



2021 UNE ANNÉE AVEC LE CNRS

en Île-de-France Sud



SOMMAIRE

ÉDITO
DU DÉLÉGUÉ

4



2021 EN
CHIFFRES

5

2021 UNE ANNÉE AVEC LE CNRS en Île-de-France Sud

est un complément régional
au rapport d'activité national
2021, une année avec le CNRS

Direction de la publication **Antoine Petit**
Direction de la rédaction **Benoît Forêt**



10

LA SCIENCE



6

TEMPS FORTS
À PARIS-SACLAY



8

TALENTS &
DISTINCTIONS



22

L'INNOVATION

28

L'INTERNATIONAL



34

LISTE DES
LABORATOIRES

ÉDITO

Nous traversons, sans conteste, une période qui connaît de grands bouleversements illustrés ces dernières années par la crise sanitaire, la crise énergétique, ou encore le réchauffement climatique sur le long terme. Les enseignements que nous tirons de ces événements - et qui posent des questions sociétales importantes - sont un besoin de souveraineté française et européenne, de compréhension de notre monde et du fonctionnement des défis que nous devons collectivement relever.

Orienté vers le bien commun, le Centre national de la recherche scientifique fait progresser la connaissance dans l'ensemble des champs disciplinaires afin d'apporter des réponses aux enjeux sociaux et économiques actuels et à venir. Au sein du cluster scientifique et technologique de Paris-Saclay, les partenariats renouvelés en 2021 entre le CNRS et les deux pôles académiques - l'Université Paris-Saclay et l'Institut Polytechnique de Paris - confèrent à notre communauté scientifique une force incontestable pour y parvenir.

L'engagement du CNRS se traduit naturellement par la valorisation de la recherche fondamentale, clé de voûte historique de l'Organisme, et repose sur le potentiel de recherche et d'innovation exceptionnel de ses laboratoires. Pour accélérer la transmission des savoirs et des technologies de rupture, notre Délégation apporte son concours à la création et l'aide au développement de start-ups dont les technologies sont au cœur des besoins de notre société ainsi qu'au transfert de technologie vers le milieu industriel, faisant du CNRS un acteur de premier plan de l'écosystème saclaysien.

Les synergies développées par le CNRS avec les acteurs académiques et socio-économiques du plateau de Saclay contribuent activement à la démultiplication du potentiel d'innovation de ce territoire d'exception. J'aimerais partager avec vous une sélection des faits marquants de 2021 les plus innovants, qui illustrent cette curiosité pour les nouveaux savoirs, cœur de notre philosophie et notre recherche.



Benoît Forêt,
Délégué régional
CNRS Île-de-France
Gif-sur-Yvette

© Laurent Ardhuin pour le CNRS

“ LE CNRS A LA CAPACITÉ À MOBILISER DES ÉQUIPES DE RECHERCHE PARTOUT EN FRANCE, DE DISCIPLINES DIFFÉRENTES ET SUR DES SUJETS QUI ONT UN IMPACT SUR LE PRÉSENT ET L’AVENIR DE NOS SOCIÉTÉS, DE NOS ENTREPRISES ET DE NOTRE PLANÈTE. C’EST UNE DE SES FORCES, C’EST AUSSI SA RESPONSABILITÉ : INSCRIRE LA RECHERCHE DANS LE TEMPS LONG ET METTRE LES CONNAISSANCES PRODUITES IMMÉDIATEMENT AU SERVICE DE L’INNOVATION, DE LA SOCIÉTÉ ET DE SES QUESTIONNEMENTS. LA CRISE SANITAIRE A GÉNÉRÉ UNE CERTAINE CONFUSION ENTRE CROYANCES ET SAVOIRS. IL EST ESSENTIEL QUE LE CNRS S’APPLIQUE À FAIRE CONNAÎTRE LA SCIENCE, LES SCIENTIFIQUES, LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE COMME IL LE FAIT NOTAMMENT AVEC LA REVUE CARNETS DE SCIENCE, SON JOURNAL EN LIGNE OU SES CHÂÎNES YOUTUBE. ”

Antoine Petit, PDG du CNRS

2021 EN CHIFFRES

RESSOURCES

434 millions d'euros de budget dont :

- ▶ **177** millions d'euros de budget de recherche
- ▶ **257** millions d'euros de masse salariale (personnel permanent)

168 200 m² de patrimoine immobilier du CNRS sur le territoire Paris-Saclay

22 groupements et fédérations de recherche
85 unités de recherche
16 unités de service

Plus de

3 700 personnels dont près de

980 contractuels

38,5% de femmes

3 300 scientifiques
(**1 900** chercheurs et **1 400** ingénieurs et techniciens)

400 personnels administratifs

52 permanents recrutés en 2021 (**16** chercheurs et **36** ingénieurs et techniciens)

INNOVATION ET PARTENARIAT

19 structures communes de recherche CNRS/entreprises
dont **3** unités mixtes de recherche

49 startups créées en 10 ans
dont **5** en 2021

234 brevets déposés en 5 ans
dont **44** en 2021

INTERNATIONAL

406 projets européens financés par le programme Horizon 2020
dont **43** en 2021

99 lauréates et lauréats du Conseil européen de la recherche (ERC)
en 10 ans
dont **6** en 2021

TEMPS FORTS À PARIS-SACLAY EN 2021

Annnonce du Plan Quantique au C2N par le président de la République

Le 21 janvier 2021, le président de la République Emmanuel Macron était accueilli à Palaiseau, dans les locaux du CNRS, au Centre de nanosciences et de nanotechnologies¹, pour y annoncer le Plan Quantique qui entend organiser les forces de recherche et industrielles du pays afin de positionner la France comme un acteur majeur des technologies quantiques.

¹ C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité)



De gauche à droite (au 7/10/2021) : Catherine Gaudy, Directrice générale du GENES, Élisabeth Crépon, Directrice de l'ENSTA Paris, Eric Labaye, Président de l'Institut Polytechnique de Paris et de l'École polytechnique, Antoine Petit, Président-directeur général du CNRS, Sylvie Retailleau, Présidente de l'Université Paris-Saclay, Christine Jacquemin, Secrétaire générale d'AgroParisTech, Romain Soubeyran, Directeur général de CentraleSupélec, Pierre-Paul Zalio, Président de l'École normale supérieure Paris-Saclay et Jean-Louis Martin, Directeur général de l'Institut d'Optique Graduate School. © Xavier Pierre pour le CNRS

CNRS, Institut Polytechnique de Paris et Université Paris-Saclay : une ambition partagée d'accroître l'attractivité du plateau de Saclay avec une recherche scientifique de haut niveau

Le CNRS, l'Institut Polytechnique de Paris et l'Université Paris-Saclay se sont réunis en octobre 2021, sur le campus CNRS de Gif-sur-Yvette, afin de renouveler les partenariats entre l'organisme national de recherche et les deux pôles académiques du plateau de Saclay pour la période 2020-2025. Les présidences et directions du CNRS, de l'Institut Polytechnique de Paris avec l'École polytechnique, l'ENSTA Paris, le GENES et de l'Université Paris-Saclay avec AgroParisTech, CentraleSupélec, l'École normale supérieure Paris-Saclay et l'Institut d'Optique Graduate School, affichent une ambition commune de renforcer la recherche fondamentale, démultiplier le potentiel d'innovation et accroître l'attractivité du territoire à l'international.

Le renouvellement de ces conventions de partenariat s'inscrit dans la continuité de collaborations fructueuses entre ces acteurs de renom. Les établissements signataires ont progressivement regroupé leurs forces scientifiques autour du plateau de Saclay. Ensemble, ils contribuent à façonner le nouveau visage territorial de la R&D. Les bâtiments et équipements de pointe, désormais nombreux et mutualisés, offrent un potentiel technologique rare et dynamisent les partenariats scientifiques.

Le partenariat scientifique entre le CNRS et les deux pôles académiques couvre l'ensemble des champs de la connaissance. Il est aujourd'hui structuré par 85 unités de recherche et d'appui - dont près de la moitié impliquent d'autres établissements d'enseignement supérieur et de recherche - et il rassemble une communauté scientifique de 8 000 personnes.

Les orientations stratégiques en matière de recherche définies par ces principaux acteurs publics du plateau de Saclay visent à conduire des projets de recherche fondamentale au service de la société, avec des applications industrielles, environnementales et d'intérêt général. La synergie des forces et l'interdisciplinarité portées par le CNRS, l'Institut Polytechnique de Paris et l'Université Paris-Saclay ouvrent des perspectives fortes en matière de recherche dans un large spectre disciplinaire à l'image de la cybersécurité, l'intelligence artificielle, le quantique, les nanotechnologies, la santé, les biotechnologies, l'énergie, le climat - et contribuent activement à la démultiplication du potentiel d'innovation de ce territoire d'exception.

Dans un contexte où la compétition internationale continue de s'intensifier en matière de recherche et d'innovation, les deux conventions partenariales actent l'élaboration et la mise en œuvre de politiques européennes et internationales concertées. La collaboration entre les établissements publics du plateau de Saclay est déjà reconnue internationalement. Ainsi, l'Institut Polytechnique de Paris et l'Université Paris-Saclay, forts des apports du CNRS et d'autres partenaires, se classent aux meilleurs niveaux internationaux.



© Xavier Pierre pour le CNRS

Plan France Relance : le CNRS signe trois contrats de collaboration en faveur du soutien à l'emploi R&D dans le secteur du spatial

Le CNRS et Hensoldt Space Consulting se sont réunis le 6 décembre 2021, sur le campus CNRS de Gif-sur-Yvette, pour entériner leur partenariat autour de trois projets de recherche menés au Laboratoire atmosphères et observations spatiales¹. Leurs représentants ont signé trois contrats de collaboration de recherche établis dans le cadre du plan France Relance : le spectromètre optique VIRAL pour l'étude de Vénus, un projet de R&D sur la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie optique dans le domaine de l'ultraviolet et le « chantier lunaire » visant à développer des instruments pour de futures missions lunaires.

¹ Latmos (CNRS/UVSQ/Sorbonne Université) à Guyancourt



Wilder est une des dix plateformes du réseau Digiscope, réseau interconnecté unique au monde situé à l'Université Paris-Saclay. Les plateformes permettent la visualisation interactive de grandes quantités de données et de calculs complexes. © Hubert RAGUET/DIGISCOPE
Wilder/Inria/CNRS Photothèque

Le CNRS et l'Université Paris-Saclay rassemblent leurs forces de recherche pour relever les défis du numérique du XXI^e siècle

Renforcer les fondements de l'intelligence artificielle, poser les bases du calcul quantique, concevoir des systèmes autonomes et interactifs, garantir un monde numérique sûr. Ce sont les priorités dans le domaine du numérique que s'est fixées le CNRS pour les années à venir et qu'il met en œuvre conjointement avec ses partenaires académiques.

De cette ambition sont nés deux laboratoires de recherche à Paris-Saclay début 2021. Ils rassemblent une grande partie des effectifs de recherche en sciences du numérique de ce territoire : le Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique¹ et le Laboratoire méthodes formelles². CentraleSupélec et Inria sont également associés à ces deux unités.

¹ LISN (CNRS/Université Paris-Saclay) à Saint-Aubin

² LMF (CNRS/Université Paris-Saclay/ENS Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette



Le supercalculateur Jean Zay, le plus puissant de France.

© Cyril Fresillon/IDRIS/CNRS Photothèque

L'EPA Paris-Saclay signe une convention avec le CNRS visant à récupérer la chaleur fatale du supercalculateur Jean Zay pour alimenter les bâtiments du Campus urbain

L'Établissement public d'aménagement Paris-Saclay a signé, le 16 février 2021, une convention avec le CNRS visant à récupérer la chaleur fatale produite par le supercalculateur Jean Zay, installé à Orsay, à l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (IDRIS) du CNRS.

Le dispositif alimentera le réseau d'échange de chaleur et de froid du Campus urbain Paris-Saclay et son potentiel d'énergie récupérée est estimé à près de 4 000 MWh/an, l'équivalent de la consommation en chaleur de plus de 1 000 logements neufs.

De nouvelles infrastructures Equipex pour la robotique, les données scientifiques et les environnements virtuels à Paris-Saclay

Les équipements d'excellence, ou projets EquipEx, permettent la mise en commun sur des plateformes dédiées de grands équipements scientifiques. Début 2021, parmi les projets portés par le CNRS dans le cadre du 4^e Programme d'investissements d'avenir, de nouvelles infrastructures Equipex ont été financées pour la robotique, les données scientifiques et les environnements virtuels. Deux impliquent des laboratoires du CNRS sur le territoire Paris-Saclay : « Continuum »¹ pour la création d'une « continuité collaborative du numérique vers l'humain » via des recherches interdisciplinaires entre l'informatique et les sciences humaines et sociales ; et « FITS »² pour répondre au défi de l'explosion de la volumétrie des données générées auquel est confrontée notamment la recherche scientifique.

¹ Piloté par Michel Beaudouin-Lafon, professeur de l'Université Paris-Saclay au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN - CNRS/Université Paris-Saclay) à Saint-Aubin

² Associe notamment l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (IDRIS) du CNRS

TALENTS

Chaque année, le CNRS récompense les femmes et les hommes qui ont contribué de manière exceptionnelle au dynamisme de l'Institution et à l'avancée de la recherche française.

La **médaille d'argent** est remise à des chercheurs et des chercheuses déjà reconnus sur le plan national et international.

La **médaille de bronze** récompense le premier travail d'un chercheur prometteur ou d'une chercheuse prometteuse dans son domaine.

La **médaille de cristal** distingue des femmes et des hommes, personnels d'appui à la recherche, pour leur créativité, leur maîtrise technique et leur sens de l'innovation au service de l'avancée des savoirs et à l'excellence de la recherche française.

Le **cristal collectif** récompense des équipes d'ingénieurs et de techniciens pour leur projet collectif innovant ou technique remarquable.



MEDAILLE D'ARGENT



Antoine Browaeys

« Ma recherche vise à comprendre les propriétés quantiques d'un grand nombre de particules en interaction, ce que l'on appelle « le problème à N-corps ». Même si les physiciens savent décrire un grand nombre d'effets à partir de la connaissance des interactions entre ces particules, de nombreuses situations résistent à une description théorique satisfaisante. Il s'agit souvent de cas pour lesquels les interactions dominent. Notre approche d'expérimentateurs consiste à construire atome par atome des systèmes quantiques synthétiques et à contrôler les interactions à l'aide de lasers pour étudier des systèmes à N-corps modèles. Nous manipulons et observons ainsi tous les jours au laboratoire des atomes un à un, atomes dont on me disait quand j'étais étudiant que l'on ne pouvait pas les voir ! »

Antoine Browaeys est physicien expérimentateur au Laboratoire Charles Fabry (LCF - CNRS/Institut d'Optique Graduate School), à la tête de l'équipe Optique quantique – Atomes et spécialiste en manipulation d'atomes par laser.



Cathy Clerbaux

« Depuis maintenant 27 ans, je contribue à la mission satellite IASI : de la conception, avec le CNES, d'un spectromètre dédié à la surveillance de l'atmosphère terrestre, jusqu'à l'exploitation des milliards de données fournies en quasi-temps réel par trois sondeurs hyperspectraux qui volent sur les satellites Metop. Avec mon équipe, nous avons mis au point les algorithmes pour dériver des concentrations en gaz et particules à partir des spectres atmosphériques obtenus deux fois par jour en tout point du globe, pour une trentaine de composés. Outre le suivi sur le long terme de la composition de l'atmosphère, ces observations permettent de surveiller les pics de pollution, les grands feux et les éruptions volcaniques, les émissions d'ammoniac associées à l'agriculture intensive ou encore l'évolution du trou d'ozone. Cette mission est essentielle pour évaluer l'impact des activités humaines sur l'air que nous respirons. »

Cathy Clerbaux est chercheuse en physique de l'atmosphère au Laboratoire atmosphères et observations spatiales (LATMOS - CNRS/UVSQ/Sorbonne Université), spécialisée en télédétection spatiale par spectroscopie infrarouge.

MEDAILLE DE BRONZE

Béatrice Cherrier, chercheuse en histoire de l'économie au Centre de recherche en économie et statistique (CREST - CNRS/École polytechnique/GENES), spécialiste de la période récente (post Seconde Guerre mondiale).

Eleonora Di Nezza, enseignante-chercheuse en mathématiques, à l'intersection entre géométrie complexe, géométrie différentielle et analyse, au Centre de mathématiques Laurent Schwartz (CMLS - CNRS/École polytechnique).

Wadih Ghattas, chercheur en chimie à l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICMMO - CNRS/Université Paris-Saclay), spécialiste du domaine interdisciplinaire des métalloenzymes artificielles.

Marie-Aline Martin-Drumel, chercheuse en physique moléculaire à l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO - CNRS/Université Paris-Saclay), spécialisée dans l'étude de molécules d'intérêt astrophysique en phase gazeuse.

Freek Massee, physicien au Laboratoire de physique des solides (LPS - CNRS/Université Paris-Saclay), spécialisé dans l'étude des systèmes d'électrons corrélés à l'échelle atomique.

Sylvia Matzen, enseignante-chercheuse en physique à l'université Paris-Saclay, spécialiste des couches minces épitaxiées d'oxydes au sein de l'équipe OXIDE du Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité).



De gauche à droite : Béatrice Cherrier, Eleonora Di Nezza, Wadih Ghattas, Marie-Aline Martin-Drumel, Freek Massee, Sylvia Matzen.

MEDAILLE DE CRISTAL

Daniel Berveiller, directeur de la station de recherche forestière de Barbeau au laboratoire Écologie, systématique et évolution (ESE - CNRS/AgroParisTech/Université Paris-Saclay), écophysiologiste et spécialiste de l'instrumentation en environnement.

Véronique Puill, spécialiste en développement de chaînes de détection, directrice du département Détecteurs et instrumentation associé au Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie (IJCLab - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité).



De gauche à droite : Daniel Berveiller, Véronique Puill

CRISTAL COLLECTIF

ESPRI : centre de données et calcul pour les sciences du climat et de l'environnement

Par une équipe de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL - CNRS/École polytechnique/UVSQ/CEA/Sorbonne Université/IRD/École des ponts ParisTech/Université Paris-Saclay), de l'Observatoire des sciences de l'Univers Paris-Centre ECCE TERRA (ECCE TERRA - CNRS/Sorbonne Université/MNHN/IRD/INRAE) et du Laboratoire atmosphères et observations spatiales (LATMOS - CNRS/UVSQ/Sorbonne Université).



1^{er} rang de gauche à droite : Atef Ben Nasser, Rachid Khoufache, Philippe Weill, Sébastien Gardoll
2^e rang de gauche à droite : Julio Pedraza, Renaud Bodichon, Marie-Alice Foujols, Vincent Douet
3^e rang de gauche à droite : Cathy Boonne, Karim Ramage, Sophie Cloché, Guillaume Levavasseur



MÉDAILLE DE LA MÉDIATION SCIENTIFIQUE

Climat Tic-Tac, un jeu de stratégie éducatif, coopératif et écoresponsable

Inspiré par l'Accord de Paris sur le climat, Climat Tic-Tac a été imaginé et accompagné par un collectif d'une vingtaine de chercheurs, de doctorants et de médiateurs scientifiques de l'Institut Pierre-Simon Laplace¹, et de l'Association Science Technologie Société (ASTS) : Fabien Bleuze, Nada Caud, David Coppin, Anne Cozic, François Dulac, David Ernaux, Isabelle Genau, Valérie Lilette, Priscilla Le Mezo, Claire Magand, Valérie Masson-Delmotte, Alain Mazaud, Marie Pinhas, Gilles Ramstein, Camille Richon, Catherine Senior, Mehdi Serdidi, Julie Sistenich, Annemiek Stegehuis, Susanna Strada, Aude Valade.

¹IPSL (CNRS/CEA/École nationale des ponts et chaussées/École polytechnique/IRD/Sorbonne Université/UVSQ/Université Paris-Saclay)



LA SCIENCE EN 2021



L'installation laser de puissance LULI2000 au Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI - CNRS/École polytechnique/CEA/Sorbonne Université) et les équipements expérimentaux associés sont utilisés par de nombreuses équipes scientifiques. Ces études portent notamment sur la fusion inertielle laser, la matière à haute densité d'énergie, l'astrophysique de laboratoire, la géophysique interne, la physique et le traitement des matériaux et de façon générale la physique des plasmas créés par laser et ses applications.

© Jean-Claude MOSCHETTI/CNRS Photothèque





Test du prototype de la sonde expérimentale Mini-Subglacier.

© Thibaut VERGOZ/IPEV/LGGE/CNRS Photothèque



Antarctique : quelles variations de température depuis la dernière glaciation ?

L'Antarctique a connu des changements de température conséquents, notamment depuis la dernière période glaciaire. Une collaboration internationale, impliquant le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement¹, vient de remettre en question les estimations précédemment admises de ces variations grâce à de nouvelles mesures publiées en 2021 dans *Science*.

Les scientifiques ont établi les estimations les plus fiables à ce jour des variations de températures passées en Antarctique. Leur étude met en évidence les différences entre les fonctionnements de l'Antarctique de l'Est et de l'Ouest, liées notamment à des variations différentes de leur altitude, et permet de tester et de consolider les projections climatiques futures.

¹ LSCE (CNRS/CEA/UVSQ) à Gif-sur-Yvette

Le nouvel observatoire de recherche atmosphérique francilien de l'IPSL, le Sirta, inauguré sur le plateau de Saclay

Le Site instrumental de recherche par télédétection atmosphérique (Sirta), infrastructure portée par l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), fruit de la collaboration entre le CNRS, l'École polytechnique et la Région Île-de-France, a été inauguré en septembre 2021. L'observatoire de recherche atmosphérique Sirta offre l'instrumentation et les installations nécessaires à l'étude des processus physico-chimiques atmosphériques, de la surface à la haute troposphère en passant par la couche limite. Au Sirta, les scientifiques étudient la variabilité climatique aux échelles régionales et décennales, et évaluent les performances des modèles atmosphériques.

Déterminer la quantité de pluie tombée, passée et à venir, sur les glaces de l'Antarctique

L'étude entreprise par une équipe de recherche impliquant le Laboratoire de météorologie dynamique¹ est la première à s'intéresser à la caractérisation des événements de pluie à l'échelle de l'Antarctique.

Pour ce faire, ils ont combiné des rapports d'observation météorologique provenant de dix stations de recherche et remontant jusqu'à 50 ans en arrière, et des produits de réanalyse météorologique. L'analyse de scénarios réalisés à partir de plusieurs modèles de climat leur a permis de prévoir l'évolution future de la quantité et de l'intensité des pluies sur l'inlandsis.

Le LMD est par ailleurs impliqué depuis fin 2020 dans le projet européen ERC « Synergy Grant » « AWACA » qui vise à étudier le cycle atmosphérique de l'eau en Antarctique, en déployant notamment des instruments spécialement conçus sur le continent blanc.

¹ LMD (CNRS/ENS/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau



Travaux de terrain effectués près de la base antarctique Dumont d'Urville, en terre Adélie.

© Bruno et Nicolas JOURDAIN/UGA/IPEV/CNRS Photothèque



Campagne ballon Stratéole 2 aux Seychelles.

©CNES/SABLON Igor, 2021

Stratéole 2 : un tour du monde en ballons en 85 jours

Comment mieux prédire le changement climatique en prenant mieux en compte les phénomènes atmosphériques ? Pourquoi et comment utiliser des ballons ? Pour répondre à ces questions et tenter de mieux comprendre notre atmosphère et son rôle sur le climat, les ballons de la mission Stratéole 2, coordonnée par le Laboratoire atmosphères et observations spatiales¹ et le Laboratoire de météorologie dynamique², ont fait plusieurs fois le tour de la planète en altitude. L'objectif ? Tenter d'éclaircir certaines zones d'ombre qui entravent notre compréhension fine de l'atmosphère et de son rôle sur le climat de la Terre. Une mission scientifique unique, qui embarque, sur des ballons en altitude, des instruments minutieusement conçus.

¹ LATMOS (CNRS/Sorbonne Université/UVSQ) à Guyancourt

² LMD (CNRS/ENS/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau

Génération d'une vague
par l'effondrement
d'une colonne de grains
dans une couche d'eau
ici colorée en vert. © FAST

Prédire la génération de vagues de tsunamis causées par effondrement de terrain

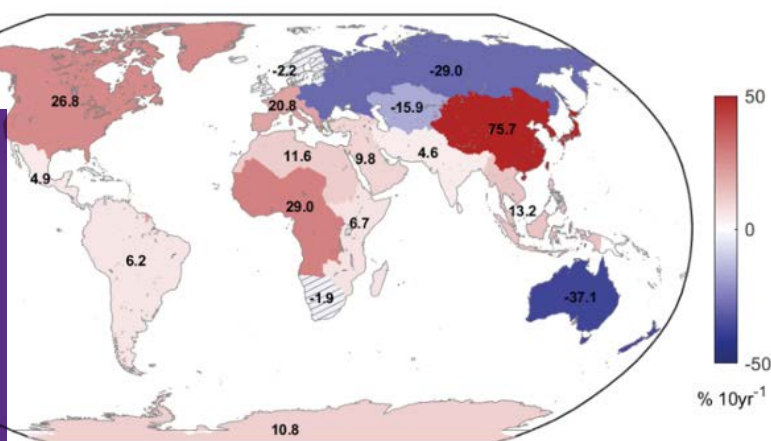
Des chercheurs du laboratoire Fluides, automatique et systèmes thermiques¹ et du laboratoire Géosciences Paris-Saclay², en collaboration avec l'Université de Californie à Santa Barbara, ont reproduit la dynamique de génération de vagues de tsunamis, à l'échelle du laboratoire, par l'effondrement d'une colonne de grains dans un réservoir d'eau. L'équipe a mis en évidence que l'amplitude maximale des vagues générées, par rapport à la hauteur d'eau, est gouvernée par le volume relatif de grains qui rentrent dans l'eau. La loi obtenue en laboratoire a été favorablement confrontée à différents événements géologiques passés, comme le tsunami généré par l'effondrement récent de l'Anak Krakatau en Indonésie.

Ces travaux, qui s'inscrivent dans le cadre d'un projet de la mission interdisciplinaire « Défi Littoral » du CNRS, ouvrent la voie vers une meilleure compréhension des phénomènes complexes de génération de vagues destructrices.

¹ FAST (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² GEOPS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

Évolution régionale de l'ammoniac dans l'atmosphère (en %) entre 2008 et 2018 mesurée à partir des données satellitaires IASI. Les régions pour lesquelles la tendance calculée n'est pas significative ont été hachurées.



Le LATMOS surveille les concentrations d'ammoniac depuis l'espace

Une étude menée par l'équipe de Cathy Clerbaux, directrice de recherche CNRS au Laboratoire atmosphères et observations spatiales¹, médaille d'argent du CNRS en 2021, révèle que les concentrations d'ammoniac dans l'atmosphère poursuivent leur augmentation en dépit des engagements internationaux. Au niveau mondial, les mesures montrent une augmentation de 13 % de l'ammoniac présent dans l'atmosphère durant la période 2008-2018. Cette augmentation, en opposition avec les engagements de réduction des émissions pris dans le cadre du Protocole de Göteborg et les directives européennes, est problématique car l'ammoniac est un précurseur de particules fines et est difficile à mesurer.

Ces résultats ont été obtenus en utilisant des techniques pointues d'analyse de données (*deep learning*) à partir des milliards d'observations de l'atmosphère obtenues par la mission satellite IASI, une mission conjointe de Eumetsat et du CNES. Grâce aux trois instruments combinés qui volent en orbite à son bord, et à des algorithmes avancés de traitement de données, l'ammoniac peut maintenant être surveillé depuis l'espace.

¹ LATMOS (CNRS/Sorbonne Université/UVSQ) à Guyancourt

Un nanosatellite entièrement développé au LATMOS, l'UVSQ-SAT, a été lancé et mis en orbite avec succès

Le nanosatellite UVSQ-SAT développé depuis 2018 par le Laboratoire atmosphères et observations spatiales¹ a été lancé avec succès par la société SpaceX, depuis la base de Cap Canaveral en Floride. Depuis, il transmet des données relatives au déséquilibre énergétique de la Terre, à l'origine du réchauffement climatique.

¹ LATMOS (CNRS/Sorbonne Université/UVSQ) à Guyancourt

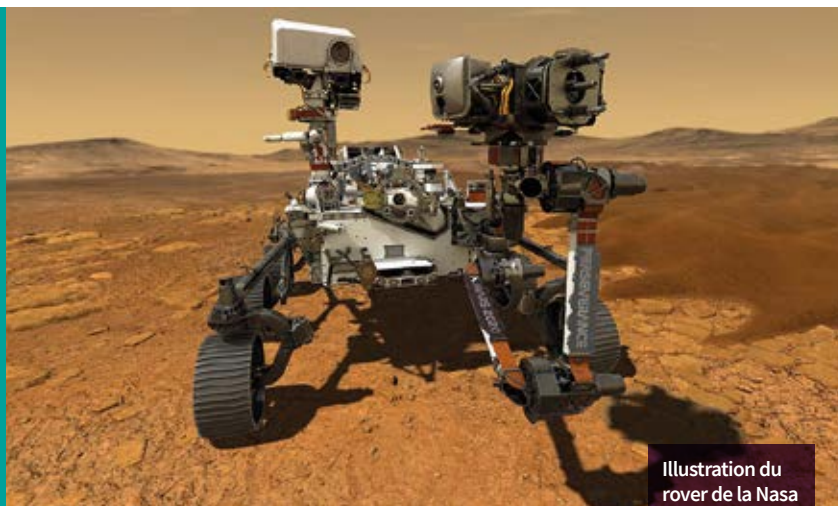


Illustration du rover de la Nasa Perseverance.
© NASA/JPL-Caltech

Mission spatiale Mars 2020 : Supercam, instrument du rover Perseverance, en partie développé dans les laboratoires du CNRS à Paris-Saclay

Dans la soirée du jeudi 18 février 2021, le rover Perseverance s'est posé dans le cratère Jezero, un bassin d'impact de 45 kilomètres de diamètre, qu'une rivière a rempli d'eau liquide il y a 3,5 milliards d'années. Le rover embarque à son bord sept instruments, dont l'instrument français SuperCam.

L'Institut d'astrophysique spatiale¹ a participé au développement d'un des trois spectromètres de Supercam, l'Infrarouge IRS. Il a été en charge de l'étalonnage de l'instrument, qui servira à la détection des argiles et des sulfates à la surface du sol martien. L'IAS a également contribué à la sélection du site d'atterrissage du véhicule sur Mars.

Le Laboratoire atmosphères et observations spatiales² a, quant à lui, développé une partie de l'électronique qui commandera le spectromètre Infrarouge IRS. Il a aussi été impliqué dans la conception du laser ainsi que du canal infrarouge de Supercam. Les équipes techniques du laboratoire ont mis à contribution leur expertise particulière dans le domaine de l'optique et de l'électronique pour concevoir un spectromètre compact, léger et sans pièce mobile.

¹ IAS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² LATMOS (CNRS/Sorbonne Université/UVSQ) à Guyancourt

Démontrer, à travers un modèle climatique, que Vénus n'a jamais pu avoir d'océan

Vénus, une des quatre planètes telluriques du Système solaire, garde un mystère : a-t-elle déjà abrité des océans ? Si une étude américaine a émis l'hypothèse que "oui", elle est aujourd'hui contredite par un modèle climatique de dernière génération qui établit un scénario dans lequel la jeune Vénus était couverte de magma après sa formation.

Ces travaux, parus en octobre 2021 dans *Nature*, ont impliqué le Laboratoire atmosphères et observations spatiales¹. Les futures missions spatiales allant étudier Vénus (Envision prévue à l'horizon 2030, ainsi que Davinci et Veritas prévues en 2029) devraient ramener des données permettant de confronter ces résultats théoriques.

¹ LATMOS (CNRS/Sorbonne Université/UVSQ) à Guyancourt

C'est le nombre de missions prévues prochainement vers la planète Vénus qui impliqueront des scientifiques de Paris-Saclay. La première, la mission VERITAS (NASA) impliquera Anne Davaille, directrice de recherche CNRS au laboratoire Fluides, automatique et systèmes thermiques (FAST - CNRS/Université Paris-Saclay) en tant qu'experte scientifique. La seconde, EnVision (ESA), aura Emmanuel Marcq, enseignant-chercheur UVSQ au Laboratoire atmosphères et observations spatiales (LATMOS - CNRS/UVSQ/Sorbonne Université) comme chercheur principal d'un des instruments impliqués.



Cliché des échantillons provenant de l'astéroïde Ryugu, rapportés par la sonde spatiale japonaise Hayabusa-2.
© JAXA / AFP

Les laboratoires CNRS aux côtés du Japon dans les premières analyses des échantillons collectés sur l'astéroïde Ryugu

Dans la nuit du 5 au 6 décembre 2020, les échantillons de l'astéroïde Ryugu, collectés par la sonde Hayabusa-2, opérée par la JAXA (Japon), ont atterri sur Terre après un voyage retour d'environ un an. Moment historique pour la communauté scientifique mondiale : c'est la première fois que des fragments d'un astéroïde primitif carboné ont été collectés sur place, puis rapportés afin d'être analysés en laboratoire.

La France, seul partenaire étranger à participer à ces premières analyses, est présente via l'instrument MicrOmega, microscope infrarouge hyperspectral développé par l'Institut d'astrophysique spatiale¹ à Orsay, et livré par le CNES.

Une fois sélectionnés pour leurs propriétés spécifiques, certains des grains ont été extraits et distribués aux équipes analytiques : plus d'une vingtaine de scientifiques français, notamment au Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie² et au synchrotron SOLEIL (CNRS/CEA).

¹ IAS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

L'analyse des données recueillies lors d'une explosion cosmique exceptionnelle remet en question l'origine des rayons produits lors de cette explosion

Le 29 août 2019, les scientifiques enregistraient une explosion cosmique parmi les plus brillantes jamais observées dans l'Univers. Ce sursaut gamma a émis les photons les plus énergétiques jamais détectés dans ce type d'événement, avec une proximité rarement égalee.

L'analyse des données recueillies remet en question l'origine des rayons produits lors de l'explosion. En effet, les théories actuelles supposent que les rayons X et gamma sont produits par des mécanismes distincts. Or, suite à cette analyse, il apparaît que les deux types de rayons ont été produits par le même mécanisme et au même moment, remettant en cause la théorie actuelle. Ces résultats novateurs, obtenus par une équipe internationale comprenant des scientifiques du Laboratoire Leprince Ringuet¹, ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Science*, en juin 2021.

¹ LLR (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau



© Rayons X : NASA/CXC/U. Mich./S. Oey, IR : NASA/JPL, Optique : ESO/WFI/2.2-m

Une équipe de physiciens a établi un scénario global et cohérent de la genèse du rayonnement cosmique

Près de 110 ans après leur découverte, l'origine des rayons cosmiques restait encore très spéculative. En s'appuyant sur une description précise de ces particules et en étudiant en détail par simulation différents lieux et mécanismes pour leur accélération dans notre Galaxie, une équipe de physiciens menés par Vincent Tatischeff, chercheur CNRS au Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie¹, a établi un scénario global et cohérent de la genèse du rayonnement cosmique. Les résultats montrent que le berceau de ces rayonnements cosmiques est à chercher dans des superbules de plasma extrêmement chaud.

¹ IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay



Vue d'artiste d'une fusion d'un trou noir avec une étoile à neutrons.

© Carl Knox, OzGrav - Swinburne University

Détection d'un nouveau type de cataclysme cosmique : la fusion d'une étoile à neutrons avec un trou noir

Une nouvelle entrée vient d'être ajoutée au catalogue des phénomènes cosmiques. Annoncée par les collaborations internationales Ligo, Virgo et Kagra, il s'agit de la première détection d'ondes gravitationnelles provenant de la fusion « mixte » entre un trou noir et une étoile à neutrons. Ce phénomène a été détecté par deux fois en janvier 2020.

Cette découverte implique des scientifiques du CNRS travaillant au sein de la collaboration scientifique Virgo, notamment au Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie¹. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'existence de tels couples mixtes. Pour trancher, il faudra accumuler d'autres observations.

¹ IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

5 200

C'est le nombre de tonnes de poussières extraterrestres qui atteignent chaque année le sol terrestre. Cette masse a été déterminée par un programme international mené depuis près de 20 ans et impliquant les laboratoires IJCLab¹ et ISMO². Ces poussières interplanétaires, issues de comètes et d'astéroïdes traversant notre atmosphère, donnent naissance aux étoiles filantes. Une partie d'entre elles atteignent le sol sous forme de micrométéorites.

¹ Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

² Institut des sciences moléculaires d'Orsay (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

Comprendre la génération des rayons cosmiques en laboratoire

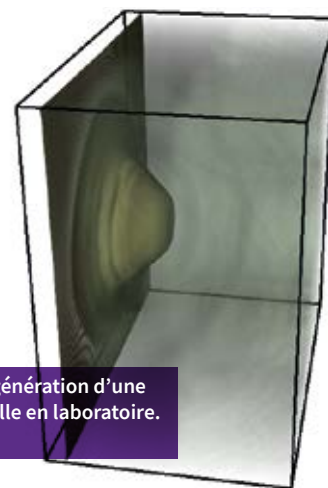
En combinant lasers de puissance et champs magnétiques intenses, des chercheurs du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses¹ sont parvenus à recréer, pour la première fois en laboratoire, les conditions d'émission de particules accélérées lors du choc entre le milieu interplanétaire et le champ magnétique terrestre.

Avec de tels nouveaux outils de simulation et d'expérimentation, l'astrophysique de laboratoire pourrait éclairer les chercheurs sur la façon dont les rayons cosmiques sont générés et accélérés lors d'événements plus énergétiques encore, comme les supernovæ ou les flashes de rayons gamma.

¹ LULI (CNRS/École polytechnique/CEA/Sorbonne Université) à Palaiseau

Simulation numérique de la génération d'une onde de choc non-collisionnelle en laboratoire.

© Julien Fuchs, LULI



Installation laser de puissance LULI200, chaîne d'amplification «kilojoule».

© Jean-Claude MOSCHETTI/CNRS Photothèque

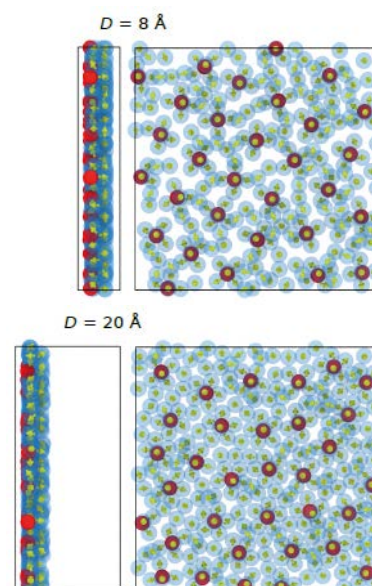
Etudier l'ammoniac à très haute température et très haute pression pour mieux comprendre les planètes géantes glacées

L'ammoniac est considéré comme l'un des composants principaux des manteaux d'Uranus et de Neptune. Aux conditions thermodynamiques de leur intérieurs, les propriétés de l'ammoniac sont très mal connues, en raison des difficultés considérables à le manipuler et comprimer.

À partir de l'installation laser LULI2000, des scientifiques du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses¹ ont développé un dispositif adapté aux expériences de compression par choc laser pour étudier le comportement de l'ammoniac à des pressions et à des températures extrêmes.

Ces travaux soulignent la nécessité de considérer la contribution de l'ammoniac à la génération du champ magnétique d'Uranus et de Neptune et fournissent aux modèles les données nécessaires pour améliorer notre compréhension de ce processus, et progresser dans la connaissance de ces deux géantes glacées.

¹ LULI (CNRS/École polytechnique/CEA/Sorbonne Université) à Palaiseau



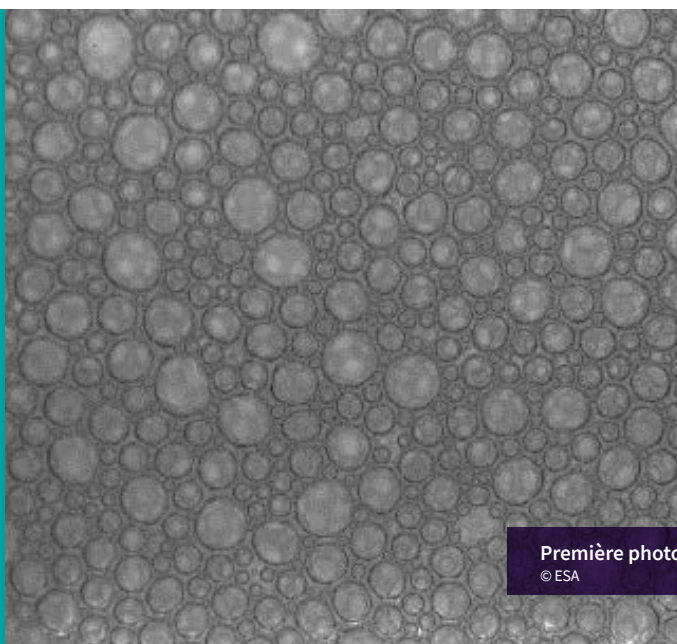
Représentation des ions et des molécules d'eau procurée par les simulations 3D dans le cas de pores étroits (8 Å) et de pores larges (20 Å).

© A. Goyal & al., Science Advances

Percer les secrets du pouvoir de cohésion du ciment

Le ciment est le matériau le plus produit au monde et un acteur majeur des émissions de gaz à effet de serre. Le mystère de l'origine de son extraordinaire pouvoir de cohésion est éclairci grâce à de nouvelles approches théoriques et numériques, développées par une collaboration internationale impliquant un chercheur du Laboratoire de physique théorique et modèles statistiques¹. De quoi dégager des pistes pour concevoir un matériau plus durable.

¹ LPTMS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay



Première photo de mousse prise dans l'ISS, le 9 mars 2020.
© ESA

Étudier les propriétés des mousses liquides en apesanteur

L'expérience FOAM-C étudie les propriétés des mousses liquides en apesanteur. L'objectif est d'apporter des informations précieuses sur le comportement de ces mousses, utilisées dans un grand nombre de domaines, souvent une fois solidifiées, tels que l'isolation thermique et acoustique, la purification de l'eau, la lutte contre les incendies ou les cosmétiques.

Conçue par une équipe internationale de recherche impliquant notamment le Laboratoire de physique des solides¹, l'expérience a commencé en 2020 à bord de la Station spatiale internationale (ISS) et a été prolongée en 2021 avec de nouveaux échantillons mis en place dans l'ISS par Thomas Pesquet.

¹ LPS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

Photovoltaïque : de nouvelles alternatives pour des conducteurs transparents

Des scientifiques du Groupe d'étude de la matière condensée¹ et de l'Institut Lavoisier de Versailles² ont proposé une alternative pour la production de cellules photovoltaïques : des conducteurs transparents à base de vanadium déposés sur des matériaux 2D.

Ces oxydes transparents conducteurs présentent des performances comparables à l'oxyde d'indium-étain (ITO) actuellement utilisé, mais en étant moins coûteux car plus abondant dans la croûte terrestre.

Les scientifiques ont sélectionné des nanofeuillets d'oxydes transparents qui vont recouvrir les supports en verre par simple trempage dans une solution, à température ambiante. Les paramètres cristallographiques du matériau permettent d'obtenir un dépôt homogène, d'épaisseur contrôlée, transparent à la lumière visible. Ce résultat pourrait rapidement offrir des débouchés industriels.

¹ GEMaC (CNRS/UVSQ) à Versailles

² ILV (CNRS/UVSQ) à Versailles

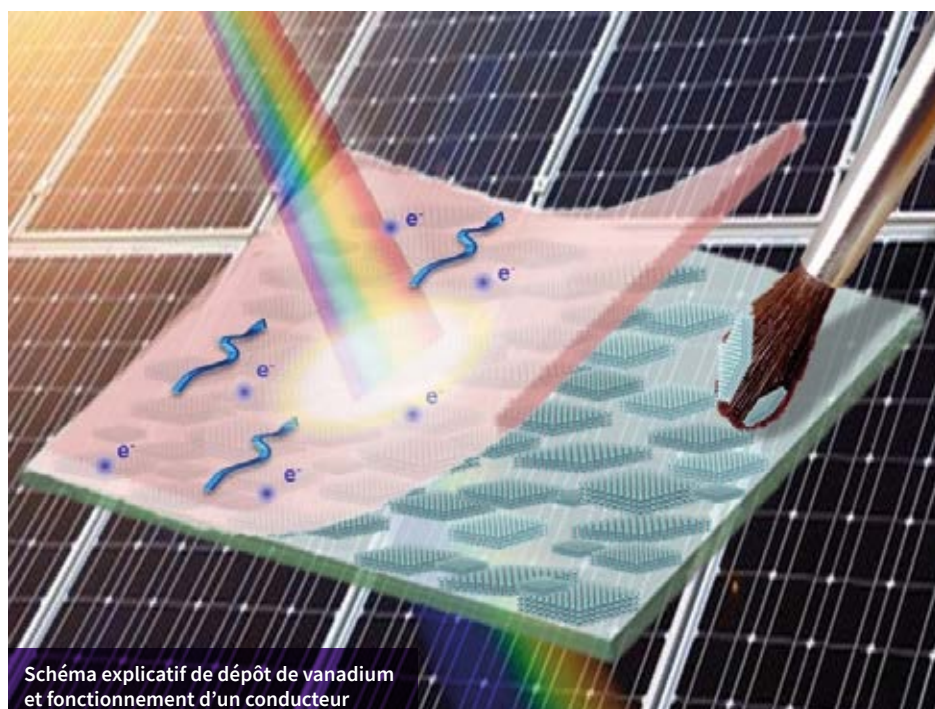


Schéma explicatif de dépôt de vanadium et fonctionnement d'un conducteur transparent pour le photovoltaïque.

© Alexis Boileau

Un courant supraconducteur magnétisé et supercohérent

Une équipe de scientifiques impliquant Javier Villegas, chercheur CNRS à l'Unité mixte de physique CNRS/Thales et porteur d'une bourse européenne ERC « Proof of Concept », a créé un dispositif dans lequel le courant est à la fois magnétisé, supercohérent, tout en ayant un effet supraconducteur à relativement haute température.

Les chercheurs ont montré que leur dispositif est suffisamment stable pour maintenir ce courant spécifique sur une distance 10 à 100 fois supérieure à ce qui était possible auparavant. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Nature Materials*.

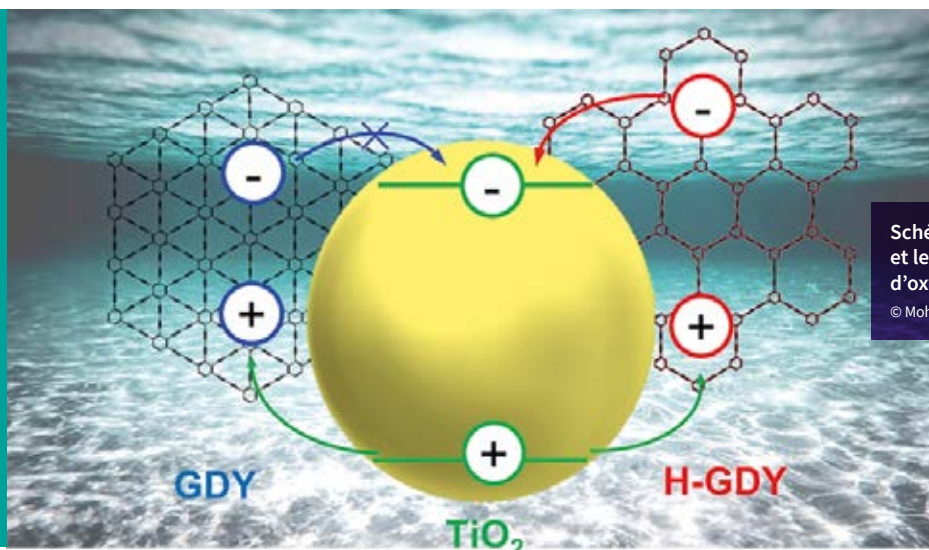


Schéma de photocatalyse utilisant le Graphidyne (GDY) et le Graphidyne hydrogéné (H-GDY) en présence d'oxyde de titane (TiO_2) comme catalyseur.

© Mohamed Nawfal Ghazzal

Les plantes, sources d'inspiration pour convertir l'énergie solaire

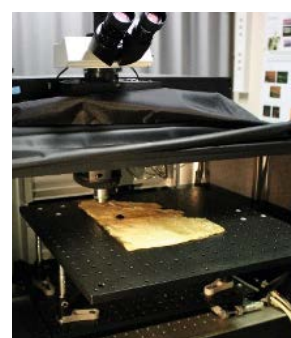
Produire de l'hydrogène vert par photodissociation de l'eau comme le font les plantes nécessite des photocatalyseurs à la fois performants et peu coûteux. Il est donc nécessaire de s'affranchir des métaux nobles qui entrent actuellement dans leur composition.

C'est pourquoi des scientifiques de l'Institut de chimie physique¹ et de l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay² ont eu l'idée de développer une nouvelle famille de matériaux hybrides composés majoritairement, à l'instar les plantes vertes, d'atomes de carbone.

Leurs résultats montrent que ces nouveaux photocatalyseurs permettraient de produire efficacement de l'hydrogène à partir d'eau grâce à la lumière visible.

¹ ICP (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² ISMO (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

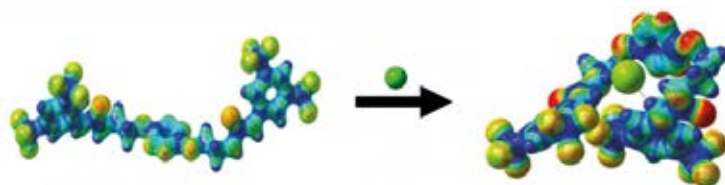


Technique d'imagerie optique avancée afin de réaliser une évaluation quantitative, sans contact et non destructive des parchemins.

© M. Schmeltz, LOB

En présence d'anions, le récepteur moléculaire se replie et change de conformation. Cela affecte la lumière émise par son composé fluorescent.

© R. Plais



Mise au point d'une pince moléculaire fluorescente et flexible au potentiel applicatif

Développer des molécules « pinces » capable de piéger et relarguer des anions, espèces chimiques chargées négativement, est une problématique intéressante pour nombre d'applications allant de la dépollution de l'eau aux approches thérapeutiques. Ce piégeage réversible repose sur l'utilisation d'interactions faibles et modulables entre les molécules « pinces » et l'anion.

Des scientifiques de l'Institut Lavoisier de Versailles¹, du Laboratoire analyse, modélisation et matériaux pour la biologie, et l'environnement² et du laboratoire Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires³ ont mis au point et synthétisé de telles molécules fluorescentes dont le comportement dual de capteur et de sonde d'anions a pu être démontré.

¹ ILV (CNRS/UVSQ) à Versailles

² LAMBE (CNRS/Université d'Evry/CY Cergy Paris Université) à Evry

³ PPSM (CNRS/ENS Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette

Le diagnostic des parchemins passe au sans contact

L'état de conservation des parchemins est habituellement évalué par des techniques invasives, voire destructives. Des scientifiques du Laboratoire d'optique et biosciences¹ ont développé une technique d'imagerie optique avancée afin de réaliser une évaluation quantitative, sans contact et non destructive de ces supports.

Cette approche, validée sur des échantillons vieillissants artificiellement, a été appliquée à des manuscrits sur parchemin datés du XIII^e siècle, issus du prestigieux fonds de la médiathèque de Chartres. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Science Advances* le 16 juillet 2021.

¹ LOB (CNRS/École polytechnique/Inserm) à Palaiseau



© Pixabay

L'histoire de la domestication des abricotiers retracée par la génomique

Une collaboration scientifique, impliquant notamment le laboratoire Écologie, systématique et évolution¹, a analysé les séquences du génome entier de plus de 900 abricotiers cultivés et espèces apparentées sauvages, provenant de différentes origines géographiques. Les résultats permettent d'améliorer l'état des connaissances sur les processus d'adaptation et d'identifier des régions génomiques importantes pour la sélection et la culture des arbres fruitiers.

¹ ESE (CNRS/AgroParisTech/Université Paris-Saclay) à Orsay



Le longicorne asiatique envahissant, *Anoplophora glabripennis*, a des répercussions sur de nombreuses espèces d'arbres dans son aire de répartition envahissante, en Amérique du Nord et plus récemment en Europe.

© Marian Javal

1 300
milliards de dollars
en 40 ans

C'est le coût engendré par les espèces envahissantes d'après une étude internationale, dont les résultats ont été publiés dans Nature, dirigée par des scientifiques de l'ESE¹. L'augmentation annuelle de ces coûts, encore sous-estimés, ne montre aucun signe de ralentissement.

¹ Écologie, systématique et évolution (CNRS/AgroParisTech/Université Paris-Saclay)

La recherche se mobilise autour de l'impression 3D du métal et des céramiques

L'impression 3D du métal et de la céramique est aujourd'hui utilisée dans de nombreux secteurs industriels.

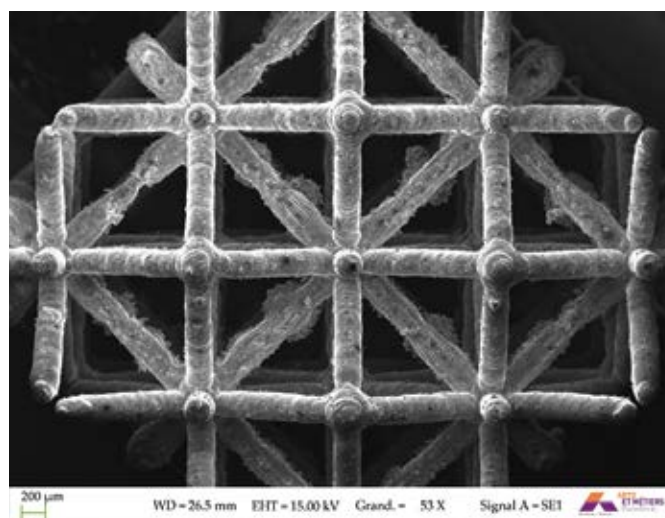
Treize laboratoires du CNRS et des partenaires, dont trois unités du CNRS à Paris-Saclay – CMAP¹, LMS² et LPGP³ – s'associent pour une durée de cinq ans, afin de créer un Groupement d'intérêt scientifique « Hautes énergies en fabrication additive » (GIS Head) et répondre à ces problématiques. Son ambition est de participer pleinement à l'accélération de l'industrialisation de ces nouvelles technologies. Il se positionne sur les problématiques et les verrous les plus fondamentaux, avec toujours une visée vers la maturation et l'exploitation industrielles, en cohérence avec des partenaires régionaux et nationaux.

Le lancement du GIS Head s'accompagnera par la création d'un club d'industriels dont les membres auront un accès privilégié à des rencontres techniques et à des expertises régulières, ainsi que des accès prioritaires à la propriété intellectuelle générée par le GIS.

¹ Centre de mathématiques appliquées (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

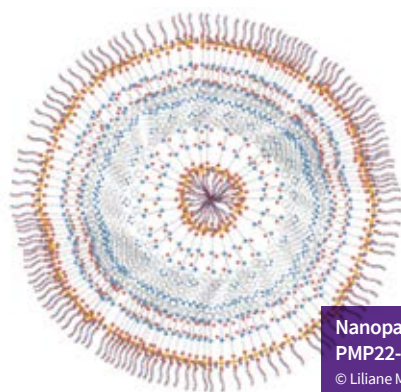
² Laboratoire de mécanique des solides (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

³ Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay



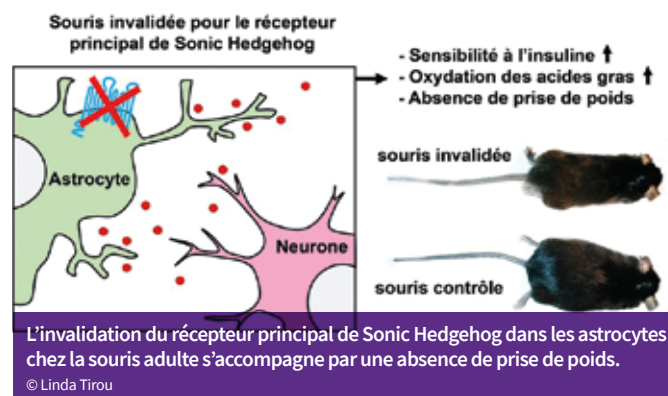
Structure lattice
à barreaux.

© Institut de mécanique et
d'ingénierie de Bordeaux



Nanoparticule siRNA
PMP22-squalène.

© Lilliane Massade



© Linda Tirou

Maladie de Charcot-Marie Tooth : une innovation thérapeutique pour restituer l'activité locomotrice

La maladie de Charcot-Marie Tooth est la maladie neurologique héréditaire la plus fréquente au monde. Elle touche le nerf périphérique et entraîne une paralysie progressive des jambes et des mains. Aucun traitement n'est aujourd'hui disponible pour lutter contre cette maladie due à la surexpression d'une protéine spécifique, appelée PMP22. Des scientifiques de l'Institut Galien Paris-Saclay¹ ont mis au point une thérapie brevetée, fondée sur la dégradation de l'ARN codant pour cette protéine. Ils ont ainsi montré, sur des souris modèles de cette maladie, que l'injection de ces ARN interférents (siARN) permettait la restitution complète et rapide de l'activité locomotrice et de la force des souris.

Les siARN pénètrent dans les nerfs périphériques, et normalisent la quantité de PMP22 présente. Ce changement renforce la couche de myéline autour de ces nerfs et normalise la vitesse du signal nerveux. L'effet du traitement perdure trois semaines pour les formes graves et plus de dix semaines pour les formes plus légères de la maladie. Cette stratégie thérapeutique reste à développer chez l'humain avec des études précliniques et cliniques.

¹ IGPS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Châtenay-Malabry en 2021

Prévention de l'obésité et du diabète : une nouvelle piste identifiée dans le cerveau

L'obésité et les troubles métaboliques associés, tel que le diabète de type 2, représentent un problème de santé majeur. La prise en charge de ces pathologies, en particulier chez les patients âgés, demeure très complexe. De récents travaux menés à l'Institut des neurosciences Paris-Saclay¹ ont permis d'identifier une nouvelle piste prometteuse : la signalisation Sonic Hedgehog présente dans certaines cellules du cerveau, les astrocytes.

Jusqu'à présent, la plupart des études consacrées à ce sujet se sont concentrées sur le rôle des tissus périphériques, tels que le tissu adipeux. Seules quelques-unes d'entre elles ont étudié le rôle du cerveau dans l'apparition et la progression de ces maladies. Les données présentées dans l'étude suggèrent que la modulation pharmacologique de la signalisation Sonic Hedgehog dans les astrocytes pourrait être envisagée dans la prévention de l'obésité et du diabète de type 2 chez l'Homme. Il conviendra cependant d'approfondir cet axe de recherche prometteur avant d'identifier de futurs médicaments.

¹ NeuroPSI (CNRS/Université Paris-Saclay) à Saclay

Consensus sur les astrocytes, partenaires négligés des neurones dans les maladies cérébrales

Dans le cerveau, les astrocytes sont des partenaires essentiels pour les neurones et possèdent un rôle actif dans le fonctionnement et la plasticité du cerveau. En réponse à une situation pathologique, ces cellules changent, et deviennent des astrocytes « réactifs ». Cependant, la transformation en astrocytes réactifs est susceptible, d'une part, d'avoir des conséquences importantes sur la résilience du cerveau face à chaque situation pathologique et, d'autre part, d'influencer l'évolution de la maladie. Cette réponse reste mal comprise et fait l'objet de confusions et de controverses.

Plus de 80 experts issus de laboratoires internationaux, dont le LMN¹, se sont accordés pour établir des recommandations communes sur la nomenclature, les bonnes pratiques de recherche et les questions importantes à explorer pour mieux comprendre les réponses complexes et spécifiques des astrocytes en conditions pathologiques. Cet effort de consensus a pour objectif, à terme, d'optimiser le ciblage thérapeutique mais aussi d'aider dans le diagnostic, le suivi de l'évolution des maladies du cerveau et la stratification des patients.

¹ Laboratoire de maladies neurodégénératives : mécanismes, thérapies, imagerie (CNRS/CEA/Université Paris-Saclay) à Fontenay-aux-Roses



© Ramon Y Cajal 1925

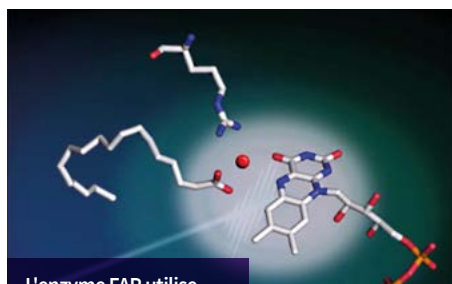
Chimie verte et biocarburant : le fonctionnement d'une photoenzyme clé décrypté

Une équipe internationale de scientifiques incluant des chercheurs des laboratoires LOB¹, de l'I2BC² et du synchrotron SOLEIL³ sont parvenus à comprendre le fonctionnement d'une molécule utile pour produire des biocarburants et de la chimie verte : l'enzyme FAP (*Fatty Acid Photodecarboxylase*). Cette enzyme utilise l'énergie de la lumière pour transformer un acide gras en précurseur d'hydrocarbure. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Science*, le 9 avril 2021.

¹ Laboratoire d'optique et biosciences (CNRS/École polytechnique/Inserm) à Palaiseau

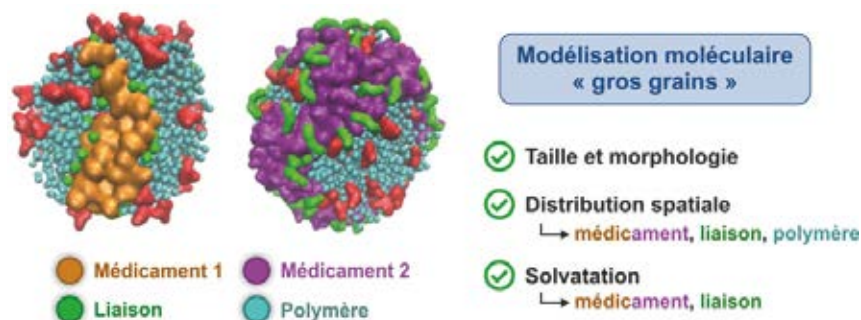
² Institut de biologie intégrative de la cellule (CNRS/CEA/Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette

³ (CNRS/CEA) à Gif-sur-Yvette



L'enzyme FAP utilise l'énergie de la lumière pour transformer un acide gras en précurseur d'hydrocarbure.

© Damien Sorigue/CEA



© Julien Nicolas

Cancer : modéliser l'organisation supramoléculaire de pro-médicaments pour un meilleur ciblage

Afin de concevoir plus efficacement des nanoparticules en oncologie via une meilleure prédiction de la libération du médicament, des chercheurs de l'Institut Galien Paris-Saclay¹ et de BioCIS² sont parvenus à élucider avec précision l'organisation supramoléculaire de nanoparticules de prodrogues polymères anticancéreux.

L'encapsulation de principes actifs dans des nanoparticules permet un traitement mieux ciblé. Cependant, ces principes actifs s'échappent toujours en quantité non négligeable avant leur arrivée à la cible. En liant le médicament à un polymère, on parvient à mieux contrôler sa libération et éviter son relargage précoce.

Les scientifiques sont parvenus pour la première fois, grâce à des méthodes de simulation, à décrire l'organisation supramoléculaire de ces prodrogues au sein des nanoparticules pour une meilleure prédiction thérapeutique, notamment en oncologie.

Plus généralement, cette approche particulière de modélisation « gros grain » pourrait être utilisée pour anticiper l'efficacité thérapeutique de n'importe quelle nanoparticule polymère dédiée à la nanomédecine.

¹ IGPS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Châtenay-Malabry en 2021

² Biomolécules : conception, isolement, synthèse (CNRS/Université Paris-Saclay) à Châtenay-Malabry en 2021

Les imogolites, des nanotubes aux propriétés remarquables

Le traitement des polluants aquatiques est un enjeu écologique majeur qui nécessite de trouver des solutions afin de les dégrader et les éliminer. Parmi les technologies possibles, la photocatalyse hétérogène des semi-conducteurs utilisant la lumière pour générer des espèces réactives est particulièrement intéressante et viable sur le plan énergétique. Elle repose sur l'activation d'un semi-conducteur par la lumière.

Une équipe du laboratoire Nanosciences et innovation pour les matériaux, la biomédecine et l'énergie¹ a récemment démontré l'efficacité de nanotubes d'imogolite comme photocatalyseurs dont la surface peut être facilement modifiée pour attirer et réagir avec des molécules ciblées. L'imogolite est un aluminosilicate, naturellement présent dans les sols volcaniques, pouvant être synthétisé. Ces résultats permettent d'entrevoir des solutions écologiquement viables pour la dépollution de l'eau.

¹ NIMBE (CNRS/CEA) à Gif-sur-Yvette

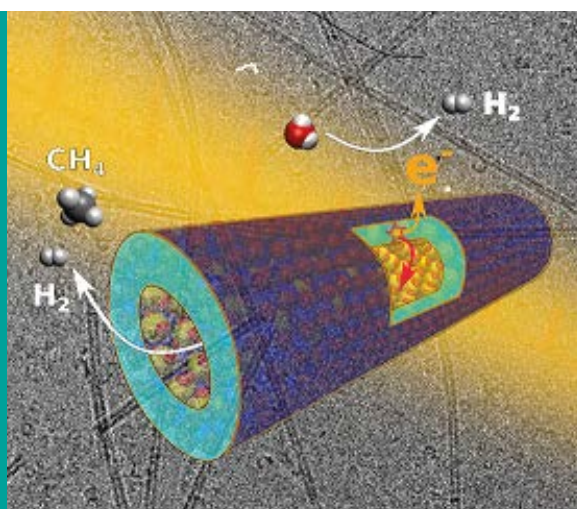
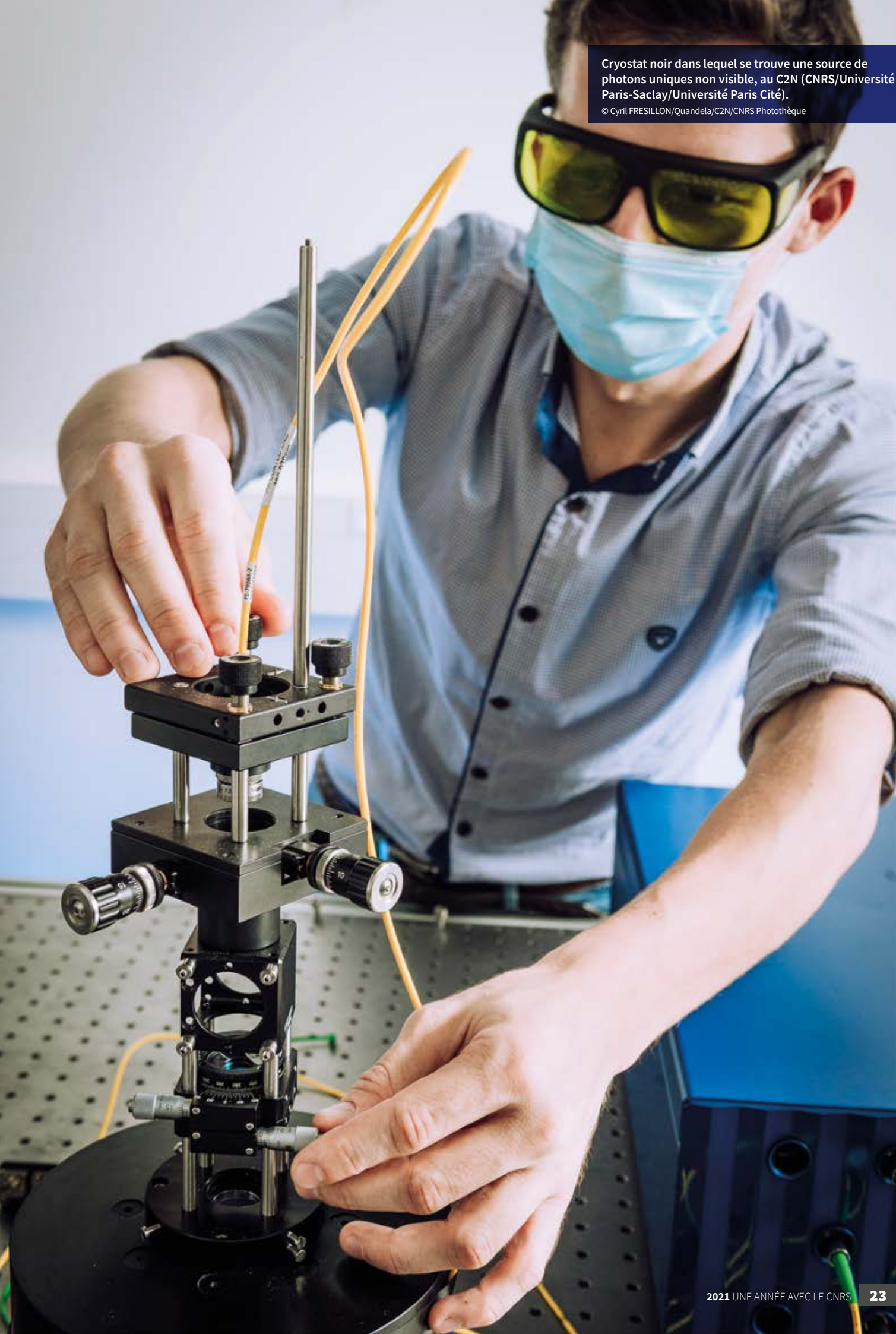


Image cryo-TEM (fond) d'imogolite standard (IMO-OH). La séparation des paires électron/trou est favorisée par le champ électrique induit par la courbure au sein de la paroi des nanotubes. © NIMBE

L'INNOVATION EN 2021

Cryostat noir dans lequel se trouve une source de photons uniques non visible, au C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité).

© Cyril FRESILLON/Quandela/C2N/CNRS Photothèque



Traitement des AVC : premiers essais sur l'humain d'un dispositif innovant développé par la startup Sensome

Les accidents vasculaires cérébraux ischémiques sont la principale cause de handicap physique acquis. Pour les traiter, il est possible d'introduire un dispositif guidé dans le vaisseau sanguin du patient, afin d'éliminer le caillot qui l'obstrue. Afin d'améliorer l'efficacité de l'intervention - et ainsi d'augmenter les chances de rétablissement du patient -, la start-up Sensome, issue du Laboratoire d'hydrodynamique¹ à Palaiseau, propose un « guide » connecté doté d'un capteur qui fournit aux médecins des informations en temps réel sur le caillot à éliminer.

Ce microcapteur, développé à partir de travaux menés au Laboratoire d'hydrodynamique, identifie la nature biologique du caillot par des mesures d'impédance électrique, couplées avec des algorithmes d'intelligence artificielle (apprentissage machine). Ce nouvel outil permet ainsi de choisir au plus tôt la meilleure méthode d'intervention.

Les essais sur l'humain, qui impliquent une centaine de patients, ont débuté en 2021, pour une commercialisation du capteur prévue en 2023.

¹ LadHyX (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau



Le microcapteur de Sensome identifie la nature biologique du caillot par des mesures d'impédance électrique, couplées avec des algorithmes d'intelligence artificielle.

© Sensome



Le CNRS à VivaTech

Le CNRS était présent à l'édition 2021 de Viva Technology, le plus grand salon européen dédié aux start-ups et aux nouvelles technologies. L'occasion de mettre en avant la capacité d'innovation et le savoir-faire de ses laboratoires de recherche à Paris-Saclay, en y présentant notamment Quandela, startup du quantique issue du Centre de nanosciences et de nanotechnologies¹, et SportsDynamics, startup qui développe une technologie issue du Laboratoire d'hydrodynamique². Les startups Damae Medical (issue du LCF³), Learning Robots (issue du NeuroPSI⁴), Pasqal (issue du LCF), Exotrail (issue du GEMaC⁵), et Ynsect (liée par un contrat de collaboration au laboratoire EGCE⁶), ont également participé à l'événement.

¹ C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité)

² LadHyX (CNRS/École polytechnique)

³ Laboratoire Charles Fabry (CNRS/Institut d'optique Graduate School)

⁴ Institut des neurosciences Paris-Saclay (CNRS/Université Paris-Saclay)

⁵ Groupe d'études de la matière condensée (CNRS/UVSQ)

⁶ Evolution, génomes, comportement et écologie (CNRS/IRD/Université Paris-Saclay)



Un médicament candidat pour soigner l'hypertension artérielle pulmonaire

L'hypertension artérielle pulmonaire est une maladie vasculaire rare, jusqu'ici incurable. Cette pathologie résulte d'une prolifération incontrôlée des cellules vasculaires pulmonaires (processus appelé « remodelage vasculaire »), qui obstruent les petites artères pulmonaires. Les seuls traitements disponibles à ce jour sont des vasodilatateurs, qui peuvent seulement prolonger l'espérance de vie des patients en allégeant les symptômes, mais sans traiter la pathologie.

Des scientifiques du laboratoire Biomolécules : conception, isolement, synthèse¹, en collaboration avec le Service de pharmacologie et d'immunoanalyse², ont apporté leur compétence dans la conception et la synthèse de nouvelles molécules actives capables de bloquer un récepteur, appelé « NMDAR » et impliqué dans le mécanisme de remodelage vasculaire pulmonaire. Cela a permis de développer un nouveau traitement curatif de l'hypertension artérielle pulmonaire.

Une start-up est en cours de création pour mener le candidat médicament jusqu'aux études cliniques de phases I et II.

¹ BioCIS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Châtenay-Malabry en 2021

² SPI (Université Paris-Saclay/CEA-INRAE) à Gif-sur-Yvette

C'est le nombre de projets de start-up soutenus par le CNRS en 2021 via le programme RISE, qui accompagne les chercheurs dans la création d'une start-up exploitant une technologie issue d'un laboratoire du CNRS et de ses partenaires.

Parmi les projets de la nouvelle promotion, deux sont issus des laboratoires de Paris-Saclay : SPARK dans le domaine de la production d'hydrogène décarboné - issue du Laboratoire d'énergétique moléculaire et macroscopique, combustion (EM2C - CNRS) - et Ncodin dans le domaine des composants photoniques pour les data centers - issue du Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité).



L'application permettrait de traiter efficacement l'image d'un antibiogramme (photo) sur un smartphone.
© Hôpital Henri Mondor

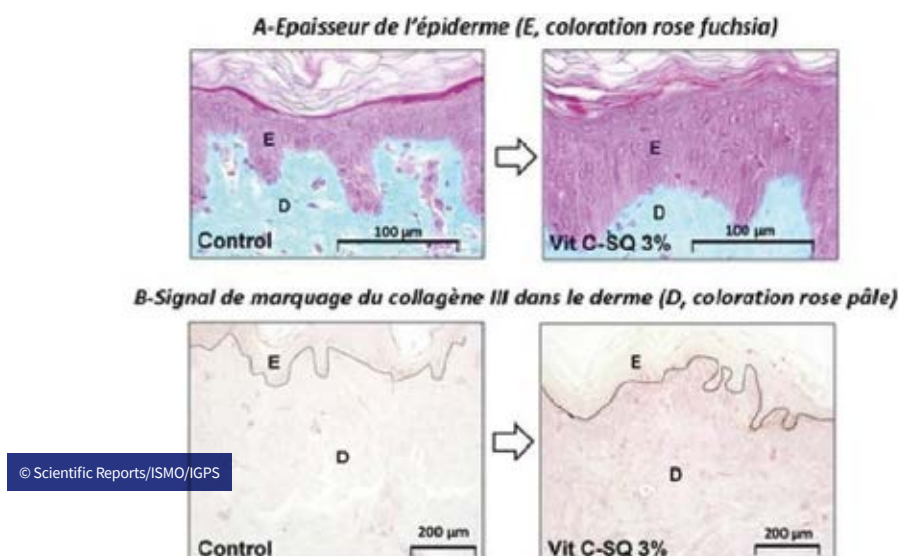
Une application mobile pour faciliter la détection des bactéries résistantes aux antibiotiques

Dans les pays en voie de développement, l'identification d'antibiorésistance chez les bactéries est un challenge de taille. La Fondation Médecins sans Frontières (MSF) y a été confrontée lors de la mise en place de laboratoire de bactériologie dans cinq pays à ressources limitées. À partir de ce constat, un chercheur du laboratoire Génomique métabolique¹ du Genoscope a proposé de créer une application gratuite et facile d'utilisation, et de développer de nouveaux algorithmes d'intelligence artificielle pour traiter efficacement l'image d'un antibiogramme sur un smartphone.

La Fondation MSF a vu en ce projet une opportunité de développer une solution technologique innovante en réponse à une problématique vécue. Elle a donc initié en 2018 ce projet collaboratif entre une équipe de scientifiques impliquant le Laboratoire de mathématiques et modélisation d'Évry² - et l'hôpital Henri-Mondor AP-HP. Ils ont développé cet outil en *open source*, qui sera disponible gratuitement partout dans le monde par les personnels de santé après sa validation clinique et l'obtention de la certification CE. La faisabilité technique d'une telle application a fait l'objet d'une publication dans la revue *Nature communications* en février 2021.

¹ GM (CEA/CNRS/Université d'Évry, site de Genopole) à Évry

² LaMME (CNRS/Université d'Évry, site de Genopole) à Évry



© Scientific Reports/ISMO/IGPS

Une formulation de vitamine C pour favoriser la régénération de la peau

L'action bénéfique de la vitamine C sur la régénération de la peau est un phénomène bien connu. Mais son utilisation pratique, en particulier dans des produits cosmétiques anti-âge, se heurte à un obstacle rédhibitoire : la vitamine C est très rapidement oxydée et ne franchit pas la barrière cutanée. Des chercheurs de l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay¹ et de l'Institut Galien Paris-Saclay², en collaboration avec le laboratoire Ingénierie et plateformes au service de l'innovation thérapeutique - IPSIT, ont mis au point une stratégie qui permet de lever cet obstacle. Elle consiste à réaliser un couplage chimique de la vitamine C avec un composé lipidique naturellement présent dans la peau : le squalène. Ce bioconjugué vitamine C-squalène, capable de traverser la barrière cutanée, est breveté et a fait l'objet d'une licence auprès d'une start-up américaine, Squal Pharma, cofondée par Patrick Couvreur, professeur de l'Université Paris-Saclay à l'IGPS. Elle développe plusieurs bioconjugués du squalène pour la dermatologie, l'oncologie, et le traitement de la douleur.

¹ ISMO (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² IGPS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Châtenay-Malabry en 2021

La startup Kimialys développe des chimies de surface innovantes pour révolutionner le diagnostic précoce des maladies

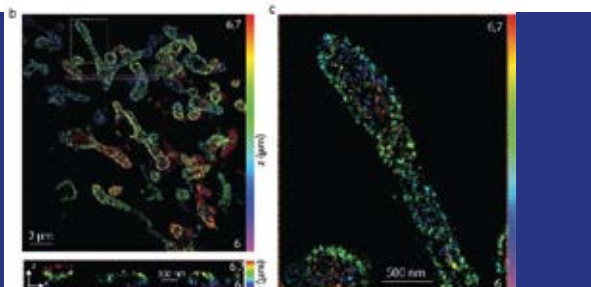
Dix années de recherches menées au sein du Laboratoire de biologie et pharmacologie appliquée¹ sont à l'origine de l'aventure Kimialys. Son objectif était de mettre au point une méthodologie exclusive relative à une chimie de surface permettant de détecter une molécule en milieu complexe, en s'affranchissant de toute interaction non spécifique.

Une maturation de 18 mois, initiée avec la SATT Paris-Saclay en 2017, a permis de franchir de nombreuses étapes scientifiques et technologiques, ainsi que sur le plan de la propriété intellectuelle et du business. Ce temps a également été mis à profit pour formaliser les actifs – via un brevet et deux savoir-faire – en vue de leur transfert.

Kimialys a vu le jour en octobre 2020, puis la SATT Paris-Saclay et la start-up ont annoncé en février 2021 la signature d'un contrat de transfert de technologie. Kimialys vise désormais à démocratiser sa technologie pour que son impact soit le plus important possible dans le monde du diagnostic.

¹ LBPA (CNRS/ENS Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette

Clichés d'observations microscopiques utilisant la technique ModLoc pour visualiser des protéines d'intérêt.
© Sandrine Lévêque-Fort/ISMO



ModLoc : une technique brevetée pour localiser des molécules en 3D avec une précision nanométrique

Pour la recherche en biologie fondamentale, et également en diagnostic médical, déterminer la localisation en 3D de molécules dans les échantillons est un enjeu majeur. Avec les méthodes actuelles, les chercheurs font encore face à un obstacle : la précision de la mesure de la position axiale d'une molécule (dans l'épaisseur de l'échantillon) varie avec la profondeur de l'observation.

Des résultats de recherche originaux obtenus notamment à l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay¹ proposent un nouveau concept dans le processus de localisation des molécules uniques : une technique fondée sur une illumination structurée variant rapidement au cours du temps. En effet, les échantillons ne sont habituellement éclairés dans une seule direction. Ici, c'est la variation de l'éclairage, réalisé avec l'interférence de deux lasers, qui permet d'obtenir plus d'informations. Cette technique de microscopie en fluorescence, appelée ModLoc (*Modulated localization*), atteint une précision nanométrique dans les trois dimensions et constitue une réelle avancée. ModLoc a fait l'objet d'un dépôt de brevet et peut s'implémenter sur tout microscope optique. Une étude de valorisation est en cours, en lien avec la start-up Abbelight, spécialiste des technologies de microscopie en super-résolution, également fondée au sein d'un laboratoire CNRS du territoire, suite à des travaux de l'ISMO et de l'Institut Langevin².

¹ ISMO (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² (CNRS/ESPCI Paris)

Développer l'hydrogène décarboné pour atteindre la neutralité carbone

Dans le cadre d'un plan de relance pour atteindre la neutralité carbone, la France mise sur l'hydrogène décarboné et déploie des moyens conséquents pour le développement de cette filière et des recherches dans le domaine. Dans cette optique, en mars 2021, le CNRS a lancé sa Fédération de recherche hydrogène « FRH2 », qui implique plus de 270 scientifiques experts de cette thématique travaillant dans des laboratoires de pointe du CNRS et de ses partenaires, en lien fort avec des industriels. Trois équipes de recherche établies au sein du Cluster Paris-Saclay sont particulièrement impliquées dans cette filière :

- L'équipe de Pierre Millet, à l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay¹, développe une technique d'électrolyse de l'eau pour la production d'hydrogène en grande quantité et sans impact carbone.
- L'équipe de Guilhem Dezanneau, du laboratoire Structures, propriétés et modélisation des solides², explore de nouveaux matériaux capables d'augmenter la durabilité et les performances des systèmes de piles et électrolyse à hydrogène.
- L'équipe de Christophe Laux, au laboratoire d'Énergétique moléculaire et macroscopique, combustion³, est conseiller scientifique du projet de startup Spark, qui a vu le jour lors d'une thèse sous sa direction, et qui ambitionne de produire de l'hydrogène par décharges de plasmas froids.

¹ ICMMO (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay.

² SPMS (CNRS/CentraleSupélec) à Gif-sur-Yvette.

³ EM2C (CNRS/CentraleSupélec) à Gif-sur-Yvette



Photo d'un réacteur plasma pour la production d'hydrogène.

© EM2C/CNRS



La start-up Ion-X développe une gamme de propulseurs ioniques, basés sur une technologie conçue au C2N.

© Ion-X

Un propulseur ionique pour les petits satellites

Les microsatsellites (50-300 kg) et les nanosatsellites (1-50 kg) sont une solution d'avenir pour réduire les coûts des systèmes spatiaux, notamment les coûts de lancement. Cependant, pour contrôler leurs trajectoires en orbite, il est nécessaire de les équiper de propulseurs aussi performants que compacts.

Dans cette optique, la start-up Ion-X développe une gamme de propulseurs ioniques, basés sur une technologie conçue et brevetée au Centre de nanosciences et de nanotechnologies¹ en collaboration avec le CNES.

L'expertise et le savoir-faire du C2N en matière de sources d'ions ont permis de concevoir une solution adaptée au spatial, notamment en termes de compacité. Ces recherches ont fait l'objet d'un projet de prématurité soutenu par le CNRS et le projet de start-up a également bénéficié de son programme d'accompagnement RISE. Ces actions se sont concrétisées notamment à travers une participation du CNRS au capital de l'entreprise Ion-X créée en mai 2021. Celle-ci a effectué une nouvelle levée de fonds de près de 2 millions d'euros afin d'industrialiser ce nouveau propulseur.

¹ C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau

Un test cognitif numérique pour évaluer les troubles de la prise de décision

La vitesse psychomotrice avec laquelle une personne réagit à un stimulus est affectée par de nombreuses pathologies, telles que les troubles de l'attention (TDAH), la dépression, les maladies dégénératives, les addictions, les troubles du sommeil ou encore les troubles cognitifs liés aux COVID longs.

MindPulse est un test cognitif numérique de nouvelle génération, qui mesure les réactions au centième de seconde, et produit des résultats complets en une quinzaine de minutes. Ce nouvel outil de test, mis au point avec une équipe de l'Institut des neurosciences de Paris-Saclay¹, a donné lieu à un dépôt de brevet ; et la start-up It's Brain le commercialise auprès des cliniciens (psychologues, médecins, orthophonistes, psychomotriciens et ergothérapeutes). Aujourd'hui, les tests permettant de mesurer le ralentissement psychomoteur les plus répandus reposent encore trop souvent sur l'usage du papier et du crayon. C'est pourquoi plus d'un millier de cliniciens se sont inscrits pour tester cette alternative plus moderne et plus précise. Des collaborations avec des CHU sont en cours et visent à mieux caractériser certaines pathologies comme les effets neurocognitifs de la COVID-19, la dépression résistante ou encore les AVC.

¹ NeuroPSI (CNRS/Université Paris-Saclay) à Saclay

Start-up Ynsect : futur leader mondial dans la production de protéines naturelles d'insectes

Lancé en 2019 par le président de la République, le programme d'accompagnement French Tech Next 40/120 encourage l'émergence de leaders technologiques de rang mondial, en leur faisant bénéficier d'un accompagnement renforcé de l'État.

Dix start-ups du CNRS ont été distinguées en 2021, parmi lesquelles Ynsect, start-up issue du laboratoire Évolution, génomes, comportement et écologie¹, dont l'activité est l'élevage et la transformation d'insectes en ingrédients à destination de la nutrition des humains, animaux et végétaux.

Devenue une véritable référence dans son domaine, Ynsect continue son expansion. Elle a notamment racheté la start-up à succès néerlandaise Protifarm en 2021 puis l'entreprise américaine Jord Producers. Ynsect a également lancé le premier programme industriel au monde dédié à la génétique des scarabées.

¹ EGCE (CNRS/Université Paris-Saclay/IRD) à Gif-sur-Yvette



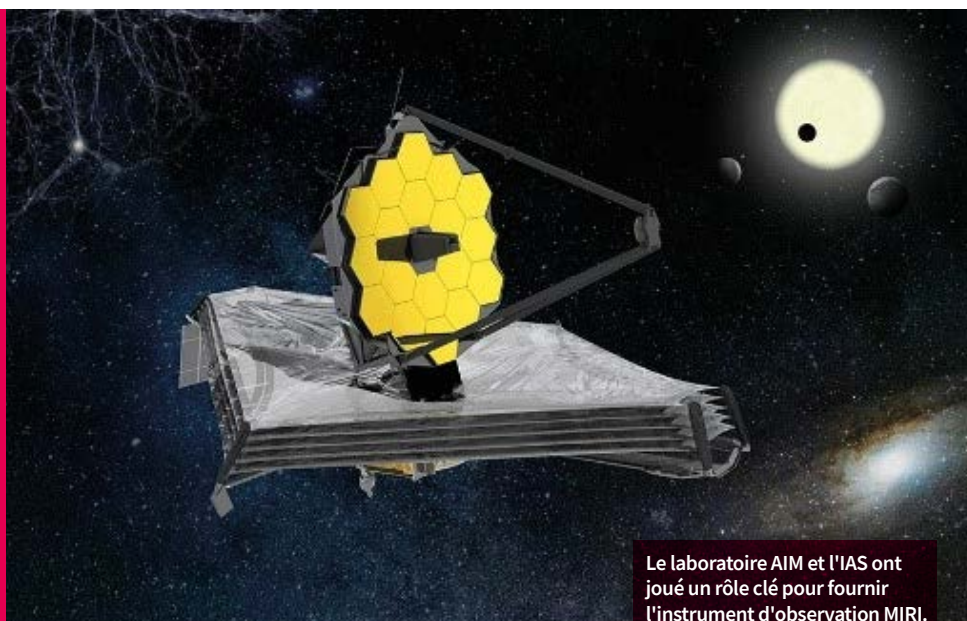
© ITSBrain

L'INTERNATIONAL EN 2021

Le télescope spatial James Webb, lancé le 25 décembre 2021, embarque à son bord quatre instruments pour observer les objets les plus lointains, dont MIRI (*Mid-infrared instrument*), qui est constitué d'une caméra et d'un spectromètre agissant dans l'infrarouge moyen. Sous la maîtrise d'œuvre du CEA et la maîtrise d'ouvrage du CNES, plusieurs laboratoires français ont joué un rôle clé pour fournir l'imageur de MIRI, notamment le laboratoire Astrophysique, instrumentation, modélisation (AIM – CNRS/CEA/Université Paris cité) et l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS – CNRS/Université Paris-Saclay).

© NASA/ Chris Gunn





Le laboratoire AIM et l'IAS ont joué un rôle clé pour fournir l'instrument d'observation MIRI.
© ESA/ATG medialab

Le télescope James Webb embarque à son bord un instrument conçu en partie au sein du cluster Paris-Saclay

Très attendu par la communauté astronomique mondiale, le télescope spatial James Webb (JWST) de la Nasa a été lancé le 25 décembre 2021. Il va révolutionner l'astronomie par ses capacités inédites dans le domaine infrarouge pour caractériser les exoplanètes, les premières étoiles et les premières galaxies dans l'Univers lointain.

A son bord, il embarque quatre instruments d'observation, notamment l'instrument MIRI (*Mid-infrared instrument*), constitué d'une caméra et d'un spectromètre agissant dans l'infrarouge moyen. MIRI devrait permettre de révéler la formation des galaxies, il y a 13 milliards d'années, ou encore d'observer la formation des étoiles et des planètes.

Sous la maîtrise d'œuvre du CEA et la maîtrise d'ouvrage du CNES, plusieurs laboratoires français ont joué un rôle clé pour fournir l'imageur de MIRI, notamment le laboratoire Astrophysique, instrumentation, modélisation¹ et l'Institut d'astrophysique spatiale².

¹ AIM (CNRS/CEA/Université Paris Cité) à Gif-sur-Yvette

² IAS (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

L'expertise de nos scientifiques au service de la mission spatiale européenne JUICE

La sonde JUICE (*JUpiter ICy moons Explorer*) de l'Agence spatiale européenne (ESA), partira en 2023 pour explorer Jupiter et ses lunes. En développement depuis presque dix ans, l'ensemble des instruments de cette sonde étaient en voie de finalisation en 2021. Parmi eux figure MAJIS, un spectro-imageur conçu au sein de l'Institut d'astrophysique spatiale¹ qui permettra de caractériser l'atmosphère jovienne et la surface des satellites.

Autre composant embarqué à bord de JUICE en 2022 : une diode Schottky fabriquée en salle blanche au Centre de nanosciences et de nanotechnologies², un concentré de technologie nanoscopique qui offrira une sensibilité inédite à l'instrument SWI (fabriqué en Allemagne) qui l'accueille.

¹ IAS (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay

² C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau



Le spectro-imageur MAJIS, conçu au sein de l'Institut d'astrophysique spatiale, permettra de caractériser l'atmosphère jovienne.
© MAJIS team



15

C'est le nombre de doctorants internationaux formés dans le cadre du projet européen DEEPICE, coordonné par Amaëlle Landais, chercheuse CNRS au LSCE¹. DEEPICE va former ces étudiants sur les questions scientifiques liées au changement climatique en Antarctique, en tirant parti d'un forage qui va extraire une carotte de glace vieille de 1,5 million d'années.

¹ Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS/CEA/UVSQ)

BOURSES EUROPEENNES ERC

Les bourses ERC « Advanced Grant » permettent à des scientifiques, reconnus dans leur domaine aux niveaux national et international, de mener des projets novateurs à haut risque qui ouvrent de nouvelles voies dans leur discipline ou dans d'autres domaines. D'une durée de cinq ans, ces projets bénéficient chacun d'un budget maximum de 2,5 millions d'euros.



Le CNRS est l'institution hôte pour 14 bourses ERC « Advanced Grant » 2021 au niveau national, dont trois sur le territoire Paris-Saclay



© Laurent Arduin pour le CNRS



© Laurent Thion/Ecliptique/CNRS Photothèque



© C. Schune

Comprendre les propriétés de la matière à grandes échelles grâce à l'étude des interactions entre atomes : aux fondements des technologies quantiques

Antoine Browaeys, physicien expérimentateur médaillé d'argent du CNRS en 2021, s'est vu décerner la bourse européenne ERC « Advanced Grant » pour son projet ATARAXIA. Ce dernier vise à explorer des problèmes de physique fondamentaux sur la compréhension des systèmes dits « à N-corps ». L'étude de ces systèmes composés d'un grand nombre d'atomes est aussi utile pour le développement des technologies quantiques. Antoine Browaeys et son équipe du Laboratoire Charles Fabry¹ vont pouvoir mettre en application des concepts et méthodes développés depuis plus de dix ans et qui ont conduit à création de la start-up Pasqal, l'une des plus avancées dans les technologies quantiques en France, dont il est le co-fondateur.

¹ LCF (CNRS/Institut d'Optique Graduate School) à Palaiseau

Des réseaux de neurones artificiels dynamiques pour concurrencer les meilleurs algorithmes d'IA classiques

Julie Grollier, chercheuse en physique et médaillée d'argent du CNRS en 2018, va bénéficier de cette bourse européenne pour son projet de recherche Grenadyn. Il ambitionne de démontrer qu'un ensemble de neurones artificiels « imparfaits », inspirés de nos neurones et synapses biologiques, peut apprendre aussi bien que les meilleurs algorithmes utilisés en intelligence artificielle. Julie Grollier, avec son équipe de l'Unité mixte de physique¹, continue d'explorer cette voie fascinante des neurones artificiels inspirés de notre cerveau dont elle est devenue une spécialiste.

¹ UMPy (CNRS/Thales) à Palaiseau

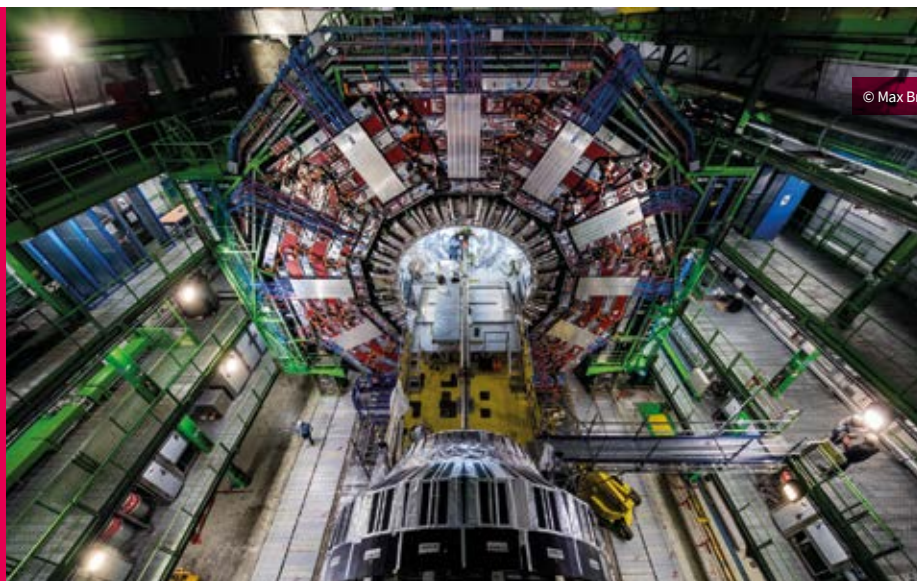
À la recherche de failles dans le modèle standard en scrutant des désintégrations du quark b

Marie-Hélène Schune, chercheuse en physique des particules et médaillée d'argent du CNRS en 2019, va pouvoir partir à la recherche des failles du modèle standard, le modèle qui donne aujourd'hui la meilleure explication théorique du monde de l'infiniment petit. Financé sur les cinq prochaines années, le programme expérimental Chiaroscuro qu'elle va mener avec son équipe du Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie¹ utilisera les données actuelles et des années à venir du détecteur LHCb au CERN.

¹ IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

Deux autres chercheurs issus d'un laboratoire CNRS du territoire sont lauréats d'une ERC « Advanced Grant » :

- **Thierry FOUCAULT**, Professeur HEC au Groupement de Recherche et d'Etudes en Gestion à HEC (GREGHEC - CNRS/HEC) pour son projet FIDAI (*Financial Information, Data Abundance, and Investment*)
- **Christophe LAUX**, Professeur CentraleSupélec au Laboratoire d'énergie moléculaire et macroscopique, combustion (EM2C - CNRS) pour son projet GREENBLUE (*Greenhouse Gas and Pollutant Emission Reductions using Plasma-Assisted Combustion for a Blue Planet*)



© Max Brice/CERN



AIDAInnova : laboratoires et industrie au diapason pour développer des détecteurs destinés aux futurs accélérateurs de particules

Dix millions d'euros ont été accordés aux membres du programme européen AIDAInnova pour le développement et l'innovation de détecteurs destinés aux expériences de physique des particules auprès d'accélérateurs, dans le cadre du programme Horizon 2020. Le projet impliquera fortement les laboratoires du CNRS, dont le Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie¹, le Laboratoire Leprince Ringuet² et l'unité Organisation de micro-électronique générale avancée³.

La physique des particules nécessitant des équipements de détection hautement spécialisés, souvent à l'échelle industrielle, le projet bénéficiera grandement de collaborations entre industriels et institutions académiques.

¹ IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

² LLR (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

³ OMEGA (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

Un financement européen pour prouver le potentiel applicatif des mémoires supraconductrices

Javier Villegas, directeur de recherche CNRS à l'Unité mixte de physique¹ à Palaiseau, est lauréat d'une prestigieuse bourse européenne ERC « Proof of Concept » 2021 pour son projet de recherche, suite du projet « SUSPINTRONICS ». Dedicée aux chercheurs ayant déjà été soutenus par une bourse ERC, ce financement vise à mettre en valeur le potentiel d'innovation d'une idée émanant de leur précédent projet.

Pour Javier Villegas et son équipe, il s'agit de prouver qu'un nouveau type de dispositif électronique, les mémoires résistives supraconductrices, ont un réel potentiel d'application dans les domaines du calcul neuromorphique et de l'électronique supraconductrice.

¹ UMPy (CNRS/Thalès) à Palaiseau



ILANCE est installé sur le campus de Kashiwa au Japon.
© Université de Tokyo

Michel Gonin, chercheur CNRS au LLR, nommé premier directeur du laboratoire franco-japonais ILANCE sur la physique des deux infinis

Des neutrinos à la matière noire, des accélérateurs de particules aux détecteurs d'ondes gravitationnelles en passant par la première lumière de l'Univers : le laboratoire ILANCE (*International Laboratory for Astrophysics, Neutrino and Cosmology Experiments*), associe le CNRS et l'Université de Tokyo pour étudier aussi bien l'infiniment petit que l'infiniment grand.

Créé au 1^{er} avril 2021, ce septième *International Research Laboratory* du CNRS au pays du soleil levant concrétise les liens franco-japonais développés dans ce domaine depuis le milieu des années 2000. Il aura pour directeur Michel Gonin, directeur de recherche au CNRS au Laboratoire Leprince Ringuet¹, qui participe de longue date aux expériences sur les neutrinos au Japon, et pour codirecteur Takaaki Kajita, professeur à l'Université de Tokyo et lauréat du prix Nobel de physique en 2015.

¹ LLR (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau



3 152

C'est le nombre total de GPUs que compte le supercalculateur Jean Zay depuis le début d'année 2022, qui figurait déjà parmi les supercalculateurs convergés les plus puissants en Europe. Cette prouesse technique a été annoncée par GENCI, l'agence nationale française en charge des ressources de calcul haute performance et de stockage pour la recherche académique et industrielle, l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (IDRIS) du CNRS basé à Orsay, Hewlett Packard Enterprise (HPE) et NVIDIA, à l'occasion de la conférence SuperComputing 2021 à Saint Louis (Missouri, États-Unis). En effet, plus un supercalculateur possède d'unités, plus il est difficile de maintenir un fonctionnement stable.

Cette augmentation massive des ressources devrait permettre de doubler l'actuelle capacité de calcul dédiée à l'intelligence artificielle sur Jean Zay, pour faire face à la demande croissante dans ce domaine.

<HPC|QS>

Le LMF contribue au passage à l'ère du calcul hybride quantique de haute performance

Avec le nouveau projet « High-Performance Computer and Quantum Simulator hybrid » (HPCQS), l'Europe entre dans l'ère du calcul hybride quantique à haute performance. HPCQS ambitionne d'intégrer deux simulateurs quantiques, contrôlant chacun plus de 100 qubits dans des superordinateurs situés dans deux centres européens de calcul haute performance en France et en Allemagne.

HPCQS recevra un budget total de 12 millions d'euros au cours des quatre prochaines années, qui sera fourni à parts égales par EuroHPC et les États membres participants. Le Laboratoire méthodes formelles¹ fait partie des laboratoires CNRS impliqués.

¹ LMF (CNRS/ENS Paris-Saclay/Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette

LISTE DES LABORATOIRES

Les résultats scientifiques présentés dans ce fascicule sont issus des recherches menées dans les laboratoires liés au CNRS, en coopération avec les établissements d'enseignements supérieur et de recherche, organismes de recherche nationaux et internationaux ou entreprises partenaires

Retrouvez les actualités scientifiques sur www.iledefrance-gif.cnrs.fr

SCIENCES DE L'UNIVERS

Institut d'astrophysique spatiale (IAS)

CNRS / Université Paris-Saclay

Géosciences Paris-Saclay (GEOPS)

CNRS / Université Paris-Saclay

Astrophysique, instrumentation, modélisation (AIM)

CNRS / CEA / Université Paris Cité

Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE)

CNRS / CEA / UVSQ

Laboratoire de météorologie dynamique (LMD)

CNRS / École polytechnique / ENS Paris / Sorbonne Université / ENPC

Laboratoire "Atmosphères et observations spatiales" (LATMOS)

CNRS / Sorbonne Université / UVSQ / CNES

Observatoire des sciences de l'univers de l'UVSQ (OVSQ)

CNRS / UVSQ

PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES

Laboratoire Leprince Ringuet (LLR)

CNRS / École polytechnique

Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie (IJCLab)

CNRS / Université Paris-Saclay / Université Paris Cité

Organisation de micro-électronique générale avancée (OMEGA)

CNRS / École polytechnique

PHYSIQUE

Laboratoire de physique des solides (LPS)

CNRS / Université Paris-Saclay

Laboratoire Charles Fabry (LCF)

CNRS / IOGS / Université Paris-Saclay

Laboratoire de physique théorique et modèles statistiques (LPTMS)

CNRS / Université Paris-Saclay

Unité de recherche SOLEIL (SOLEIL)

CNRS

Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO)

CNRS / Université Paris-Saclay

Service de physique de l'état condensé (SPEC)

CEA / CNRS

Institut de physique théorique (IPhT)

CNRS / CEA

Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI)

CNRS / École polytechnique / Sorbonne Université / CEA

Laboratoire d'optique appliquée (LOA)

CNRS / ENSTA Paris / École polytechnique

Laboratoire des solides irradiés (LSI)

CNRS / École polytechnique / CEA

Laboratoire de physique de la matière condensée (LPMC)

CNRS / École polytechnique

Centre de physique théorique (CPHT)

CNRS / École polytechnique

Laboratoire d'optique et biosciences (LOB)

CNRS / École polytechnique / Inserm

Laboratoire d'étude des microstructures (LEM)

CNRS / ONERA

Groupe d'études de la matière condensée (GEMaC)

CNRS / UVSQ

Ingénierie, radioprotection, sûreté et démantèlement (IRSD)

CNRS

Laboratoire Aimé Cotton (LAC)

CNRS / Université Paris-Saclay

Institut Pascal (IPa)

CNRS / CEA / IHES / Université Paris-Saclay / Inria

Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N)

CNRS / Université Paris-Saclay / Université Paris Cité

MATHÉMATIQUES ET LEURS INTERACTIONS

Laboratoire de mathématiques d'Orsay (LMO)

CNRS / Université Paris-Saclay / Inria

Centre de mathématiques Laurent Schwartz de l'École polytechnique (CMLS)

CNRS / École polytechnique

Centre de mathématiques appliquées (CMAP)

CNRS / École polytechnique / Inria

Laboratoire de mathématiques de Versailles (LMV)

CNRS / UVSQ

Laboratoire de mathématiques et modélisation d'Evry (LaMME)

CNRS / UEVE / INRAE / ENSIIE

Laboratoire Alexander Grothendieck (LAG)

CNRS / IHES

Centre Borelli (CB)

CNRS / ENS Paris-Saclay / Inserm / Université Paris Cité / Ministère des Armées

Bibliothèque mathématique Jacques Hadamard (BMJH)

CNRS / Université Paris-Saclay

CHIMIE

Institut de chimie des substances naturelles (ICSN)

CNRS

Institut Galien Paris-Saclay (IGPS)

CNRS / Université Paris-Saclay

Institut de chimie physique (ICP)

CNRS / Université Paris-Saclay

Biomolécules : conception, isolement, synthèse (BIOCIS)

CNRS / Université Paris-Saclay / CY Cergy Paris Université

Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICMMO)

CNRS / Université Paris-Saclay

Nanosciences et innovation pour les matériaux, la biomédecine et l'énergie (NIMBE)

CNRS / CEA

Laboratoire de synthèse organique (LSO)

CNRS / École polytechnique / ENSTA Paris

Laboratoire de chimie moléculaire (LCM)

CNRS / École polytechnique

Institut Lavoisier de Versailles (ILV)

CNRS / UVSQ

Structures, propriétés et modélisation des solides (SPMS)

CNRS / CentraleSupélec

Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires (PPSM)

CNRS / ENS Paris-Saclay

Institut photovoltaïque d'Ile-de-France (IPVF)

CNRS / ENSCP / École polytechnique / IPVF

Laboratoire analyse, modélisation et matériaux pour la biologie, et l'environnement (LAMBE)

UEVE / CY Cergy Paris Université / CNRS

Prévention du risque chimique (PRC)

CNRS

Ingénierie et plateformes au service de l'innovation thérapeutique (IPSIT)

CNRS / Université Paris-Saclay / Inserm

SCIENCES BIOLOGIQUES

Génétique quantitative et évolution - Le Moulon (GQE - Le Moulon)

CNRS / INRAE / AgroParisTech / Université Paris-Saclay

Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC)

CNRS / Université Paris-Saclay / CEA / INRAE / Inserm

Institut des neurosciences Paris-Saclay (NeuroPSI)

CNRS / Université Paris-Saclay

Institut des sciences des plantes de Paris Saclay (IPS2)

CNRS / Université Paris-Saclay / INRAE / Université Paris Cité / UEVE

Laboratoire de maladies neurodégénératives : mécanismes, thérapies, imagerie (LMN)

CNRS / CEA / Université Paris-Saclay

Structures biomoléculaires et cellulaires (BIOC)

CNRS / École polytechnique

Laboratoire de biologie et pharmacologie appliquée (LBPA)

CNRS / ENS Paris-Saclay / Inserm

Génomique métabolique (GM)

CNRS / UEVE / CEA

TEFOR Paris-Saclay (TEFOR)

CNRS / INRAE / Université Paris-Saclay

Institut français de bioinformatique (IFB CORE)

CNRS / INRAE / Inria / Inserm / CEA

France Génomique (FG)

CNRS / Inserm / INRAE / CEA

ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Écologie, systématique et évolution (ESE)

CNRS / AgroParisTech / Université Paris-Saclay

Evolution, génomes, comportement et écologie (EGCE)

CNRS / Université Paris-Saclay / IRD

Institut photonique d'analyse non-destructive européen des matériaux anciens (IPANEMA)

CNRS / Ministère de la Culture / MNHN

Laboratoire Léon Brillouin (LLB)

CNRS / CEA

Unité mixte de physique CNRS/Thales (UMPHY)

CNRS / Thales / Université Paris-Saclay

SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LEURS INTERACTIONS

Laboratoire des signaux et systèmes (L2S)

CNRS / CentraleSupélec / Université Paris-Saclay

Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique (LIX)

CNRS / École polytechnique / Inria

Laboratoire méthodes formelles (LMF)

CNRS / Université Paris-Saclay / ENS Paris-Saclay / Inria / CentraleSupélec

Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN)

CNRS / Université Paris-Saclay / CentraleSupélec / Inria

Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (IDRIS)

CNRS

Maison de la simulation (MDIS)

CNRS / CEA / UVSQ / Université Paris-Saclay

SCIENCES DE L'INGÉNIERIE ET DES SYSTÈMES

Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP)

CNRS / Université Paris-Saclay

Génie électrique et électronique de Paris (GEEPS)

CNRS / CentraleSupélec / Sorbonne Université / Université Paris-Saclay

Fluides, automatique et systèmes thermiques (FAST)

CNRS / Université Paris-Saclay

Laboratoire d'hydrodynamique (LadHyX)

CNRS / École polytechnique

Laboratoire de physique des interfaces et couches minces (LPICM)

CNRS / École polytechnique

Laboratoire de physique des plasmas (LPP)

CNRS / École polytechnique / Sorbonne Université / Observatoire de Paris / Université Paris-Saclay

Laboratoire de mécanique des solides (LMS)

CNRS / École polytechnique

Propagation des ondes : étude mathématique et simulation (POEMS)

CNRS / ENSTA Paris / Inria

Laboratoire d'énergétique moléculaire et macroscopique, combustion (EM2C)

CNRS

Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie (SATIE)

CNRS / ENS Paris-Saclay / Cnam / CY Cergy Paris Université / Université Paris-Saclay / ENSR / Université Gustave-Eiffel

Institut des sciences de la mécanique et applications industrielles (IMSIA)

CNRS / ENSTA Paris / EDF / CEA

Laboratoire d'imagerie biomédicale multimodale Paris-Saclay (BioMaps)

CNRS / Université Paris-Saclay / CEA / Inserm

Laboratoire de mécanique Paris-Saclay (LMPS)

CNRS / CentraleSupélec / ENS Paris-Saclay

Laboratoire lumière-matière aux Interfaces (LUMIN)

CNRS / ENS Paris-Saclay / Université Paris-Saclay / CentraleSupélec

Building large instruments for neuroimaging : from population imaging to ultra-high magnetic fields (BAOBAB)

CNRS / CEA / Université Paris-Saclay

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Institut interdisciplinaire de l'innovation (I3)

CNRS / École polytechnique / MINES ParisTech / Télécom Paris

Centre de recherche en économie et statistique (CREST)

CNRS / École polytechnique / GENES

Centre de recherches sociologiques sur le droit et les institutions pénales (CESDIP)

CNRS / CY Cergy Paris Université / UVSQ / Ministère de la Justice

Groupe de recherche et d'études en gestion à HEC (GREGHEC)

CNRS / HEC Paris

Laboratoire PRINTEMPS (professions, institutions, temporalités) (PRINTEMPS)

CNRS / UVSQ

Maison des sciences de l'homme Paris-Saclay (MSH Paris-Saclay)

CNRS / UVSQ / Université Paris-Saclay / ENS Paris-Saclay

Certification agency for scientific code and data (CASCAD)

CNRS / HEC Paris / Université d'Orléans



Caméra portable capable d'analyser le rayonnement gamma afin d'optimiser la dosimétrie en radiothérapie, pour des patients atteints de maladies de la thyroïde et traités à l'iode radioactif. Cette technologie est développée au sein d'IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité).

© Cyril Frésillon/IJCLab/CNRS Photothèque

CNRS ÎLE-DE-FRANCE GIF-SUR-YVETTE

Avenue de la Terrasse

91190 Gif-sur-Yvette

01 69 82 30 30

www.iledefrance-gif.cnrs.fr



@CNRSIdFSud



CNRS - La science à Paris-Saclay



@CNRSIdFSud



CNRS - Délégation Ile-de-France Gif-sur-Yvette