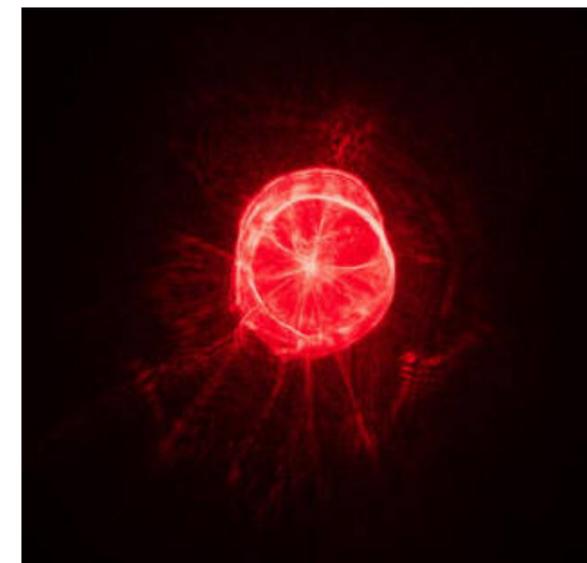
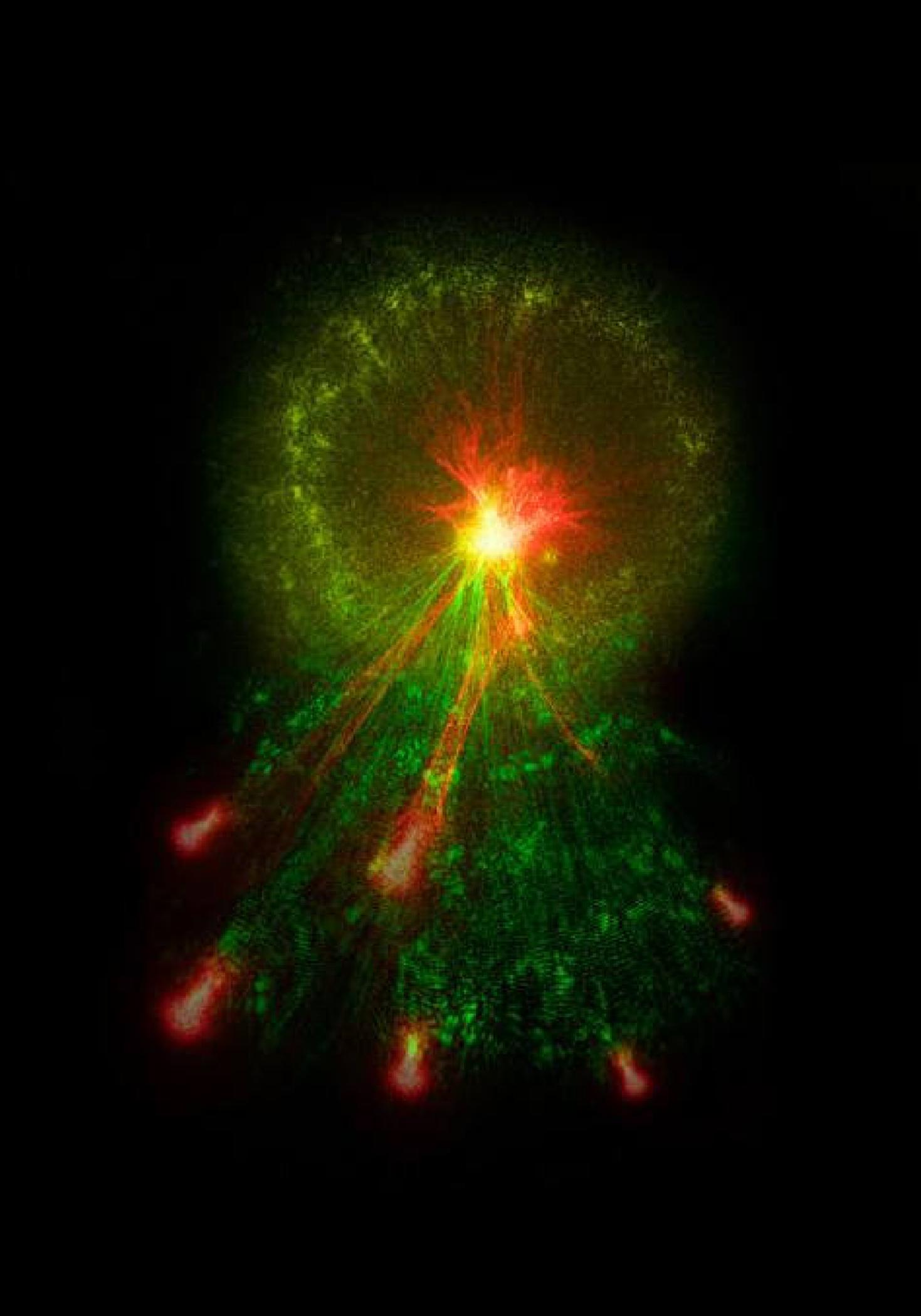
JEUX DE LUMIÈRES

Cette exposition a été imaginée dans le cadre de la biennale ArtSciences « Réseaux ! Partout tu tisses », qui s'est étendue sur la saison culturelle 2020-2021 en Bourgogne-Franche-Comté. La volonté de faire coexister et fusionner ces deux disciplines, que sont les arts et les sciences, a donné naissance à de nombreux rendez-vous. Le photographe Edouard Barra a été en résidence de mai à juillet 2021, au sein de l'ICB. « Jeux de lumières » est à retrouver à partir du 14 février 2022 sur les grilles du Jardin Darcy à Dijon.

Avec l'aide des chercheurs de l'ICB, Edouard Barra, photographe et auteur, a mêlé expériences et vision artistique autour de la lumière et de ses représentations.

Edouard Barra, photographe : « Photographier signifie littéralement, écrire avec la lumière. La lumière est la matière première du photographe. Elle lui permet de sculpter des espaces, de mettre en avant « en lumière » et de cacher aussi. Mais qu'est-ce que la lumière ? Peut-on réellement écrire avec la lumière ? D'où vient-elle ? Qu'est-ce que l'on vient voir ? Des méduses lumineuses, des formes géométriques et organiques, un réseau de neurones ou des galaxies lointaines »

Frédéric Chaussard, Maître de Conférences (uB/ICB) : « Lorsque la lumière rencontre de petites particules au sein d'un milieu transparent, elle va être déviée dans de multiples directions : c'est le phénomène de diffusion.



© Edouard Barra

SMARTLIGHT & CALHIPSO,

Nouvelles plateformes du laboratoire

Sur recommandation du comité de pilotage de l'action Equipements Structurants pour la Recherche (E.S.R./EquipEx+) qui s'est tenu les 6 et 23 novembre 2020, 2 projets proposés par le laboratoire ICB ont été retenus pour financement.

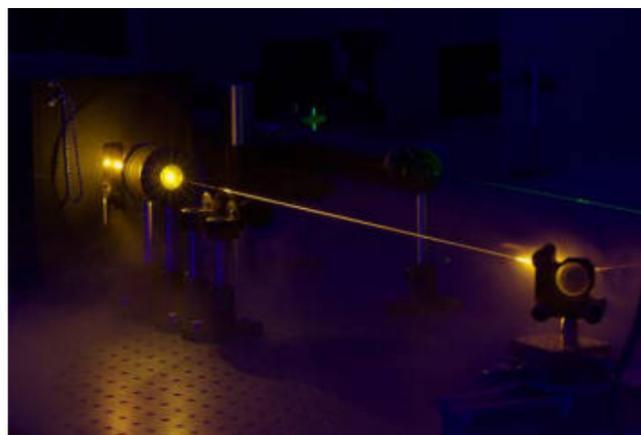


Les plateformes PICASSO (ICB) et FRILIGHT (Femto-st) sont co-lauréates de l'appel EQUIPEX + 2020 avec SMARTLIGHT qui proposera des installations clés pour piloter la prochaine génération de « smart photonics ». Coordonné par UBFC, cet appel à projets de la troisième phase du Programme Investissements d'Avenir (PIA) était dédié aux équipements structurants pour la recherche.

Coordonné par Benoit Cluzel, Maître de conférence en physique à l'Université de Bourgogne (UB, membre d'UBFC), ce projet associe un très haut niveau d'excellence scientifique et d'expertise complémentaire parmi les membres du laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB, Unité Mixte de Recherche 6303 CNRS-UBFC), et de l'Institut FEMTO-ST (Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique – Sciences et Technologies, UMR 6174 CNRS-UBFC).

Le projet fusionnera les plateformes de photonique de l'ICB et de FEMTO-ST en une plateforme mutualisée ouverte aux communautés scientifiques et industrielles travaillant dans le domaine de la photonique et de l'intelligence artificielle. Plus de 120 scientifiques y développeront des recherches de pointe en nano-optique, photonique ultrarapide, fibre optique, photonique non linéaire, optique quantique et télécommunications.

SMARTLIGHT est une plateforme de recherche dotée d'installations clés pour générer des connaissances nouvelles en photonique intelligente, tout en s'impliquant dans l'innovation industrielle. Il s'appuie sur la fusion des plateformes PICASSO du laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB) et Fri-Light de l'Institut FEMTO-ST en une plateforme mutualisée de la région BFC ouverte aux communautés scientifiques et industrielles travaillant dans le domaine de la photonique et de l'intelligence artificielle.



Responsable :

Benoit CLUZEL, Maître de Conférence (uB)
benoit.cluzel@u-bourgogne.fr

CALHIPSO

Le projet CALHIPSO coordonné par UBFC (Université Bourgogne Franche-Comté) fait partie de la liste des lauréats de l'appel à projets EQUIPEX+ 2020. Cet appel à projets de la troisième phase du Programme Investissements d'Avenir (PIA) était dédié aux équipements structurants pour la recherche.

CALHIPSO (Compaction et Assemblage d'alliages métalliques par HIP, une Solution InnOvante) est un projet ambitieux de mise en œuvre de la technologie HIP (« Hot Isostatic Pressing », Compression Isostatique à Chaud) dans l'industrie métallurgique (aéronautique, défense, nucléaire...). Ce projet propose une approche globale d'expérimentation, de modélisation et de simulation qui permettra de définir des solutions HIP taillées à la mesure des besoins industriels.

Coordonné par Frédéric Bernard, professeur de chimie physique à l'Université de Bourgogne (uB, membre d'UBFC), ce projet associe des partenaires démontrant une longue expérience dans la mise en œuvre de la technologie HIP : l'équipe du Pr Bernard au sein du laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB, UMR 6303 CNRS-UBFC), le laboratoire d'Innovation pour les Technologies des Énergies Nouvelles et les nanomatériaux du CEA à Grenoble, le Centre de Mise En Forme des matériaux (UMR 7635 CNRS-Paris Sciences Lettres / Mines ParisTech) et la société Framatome. Ce partenariat procure au projet CALHIPSO un environnement scientifique riche et des équipements complémentaires tant du point de vue des procédés de fabrication que de celui des moyens de caractérisation. CALHIPSO est un atout de poids pour l'émergence d'une filière nationale « métallurgie des poudres » notamment pour l'association Excalibure, premier réseau professionnel français public/privé.



Responsable :

Frédéric BERNARD, Professeur des universités (uB)
fbernard@u-bourgogne.fr



INTERACTIONS ET CONTRÔLES QUANTIQUES (ICQ)

Directeur

Hans-Rudolf JAUSLIN, hans.jauslin@u-bourgogne.fr

Directeur Adjoint

Vincent BOUDON, vincent.boudon@u-bourgogne.fr

Le département « Interactions et Contrôle Quantiques » (ICQ) comprend deux groupes de théoriciens dont les sujets de recherche se concentrent sur les systèmes quantiques et leurs interactions, incluant la spectroscopie moléculaire et atomique, la dynamique des collisions réactives moléculaires, la spectroscopie métrologique, le contrôle de systèmes quantiques par des champs électromagnétiques, la nano-optique quantique et l'information quantique, la dynamique non-linéaire avec des applications aux fibres optiques. Le travail de ses membres est caractérisé par une approche largement interdisciplinaire, impliquant des collaborations fortes avec des équipes de Mathématiques, de Physique, de Chimie, de Planétologie et d'Astrophysique. Les deux groupes ont un grand nombre de collaborations avec des groupes expérimentaux, tant localement qu'au niveau national et international.

FAITS MARQUANTS



Projet Européen Quantum Technologies and Engineering Erasmus Mundus Master (QuanTEEM)

Coordonné par UBFC, ce projet fait partie des 25 lauréats retenus par la Commission européenne. Dans le cadre de l'appel à propositions 2021 Erasmus Mundus Joint Master (EMJM) du programme Erasmus+, QuanTEEM va bénéficier d'un budget de 5 174 400 M€ sur la période 2022-2026. Le coordinateur du projet QuanTEEM est Stéphane Guérin, Directeur du Laboratoire ICB. Ce projet est composé d'un consortium international comprenant deux autres universités européennes : Technical University of Kaiserslautern (Allemagne) et Aarhus University (Danemark) et une université russe : Moscow Institute for Physics and Technology (MIPT). Ce projet implique également de nombreux partenaires académiques (Université de Mayence, Université de Bilbao, Université de Novosibirsk, ITMO à Saint Pétersbourg, Skolkovo Institute of Science and Technology, Université de Riga, ...) et industriels localement (Aurea Technology, Ixblue) et internationalement (IBM, ID Quantique, Qtools, IQM, International Center for Quantum Optics and Quantum Technologies).

QuanTEEM s'appuie sur l'expertise et les activités de recherche du Laboratoire ICB. Il fait écho à ses projets ITN actifs sur les technologies quantiques, dont LIMQUET (coordinateur : Stéphane Guérin) et QuSCo (coordinateur local : Dominique Sugny). QuanTEEM s'intégrera à l'offre de Master UBFC de la Graduate School EIPHI sur le volet spécifique des technologies quantiques. QuanTEEM offre un programme de formation complet sur la thématique en forte croissance des technologies quantiques, couvrant toutes ses applications actuelles en exploitant un large éventail de coopérations industrielles. Le contenu novateur et unique en Europe de QuanTEEM permettra d'attirer les meilleurs étudiants en leur octroyant un diplôme de master multiple délivré par le consortium international d'établissements d'enseignement supérieur membres du projet QuanTEEM.

<https://www.ubfc.fr/un-master-international-en-technologies-quantiques-labellise-erasmus-mundus/>

Projet TACTICQ (Techniques Avancées de Calcul pour la Théorie de l'Information et le Contrôle Quantique)

Piloté par l'équipe ICQ-DyTeQ à partir de septembre 2022. Soutenu par l'EUR Eiphi, ce projet regroupe 5 UMR d'UBFC (ICB, FEMTO-ST, UTINAM, LMB et IMB) et se concentre autour du calcul quantique et du calcul classique au service de l'information quantique (algorithmie, calcul intensif, calcul sur plateforme quantique). Ce projet pluridisciplinaire implique des partenaires industriels comme AUREA Technologie mais également la société ColibriTD spécialisée

Projet ANR « TIGER » LPCA/Dunkerque - IEMN/Lille - ICB/Dijon - Thalès R&T, 2022-2025 : Réalisation d'un Spectromètre THz innovant à très haute résolution spectrale avec un post-doc à recruter en 2024 pour Dijon.

Projet EUR EIPHI « COSMIC » ICB/Dijon et UTINAM/Besançon : une thèse (2022-2025) : COmputation and Spectroscopy of Molecules in the Infrared for Comets (COSMIC).

Projet PHC avec Riga (Osmose) : 2020-2021 et **Projet OTAN** avec Riga et Ashtarak : 2019-2023 : «States mixing in external magnetic fields in alkali atoms and molecular dimers»

Construction d'une base de données spectroscopique pour les atomes (CaDDiAcS): <https://vamdc.icb.cnrs.fr/caddiacs/>

Collaboration sur les technologies quantiques avec l'Université de Auburn, Alabama - Frédéric Holweck : séjour aux Etats Unis, 12 mois,

PUBLICATIONS MARQUANTES

Équipe DyTeQ (Dynamique et Technologies Quantiques)



Des ondes de matière sous contrôle optimal

Ces travaux ont été menés par des physiciens et des physiciennes du Laboratoire collisions agrégats réactivité (LCAR, CNRS/Univ. Toulouse – Paul Sabatier) à Toulouse et du Laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB, CNRS/Univ. Bourgogne Franche-Comté) à Dijon et publiés dans la revue PRX Quantum.

Quantum State Control of a Bose-Einstein Condensate in an Optical Lattice
N. Dupont, G. Chatelain, L. Gabardos, M. Arnal, J. Billy, B. Peaudecerf, D. Sugny, and D. Guéry-Odelin, PRX Quantum, 05/10/2021.

Light-matter interaction in open cavities with dielectric stacks ;
A. Saharyan, J-R. Alvarez, H. Thomas. Doherty, A. Kuhn, S. Guerin ;
Appl.Phys.Lett. 118, 2021, 154002

Deterministic generation of high-dimensional entanglement between distant atomic memories via multiphoton exchange ; A. Gogyan, S. Guerin, Yu Malakyan ;
Phys.Rev. A 103,2021,062611.

Optimal Robust Quantum Control by Inverse Geometric Optimization; G. Dridi, K. Liu, S. Guerin; Phys.Rev.Lett. 125, 2020,250403.

Critical review of quantum plasmonic models for finite-size media ;
V. Dorier, S. Guerin, H-R. Jauslin ; Nanophotonics 9, 2020, 3899.

Robust control of unstable nonlinear quantum systems; J-J. Zhu, Xi Chen, H-R. Jauslin, S. Guerin ; Phys.Rev. A 102, 2020, 052203.

Introduction to the Pontryagin Maximum Principle for Quantum Optimal Control;
U. Boscain, M. Sigalotti and D. Sugny; PRX Quantum 2, 030203 (2021).

Fundamental bounds on qubit reset; D. Basilewitsch, J. Fischer, D. M. Reich, D. Sugny and C. P. Koch; Phys. Rev. Res. 3, 013110 (2021).

Geometric origin of the Tennis Racket Effect; P. Mardesic, G. J. Gutierrez Guillen, L. Van Damme and D. Sugny; Phys. Rev. Lett. 125, 064301 (2020); Highlight as Phys. Rev. Lett. Editors' Suggestion, Phys. Rev. Lett. Press Release.

An abstract framework for interior-boundary conditions ; T. Binz, J.Lampart ; arxiv:2103.17124, 2021.

The resolvent of the Nelson Hamiltonian improves positivity ; J. Lampart ; Mathematical Physics Analysis and Geometry 24(2), 2021.

Mermin polynomials for non-locality and entanglement detection in Grover's algorithm and Quantum Fourier Transform ; H. de Boutray, H. Jaffali, F. Holweck, A. Giorgetti, P.A. Masson ; Quantum Information Processing, 20(3) (2021) 1-29.

Testing quantum contextuality of binary symplectic polar spaces on a Noisy Intermediate Scale Quantum Computer ; F. Holweck ; Quantum Inf. Process. 20 (2021): 1-13.

Équipe SMPCA (Spectroscopie Moléculaire, Processus Collisionnels et Applications)

Calculated spectroscopic databases for the VAMDC portal: New molecules and improvements. C. Richard, V. Boudon and M. Rotger, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 251, 107096-1-107096-13 (2020).

Contribution à la base de données internationale GEISA : The 2020 edition of the GEISA spectroscopic database ; R. Armante et al. ; Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 380, 111510-1-111510-26 (2021).

Contribution à la base de données internationale HITRAN : The HITRAN2020 molecular spectroscopic database ; I. E. Gordon, et al. ; Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 277, 107949-1-107949-82 (2022).

Hyperfine transitions in the first overtone mode of hydrogen deuteride ; P. Dupré ; Phys. Rev. A, 101, 022504 (2020).

Sub-Doppler spectra of sodium D lines in a wide range of magnetic field: Theoretical study, R Momier, AV Papoyan, C Leroy, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 272, 107780, 2021

Sub-Doppler Spectroscopy of Room-Temperature Cs Atomic Vapor in a 400-nm-Thick Nanocell, A Sargsyan, R Momier, A Papoyan, D Sarkisyan Journal of Experimental and Theoretical Physics 133 (4), 404-410, 2021

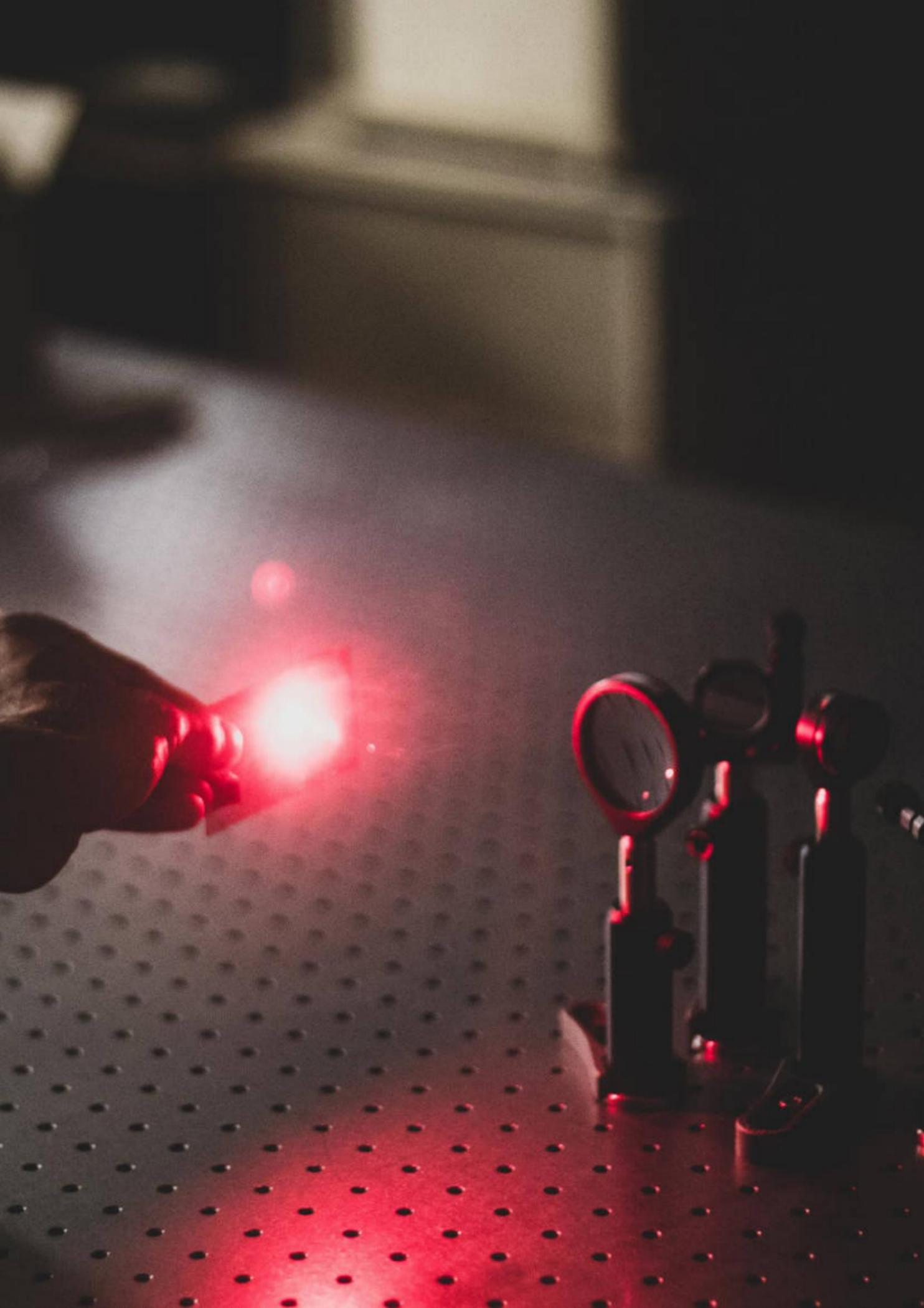
All alkali atoms line magnetic field values cancelling transitions. A Aleksanyan, R Momier, E Gazazyan, A Papoyan, C Leroy, arXiv preprint arXiv:2008.03581

Differential cross sections and product ro-vibrational distributions for 16O + 36O2 and 18O + 32O2 exchange reactions Publication sur la collaboration ICB - ITT : K. Srikanth, G. Guillon , T. R. Rao, P. Honvault, , Chem. Phys. Lett. 776, 138648 (2021).

Direct time delays computation applied to the O + O2 exchange reaction at low energy: lifetime spectrum of O3* species, Publication en rapport avec la thèse d'Erwan Privat : E. Privat, G. Guillon, P. Honvault, J. Chem. Phys. 154, 104303 (2021).

Transition intensities of trivalent lanthanide ions in solids: Extending the Judd-Ofelt theory ,G. Hovhannesian, V. Boudon, M. Lepers. , 241, 118456 (2022).

Observation of a narrow inner-shell orbital transition in atomic erbium at 1299 nm, A. Patscheider, B. Yang, G. Natale, D. Petter, L. Chomaz, M. J. Mark, G. Hovhannesian, M. Lepers, F. Ferlaino. Phys. Rev. Research, 3, 033256 (2021).



PHOTONIQUE

Directeur

Frédéric SMEKTALA, frederic.smektala@u-bourgogne.fr

Directeur Adjoint

Edouard HERTZ, edouard.hertz@u-bourgogne.fr

Le département PHOTONIQUE développe son expertise dans le domaine de l'interaction lumière-matière en régime propagatif. Cette expertise recouvre l'optique non-linéaire ultrarapide dans des milieux variés allant des solides aux milieux gazeux et aux plasmas, recourant à des configurations allant des fibres optiques à l'optique intégrée, en incluant la nano-photonique et la plasmonique. Les activités se déploient depuis des études théoriques jusqu'à la recherche expérimentale qui occupe une place importante, avec une attention particulière portée aux développements technologiques et applicatifs. Cette recherche expérimentale s'appuie sur les moyens techniques de l'Equipex SMARTLIGHT pour l'instrumentation optique et ARGEN pour la fabrication et la caractérisation en nano-photonique. Le département dispose également de solides compétences théoriques et de modélisation numérique et s'approprie les concepts et les outils de l'intelligence artificielle. Au total, le Département Photonique compte une soixantaine d'enseignants-chercheurs, chercheurs, ingénieurs, techniciens, doctorants et post-doctorants.

Au sein des plateformes expérimentales, divers types de matériaux et de structures sont développés : fibres optiques spéciales composées de verres non-linéaires adaptés au moyen infrarouge (tellurites, chalcogénures) ; guides planaires non-linéaires et transparents (dioxyde de titane, nitrure de silicium, oxyde de tantale) ; pistes plasmoniques (or). Une activité importante du département concerne l'étude et le développement de nouvelles sources de lumière cohérente ou de forte brillance, compactes et efficaces : peignes de fréquences, lasers à fibre optique impulsions, conversion de fréquence, supercontinuum, synthèse optique, lasers Q-switch portables. Les activités s'orientent également vers les composants nano-photoniques pour les réseaux neuromorphiques optiques. La recherche fondamentale couvre de nombreux aspects : le contrôle de mécanismes, et la filamentation laser, le contrôle de processus quantiques, la compréhension de phénomènes non-linéaires complexes tels que la génération de supercontinuum, d'ondes scélérates, la dynamique ultrarapide en cavité laser, la condensation d'onde, explorant plus avant les notions de soliton optique et de soliton dissipatif.

Les visées applicatives sont stimulées par cette recherche fondamentale : réalisation de fonctions optiques pour les communications optiques à haut débit ou le traitement optique des données à l'échelle de la puce informatique, les applications spectroscopiques pour le domaine de la santé, l'environnement, le développement d'outils pour la métrologie d'impulsions ultra-courtes et la recherche de terrain en géologie et archéologie.

NOUVEAUX CONTRATS, VALORISATION, TRANSFERT

ANR ELECTROCOMB - (local coord. : Guy Millot ; Partenariat : Fraunhofer IPM ; ANR PRCI – DFG)

ANR 4D-META- (coord. : A. Bouhelier ; Consortium ICB & Femto-ST)

ANR ELECTRODE - (coord. K. Hammani)

ANR DALHAI - (coord. E. Dujardin)

ANR OCTANE - (coord. B. Cluzel)

CROCONANO - (coord. B. Cluzel , projet EUR EIPHI)

HELIX - (coord. : P. Béjot, projet EUR)

EQUIPEX+ Smartlight - (coord. B. Cluzel)

Thèse CIFRE société Femto Easy - (coord. E. Hertz)

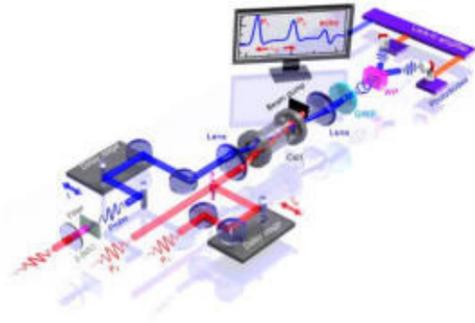
TIGER Projet de maturation - (coord.: P. Béjot ; Time-Gated Electric field Reconstruction)

WALL-IN - (coord Julien Fatome, CNRS IRP avec l'Université d'Auckland)

FAITS MARQUANTS

Équipe PFL (Processus Femtosecondes et Lasers intenses)

Quand les collisions ralentissent la dissipation



Comprendre les interactions d'un système quantique avec son environnement constitue un objectif essentiel pour appréhender les technologies quantiques du futur, c'est ce que l'équipe PFL et leurs confrères de l'Université de Paris-Saclay et de l'Université de Shanghai ont choisi d'étudier.

Le couplage inévitable du système quantique à son environnement entraîne une décohérence généralement décrite à l'aide de l'approximation séculaire. Les chercheurs de l'ICB ont démontré la limite de cette approximation dans le cas de la relaxation collisionnelle

de rotateurs moléculaires, des travaux publiés dans la revue Nature Communications. Les résultats expérimentaux ont été obtenus grâce à l'élaboration d'une stratégie basée sur les échos d'alignement moléculaire (découverts par l'équipe PFL et les chercheurs de l'Institut Weizmann) permettant de scruter la molécule sur des échelles de temps comparables, voire inférieures, à la durée d'une collision.

Communication publiée le 12 février 2020 sur le site de l'INP.

Lien: <https://www.inp.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/quand-des-collisions-ralentissent-la-dissipation>

De la recherche fondamentale aux applications industrielles

Le contrôle de systèmes quantiques par impulsions laser nécessite d'adapter les outils de caractérisation aux performances des sources ultra-rapides en constante évolution. A ce titre, l'équipe PFL s'investit depuis plusieurs années dans la métrologie des impulsions femtosecondes.

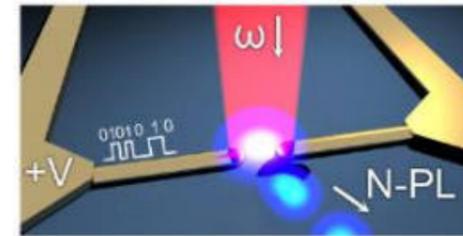


Pour cette activité de métrologie, les chercheurs de l'ICB partagent leur savoir-faire en collaborant avec différents partenaires industriels comme FemtoEasy, notamment au travers de bourses de thèses CIFRE.

Accompagnée par la SATT Sayens, les chercheurs de l'ICB viennent de déposer un brevet [1] sur leur dernière technique baptisée TIGER (Time-Gated Electric field Reconstruction). Ce dispositif permet une caractérisation mono-coup en phase et amplitude d'une impulsion ultra-courte, proche IR ou visible. Un prototype ultra-compact (représenté ci-contre) a été développé dans le cadre d'un projet de maturation SATT Sayens.

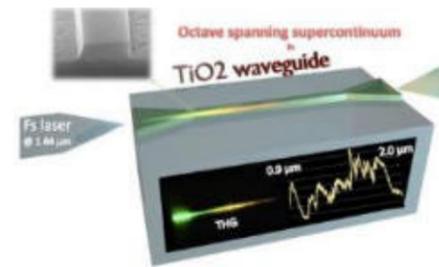
[1] INPI No. FR2012605 (2020) & International Application Serial No. PCT/FR2021/051650 (2021)

Équipe PRISM (Plasmonics, Resonant nanophotonics and SubMicron optics)



Nanophotonique non linéaire

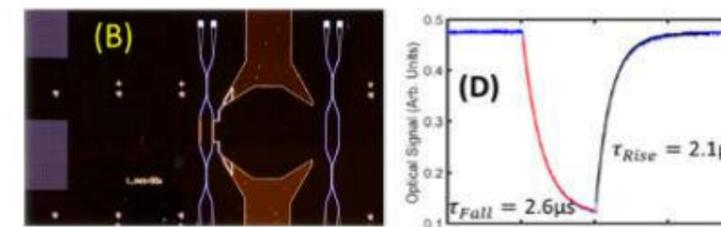
Nous nous intéressons à la génération non linéaire d'un continuum de lumière par des nanostructures métalliques. Ce continuum est un outil adapté pour étudier la dynamique de relaxation des électrons chauds. Nous montrons que l'efficacité et la dynamique sont contrôlées par la résonance plasmon sous-jacente et que la statistique d'émission est typique du groupement de photons. De plus, l'étendue spatiale du signal dans la nanostructure est elle aussi dictée par la répartition modale des plasmons de surface. Cette dépendance est fondamentale pour apporter un contrôle du processus et définir ainsi une nouvelle génération de composants optiques. Nous appliquons ces concepts au calcul Booléen en proposant des structures fonctionnant comme portes logiques optiques universelles et recherchons des stratégies de reconfiguration par une commande électrostatique de la densité électronique locale



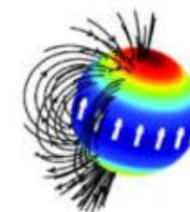
Nouveaux matériaux pour la photonique non linéaire intégrée (dioxyde de titane, autres oxydes, nitrure de silicium enrichi...). Concernant le dioxyde de titane (TiO2), nous avons une solide expérience comme en témoigne la première démonstration d'un supercontinuum s'étalant sur plus d'une octave. Nous continuons à développer cette plateforme en visant des composants reconfigurables rendus possible par son fort coefficient thermo-optique.

Composants nanophotoniques pour les réseaux neuromorphiques

Développement d'un réseau neuromorphique reposant sur l'implémentation de neurones photoniques. (projet H2020 PlasmoniAC). Les neurones exploitent l'intégration sur un même composant d'une circuitrie « navette » photonique passive, de modulateurs électro-optiques, des modules de poids thermo-optiques et finalement une fonction non-linéaire d'activation à base d'une cavité micro-laser. Dans le cadre de PlasmoniAC notre rôle est spécifiquement le développement de composants thermo-optiques à faible consommation reposant sur l'utilisation d'un matériau à très fort coefficient thermo-optique et l'implémentation de guides hybrides métal/dielectrique.



Plasmonique quantique (Photonique/PRISM – ICQ/DyTech)

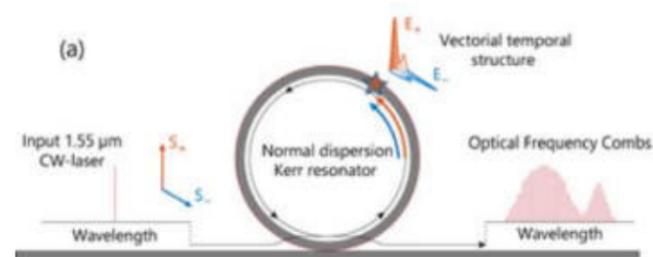


Transposition des concepts d'électrodynamique quantique en cavité (cQED) à la plasmonique et à la nanophotonique pour proposer des dispositifs nano-optiques (nanolaser à plasmon, nanosource superradiante, ...). Sur la période, clarification du rôle des corrections quantiques dans des effets collectifs (superradiance, couplage fort), mal interprétées dans la littérature.

Équipe SAFIR (Solitons, Lasers Fibres et Photonique Infrarouge)

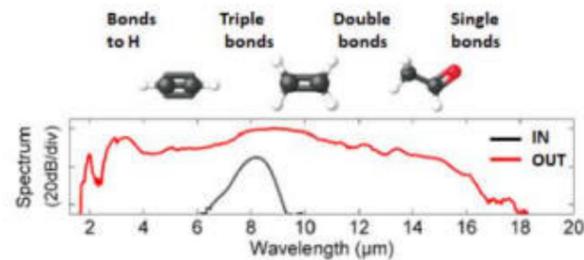
CNRS IRP "Wall-IN": Confining walls-of-Light in nonlinear Kerr resonators (2021-2025)

<https://cnrssingapore.cnrs.fr/project/irp-wall-in/>



Une part importante de la recherche mondiale en photonique se focalise sur la génération de peignes de fréquences dans des résonateurs optiques non-linéaires. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet de recherche international Wall-IN alliant le laboratoire ICB et l'Université d'Auckland. Wall-IN propose plusieurs avancées technologiques basées sur l'émergence de structures temporelles ultra-courtes dans des résonateurs de type Kerr en exploitant les propriétés multi-dimensionnelles de la

lumière, et notamment le phénomène de brisure de symétrie entre modes de polarisation. Le contrôle de ces structures permettra la génération de peignes de fréquences dans des matériaux et à des longueurs d'ondes jusque-là inaccessibles, ouvrant la voie vers de nouvelles applications en télécommunication, métrologie, spectroscopie, physique quantique, ou encore vers la résolution de problèmes combinatoires complexes.



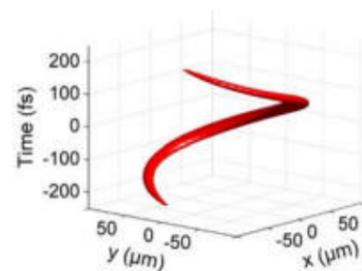
Développement d'une source de lumière cohérente recouvrant toute la gamme spectrale de l'infrarouge moyen dédiée à la spectroscopie d'absorption des liaisons chimiques

L'équipe de chercheurs s'est intéressée à la propagation d'impulsions laser intenses dans de nouvelles fibres optiques en verre de chalcogénures fabriquées au sein du laboratoire, afin de générer une source de lumière

cohérente à ultralarge spectre. Pour cela, ils ont mis au point une fibre optique unique de quelques cm de long présentant des propriétés linéaires et non-linéaires optimisées pour l'infrarouge moyen. Un spectre recouvrant la gamme 1,7 à 18 μm a été obtenu en sortie de cette fibre, ce résultat représente le plus large élargissement spectral obtenu sur fibre dans l'infrarouge, au niveau mondial.

A. Lemière, R. Bizot, F. Désévéday, G. Gadret, P. Mathey, J.-C. Jules, C. Aquilina, P. Béjot, F. Billard, O. Faucher, B. Kibler, F. Smektala. "1.7–18 μm mid-infrared supercontinuum generation in a dispersion-engineered step-index chalcogenide fiber". *Results in Physics*, vol. 26, pp. 104397 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2021.104397>

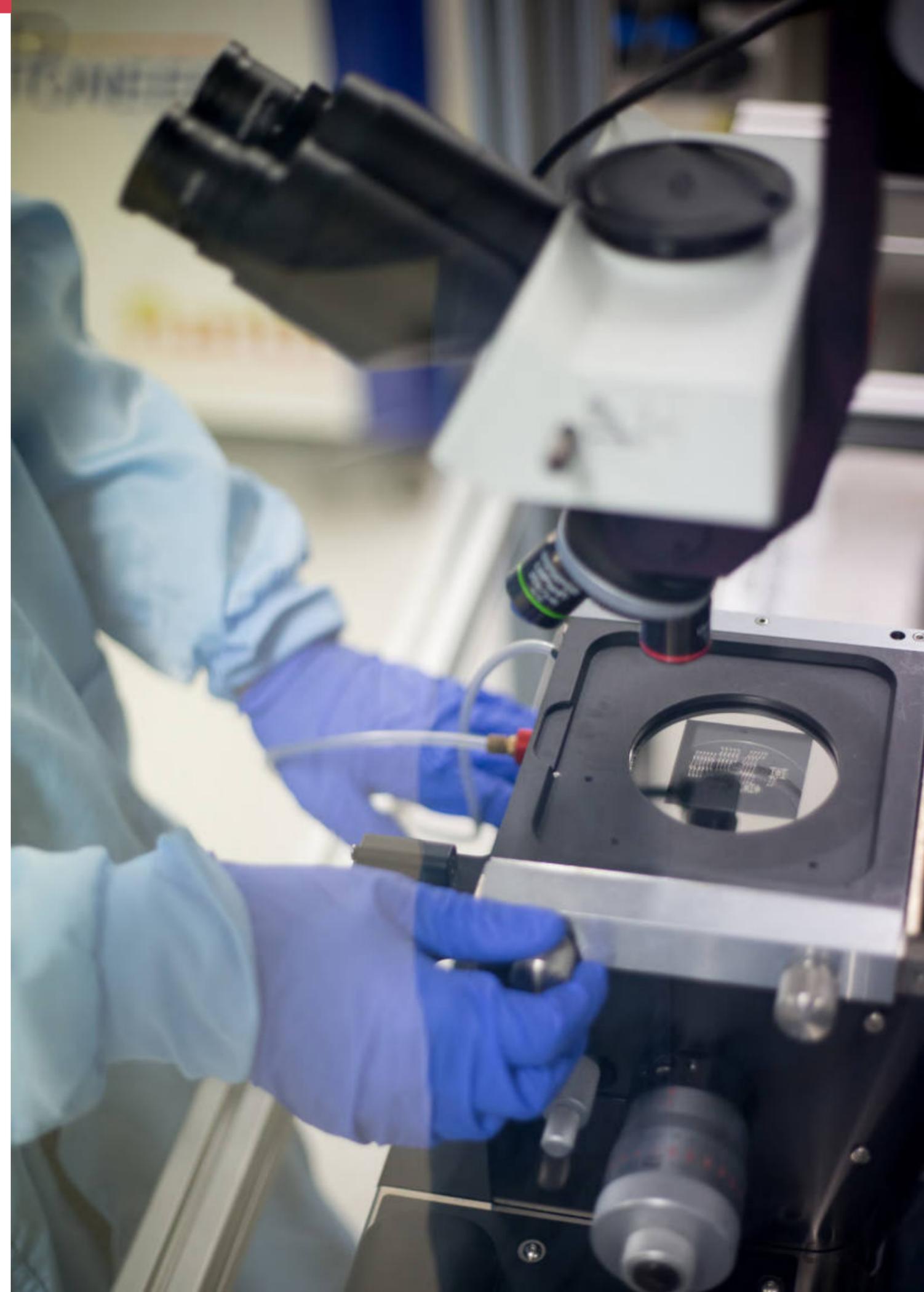
Des balles de lumière invariantes



Les chercheurs ont développé une approche spatiotemporelle innovante permettant de mettre en forme des paquets d'ondes de lumière qui se propage à une vitesse arbitraire et sans aucune déformation spatiale et temporelle dans des milieux massifs ou structurés. Pour cela, ils montrent que de fortes corrélations entre les fréquences spatiales et temporelles, ainsi que les charges topologiques portées par le champ lumineux doivent être satisfaites. Ces résultats peuvent également être appliqués dans d'autres champs de recherche de la physique des ondes, notamment en hydrodynamique et en acoustique.

P. Béjot and B. Kibler. "Spatiotemporal helicon wavepackets". *ACS Photonics*, vol. 8, pp. 2345-2354 (2021). <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.1c00522>

B. Kibler and P. Béjot. "Discretized conical emission in multimode optical fibers". *Physical Review Letters*, vol. 126, pp. 023902 (2021). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.023902>



NANOSCIENCES

Directeur

Patrick SENET, patrick.senet@u-bourgogne.fr

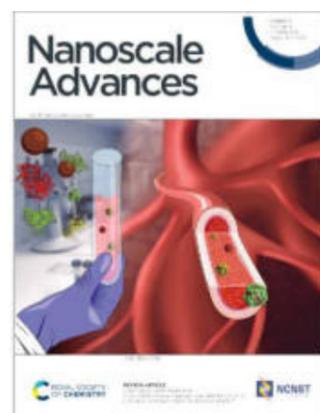
Directeur Adjoint

Eric LESNIEWSKA, eric.lesniewska@u-bourgogne.fr

Le département Nanosciences réunit une vingtaine de physiciens et chimistes possédant une expertise reconnue internationalement en nanotechnologies pour la caractérisation et la modélisation numérique du monde vivant (virus, protéines, ADN, tumeurs, cellules) et des matériaux. Ses principaux objectifs sont la conception et la fabrication de dispositifs innovants nanoscopiques pour la médecine (diagnostic et thérapie), la caractérisation à l'échelle nanoscopique des matériaux, la fabrication de nanodispositifs et le développement de nouvelles techniques de microscopies. Le département collabore avec des partenaires industriels, des acteurs locaux en santé (dont le CHU, le Centre George François Leclerc) et de nombreux partenaires académiques régionaux (dont les Laboratoires LNC UMR1231 INSERM, BioPeroxiL, PEPITE, ICMUB, FEMTO-ST) et internationaux aux USA, Japon, et en Europe.

FAITS MARQUANTS

Une revue critique qui pointe le besoin de recherches fondamentales sur les interactions entre nanoparticules et protéines in vivo



Les nanoparticules ont de nombreuses applications en médecine pour le diagnostic ou pour le transport ciblé de médicaments. La surface de ces nanoparticules est modifiée chimiquement pour les rendre biocompatibles et leur attribuer les propriétés voulues. In vivo, ces nano-objets s'entourent de protéines présentes naturellement dans le corps. L'ensemble de ces protéines se liant à la surface des nanoparticules, appelée couronne protéique, joue un rôle essentiel dans la reconnaissance de ces nano-objets par le système immunitaire inné. Les études en laboratoire sur des cellules (in vitro) n'offrent qu'une compréhension limitée de la couronne protéique et ne parviennent pas à expliquer complètement le devenir des nanoparticules in vivo. Une étude détaillée critique de l'état des connaissances sur ce problème, menée au sein du département, démontre le besoin d'éclaircissements sur l'effet de cette couronne protéique in vivo pour comprendre les mécanismes et les défis en jeu dans l'application des nanoparticules en médecine.

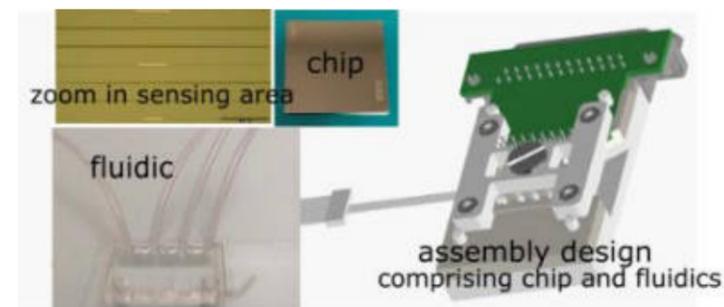
Contact

Dr. Lionel Maurizi

In vivo protein corona on nanoparticles: does the control of all material parameters orient the biological behavior? N. Singh, C. Marets, J. Boudon, N. Millot, L. Saviot, L. Maurizi, *Nanoscale Advances* 2021, 3, 1209-1229

Projet GRACED (Ultra-compact, low-cost plasmo-photonic bimodal multiplexing sensor platforms as part of a holistic solution for food quality monitoring. (H2020-ICT-2020-2 n°229184) (Porteur : Laurent Markey)

Ce projet propose la conception et la réalisation d'un prototype d'instrument de mesure compact permettant la détection sur site de contaminants au cours de la production de fruits et légumes. Il comportera une puce bio-capteur associant une puce plasmo-photonique dont la détection se base sur l'extrême sensibilité d'une structure plasmonique en configuration interférométrique. Il associera aussi notamment un module microfluidique permettant de contrôler jusque 8 contaminants différents simultanément. Après une première phase de conception qui a eu lieu au cours de l'année 2021, les premiers exemplaires de puce et de module fluidique ont été fabriqués. Dans un autre volet du projet, une excitation du capteur photonique par l'intégration de quantum dots sur la puce est en cours d'étude.

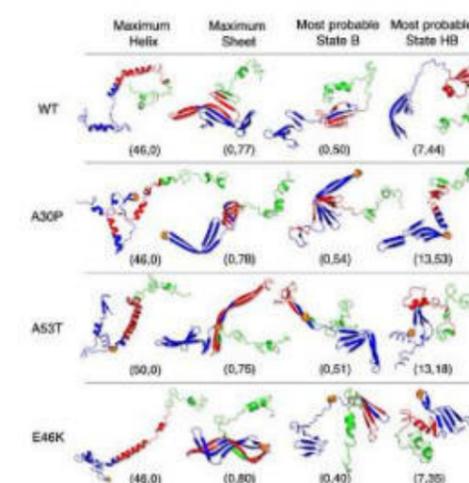


GRACED – Biocapteur sur puce, module fluidique et dessin CAO de l'assemblage prévu pour le premier prototype.

Contact : Dr. Laurent Markey

Comprendre la dynamique et les mécanismes initiaux d'agrégation de la protéine alpha-synucléine impliquée dans les maladies neurodégénératives

L'alpha-synucléine (alpha-syn) est une protéine de 140 acides aminés, désordonnée, abondante dans le cerveau, et dont le rôle n'est pas complètement élucidé. Normalement soluble, son agrégation spontanée est un marqueur des synucléopathies, dont fait partie la maladie de Parkinson. Des études récentes montrent que l'-syn est par ailleurs impliquée dans la physiologie de la maladie d'Alzheimer. Il est urgent de comprendre les mécanismes moléculaires à l'origine de ces maladies neurodégénératives pour lesquelles il n'existe aucun traitement. Le département nanosciences s'est ainsi engagé dans un projet NANO-NEURO-MED regroupant l'ensemble des chercheurs (caractérisation à l'échelle NANOsopique des maladies NEUROdégénératives et solutions thérapeutiques issues des nanosciences : applications en MEDecine) financé par la Graduate School EIPHI – ANR-17-EUR-0002 et la Région Bourgogne Franche-Comté. En 2021, nous avons obtenus des résultats significatifs pour la simulation numérique de la dynamique des -syn sauvages et des variants A30P, E46K et A53T présents dans les formes héritées de la maladie de Parkinson. Les simulations des effets des mutations sur une échelle de temps effective de près de 30 ms, jamais atteinte pour ce type de calcul, ont été menées grâce au centre de calcul de l'université de Bourgogne (CCuB) dans le travail de thèse d'Adrien Guzzo et en collaboration avec le Baker Laboratory de l'Université Cornell (Dr. G. Maisuradze) et la société Schrödinger (Dr. A. Rojas). Les calculs identifient pour la première fois l'existence de deux phases monomériques désordonnées dont une phase (B) favorisant la structure en feuillets observée dans des agrégats toxiques et qui est fortement modifiée par la mutation A53T. Des exemples de structures obtenues sont représentées sur cette figure. Les calculs révèlent également les premières étapes d'agrégation des -syn sous forme de dimères potentiellement cytotoxiques (analyse toujours en cours). La simulation numérique pourra éclairer les mesures de la dynamique des protéines par spectroscopie Raman exaltée (Prof. Eric Finot et Dr. Aymeric Leray) et par microscopie à force atomique multi-dimensionnelle (Prof. Eric Lesniewska et Dr. Olivier Pietrement), réalisées au département, ainsi que l'application de nanoparticules fonctionnalisées pour le diagnostic et la thérapie de ces maladies (Prof. Nadine Millot, Dr. Lionel Maurizi, Dr. Julien Boudon).



Structures caractéristiques des phases B et HB des alpha-synucléines obtenues par simulations numériques pour les formes sauvages (WT) et les variants A30P, A53T et E46K. Les coordonnées sont le nombre d'acides aminés en hélice et en feuillet, respectivement.

Contact :
Prof. Patrick Senet

Missense Mutations Modify the Conformational Ensemble of the -Synuclein Monomer Which Exhibits a Two-Phase Characteristic. A. Guzzo, P. Delarue, A. Rojas, A. Nicolaï, G.G. Maisuradze, P. Senet, *Frontiers in Molecular Biosciences* 2021, 8:786123. doi: 10.3389/fmolb.2021.786123

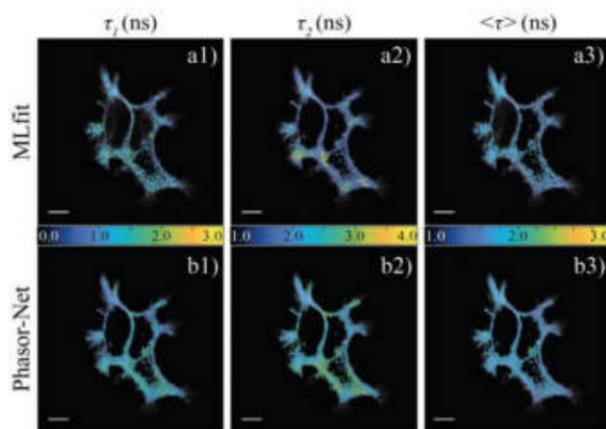
Nouvelle technique de microscopie par fluorescence assistée par intelligence artificielle pour comprendre les interactions protéine-protéine

La microscopie de durée de vie de fluorescence (FLIM) est une technique permettant de sonder l'environnement local de molécules fluorescentes à l'échelle nanométrique. Cette technique étant relativement insensible aux concentrations de fluorophores, elle a été largement utilisée pour quantifier les changements de conformation des protéines ainsi que les interactions protéine-protéine dans les cellules vivantes grâce à la mesure du transfert d'énergie non radiative (« Förster Resonance Energy Transfer » – FRET). L'analyse de ces images FLIM est généralement effectuée avec des méthodes d'ajustement qui nécessitent un temps de calcul important et requiert un haut niveau d'expertise afin de garantir l'obtention de résultats exploitables et fiables. Afin d'accélérer cette analyse, plusieurs architectures sophistiquées basées sur des réseaux de neurones convolutifs ont été développées pour des gammes de durée de vie restreintes, mais elles nécessitent un temps d'apprentissage conséquent.

En collaboration avec le Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécule de l'Université de Lille (Dr. Laurent Heliot), nous avons développé un réseau de neurones plus simple constitué uniquement de couches denses. Cette architecture peut être utilisée car les déclin temporels ne sont pas directement analysés mais ils sont convertis en 4 paramètres physiques qui sont les coordonnées (g,s) du phasor, la durée de vie moyenne m et de la durée de vie pondérée en amplitude $\langle \tau \rangle$. Ces paramètres serviront ensuite d'entrées pour notre réseau de neurones constitué de 11 couches denses formées de six neurones cachés. Les sorties de ce réseau appelé Phasor-Net sont directement les composantes des déclin biexponentiels, à savoir la proportion a_1 et les durées de vie 1 et 2. Le premier temps de vie 1 nous renseigne sur la distribution des distances entre protéines et l'amplitude a_1 correspond à la proportion de molécules en interaction. Le second temps de vie correspond au temps de vie du fluorophore donneur.

Notre réseau de neurones a tout d'abord été validé pour des données simulées. Nous avons ainsi démontré que Phasor-Net est plus précis et moins biaisé que les méthodes d'ajustement standard. De plus, cette architecture très simple donne des performances comparables à celles obtenues à partir de réseaux plus sophistiqués mais avec un temps d'apprentissage plus court (15 min au lieu de 30 min).

Nous avons également utilisé notre approche pour des expériences de FRET. Nous avons ainsi analysé des images FLIM de cellules vivantes exprimant un fluorophore donneur (EGFP) lié à un fluorophore accepteur (mCherry), fusionnés à une protéine de la membrane plasmique. Les images de durée de vie obtenues avec Phasor-Net sont indiquées sur les figures 1 b1), b2) and b3). Pour comparaison, les images obtenues avec la méthode classique d'ajustement sont indiquées sur les figures 1 a1), a2) et a3). Des erreurs inférieures à 0.1ns ont été rapportées, démontrant que notre réseau est capable d'estimer avec précision tous les paramètres des expériences de FRET. Le temps de calcul de ces trois images de durée de vie est d'environ 50 ms avec Phasor-Net, contre 180 s avec la méthode d'ajustement standard ; confirmant que par notre approche l'imagerie FLIM en temps réel devient possible permettant ainsi de caractériser in vivo la dynamique de protéines impliquées dans différents processus biologiques.



Les images de durée de vie obtenues par la méthode d'ajustement standard (MLfit) ou déduites de la nouvelle technique développée (Phasor-Net) sont présentées respectivement en (a) et (b). Trois images FLIM sont montrées: (1) première durée de vie 1, (2) seconde durée de vie 2, et (3) durée de vie pondérée en amplitude $\langle \tau \rangle = a_1 \tau_1 + (1 - a_1) \tau_2$. Le temps de calcul de la nouvelle approche (Phasor-Net) est plus de 3000 fois moindre et permet d'envisager une analyse en temps réel. Barre d'échelle : 10 μm .

Contact :
Dr. Aymeric Leray

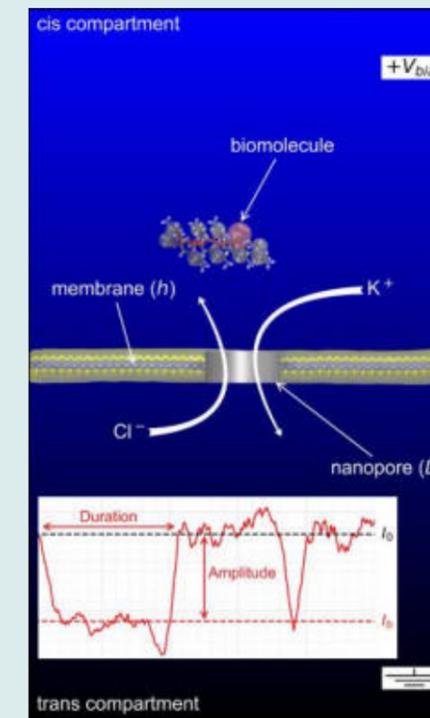
Simple phasor-based deep neural network for fluorescence lifetime imaging microscopy, L. Héliot et A. Leray, *Scientific Reports* 2021, 11, 23858.

NOUVEAUX PROJETS DÉMARRÉS EN 2021

ANR JCJC 'Nanoblorona' (Porteur : Dr. L. Maurizi)

Etude et contrôle des interactions entre nanoparticules dans le sang

ANR UFO «Up-conversion Ferroelectric nanocrystals for Optical sensing of electric field in biological systems» (2022/2024) (Partenaire : Prof. Nadine Millot) L'objectif du projet UFO est de développer et valider biologiquement une nouvelle sonde photoluminescente du potentiel extracellulaire. Ces sondes sont des nanocristaux ferroélectriques dopés avec des ions de terres rares dont nous détecterons les modifications de l'up-conversion en fonction du potentiel électrique environnant. Dans ce projet, l'expertise du département sera exploitée pour biofonctionnaliser les nanocristaux afin d'ancrer ces nanoparticules dans la membrane cellulaire à travers laquelle les courants ioniques sont les plus élevés.



Projet SEPIA (Nano-SEquenceur de Protéines assisté par Intelligence Artificielle) (Graduate School EIPHI - ANR-17-EUR-0002 et Région Bourgogne Franche-Comté) (Porteur : Patrick Senet)

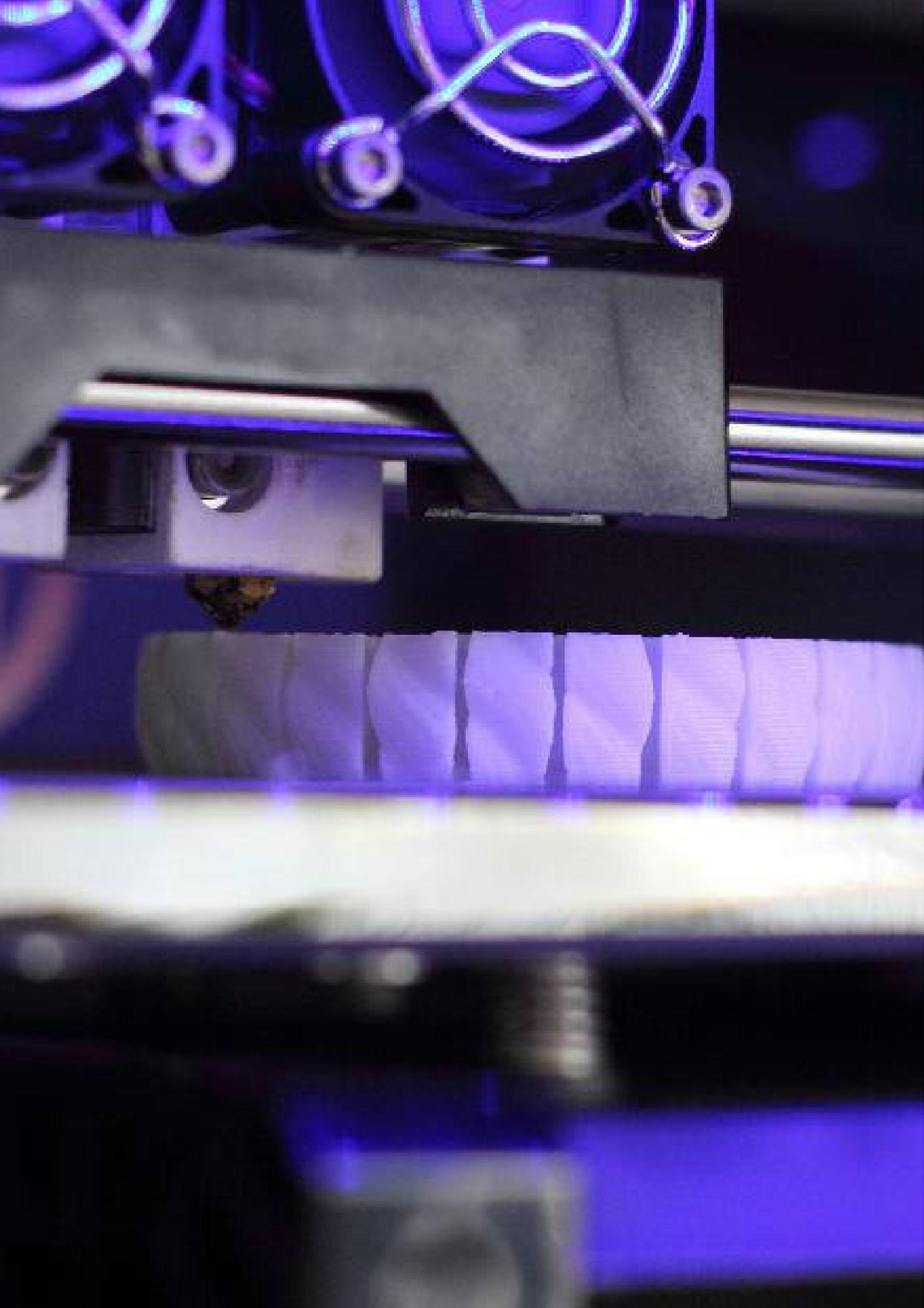
L'objectif du projet est la détection de protéines marqueuses de différentes maladies par un séquençage basé sur la mesure des fluctuations de courant lors du passage des acides aminés de la protéine dans un nanopore. Les techniques de l'intelligence artificielle seront appliquées et développées pour identifier les protéines à partir des mesures de courant. Ce dispositif permettrait la détection de très faibles concentrations de protéines pour un diagnostic précoce. Ce projet a débuté le 1er octobre 2021 avec la thèse de Andreina Urquiola Hernandez. Projet entre le département nanosciences (Dr. Adrien Nicolai et Prof. Patrick Senet) et le département DISC du laboratoire FEMTO-ST (Prof. Christophe Guyeux).

Ci-contre : Schéma du nanoséquenceur simulé numériquement dans le projet.

Contact : Dr. Adrien Nicolai

Projet Stanford Medecine - Projet collaboratif avec l'université de Stanford (Porteurs : L. Maurizi et Heike Daldrup-Link) pour le marquage de cellules souches avec des nanoparticules.

Projet de maturation SATT SAYENS Fluolmaging (Porteur : Aymeric Leray). Ce projet démarré en 2021, consiste à utiliser l'intelligence artificielle (méthode d'apprentissage profond, « deep learning ») pour analyser les images de temps de vie de fluorescence. L'algorithme a déjà été développé à l'ICB. Le projet SATT consiste à transférer cet algorithme vers la start up « Inscoper » localisée à Rennes.



CONCEPTION, OPTIMISATION, ET MODÉLISATION EN MÉCANIQUE (CO2M)

Directeur

Fédéric DEMOLY, frederic.demoly@utbm.fr

Directeur Adjoint

Sébastien ROTH, sebastien.roth@utbm.fr

Le département « Conception, Optimisation et Modélisation en Mécanique » (COMM) développe des nouvelles connaissances, méthodes et outils destinés aux changements de paradigmes dans la conception, le dimensionnement et la fabrication de systèmes mécaniques, mécatroniques, voire thermomécaniques complexes.

Les sujets de recherche développés au sein du département concernent : la conception avancée de systèmes mécaniques, la modélisation et l'optimisation numérique en mécanique, les transferts de chaleur et couplages thermo-physiques, l'Information quantique pour l'intégration à l'échelle nanométrique des protocoles de communication quantiques et l'optimisation des procédés de fabrication. Le travail des chercheurs du département COMM s'organise autour d'un nouvel axe de recherche transversal, en fort développement à l'échelle internationale, et dédié à la « Conception, la modélisation et l'optimisation pour la fabrication additive 3D et 4D ». Cet axe transversal traite des méthodes et outils pour une conception orientée fabrication additive 3D, de l'impression 4D à base de matériaux intelligents et de la vibro-acoustique pour la caractérisation de pièces obtenues par fabrication additive.

PUBLICATONS

Demoly F., Dunn M.L., Wood K.L., Qi H.J., André J.C. **The status, barriers, challenges, and future in design for 4D printing.** *Materials & Design*, 2021, 110193.

Sun X., Yue L., Yu L., Shao H., Peng X., Zhou K., Demoly F., Zhao R., Qi H.J. **Machine learning-evolutionary algorithm enabled design for 4D-printed active composite structures.** *Advanced Functional Materials*, 2109805.

S Meng, J Shen, L Taddei, N Lebaal, D Veysset, KA Nelson, S Roth, **Modelling of micro-particles perforations into human tissue surrogate: Numerical and analytical aspects,** *Extreme Mechanics Letters* 45, 101299, 2021

C. Charbonné, M.-L. Dhuitte, K. Bouziane, D. Chamoret, D. Candusso, Y. Meyer, **Design of experiments on the effects of linear and hyperelastic constitutive models and geometric parameters on polymer electrolyte fuel cell mechanical and electrical behaviour,** *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 46, Issue 26, 2021, Pages 13775-13790.

Zhang, Y., Tan, S., Ding, L., & Bernard, A. (2021). **A toolpath-based layer construction method for designing & printing porous structure.** *CIRP Annals*. (<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.04.020>)

R. Cai, F. Holweck, Z.-Q. Feng, F. Peyraut «**Integrity basis of polyconvex invariants for modeling hyperelastic orthotropic materials—Application to the mechanical response of passive ventricular myocardium**», *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 133, 103713, 2021.

FAITS MARQUANTS

Impression 4D : de l'échelle du laboratoire à l'échelle internationale

L'impression 4D a connu une nouvelle fois une belle année. Le développement des activités de recherche sur cette thématique en forte émergence a permis de (i) renforcer les actions du département COMM et de (ii) structurer des coopérations prometteuses à différentes échelles. Sur le sol régional, le projet 4D-META (Impression 4D et Matériaux Artificiels), financé par l'ISITE-BFC (2021-2023), vise à structurer des actions entre les départements de l'ICB (notamment les départements Photonique, PMDM et COMM) en coopération avec le laboratoire FEMTO-ST. Le projet couvre l'impression 4D suivant les échelles nano, micro et macro, avec des polymères actifs sous stimulations externe et interne. Sur le plan national, la forte connexion du département COMM avec le laboratoire LRGP de Nancy a permis le financement d'un programme de pré-maturation CNRS GenIsis (2021-2022) pour le développement d'une technologie innovante d'impression 4D hybride. L'appel à programmes PIA4 PEPR (Programmes et Equipements Prioritaires de Recherche) en 2021 a également permis au département de s'inscrire dans la construction du projet DIADEME (Dispositifs intégrés pour l'accélération du déploiement de matériaux émergents) visant à financer des projets à grandes échelles et des plateformes sur la découverte, la synthèse, la fabrication et la caractérisation haut débit de matériaux avancés. L'ICB est reconnue, dans ce projet, comme plateforme Impression 4D au niveau national. Enfin, sur le plan international, les coopérations historiques avec Georgia Institute of Technology ont été renforcées avec University of Colorado Denver, Nanyang Technological University et Stanford dernièrement [1,2]. Au-delà de ces coopérations scientifiques ouvrant la voie vers des échanges plus approfondis, l'ICB et l'UTBM ont étendu leur structuration thématique en étant membre fondateur d'une nouvelle société savante 4D Printing Society (cf. Fig. 1) marquant un nouveau tournant. Une année où le travail et l'exigence scientifique auront été payants !



Fig. 1. ICB comme membre fondateur de la société savante 4D Printing Society

<https://4dprintings.com>

Contact : Prof. Frédéric DEMOLY (frederic.demoly@utbm.fr)

ANR ASTRIA :

Les matériaux spécifiques : les méta-composites adaptatifs.

Chercheurs dans le département COMM de l'ICB, Dr Dominique CHAMORET, Dr Salima TIE-BI et Dr Rémy LACHAT sont porteurs d'un projet financé par l'ANR : le projet ASTRIA.

Les matériaux adaptatifs désignent des matériaux possédant des propriétés additionnelles par rapport aux matériaux classiques. Ils peuvent ainsi agir directement sur leur environnement et améliorer les propriétés globales de la structure dans laquelle ils sont intégrés (durabilité, efficacité, adaptabilité instantanée à leur environnement). Les composites, de leur côté, sont des matériaux clés pour de nombreux domaines (transport, aéronautique, énergies renouvelables, ...). Ils répondent au besoin d'allègement des pièces tout en conservant d'excellentes propriétés mécaniques. La combinaison de ces deux technologies permet ainsi l'émergence de « super » matériaux aux propriétés structurelles pilotables : les méta-composites adaptatifs. Ce projet traite de la modélisation, l'optimisation et la caractérisation de ces structures.

Contact : Dr. Rémy LACHAT (remy.lachat@utbm.fr)

Collaborations : industrielles et académiques internationales

Qu'elles soient naissantes ou plus anciennes, le département COMM collabore avec les plus grandes universités mondiales. Georgia Institute of Technology, University of Colorado Denver, Nanyang Technological University et Stanford au travers des thématiques d'impression 4D, et le MIT au travers des thématiques de simulation numérique d'impacts à échelle microscopique permettant de modéliser le processus biomédical de « transdermal drug delivery » (diffusion de médicaments à travers la peau).

Cette année aura vu le début d'une collaboration entre le département COMM et l'entreprise VMC Pêche. Au travers d'une convention CIFRE, le sujet de recherche traitera de l'optimisation et automatisation in-situ des opérations de mise en forme de matériaux, avec des applications au contrôle-commande numérique d'une machine intelligente de fabrication d'hameçons. Cette collaboration gérée par le Dr Nadhir LEBAL et le Prof. Samuel GOMES verra également l'intervention de Dr Zeina ELRAWASHDEH, qui a récemment demandé son rattachement au département en tant que chercheur associé.

Contact : Dr. Nadhir LEBAL (nadhir.lebaal@utbm.fr)

DISTINCTION



Le Dr. Yicha ZHANG, chercheur au département COMM du laboratoire ICB, est lauréat de la médaille Frederick Winslow TAYLOR, qui vient illustrer le mérite exceptionnel d'un travail de recherche sur la conception et la planification intégrées pour la fabrication additive et les procédés de fabrication additive hybride. C'est le 3ème chercheur d'un laboratoire français, à être lauréat de cette récompense depuis sa création en 1958.

Les recherches de Yicha Zhang portent sur la préparation, la conception et l'optimisation de l'impression 3D. Il s'est inspiré de l'intelligence artificielle et des méthodes biosourcées afin de mettre au point une préparation optimale de l'impression pour générer les supports et le sens de l'impression. L'objectif est de trouver des méthodes pour rentabiliser l'usage des supports et assurer une bonne qualité de l'impression en perdant le moins possible de matière.

Contact : Dr. Yicha ZHANG (yicha.zhang@utbl.fr)

Frederick Winslow Taylor a mis au point à la fin du XIXe siècle « l'organisation scientifique du travail » où les gestes des ouvriers sont analysés pour être ensuite répartis afin d'améliorer la productivité. La médaille Frederick Winslow TAYLOR est décernée chaque année par le CIRP, l'académie internationale d'ingénierie de production.





PROCÉDÉS MÉTALLURGIQUES, DURABILITÉ, MATERIAUX (P.M.D.M)

Directeur

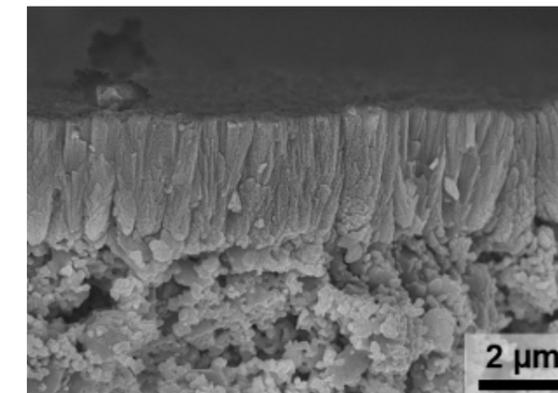
Gilles CABOCHE, gilles.caboche@u-bourgogne.fr

Directeur Adjoint

Jean-Marie JOUVARD, jean-marie.jouvard@u-bourgogne.fr

L'objectif du département « P.M.D.M. » est de comprendre les mécanismes impliqués dans les différents procédés métallurgiques mis en œuvre. Ainsi, le contrôle des étapes déterminantes conduira à une maîtrise des microstructures et des propriétés des matériaux. Au sein de leur environnement d'utilisation, de nouvelles performances sont attendues en termes de caractéristiques physico-chimiques, de résistance mécanique et tenue à la corrosion, de mise en forme et assemblage, de rapidité et d'économie d'exécution.

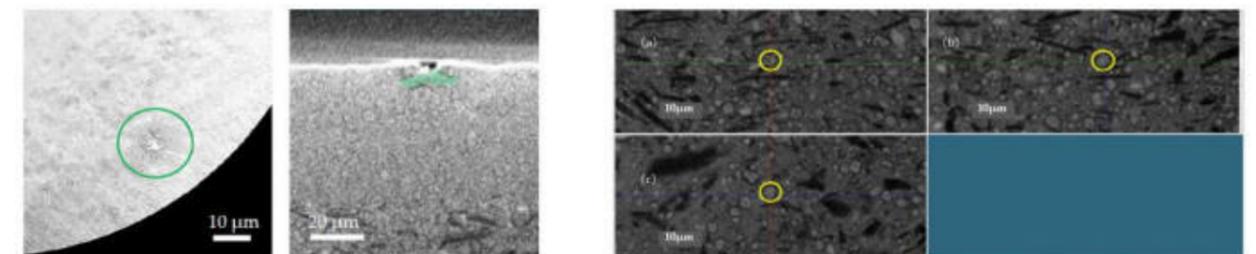
FAITS MARQUANTS



Dépôt de céramique protonique, Collaboration ICB/FEMTO-ST

Dans le domaine des matériaux avancés pour l'énergie hydrogène, les travaux récents en collaboration avec le laboratoire FEMTO-ST ont permis de déposer des matériaux céramiques à conduction protonique par PVD. Les matériaux présentent une épaisseur, une microstructure et un taux de densification contrôlé permettant d'améliorer grandement les performances. Des contrôles de qualité de ces couches ont été réalisés en collaboration avec la société RX-solutions (Haute-Savoie) par microtomographie des rayons X. Cette méthode d'analyse 3D non destructive de haute résolution permet d'inspecter tout le volume des pièces et met en évidence des défauts jusqu'à 350 nm.

Thèse Mélanie FRANÇOIS (2021) Projet PILOT-HY / EUR-EI-PHI-Région BFC – Thèse Victoire LESCURE (2021-2024).



Détection de défauts par microtomographie des rayons X. Vue de dessus, vue en coupe 3D et reconstruction 3D des coupes du même défaut selon les trois directions de l'espace (a), (b) et (c) Collaboration RX-Solutions – Chavanod FRANCE

X-ray Micro-Computed Tomography: A Powerful Device to Analyze the 3D Microstructure of Anode-Electrolyte in BaZr_{0.8}Y_{0.2}O₃ Protonic Ceramic Electrochemical Cells and the Reduction Behavior Membranes 2022, 12(1), 68; <https://doi.org/10.3390/membranes12010068> (registering DOI) <https://www.mdpi.com/2077-0375/12/1/68>

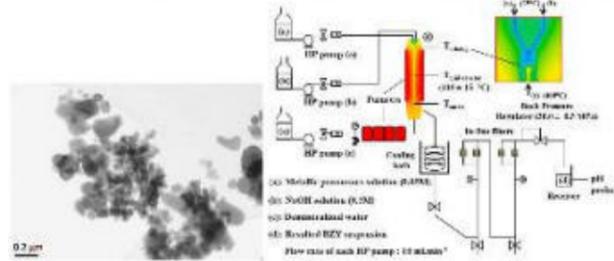


Elaboration en continu de céramiques à conduction protonique (BaZrO₃ dopé en Y) en vue de leur intégration dans des piles à combustible de type PCFC.

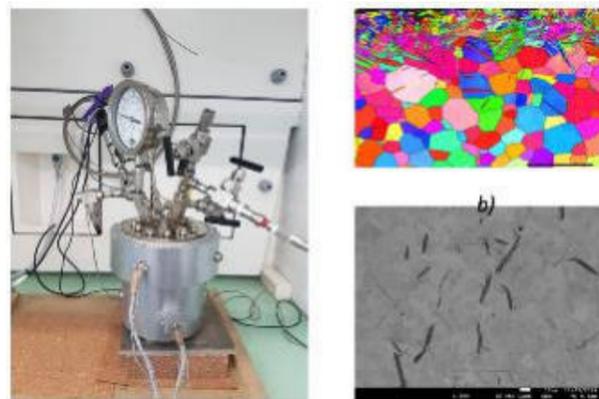
Les travaux de thèse de M. François (2018-2021) ont permis d'élaborer en continu (6 g.h⁻¹) des céramiques à conduction protonique tel que BaZrO₃ dopé en Y par voie de synthèse hydrothermale en conditions supercritiques (400°C-300 bar). L'avantage du domaine supercritique de l'eau est l'obtention de particules nanométriques (environ 50 nm) bien cristallisées avec une distribution étroite en taille.

Directeur de thèse : Gilles CABOCHE (PMDM/M₄OX)
Co-directeur : Frédéric DEMOISSON (PMDM/MaNaPI)

Dispositif de synthèse hydrothermale développé à l'ICB-PMDM
Exemple : élaboration de BaZrO₃ dopé en Y (6g.h⁻¹)



Étude comparative des traitements de surface susceptibles de réduire la fragilisation par l'hydrogène de tubes en titanes.



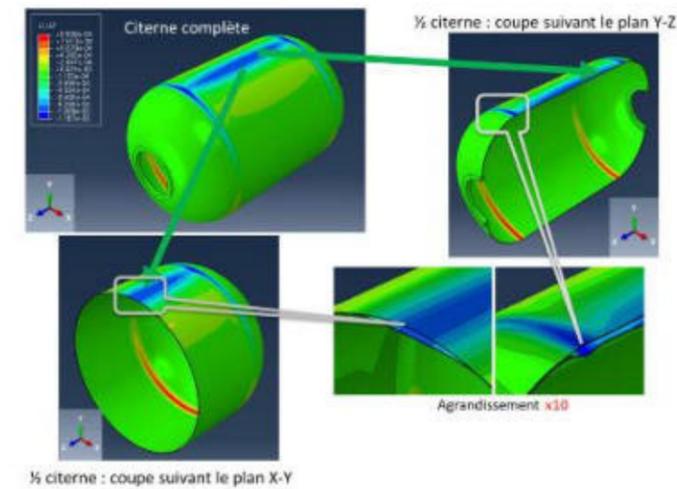
Les travaux de thèse de La Chance LEPEMANGOYE (2018-2022) ont permis de comparer différents traitements de surface susceptibles de réduire la fragilisation par l'hydrogène d'un alliage de Ti de type T40 utilisé dans la fabrication de tubes destinés aux échangeurs de chaleur et à la désalinisation. Ils ont nécessité l'acquisition d'un autoclave haute pression et haute température pour les analyses. Ils ont fait l'objet d'une collaboration entre les laboratoires ICB (UB) et UTINAM (UFC) ainsi que la société NEOTISS qui commercialise ces tubes. Parmi les procédés envisagés, on trouve l'anodisation (traitement chimique) et le grenailage (traitement mécanique).

Directeur de thèse : Tony MONTESIN (PMDM/M₄OxE)
Co-encadrement : Nicolas CRETON (PMDM/M₄OxE)

Finalisation de la thèse CIFRE d'Hichem Aberbache

En cette fin d'année 2021, Hichem Aberbache est en fin de thèse (CIFRE en lien avec Magyar SMFF, Société Métallurgique de Fontaine-Française). Sa thèse a été réalisée en marge du programme LightTank financé par l'ADEME. L'objectif principal de ce programme était de développer des techniques permettant d'alléger les citernes destinées au transport routier. Pour les liquides alimentaires, l'intérieur des citernes doit être en inox. L'idée était alors de limiter l'épaisseur du liner inox à son strict minimum (1 mm) et d'assurer la tenue mécanique de l'ensemble par l'enroulement d'un composite (fibre + résine) plus léger. Pour rappel, un gain de 1 tonne sur le poids de la citerne, c'est une tonne de plus de matière transportée, et donc potentiellement moins de rotations pour une même quantité de produit transporté. L'un des verrous concerne l'amplification des déformations avec la diminution des épaisseurs de tôles (l'enroulement filamentaire étant réalisé a posteriori).

Le principal résultat de sa thèse est le suivant : à l'aide d'une approche simplifiée purement mécanique, il a réussi à modéliser de manière fiable les déformations d'une citerne à l'échelle 1/4, engendrées par la fabrication des cordons de soudure (TIG ou CMT). Pour rappel, jusqu'à présent, les modèles utilisés ne permettaient de modéliser les déformations induites que sur des coupons de petites dimensions.



L'illustration ci-dessous montre le champ de déformation (champ de déplacement U_y suivant la direction verticale) induit par les opérations de soudure successives suivantes : longitudinale, suivie des deux soudures circulaires. La soudure longitudinale étant réalisée face intérieure, le cordon y est plus large, ce qui induit un déplacement négatif (orienté vers le bas). Les 2 circulaires induisent quant à elles des déplacements correspondant à une striction, et donc à une diminution locale du diamètre de la structure assemblée.

Soutenance de thèse CIFRE d'Antoine Mannucci (le 21/12/21)

Le Labcom FLAMME financé par l'ANR avait permis d'initier une collaboration avec la PME Laser Rhône Alpes (LRA) sur le sujet du soudage laser de matériaux dissemblables. Suite aux travaux réalisés, LRA et l'équipe LTM de PMDM ont poursuivi leur collaboration dans le cadre d'une thèse CIFRE (2017-2021). Plus précisément, le couple de matériaux titane/inox a été considéré avec plus d'attention, car revêtant un intérêt majeur dans plusieurs secteurs industriels comme le médical, l'industrie chimique, ou encore l'aéronautique. Pour ce couple, la problématique première est la suivante : lors du soudage direct de ces deux matériaux, l'apparition de phases intermétalliques fragiles se produit (dont principalement FeTi et Fe₂Ti), ce qui donne lieu à des assemblages présentant une faible tenue mécanique. L'idée était donc de développer des techniques permettant d'améliorer cette tenue.

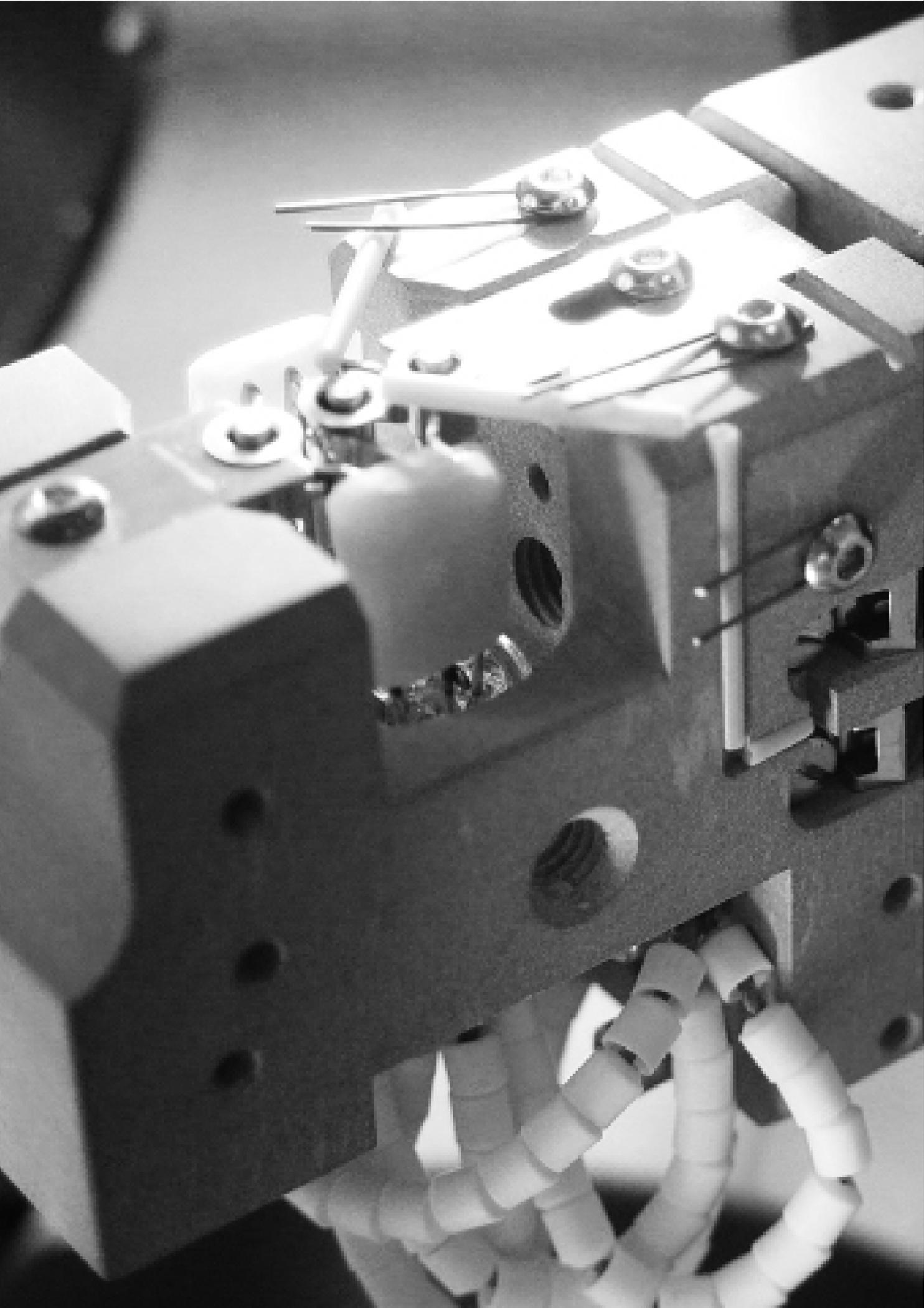
C'est dans ce cadre qu'Antoine MANNUCCI a travaillé sur le soudage laser titane/inox. Il a mis en œuvre différentes méthodes de soudage, dont en premier lieu le décalage précis du faisceau laser sur l'un ou l'autre des matériaux (cas du soudage direct) permettant de limiter le mélange de l'un avec l'autre. Cette technique n'a toutefois pas permis d'éliminer totalement les intermétalliques, mais a tout de même permis d'atteindre une tenue mécanique de l'ordre de 170 MPa au maximum (cas d'un décalage côté Ti).

Afin de séparer complètement l'inox du titane, Antoine a ensuite travaillé sur l'utilisation d'inserts métalliques (1 à 2 mm de large) entre ces deux matériaux. Le Vanadium s'est avéré être le seul matériau compatible à la fois avec l'inox et le titane. Le principal résultat de ses travaux est le suivant : en utilisant un insert en vanadium, il a réussi à fabriquer des jonctions permettant d'obtenir une tenue mécanique aussi élevée que 500 MPa, valeur correspondant à la tenue mécanique de l'insert vanadium.

Cependant, le vanadium étant très coûteux, il a aussi cherché des alternatives : par exemple, l'utilisation d'un double insert Nb/Cu (avec dans l'ordre Ti/Nb/Cu/Fe) permet de conserver un comportement ductile de l'assemblage, d'éviter toute rupture fragile, et d'atteindre une tenue mécanique correspondant à celle du Cuivre recuit (environ 250 MPa).



L'illustration ci-dessous montre un exemple d'assemblage Ti/V/Fe présentant une tenue mécanique de 500 MPa. L'assemblage nécessite 2 cordons avec dans l'ordre cordon Ti6Al4V/Vanadium, puis Vanadium/316L [1].



INTERFACES

Directeur

Jérôme ROSSIGNOL, jerome.rossignol@u-bourgogne.fr

Directeur Adjoint

Bruno DOMENICHINI, bruno.domenichini@u-bourgogne.fr

Le département « INTERFACES » se compose de physico-chimistes et de chercheurs en capteurs dont le domaine d'expertise fondamentale est la réactivité des interfaces solide / gaz, solide / liquide et solide / solide. Les recherches portent sur les processus d'adsorption, de transport et électrochimiques ainsi que sur les mécanismes de dissolution, nucléation / croissance et solidification.

FAITS MARQUANTS

Projet « locachanvre » (plan de relance) avec le société Alentour - (Coord. S. Gauffinet)

Le projet est financé pour 2 ans. Les enjeux du projet concernent les matériaux de construction bio-sourcés. Ils bénéficient d'atouts environnementaux incontestables :

- Stockage de carbone sur toute leur durée d'utilisation, contribuant ainsi à limiter les émissions de gaz à effet de serre ;
- Utilisation de matières renouvelables, limitant ainsi l'épuisement des ressources.

Projet « Linking physico-chemical properties of calcined clay to performance of LC3 » - (Coord. C. Labbez)

Le projet est financé par le consortium mondial INNOVANDI (<https://gccassociation.org/innovandi/>) et en collaboration avec Thomas Matschei (RWTH Aachen University, Allemagne) Shashank Bishnoi (Indian Institute of Technology Delhi, Inde), Fernando Martinera (Universidad Central "marta Abreu" de las Villas, Cuba), Peter Arendt Jensen (DTU, Danemark). L'enjeu du projet est l'optimisation de la réactivité et des propriétés rhéologiques de nouveaux ciments bas carbone dits LC3 (<https://www.infociments.fr/ciments/les-nouveaux-ciments-bas-carbone>). Le projet est financé sur 4 ans, (1240 keuros, part ICB/UB 240 keuros.)

ANR OPTYMAL (SPEC-CEA SACLAY - ICB - SOLEIL) B. Domenichini, C. Dupont & O. Heintz

La (photo)électrolyse est un moyen pour produire de l'hydrogène ou réduire le CO₂. Dans ce dispositif, la réaction chimique se produit à l'interface entre l'électrode et l'électrolyte. Pour améliorer les performances il est nécessaire de caractériser cette interface en conditions réelles. Dans le projet OPTYMAL nous développerons trois spectroscopies complémentaires pour étudier in situ ou operando la réactivité d'électrodes solides avec un électrolyte aqueux pour différentes conditions expérimentales (pH, lumière, champ électrique, champ magnétique, taux de CO₂ dissous...). Ainsi nous pourrions caractériser la structure électronique et la structure cristallographique de l'électrode pour les différents stades d'exposition à l'électrolyte : surface post mortem, surface avec l'électrolyte et surface operando. Les résultats expérimentaux seront comparés à des calculs théoriques de façon à proposer une description fine de l'interface liquide/solide à l'échelle moléculaire.

Aide de l'ANR 367 453 euros
Début et durée du projet scientifique : décembre 2020 - 42 Mois

Spectroscopies operando et in situ pour les matériaux de l'énergie – OPTYMAL (ANR-20-CE42-0015)

La (photo)électrolyse est un moyen pour produire de l'hydrogène ou réduire le CO₂ à l'aide de la lumière du soleil. Il s'agit donc d'une réaction pouvant mener à des procédés aptes à résoudre une partie des problèmes liés au réchauffement climatique. Elle se produit à l'interface entre une électrode solide et de l'eau mais aujourd'hui aucun matériau d'électrode ne possède l'ensemble des propriétés (stabilité, capacité à absorber la lumière, structure électronique, ...) qui permettrait de conduire à une application industrielle. Pour découvrir des matériaux capables d'être utilisés à grande échelle, il est notamment nécessaire de mieux caractériser et de comprendre ce qu'il se passe à l'interface entre l'eau et le matériau en conditions réelles.

Le projet OPTYMAL est une collaboration entre le CEA Saclay, le synchrotron SOLEIL et l'ICB. Il est axé sur le développement de trois spectroscopies complémentaires pour étudier de façon in situ ou operando (c'est-à-dire dans des situations proches des conditions industrielles) la réactivité d'électrodes solides avec un électrolyte aqueux pour différentes conditions expérimentales (pH, lumière, champ électrique, champ magnétique, taux de CO₂ dissous, ...). Un des points originaux consiste à comparer les résultats expérimentaux à des calculs théoriques, menés spécifiquement à l'ICB, de façon à proposer une description complète de l'interface liquide/solide à l'échelle moléculaire.

L'ICB, MEMBRE DE LA FR SPECTROMÉTRIE PHOTOÉMISSIONS (FRSPE)



Le laboratoire ICB est récemment devenu membre de la FR Spectrométrie Photoémission (FRSPE) notamment depuis l'entrée du HaXPES dans ses locaux.

Le projet intégré Région BFC-Excellence ISITE CoMICS (Chemistry of Molecular Interactions : Catalysis & Sensors) a pour objectif le développement de technologies vertes et de matériaux innovants. Il s'applique à la recherche de nouveaux procédés de synthèse éco-compatibles, à la mise en œuvre de matériaux originaux en vue de l'activation ou la détection de molécules telles que l'hydrogène, à la séparation d'espèces chimiques stratégiques, à la dépollution ou au recyclage de métaux. Il regroupe des équipes de recherche de quatre laboratoires de Bourgogne-Franche Comté : ICB et ICMUB à Dijon, Femto-St et UTINAM à Besançon.

Au cœur du projet, la caractérisation approfondie de la surface des matériaux est essentielle et les outils de photoémission font aujourd'hui partie des moyens les plus puissants et les plus décisifs car ils offrent la possibilité d'analyser très précisément, la chimie des atomes constituant un système potentiellement très complexe. Le progrès le plus récent dans ce domaine concerne l'émergence de machines de laboratoire utilisant des rayons X « durs » (HaXPES). Cette approche propose une solution puissante et non destructive pour obtenir des informations chimiques quantitatives sur des matériaux complexes tels que les matériaux hybrides organiques-inorganiques, les interfaces profondément enfouies, les composants micro- ou nano-électroniques, les empilements multiples de divers matériaux constituant les cellules solaires ou les piles à combustible par exemple.

Dans le cadre du projet CoMICS, le cofinancement Région BFC-FEDER a permis d'acquérir un dispositif HaXPES (QUANTES-Physical Electronics). Cet appareil est, depuis avril 2021, intégré à la plateforme ARCEM-Carnot de l'ICB. Les sources de rayons X disponibles (K1 de l'aluminium à 1486.6 eV et K1 du chrome à 5414.9 eV.) associées aux acquisitions à différents angles d'émergence des photoélectrons, permettent de réaliser des analyses chimiques quantitatives d'environnement sur des épaisseurs pouvant varier continuellement de moins de 1 à plus de 25 nanomètres. De plus l'appareil est équipé d'un dispositif de chauffage-refroidissement d'échantillon de telle sorte qu'il est possible de réaliser des mesures en mode cryo-HaXPES.



WISE : Womens In SciEnces

« Les femmes scientifique sortent de l'ombre »

Eurekâtrices, quizz en ligne à la découverte des inventions, des inventeurs et des dates clés pour les droits des femmes dans la société. L'occasion de mettre en évidence l'excellence des chercheuses dans le domaine des capteurs et de la recherche.

IEEE SENSORS

Workshop IEEE SENSORS FRANCE 18-19 Novembre 2021

Avec l'évolution incessante de la crise sanitaire, nous préparons actuellement un programme de conférences en mode hybride sur le thème « Sensor Technologies : Healthcare, Wellness & Environmental Applications ».

L'objectif de ce workshop était de fournir un forum pour les étudiant.e.s, chercheur.e.s, les enseignant.e.s-chercheur.e.s et les ingénieur.e.s, permettant d'aborder les défis dans le domaine des capteurs miniaturisés, intégrés et autonomes pour la santé, le bien-être et les applications environnementales. Le programme a su refléter un large éventail de sujets de recherche sur les technologies émergentes dans les capteurs, les capteurs dédiés à la santé, les capteurs environnementaux, les interfaces avec ces capteurs, les capteurs dans l'industrie et le transfert de la recherche vers l'industrie ainsi que les femmes dans ces domaines de recherche..., pour créer des liens entre tous.



À cette occasion et pour la seconde année, l'ICB a obtenu un prix. Félicitations à Amira Mahmoud pour sa présentation « *Sensors Technologies: Healthcare, Wellness & Environmental Applications* »

DES ÉQUIPEMENTS DE POINTE POUR LES EXPÉRIMENTATIONS

Les plateformes technologiques sont des composantes essentielles de la stratégie scientifique du laboratoire ICB. L'activité des équipes de recherche nécessite des équipements extrêmement performants. Les différentes plateformes du laboratoire regroupent des équipements, des moyens humains et des compétences développant et offrant à une communauté d'utilisateurs internes et externes des ressources technologiques de haut niveau.

Applications, Recherches et Caractérisations à l'Echelle Nanométrique (ARCEN)

Directeur

Eric BOURILLOT, eric.bourillot@u-bourgogne.fr

Directeur Adjoint

Rémi CHASSAGNON, remi.chassagnon@u-bourgogne.fr

La plateforme technologique ARCEN Carnot centralise un parc instrumental dédié à la nano-fabrication et à la nano-caractérisation à la pointe du développement technologique pour les matériaux avancés, la photonique et la biologie. La plateforme propose aussi un soutien à la recherche dans les domaines mécanique, électronique et informatique. Forte de 24 personnels techniques ARCEN propose un savoir-faire sur la réalisation de nano-objets fonctionnels et la caractérisation physico-chimiques des matériaux multi-échelles. Les expertises d'ARCEN sont disponibles aux acteurs académiques et industriels et la plateforme est aussi une structure privilégiée pour la formation et l'enseignement. ARCEN bénéficie du support de la région Bourgogne Franche-Comté (via l'ISITE entre autre en 2021) et du CNRS dans ses projets d'investissement et elle est aussi associée au Réseau National des centrales TECHNOLOGIQUE RENATECH+ via MIMENTO (Besançon) ainsi qu'à la Fédération de Recherche Spectroscopies de Photoémission FR SPE n°2050 via le service d'Analyses de Surfaces.

RESSOURCES HUMAINES - Promotions des agents de la plateforme

- Claude Febvre, CRM, promu (au grade de) 1re Classe des ATRF;
- Rémi Chassagnon, CMNC, promu (au grade de) Hors Classe des IGR.

ÉVÉNEMENTS

- Intégration des instruments XPS et HaXPES de la plateforme ARCEN Carnot dans la Fédération de Recherche «Spectroscopies de PhotoEmission» (FR SPE n°2050)
- Participation (O. Heintz) au défi «Méthodologies et fiabilité des mesures» et à la commission «Structuration-Plateforme» de la FR SPE
- Contribution du CRM à l'exposition POP «Prototype Objet Particulier» à l'atheneum de l'uB (nov. 2021 - fév. 2022) / Capsule/Interview (E. Couqueberg / S. Maitre) sur Radio Campus pour les Journées Nationales des Conservateurs de Patrimoine (nov. 2021)
- Prolongation des mises à disposition d'équipements (Sayens, INRAE, Intertek et FILAB en cours)

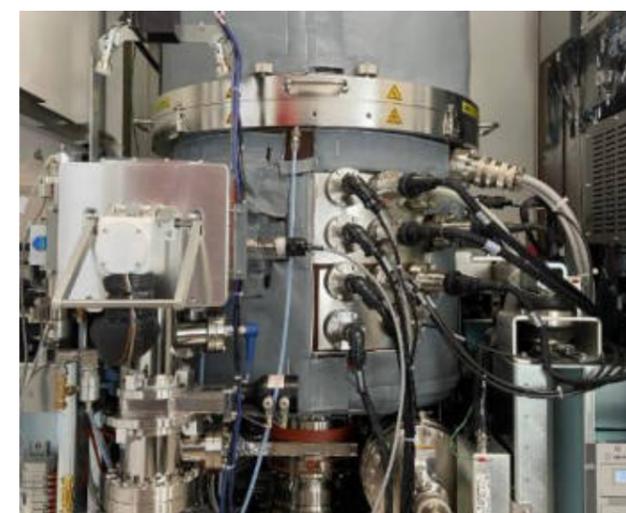
NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS

- QUANTES, Physical Electronics)



- CMP (Chemical Mechanical Planarization, E400, Alpsitec)

Cet équipement du Centre Nano-Fabrication réalise un polissage mécano-chimique de précision (Chemical Mechanical Polishing : CMP) permettant la planarisation et le retrait contrôlé de couches minces d'oxydes et de métaux sur puces ou plaques silicium ou autres substrats. La nano-photonique est un des domaines d'application privilégié de cet outil. Des structures complexes de type multicouches comprenant notamment des circuits intégrés photoniques enterrés pourront être réalisées et les facettes des puces, après clivage en vue du couplage par fibre optique, améliorées.

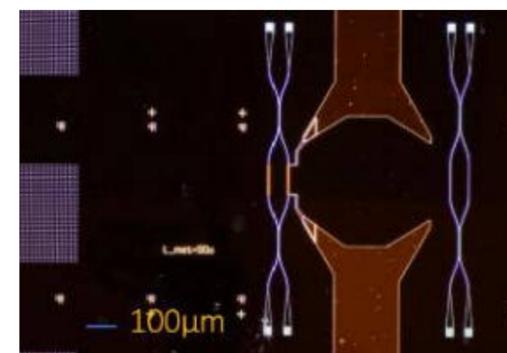


- HaXPES ((Hard X-ray PhotoElectron Spectroscopy, QUANTES, Physical Electronics)

L'XPS à haute résolution en énergie déjà disponible au CMNC est une technique majeure dans le domaine de l'analyse surface. Avec cet appareil nous soutenons déjà l'ensemble de la communauté scientifique de la région BFC pour nos nombreux partenaires académiques (ICB et ICMUB à Dijon, FEMTO-ST, UTINAM et Chrono-Environnement à Besançon) et industriels (SATT SAYENS, centre CEA de Valduc, FILAB, C&K). Les besoins sont donc importants pour le transfert mais également pour les projets de recherches en cours dans tous les laboratoires concernés (Labex ACTION, projets ISite, ANRs). Le dispositif HaXPES qui constitue une avancée majeure dans le domaine de la photoémission est intégré au projet de recherche d'excellence

ISite UBFC « Chemistry of Molecular Interactions : Catalysis and Sensors (CoMICS) porté par le par le Professeur Jean-Cyrille Hierro du laboratoire ICMUB et soutenu par ICB, UTINAM et Femto-ST.

FAIT MARQUANT



Circuit plasm-photo-intégré sur puce, micro-nano fabriqué pour le projet EU PLASMONIAC (microscopie optique en champ sombre)

D'autre part le CNF a permis la réalisation de puces photoniques ou plasm-photo-intégrées pour différents projets Européens i-Site et ANR de l'ICB, notamment pour les projets PLASMONIAC, NEBULA, GRACED, COILS, SOLUTION2.0, SWO. Le CNF a également développé de nouveaux dépôts en couche mince d'oxydes (TiO₂, SiO₂) ou nitrures (SiN) par ICP-CVD ou pulvérisation cathodique ou évaporation e-beam réactive, principalement pour les applications en photonique, ou encore des dépôts SiC dans le cadre d'une collaboration avec la société Microtest. Le CNF a développé la caractérisation des constantes optiques de ces couches minces jusque dans la gamme NIR grâce à un nouvel ellipsomètre installé fin 2020.

ENTRE FORMATIONS ET START-UPS INNOVANTES

Le laboratoire ICB attache une grande importance à l'enseignement dans le domaine de la recherche et intervient dans ce cadre dans les formations dispensées au sein de l'Université de Bourgogne (uB) et de l'Université Technologique de Belfort-Montbéliard (UTBM). Les chercheurs et enseignants-chercheurs de l'ICB portent les formations proposées.

MASTERS

Master Quantum Technologies and Engineering (QuanTEEM)

Le Master QuanTEEM est un diplôme d'excellence né de la collaboration entre 4 universités internationales et offre un programme complet sur les technologies quantiques, couvrant toutes ses applications actuelles et en exploitant un large éventail de coopérations industrielles. Le contenu novateur et unique en Europe de QuanTEEM permettra d'attirer de nombreux étudiants pour intégrer un cursus de Master.

Contact : Stéphane GUÉRIN, stephane.guerin@u-bourgogne.fr

Master Control and Durability of Materials (CDM)

Le domaine de la durabilité et du contrôle des matériaux concerne des pans entiers de la recherche tant fondamentale qu'appliquée puisqu'il englobe toutes les étapes de l'élaboration, de l'utilisation, de la dégradation et du recyclage des matériaux. L'objectif de la formation sera de former des étudiants capables de prendre des responsabilités dans le domaine de la caractérisation et du contrôle des matériaux en laboratoire d'analyse mais aussi en relation direct avec un process industriel.

Contact : Bruno Domenichini, bruno.domenichini@u-bourgogne.fr

Master International Physics, Photonics and Nanotechnology (PPN)

Le Master PPN est entièrement enseigné en anglais pour les étudiants internationaux ainsi que pour les étudiants français qui souhaitent étudier dans un environnement international. La formation aborde les concepts modernes et les techniques de pointe en photonique, communications optiques, nanotechnologie, technologie laser, dynamique quantique et spectroscopie.

Contact : Stéphane GUÉRIN, stephane.guerin@u-bourgogne.fr

Master Procédés et Matériaux (GM-PM)

Le Master GM « Procédés et Matériaux » vise à former des étudiants pour des postes au sein d'entreprises industrielles de grands groupes ou de PME de taille plus modeste, de bureaux d'études et d'ingénierie, de services de Recherche & Développement, d'organismes de contrôle et de certification en relation avec les clients et différents services (production, bureau d'études, maintenance, sécurité...)

Contact : Cécile LANGLADE, cecile.langlade@utbm.fr

Master pro : Procédés, Contrôles, Matériaux Métalliques : industrie nucléaire (PC2M)

Ce Master Professionnel, nouveau depuis la rentrée 2014, vise à donner aux étudiants les compétences nécessaires au plus près des besoins industriels actuels, notamment pour la filière nucléaire représentant 125 000 emplois directs et 285 000 indirects en France. Cette filière est fortement implantée en Région Bourgogne et a été reconnue à travers la création, en 2005, du Pôle de Compétitivité PNB (Pôle Nucléaire de Bourgogne). Cette formation est ouverte exclusivement par alternance (contrat de professionnalisation ou apprentissage).

Contact : Jean-Philippe CHATEAU-CORNU, jean-philippe.chateau-cornu@u-bourgogne.fr



FORMATION DOCTORALE

Notre laboratoire est largement impliqué dans la formation doctorale au niveau régional.

Chaque année, l'ICB offre la possibilité de financer des thèses par contrats doctoraux, contrat CIFRE (avec les industriels), contrat de recherche, ou via des projets nationaux (ANR) ou européen (PCRD). Proposant un environnement scientifique d'une grande richesse, il garantit une formation scientifique de haut niveau.

- École Doctorale CARNOT-PASTEUR
- École Doctorale SPIM



Graduate school EIPHI

Une école universitaire de recherche, pour davantage de continuité entre le master et le doctorat.

L'Université Bourgogne Franche-Comté propose un cursus international intégré de master-doctorat, intitulé EIPHI pour «Ingénierie et innovation par les sciences physiques, les hautes technologies et la recherche interdisciplinaire». Le laboratoire ICB

s'est associé pour créer un environnement technologique hautement compétitif et à la pointe de la technologie, destiné aux étudiants de doctorat et de master en sciences venant du monde entier. L'EIPHI Graduate School propose des cours très compétitifs et sans équivalents dans divers domaines d'études : Physique, Mathématiques, Applications Système intelligent et structures, Énergie, Sciences des matériaux, Informatique.

Le laboratoire ICB encourage également les chercheurs à se lancer dans l'entrepreneuriat avec de belles success stories à la clé. 3 start-ups ont notamment vu le jour en collaboration avec des chercheurs de l'ICB. Un soutien scientifique et technique leur sont apporté pour aider leur envie d'entreprendre et accompagner leurs projets.

• **SINTERmat**, start-up spécialisée dans la conception de matériaux innovants. Éluée start-up française de l'année en 2019, SINTERmat est installée à Montbard depuis 2018.

• **ITEN**, la start-up deux fois primée au Concours mondial d'innovation, spécialiste du micro-stockage d'énergie. En 2019, ITEN remportait un prix pour sa technologie de microbatterie lors du salon Energy Storage Innovation 2019 à Berlin.

• **Naxagoras Technology**, un fort potentiel d'innovations, expert en adjuvants, additifs fonctionnels et formulation à façon dans le monde des matériaux. Depuis plus de 13 années, Naxagoras technology conçoit, développe et optimise des formulations et préparations garantissant une utilisation clé en main de ses adjuvants et additifs innovants et fonctionnels.

SOUTIENS FINANCIERS PRINCIPAUX



PARTENAIRES

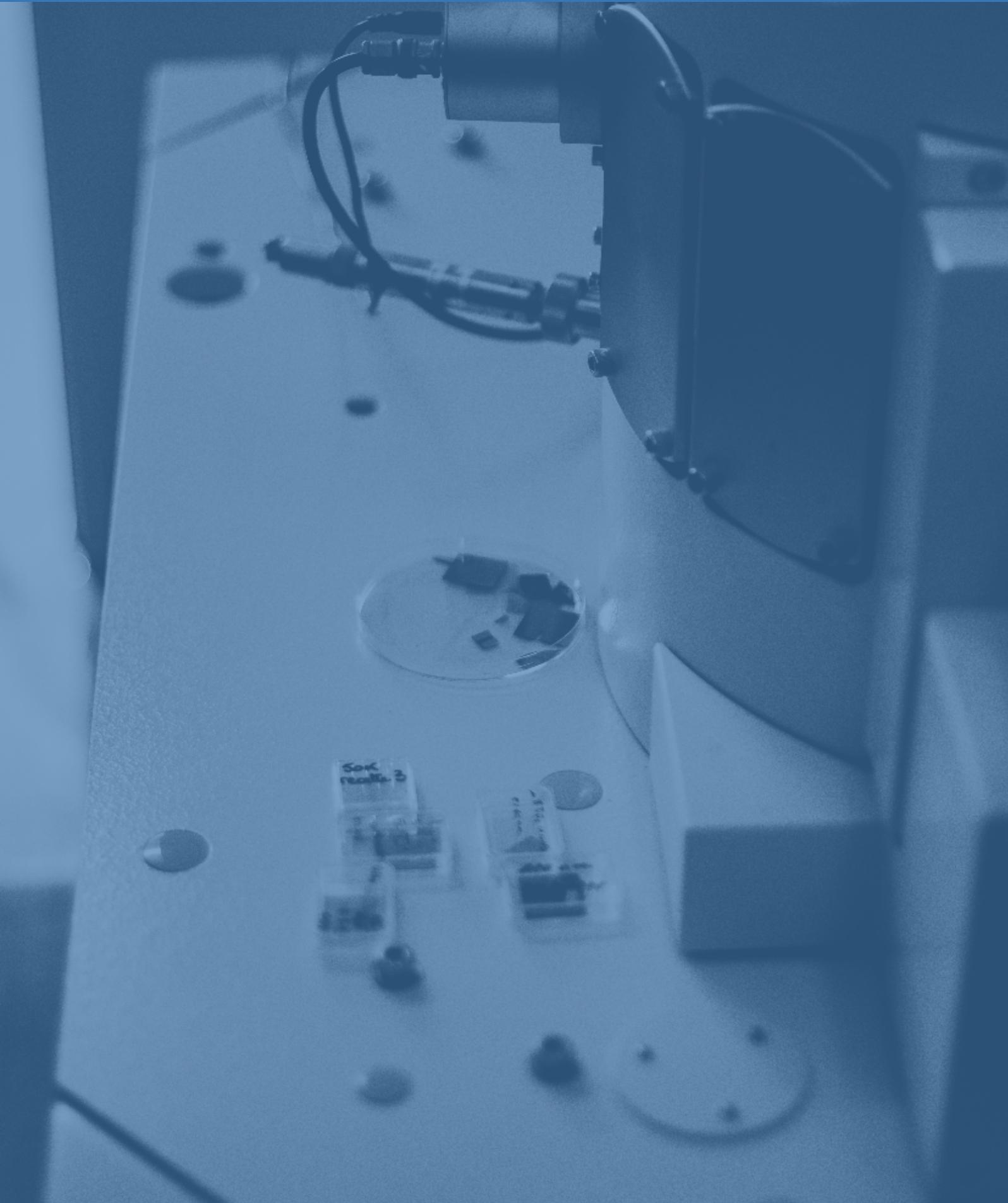


Remerciements : Merci à l'ensemble du personnel du laboratoire pour sa contribution à la relecture, à la recherche de photos et d'illustrations ainsi qu'à la mise à disposition des données.

Crédits photos/illustrations :
Service communication du Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, Vincent Arbelet - photographe, Edouard Barra - photographe

Impression : S2E impressions

Date de publication : mai 2022



**Laboratoire Interdisciplinaire
Carnot de Bourgogne**
UMR 6303 CNRS-UBFC
9 avenue Alain Savary
BP 47870
F-21078 DIJON

Site du Creusot
IUT Le Creusot
12 rue de la Fonderie
F-71200 LE CREUSOT

Site de Chalon-sur-Saône
IUT Chalon
1 allée des Granges Forestier
F-71100 CHALON
SUR SAONE

Site de Belfort-Sevenans
Université de Technologie
Belfort-Montbéliard
rue de Leupe
F-90010 BELFORT