





Une agence pour répondre aux besoins de toutes les recherches

An agency responding to the needs of all research



page 34

L'AAPG, instrument clé pour soutenir les initiatives de recherche

The Generic Call for Proposals: a key instrument for supporting research initiatives

page 36

L'ANR mobilisée pour la recherche partenariale

ANR's work to support partnership-based research

page 40

Favoriser les partenariats scientifiques en Europe et dans le monde

Encouraging scientific partnerships in Europe and worldwide

page 45

Projets scientifiques

Scientific projects

► l'Appel à projets générique

L'AAPG, instrument clé pour soutenir les initiatives de recherche

Dispositif emblématique de l'ANR, l'Appel à projets générique (AAPG) encourage les initiatives de recherche individuelles et collaboratives. Appel ouvert aux chercheurs et chercheuses, de toutes communautés scientifiques publiques ou privées, il a contribué, en 2019, à soutenir 1 157 projets. Ambition affichée de ce programme de financement : promouvoir une recherche de qualité, responsable et éthique et faire progresser les connaissances issues des projets de recherche fondamentale comme de recherche appliquée.

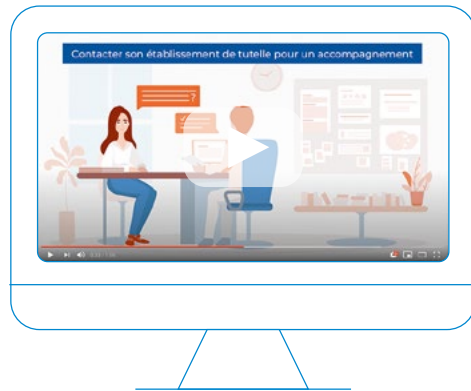
Un budget et un taux de sélection toujours en hausse

13% en 2017, 15% en 2018, 16% en 2019... Le taux de sélection de l'AAPG enregistre une augmentation constante depuis plusieurs années. Parmi les 7 217 projets déposés en 2019, 1 157 ont ainsi été retenus pour un montant global de 464,2 M€, soit 81,6% du budget d'intervention de l'Agence. Une augmentation du financement de 4,7% par rapport à 2018.

Un appel, quatre instruments de financement

L'AAPG recouvre 4 instruments destinés à financer des projets de recherche individuelle portés par des jeunes chercheurs/jeunes chercheuses (JCJC) et des projets de recherche collaborative : soit entre entités publiques dans un contexte national (PRC) ou international (PRCI), soit entre entités publiques et privées présentant une ouverture vers le monde de l'entreprise (PRCE).

Dans le cadre des projets de recherche collaborative - internationale (PRCI), le partenariat franco-allemand entre l'ANR et la DFG (*Deutsche Forschungsgemeinschaft*) a bénéficié d'une priorité dans le Plan d'action 2019. Elle s'est traduite par une aide budgétaire supplémentaire de 3 M€.



▲
Visionnez la vidéo « Les grandes étapes pour déposer un projet à l'Appel à projets générique de l'ANR » ou flashez ce code à l'aide de votre smartphone.
Watch the video "The main stages in submitting a project to the ANR Generic Call for Proposals" or scan this code with your smartphone.



Une ouverture à toutes les disciplines de recherche

Inscrits dans les objectifs de développement durable et les défis sociétaux majeurs, 48 axes de recherche structurent l'AAPG, dont 13 axes correspondant à des enjeux transverses : ville durable, bioéconomie, santé et environnement... Chaque axe dispose d'un comité d'évaluation scientifique (CES) dédié, composés d'acteurs scientifiques indépendants français ou étrangers. L'AAPG intègre les priorités stratégiques définies par l'État : l'intelligence artificielle, les sciences humaines et sociales, les technologies quantiques auxquelles s'ajoutent, depuis l'édition 2019, l'antibiorésistance, l'autisme au sein des troubles du neurodéveloppement et la recherche translationnelle sur les maladies rares.

Une sélection en deux étapes

Deux grandes étapes rythment le processus de sélection de l'AAPG. Dans un premier temps, les porteurs de projets soumettent une pré-proposition évaluée au regard de sa qualité et de son ambition scientifique par les comités d'évaluation scientifique (CES). Les coordinateurs retenus remettent ensuite une proposition détaillée analysée par des experts externes puis une nouvelle fois par les CES. Cette 2^{de} évaluation porte notamment sur la qualité de construction du projet,

zoom sur

Les nouvelles générations se distinguent

Ils représentent près d'un quart des projets retenus : les projets jeunes chercheurs/jeunes chercheuses (JCJC) atteignent un taux de sélection de 19,1% en 2019 contre 15% en 2018. Ce résultat encourageant s'explique en grande partie par la forte implication des déposants et la qualité de leurs dossiers. Destiné à favoriser la prise de responsabilités et l'autonomie scientifique, l'instrument JCJC s'adresse à celles et ceux qui ont obtenu leur doctorat depuis moins de 10 ans. Il constitue pour certains un premier pas vers les appels à projets européens.

zoom on

The younger generations stand out from the crowd

Representing nearly a quarter of the projects selected, JCJC projects achieved a selection rate of 19.1%, compared with 15% in 2018. This encouraging result is largely due to the commitment of the applicants and the quality of their submissions. Designed to encourage initiative and scientific autonomy, the JCJC instrument is targeted at young researchers awarded PhDs less than 10 years ago. For many, it is a first step towards European calls for proposals.



son originalité, son impact et ses retombées potentiels, etc. Tous les porteurs de projets s'engagent par ailleurs à considérer la dimension sexe et/ou genre dans le déroulement de leur projet (lire p.30). Il convient enfin de signaler que les opérations relatives à l'AAPG se situent dans un contexte d'amélioration continue des processus de sélection des projets, certifiés ISO 9001.

The Generic Call for Proposals

The Generic Call for Proposals: a key instrument for supporting research initiatives

ANR's headline funding instrument, the Generic Call for Proposals (AAPG) encourages individual and collaborative research initiatives. Open to researchers from all scientific communities, both public and private, the call helped to support 1,157 projects in 2019. The stated intention of this funding programme is to promote high-quality, responsible, ethical research and to develop knowledge from both basic and applied research projects.

Steadily increasing budgets and selection rates

Growth of 13% in 2017, 15% in 2018, 16% in 2019... The AAPG selection rate has been rising steadily for several years. Of the 7,217 projects submitted in 2019, 1,157 were selected for total funding of €464.2 million, 81.6% of the Agency's funding budget. This represents a funding increase of 4.7% compared with 2018.

One call, four funding instruments

The AAPG includes four instruments that are used to fund individual research projects coordinated by young researchers (JCJC) and collaborative research projects, either between public entities in a national or international context (PRC and PRCI respectively) or between public and private entities with a potential opening to the world of business (PRCE).

Under the heading of International Collaborative Research Projects (PRCI), the French-German partnership between ANR and DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) was given priority in the 2019 Work Programme. This was reflected in additional budgetary support of €3 million.

Openness to all research disciplines

Aligned with the sustainable development goals and major societal challenges, the AAPG is structured into 48 research areas, 13 of which correspond to interdisciplinary priorities: sustainable cities, the bioeconomy, health and the environment etc. Each theme has its own dedicated scientific evaluation panel, consisting of independent French or foreign scientists. AAPG covers the strategic priorities defined by the French state: artificial intelligence (AI), social sciences and humanities, quantum technologies, to which the following have been added since the 2019 edition, antibiotic resistance, autism in neurodevelopmental disorders and translational research into rare diseases.

A two-stage selection process

Two stages structure the AAPG selection process. In the first stage, project coordinators submit a pre-proposal that is evaluated in terms of quality and scientific ambition by the scientific evaluation panels (CES). The selected coordinators then present a full proposal, which is analysed by external peer reviewers and then once again by the CES. This second evaluation covers aspects such as the quality of the project's construction, its originality, its impact and its potential benefits. All project coordinators also undertake to consider the sex and/or gender dimension in the progress of their project (see p. 30). All operations involved in the AAPG take place in a context of continuous improvement for the project selection processes, which have been awarded ISO 9001 certification.

► partenariats public/privé

L'ANR mobilisée pour la recherche partenariale



Le 12 décembre 2019, chercheurs, dirigeants d'entreprises et acteurs institutionnels se sont retrouvés pour participer à une journée sur la recherche partenariale.

On 12 December 2019, researchers, business leaders and institutional actors came together to take part in a day focused on partnership-based research.

Favoriser l'innovation par le développement de partenariats public/privé dans le domaine de l'innovation scientifique fait partie intégrante des missions de l'ANR. Pour cela, l'Agence dispose de plusieurs instruments adaptés à chaque niveau d'avancement technologique.

De l'invention à l'innovation : la journée « La recherche, créatrice d'innovations »

Le 12 décembre 2019, chercheurs, dirigeants d'entreprises et acteurs institutionnels se sont retrouvés sur le site de Station F pour participer à une journée sur la recherche partenariale « La recherche, créatrice d'innovations ». Un rendez-vous organisé par l'ANR et conçu en partenariat avec les acteurs de la recherche et de l'innovation, le MESRI, le SGPI, le CPU, le CNRS et Bpifrance¹. Au travers de tables rondes, de témoignages en duo de porteurs de projets et d'un espace dédié aux démonstrations et

aux parcours d'innovations, l'événement a permis de partager les expériences et de présenter les instruments de financement de l'Agence dédiés à la recherche collaborative entre partenaires publics et privés.

Soutenir le transfert de technologie et la compétitivité

Les LabCom favorisent la création de laboratoires communs en soutenant des collaborations entre des établissements de recherche et le tissu des petites et moyennes entreprises (PME) et des entreprises de taille intermédiaire (ETI). Les Chaires Industrielles structurent des projets ambitieux dans des domaines stratégiques et prioritaires, menés avec des entreprises de toutes tailles implantées en France.

Instrument de l'AAPG, le Projet de Recherche Collaborative-Entreprises (PRCE) permet de financer des projets de recherche entre entités publiques et privées lorsque ceux-ci présentent une opportunité d'ouverture vers le monde de l'entreprise.

Des dispositifs de financement plus spécifiques

Dans le cadre du dispositif Carnot, l'ANR finance les établissements de recherche titulaires de ce label d'excellence attribué à des laboratoires menant des travaux en collaboration avec des acteurs socio-économiques.

Le Challenge stimule la levée de verrous scientifiques, technologiques, méthodologiques ou relatifs à des enjeux de société mobilisant plusieurs équipes scientifiques et industriels sur une même problématique. ►►

¹ Avec laquelle l'Agence a signé un accord pour renforcer l'accompagnement des projets innovants et accélérer le transfert de technologie en janvier 2019.
With which the Agency signed an agreement to strengthen support for innovative projects and accelerate technology transfer in January 2019

focus

Soutenir les projets selon leur degré de maturité



Comptant 9 paliers, l'échelle TRL (Technology readiness level) évalue le degré de maturité d'une technologie jusqu'à son industrialisation. Le PRCE, les Chaires Industrielles ou ASTRID accompagnent un partenariat public/privé très en amont, dès lors que les principes de base d'une innovation ont été décrits (TRL1). Ils peuvent se poursuivre jusqu'à la validation du concept en laboratoire (TRL4) pour les PRCE et jusqu'à la mise au point d'un premier prototype (TRL5) pour ASTRID Maturation et les Chaires Industrielles. Le programme Carnot ainsi que les appels à projets Challenge et LabCom interviennent plus en aval, lorsque la preuve du concept a pu être établie de manière expérimentale (TRL3). Ils s'achèvent le plus souvent quand le fonctionnement du prototype dans un environnement opérationnel a pu être démontré (TRL7).

focus

Supporting projects based on their readiness level

The nine-point TRL scale (Technology Readiness Level) evaluates the maturity of a technology up to the stage of industrial production. PRCE, Industrial Chairs and ASTRID support public-private partnerships from a very early stage, as soon as the basic principles of an innovation have been described (TRL1). Development can continue as far as validating the concept in the laboratory (TRL4) for PRCE and the development of an initial prototype (TRL5) for ASTRID Maturation and the Industrial Chairs. The Carnot programme and the Challenge and LabCom calls for proposals intervene at a later stage, when the proof of concept has been established experimentally (TRL3). They usually come to an end when the prototype has been shown to work in an operational environment (TRL7).

public-private partnerships

ANR's work to support partnership-based research

Promoting innovation by developing public-private partnerships in the field of scientific research is a core component of ANR's purpose. The Agency has several funding instruments suited to each level of technological readiness.

From invention to innovation: the Innovation Through Research day

On 12 December 2019, researchers, business leaders and institutions came together at the Station F site to take part in a day focused on partnership-based research, Innovation Through Research. The event was organised by ANR and conceived in partnership with research and innovation stakeholders, the Ministry of Higher Education, Research and Innovation (MESRI), the General Investment Secretariat (SGPI), the Conference of University Presidents (CPU), CNRS and Bpifrance². With round-table discussions, joint presentations by pairs of project coordinators and a space dedicated to demonstrations and innovation pathways, the event was a chance to share experiences and present the Agency's funding instruments dedicated to collaborative research between public and private partners.

Supporting technology transfer and competitiveness

LabCom encourages the creation of joint laboratories by supporting collaborations between research institutions and the fabric of small or medium-sized enterprises (SMEs) and intermediate-sized enterprises.

Industrial Chairs give structure to ambitious projects in priority strategic fields, conducted with companies of all sizes based in France.

Within the AAPG, the Collaborative Research Project Involving Enterprise(s) (PRCE) instrument funds research projects involving collaboration between public and private entities with a potential opening to the world of business.

More specific funding instruments

Through the Carnot programme, ANR funds research institutions with the Carnot label for excellence awarded to laboratories carrying out work in collaboration with the commercial world.

Challenge stimulates researchers to overcome scientific, technological, methodological or social obstacles by mobilising several scientific and industrial teams to address a single problem. >>>

Démonstration lors de la journée du 12 décembre à Station F.
Demonstration on 12 December at Station F.



- Le dispositif Maturation : suite au programme ASTRID, l'appel ASTRID Maturation répond à des besoins de recherche duale du ministère des Armées. Les deux dispositifs sont intégralement financés par l'Agence de l'innovation de défense (AID). D'autres appels permettent d'accompagner la montée en niveau de maturité technologique des projets, tels que Ecophyto Maturation. Ce dernier, initié par trois ministères dans le cadre du plan Ecophyto II, vise à faire évoluer des solutions ou des résultats fondamentaux vers des modèles opérationnels destinés à réduire l'usage des produits phytosanitaires en agriculture. Il est cofinancé par l'Office français de la biodiversité (OFB) et l'ANR pour un budget total de 3,5 M€.

L'ANR soutient également les partenariats public/privé par le biais des Instituts de recherche technologiques (IRT) et des Instituts pour la transition énergétique (ITE) qu'elle finance dans le cadre des Investissements d'Avenir (lire p. 26). Reposant sur des partenariats à long terme entre établissements d'enseignement supérieur et de recherche et entreprises, ces instituts de recherche thématiques entendent renforcer la compétitivité par la recherche industrielle dans des filières technologiques stratégiques.

►►►

Maturation: following the ASTRID programme, the ASTRID Maturation call responds to the dual civilian and military research needs of the armed forces ministry. Both programmes are fully funded by the French Defence Innovation Agency (AID). Other calls, such as Ecophyto Maturation, support work to increase projects' technological readiness levels. This call, initiated by three ministries as part of the Ecophyto II plan, aims to develop basic solutions or results into operational models that can reduce the use of phytosanitary products in agriculture. It is co-funded by the French Biodiversity Office (OFB) and ANR with a total budget of €3.5 million.

ANR also supports public-private partnerships through the Technological Research Institutes (IRT) and the Institutes for Energy Transition (ITE), which it funds through the Investments for the Future programme (see p.26). Based on long-term partnerships between higher education and research institutions and companies, these thematic research institutes are designed to reinforce competitiveness through industrial research in strategic technological sectors.

Exemples de partenariats à succès

Plusieurs partenariats ayant bénéficié d'un dispositif d'accompagnement de l'ANR ont été mis à l'honneur durant la journée du 12 décembre 2019 :

- **La Chaire Industrielle Homeric** est parvenue à relever certains défis de l'électronique organique. Porté par Georges Hadziioannou, professeur à l'Université de Bordeaux, ce projet construit avec le groupe Arkema a d'ores et déjà abouti à la mise sur le marché d'une nouvelle famille de copolymères.
- **Le LabCom Quantum Genomics** coordonné par Catherine Llorens-Cortes, Inserm, Collège de France, prix Galien France 2014. Ce projet doit permettre de développer avec l'entreprise Quantum Genomics une nouvelle classe de médicaments anti-hypertenseurs agissant au niveau du cerveau. Une étude de phase III (70 centres et plus de 500 patients) est désormais en cours pour évaluer l'efficacité du FIRIBASTAT chez des patients dont l'hypertension artérielle n'est pas bien traitée par les médicaments classiques.
- **Le PRCE Desirable** aboutit à une industrialisation de la production de larves d'insectes pour nourrir les élevages de volailles et de poissons. Porté par Samir Mezdour, chercheur en science des aliments et procédés agroalimentaires à AgroParisTech, ce partenariat avec l'ETI Ynsect ambitionne de concevoir une bioraffinerie d'insectes en vue de contribuer à des systèmes agroalimentaires plus durables.
- **Le PRCE Trimaran** a été coordonné par Dinh-Thuy Phan-Huy, ingénieure-chercheuse à Orange Labs, spécialisée dans les réseaux sans fil, grand prix de l'électronique Ferrié 2018 et prix Irène Joliot-Curie 2018, catégorie Femme recherche et entreprise. Le projet vise à améliorer l'efficacité énergétique des réseaux mobiles.
- **L'Institut Carnot Mica** a mis au point un dispositif de séchage du bois très performant valorisant la chaleur fatale d'un réseau de chaleur urbain. Porté notamment par Simona Bennici, chercheuse à l'Institut des sciences des matériaux de Mulhouse, CNRS, ce projet est le fruit d'une intense coopération avec l'entreprise R-CUE.
- **L'IRT Saint-Exupéry** participe à la conception de l'avion électrique du futur en étroite collaboration avec le groupe Safran. Ce projet, porté par Laurent Albert, directeur du pôle recherche diélectriques, conducteurs et plasmas à l'IRT Saint-Exupéry, s'attache à concevoir et développer des technologies de rupture dans trois domaines : les matériaux multifonctionnels à haute performance, l'aéronef plus électrique et les systèmes embarqués.
- **Le Challenge Carotte** a été organisé pour améliorer les capacités de cartographie de bâtiments et d'analyse de terrain en milieu urbain. Les deux phases successives de ce défi ont été remportées par le consortium CoreBots, constitué entre autres de Mines ParisTech, d'Inria et de la start-up Intempora, et coordonné par Arnaud de la Fortelle, Directeur du centre de robotique Mines ParisTech.

Examples of successful partnerships

Several partnerships supported by ANR were honoured at the event on 12 December 2019:

- ▶ **The Homeric Industrial Chair** succeeded in meeting several challenges in organic electronics. Coordinated by Georges Hadziionnou, a professor at the University of Bordeaux, and put together with the Arkema group, the project has already brought a new family of copolymers to market.
- ▶ **The Quantum Genomics LabCom** is coordinated by Catherine Llorens-Cortes, Inserm, Collège de France, French winner of the Prix Galien in 2014. This project aims to develop a new class of antihypertensive drugs acting on the brain with the company Quantum Genomics. A phase 3 trial (70 centres and over 500 patients) is now in progress to evaluate the effectiveness of FIRIBASTAT in patients whose arterial hypertension is poorly controlled with conventional drugs.
- ▶ **The Desirable PRCE** is successfully industrialising the production of insect larvae as feed for poultry and fish. Coordinated by Samir Mezdour, a researcher in food science and agri-food processes at AgroParisTech, this partnership with Ynsect aims to design an insect biorefinery to contribute to more sustainable food systems.
- ▶ **The Trimaran PRCE** was coordinated by Dinh-Thuy Phan-Huy, a research engineer at Orange Labs specialising in wireless networks and winner of the 2018 Ferrié grand prize for electronics and the 2018 Irène Joliot-Curie prize in the Women in Research and Business category. The project aimed to improve the energy efficiency of mobile networks.
- ▶ **The Mica Carnot Institute** developed a high-performance system for drying timber using free heat from an urban district heating network. Mainly coordinated by Simona Bennici, a researcher at the CNRS Mulhouse Materials Science Institute, the project results from intensive cooperation with the R-CUE company.
- ▶ **The Saint-Exupéry IRT** is contributing to the design of the electric aircraft of the future in close collaboration with the Safran group. The project, coordinated by Laurent Albert, director of the dielectrics, conductors and plasmas research centre at IRT Saint-Exupéry, is dedicated to designing and developing breakthrough technologies in three fields: high-performance multifunctional materials, electric aircraft and onboard systems.
- ▶ **The Carotte Challenge** was organised to improve capacity for building mapping and ground analysis in urban settings. The two successive phases of the challenge were awarded to the CoreBots consortium, involving Mines ParisTech, Inria and the start-up Intempora among other partners, and coordinated by Arnaud de la Fortelle, director of the Mines ParisTech robotics centre.

Exposition de la Chaire Industrielle Homeric le 12 décembre 2019 à Station F.
Exhibition of the Homeric Industrial Chair on 12 December 2019 at Station F.



Le dispositif Flash pour répondre aux besoins urgents de recherche

Mettre en œuvre une procédure de sélection de projets et de financement accélérée. Tel est l'objectif des appels à projets Flash. Créé en 2010, ce dispositif est mobilisé lorsqu'une catastrophe exceptionnelle ou un événement d'envergure nécessite une réponse scientifique rapide.

Illustration avec l'appel à projets Flash JOP24. Le 22 mars 2019, l'ANR et le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) ont lancé l'appel à projets Flash JOP24. Objectif : développer les meilleures solutions technologiques pour répondre aux problématiques de sécurité posées par les Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024. Les projets lauréats devront rapidement éprouver leur technologie (TRL 7) en conditions réelles. Dès le 2 juillet, 6 projets sur 17 ont été sélectionnés pour un budget global de 2,8M€. Ils portent par exemple sur le développement d'une plateforme d'alerte multicanaux vers le public, la détection en temps réel de situations atypiques ou critiques ou encore l'analyse et l'anticipation des phénomènes de foule.

The Flash tool for responding to urgent research needs

An accelerated project selection and funding procedure – that is the goal of Flash calls for proposals. Created in 2010, this tool is used when an exceptional disaster or major event requires a fast scientific response. The JOP24 Flash call for proposals was one example. On 22 March 2019, ANR and the General Secretariat for Defence and National Security (SGDSN) launched the JOP24 Flash call for proposals. Its goal was to develop the best technological solutions to respond to the security problems posed by the Paris Olympics and Paralympics in 2024. The selected projects had to test their technologies quickly under real-life conditions (TRL7). On 2 July, six out of the 17 projects submitted were selected for a total funding budget of €2.8 million. They include developing a multichannel platform for alerting the public, detecting unusual or critical situations in real time and analysing and anticipating crowd phenomena.

► Europe et international

Favoriser les partenariats scientifiques en Europe et dans le monde



298

**PROJETS TRANSNATIONAUX
COFINANCÉS EN 2019, SOIT 19 %
DES PROJETS FINANCÉS PAR
L'ANR, À HAUTEUR DE 82 M€**

*298 transnational projects
co-funded in 2019, 19% of
the projects funded by ANR,
receiving €82 million*

Le renforcement des coopérations scientifiques aux plans européen et international est une des missions de l'ANR. Les enjeux sont nombreux : soutenir les équipes françaises dans leurs collaborations internationales, apporter des réponses concertées à des problèmes mondiaux, mettre en commun des ressources et des technologies, et bâtir des partenariats stratégiques autour des grands défis de la connaissance. Articulées avec les initiatives européennes et internationales, quatre catégories d'instruments de financement sont déployées par l'ANR : les PRCI (un des instruments de l'AAPG), les appels à projets bilatéraux et multilatéraux, les MRSEI et les T-ERC. Depuis sa création, l'Agence a cofinancé plus de 2 500 projets transnationaux avec des agences homologues étrangères. En 2019, elle consacre un budget de plus de 82 M€ au cofinancement des équipes françaises de 298 projets transnationaux dont 84 % des partenaires sont européens.

L'appel Sargassum : une collaboration internationale pour faire face à une crise environnementale majeure

Depuis 2017, les côtes des Caraïbes et du golfe du Mexique sont confrontées à une crise environnementale sévère : un afflux massif de sargasses. Ces algues brunes ont un impact important sur la santé des populations et la biodiversité. Les répercussions économiques, notamment sur l'activité touristique, sont également majeures et s'élèvent à plusieurs millions d'euros par an. Pour apporter des solutions pragmatiques à l'échouage des sargasses et enrichir les connaissances sur ce phénomène, le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI), dans le cadre du plan national de prévention de lutte contre les sargasses, a chargé l'ANR de lancer un appel à projets conjoint avec l'ADEME, les régions de Guadeloupe, Guyane et Martinique, et les agences du Brésil (FAPESP et FACEPE). L'appel « Recherche, développement et innovation » Sargassum illustre l'intérêt d'une réponse rapide *via* une collaboration internationale pour répondre à un fort enjeu sociétal. Les 12 projets sélectionnés, pour un soutien financier total de 8,5 M€, ont été présentés en juin lors d'une conférence internationale en Guadeloupe en présence de Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et du Premier ministre Édouard Philippe. ►►►



zoom sur

Les PRCI : un instrument de l'AAPG favorisant les collaborations bilatérales

Les projets de recherche collaborative – Internationale (PRCI)¹ sont destinés à renforcer les collaborations bilatérales entre des équipes de recherche françaises et étrangères. En 2019, l'instrument PRCI a servi au cofinancement de 92 projets avec 9 pays : Allemagne, Autriche, Luxembourg, Suisse, Brésil, Hong Kong, Russie, Singapour, Taïwan. Cet instrument participe également à la construction de l'Espace Européen de la Recherche (EER) via des collaborations non thématiques avec les grands partenaires européens. 51 projets bilatéraux avec l'Allemagne, partenaire privilégié, en ont bénéficié.



zoom on

PRCI: an AAPG instrument supporting bilateral collaborations

International Collaborative Research Projects (PRCI)¹ aim to strengthen bilateral collaboration between French and foreign research teams. In 2019, the PRCI instrument co-funded 92 projects with nine countries: Austria, Brazil, Germany, Hong Kong, Luxembourg, Russia, Singapore, Switzerland and Taiwan. The instrument also contributes to the construction of the European Research Area (ERA) through non-thematic collaborations with major European partners. This has benefited 51 bilateral projects with Germany, a special partner.

¹ <https://anr.fr/fr/detail/call/appeil-a-projets-generique-2020>

Europe and the world

Encouraging scientific partnerships in Europe and worldwide

Strengthening scientific cooperation across Europe and worldwide is one of ANR's missions. The priorities include supporting French teams in their international collaborations, providing joint responses to global problems, pooling resources and technologies and building strategic partnerships around major knowledge challenges. Aligned with European and international initiatives, ANR deploys four categories of funding instruments: PRCI (one of the AAPG instruments), bilateral and multilateral calls for proposals, MRSEI and TERC.

Since its foundation, the Agency has co-funded over 2,500 transnational projects with its foreign counterpart agencies. In 2019, it devoted a budget of over €82 million to co-funding French teams involved in 298 transnational projects, 84% of which were arranged with European partners.

The Sargassum Call: an international collaboration in response to a major environmental crisis

Since 2017, the coasts of the Caribbean and the Gulf of Mexico have been facing a serious environmental crisis: a huge influx of sargassum seaweed. This brown seaweed has a major impact on people's health and on biodiversity. The economic impact, particularly on tourism, is also considerable, amounting to several million euros a year. To provide pragmatic solutions to the build-up of sargassum on beaches and develop scientific knowledge about the phenomenon, MESRI has commissioned ANR to launch a call for proposals jointly with Ademe, the regional governments of Guadeloupe, French Guiana and Martinique and Brazilian agencies (FAPESP and FACEPE) as part of France's national plan to prevent and combat sargassum. The Sargassum Research Development and Innovation call illustrates the benefit of responding quickly to high-stakes societal issues through international collaboration. The 12 projects selected for financial support totalling €8.5 million were presented in June at an international conference in Guadeloupe attended by Frédérique Vidal, the Minister of Higher Education, Research and Innovation, and Prime Minister Édouard Philippe. ►►



▶▶▶ **Des collaborations internationales sur des thématiques prioritaires : l'intelligence artificielle**

Développer l'excellence des équipes françaises dans un secteur à haut potentiel économique ou à fort enjeu de souveraineté figure parmi les objectifs majeurs des appels à projets internationaux. L'intelligence artificielle (IA) est l'une de ces thématiques prioritaires. En 2019, le soutien à la priorité IA via les collaborations internationales s'est concrétisé par deux appels à projets. Le premier est issu d'un accord de coopération entre la France (ANR), l'Allemagne (DFG) et le Japon (JST). Cet appel trilatéral vise à susciter des collaborations transnationales pour mener des recherches fondamentales en IA incluant les questions d'éthique, de confiance et de transparence posées par cette technologie. L'IA se retrouve également au cœur d'un des appels de l'ERA-NET CHIST-ERA : « L'explicabilité de l'intelligence artificielle fondée sur l'apprentissage automatique »

▶▶▶

International collaborations on priority themes: Artificial Intelligence

Developing the excellence of French teams in sectors with strong economic potential or significant sovereignty issues is one of the major goals of the international calls for proposals. Artificial intelligence (AI) is one of these priority themes. In 2019, support for the priority given to AI via international collaborations took the form of two calls for proposals. The first arose from a cooperation agreement between France (ANR), Germany (DFG) and Japan (JST). This trilateral call aims to stimulate transnational collaboration to conduct basic AI research covering the issues of ethics, trust and transparency raised by the technology. AI is also at the heart of a CHIST-ERA ERA-NET call: "The explicability of artificial intelligence based on machine learning" was identified as one of the 2019 call's two themes. ANR has been coordinating this European partnership since 2011. It aims to reinforce disruptive international multidisciplinary research collaborations in information and communication science and technology. Within this multi-year framework, the Agency has co-funded 56 projects on priority emerging themes in the field of digital sciences.

zoom sur

Science Europe et Conseil mondial de la recherche

L'ANR participe activement aux discussions sur la politique scientifique européenne notamment dans le cadre de Science Europe, association d'agences de financement et d'organismes de recherche des 27 pays européens. Elle y est impliquée dans la préparation d'Horizon Europe en complément de sa participation au niveau national avec le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et de ses interventions auprès de la Commission européenne. L'Agence participe aussi à des groupes de travail sur la science ouverte et le management des données issues de la recherche. Depuis novembre 2019, Thierry Damerval, PDG de l'ANR, siège au comité d'administration de Science Europe. L'Agence est aussi impliquée dans le Conseil mondial de la recherche (GRC). Ces deux instances internationales représentent des lieux d'échanges et d'orientation des grandes politiques scientifiques.



zoom on

Science Europe and the Global Research Council

ANR plays an active part in discussions on European science policy and contributes to Science Europe, the association of funding agencies and research organisations in 27 European countries. It is involved in the preparation of Horizon Europe through Science Europe, in addition to its participation at national level through MESRI and its work with the European Commission. The Agency also takes part in working groups on open science and the management of data arising from research. Thierry Damerval, ANR's CEO, has been a member of the Science Europe Governing Board since November 2019. The Agency is also involved in the Global Research Council (GRC). These two international bodies are forums for discussing and setting the direction of broad science policy.



focus

Partenariats européens

En 2019, l'ANR a participé à **24 appels** de partenariats publics européens et financé les partenaires français de **163 projets** pour un montant total de **40,5 M€**. Réseaux européens pilotés par les États membres, les initiatives de programmation conjointes (JPI)¹ sont au cœur de l'Espace Européen de la Recherche : chaque JPI définit un agenda stratégique de recherche et d'innovation commun dans son domaine d'intérêt et peut lancer des appels à projets multilatéraux. L'ANR est présente au sein des instances de gouvernances de 8 JPI et assure la présidence du JPI Water et la vice-présidence du JPI FACCE. Enfin, le partenariat stratégique entre la France et l'Allemagne se formalise aussi dans le cadre de la construction de l'Espace Européen de la Recherche. En 2019, au travers d'accords spécifiques de coopération, les deux pays ont cofinancé 29 projets franco-allemands pour un montant de 10,6 M€.



focus

European partnerships

In 2019, ANR took part in **24 calls** for European public partnerships and funded the French partners in **163 projects** with a total of **€40.5 million**. European networks managed by member states, the Joint Programming Initiatives (JPIs)¹ lie at the heart of the European Research Area: each JPI defines a joint strategic research and innovation agenda within its field of interest and can launch multilateral calls for proposals. ANR is represented on the governing bodies of eight JPIs, chairs the Water JPI and is vice-chair of FACCE-JPI. Finally, the strategic partnership between France and Germany is also formalised within the construction of the European Research Area. In 2019, the two countries co-funded 29 French-German projects with €10.6 million through specific cooperation agreements.

¹ <https://anr.fr/lanr-et-la-recherche/europe-et-international/collaborations-transnationales/>

a été identifiée comme l'un des deux thèmes de l'appel 2019. L'ANR coordonne depuis 2011 ce partenariat européen qui vise à renforcer les collaborations internationales de recherche multidisciplinaire de rupture dans le champ des sciences et technologies de l'information et de la communication. Dans ce cadre pluriannuel, l'Agence a cofinancé 56 projets sur des thématiques émergentes prioritaires dans le domaine des sciences du numérique.

Renforcer l'Espace Européen de la Recherche

Acteur majeur de la construction de l'Espace Européen de la Recherche (EER), l'ANR développe avec les autres agences européennes de financement sur projets des actions, des programmes et des appels à projets qui complètent et renforcent les initiatives menées dans le cadre du Programme-cadre européen de recherche et d'innovation (PCRI). Objectifs : coordonner au mieux l'offre de financement existante au sein de l'Union européenne et apporter des réponses concertées à des enjeux globaux (climat, gestion des ressources en eau, agriculture durable, évolution démographique, maladies neurodégénératives, résistance aux antibiotiques...). Ces programmes et leurs appels transnationaux sont mis en œuvre au travers de partenariats publics européens (P2P) comme les ERA-NET COFUND, Article 185, EJP, CSA ou les 10 initiatives de programmation conjointe (JPI). ▶▶

Reinforcing the European Research Area

A major player in the construction of the European Research Area (ERA), ANR works with other European project-based funding agencies to develop actions, programmes and calls for proposals that complete and reinforce the initiatives conducted through the European Framework Programme for Research and Innovation (FPRI). Its goals are to coordinate the funding opportunities available within the European Union and provide joint responses to global challenges (climate, water resource management, sustainable agriculture, demographic change, neurodegenerative diseases, antibiotic resistance etc.). These programmes and their transnational calls are implemented through European public-public partnerships (P2P) such as ERA-NET Cofund, Article 185, EJP, CSA or the 10 Joint Programming Initiatives (JPIs). ▶▶

vidéo

Renforcer la participation des équipes françaises aux appels européens : MRSEI et Tremplin ERC

Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux (MRSEI) et Tremplin-ERC (T-ERC) : ces deux dispositifs sont destinés à renforcer la participation des équipes françaises aux appels à projets de l'Union européenne. Le premier vise à soutenir la création et la coordination française d'un réseau scientifique pour une participation au programme cadre européen Horizon 2020. En 2019, 56 réseaux MRSEI ont été financés. Le second a pour but d'encourager la nouvelle participation de déposants français aux appels du Conseil européen de la recherche en augmentant leurs chances de réussite. Ces appels soutiennent la recherche exploratoire de pointe fondée sur des approches originales et innovantes.



▲ Visionnez la vidéo « De MRSEI à l'Europe : témoignages de lauréats » ou flashez ce code à l'aide de votre smartphone. Watch the video "From MRSEI to Europe: winners in their own words" or scan this code with your smartphone.



video

Reinforcing the participation of French teams in European calls: MRSEI and Springboard-ERC

Setting Up European or International Scientific Networks (MRSEI) and Springboard-ERC (T-ERC): these two schemes are designed to reinforce the participation of French teams in European Union calls for proposals. The first aims to support the creation and French coordination of a scientific network to take part in the European Horizon 2020 framework programme. In 2019, 56 MRSEI networks were funded. The second aims to encourage French applicants to re-submit their projects to European Research Council calls while improving their chances of success. These calls support advanced exploratory research based on original, innovative approaches.

►►► La résistance antimicrobienne : une priorité appuyée par deux appels stratégiques franco-allemands et la JPI AMR

Menace planétaire pour la santé humaine, animale et environnementale, la résistance antimicrobienne est une priorité nationale. Elle se trouve au cœur de l'AAPG et de plusieurs actions européennes de recherche dont, notamment, la JPI AMR (*Antimicrobial Resistance*), fondée en 2010 par la France et 27 autres pays européens. Dans ce cadre, l'ANR a cofinancé 28 projets et 3 réseaux. En 2018 et 2019, en complément de la JPI AMR, l'ANR a lancé deux appels à projets franco-allemands sur la résistance antimicrobienne pour le compte du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et du ministère fédéral allemand de l'Éducation et de la Recherche (BMBF). Chaque pays a mobilisé 7 M€ pour la mise en œuvre de collaborations franco-allemandes centrées sur les infections humaines. L'accent a été mis sur l'impact attendu des résultats de la recherche sur les politiques de santé publique actuelles ainsi que sur le développement de produits innovants. 8 projets de recherche ont été sélectionnés à l'issue du 1^{er} appel à projets.

►►► *Antimicrobial resistance: a priority supported by two strategic French-German calls and JPI-AMR*

A global threat to human, animal and environmental health, antimicrobial resistance is a national priority. It is central to AAPG and several European research actions, including JPI-AMR (AntiMicrobial Resistance), founded in 2010 by France and 27 other European countries. ANR has co-funded 28 projects and three networks through this programme. In 2018 and 2019, complementing JPI-AMR, ANR launched two French-German calls for proposals on antimicrobial resistance on behalf of the Ministry of Higher Education, Research and Innovation and the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Each country provided €7 million to implement French-German collaborations focusing on human infections. The calls emphasised the expected impact of the research results on current public health policy and the development of innovative products. Eight research projects were selected following the first call for proposals.

Projets scientifiques

page 46

Projets collaboratifs nationaux

National collaborative projects

page 51

Projets jeunes chercheurs jeunes chercheuses

Young researchers projects

page 54

Projets collaboratifs public - privé

Public/private collaborative projects

page 59

Projets collaboratifs internationaux

International collaborative projects

page 62

Investissements d'Avenir

Investments for the future

Babels

Ce que les villes font aux migrants, ce que les migrants font à la ville

Ladite « crise migratoire » de l'été 2015 a fait de l'accueil des personnes migrantes un enjeu majeur à l'échelle européenne et nationale. Dans ce contexte, les villes sont apparues comme de nouveaux acteurs centraux de l'hospitalité. Espace d'imbrication des différents niveaux politiques, lieux de coprésence entre nouveaux arrivants et installés de plus longue date, les capitales européennes et les villes frontalières s'illustrent par leur capacité à mettre en œuvre des politiques singulières, plus accueillantes ou plus hostiles, envers les migrant-e-s.

Une série d'ethnographies connectées entre elles a permis de suivre des parcours de migrant-e-s dans la ville, à leurs marges et entre les différentes villes. Ces espaces traversés et habités sont autant de lieux-frontières d'où émergent des formes de sociabilité et de solidarité que la présence et les pratiques sociales des migrant-e-s participent à façonner et transformer.

Babels

What cities do to migrants, and what migrants do to cities

The so-called "migrant crisis" of summer 2015 made the treatment of migrants a major issue at European and national level. Cities emerged as central new players in migrant hospitality. As spaces in which different levels of political decision-making are interwoven, inhabited by new arrivals alongside longer-established residents, European capitals and border cities attracted attention for their ability to implement their own individual policies regarding migrants, either welcoming or hostile.

A series of interlinked ethnographic investigations followed migrants on their journeys within cities, at the edges of cities or between cities. The spaces they passed through or inhabited are border-places that bring forth forms of sociability and solidarity shaped and transformed partly by the presence and social behaviours of migrants.



Calais, avril 2016, démantèlement de la zone sud de la jungle.
Calais, April 2016, dismantling of the southern part of the jungle.

© Jean-Baptiste Eczet

Babels

Borders Analysis and Borders Ethnographies in Liminal Situations

Programme ANR / ANR programme : Flash Asile 2016

Édition, durée du projet / Edition, project duration :

2016, 39 mois/months

Subvention ANR / ANR grant : 264 600 € / €264,600

Coordinateur / Coordinator : Michel AGIER

Institut Interdisciplinaire d'Anthropologie du Contemporain - IIAc

agier@ehess.fr · <https://anrbabels.hypotheses.org/>

Région du projet / Project region : Île-de-France

Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

► Collection « bibliothèque des frontières » aux éditions du Passager clandestin (7 volumes : *De Lesbos à Calais : comment l'Europe fabrique des camps* ; *La mort aux frontières de l'Europe : retrouver, identifier, commémorer* ; *Entre accueil et rejet : ce que les villes font aux migrants* ; *Exils syriens : parcours et ancrages (Liban, Turquie, Europe)* ; *Méditerranée : des frontières à la dérive, le passager clandestin* ; *La police des migrants : filtrer, disperser, harceler* ; *Hospitalité en France : mobilisations intimes et politiques*).

► Agier Michel, Yasmine Bouagga, Maël Galisson, Cyrille Hanappe, Mathilde Pette, et Philippe Wannesson (2018), *La Jungle de Calais. Les migrants, la frontière et le camp*, Puf, Paris (ouvrage traduit en anglais, italien et allemand).

Partenaire / Partner : Ville de Paris / City of Paris.



perspectives

Le projet Babels a étudié des situations de frontières – légales, géographiques, sociales et culturelles – permettant d'appuyer une intervention dans les débats publics. En distinguant les villes-carrefours, villes-frontières et villes-refuges, le projet a notamment montré différents aspects de la relation entre ville et mobilité.

perspectives

The Babels project studied frontier situations – legal, geographic, social and cultural – in order to support intervention in the public debate. By distinguishing between crossroads cities, border cities and refuge cities, the project demonstrated various aspects of the relationship between cities and mobility.

NEOMAIT

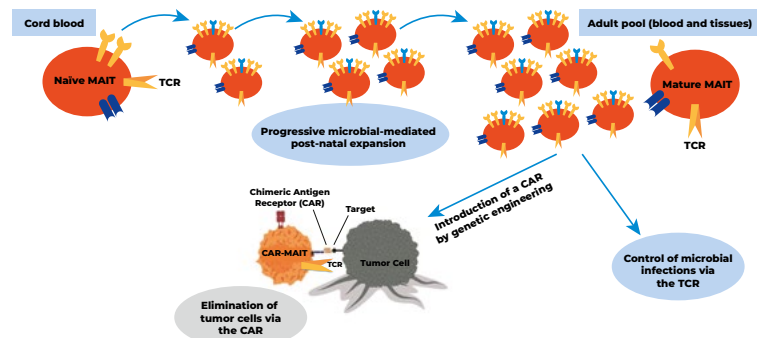
Développement des cellules MAIT chez le nouveau-né et après greffe de cellules souches hématopoïétiques

Les cellules MAIT sont des lymphocytes T invariants qui reconnaissent des précurseurs de la vitamine B2 synthétisés par la plupart des bactéries. Les MAIT peuvent ainsi exercer des fonctions antimicrobiennes puissantes, en particulier au niveau des tissus muqueux où elles sont préférentiellement localisées. Alors qu'elles sont très peu nombreuses à la naissance, les MAIT sont très abondantes à l'âge adulte. NEOMAIT a eu pour objectif de déterminer les mécanismes physiologiques à l'origine d'une telle expansion. En suivant des cohortes de nouveau-nés, le projet a montré que le nombre de MAIT augmente très progressivement à partir de la naissance jusqu'à l'âge de six ans. La même cinétique est observée après la greffe de cellules souches hématopoïétiques. Les résultats suggèrent que l'expansion des MAIT résulte des rencontres successives de quelques clones avec les dérivés microbiens appropriés, et non de facteurs intrinsèques à chaque individu.

NEOMAIT

Development of MAIT cells in neonates and after hematopoietic stem cell transplantation

MAIT cells are invariant T lymphocytes that recognise vitamin B2 precursors synthesised by most bacteria. MAIT cells thus have a powerful antimicrobial function, particularly in mucosal tissues, where they are commonly located. Although they are scarce at birth, MAIT cells are plentiful by adulthood. NEOMAIT aimed to determine the physiological mechanisms causing this expansion. By monitoring cohorts of neonates, the project showed that the number of MAIT cells grows very gradually from birth to the age of six. The same kinetics were observed following hematopoietic stem cell transplantation. These results suggest that MAIT cell expansion arises from successive encounters between a few clones and appropriate microbial derivatives, rather than factors intrinsic to each individual.



▲ **Prolifération des MAIT en condition physiologique, et utilisation potentielle en immunothérapie anti-tumorale.**
MAIT cell proliferation in the physiological setting, and potential use for anti-tumor immune therapy.
© Sophie Caillat-Zucman

NEOMAIT : ontogénie des cellules MAIT chez le nouveau-né et après greffe de cellules souches hématopoïétiques

Development of MAIT cells in the neonate and after hematopoietic stem cell transplantation

Programme ANR / ANR programme : AAPG CES15
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 60 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 561 533 € / €561,533 ;
cofinancement DGOS : 284 054 € / DGOS co-funding : €284,054
Coordinatrice / Coordinator : Sophie Caillat-Zucman · INSERM
sophie.caillat@inserm.fr
Région du projet / Project region : Île-de-France
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :
▶ Ben Youssef C, Tourret M, Salou M, Ghazarian L, Houdouin H, Mondot S, Mburu Y, Lambert M, Azarnoush A, Diana JS, Virlovet AL, Peuchmaur M, Schmitz T, Dalle JH, Lantz O, Biran V and Caillat-Zucman S. Ontogeny of human Mucosal-Associated Invariant T cells and related T cell subsets. *J. Exp. Med.* 2018, 215 (2) : 459-479. doi 10.1084/jem.20171739.
▶ F. Legoux, D. Bellet, C. Daviaud, Y.El Morr, A. Darbois, K. Niort, E. Procopio, M. Salou, J. Gilet, B. Ryffel, A. Balvay, A. Foussier, M. Sarkis, A. El Marjou, F. Schmidt, S. Rabot and O. Lantz. Microbial metabolites control the thymic development of Mucosal Associated Invariant T cells. *Science* 2019 ; 366, 494-499.
Partenaires / Partners :
▶ Institut Curie.
▶ INRA.
▶ APHP, cofinancement DGOS / APHP, DGOS co-funding.



perspectives

En montrant que l'expansion physiologique des MAIT dépend d'antigènes microbiens, les résultats posent les bases d'une utilisation possible des MAIT en immunothérapie adoptive allogénique, en particulier pour la production de MAIT portant un récepteur chimérique (CAR-MAIT) comme traitement des tumeurs (brevet EP18306743.8).

perspectives

By showing that the physiological expansion of MAIT cells depends on microbial antigens, the results prepare the ground for the possible use of MAIT cells in adoptive allogeneic immunotherapy, and particularly the production of MAIT cells carrying a chimeric receptor (CAR-MAIT) as a treatment for tumours (patent EP18306743.8).

GoBN

Hétérostructures de graphène et de nitrure de bore (hBN) pour l'électronique rapide

Plan atomique de la structure graphite, le graphène (Gr) présente des propriétés électroniques singulières mais qui sont très sensibles à l'environnement et peuvent être perturbées, notamment par le substrat nécessairement utilisé pour intégrer le graphène dans un dispositif. Une piste prometteuse, apparue en 2010, consiste à utiliser le nitrure de bore hexagonal (hBN) comme substrat et matériau encapsulant. Ce matériau présente le double avantage d'être lamellaire comme le graphite et d'être un isolant. Toutefois, la limitation au développement d'une technologie d'hétérostructures Gr - hBN tient à la difficulté de synthétiser des films hBN de grande taille et de grande qualité et de les intégrer.

L'objectif du projet GoBN a été de s'attaquer à ce verrou par le développement de moyens de synthèse de cristaux et de films de hBN, par une meilleure connaissance des propriétés structurales et optiques de ce matériau et enfin par la réalisation de démonstrateurs basés sur une technologie Gr-BN pour l'électronique rapide.

GoBN

Graphene and BN-based heterostructures for high-speed electronics

A single atomic plane in the structure of graphite, graphene (Gr) has unusual electronic properties, but these are very sensitive to the environment and easily disturbed, even by the substrate that has to be used to incorporate graphene into devices. A promising avenue that emerged in 2010 involves using hexagonal boron nitride (hBN) as a substrate and encapsulating material. This material has the dual advantage of being lamellar, like graphite, and an insulator. However, the factor limiting the development of Gr-hBN heterostructure technology is the difficulty of synthesising and integrating large, high-quality hBN films.

The goal of the GoBN project has been to address this obstacle by developing ways of synthesising hBN crystals and films through better knowledge of the material's structural and optical properties, ultimately building demonstrators based on Gr-BN technology for high-frequency electronics.

GoBN : Hétérostructures de graphène et de nitrure de bore (hBN) pour l'électronique rapide

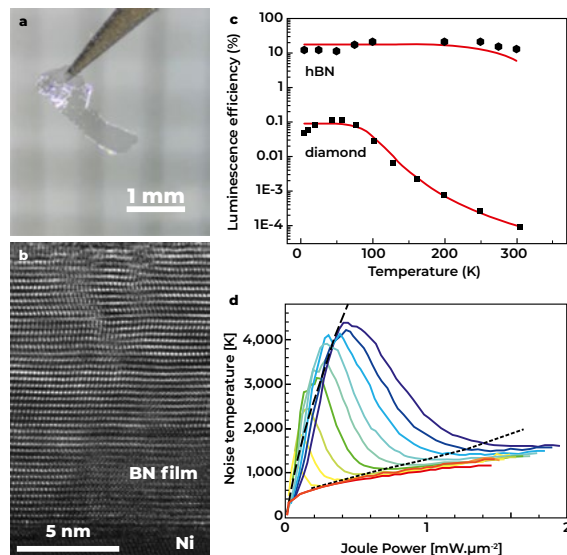
Graphene and BN-based heterostructures for high-speed electronics

Programme ANR / ANR programme :

Appel à projets générique / Generic Call for Proposals
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 42 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 477 725 € / €477,725
Coordinatrice / Coordinator : Annick Loiseau - Laboratoire d'Étude des Microstructures - CNRS-ONERA, U. Paris Saclay - annick.loiseau@onera.fr
Région du projet / Project region : Île-de-France
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :
Bright luminescence from indirect and strongly bound excitons in hBN
L. Schué, L. Sponza, A. Plaud, H. Bensalah, K. Watanabe, T. Taniguchi, F. Ducastelle, A. Loiseau, J. Barjon. Physical Review Letters 122 (2019) 067401

Partenaires / Partners :

► Groupe d'Étude de la Matière Condensée (GEMaC), UVSQ-CNRS, U. Paris Saclay.
► Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) aujourd'hui / now Laboratoire de Physique, (ENS-CNRS).
► Laboratoire des Matériaux Inorganiques (LMI), (UCBL-CNRS).
► Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ), U. Paris Diderot-CNRS, U. de Paris.



▲ a): Monocristal hBN obtenu par céramisation de borazine [Li et al, ACS Appl. Nano Mater, 3, 1508 (2020)]. b) Image en microscopie électronique de l'arrangement atomique en section transverse d'un film de BN synthétisé par CVD sur Ni [C. Backes et al, 2D Mat, 7, 022001 (2020)]. c) Variation en température de l'efficacité de luminescence mesurée par cathodoluminescence d'un cristal de hBN comparée au diamant [Schué et al, Phys. Rev. Lett. (2019)]. d) Relaxation des électrons chauds dans un dispositif GoBN due aux propriétés de phonons du hBN [Baudin et al., Adv. Funct. Mater. (2019), 1904783].

a) Single crystal synthesised by a borazine ceramisation process [Li et al, ACS Appl. Nano Mater, 3, 1508 (2020)]. b) Electron microscope image of the atomic arrangement in a transverse section of a multi-layer BN film synthesised using CVD on a single-crystal Ni substrate [C. Backes et al., 2D Mat, 7, 022001 (2020)]. c) Comparative variation in luminescence efficiency of hBN and diamond crystals measured using cathodoluminescence depending on temperature [Schué et al., Phys. Rev. Lett. (2019)]. d) Hot electron relaxation in a GoBN device due to the phonon properties of hBN [Baudin et al., Adv. Funct. Mater. (2019), 1904783].

© A. Loiseau



perspectives

GoBN a contribué à développer la croissance de films multicouches de BN, une source alternative de cristaux millimétriques hBN, une procédure de caractérisation par cathodoluminescence et à montrer que le BN agit comme un composant actif exaltant les propriétés du graphène. GoBN a permis de créer une plateforme technologique exploitée dans le cadre du projet européen Graphene Flagship.

perspectives

GoBN has helped to develop the growth of multi-layer BN films, an alternative source of millimetre-scale hBN crystals and a characterisation procedure based on cathodoluminescence and to show that BN acts as an active component elevating the properties of graphene. GoBN has led to the creation of a technology platform used by the European Graphene Flagship project.

DREAM

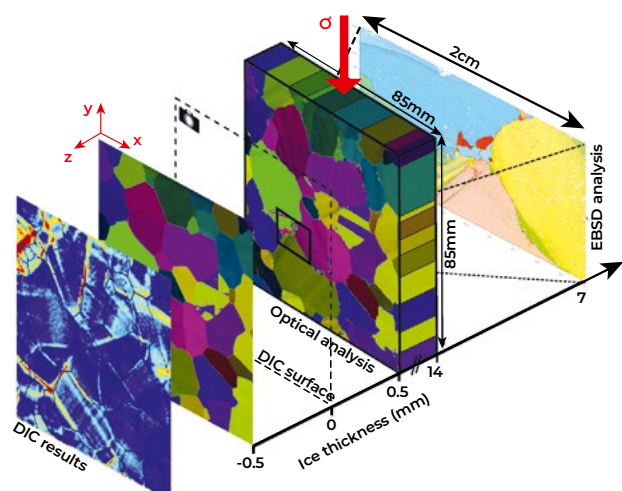
La recristallisation dynamique, un mécanisme essentiel pour la déformation des matériaux métalliques et naturels (glace, roche)

La recristallisation dynamique est un mécanisme essentiel de la déformation à chaud dans les matériaux cristallins, induisant une restructuration aux échelles microscopiques qui modifie le comportement mécanique. Elle influence la mise en forme des métaux, l'écoulement des calottes polaires, la déformation des plaques tectoniques. La diversité d'échelles et de cinétiques des processus physiques impliqués freine encore la mise en place de modèles prédictifs : le projet DREAM a associé des méthodes expérimentales à des outils de modélisation novateurs pour étudier deux matériaux « modèles » : la glace et le magnésium, pour produire une description fine des mécanismes fondamentaux de la recristallisation, l'évaluation des rétroactions entre recristallisation et hétérogénéités de déformation et la conception de modèles avec un niveau de complexité adapté. Ces résultats contraignent la représentation de la recristallisation dynamique dans les modèles à grande échelle.

DREAM

Dynamic recrystallization, a key mechanism for the deformation of metals, rocks, and ice

Dynamic recrystallization is a key mechanism during hot deformation of crystalline materials. It induces a restructuring at small scales (micron), that strongly impacts the mechanical response of materials. It influences metal forming processes, flow of ice sheets and plate tectonics. Although studied for a long time, the diversity of scales and kinetics of the physical processes at play still hinders the development of general dynamic recrystallization models. The DREAM project associated experimental measurements with innovative models to study two model-materials: ice and magnesium. It produced an accurate description of the fundamental mechanisms and the evaluation of the feedback between recrystallization and strain heterogeneities, leading to the development of a modeling approach with a tailored level of complexity. These results will lead to a better representation of the effects of dynamic recrystallization in large-scale modeling.



▲ **Couplage des mesures de champs de déformation et d'évolution des microstructures sur les échantillons de glace.**
Coupling of strain-field measurements and microstructure evolution in ice samples.
© Thomas Chauve IGE

DREAM : recristallisation dynamique dans les matériaux fortement anisotropes

Dynamic REcrystallization in highly Anisotropic Materials

Programme ANR / ANR programme : Blanc 2013
Édition, durée du projet / Édition, project duration : 2013, 48 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 413 911 € / €413,911
Coordinatrice / Coordinator : Maurine Montagnat Rentier
Institut des géosciences de l'environnement
maurine.montagnat@univ-grenoble-alpes.fr
<http://www.ige-grenoble.fr/ANR-DREAM-297>
Région du projet / Project region : Auvergne-Rhône-Alpes
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :
► Chauve T, Montagnat M, Barou F, Hidas K, Tommasi A, Mainprice D. 2017 Investigation of nucleation processes during dynamic recrystallization of ice using cryo-EBSD. Phil. Trans. R. Soc. A 375: 20150345.
► T. Richeton, L.T. Le, T. Chauve, M. Bernacki, S. Berbenni and M. Montagnat. Modelling the transport of geometrically necessary dislocations on slip systems: application to single-and multi-crystals of ice. 2017. Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 25, 025010.

Partenaires / Partners :

- Géosciences Montpellier GM, CNRS – Université Montpellier.
- Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux LEM3, CNRS – Université de Lorraine.
- Centre de Mise En Forme des Matériaux CEMEF, CNRS – Mines ParisTech.



perspectives

DREAM a ouvert la voie vers une approche stochastique pour reproduire les effets de la recristallisation dynamique dans les simulations de déformations à grande échelle, grâce à un regard couplé entre géosciences et la science des matériaux, concrétisé ensuite dans le projet ERC Advanced Grant RhEoVOLUTION (2020-2025).

perspectives

The cross-disciplinary research of DREAM opened the way toward a stochastic approach for simulating the effects of recrystallization mechanisms in large-scale flow models. This perspective will be concretised in the ERC Advanced Grant RhEoVOLUTION (2020-2025).

Nano

Exploration de la biologie des virus multipartites

Il existe trois architectures de génomes viraux. Les virus « monopartites » ont un seul segment génomique dans une particule virale unique. Les virus « segmentés » ont plusieurs segments au sein d'une particule virale unique. Les virus « multipartites » ont plusieurs segments, chacun isolé dans une particule virale distincte. Cette séparation physique de l'information génétique est un mystère. Pourquoi et comment ces virus peuvent-ils infecter sans perdre des segments/gènes ?

Le projet Nano a montré qu'un nanovirus accumule différemment ses segments/gènes, certains étant fréquents et d'autres rares et risquant d'être perdus. Les résultats questionnent le cadre conceptuel de la virologie. Un nanovirus peut contrôler l'expression de ses gènes en changeant leur fréquence dans la population et les plus rares ne sont pas perdus car, même seuls au sein d'une cellule, ils échangent leurs produits d'expression avec les cellules voisines, conférant à ce virus un mode de vie pluricellulaire.

Nano

Exploring the Biology of multipartite viruses

Viral genomes have three architectures. "Monopartite" viruses have a single genome segment within a single viral particle. "Segmented" viruses have several segments within a single viral particle. "Multipartite" viruses have several segments, each isolated in a distinct viral particle. This physical separation of the genetic information is a mystery. Why and how can these viruses infect a host without losing segments/genes? The Nano project showed that a nanovirus accumulates its segments/genes differentially, with some being frequent and others rare, at the risk of being lost. The results challenge the conceptual framework of virology. A nanovirus can control the expression of its genes by changing their frequency in the population, and the rarest are not lost because even alone within a cell they exchange the products of their expression with neighbouring cells, giving the virus a multicellular existence.

Nano

Nanovirus

Programme ANR / ANR programme :

Appel à projets générique / Generic Call for Proposals

Édition, durée du projet / Edition, project duration :

2014, 48 mois / months

Subvention ANR / ANR grant : 397 303 € / €397,303

Coordinateurs / Coordinators :

Stéphane Blanc · INRAE Centre Montpellier · stephane.blanc@inra.fr

Yannis Michalakis · CNRS Délégation de Montpellier

yannis.michalakis@ird.fr

Région du projet / Project region : Occitanie

Publication ou contribution principale / Main publication

or contribution :

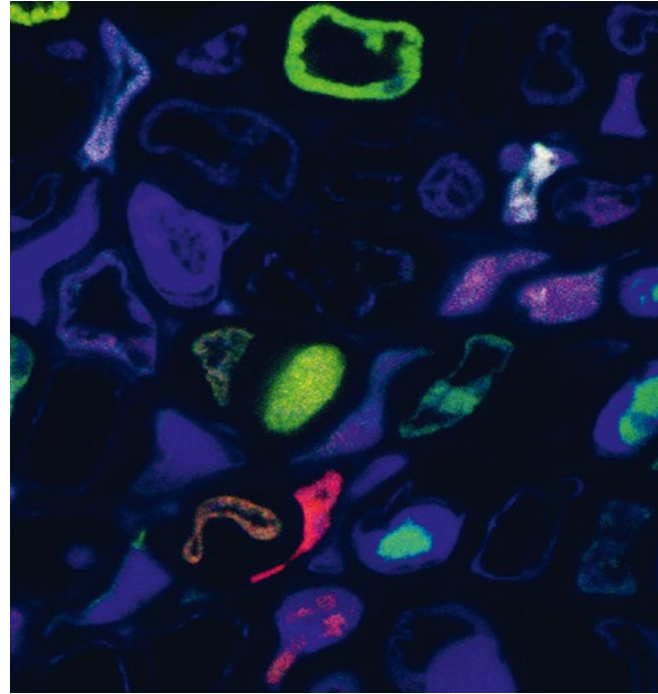
► Sicard A., Michalakis Y., Gutierrez S., Blanc S. 2016. The strange lifestyle of multipartite viruses. *PLoS Pathogens*, 12 (11): e1005819. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005819>.

► Sicard A., Pirolles E., Gallet R., Vernerey M.S., Yvon M., Urbino C., Peterschmitt M., Gutierrez S., Michalakis Y., Blanc S. 2019. A multicellular way of life for a multipartite virus. *eLife*, 8: e43599. <https://doi.org/10.7554/eLife.43599>.

Partenaires / Partners :

► Institut National de la Recherche Agronomique Centre de Montpellier

► CNRS DR LANGUEDOC ROUSSILLON



Différentes couleurs montrent différents segments dans différentes cellules illustrant le mode de vie pluricellulaire de ce virus.

Different colors show different genome segments in different cells illustrating the pluricellular way of life of this virus.

© Marie-Stéphanie Vernerey / Anne Sicard



perspectives

Quid de la transmission inter-hôte ? Les segments pourraient être transmis séparément aux hôtes et « attendre » leurs compléments pour ressusciter l'infection. Le virus ne se résumerait alors pas à un génome mais plutôt à un réseau de gènes interconnectés dans l'espace et le temps.

perspectives

What about transmission between hosts? Segments could be transmitted separately to hosts and "wait" for their counterparts to resume infection. In this case, the virus would not be just a genome, but rather a network of genes interconnected in space and time.

HeliSol

Améliorer la prévision des éruptions solaires par la mesure de l'hélicité magnétique

L'hélicité magnétique est une des rares quantités conservées en magnétohydrodynamique (MHD), le paradigme physique utilisé pour étudier les régions solaires sources d'éruptions et de perturbations magnétiques au niveau de la Terre.

Bien que des résultats préliminaires soulignaient le rôle clef de l'hélicité magnétique dans l'activité solaire, la mesure de l'hélicité restait jusqu'alors limitée du fait de sa complexité inhérente. En s'appuyant sur de nouvelles méthodes de mesure, HeliSol s'est attaché à étudier de manière approfondie la quantité d'hélicité magnétique dans l'atmosphère solaire, aussi bien à partir d'observations qu'à l'aide de simulations numériques MHD 3D de pointe.

Le projet HeliSol a ainsi permis de mettre en avant un critère robuste déterminant l'éruptivité des régions actives solaires, ouvrant la voie à une prédiction déterministe fine des éruptions solaires.

HeliSol

Improving the prediction of solar eruptions by measuring magnetic helicity

Magnetic helicity is one of the few conserved quantities in magnetohydrodynamics (MHD), the physical paradigm used to study the solar regions that cause eruptions and magnetic storms on Earth.

Although preliminary results underlined the key role of magnetic helicity in solar activity, measuring helicity remained limited due to its inherent complexity. By drawing on new measurement methods, HeliSol aimed to study in depth the quantity of magnetic helicity in the solar atmosphere based on both observations and advanced numerical 3D MHD simulations.

The HeliSol project thus highlighted a robust criterion determining the eruptivity of active solar regions, paving the way for detailed, deterministic prediction of solar eruptions.



Vue artistique du champ magnétique hélicoïdal lors d'une éruption solaire observée.
Artistic view of the twisted magnetic field during an observed solar eruption.

© G. Valori, M. Berger & NASA/SDO



perspectives

HeliSol devrait permettre une amélioration de la capacité des centres de prévision en météorologie de l'espace à anticiper les éruptions solaires, passant de méthodes heuristiques à des prévisions déterministes, contribuant ainsi à mieux protéger les technologies humaines sensibles à l'activité solaire.

perspectives

HeliSol should lead to improvements in the capacity of space weather forecasting centres to anticipate solar eruptions, moving from heuristic methods to deterministic forecasts, which will help protect human technologies that are sensitive to solar activity.

HeliSol : l'hélicité magnétique et la prévision des éruptions solaires

Measurement of magnetic helicity in the solar atmosphere

Programme ANR / ANR programme :

Appel à projets générique / Generic Call for Proposals

Édition, durée du projet / Edition, project duration :

2015, 48 mois / months

Subvention ANR / ANR grant : 301 600 € / €301,600

Coordinateur / Coordinator : Etienne Pariat - CNRS - Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique
etienne.pariat@obspm.fr · <https://sites.lesia.obspm.fr/helisol/>

Région du projet / Project region : Île-de-France

Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

► "Relative magnetic helicity as a diagnostic of solar eruptivity"; Pariat, E.; Leake, J. E.; Valori, G.; Linton, M. G.; Zuccarello, F. P.; Dalmasse, K.; *Astronomy & Astrophysics*, Volume 601, id.A125, 16 pp., 2017.
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201630043>

► Communiqué de presse CNRS du 17 Mai 2017 :

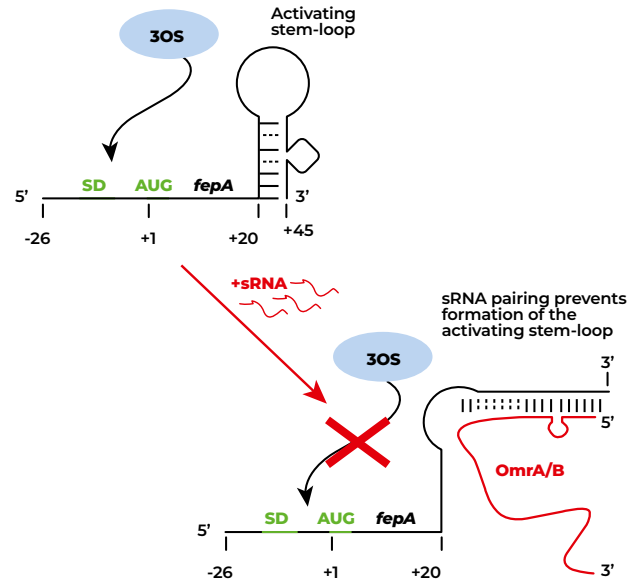
version française : <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqué/5037.htm>

version anglaise : <http://www2.cnrs.fr/en/2923.htm>

UnifyRNA

Rôle et mode d'action des petits ARN bactériens dans les réseaux de régulation

Les petits ARN régulateurs (ou sRNAs) jouent un rôle clé dans l'adaptation rapide des bactéries à leur environnement. Ils contrôlent, le plus souvent au niveau post-transcriptionnel, l'expression de nombreux gènes-cibles. Au cours du projet UnifyRNA, l'étude mécanistique détaillée d'ARN régulateurs a permis de démontrer l'existence de structures secondaires situées dans la région codante de certains ARNm (messagers) et pouvant activer le démarrage de la traduction. De telles structures existent dans différents ARNm et semblent conservées chez un grand nombre de bactéries. Il a également été trouvé que plusieurs sRNAs ciblent des ARNm codant eux-mêmes des régulateurs, transcriptionnels cette fois-ci, et appartenant à des systèmes à deux composants qui, comme les sRNAs, sont très répandus chez les bactéries et importants pour leur réponse à l'environnement. L'étude d'un de ces circuits de régulation a abouti à une observation inattendue : la régulation de différentes cibles par la forme phosphorylée ou non-phosphorylée d'un de ces régulateurs de système à deux composants.



UnifyRNA

Role and mode of action of bacterial small RNAs in regulatory networks

Small regulatory RNAs (or sRNAs) play a key role in the ability of bacteria to adapt rapidly to their environment. They control the expression of many target genes, usually at post-transcriptional level. During the UnifyRNA project, a detailed mechanistic study of regulatory RNA demonstrated the existence of secondary structures in the coding region of certain mRNAs (messenger RNAs) that can activate translation initiation. These structures exist in different mRNAs and seem to be conserved in a large number of bacteria. The project also found that several sRNAs target mRNAs that themselves encode regulators, transcriptional this time, belonging to two-component systems, which, like sRNAs, are widespread among bacteria and important for their response to the environment. Studying one of these regulatory circuits led to an unexpected observation: different targets are regulated by the phosphorylated or non-phosphorylated forms of one of these two-component system regulators.



Des structures secondaires dans la région codante de certains ARNm activent la traduction et sont ciblées par des ARN régulateurs (Jagodnik et al., 2017).
Secondary structures located within the coding region of mRNAs activate translation and can be targeted by small regulatory RNAs (Jagodnik et al., 2017)

© Jonathan Jagodnik



perspectives

Les résultats suggèrent qu'il existe de nombreuses autres connexions entre sRNAs et systèmes à deux composants, ainsi que de nombreux autres gènes dont la traduction est activée par des structures secondaires en aval du codon de démarrage. Ces études pourront être poursuivies chez une bactérie modèle comme *Escherichia coli* mais aussi chez d'autres bactéries, notamment des espèces pathogènes.

perspectives

*The results suggest that there are many other connections between sRNAs and two-component systems, together with many other genes whose translation is activated by secondary structures after the start codon. These studies could be continued in a model bacterium such as *Escherichia coli*, but also in other bacteria, including pathogenic species.*

UnifyRNA : propriétés uniques des petits ARNs régulateurs bactériens dans les réseaux transcriptionnels et le contrôle traductionnel

Unique features of bacterial small regulatory RNAs in transcriptional networks and translational control

Programme ANR / ANR programme : Appel à projets générique, programme JCJC / *Generic Call for Proposals, Young Researchers programme*
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 48 mois / *months*
Subvention ANR / ANR grant : 260 000 € / *€260,000*

Coordinatrice / Coordinator : Maude Guillier · Expression Génétique Microbienne (EGM) · CNRS · Université Paris Diderot · Institut de Biologie Physico-Chimique (IBPC) · maude.guillier@ibpc.fr

Région du projet / Project region : Île-de-France

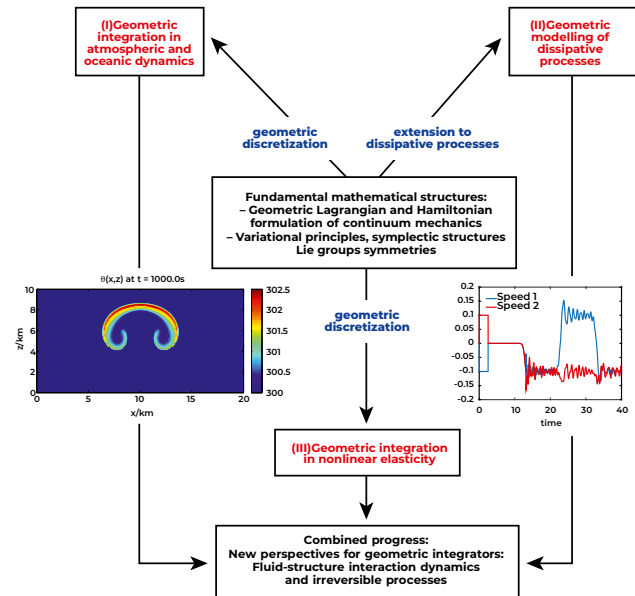
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

- ▶ Brosse A., Korobeinikova A., Gottesman S. and Guillier M., 2016, *Unexpected properties of sRNA promoters allow feedback control via regulation of a two-component system*, Nucl. Acids Res., 44(20): 9650-9666.
- ▶ Jagodnik J., Chiaruttini C. and Guillier M., 2017, *Stem-loop structures within mRNA coding sequences activate translation initiation and mediate control by small regulatory RNA*, Molecular Cell, 68(1): 158-170.

GEOMFLUID

Développement d'intégrateurs numériques pour la dynamique des fluides et l'élasticité non-linéaire

Ce projet a permis d'initier la construction systématique, l'implémentation et la validation de schémas numériques géométriques pour les équations de la dynamique atmosphérique et océanique ainsi que pour des problèmes de collision et de friction en mécanique des milieux continus. Dans ces deux domaines, le respect des propriétés géométriques des équations au niveau numérique est crucial et se reflète directement dans la préservation des lois de conservation et du comportement global du système dynamique. Ces intégrateurs sont basés sur la formulation variationnelle des équations sur les groupes de Lie ainsi que sur des outils issus de la géométrie symplectique et multisymplectique. Une avancée majeure du projet est la création et l'évaluation d'un ensemble de méthodes de discrétisation géométriques qui préservent les lois de conservation principales de la dynamique sur des maillages non structurés pour les fluides géophysiques. Une avancée similaire a été obtenue pour une classe de modèles d'élasticité non-linéaire, incluant le traitement de collisions et de perte de régularité.



GEOMFLUID

Development of numerical integrators for fluid dynamics and nonlinear elasticity

This project initiated the systematic construction, implementation and validation of geometric numerical schemes for the equations of atmospheric and ocean dynamics and for collision and friction problems in continuum mechanics. In both these fields, respecting the geometric properties of the equations in numerical terms is crucial, and this is reflected directly in the preservation of conservation laws and the overall behaviour of the dynamical system. These integrators are based on the variational formulation of equations on Lie groups together with tools from symplectic and multisymplectic geometry. A major advance achieved by the project is the creation and evaluation of a set of geometric discretisation methods that preserve the main conservation laws of dynamics on unstructured meshes for geophysical fluids. Similar progress has been made for a class of non-linear elasticity models, including the treatment of collisions and loss of regularity.

▲
Représentation schématique des tâches, structures mathématiques sous-jacentes et perspectives.
Schematic representation of the project tasks, underlying mathematical structures and perspectives.

© 1. Bauer and Gay-Balmaz [2019]
2. Demoures, Gay-Balmaz, Desbrun, Ratiu, Aragon [2017]



perspectives

Les résultats de GEOMFLUID représentent une contribution majeure pour la construction de la nouvelle génération de modèles de circulation générale destinés à la prédiction météorologique et climatique. En parallèle, le projet a ouvert une nouvelle perspective de recherche pour la modélisation et la simulation numérique des processus irréversibles à l'aide de structures géométriques et variationnelles abstraites.

perspectives

The results of GEOMFLUID will contribute significantly to constructing the next generation of general circulation models used for weather and climate predictions. In parallel, the project has opened new research prospects for the modelling and numerical simulation of irreversible processes using abstract geometric variational structures.

GEOMFLUID : intégrateurs numériques géométriques en dynamique des fluides et élasticité

Geometric numerical integrators in fluid dynamics and elasticity

Programme ANR / ANR programme : Appel à projets générique
Generic Call for Proposals

Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 48 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 285 512 € / €285,512

Coordinateur / Coordinator : François Gay-Balmaz · Centre National de la recherche scientifique · gaybalma@lmd.ens.fr
<http://www.lmd.ens.fr/gay-balmaz/Home.html>

Région du projet / Project region : Île-de-France

Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

► Bauer and Gay-Balmaz [2019], Towards a geometric variational discretization of compressible fluids: the rotating shallow water equations, *J. Comp. Dyn.*, 16(1), 1–37.

► Demoures, Gay-Balmaz, Desbrun, Ratiu, Aragon [2017], A multisymplectic integrator for elastodynamic frictionless impact problems, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 315, 1025–1052.

CrySaLID

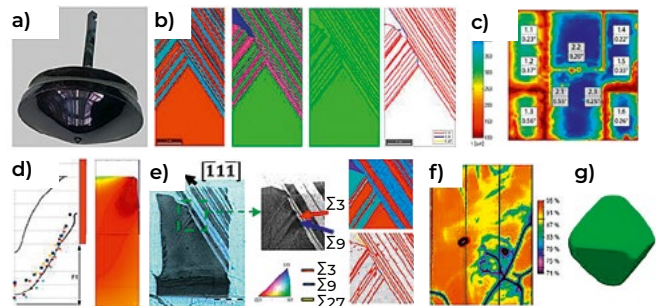
Mieux comprendre la cristallisation du silicium (Si) et sa corrélation avec les propriétés photovoltaïques

Bien que le Si cristallin reste majoritaire à plus de 90% dans les cellules solaires PV, des progrès significatifs en termes d'amélioration des performances et de réduction des coûts sont indispensables. En particulier, les mécanismes fondamentaux de la cristallisation du Si ne sont qu'imparfaitement compris, ce qui limite l'amélioration des procédés et retarde le développement de procédés innovants. Dans ce contexte, le consortium CrySaLID a réalisé des travaux originaux voire uniques de recherche fondamentale, en lien avec les questionnements industriels, afin d'approfondir la connaissance de la cristallisation du Si et de développer des outils numériques prédictifs. La formation de la structure cristalline a été étudiée expérimentalement à différentes échelles, notamment avec une expérience unique d'imagerie X *in situ* pendant la solidification à haute température. Conjointement, des modèles de simulation 3D de formation des cristaux ont été développés et validés expérimentalement.

CrySaLID

Deeper understanding of Silicon (Si) crystallization in correlation and its correlation with photovoltaic properties

Although crystalline Si remains predominant at more than 90% in PV solar cells, significant progress in terms of performance improvement and cost reduction is essential. In particular, the fundamental mechanisms of the Si crystallization are only imperfectly understood, which limits process improvement and delays the development of innovative processes. Within this context, the CrySaLID consortium has successfully carried out original or even unique fundamental research work, in connection with industrial questioning in order to deepen knowledge of Si crystallization and to develop predictive simulation tools. The formation of the crystal structure has been studied experimentally at different scales, in particular with a unique experiment with *in situ* X-ray imaging during solidification at high temperature. At the same time, 3D simulation models of crystal formation have been developed and validated experimentally.



Travaux du projet CrySaLID : lingots, simulations, propriétés et imagerie X.
Results of the CrySaLID project: ingot, simulations, properties and X imaging.

© (a) SIMAP (b) CEMEF (c) NTNU & SINTEF (d) EMIX (e) IM2NP (f) KAU (g) IM2NP

CrySaLID : Cristallisation du Silicium à partir de germes, effet des Impuretés Légères et des Défauts

Crystallization of seeded Silicon, impact of Light Impurities and Defects

Programme ANR / ANR programme :

Appel à projets générique / Generic Call for Proposals
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 42 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 739 406 € / €739,406

Coordinatrice / Coordinator : Nathalie Mangelinck-Noël
IM2NP - Institut Matériaux Microélectronique et Nanosciences de Provence – UMR CNRS 7334 • nathalie.mangelinck@im2np.fr
<https://www.im2np.fr/fr/nathalie-mangelinck-noel>

Région du projet / Project region : PACA

Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

N. Mangelinck-Noël, Etienne Pihan, Le renouveau du silicium dope les panneaux solaires, Article La Recherche N° 539, Septembre 2018.

Partenaires / Partners :

- ▶ EMIX entreprise, France / EMIX, France.
- ▶ ARMINES-CEMEF (Centre de Mise en Forme des Matériaux), France.
- ▶ SIMAP (Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés) CNRS UMR 5266, France.
- ▶ SINTEF Fondation de recherche privée, Norvège / SINTEF independent research organisation, Norway.
- ▶ NTNU (Norwegian University of Science and Technology), Norvège / Norway.
- ▶ KAU (Karlstad University), Suède / Sweden.



perspectives

L'originalité des résultats a donné lieu à de nouveaux projets internationaux et industriels, à des conférences et à des publications au-delà de la fin du projet. De plus, CrySaLID a contribué à la formation de jeunes chercheur-e-s et à l'organisation de plusieurs actions de vulgarisation.

perspectives

The originality of the results allowed the initiation of new international and industrial projects, conferences and publications beyond the end of the project. Moreover, CrySaLID contributed to the training of young researchers and to the organisation of several popularization actions.

ALTESSE

Spectroscopie térahertz d'explosifs par des plasmas d'air

L'identification de matériaux énergétiques est un enjeu majeur de recherche duale, civile et militaire, pour la sécurité des populations. Un des principaux objectifs recherchés consiste à mesurer des signatures spectrales d'explosifs à des distances éloignées.

Les ondes térahertz (THz) offrent une grande sélectivité sur les transitions rotationnelles et vibrationnelles de molécules complexes. Le projet ALTESSE a apporté la preuve que l'identification de nombreuses macromolécules, aussi bien des explosifs que des acides aminés ou des sucres, était possible dans ce domaine spectral à partir d'un plasma d'air formé par des impulsions laser femtosecondes à deux couleurs.

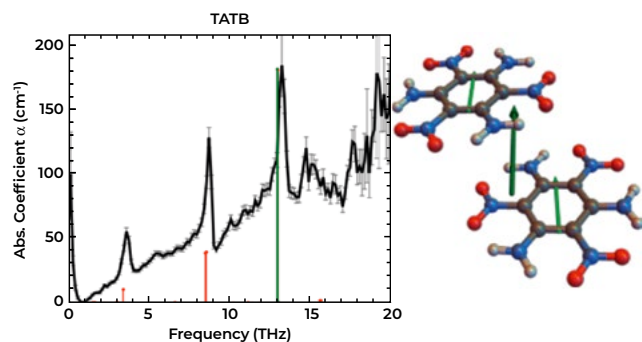
ALTESSE a donné lieu à des percées scientifiques majeures, comme une spectroscopie d'explosifs effectuée à 15 mètres de la source laser, la collecte de nombreuses raies d'absorption du térahertz jusqu'à l'infrarouge moyen, ainsi qu'une augmentation importante du rayonnement émis aux grandes longueurs laser.

ALTESSE

Terahertz spectroscopy of explosives from air plasmas

Identifying energetic materials is a major challenge for dual civilian and military research in order to keep populations safe. One of the primary goals in this context is to measure the spectral signatures of explosives at remote distances. Terahertz (THz) waves offer a high level of selectiveness in the rotational and vibrational transitions of complex molecules. The ALTESSE project has proved that many macromolecules, either explosives, amino acids or sugars, can be identified in this spectral domain using an air plasma formed by two-color femtosecond laser pulses.

ALTESSE has led to major scientific breakthroughs, including spectroscopy of explosives 15 metres away from the laser source, the acquisition of multiple absorption lines from the terahertz to the mid-infrared range, and an important increase in the radiation emitted at high laser wavelengths.



▲
Spectre d'absorption mesuré à partir d'un rayonnement THz créé par plasma d'air (courbes noires) et modes de phonons simulés (code ab-initio, barres rouges) pour un échantillon de TATB. À droite, structure moléculaire du TATB avec ses excitations dipolaires.

Terahertz absorption spectrum measured from air-plasma THz radiation (black curves) and simulated phonon modes (ab-initio code, red bars) for a TATB sample. On the right, characteristic molecular structure of TATB with dipole excitations.

© EuroPhysicsLetters

ALTESSE : Spectroscopie Térahertz Atmosphérique d'Explosifs par Lasers

Air Laser-based Terahertz Spectroscopy of Explosives

Programme ANR / ANR programme : ASTRID (puis Maturation à partir de 2019 / and then Maturation from 2019) · Financé intégralement par la Direction générale de l'Armement / Fully funded by the Direction générale de l'Armement
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2015, 36 mois / months

Subvention ANR / ANR grant : 299 142 € / €299,142

Coordinateur / Coordinator : Luc Bergé · Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives · luc.berge@cea.fr

Régions du projet / Project regions :

Île-de-France · Nouvelle-Aquitaine · Grand Est

Publication ou contribution principale / Main publication

or contribution :

▶ L. Bergé, K. Kaltenecker, S. Engelbrecht, A. Nguyen, S. Skupin, L. Merlat, B. Fischer, B. Zhou, I. Thiele and P. U. Jepsen, "Terahertz spectroscopy from air plasmas created by two-color femtosecond laser pulses: The ALTESSE project", EuroPhys. Lett. 126, 24001 (2019).

▶ A. Nguyen, K. J. Kaltenecker, J.-C. Delagnes, B. Zhou, E. Cormier, N. Fedorov, R. Bouillaud, D. Descamps, I. Thiele, S. Skupin, P. U. Jepsen, and L. Bergé, "Wavelength scaling of terahertz pulse energies delivered by two-color air plasmas", Opt. Lett. 44, 1488 (2019).

Partenaires / Partners :

▶ CEA – Direction Ile-de-France.

▶ Centre des Lasers Intenses et Applications (CELIA).

▶ Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis (ISL).

▶ Danish Technical University (DTU) – Lyngby – Danemark / Denmark.



perspectives

La suite du projet exploitera le régime de filamentation à partir d'une source laser fibrée de puissance et des simulations *ab-initio* permettront une attribution plus précise des raies d'absorption moléculaires. ALTESSE devrait ouvrir la voie à la réalisation d'un démonstrateur identifiant des explosifs à distance et à la manipulation de molécules par du rayonnement térahertz.

perspectives

The next phase of the project will exploit the filamentation regime using a power fibre laser source and *ab-initio* simulations will allow a more precise allocation of molecular absorption lines. ALTESSE should pave the way for the creation of a demonstrator for the remote identification of explosives and the manipulation of molecules using terahertz radiation.

OncoTrial

Développement de modèles cellulaires, tissulaires et animaux en cancérologie

Après plus de 15 ans de collaboration, les équipes de l'Unité mixte de service BIOSIT et la société BIOTRIAL ont créé le Laboratoire Commun de recherche oncologique préclinique OncoTrial, portant sur la compréhension et le développement de modèles en cancérologie. Les premiers cancers retenus (gliomes, poumon, sein, rein, foie, peau et sang) sont ceux pour lesquels Rennes possède une expertise clinique, biologique et de recherche et dispose de collections d'échantillons biologiques humains et canins (CaniDNA). La croissance de plus d'une cinquantaine de lignées tumorales (humaine/souris) a été caractérisée chez la souris et le suivi par luminescence de la progression de ces tumeurs est aujourd'hui possible. En outre, un modèle dédié de cancer du foie spontané a été établi. Ces modèles permettent d'évaluer l'efficacité de nouvelles thérapies. La caractérisation de mutations récurrentes entre tumeurs chez l'homme et chez le chien et le développement de cultures primaires offrent également un modèle de criblage pour les thérapies ciblant des mutations. Les retombées économiques pour BIOTRIAL sont apparues dès la 2^e année. Elles concernent les modèles *in vitro* et *in vivo* de glioblastomes ainsi qu'un modèle *in vivo* bioluminescent de cancer du poumon.

OncoTrial

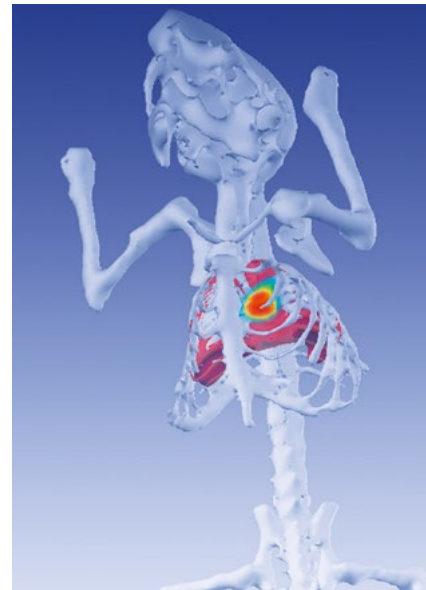
Development of cellular, tissular and animal models in oncology

After over 15 years of collaboration, the teams from the BIOSIT joint service unit (UMS) and the BIOTRIAL company have founded the OncoTrial joint laboratory (LabCom) for preclinical oncology research to understand and develop cancer models. The first cancers chosen (glioma, lung, breast, kidney, liver, skin and blood) are the ones for which Rennes has clinical, biological and research expertise and a collection of human and canine (CaniDNA) biological samples. The growth of over 50 tumour cell lines (human/mouse) has been characterised in mice and the progress of these tumours can now be monitored using luminescence. A dedicated model of spontaneous liver cancer has also been established. These models allow the effectiveness of new therapies to be evaluated. The characterisation of recurring mutations between tumours in humans and dogs and the development of primary cultures also offer a screening model for therapies targeting mutations. The economic benefits for BIOTRIAL emerged in the second year. They involve the *in vitro* and *in vivo* models of glioblastomas and an *in vivo* bioluminescence model of lung cancer.

OncoTrial : développement de modèles cellulaires, tissulaires et animaux en cancérologie

Development of cellular, tissular and animal models in oncology

Programme ANR / ANR programme : LabCom
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 54 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 400 000€ / €400,000
Coordinateur / Coordinator : Thierry Guillaudoux
 UMS BIOSIT 3480CNRS/018 INSERM · Thierry.Guillaudoux@univ-rennes1.fr
<https://biosit.univ-rennes1.fr/laboratoire-commun-oncotrial>
Région du projet / Project region : Bretagne
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :
 ▶ Fouqué et al. 2016.
 ▶ Ulvé et al. 2017.
Partenaires / Partners :
 ▶ UMR INSERM et CNRS du site rennais associé / and CNRS UMR at the Rennes site.
 ▶ Société BIOTRIAL / The BIOTRIAL company.



▲ **Représentation 3D d'une tumeur pulmonaire luminescente obtenue après injection caudale de la lignée tumorale.**
 3D imaging of a luminescent lung tumor obtained after the cell line injection into the mouse's tail.

© Dr Ulrich Jarry UMS Biosit



perspectives

Le partenariat privé-public issu de ce laboratoire commun a permis de développer divers modèles et approches bénéfiques pour la recherche oncologique rennaise. BIOTRIAL signe ses premiers contrats industriels dès la 2^e année de fonctionnement et enregistre un chiffre d'affaires en constante progression. Les nouveaux développements et contrats ont généré des activités de R&D sur les plateformes de l'UMS BIOSIT. Cette collaboration fructueuse se poursuit.

perspectives

The public-private partnership arising from this joint laboratory has led to the development of several beneficial models and approaches for cancer research in Rennes. BIOTRIAL signed its first industrial contracts in the second year of operation, with revenues rising steadily. The new developments and contracts have generated R&D activity at the BIOSIT UMS platforms. The fruitful collaboration is continuing.

HOMERIC

Matériaux organiques assemblés hiérarchiquement pour l'électronique

HOMERIC avait pour objectif de favoriser l'utilisation de matériaux à base de carbone dans l'industrie de l'électronique. L'auto-assemblage a été utilisé afin de fournir des produits aux fonctionnalités multiples et amplifiées. Ce concept a été appliqué à quatre défis inhérents à l'électronique organique :

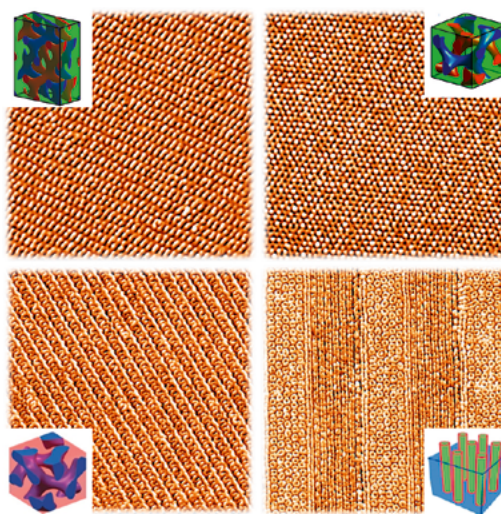
- ▶ matériaux et méthodologies de traitement pour des applications lithographiques en-dessous de 22 nm tirant parti de l'auto-assemblage dirigé de copolymères à blocs ;
- ▶ développement d'encre imprimables conductrices organiques pour des électrodes transparentes, constituant une alternative à l'oxyde d'indium-étain (ITO) ;
- ▶ formulation d'encre électrophorétique couleur utilisées dans des afficheurs électroniques réfléchissants ;
- ▶ développement de matériaux organiques multifonctionnels combinant les avantages de polymères semiconducteurs et ferroélectriques afin de produire des dispositifs électroniques innovants pour des capteurs, des actionneurs et des problématiques liées à l'énergie.

HOMERIC

Hierarchical Assembled Organic Materials for Electronics

The goal of HOMERIC was to encourage the use of carbon-based materials in the electronics industry. Self-assembly was used to supply products with multiple, amplified functions. The concept was applied to four challenges inherent in organic electronics:

- ▶ *materials and treatment methodologies for lithographic applications below 22 nm, drawing on the directed self-assembly of block copolymers;*
- ▶ *developing conductive organic printable inks for transparent electrodes as an alternative to indium tin oxide (ITO);*
- ▶ *formulating electrophoretic colour inks used in reflective electronic displays;*
- ▶ *developing multifunction organic materials combining the advantages of semiconducting and ferroelectric polymers to produce innovative electronic devices for sensors, actuators and energy-related problems.*



▲
Symétries de motifs complexes à partir de terpolymères.
Complex pattern symmetries from terpolymers.
© LCPO

HOMERIC : assemblages hiérarchiques de matériaux organiques pour l'électronique

Hierarchical assembled Organic Materials for ElectRONICs

Programme ANR / ANR programme : CHIN
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2013, 60 mois / months

Subvention ANR / ANR grant : 1 240 000 € / €1,240,000

Coordinateur / Coordinator : Georges Hadziioannou
Université de Bordeaux (LCPO)
hadzii@enscbp.fr · www.hadziiteam.com

Région du projet / Project region : Nouvelle-Aquitaine
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

▶ Sub-10nm features obtained from directed self-assembly of semicrystalline polycarbosilane-based block copolymer thin films. K. AISSOU, M. MUMTAZ, G. FLEURY, G. PORTALE, C. NAVARRO, E. CLOUTET, C. BROCHON, C. ROSS, G. HADZIOANNOU *Adv. Mater.* 2(52), 261-265 (2015).

▶ Templated Sub-100-nm-Thick Double-Gyroid Structure from Si-Containing Block Copolymer Thin Films. K. AISSOU, M. MUMTAZ, G. PORTALE, C. BROCHON, E. CLOUTET, G. FLEURY, G. HADZIOANNOU. *Small*, Wiley-VCH Verlag, 2017, pp.1603777. DOI: 10.1002/smll.201603777.

Partenaire / Partner : ARKEMA.



perspectives

HOMERIC a permis de créer un véritable écosystème pour l'électronique organique au niveau local, national et international.

Le projet a donné naissance à un nouveau consortium académique/industriel réunissant start-ups, PME et grands groupes afin d'aller encore plus loin.

perspectives

HOMERIC led to the creation of a whole ecosystem for organic electronics at local, national and international level. The project gave rise to a new academic-industrial consortium including start-ups, SMEs and large corporations with the aim of taking the work even further.

AP2

Autour du plan 2D : améliorer la visualisation et la manipulation de l'information numérique

Le projet AP2 avait pour objectif d'explorer les méthodes de visualisation et de manipulation de l'information numérique liée à un plan. Ce dernier est une représentation à deux dimensions qui représente pour de nombreux métiers un référentiel commun sur lequel viennent s'agréger des informations souvent plus spécifiques. Dans la majorité des cas d'usage, ces informations sont devenues numériques et parfois même 3D. Cette transformation a comme conséquence l'émergence de nombreuses relations à étudier, en particulier celles qui lient le plan 2D et la donnée 3D. À cela s'ajoute la prise en compte d'utilisateurs aux profils hétérogènes. AP2 aborde ces problématiques en considérant le besoin d'une interaction fluide avec un environnement collaboratif comprenant de plus en plus de données numériques et de dispositifs connectés. Le projet étudie cette thématique dans deux cas d'usage : la revue de projet architectural et la consultation publique de données 2D et 3D associées à un territoire.

AP2

Around the 2D plan: improving the visualisation and manipulation of digital information

The AP2 project aimed to explore ways of visualising and manipulating digital information related to a plan. Plans are two-dimensional representations that constitute a shared knowledge base in many industries, often with more specific information aggregated upon them. In most use cases, this information is now digital, and sometimes even three-dimensional. One result of this transformation is the emergence of a number of relationships to be studied, including the relationships between 2D plans and 3D data. Another issue is the need to cater for users from varied backgrounds. AP2 addresses these problems by considering the need for smooth interaction with a collaborative environment that incorporates more and more digital data and connected devices. The project studies this theme from the viewpoint of two use cases: the review of architectural projects and the public consultation of 2D and 3D data relating to a territory.

AP2 : Autour du plan 2D

Around the 2D plan

Programme ANR / ANR programme :

Appel à projets générique / *Generic Call for Proposals*
Édition, durée du projet / *Edition, project duration* : 2015, 36 mois / *months*
Subvention ANR / *ANR grant* : 550 973 € / *€550,973*

Coordinateur / *Coordinator* : Julien Castet · Immersion
Julien.castet@immersion.fr · <http://ap2.immersion.fr/>

Région du projet / *Project region* : Nouvelle-Aquitaine

Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

► Carole Plasson, Dominique Cunin, Yann Laurillau, and Laurence Nigay. 2019. Tabletop AR with HMD and Tablet: A Comparative Study for 3D Selection. In Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces (ISS '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 409–414. DOI: <https://doi.org/10.1145/3343055.3360760>.

► Cédric Kervegant, Félix Raymond, Delphine Graeff, and Julien Castet. 2017. Touch hologram in mid-air. In ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies (SIGGRAPH '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 23, 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1145/3084822.3084824>.

► Houssein Saïdi, Marcos Serrano, Pourang Irani, and Emmanuel Dubois. 2017. TDome: A Touch-Enabled 6DOF Interactive Device for Multi-Display Environments. In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 5892–5904. DOI: <https://doi.org/10.1145/3025453.3025661>.

Partenaires / Partners :

► Laboratoire d'Informatique de Grenoble, LIG, UMR 5217, CNRS, Grenoble INP, Inria Grenoble Rhône-Alpes, Université Grenoble Alpes.
► Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, IRIT, UMR 5505, CNRS, INPT, Universités toulousaines.



Immersion participe à SIGGRAPH 2017 pour « Touch Hologram in Mid-Air », une innovation qui enrichit l'expérience de réalité mixte.

Immersion was at SIGGRAPH 2017 for "Touch Hologram in Mid-Air", an innovation enriching Mixed Reality experiences.

© Immersion



perspectives

AP2 s'inscrit dans un monde en pleine transformation où les dispositifs se multiplient, la donnée est omniprésente et nos modes de vie sont toujours plus connectés. Le projet ambitionne d'explorer l'interconnexion de ce monde par le prisme de l'interaction afin de s'assurer que cette transformation soit une réussite.

perspectives

AP2 speaks to a fast-changing world where systems are multiplying, data is omnipresent and our lifestyles are increasingly connected. The project aims to explore the interconnection of this new world through the prism of interaction to help ensure the transformation is successful.

Green Edge

Océan Arctique : quels impacts des fluctuations climatiques sur la productivité biologique

Les effets du changement climatique sont particulièrement évidents dans l'Arctique avec des conséquences inconnues sur les écosystèmes marins et les sociétés qui en dépendent. Pour comprendre la dynamique de la floraison printanière du phytoplancton arctique et déterminer son rôle dans l'Arctique de demain, notamment sur les flux de carbone, la biodiversité et les populations humaines, une floraison printanière a été suivie en 2015 et 2016 dans la baie de Baffin. À partir d'un brise-glace de recherche et de la banquise, ont été décrits la distribution des propriétés océaniques, les processus biogéochimiques ainsi que la biodiversité et les successions d'espèces à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. Des données satellites ont été utilisées afin d'étendre les observations de terrain à toute la baie de Baffin et à l'échelle pan-Arctique. Un modèle couplé physique-biologique est en cours d'optimisation pour simuler la production du phytoplancton, et prédire les changements dans les communautés de plancton et la dynamique du réseau trophique. Des carottes de sédiments ont été récoltées afin de réaliser des suivis paléocéanographiques. Enfin, des échanges avec les communautés inuites enrichissent la compréhension de l'évolution de la productivité marine.

Green Edge

Arctic Ocean: the impact of climate fluctuations on biological productivity

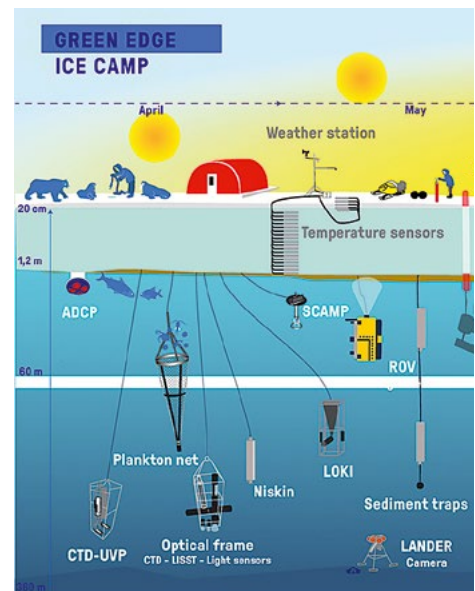
The effects of climate change are particularly clear in the Arctic, with unknown consequences for marine ecosystems and the societies that depend on them. To understand the dynamic of the phytoplankton spring bloom in the region and determine its role in the Arctic of the future, including its impact on carbon flows, biodiversity and human populations, the spring bloom was monitored in Baffin Bay in 2015 and 2016. Working from a research icebreaker and the sea ice, the project described the distribution of oceanic properties, biogeochemical processes, biodiversity and the succession of species at all levels of the food chain. Satellite data was used to extend the observations on the ground to all of Baffin Bay and the pan-Arctic scale. A coupled physical-biological model is being optimised to simulate phytoplankton production and predict changes in plankton communities and the dynamics of the food web. Sediment core samples were taken to enable paleoceanographic monitoring. Finally, discussions with Inuit communities are enriching our understanding of marine productivity evolution.

Green Edge

Programme ANR / ANR programme :

Appel à projets générique / Generic Call for Proposals
 Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 48 mois / months
 Subvention ANR / ANR grant : 800 000 € / €800,000
 Coordinateur / Coordinator : Marcel Babin · Unité Mixte Internationale Takuvik (UMI 3376), Université Laval & CNRS · marcel.babin@takuvik.ulaval.ca
<http://www.greenedgeproject.info/> · <http://greenedge-expeditions.com/>
 Région du projet / Project region : Océan Arctique / Arctic Ocean
 Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :
 Oziel, L., Massicotte, P., Randelhoff, A., Ferland, J., Vladoiu, A., Lacour, L., Galindo, V., Lambert-Girard, S., Dumont, D., Cuyper, Y., Bouruet-Aubertot, P., Mundy, C.-J., Ehn, J., Bécu, G., Marec, C., Forget, M.-H., Garcia, N., Coupel, P., Raimbault, P., Houssais, M.-N. and Babin, M., 2019. Environmental factors influencing the seasonal dynamics of spring algal blooms in and beneath sea ice in western Baffin Bay. *Elem Sci Anth*, 7(1), p.34. DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.372>

Partenaires / Partners : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) · Station Biologique de Roscoff (SBR) · Laboratoire d'Océanographie et du Climat Expérimentation et approche numérique (LOCEAN) · Laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR) · Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) · Laboratoire d'océanographie microbienne (LOMIC) · Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) · Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs) · Université du Québec à Rimouski et/and Institut des sciences de la Mer (UQAR/ISMER) · University of Manitoba · Centre de recherche en géochimie et géodynamique (GEOTOP).



▲ Infographie illustrant les opérations de terrain menées dans le cadre du projet GreenEdge (au camp de glace). Image illustrating GreenEdge field Operations (at the ice camp).
 © Julie Sansoulet et al., Takuvik



perspectives

Green Edge a fait progresser la compréhension du bloom printanier de micro-algues dans l'océan Arctique. Il a aussi mis en évidence les limites des méthodes classiques, qui ne pourront être dépassées qu'avec des outils moléculaires avancés, et l'importance probable de la nuit polaire dans le fonctionnement de l'écosystème.

perspectives

Green Edge has advanced our understanding of spring microalgal bloom in the Arctic Ocean. It has also highlighted the limits of conventional methods, which can only be overcome with advanced molecular tools, and the probable importance of the polar night in the functioning of the ecosystem.

MEROD

La représentation mentale des odeurs : de la stimulation physique au traitement perceptif MEntal

C'est un enjeu important de la psychologie cognitive : comprendre comment le cerveau humain représente les objets olfactifs. Si la représentation d'objets visuels est bien comprise, pour l'odorat, beaucoup reste à faire. MEROD a montré que la représentation mentale de l'odeur est inséparable d'une grande variation entre les personnes. Elle est aussi multi-distribuée, entre des aires sensorielles primaires pour les attributs chimiques de l'odorant et des aires secondaires pour les attributs perceptifs de l'odeur. Cette représentation est significativement altérée dans certaines pathologies qui impactent l'odorat. Ces avancées conceptuelles permettent d'envisager des pistes de recherche innovantes sur le plan industriel (implémenter ces connaissances théoriques en psychologie cognitive dans des nez artificiels) et sur le plan clinique (affiner le diagnostic de certaines maladies).

MEROD

Representation of ODors: from physical features to perceptual processing

Understanding how the human brain represents olfactory objects is a major challenge in cognitive psychology. While the representation of visual objects is well understood, much work remains to be done for smells. MEROD has shown that the mental representation of odour cannot be separated from a high level of variation between individuals. It is also distributed in multiple ways, between the primary sensory areas for the chemical attributes of odours and the secondary areas for the perceptual attributes. This representation is significantly disrupted in certain pathologies that affect the sense of smell. These conceptual advances suggest innovative avenues for research on an industrial level (implementing this theoretical knowledge from cognitive psychology in artificial noses) and a clinical level (refining the diagnosis of certain illnesses).



▲
Représentation cérébrale de l'odeur.
Representation of smell in the brain.

© Simon Rouby

MEROD : La représentation mentale des odeurs

MEntal Representation of ODors

Programme ANR / ANR programme : FRAL

Édition, durée du projet / Edition, project duration :
2015, 47 mois / months

Subvention ANR / ANR grant : 189 680 € / €189,680

Coordinateur / Coordinator : Moustafa BENSAFI

Université Lyon 1-CNRS, Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon
moustafa.bensafi@cnrs.fr · <https://sites.google.com/site/moustafabensafi>

Région du projet / Project region : Auvergne-Rhône-Alpes

Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :

► Fournel A, Ferdenzi C, Sezille C, Rouby C, Bensafi M. Multidimensional representation of odors in the human olfactory cortex. *Hum Brain Mapp.* 2016 Jun;37(6):2161-72. doi: 10.1002/hbm.23164. Epub 2016 Mar 16. PMID: 26991044

► Licon CC, Bosc G, Sabri M, Mantel M, Fournel A, Bushdid C, Golebiowski J, Robardet C, Plantevit M, Kaytoue M, Bensafi M. Chemical features mining provides new descriptive structure-odor relationships. *PLoS Comput Biol.* 2019 Apr 25;15(4):e1006945. doi: 10.1371/journal.pcbi.1006945. eCollection 2019 Apr. PMID: 31022180

Partenaires / Partners :

► Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS UMR 5292, Inserm U1028.

► "Smell & Taste" interdisciplinary centre in the ENT Department of the Technische Universität Dresden.



perspectives

MEROD a contribué à la création de trois nouveaux projets : un laboratoire international associé franco-allemand ; un consortium multidisciplinaire européen centré sur l'olfaction humaine et artificielle ; un projet de dissémination de connaissances sur l'odorat.

perspectives

MEROD has contributed to the creation of three new projects: a joint French-German international laboratory, a multidisciplinary European consortium focusing on human and artificial olfaction, and a project to disseminate knowledge about smell.

BactInfectERA

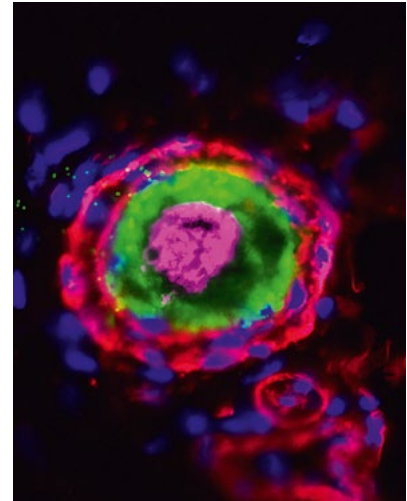
Interaction des bactéries avec la microvascularisation, une cible d'intervention thérapeutique pour les septicémies

Les septicémies bactériennes sont reconnues comme une priorité mondiale pour la santé. 30 millions de personnes développent un sepsis chaque année. 9 millions en meurent et 4 à 6 millions des survivants développent des séquelles parfois lourdes, avec un coût annuel des soins très élevé. Les approches cliniques actuelles visant à contrôler la réponse inflammatoire, la coagulation intravasculaire et les dysfonctions microvasculaires qui conduisent à la défaillance d'organes et à la mortalité ont donné des résultats limités. Il est donc urgent de développer de nouvelles approches thérapeutiques pour prévenir les conséquences dramatiques de ces infections et améliorer l'efficacité des interventions médicales. BactInfectERA s'est intéressé à *Neisseria meningitidis*, une bactérie aussi appelée méningocoque, comme exemple de bactérie pathogène extracellulaire invasive interagissant avec des microvaisseaux et induisant des lésions thrombotiques. Côté bactérien, les gènes essentiels à la colonisation de l'endothélium humain et à la virulence de cette bactérie ont été identifiés. Il a été démontré que la colonisation des vaisseaux par le méningocoque est une condition préalable à l'établissement de la septicémie et de la létalité. Côté hôte, d'importants mécanismes cellulaires et moléculaires qui entraînent des dysfonctionnements vasculaires et des processus de coagulation dans les tissus infectés ont été révélés. Enfin, une nouvelle stratégie thérapeutique a été identifiée. Elle vise à cibler un facteur de virulence bactérien important, les pili de type IV, et permet de réduire les effets délétères de cette infection.

BactInfectERA

Bacterial interaction with the microvasculature, a target for therapeutic intervention during septicemia

*Bacterial sepsis is recognised as a global health priority. 30 million patients are estimated to be afflicted every year. Sepsis is often fatal, accounting for over 9 million lives lost annually and 4 to 6 millions of those who survive severe sepsis are more likely to develop heavy sequelae. Current clinical approaches designed to control dysregulated systemic inflammation, intravascular coagulation and microvascular damages that lead to multi-organ failure and lethality have yielded limited success. There is thus an urgent need to develop new therapeutic approaches to prevent the severe microvascular consequences of sepsis and improve the effectiveness of medical intervention. BactInfectERA examined *Neisseria meningitidis*, also known as meningococcus, as an example of an invasive extracellular pathogenic bacterium that interacts with microvessels and causes thrombotic lesions. On the bacterial side, the study identified the genes essential for the colonisation of the human endothelium and for the virulence of the bacterium. It showed that vascular colonisation by meningococcus is a prerequisite for the establishment of septicemia and lethality. On the host side, the study revealed important cellular and molecular mechanisms that cause vascular dysfunction and coagulation processes in infected tissues. Finally, it identified a new therapeutic strategy. This aims to target an important bacterial virulence factor, type IV pili, in order to reduce the harmful effects of the infection.*



▲
Vaisseau humain de derme infecté par *N. meningitidis*. Sont détectés la paroi du vaisseau (en rouge), les bactéries (en vert), un thrombus (en rose), les noyaux cellulaires (en bleu).

*A human dermal microvessel infected by *N. meningitidis*. Shown are: a blood vessel (red), bacteria (green), thrombus (pink) and cell nuclei (blue).*

© Marion Le Bris et/and Sandrine Bourdoulous, Institut Cochin, Paris, France



perspectives

La découverte de molécules ciblant les pili de type IV et déjà utilisées chez l'homme ouvre des perspectives pour le traitement adjuvant des infections invasives à méningocoque et possiblement d'autres bactéries pathogènes. Ces travaux ont également permis d'identifier des effecteurs qui permettraient de préserver l'intégrité des vaisseaux et de prévenir la mise en place d'une thrombose excessive.

perspectives

The discovery of molecules targeting type IV pili and already used in humans opens new perspectives of adjuvant treatment of invasive infections due to meningococcus and possibly to other pathogenic bacteria. The work also identified effectors that could protect vessel integrity and prevent excessive thrombosis.

BactInfectERA

Programme ANR / ANR programme : InfectERA
Édition, durée du projet / Edition, project duration : 2014, 48 mois / months
Subvention ANR / ANR grant : 390 604 € / €390,604
Coordinatrice / Coordinator : Sandrine Bourdoulous · INSERM
Sandrine.bourdoulous@inserm.fr
www.institutcochin.fr/la-recherche/3i/equipe-bourdoulous
Région du projet / Project region : Île-de-France
Publication ou contribution principale / Main publication or contribution :
Denis K, Le Bris M, Le Guennec L, Barnier JP, Faure C, Gouge A, Bouzinba-Segard H, Jamet A, Euphrasie D, Durel B, Barois N, Pellissier P, Morand P, Coureuil M, Lafont F, Join-Lambert O, Nassif X, Bourdoulous S. *Nat Microbiol.* 2019 Jun;4(6):972-984.
Partenaires / Partners : Institut Necker Enfants Malades, INSERM, CNRS, Université de Paris, Paris, France · Division of Computational Systems Biology, Université de Vienne, Autriche / University of Vienna, Austria · Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares Melchor, Madrid, Espagne / Madrid, Spain.



CEMPI

Centre Européen pour les Mathématiques, la Physique et leurs Interactions

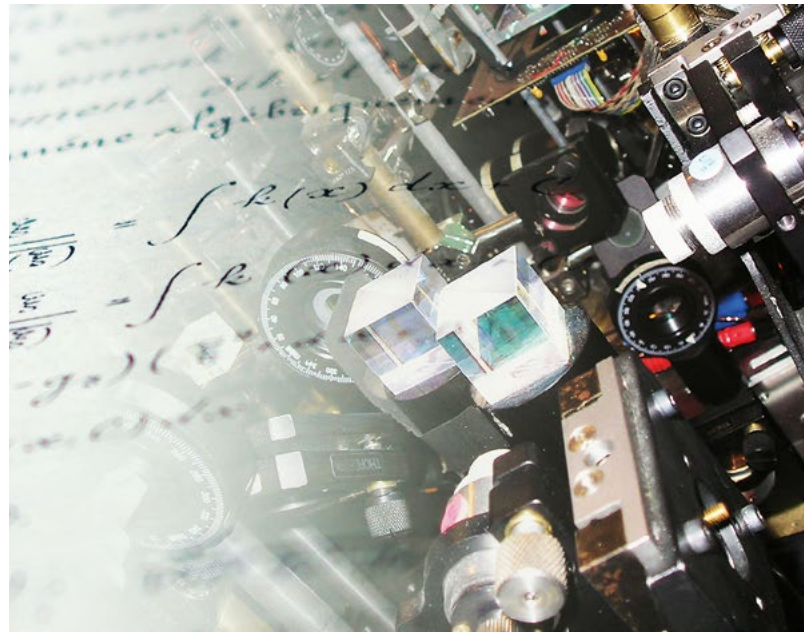
Depuis 2012, le CEMPI se distingue par un large continuum d'expertises regroupant mathématiques pures et appliquées, physique atomique, optique et recherche technologique en fibres optiques. L'accent est mis sur les interactions entre mathématiques et physique, ainsi qu'avec l'informatique et la biologie. La centrale de fabrication de fibres optiques FiberTech, équipement remarquable à l'échelle européenne et également soutenue par l'Equipex FLUX, est un élément clé aussi bien pour la recherche fondamentale que pour le transfert technologique et les partenariats industriels du CEMPI.

Le CEMPI a réalisé plusieurs avancées remarquables concernant les mathématiques fondamentales et les dynamiques complexes en optique et physique atomique. L'articulation entre recherche et formation a été assurée par une « Graduate School » dont le programme d'attractivité est un succès : à titre d'exemple, 80% des post-doctorants passés par la Graduate School ont obtenu une place permanente dans le monde académique.

CEMPI

European Center for Math, Physics and their Interaction

Since 2012, the CEMPI has stood out for its broad spectrum of expertise across pure and applied mathematics, atomic physics, optics and fibre-optic technology research. The emphasis is on the interactions between mathematics and physics, as well as with computing and biology. The FiberTech optical fibre production plant, a remarkable European-scale facility supported by the FLUX Equipex, is a key element for basic research, technology transfer and CEMPI's industrial partnerships. The CEMPI has made several notable advances in fundamental mathematics and the complex dynamics of optics and atomic physics. The Graduate School provides a balance between research and teaching, with a successful attractiveness programme: 80% of post-doctoral students who have passed through the Graduate School have secured permanent posts in the academic world.



De Painlevé à l'optique nonlinéaire et les fibres optiques.
From Painlevé to nonlinear optics and optical fibres.

© Labex CEMPI

CEMPI : Centre Européen pour les Mathématiques, la Physique et leurs Interactions

European Center for Math, Physics and their Interaction

Action / Action : LABEX

Date de début et de fin du projet

Start and end dates of the project :

01/03/2012 au/ to 31/12/2024

Subvention PIA / PIA grant : 3 660 395 € / €3,660,395

Contact / Contact : Emmanuel Fricain
emmanuel.fricain@univ-lille.fr

Site Internet du Projet / Project's website :

<http://math.univ-lille.fr/~cempi/index.php>

Établissement coordinateur / Coordinating institution :

Fondation I-SITE Université Lille-Nord Europe

Région du projet / Project region : Hauts de France

Partenaires / Partners :

▶ CNRS Hauts-de-France.

▶ Université de Lille.



perspectives

Grâce à la collaboration des mathématiciens et des physiciens du CEMPI, et s'appuyant sur l'ERC Consolidator « *Emergent Topology in Photon Fluids* », des perspectives prometteuses s'ouvrent dans l'application de concepts topologiques à l'étude de nouveaux états de la lumière.

perspectives

Thanks to the collaboration between CEMPI's mathematicians and physicists, with support from the ERC Consolidator "Emergent Topology in Photon Fluids" project, promising prospects are being created in the application of topological concepts to the study of new states of light.

FLUX

Fibres optiques pour les hauts flux

L'Equipex Flux, adossé au Labex CEMPI (Centre Européen pour les Mathématiques et leur Interactions), a démontré de nouveaux modes de transmissions d'information en optique et communication TeraHz ouvrant la voie aux hyper-autoroutes de l'information indispensables et stratégiques avec des débits du Petabit/s par fibre ou encore en Wifi TeraHertz de 160 Gbit/s sans fils. Utilisant les nouveaux concepts et technologies développés dans ces communications, le projet s'est également focalisé sur les retombées sur la sécurité, le médical, les lasers et les capteurs.

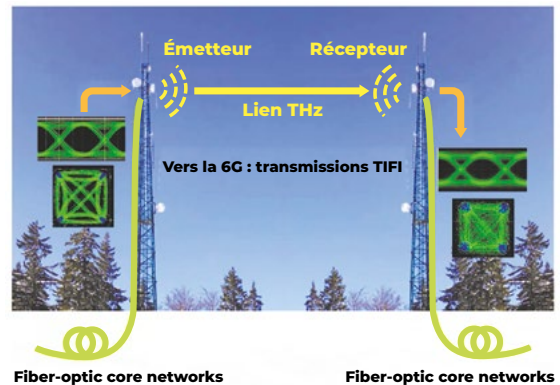
FLUX a permis de développer et dynamiser au niveau mondial la centrale Fibertech, de resserrer les liens avec la centrale de micro et nanotechnologie, constituant sur Lille, un socle de compétences scientifiques et techniques unique en France s'appuyant sur plus de cent collaborations académiques et industrielles, des chaires industrielles et trois laboratoires communs, notamment avec Prysmian premier producteur mondial de câbles optiques.

FLUX

Optical fibers for High Flux

The FLUX Equipex project, working with the CEMPI Labex (European centre for Mathematics and its Interactions), has demonstrated new information transmission methods using optics and terahertz communications, paving the way for essential, strategic information superhighways with petabit/s bandwidths over fibre or 160 Gbit/s over terahertz Wi-Fi. Using the new concepts and technologies developed in these communications, the project has also focused on applications in security, medical treatment, lasers and sensors.

FLUX has made it possible to develop and energise the FiberTech centre at global level and intensify links with the micro- and nanotechnology centre, providing Lille with a foundation of scientific and technical expertise that is unique in France, based on over a hundred academic collaborations, industrial chairs and three shared laboratories, including one with Prysmian, the world leader in optical cable production.



Concept et réalisation de transmission haut-débit THz (2017) à Dunkerque. Convergence entre les fibres optiques et la radio du futur.
Concept and realization of THz broadband transmission (2017) in Dunkirk. Convergence between optical fibers and the radio of the future.

© Guillaume Ducournau

FLUX : fibres optiques pour les hauts flux

Optical fibers for High Flux

Action / Action : EQUIPEX

Date de début et de fin du projet / Start and end dates of the project :

01/10/2012 au/ to 31/12/2019

Subvention PIA / PIA grant : 2 000 000 € / €2,000,000

Contact / Contact : Marc Douay

marc.douay@univ-lille.fr · <https://fibertech.univ-lille.fr/fr/accueil>

Site Internet du Projet / Project's website :

<http://flux.univ-lille.fr/index.php/fr>

Établissement coordinateur / Coordinating institution :

CNRS Hauts de France

Région du projet / Project region : Hauts de France

Publication principale / Main publication :

T Nagatsuma, G Ducournau, CC Renaud, "Advances in terahertz communications accelerated by photonics", Nature Photonics 10, 371-379 (2016) (citée 350 fois dans Web of Sciences ou bien 530 fois dans google scholar)

Partenaires / Partners :

- ▶ Prysmian (Draka Comteq France).
- ▶ Université de Lille.
- ▶ Eolite Systems.



perspectives

Les perspectives de l'Equipex portent sur les synthèses additives de verre, ouvrant de nouvelles voies pour la recherche, l'innovation et la production industrielle dans le domaine de la photonique, allant de l'UV au THz (au-delà de la 5G), et la conception d'une toute nouvelle génération de composants.

perspectives

The prospects for the Equipex project include additive synthesis using glass, opening up new ground for research, innovation and industrial production in the field of photonics from UV to THz (beyond 5G) and the design of a whole new generation of components.



CréaTIC

Les technologies de l'information et de la communication au service de la pédagogie socioconstructiviste par projets et de la créativité numérique étudiante

L'IDÉFI CréaTIC a poursuivi une double ambition : questionner, développer la création (en tant que processus de production et d'apprentissage) et accorder une importance majeure au numérique dans l'enseignement, en adéquation avec le rôle central qu'il joue dans l'ensemble des activités humaines. 5300 étudiants ont été invités à produire de l'innovation sociale avec les nouveaux outils numériques : concevoir, inventer des usages, des œuvres et des services pertinents et durables. Près de 200 modules théorico-pratiques (ateliers-laboratoires, compagnonnage international) ont été coconstruits au sein de 50 masters en SHS et Arts avec 313 chercheurs, artistes, créateurs numériques, 165 institutions partenaires nationales et internationales (laboratoires, musées, théâtres, entreprises, collectivités, associations...) pour répondre aux mutations des secteurs d'activité et permettre d'anticiper les formations aux métiers en favorisant l'interdisciplinarité et la pratique de veille internationale.

CréaTIC

Information and communication technologies in service of socio-constructivist project-based learning and digital creativity by students

IDÉFI-CréaTIC has two objectives: to question and develop creation (as a production and learning process) and to emphasise digital technology within teaching, based on the central role it plays in all human activities. 5,300 students have been invited to produce social innovation with today's digital tools: designing and inventing relevant, sustainable practices, creations and services. Almost 200 theoretical and practical modules (workshop-laboratories, international mentoring) have been constructed jointly within 50 master's courses in the humanities, social sciences and arts, with 313 researchers, artists, digital creators, 165 national and international partner institutions (laboratories, museums, theatres, companies, local authorities, associations etc.) to respond to changing sectors of activity and anticipate professional training by encouraging interdisciplinarity and an active awareness of international developments.



▲
Étudiants en atelier laboratoire crossmédias.
Students in crossmedia laboratory workshop.

© IDÉFI CréaTIC

CréaTIC : Création et Technologies de l'information et de la Communication

Creation and Technologies of Information and Communication

Action / Action : Initiatives d'excellence en formations innovantes IDÉFI / Excellence initiatives in Innovative Education (IDÉFI)

Date de début et de fin du projet / Start and end dates of the project : 17/04/2012 au/à 31/12/2019

Subvention PIA / PIA grant : 5 200 000 € / €5,200,000

Contact / Contact : Chislaine Azemard · azemard@msh-paris.fr

Site Internet du Projet / Project's website : <http://idefi-creatic.net/fr>

Établissement coordinateur / Coordinating institution : Université de Paris VIII

Région du projet / Project region : Île-de-France

Publication principale / Main publication : Collection hybride «100 notions»

Partenaires / Partners :

- ▶ Université Paris Nanterre.
- ▶ Conservatoire National Supérieur d'Art Dramatique.
- ▶ Archives Nationales.
- ▶ CNRS Île-de-France Meudon.



perspectives

CréaTIC a permis d'élaborer de nouveaux formats de formation, des dispositifs numériques innovants, pensés en continuum Recherche/Expérimentation/Formation/Métiers. Ils sont à considérer comme preuves d'un champ scientifique interdisciplinaire à construire sur les enjeux sociétaux émergents.

perspectives

CréaTIC has enabled the development of new training formats and innovative digital tools designed along a continuum between research, experimentation, training and professional roles. They can be seen as evidence of an interdisciplinary scientific field to be constructed on the basis of emerging societal challenges.

PeaMUST

Adaptation Multi-Stress et Régulations biologiques pour l'amélioration du rendement et de la stabilité du pois protéagineux

Pendant huit ans, les 28 partenaires du projet PeaMUST ont travaillé à améliorer la régularité des rendements des variétés de pois protéagineux, fortement impactée par de nombreux stress. Le projet a permis le développement de nombreux outils et stratégies visant à accélérer la sélection du pois mais aussi de la féverole en : (1) implémentant des programmes de sélection génomique, (2) identifiant des marqueurs moléculaires associés à des loci de résistance aux bruches, à *Aphanomyces euteiches* ou encore au gel, (3) créant des génotypes dont l'architecture contribue à la résistance multi-stress. Le projet a généré de nombreuses ressources et technologies adaptées : lignées de sélection, géniteurs, et collection de mutants ; données de génotypage haute densité, transcriptomes, méthodes VIGS, tomographie des semences. L'organisation en 2019 à Dijon de la 9^e Conférence Internationale de Génétique et Génomique des Légumineuses a permis de communiquer les nombreux résultats du projet.

PeaMUST

Pea Multi-Stress adaptation and biological regulations for yield improvement and stability

The 28 partners of the PeaMUST project have worked for eight years to improve the yield regularity of high-protein peas, which are heavily affected by a number of stressors. The project has led to the development of several tools and strategies to accelerate the selection of peas and broad beans by: (1) implementing genome selection programmes, (2) identifying molecular markers associated with loci of resistance to weevils, *Aphanomyces euteiches* or frost, (3) creating genotypes whose architecture contributes to multi-stress resistance. The project has generated a number of resources and adapted technologies: breeding lines, genitors and a collection of mutants; high-density genotyping data, transcriptomes, VIGS methods, seed tomography. The organisation of the 9th International Conference on Legume Genetics and Genomics in Dijon in 2019 was an opportunity to present the many project's results.



▲ Parcelles de pois de printemps du panel test de sélection génomique. Spring pea plots of the genomic selection test panel.

© N. Tayeh (UMR Agroécologie, INRAE Dijon)

PeaMUST : adaptation Multi-Stress et Régulations biologiques pour l'amélioration du rendement et de la stabilité du pois protéagineux

Pea Multi-Stress adaptation and biological regulations for yield improvement and stability

Action / Action : Biotechnologies & Bioressources / Biotechnology & Bioresources

Date de début et de fin du projet / Start and end dates of the project : 01/06/2012 au/à 30/12/2020

Subvention PIA / PIA grant : 5 500 000 € / €5,500,000

Contact / Contact : Judith Burstin · judith.burstin@inrae.fr

Site Internet du Projet / Project's website : www.peamust-project.fr

Établissement coordinateur / Coordinating institution : INRAE Dijon

Région du projet / Project region : Bourgogne-Franche-Comté

Publication principale / Main publication : Burstin J., Rameau C., Bourion V., Tayeh N. (2018). The PeaMUST project : defining ideotypes for the pea crop development. OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids, 25(6): D604

Partenaires / Partners : INRAE · Université de Picardie Jules-Verne Amiens · CNRS · IDF Sud (Gif) · IRD Marseille · AGRI-OBTENTIONS · Biogemma · SATT SAYENS · GEVES · Limagrain Europe · KWS MOMONT RECHERCHE SARL · Novozymes Biologicals FR S.A. · RAGT R2N · Roquette Frères · Unisigma · Vitagora Pôle · Cosucra Groupe Warcoing · Florimond Desprez Veuve et Fils · TERRES INOVIA · TERRES UNIVIA



perspectives

Les résultats du projet sont d'ores et déjà mobilisés dans les programmes de sélection pour créer de nouvelles variétés. En permettant l'obtention de variétés aux rendements plus stables, le projet contribue à la réintroduction des protéagineux dans les systèmes de culture.

perspectives

The project results are already being exploited in selection programmes to create new varieties. By enabling the creation of varieties with more stable yields, the project is contributing to the reintroduction of high-protein crops into agricultural systems.