



Une année **avec le CNRS** en Île-de-France Sud

RAPPORT D'ACTIVITÉ
2023

Une année
avec le CNRS
en Île-de-France Sud

RAPPORT D'ACTIVITÉ
2023

Temps forts à Paris- Saclay en 2023

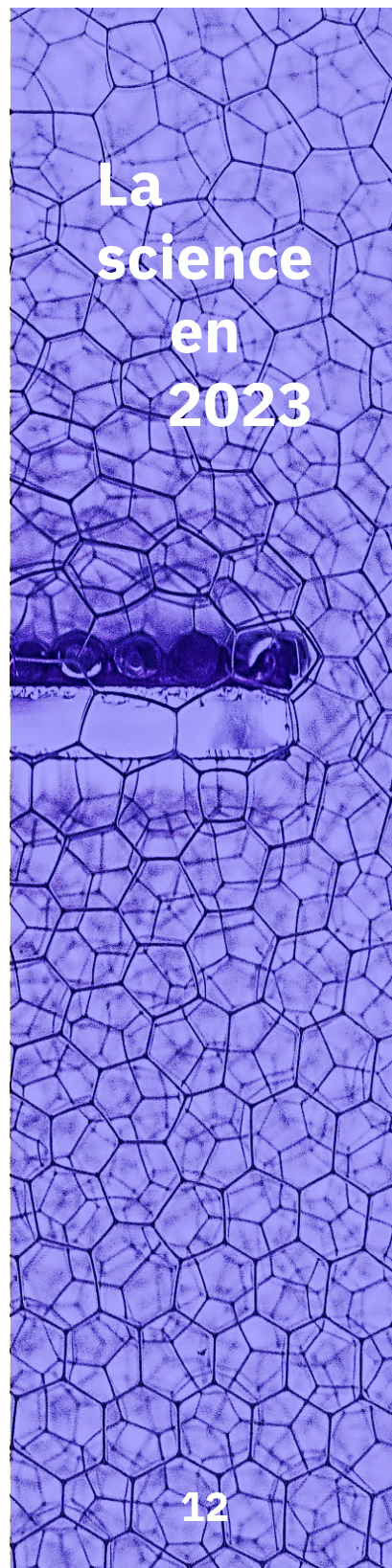


6



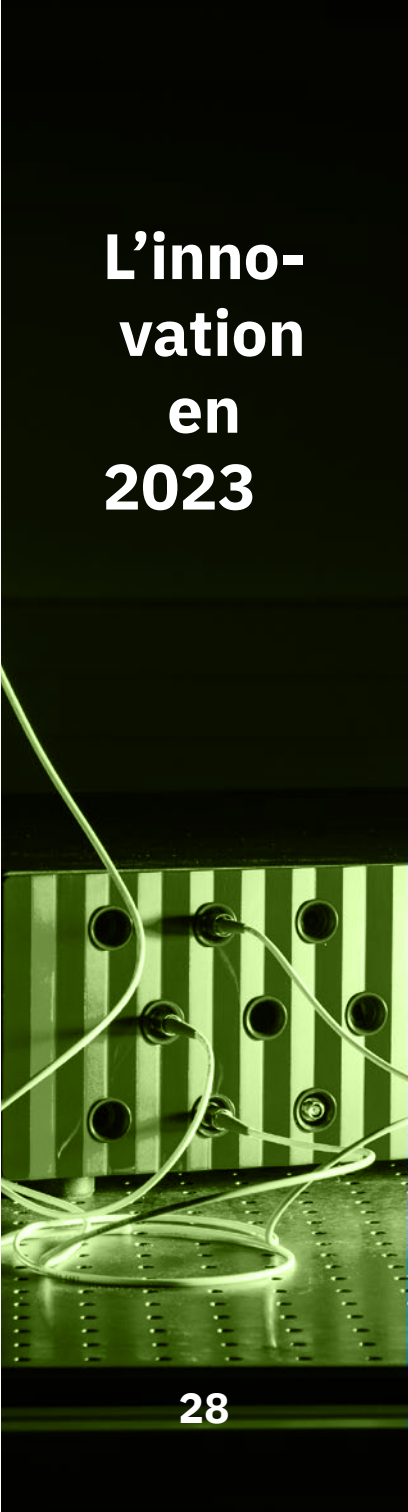
Talents & Distinc- tions

8



La science en 2023

12



L'innovation en 2023

28



La diffusion des savoirs en 2023

34

Liste des labora- toires

39

JANVIER — INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

**Club CNRS Entreprises :
visite du supercalculateur le plus puissant
de France**

Le 12 janvier 2023, à Orsay, une vingtaine de personnes issues de huit grands groupes industriels ont bénéficié d'une visite exclusive du supercalculateur Jean Zay. Les visiteurs ont pu en apprendre plus sur la révolution qui s'opère encore aujourd'hui dans le monde du calcul intensif très haute performance, avec des impacts majeurs notamment pour l'intelligence artificielle. La matinée a été animée par Pierre-François Lavallée, Directeur de l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (IDRIS – CNRS). Cet événement a été organisé par le Club CNRS Entreprises, qui a pour but d'aider les dirigeants à saisir les nouveaux enjeux scientifiques et les éclairer sur les changements que la science pourrait apporter au monde socio-économique.

JUIN — NEUROSCIENCES

**Un nouveau centre de recherche pour étudier le cerveau à
toutes les échelles**

L'Institut des neurosciences Paris-Saclay¹ a été inauguré par Estelle Jacona, alors Présidente de l'Université Paris-Saclay ; Laurence Piketty, Administrateur général adjoint du CEA ; et Antoine Petit, Président-directeur général du CNRS, le mercredi 28 juin 2023. Établi sur le site CEA de Saclay, NeuroPSI est un institut de recherche en neurosciences fondamentales pluridisciplinaire et multi-échelles qui se consacre à l'analyse du cerveau en tant que système dynamique complexe, défi de pointe pour la science du XXI^e siècle. De reconnaissance internationale, NeuroPSI, avec son voisin NeuroSpin, infrastructure du CEA, forme l'un des plus grands pôles de recherche dédié aux neurosciences en Île-de-France.

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



© Carlos AYESTA / EPA Paris-Saclay

JUILLET — TECHNOLOGIE

**Le CNRS est membre fondateur des
deux Pôles Universitaires d'Innovation
du Cluster de Paris-Saclay**

En juillet 2023, deux Pôles Universitaires d'Innovation (PUI) ont été lauréats de l'appel à projets France 2030 au sein du cluster scientifique et technologique de Paris-Saclay. Le CNRS est membre fondateur de ces deux PUIs, aux côtés de l'Inria et de la SATT Paris-Saclay.

Ces deux Pôles sont portés respectivement par l'Université Paris-Saclay et l'Institut Polytechnique de Paris. Ils ont pour ambition d'accélérer le transfert technologique vers le monde économique, la création de start-up DeepTech, et de porter une innovation qui contribue à résoudre les défis sociétaux.

Temps forts à Paris- Saclay en 2023

Un laboratoire commun pour faciliter la production d'hydrogène vert à échelle industrielle

La Société Elogen, leader français de l'électrolyse PEM - une technologie prometteuse pour la production d'hydrogène vert -, le CNRS et l'Université Paris-Saclay ont signé une convention de partenariat actant la création d'un laboratoire commun de recherche le jeudi 9 novembre 2023. Hébergé au sein de l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay¹, l'un des plus grands laboratoires de recherche français en chimie, ce projet commun représente un levier d'avenir pour répondre au défi énergétique, un des enjeux sociétaux sur lequel le CNRS porte ses efforts.

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



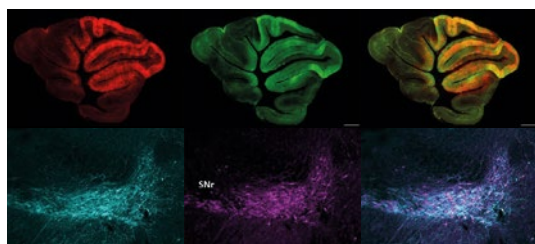
De gauche à droite : Jean-Baptiste Choimet, Directeur-général d'Elogen, Estelle Iacona, alors Présidente de l'Université Paris-Saclay, Melchior Faure, Chargé de développement des laboratoires communs au CNRS.

© CNRS

Un nouveau microscope de pointe pour visualiser l'activité cérébrale

Les atteintes du système nerveux central sont associées à des pathologies sévères. Dès lors, une meilleure compréhension des mécanismes neuronaux impliqués dans ces maladies représente un enjeu de santé majeur. Pour y répondre, l'Institut des neurosciences Paris-Saclay¹ a fait l'acquisition d'un équipement de pointe unique en Île-de-France : un microscope biphoton bidirectionnel. Il permettra aux scientifiques d'observer et de manipuler l'activité de neurones individuels chez des animaux engagés dans une tâche cérébrale, donnant notamment accès à une compréhension plus fine de plusieurs maladies psychiatriques ou encore des interfaces cerveau-machine.

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



Exemples de visualisations rendues possibles par le microscope biphoton. © NeuroPSI

Un laboratoire commun pour la propulsion spatiale électrique de demain

Le 16 novembre 2023, l'École polytechnique, le CNRS et Safran Electronics & Defense ont acté un partenariat pour un laboratoire commun dédié à l'amélioration des propulseurs électriques de satellites à effet Hall appelé COMHET. Ce partenariat s'appuie sur une collaboration de longue date entre les trois acteurs au sein du Laboratoire de physique des plasmas¹, reconnu mondialement pour ses travaux dans le domaine. COMHET permettra de lancer de nouvelles recherches fondamentales cruciales pour la valorisation des technologies plasma et leurs applications spatiales.

L'objectif sera d'accroître et de fiabiliser les performances des propulseurs en développant des briques technologiques innovantes afin de répondre aux enjeux et défis des propulseurs de satellites de demain.

¹LPP (CNRS/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau



De gauche à droite : Jean-Marie Bétermier, Directeur Espace de Safran Electronics & Defense, Laura Chaubard, Directrice générale et présidente par intérim de l'École polytechnique, Jean-Luc Moullet, Directeur général délégué à l'innovation, CNRS.

© Safran / Quentin Bommar

L'Unité mixte de physique CNRS-Thales devient le Laboratoire Albert Fert

Anciennement Unité mixte de physique CNRS-Thales, le laboratoire fait peau neuve et devient le Laboratoire Albert Fert. Ce changement de nom, en l'honneur d'Albert Fert, chercheur dans ce laboratoire, prix Nobel de physique 2007 et professeur à l'Université Paris-Saclay, s'est fait en présence de Sylvie Retailleau, ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche, ainsi que Philippe Keryer, Directeur général adjoint Stratégie, Recherche et Technologie Thales, Antoine Petit, Président-directeur général du Centre national de la recherche scientifique et Estelle Iacona, alors Présidente de l'Université Paris-Saclay, les représentants des trois tutelles du laboratoire.

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 scientifiques déjà reconnus sur le plan national et international.

La médaille de bronze récompense le premier travail d'un scientifique prometteur dans son domaine.

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

La médaille de l'innovation honore des femmes et des hommes, dont les recherches exceptionnelles ont conduit à une innovation marquante sur le plan technologique, thérapeutique ou social, valorisant la recherche scientifique française.



© Laurent Arduin pour le CNRS

MÉDAILLE DE L'INNOVATION



© Frédérique Plas / CNRS Images

Jacques Gierak

Ingénieur de recherche CNRS au Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/ Université Paris Cité)

MÉDAILLE D'ARGENT



© Laurent Arduin pour le CNRS

Araceli Lopez-Martens

Directrice de recherche CNRS en physique nucléaire au Laboratoire de physique des deux infinis Irène Joliot Curie (IJCLab - CNRS/Université Paris-Saclay/ Université Paris Cité)



© Laurent Arduin pour le CNRS

Monica Guica

Chercheuse CEA en physique théorique. Institut de physique théorique (IpHT - CNRS/CEA)



© Laurent Arduin pour le CNRS

Javier Fresán

Professeur en mathématiques théoriques à Sorbonne Université. Institut de Mathématiques de Jussieu-Paris Rive Gauche (IMJ-PRG - CNRS/Sorbonne Université/ Université Paris Cité)

MÉDAILLE DE BRONZE



© Laurent Arduin pour le CNRS



Organisation de micro-électronique générale avancée¹

Sylvie Blin, ingénieure microélectronicienne - Astroparticule et cosmologie² (APC)

Stéphane Callier, ingénieur microélectronicien - Organisation de micro-électronique générale avancée (OMEGA)

Selma Conforti Di Lorenzo, ingénieure microélectronicienne (OMEGA)

Christophe de La Taille, responsable scientifique, ingénieur microélectronicien (OMEGA)

Pierrick Dinaucourt, responsable IAO/CAO, correspondant formation (OMEGA)

Frédéric Dulucq, adjoint à la direction et responsable de la plateforme, ingénieur microélectronicien (OMEGA)

Abdelmowafak El Berni, ingénieur microélectronicien (OMEGA)

Anne-Myriam Lubin, responsable administrative et financière, assistante de prévention et correspondante communication (OMEGA)

Gisèle Martin-Chassard, responsable qualité et développement durable, ingénieure microélectronicienne (OMEGA)

Ludovic Raux, responsable valorisation, ingénieur microélectronicien (OMEGA)

Nathalie Seguin-Moreau, directrice de l'unité, ingénieure microélectronicienne (OMEGA)

Damien Thienpont, responsable technique, ingénieur microélectronicien (OMEGA)

¹OMEGA - CNRS/Université Paris Cité

²APC - CNRS/École polytechnique



C2N¹ : du chantier au transfert, jusqu'à sa mise en service opérationnelle

Emilie Barranger, responsable du service HSE

Benoît Bélier, directeur technique de la plateforme PIMENT

Alain Clément, responsable du Service logistique infrastructures

Alan Durnez, coordinateur de la ressource « dépôts métalliques » de la plateforme PIMENT

Abdelmounaim Harouri, ingénieur ressource « lithographies optiques »

Xavier Lafosse, coordinateur de la ressource « dépôts diélectriques et traitements thermiques » de la plateforme PIMENT

Ali Madouri, ingénieur en élaboration de matériaux bidimensionnels

Martina Morassi, ingénieure en élaboration d'hétérostructures semiconductrices d'alliages III-V par épitaxie par jets moléculaires

Laoges Thao, responsable du pôle logistique du Service logistique infrastructures

Laurent Travers, ingénieur en épitaxie par jets moléculaires de matériaux III-V

Christian Ulysse, directeur technique adjoint de la plateforme PIMENT

¹Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/ Université Paris-Saclay/Université Paris Cité)

Alain Aspect et Pascale Senellart nommés membres du Conseil présidentiel de la science

Le 7 décembre 2023, le président de la République a annoncé la création d'un nouveau Conseil présidentiel de la science pour faire le lien entre l'exécutif et le monde de la recherche. Alain Aspect¹ et la Pascale Senellart², tous deux experts CNRS en physique et technologies quantiques, ont rejoint ce Conseil présidentiel de la science auprès de l'Élysée.

¹ Directeur de recherche CNRS émérite au Laboratoire Charles Fabry (LCF - CNRS/Institut d'Optique Graduate School) à Palaiseau

² Directrice de recherche CNRS au Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau



Six lauréates du Prix Jeunes Talents France 2023

Le 10 octobre 2023, le « Prix Jeunes Talents Pour les Femmes et la Science France 2023 » a été décerné à 35 jeunes chercheuses par la Fondation L'Oréal, en partenariat avec l'Académie des sciences et la Commission nationale française pour l'UNESCO. Six des lauréates mènent leurs recherches dans des laboratoires CNRS du cluster scientifique et technologique de Paris-Saclay.

Achrène Dyrek, chercheuse CNRS au laboratoire Astrophysique, instrumentation, modélisation (AIM - CEA/CNRS/Université Paris Cité)

Amandine Asselin, doctorante au Laboratoire de mécanique Paris-Saclay (LMPS - CentraleSupélec/CNRS/ENS Paris-Saclay)

Clara Marino, doctorante au laboratoire Écologie, systématique et évolution (ESE - AgroParisTech/CNRS/Université Paris-Saclay)

Elise Verrier, post-doctorante IRD IDF Bondy au laboratoire Évolution, génomes, comportement et écologie (EGCE - CNRS/IRD/Université Paris-Saclay)

Margaux Zaffran, doctorante EDF au Centre de mathématiques appliquées (CMAP - CNRS/École polytechnique/Inria)

Ophélie Mcintosh, doctorante au Laboratoire atmosphères, observations spatiales (Latmos - CNRS/Sorbonne Université/UVSQ)



© Clémence Losfeld



© Sébastien Ruat - CNRS Images



Bérengère Dubrulle récompensée par l'American Physical Society Fellowship

Bérengère Dubrulle, directrice de recherche CNRS au Service de physique de l'état condensé¹, s'est vu décerner cette récompense par l'American Physical Society (APS) pour ses contributions fondamentales à la théorie de la turbulence pleinement développée et à la dynamique des fluides astro- et géophysiques en général, et en particulier pour avoir mis en lumière l'intermittence et le rôle des états multiples dans les écoulements turbulents. Cette récompense est remise chaque année à des membres de cette société savante qui ont, par leur activité de recherche, d'enseignement ou encore leur engagement au sein de l'APS, contribué de manière significative à l'avancement et la diffusion des connaissances en physique.

¹ SPEC (CEA/CNRS) à Gif-sur-Yvette



© Académie des sciences

Académie des sciences

Membres élus 2023

Dix-huit nouveaux membres viennent d'être élus à l'Académie des sciences. Parmi ces derniers, sept mènent leurs recherches dans des laboratoires CNRS du territoire, dont trois sont des chercheurs CNRS.

DIVISION « SCIENCES MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES, SCIENCES DE L'UNIVERS ET LEURS APPLICATIONS »

Section de mathématiques

Hugo Duminil-Copin, professeur à l'Université de Genève et professeur à l'Institut des hautes études scientifiques (IHES) et chercheur au Laboratoire Alexander Grothendieck (LAG - CNRS/IHES)

Frank Merle, professeur à l'Université de Cergy-Pontoise, Chaire d'analyse CY Cergy Paris Université IHES, professeur associé à l'Institut des hautes études scientifiques et chercheur au Laboratoire Alexander Grothendieck (LAG - CNRS/IHES)

Section de physique

Antoine Browaeys, directeur de recherche au CNRS au Laboratoire Charles Fabry (LCF - CNRS/Institut d'Optique Graduate School/Université Paris-Saclay)

Section des sciences mécaniques et informatiques

Bérengère Dubrulle, directrice de recherche au CNRS au Service de physique de l'état condensé (SPEC - CEA/CNRS), et directrice de l'École de physique des Houches.

Bertrand Maury, professeur à l'Université Paris-Saclay au Laboratoire de mathématiques d'Orsay (LMO - CNRS/Université Paris-Saclay/Inria), professeur associé au département de mathématiques et applications de l'ENS-PSL et professeur associé à Mines-Paris PSL.

Section des sciences de l'univers

Sandrine Bony, directrice de recherche au CNRS au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD - CNRS/École polytechnique/ENS-PSL/Sorbonne Université/École des Ponts ParisTech)

DIVISION « SCIENCES MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES, SCIENCES DE L'UNIVERS ET LEURS APPLICATIONS »

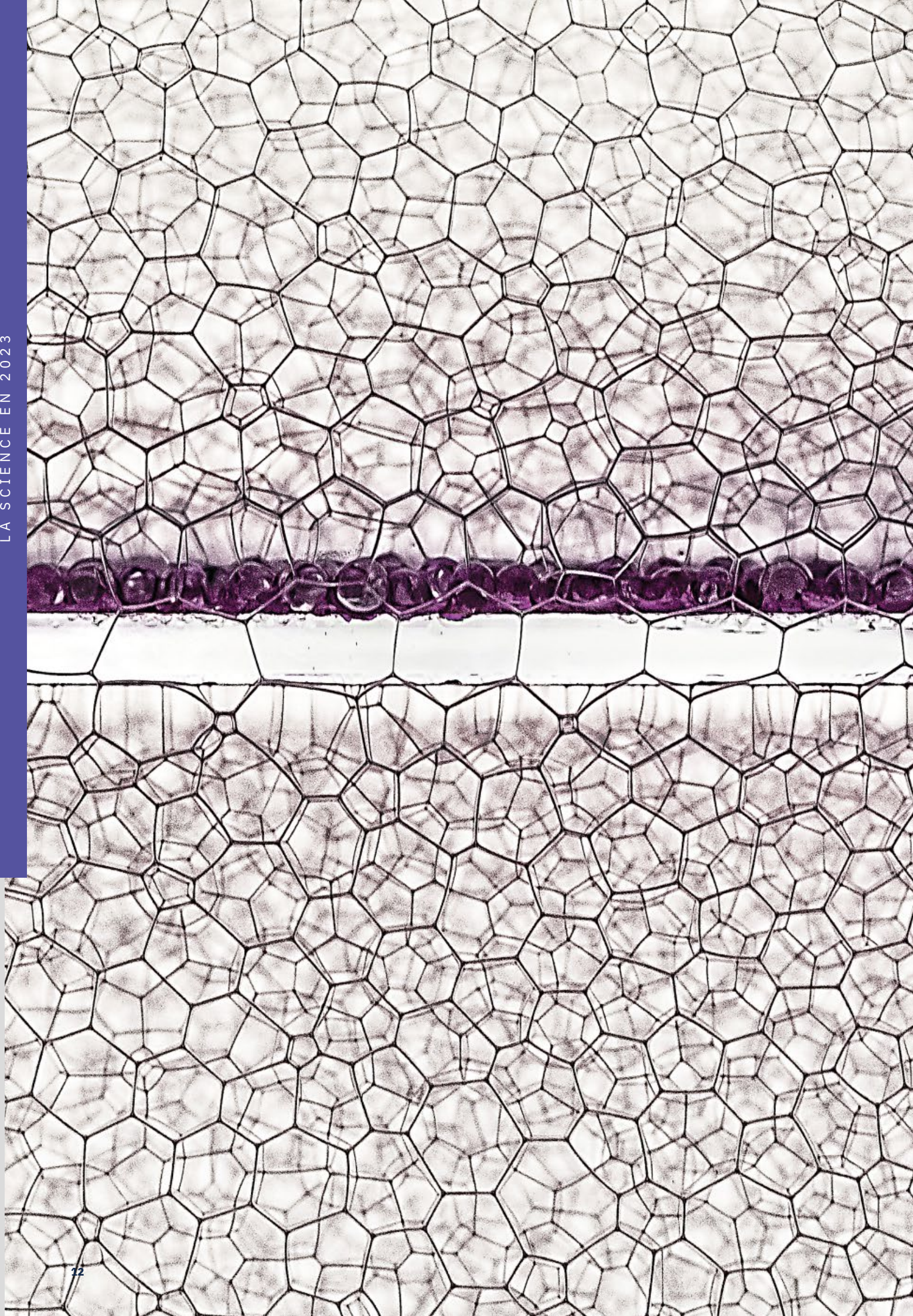
Section de biologie humaine et sciences médicales

Josselin Garnier, professeur à l'École polytechnique au Centre de mathématiques appliquées (CMAP - CNRS/École polytechnique/Inria)

Lauréats des prix 2023

Chaque année, l'Académie des sciences remet près de 80 Prix couvrant l'ensemble des domaines scientifiques, aussi bien fondamentaux qu'appliqués. En 2023, 13 Prix ont été remis à des scientifiques de laboratoires CNRS implantés au cœur du cluster scientifique et technologique de Paris-Saclay, dont sept sont chercheurs CNRS. La cérémonie de remise des prix s'est déroulée le 21 novembre 2023, sous la Coupole de l'Institut de France.

- **Prix Alexandre Joannidès/Fondation Joannidès** : Isabelle Bouchoule, directrice de recherche CNRS au Laboratoire Charles Fabry (LCF - CNRS/Institut d'Optique Graduate School/Université Paris-Saclay)
- **Prix du Docteur Henri Labbé et de Madame Henri Labbé/Fondation Labbé** : François-Didier Boyer, directeur de recherche CNRS à l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN - CNRS)
- **Prix Jacques Herbrand (mathématiques)** : Kestutis Cesnavicius, chargé de recherche CNRS au Laboratoire de mathématiques d'Orsay (LMO - CNRS/Université Paris-Saclay/Inria)
- **Médaille de physique** : François David, directeur de recherche CNRS émérite à l'Institut de physique théorique (IPhT - CNRS/CEA)
- **Prix Lovelace-Babbage de l'Académie des sciences en partenariat avec la Société informatique de France** : Oana Goga, chargée de recherche CNRS, membre de l'équipe Inria CEDAR du Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique (LIX - CNRS/École polytechnique/Inria)
- **Prix Ampère de l'Électricité de France** : Philippe Grangier, directeur de recherche CNRS au Laboratoire Charles Fabry (LCF - CNRS/Institut d'optique graduate school/Université Paris-Saclay)
- **Prix Anuita Winter-Klein/Fondation Georges et Stanislas Winter** : François Ladieu, chercheur CEA au Service de physique de l'état condensé (SPEC - CEA/CNRS)
- **Prix Jaffé/Fondation de l'Institut de France** : Zhiqing Zhang, directeur de recherche CNRS au Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie (IJCLab - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité)
- **Prix ONERA - Sciences mécaniques pour l'aéronautique et l'aérospatial** : Véronique Lazarus, professeure à l'ENSTA/IP Paris, chercheuse à l'Institut des sciences de la mécanique et applications industrielles (IMSIA - CEA/CNRS/EDF/ENSTA Paris) et membre de l'IUF
- **Prix Minafin** : Erwan Poupon, professeur à l'Université Paris-Saclay, chercheur au laboratoire Biomolécules : conception, isolement, synthèse (BioCIS - CNRS/Université Paris-Saclay/CY Cergy Paris Université)
- **Prix d'Aumale/Fondation de l'Institut de France** : Charis Quay, maître de conférences à l'Université Paris-Saclay au Laboratoire de physique des solides (LPS - CNRS/Université Paris-Saclay)
- **Grand prix Inria - Académie des sciences** : Gilles Dowek, directeur de recherche Inria au Laboratoire méthodes formelles (LMF - CNRS/ENS Paris-Saclay/Université Paris-Saclay/CentraleSupélec/Inria)
- **Prix Michel Monpetit - Inria** : Stéphane Gaubert, directeur de recherche Inria au sein de l'équipe-projet Tropical, commune au Centre Inria de Saclay et au Centre de mathématiques appliquées (CMAP - CNRS/École polytechnique/Inria)





La
**sci-
ence**
en **2023**

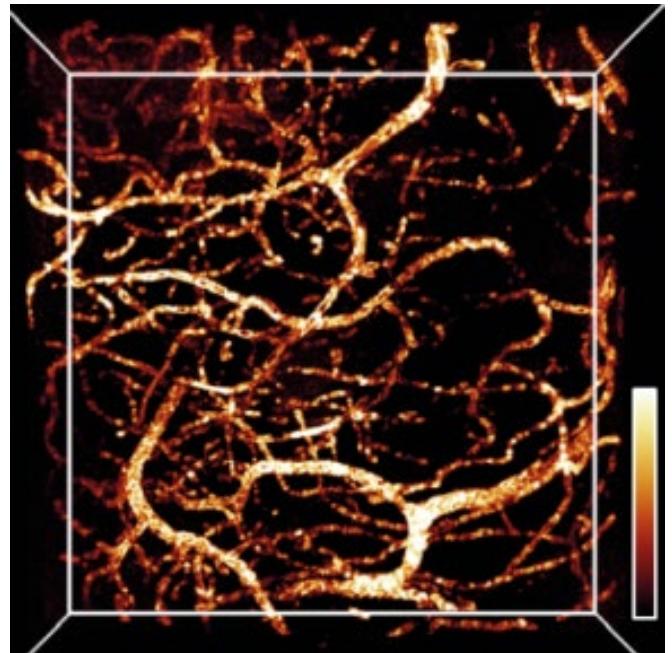
Santé



Imager à haute résolution les globules rouges et l'oxygénation dans les tissus biologiques

Cartographier finement la circulation du sang et son état d'oxygénation est nécessaire pour détecter des problèmes sanguins et mieux comprendre le métabolisme des patients. Des scientifiques du Laboratoire d'optique et biosciences¹ ont mis au point une toute nouvelle méthode d'imagerie multiphotonique permettant de détecter les globules rouges et de sonder leur état d'oxygénation dans des organismes vivants. Cette technique, fondée sur l'illumination par deux lasers différents, est 100 à 1 000 fois plus efficace pour sonder l'état d'oxygénation des globules rouges que les méthodes habituelles basées sur la phosphorescence.

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



Imagerie 3D *in vivo* dans un cerveau de poisson zébré adulte utilisant l'imagerie multiphotonique.

© Laboratoire d'optique et biosciences

Plusieurs mécanismes de neutralisation des nanoparticules découverts dans les cellules pulmonaires

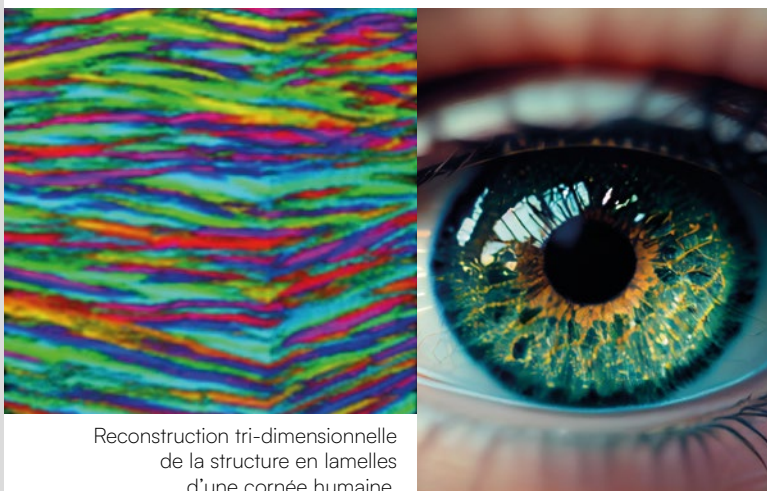
Des scientifiques de quatre laboratoires du CNRS¹, étudient l'impact des nanoparticules utilisées dans l'industrie sur le poumon. Ils étudient plus précisément le disulfure de molybdène (MoS₂) un analogue du graphène très utilisé dans l'industrie. Ils ont scruté les transformations de ces nanoparticules tout en suivant différents biomarqueurs de l'inflammation dans les poumons, et ont pu mettre en évidence les différents mécanismes cellulaires et moléculaires mis en place par notre corps pour mitiger et diminuer la toxicité du MoS₂.

¹Institut Galien Paris-Saclay (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay ; Matière et systèmes complexes (CNRS/Université Paris Cité) à Paris ; Matériaux et phénomènes quantiques (CNRS/Université Paris Cité) à Paris ; Immunologie, immunopathologie et chimie thérapeutique (CNRS) à Strasbourg

Vers un diagnostic précoce de maladies graves à l'aide de biomarqueurs peptidiques

Les marqueurs peptidiques sont l'une des perspectives prometteuses pour la détection de maladies graves, fort enjeu de santé actuel. Cependant, leur dosage, indispensable à leur analyse, reste complexe. Face à ce constat, des scientifiques du Laboratoire analyse, modélisation et matériaux pour la biologie, et l'environnement¹ se sont intéressés à un biomarqueur précis, FPA, modifié en cas d'AVC, de crise cardiaque, ou de cancer. Ils ont mis au point une technique ingénieuse afin de détecter exactement les modifications apportées à FPA, ce qui constitue une étape majeure pour créer des tests de diagnostics portables précis.

¹LAMBE (CNRS/UEVE/CY Cergy Paris Université) à Évry



Reconstruction tri-dimensionnelle de la structure en lamelles d'une cornée humaine.

© C. Raoux et al. © sorapop - stock.adobe.com



Cartographier la structure de la cornée humaine

La cornée est un élément essentiel de notre œil, et son rôle est de focaliser la lumière sur notre rétine. Cependant, sa transparence rend complexe son étude au microscope. Des scientifiques du Laboratoire d'optique et biosciences¹ ont utilisé une approche basée sur la polarisation de la lumière, c'est-à-dire la direction du champ électrique du photon, pour visualiser le collagène, composant principal de la cornée, et ce sans une quelconque coloration. Cette étude ouvre des possibilités d'une part pour mieux étudier la cornée et la répartition du collagène au sein de celle-ci, et d'autre part en médecine car cette visualisation peut s'effectuer *in vivo*.

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

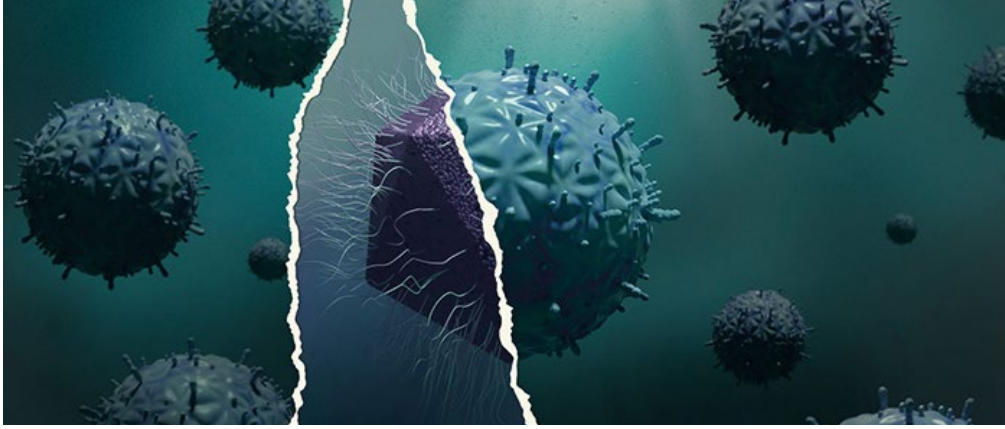


Illustration des virus marins.
© Morgan Gaia



Des virus marins régulant la quantité de plancton révèlent les origines de l'herpès

Les données métagénomiques de Tara Océans ont permis la découverte d'un groupe majeur de virus à ADN abondants de l'équateur jusqu'aux pôles : les mirusvirus. Ces derniers régulent la population de plancton, mais leurs spécificités ne s'arrêtent pas là. En effet, des scientifiques du Genoscope¹ ont mis en évidence un lien évolutif direct entre les mirusvirus et les virus de l'herpès. Or ces derniers n'infectant que les animaux, leur origine restait inconnue, jusqu'à cette découverte qui permettra de répondre à des questions fondamentales d'évolution.

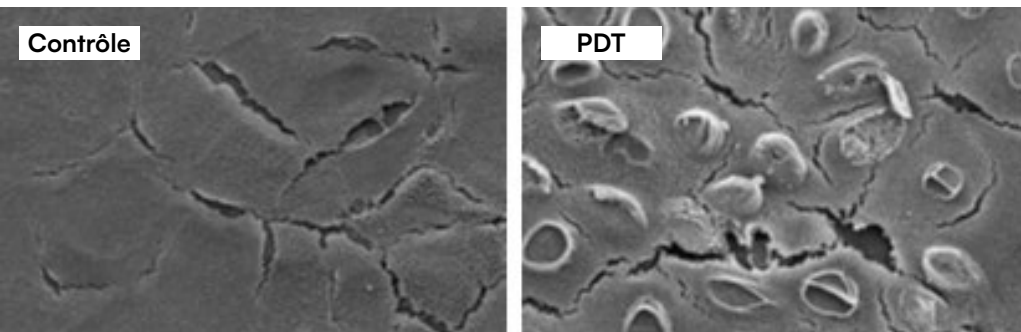
¹Génomique métabolique (CEA/CNRS/UEVE) à Évry



Observer l'eau des cellules pour suivre les traitements anticancéreux qui utilisent la lumière

Certains traitements anticancéreux font intervenir des molécules activées par lumière, qui créent un environnement toxique autour de ces dernières. Afin de suivre précisément les effets de ces traitements, des scientifiques de trois laboratoires¹ ont adapté une technique de spectroscopie particulière basée sur l'observation de l'eau des cellules. Sans danger et non-invasive, cette méthode ouvre de nouvelles perspectives de compréhension de ces traitements anticancéreux.

¹Laboratoire d'optique et biosciences (LOB - CNRS/Inserm/École polytechnique) à Palaiseau ; Laboratoire des interactions moléculaires et réactivité chimique et photochimique (IMRCP - CNRS/Université Toulouse III - Paul Sabatier) à Toulouse ; Centre de microscopie électronique appliquée à la biologie (CMEAB - Université Toulouse III - Paul Sabatier) à Toulouse



© Rachel Brival - IMRCP/CMEAB

La découverte d'un nouveau mécanisme moléculaire pour mieux cibler les protéines impliquées dans l'insuffisance cardiaque

Afin de lutter contre l'insuffisance cardiaque, cause de privations d'oxygène dans de multiples zones du corps, des chercheurs du Laboratoire de biologie et pharmacologie appliquée¹ ont étudié une protéine particulière, appelée EPAC1, impliquée dans de multiples processus cardiaques. Ils ont réussi à élucider l'un des mystères autour de son fonctionnement, en montrant que son activation implique la membrane des cellules. Ces travaux ont des implications importantes pour la découverte de médicaments pour combattre l'insuffisance cardiaque.

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

LA SCIENCE EN CHIFFRES

488

millions d'euros de budget dont

216

millions d'euros de budget de recherche

272

millions d'euros de masse salariale (personnel permanent)

168 200m²

de laboratoires sur le territoire de Paris-Saclay

17

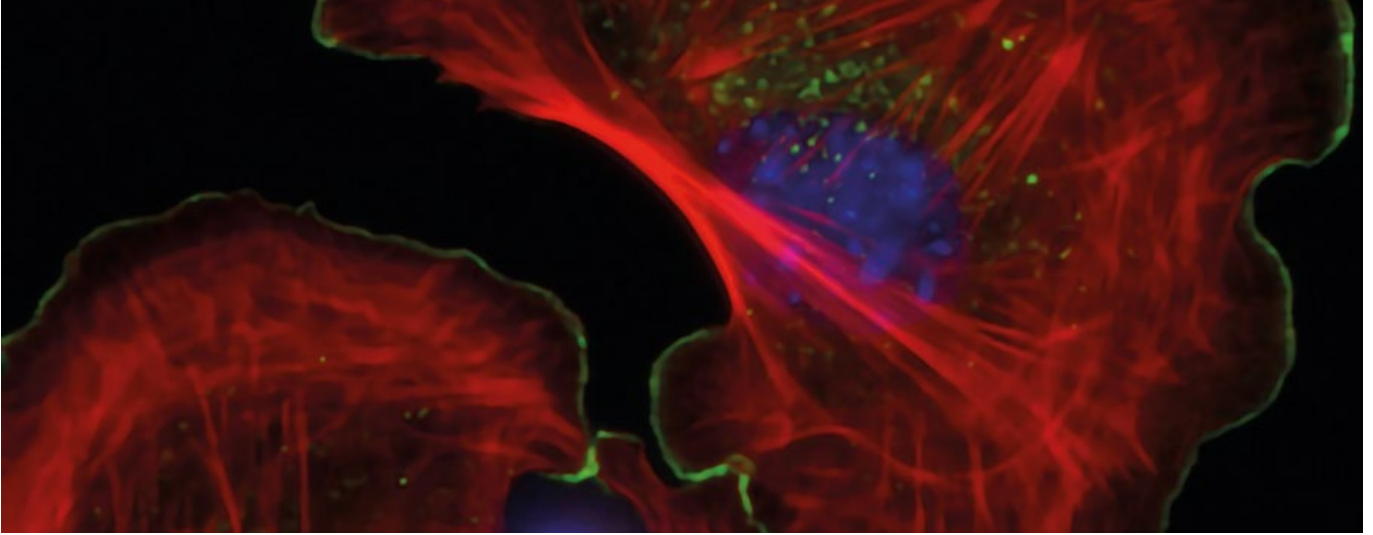
groupements et fédérations de recherche

84

unités de recherche

16

unités de services (unité d'appui et de recherche)



Cellules avec leur « squelette » coloré en rouge.
© Roman Gorelik



Comprendre les gènes impliqués dans les métastases pour mieux les prévenir

Les métastases de cancer sont causées par la migration de cellules cancéreuses dans l'organisme. Afin d'endiguer ce phénomène, qui accroît grandement la dangerosité des cancers, des scientifiques du Laboratoire de biologie structurale de la cellule¹ ont étudié des cancers du sein, de l'endomètre, et des ovaires. Ils ont mis en évidence une protéine, appelée PPP2R1A, mutée dans les cancers capables de créer des métastases, et qui permet aux cellules de se déplacer sans contrôle. Ces travaux aideront à empêcher les métastases d'apparaître.

¹BIOC (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau



© LIGHTFIELD STUDIOS - adobe-stock.com



Un traitement prometteur pour lutter contre la maladie de Parkinson

Véritable enjeu de santé publique, la maladie de Parkinson reste aujourd'hui sans remède. Des chercheurs du laboratoire BioCIS¹, en collaboration avec l'Institut du Cerveau à Paris, développent de nouvelles molécules capables de lutter contre les causes intrinsèques de cette maladie neurodégénérative. Ils se basent sur des dérivés de la doxycycline, antibiotique utilisé dans le traitement de certaines pathologies de la peau, mais connu pour ses propriétés neuroprotectrices. En la modifiant pour lui enlever son activité antibiotique, les chercheurs ouvrent la possibilité de l'utiliser en traitement long de Parkinson, ce qui était impossible jusqu'à présent.

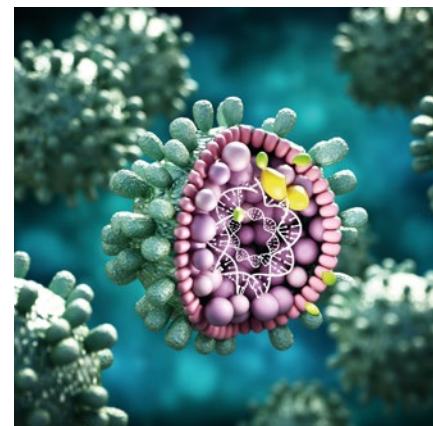
¹Biomolécules : conception, isolement, synthèse (CNRS/Université Paris-Saclay/CY Cergy Paris Université) à Orsay



Mieux comprendre des antiviraux pour créer des outils génétiques à partir des virus

Afin d'enrayer la prolifération de virus pathogènes, une des stratégies consiste à perturber leur assemblage quand ils se multiplient dans les cellules infectées. Un consortium international¹ a étudié de plus près ces traitements contre le virus de l'hépatite B. Les scientifiques ont montré, en suivant précisément la diffusion des rayons X, que ces derniers modifient les propriétés élastiques des capsides de virus, leur « emballage ». Ces travaux ouvrent des perspectives pour créer des nanocapsules dérivées de virus avec des morphologies contrôlables.

¹Laboratoire de physique des solides (LPS - CNRS/Université Paris-Saclay) à Palaiseau ; Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC - CEA/CNRS/Université Paris-Saclay/INRAE/Inserm) à Gif-sur-Yvette ; Synchrotron SOLEIL (CEA/CNRS) à Saint-Aubin ; Université de Californie à Riverside



© Destina — adobe-stock.com

Intelligence Artificielle



Prédire l'apparition de troubles anxieux dès l'adolescence grâce à l'intelligence artificielle

— Environ un adolescent sur trois est concerné par des troubles anxieux, et certains d'entre eux ne se manifestent qu'au début de l'âge adulte. Des scientifiques du Centre Borelli¹ et du laboratoire Trajectoires développementales et psychiatrie² ont suivi l'évolution de la santé mentale d'un groupe d'adolescents de 14 ans à 23 ans. À l'aide de l'intelligence artificielle, ils ont identifié des signes avant-coureurs les plus prédictifs de l'apparition de troubles anxieux chez ces jeunes adultes.

¹Centre Borelli (CNRS/ENS Paris-Saclay/Inserm/Ministère des Armées/Université Paris Cité) à Gif-sur-Yvette

²Laboratoire Trajectoires développementales et psychiatrie (Inserm/ENS Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette



© Pixel-Shot — adobe-stock.com

Une intelligence artificielle à faible consommation d'énergie

— Une équipe associant trois laboratoires du CNRS¹, le CEA Leti et la start-up Hawaii.tech, a réalisé un prototype de machine qui réalise une tâche d'intelligence artificielle, telle que reconnaître un geste humain, en utilisant des milliers de fois moins d'énergie qu'une solution traditionnelle. Pour ce faire, ils ont créé un prototype de machine d'intelligence artificielle basée sur une nouvelle technologie de nanocomposants, les memristors, qui intègrent les fonctions de calcul et de mémoire. Ces recherches pourraient mener à des IA bien plus écologiquement durables.

¹Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) ; Institut matériaux microélectronique nanosciences de Provence (IM2NP - CNRS/Aix-Marseille université) ; Institut des systèmes intelligents et robotique (ISIR - CNRS/Sorbonne Université)



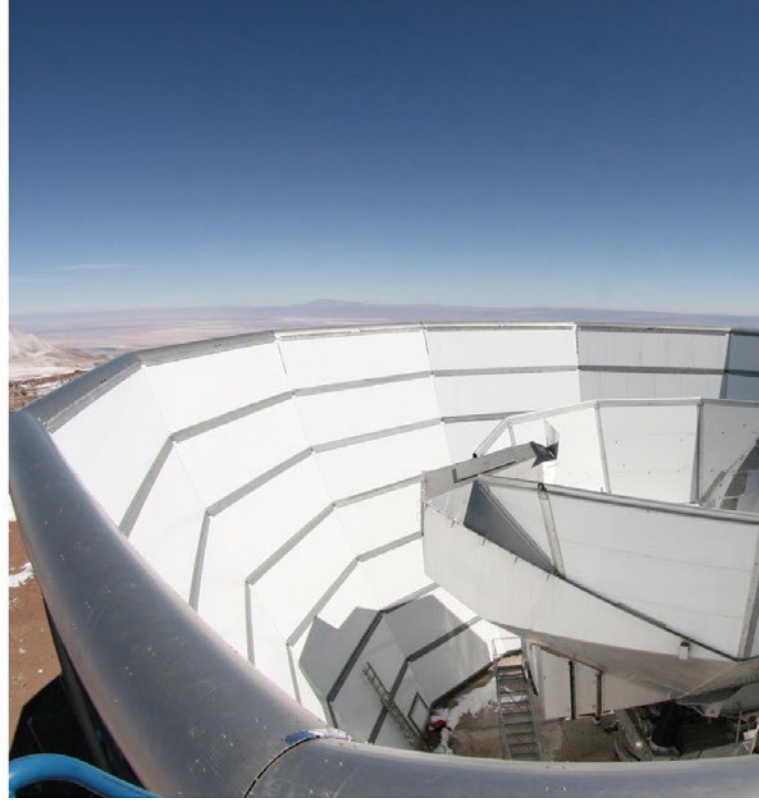
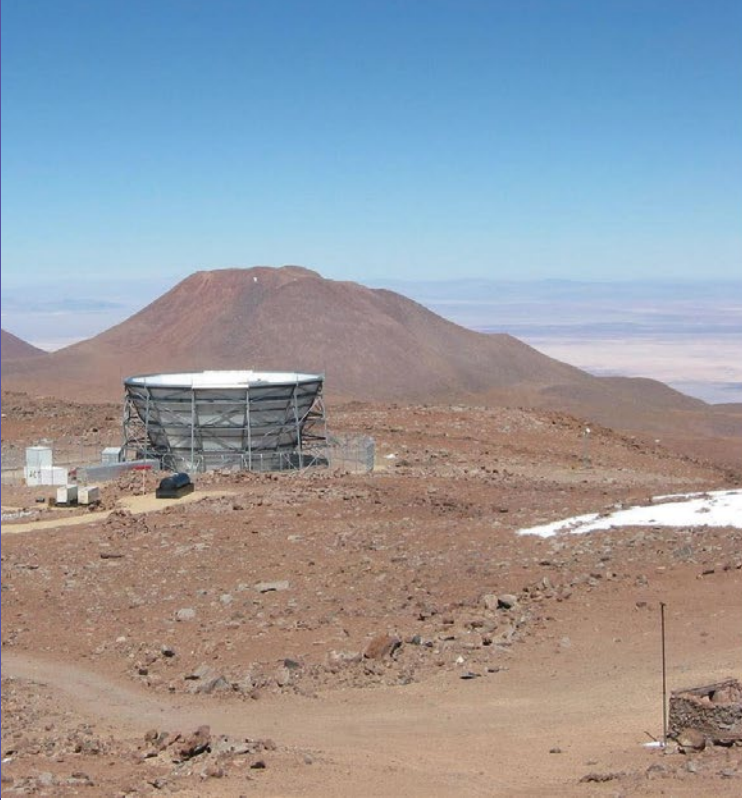
© Skórzewiak - adobe-stock.com



Façonner une IA grâce aux sciences sociales pour lutter contre la désinformation

— De plus en plus de contenus sur internet pourraient être générés par des intelligences artificielles (IA) avec pour conséquence l'augmentation du risque de désinformation, déjà très présent sur les réseaux sociaux. Le projet interdisciplinaire AI4TRUST¹ étudie précisément la construction des réseaux sociaux et leurs interactions sociales pour développer un outil à base d'IA capable de détecter efficacement et rapidement la diffusion de fausses informations sur internet. À terme, ces travaux permettront de bien mieux comprendre les fonctionnements des réseaux sociaux, et il en résultera une plateforme d'IA qui facilitera grandement les efforts des fact-checkers.

¹Ce projet est financé par l'Union Européenne. Coordonné par la Fondazione Bruno Kessler, il implique un consortium de partenaires issus de onze pays, dont le CNRS pour la France.



Le télescope ACT, pour Atacama Cosmology Telescope, est installé à 5 200 m d'altitude dans les Andes chiliennes. Il est conçu pour l'observation du fond diffus cosmologique. Ici, on le voit niché au centre du cône protecteur qui l'isole des rayonnements parasites émis par le sol. © Collaboration ACT



La collaboration ACT dévoile une nouvelle carte de la distribution de la matière noire dans l'Univers

— La collaboration « *Atacama Cosmology Telescope* » (ACT), à laquelle participe une équipe du Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie¹, révèle la carte la plus détaillée jamais réalisée de la distribution de matière noire dans l'Univers. Cette image révolutionnaire, réalisée avec les observations du télescope ACT, au Chili, conforte la théorie de la relativité générale d'Einstein, qui est la base du modèle standard de la cosmologie depuis plus d'un siècle. Elle ouvre également de nouvelles perspectives pour notre compréhension de l'évolution des structures dans l'Univers.

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

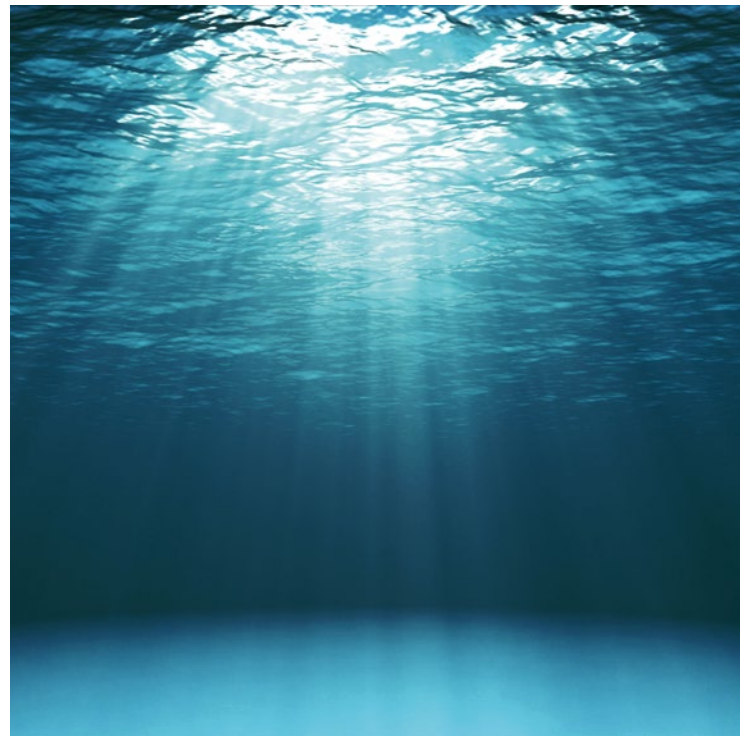
Univers



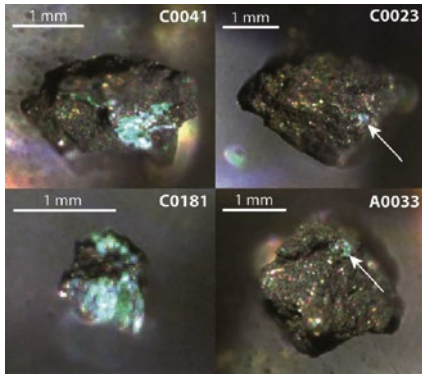
Quand les océans sont sous forme de gaz, une étape clé de l'histoire des planètes

— Au cours de l'histoire des planètes, leurs océans ont d'abord été sous forme de gaz, vaporisés. Cette atmosphère de vapeur a joué un rôle clé dans leur histoire, en créant un effet de serre important qui provoquait invariablement la fusion de la croûte rocheuse en un océan de magma. Une équipe de recherche impliquant deux laboratoires en co-tutelle CNRS¹ a développé un nouveau modèle permettant de décrire ces atmosphères de façon plus cohérente. Les conséquences sont majeures pour les planètes de petites étoiles rouges, cibles du télescope spatial James Webb.

¹Laboratoire de météorologie dynamique (LMD - CNRS/École polytechnique/ENS-PSL/Sorbonne Université) à Palaiseau et Paris ; Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux (LAB - CNRS/Université de Bordeaux)



© katatonia — adobe-stock.com



© Institut d'astrophysique spatiale



Les échantillons de l'astéroïde Ryugu livrent de nouvelles informations précieuses pour comprendre l'évolution précoce du système solaire

Fin 2020, la mission japonaise Hayabusa2 a rapporté sur Terre des échantillons de l'astéroïde Ryugu. Ces dernières n'en finissent pas de livrer leurs secrets. De nouvelles caractérisations minéralogiques viennent d'être apportées par l'instrument MicrOmega, un microscope hyperspectral, conçu et développé à l'Institut d'astrophysique spatiale¹. Ce dernier est le seul instrument capable de cartographier les minéraux et les molécules organiques à l'échelle de quelques dizaines de micromètres dans le proche infrarouge. Ces analyses révèlent des informations précieuses sur la composition de la jeunesse du système solaire.

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

Le télescope James Webb révèle la composition d'un disque protoplanétaire

Une équipe de recherche internationale impliquant des scientifiques du CNRS, de l'Université Paris-Saclay et du CEA soutenus par le CNES a révélé la composition chimique d'un disque de matière en rotation autour d'une jeune étoile, où se forment de nouvelles planètes. Étonnamment, celui-ci est riche en hydrocarbures, dont certains n'avaient jamais été détectés dans ces structures. Ces résultats sont un premier aperçu du potentiel de James Webb pour connaître les conditions physiques et chimiques qui règnent lors de la formation des planètes, et pour comprendre comment des processus physiques identiques dans tous les disques conduisent aux différents types de planètes observées dans l'Univers.



La région de la barre d'Orion (image NIRCam).

© ESA



JWST détecte pour la première fois une molécule organique cruciale dans un système planétaire en formation

Pour la première fois, du méthyle cation (la molécule CH_3^+) a été détecté dans l'espace, et plus précisément dans un disque protoplanétaire. Cette molécule est considérée comme cruciale pour la chimie extraterrestre, car les modèles théoriques prédisent qu'elle est à la base de la synthèse de molécules plus complexes. Cette découverte est importante car elle pourrait avoir des implications fortes dans la chimie des systèmes planétaires en formation, y compris celle du système solaire, il y a plus de 4 milliards d'années. Ces travaux ont été menés par une équipe internationale impliquant des scientifiques de six laboratoires CNRS¹.

¹Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP - OMP - CNRS/CNES/UT3 Paul Sabatier) à Toulouse ; Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO - CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay ; Laboratoire d'étude du rayonnement et de la matière en astrophysique et atmosphères (LERMA - CNRS/Observatoire de Paris - PSL/CY Cergy Paris Université/Sorbonne Université) à Paris ; Institut d'astrophysique spatiale (IAS - CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay ; Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble (IPAG - CNRS/Université de Grenoble Alpes) à Grenoble



© r_tee — adobe-stock.com



Le réchauffement planétaire résultant des activités humaines atteint un nouveau record

— Un groupe international de scientifiques a publié une mise à jour des principaux indicateurs climatiques clés du rapport du groupe de travail n°1 de la sixième évaluation du GIEC, paru en août 2021. Ces travaux impliquent notamment deux laboratoires CNRS du Cluster de Paris-Saclay¹ et concernent une large gamme des indicateurs mis à jour, dont l'estimation des émissions de gaz à effet de serre, du réchauffement induit par les activités humaines, du déséquilibre énergétique de la planète, et des budgets carbone résiduels.

¹Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE - CNRS/CEA/UVSQ) à Gif-sur-Yvette ; Laboratoire de météorologie dynamique (LMD - CNRS/ENS-PSL/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau et Paris



Illustration de la sécheresse au Guadalajara, Espagne

© Q — adobe-stock.com



On peut désormais relier la sécheresse de 2022 aux activités humaines

— Une étude impliquant notamment des scientifiques du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement¹ a mis en évidence que le changement climatique lié aux activités humaines contribue à la survenue d'épisodes de sécheresse prolongés comme celui qui a affecté l'Europe de l'Ouest et la région méditerranéenne en 2022. Ces résultats ont été mis en évidence en comparant les épisodes récents aux sécheresses des périodes antérieures. Les résultats de cette étude soulignent l'importance de poursuivre les efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et atténuer les effets du changement climatique.

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

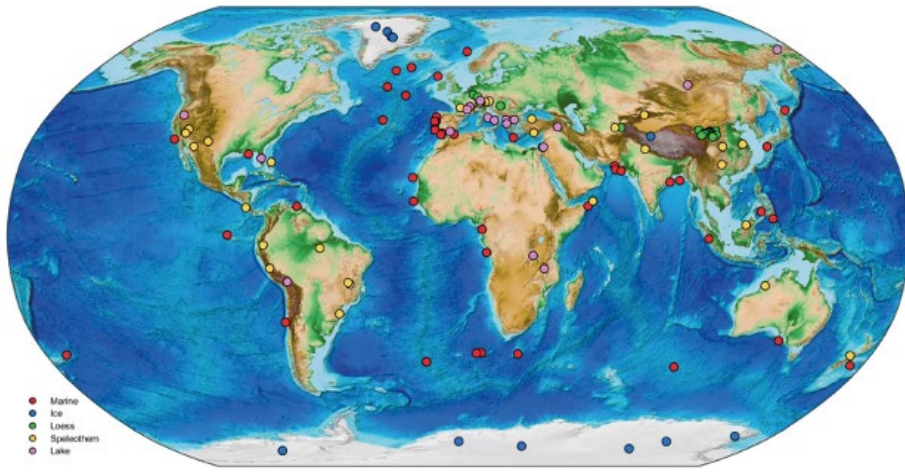
Climat

La disparition des petits cumulus n'aurait pas d'impact sur le changement climatique

— Les petits cumulus, un type de nuages, peuvent considérablement amplifier ou atténuer le réchauffement climatique en fonction de leur évolution. Ils représentent une source majeure d'incertitude dans les projections climatiques. Des scientifiques du Laboratoire de météorologie dynamique¹ et de l'Institut Max Planck de météorologie² ont démontré que les modèles utilisés surestimaient le couplage entre humidité et couverture nuageuse et sous-estimaient celui entre convection atmosphérique et petits cumulus. Ils ont ainsi mis en évidence que, contrairement à l'hypothèse prévalente, il est improbable que le changement climatique soit amplifié par la disparition des petits cumulus.

¹LMD (CNRS/ENS-PSL/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau et Paris

²MPI-M à Hambourg



Carte des enregistrements inclus dans la base de données PaléoJump. Les cinq sources d'enregistrement - sédiments marins, carottes de glace, dépôts terrestres : spéleothenes, loess et sédiments lacustres - sont identifiées dans la légende par leur couleur.
© Bagniewski et al.



PaléoJump : une nouvelle base de données sur les climats passés

Par le passé, le climat de la Terre a connu des transitions abruptes, souvent liées au franchissement de points de basculement. Il est urgent de comprendre comment et pourquoi cela s'est produit, car les émissions anthropiques de gaz à effet de serre pourraient potentiellement déclencher des points de basculement similaires au cours de ce siècle, entraînant des changements irréversibles dans le climat et l'environnement. La base de données PaléoJump, conçue par un collectif de scientifiques impliquant deux laboratoires CNRS¹, a été conçue pour répondre à cet enjeu. Elle compile des enregistrements pertinents et de haute qualité pour fournir aux climatologues une image plus claire de l'endroit et du moment où les transitions abruptes se sont produites tout au long de l'histoire de la Terre.

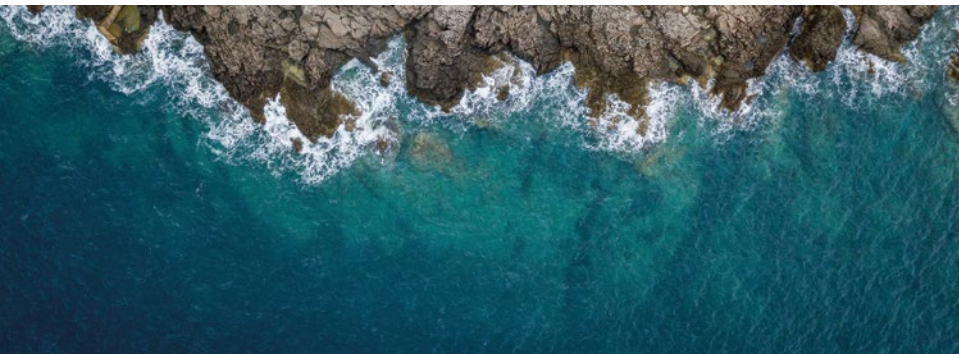
¹Laboratoire de météorologie dynamique (LMD - CNRS/ENS-PSL/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau et Paris ; Géosciences Montpellier (OREME - CNRS/Université de Montpellier)



Le chlore 36, un nouvel outil pour l'évaluation de la dynamique du carbone des sols

Le carbone organique du sol est un élément clé de la santé des et notamment sur l'atténuation des émissions anthropiques annuelles de CO₂. Or, l'âge est un facteur important dans ce rôle, et la datation au carbone 14 n'est pas assez précise pour cette mesure. Des travaux menés par un collectif de scientifiques impliquant notamment deux laboratoires CNRS¹ ont montré qu'utiliser le Chlore 36 était une alternative plus fiable pour mesurer l'âge des sols.

¹Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE - CEA/CNRS/UVSQ) à Gif-sur-Yvette ; Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE - AMU/CNRS/IRD/INRAE/Collège de France) à Aix-en-Provence



© Boyarkina Marina — adobe-stock.com



15 ans d'observation de l'océan Atlantique Sud pour prévoir le climat de demain

Le système global de courants interconnectant l'Atlantique Nord au reste de l'océan mondial est très efficace pour absorber, stocker et redistribuer la chaleur, le sel, le carbone et l'oxygène autour du globe. Le réseau d'observations SAMOC (South Atlantic Meridional Overturning Circulation), impliquant deux laboratoires CNRS¹, a fourni la preuve que ce réseau de courants se réchauffe à toutes les profondeurs, devient plus salé, que son activité se réduit et que ces changements sont liés au changement climatique.

¹Laboratoire de météorologie dynamique (LMD - CNRS/ENS PSL/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau et Paris ; Institut Franco-Argentin d'études sur le climat et ses impacts (IFAECI - CNRS/CONICET/IRD/Universidad de Buenos Aires)



Lande, base de recherche scientifique d'Abisko, nord de la Suède.
© Laurent ORGOGOZO / GET / CNRS Images



Fourmis de feu, nouvelle espèce invasive en Sicile, détectée au mois de septembre 2023.
© PHUENPHASHOP — adobe-stock.com



Les invasions biologiques, aussi coûteuses que des catastrophes naturelles

En 40 ans, les pertes financières induites par les invasions biologiques ont été équivalentes à celles provoquées par les différents types de catastrophes naturelles comme les tremblements de terre, les inondations ou les tempêtes. Elles augmentent même plus rapidement que celles dues aux aléas naturels. C'est ce qu'ont découvert des scientifiques du laboratoire Écologie, systématique et évolution¹, dont les travaux ont été soutenus par le Fonds AXA pour la Recherche.

¹ESE (CNRS/Université Paris-Saclay/AgroParisTech) à Gif-sur-Yvette

Écologie & environnement



Vers une production électrolytique d'hydrogène « vert »

Actuellement, la production d'hydrogène passe par l'électrolyse, c'est-à-dire la séparation des atomes d'oxygène et d'hydrogène via un courant électrique. Cependant, cette réaction ne fonctionne qu'en milieu acide, avec des électrodes faites de métaux nobles, rares et coûteux. Des scientifiques de deux laboratoires CNRS¹ ont réussi à produire de l'hydrogène en mettant au point une électrode constituée de carbone et de cobalt, un métal non précieux. Ces travaux prometteurs sont bio-inspirés par des enzymes produisant de l'hydrogène et retrouvées dans la nature.

¹Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICMMO - CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay ; Institut des sciences chimiques de Rennes (ISCR - CNRS/Université Rennes/ENSCR/INSA Rennes)



© AddMeshCube — adobe-stock.com

Des photocatalyseurs organiques pour la production durable d'hydrogène vert

Avec plus d'énergie irradiant la surface de la Terre en une heure que ce que la société humaine consomme en un an, le soleil semble être une source inépuisable d'énergie renouvelable. Afin d'exploiter cette ressource, des chimistes du CNRS¹ ont créé une nouvelle famille de semiconducteurs organiques peu coûteux et qui n'utilisent pas de métaux critiques pour produire de l'hydrogène à partir d'eau et de la lumière du soleil. Une voie prometteuse pour la conversion et le stockage chimique de l'énergie solaire par des processus photocatalytiques.

¹Laboratoire de chimie des polymères organiques (CNRS/Bordeaux INP/Université de Bordeaux), Institut de chimie physique (CNRS/Université Paris Saclay) Institut des sciences moléculaires (CNRS/Université de Bordeaux)

Un nouveau photoréacteur compact pour la photoproduction d'hydrogène

Jusqu'alors, la production photocatalytique d'H₂ n'avait pas atteint un niveau technologique suffisant d'une part à cause des catalyseurs qui ne sont pas assez efficaces, abondants, recyclables et peu coûteux, et d'autre part car il manquait un réacteur évolutif, facile à construire et à manipuler. Une équipe pluridisciplinaire impliquant plusieurs laboratoires CNRS¹ a relevé ce double défi, et a réussi à mettre au point un photoréacteur compact à la géométrie et la configuration innovants permettant de créer efficacement du dihydrogène.

¹Laboratoire de physique des solides (LPS - CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay ; Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg (IPCMS - CNRS / Université de Strasbourg) ; Rutherford Appleton Laboratory ; universités de Grenade, Camerino et Southampton

Chimie & industrie



La Ronde de nuit par le peintre Rembrandt. ©Rijksmuseum



Un composé inhabituel découvert dans La Ronde de nuit de Rembrandt

Une équipe internationale associant des scientifiques du Rijksmuseum d'Amsterdam, du CNRS, de l'ESRF, le Synchrotron Européen de Grenoble, de l'Université d'Amsterdam et de l'Université d'Anvers, a découvert un composé rare de plomb (appelé formiate de plomb) dans le célèbre chef-d'œuvre de Rembrandt, La Ronde de nuit. Cette découverte, coordonnée par un chercheur du laboratoire Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires¹, qui est une première dans l'histoire de l'étude scientifique des peintures, apporte un nouvel éclairage sur les techniques du XVII^e siècle et sur la conservation du tableau.

¹PPSM (CNRS/ENS Paris-Saclay) à Orsay

La Joconde fait de l'œil aux chimistes

Le mystère de La Joconde ne réside pas tant dans son sourire que dans les techniques picturales utilisées par Léonard de Vinci. En effet, une équipe impliquant notamment plusieurs laboratoires CNRS¹ a prouvé la présence d'un composé rare et instable, la plumbonacrite, dans les huiles au plomb utilisées pour La Joconde et dans La Cène. Ces résultats suggèrent une volonté d'innover dans la préparation de sous-couches de peinture épaisses et opaques en traitant l'huile avec une forte charge d'oxyde de plomb.

¹Laboratoire Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires (CNRS/ENS Paris-Saclay) à Orsay ; Institut de recherche de chimie Paris (CNRS/Chimie ParisTech — PSL)

Nouvelle synthèse totale de molécules naturelles complexes

La synthèse totale de molécules naturelles complexes, réalisée sans processus biologiques et uniquement en partant de molécules simples et disponibles dans le commerce, est un défi en chimie médicinale. En effet, elle permet d'accéder à des grandes quantités de molécules naturelles actives ou à leurs analogues, sans dépendre directement du médicament. Une équipe de scientifiques de l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay¹, a développé une nouvelle stratégie de synthèse totale de toute une famille d'alcaloïdes complexes à l'activité biologique très prometteuse.

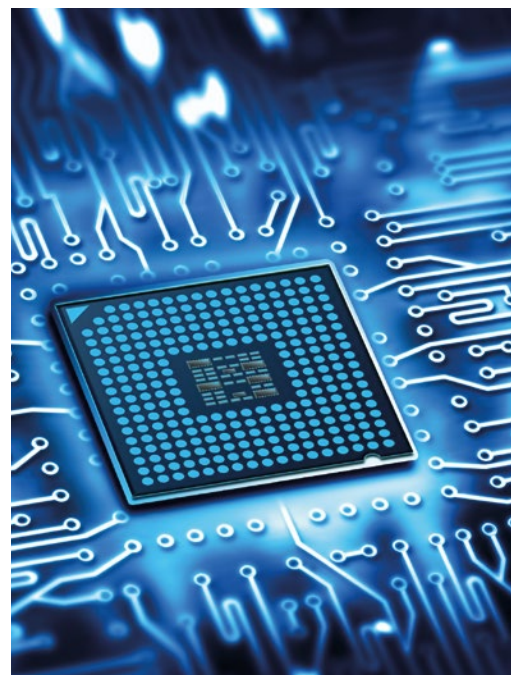
¹ICMMO (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay



Des transistors qui ont de la mémoire : une révolution dans la topologie des circuits intégrés

En assemblant des matériaux ferroélectriques en couches semiconductrices ultra-minces, des scientifiques d'un consortium international impliquant des laboratoires CNRS¹ proposent une architecture révolutionnaire pour les circuits intégrés, intégrant à la fois le traitement de l'information et son stockage. Ces travaux ouvrent la voie à un gain substantiel de performance pour les ordinateurs de demain.

¹Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau ; Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg (IPCMS - CNRS/Université de Strasbourg)



© Edelweiss — adobe-stock.com

Projets européens

Les bourses ERC « Starting »

aident les jeunes chercheurs en sortie de thèse à lancer leurs projets, former leurs équipes et poursuivre leurs plus prometteuses idées.

Les bourses ERC « Proof of concept »

s'adressent aux scientifiques qui ont déjà été lauréats d'une bourse ERC moins d'un an auparavant et qui souhaitent valoriser les résultats de leur recherche, développer leur potentiel d'innovation et se rapprocher d'un marché.

Les bourses ERC « Consolidator »

soutiennent le meilleur de la recherche exploratoire en récompensant des porteurs et porteuses de projets européens ayant obtenu leur doctorat 7 à 12 ans auparavant.

Les bourses ERC « Advanced »

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.



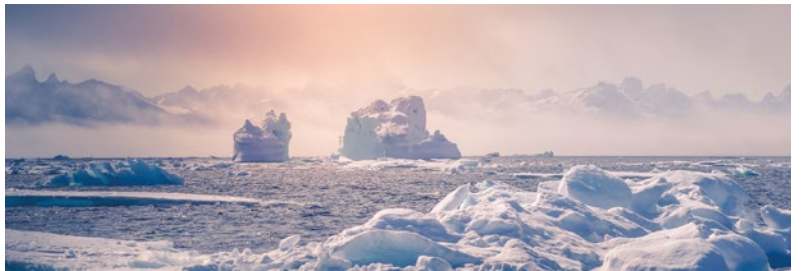
© rostf9 — adobe-stock.com



Analyser les isotopes de carottes de glace pour mieux comprendre le climat de l'Antarctique

L'impact du changement climatique est plus important dans les régions polaires sous l'effet de boucles de rétroaction qui conduisent à une amplification polaire. Cependant, les données météorologiques de l'Antarctique ne remontent pas assez loin dans le passé pour séparer la variabilité naturelle de l'impact de l'humain. Le Projet SAMIR, lauréat d'une bourse ERC « Starting 2023 » et porté par Mathieu Casado, chargé de recherche au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement¹, combinera de nouvelles approches analytiques et statistiques afin d'analyser la composition isotopique d'un grand nombre de carottes de glace, et l'utiliser pour reconstruire l'évolution de la température en Antarctique pendant les mille dernières années.

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



© Erwin Barbé — adobe-stock.com

Comprendre les phases topologiques de la matière pour développer de nouvelles technologies quantiques

Le contrôle des propriétés des matériaux par la lumière est un nouvel axe de recherche de la physique de la matière condensée. Les matériaux topologiques y ont une place de choix, en raison de leur robustesse et de leur application possible dans les technologies quantiques. Le projet théorique Q-Light-Topo, lauréat d'une bourse ERC « Starting 2023 » et porté par Olesia Dmytruk, chargée de recherche CNRS au Centre de physique théorique¹, se concentrera sur l'utilisation de la lumière quantique pour sonder, contrôler et créer des phases topologiques de la matière dans des matériaux à l'état solide couplés avec des photons de cavité. L'objectif principal du projet Q-Light-Topo est de concevoir de nouveaux systèmes topologiques pour faire avancer le domaine des technologies quantiques.

¹CPHT (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

Mieux comprendre les échanges entre chromosomes

Lors de la division des cellules pour créer des spermatozoïdes ou des ovules, une division particulière a lieu : la méiose. Au cours de celle-ci, des échanges de séquence ADN entre les différents chromosomes peuvent avoir lieu, ce qui réassortit les gènes et allèles et crée des génomes différents de ceux des parents. Encore mal compris, ce phénomène s'appelle « crossover méiotique ». Il n'est pas dû au hasard, car le nombre final des crossovers et leur position sont étroitement régulés et espacés. Dans le cadre de son projet intitulé Dynaco, lauréat d'une bourse ERC « Starting 2023 », Chloé Girard, chargée de recherche CNRS à l'Institut de biologie intégrative de la cellule¹ développe des solutions innovantes pour mieux comprendre les crossovers méiotiques. Ces travaux permettront une meilleure compréhension fondamentale de ce phénomène. Ils pourraient également fournir des outils pour la manipulation de la recombinaison afin de mieux modifier des génomes.



¹I2BC (CEA/CNRS/Université Paris-Saclay/INRAE/Inserm) à Gif-sur-Yvette

Remonter aux origines des cellules à noyau

Les eucaryotes constituent le troisième domaine du vivant, avec les bactéries et les archées. Ils sont extrêmement diversifiés et comprennent une multitude d'organismes unicellulaires, comme des protozoaires et des microalgues, mais aussi des lignées multicellulaires, comme les animaux, les champignons ou les plantes. La cellule eucaryote possède un noyau qui contient le matériel génétique, et également d'autres organites comme la mitochondrie, responsable de la bioénergétique cellulaire et dont on sait depuis longtemps qu'elle dérive d'une ancienne bactérie endosymbionte. Des données génomiques suggèrent que la cellule eucaryote a évolué d'une symbiose entre au moins la bactérie ancêtre de la mitochondrie et une archée de la lignée Asgard, récemment découverte. Mais les eucaryotes possèdent aussi des gènes provenant d'autres bactéries. Est-ce que d'autres bactéries ont participé à la symbiose à l'origine des eucaryotes ? Afin de remonter aux sources des symbioses et comprendre l'histoire évolutive des cellules à noyau, Purificacion Lopez-Garcia, directrice de recherche CNRS au laboratoire Écologie, systématique et évolution¹, porte le projet SYMBEK, lauréat d'une bourse ERC « Advanced 2023 ».

¹ESE (AgroParisTech/CNRS/Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette



Intégrer l'information dans les stratégies économiques

Pour l'activité économique, l'accès à l'information joue un rôle de plus en plus central de coordination, et a des répercussions notamment sur les crises financières et la stabilité sociale. Le projet SInfoNiA, porté par Olivier Gossner, directeur de recherche CNRS au Centre de recherche en économie et statistique¹, lauréat d'une bourse ERC « Advanced 2023 », vise à créer de nouvelles bases pour l'analyse de l'information en économie. Il développera un modèle de types stratégiques qui redéfinira le rôle de l'information dans les situations stratégiques générales.

¹CREST (CNRS/École polytechnique/GENES) à Palaiseau



© peshkova — adobe-stock.com

Démocratiser des méthodes plus performantes de résolution d'équations différentielles

La résolution d'équations différentielles est une tâche omniprésente et fondamentale dans l'informatique moderne. Actuellement, ces équations sont avant tout résolues par des méthodes numériques, mais non certifiées. Une autre approche est de calculer des solutions symboliques, exactes et plus compréhensibles. Cependant, ces solutions n'existent pas toujours et peuvent être difficiles à calculer. Le projet ODELIX, lauréat d'une bourse « Advanced 2023 » et porté par Joris Van der Hoeven, directeur de recherche CNRS au Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique¹, vise à développer des méthodes pour démocratiser l'emploi des solutions numériques certifiées ainsi que symboliques d'équations différentielles.

¹LIX (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

LES PROJETS EUROPÉENS EN CHIFFRES

60

projets Horizon Europe signés en 2023

113

lauréates et lauréats du Conseil européen de la recherche (ERC) en 10 ans

13

C'est le nombre de projets scientifiques européens soutenus par le Conseil Européen de la Recherche (ERC) en 2023 issus des laboratoires CNRS à Saclay.

Ces projets emmènent la science aux frontières de la connaissance, dans tous les domaines de la science et de la technologie.



Accélérateur de particules au CERN, à Genève.
© francescodemarco — adobe-stock.com



De nouvelles technologies pour diminuer l'impact environnemental des accélérateurs de particules

Les accélérateurs de particules sont devenus des instruments essentiels à la recherche fondamentale, mais également dans les domaines de la santé, l'environnement, la sécurité et la haute technologie. Cependant, l'accélération des particules vers des énergies plus élevées nécessitera toujours une grande quantité d'énergie. Ainsi, rendre ces accélérateurs de particules plus respectueux de l'environnement devient nécessaire, et permettra de maintenir l'attractivité et la compétitivité des infrastructures de recherche européennes. Dans cet objectif, le projet européen collaboratif iSAS, coordonné par Achille Stocchi, directeur du Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie¹, vise à innover pour élargir, accélérer et amplifier le développement et l'impact de nouvelles technologies économes en énergie pour accélérer les particules. Le projet se concentrera principalement sur les systèmes RF supraconducteurs.

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



Installation de production de biogaz.
© Jürgen Fälchle — adobe-stock.com



Des capteurs innovants pour contrôler la qualité de l'air et la production de biogaz

La pollution de l'air constitue un risque environnemental majeur pour la santé, responsable de près d'un demi-million de décès prématurés chaque année en Europe. À l'heure actuelle, les capteurs sont insuffisants pour contrôler efficacement la qualité de l'air. Face à ce constat, le projet SYMPHONY, porté par Carlos Alonso Ramos, chargé de recherche CNRS au Centre de nanosciences et nanotechnologies¹, ambitionne de développer de nouvelles technologies de capteurs, capables de détecter des cibles multiples pour des applications dans le contrôle de la qualité de l'air, la surveillance de la pollution, le contrôle des processus industriels et la sécurité. Les capteurs intelligents SYMPHONY se concentrent principalement sur les gaz identifiés par l'Agence européenne pour l'environnement comme hautement polluants et contribuant à l'effet de serre, tels que le CO₂, le CH₄ et le NO₂, mais également sur ceux liés à la production de biogaz.

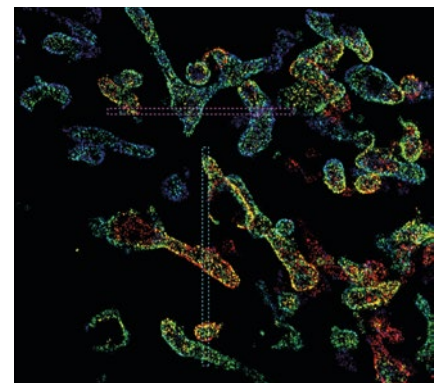
¹C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau



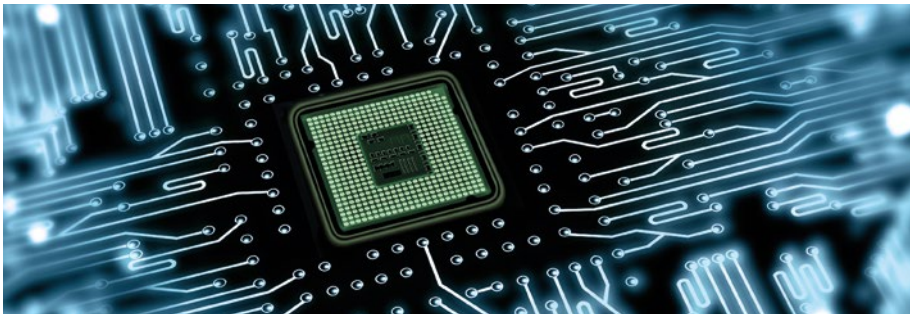
Révolutionner l'imagerie biologique grâce à une plateforme multi-échelle de pointe

Le projet NanoSCAN, porté par Sandrine Levêque, directrice de recherche CNRS à l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay¹, vise à révolutionner l'analyse des tissus grâce à une nouvelle plateforme de biologie spatiale en 3D qui fournit des informations cruciales sur les fonctions cellulaires et tissulaires. Actuellement, il n'existe aucun instrument unique capable de couvrir différentes échelles complémentaires - du tissu à la molécule -, avec une vitesse, un débit et une précision élevés. Pour remédier à ces limitations, le projet développera une nouvelle plateforme d'imagerie qui combine des solutions de microscopie optique multi-échelles, de la microscopie à illumination structurée, et des tissus aux techniques de microscopie de localisation à molécule unique. Cette plateforme sera capable de réaliser des classifications rapides des cellules, et d'obtenir des informations 3D nanoscopiques plus profondes et plus élevées sur des régions présélectionnées. À la clé, des applications en immuno-oncologie, afin de faire progresser les thérapies personnalisées.

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



Mitochondries visualisées avec la plateforme d'imagerie du projet Nanoscan
© Nanoscan - Sandrine Levêque



© Edelweiss — adobe-stock.com



Concevoir des circuits intégrés innovants grâce à la photonique

Les circuits intégrés photoniques sont théoriquement plus rapides et avec une meilleure bande passante que les circuits intégrés traditionnels, à base de métaux. Cette technologie omniprésente dans notre quotidien sera revisitée dans le projet CIRCULIGHT, porté par Béatrice Dagens, directrice de recherche CNRS au Centre de nanosciences et de nanotechnologies¹. Ce projet permettra de créer un circulateur optique véritablement intégré, qui protège les fonctions intégrées actives et passives les unes des autres, distribue la lumière entre elles et permet enfin l'intégration à très grande échelle de composants photoniques. L'avancée technologique décisive du projet repose sur un matériau sol-gel composé de nanoparticules magnéto-optiques et sur l'effet magnéto-biplasmonique. Cette technologie constituera une percée dans les capacités des circuits intégrés photoniques, avec un impact sur un large éventail d'applications à forte valeur économique et sociétale.

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

Des rubans de graphène pour permettre le développement de technologies quantiques

Les technologies quantiques exploitent les propriétés quantiques particulières de la matière, telles que la superposition, l'effet tunnel et l'intrication, pour développer des outils et des dispositifs dotés de nouvelles fonctionnalités. Cependant, ces technologies sont beaucoup plus sensibles aux perturbations et nécessitent souvent un fonctionnement à très basse température, imposant des contraintes fortes. Le projet ATYPIQUAL, porté par Pierre Sénéor, professeur à l'Université Paris-Saclay et chercheur au laboratoire Albert Fert¹, propose une approche radicalement différente qui permet de "câbler" naturellement des états quantiques complexes dans des nanorubans de graphène de précision atomique. ATYPIQUAL ouvrira la voie à une nouvelle plateforme de technologie quantique pour des dispositifs multifonctionnels accordables à l'échelle atomique, avec des applications dans l'électronique, la photonique et la spintronique de la prochaine génération.

¹ Laboratoire Albert Fert (CNRS/Thales/Université Paris-Saclay) à Palaiseau

La supraconductivité pour doper des réseaux de neurones artificiels

Les matériaux supraconducteurs offrent de nouvelles possibilités dans de nombreux domaines, y compris dans les réseaux de neurones artificiels. Le projet JOSEPHINE, porté par Javier Villegas, directeur de recherche CNRS au laboratoire Albert Fert¹, envisage d'améliorer la vitesse de calcul et de diminuer la consommation d'énergie de ces réseaux grâce à un procédé particulier lié à la supraconductivité, les jonctions Josephson à haute température. Les réseaux de neurones pourraient alors atteindre des processeurs de niveau supercalculateur à une fraction du coût environnemental. L'objectif du projet est de rendre possible ces interactions qui restent complexes à réaliser à l'heure actuelle, avec un large éventail d'applications prévues, telles que le contrôle de véhicules autonomes, la médecine et l'IA.

¹ Laboratoire Albert Fert (CNRS/Thales/Université Paris-Saclay) à Palaiseau



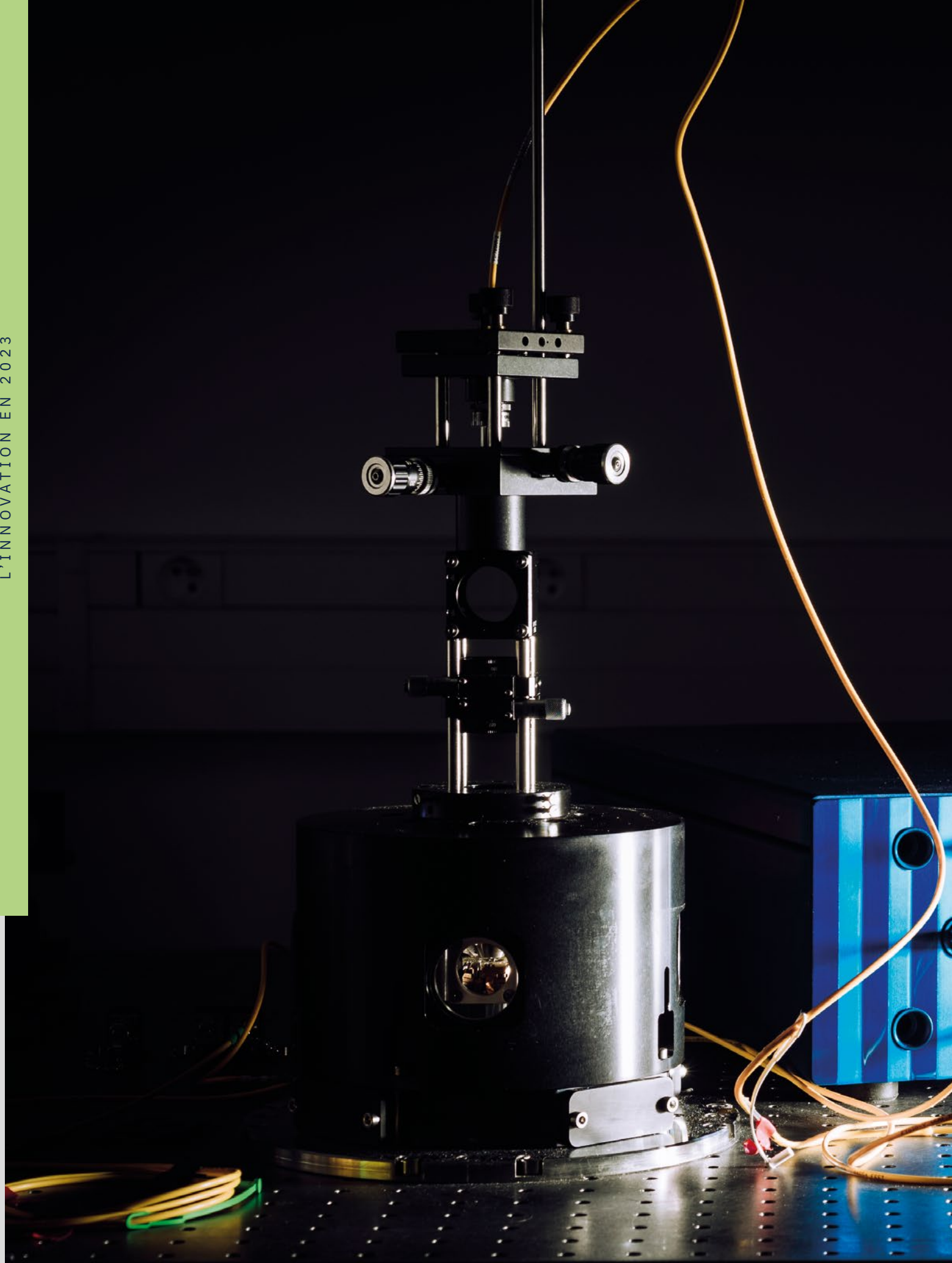
Une plateforme miniature et précise pour la détection de polluants

La spectroscopie optique à haute résolution dans certaines longueurs d'ondes précises de l'infrarouge permet de détecter précisément et de quantifier de petites traces de gaz à effet de serre et de gaz toxiques avec une sensibilité très élevée. Bien que critique pour notre environnement, aucun instrument actuel n'est assez miniaturisé ni assez simple pour ces mesures. Le projet UNISON, porté par Delphine Morini, professeur à l'Université Paris-Saclay et chercheuse au Centre de nanosciences et de nanotechnologies¹, cherche à créer une plate-forme hautement évolutive pour la spectroscopie infrarouge, qui présente à la fois des performances de haut niveau et un faible encombrement. La technologie développée utilisera astucieusement des lasers à cascade pompés électriquement, ainsi que des circuits photoniques à infrarouge moyen, afin de surpasser les systèmes spectroscopiques actuels en termes de largeur de bande de détection, d'espacement des points et de compacité du système.

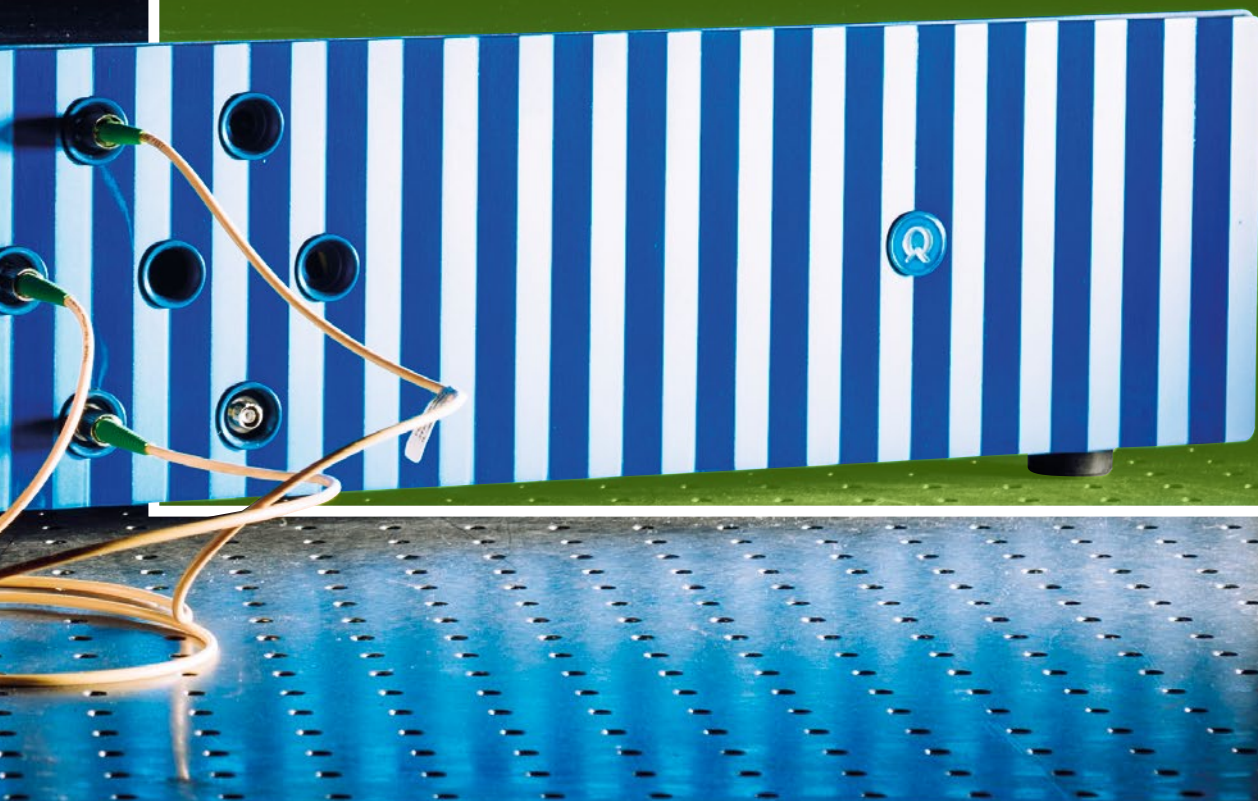
¹ C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau



© Семен Саливанчук adobe-stock.com



L'innovation en 2023





i-PhD, i-Lab et i-Nov 2023 : l'innovation issue du CNRS récompensée

De nombreux projets d'innovation issus de laboratoires du CNRS et de ses partenaires se sont distingués au Concours d'innovation, avec respectivement 17, 31 et 20 lauréats pour les concours i-PhD, i-Lab et i-Nov. Parmi eux, huit sont issus de laboratoires CNRS du cluster scientifique et technologique de Paris-Saclay.

Les deux lauréats du Concours i-PhD :

- le projet CYCLES issu du Laboratoire de physique des plasmas¹. Ce projet vise à utiliser une source plasma innovante pour transformer du CO₂ en méthane (CH₄) afin de produire du gaz de ville neutre en carbone.
- le projet BIOMMS, issu du laboratoire Génie électrique et électronique de Paris². Ce projet cherche à créer une micro-source d'énergie pour alimenter à distance des dispositifs médicaux implantables actifs, rendant possible leur implantation en profondeur dans le corps humain. Une avancée majeure qui s'avérerait trop complexe jusque-là à cause de la durée de vie des batteries.

Les deux lauréats du Concours i-Lab :

- le projet HIRES CURRENT FORCAS, issu de la start-up Amphitrite hébergée au sein du Laboratoire de météorologie dynamique³, fusionne de multiples données satellitaires à l'aide d'outils d'IA afin de fournir une information fiable et adaptée aux besoins des acteurs maritimes.
- le projet TRIOPbyBEAMS, partie intégrante de la start-up Beams, créée au Laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot-Curie⁴, développe des dispositifs médicaux d'aide à la chirurgie en oncologie. TRIOP est une technologie associant un détecteur de particules bêta (un traceur utilisé pour repérer les tumeurs) avec un aspirateur chirurgical, afin d'assister le praticien en direct dans la détection de tumeurs.

Les quatre projets lauréats du Concours i-Nov :

- DAMAE Medical développe des technologies avec des outils d'IA pour des examens optiques de la peau précis, rapides et fiables, sans avoir besoin de prélever de peau. Issue du Laboratoire Charles Fabry⁵, la start-up vise notamment à réduire le taux de chirurgies incomplètes des mélanomes tout en préservant un maximum de tissu sain.
- OKOMERA, issu du Laboratoire d'hydrodynamique⁶, vise à améliorer le traitement personnalisé du cancer avec une technologie permettant de tester en quelques jours les cellules d'une biopsie, et de prédire la réponse du patient aux différentes options de traitements.
- VitaDX, issue de l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay⁷, développe des logiciels pour détecter précocement le cancer, en combinant des expertises scientifiques en IA, traitement d'image et médecine avec celles en logiciels médicaux.
- SENSOME, start-up fondée en 2014, au Laboratoire d'hydrodynamique⁶, développe actuellement le projet SPELL, qui vise à développer un nouvel outil diagnostique à base d'IA pour la détection précoce de cancers du poumon, afin de réduire le délai d'obtention du diagnostic et maximiser les chances de survie du patient.

¹LPP (CNRS/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau

²GeePs (CentraleSupélec/CNRS/Sorbonne Université/Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette

³LMD (CNRS/ENS-PSL/École polytechnique/Sorbonne Université) à Palaiseau et à Paris

⁴IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Orsay

⁵LCF (CNRS/IOGS) à Palaiseau

⁶LadHyX (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau

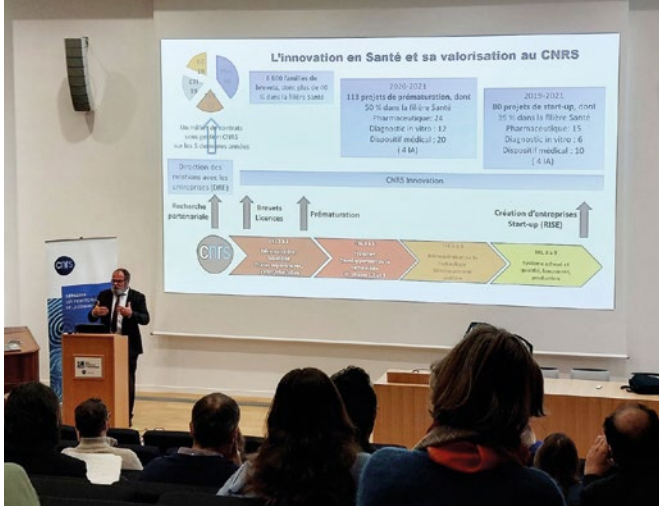
⁷ISMO (CNRS/Université Paris-Saclay) à Orsay



PARIS-SACLAY
INNOVATION
PLAYGROUND

Le CNRS, partenaire de Paris-Saclay SPRING 2023

Le CNRS était partenaire de la 5^{ème} édition de Paris-Saclay SPRING, qui s'est déroulée les 1^{er} et 2 juin 2023 sur le campus d'HEC Paris, à Jouy-en-Josas. L'occasion pour le CNRS de présenter aux visiteurs ses filières scientifiques, l'ensemble de ses modalités de collaboration adaptées aux besoins des entreprises et son offre de formation continue.



Christian Périgaud,
Responsable de
la filière Santé du
CNRS, présente
les modalités de
collaboration en
santé avec le
CNRS.
©CNRS

L'INNOVATION EN CHIFFRES

32

structures communes
de recherche CNRS/
entreprises dont

3

unités mixtes
de recherche

77

start-ups créées
en 10 ans dont

7 en 2023
et

68

encore en activité

243

brevets déposés
en 5 ans dont

31

en 2023



Matinale CNRS / French Tech Paris-Saclay autour des dispositifs médicaux

Le jeudi 23 novembre 2023, le CNRS et la French Tech Paris-Saclay ont organisé une matinale dédiée à la réglementation en santé, au Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N¹). Au cours de cet événement, Christian Périgaud, Responsable des filières industrielles Santé, Chimie & Matériaux du CNRS, a pu présenter les nombreuses modalités de collaboration possibles entre les laboratoires de recherche CNRS et les entreprises pour faire progresser main dans la main les connaissances et accélérer le transfert de technologies. Pierre-Yves Joubert, Directeur adjoint du C2N, a également résumé les expertises des départements MicroSystèmes et NanoBiofluidiques en lien fort avec les enjeux des industries de la santé.

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

Le Prix des Innovateurs Île-de-France récompense des recherches sur la chimiothérapie par voie sous-cutanée

Chaque année, le Prix des Innovateurs de la Région Île-de-France soutient l'émergence d'innovations dans le domaine médical en couronnant trois chercheurs de moins de 45 ans et leurs équipes. Parmi les lauréats de 2023, Julien Nicolas, directeur de recherche CNRS à l'Institut Galien Paris-Saclay¹, et son équipe ont été récompensés pour leurs travaux sur le développement d'une administration simplifiée de chimiothérapie par voie sous-cutanée. Le chercheur et son équipe ont réussi à modifier un des anticancéreux les plus utilisés en clinique afin de le rendre soluble dans le sang, tout en le rendant inactif jusqu'à ce qu'il soit dissout : une prouesse d'ingénierie chimique.

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



Sonio : l'échographie augmentée au service de l'obstétrique

Durant une grossesse, le suivi prénatal est essentiel, afin notamment de détecter au plus tôt d'éventuelles anomalies congénitales ou maladies rares. Elles touchent 2,5% des naissances en Europe, et seulement la moitié d'entre elles sont détectées. La difficulté réside principalement dans la grande diversité de symptômes à reconnaître. Afin d'assister les praticiens de santé pour le diagnostic prénatal, Sonio, au sein du Centre de Mathématiques appliquées¹, développe un outil à base d'IA pour optimiser les échographies. Leur outil guide l'utilisateur en temps réel, suggère d'autres zones à examiner, et diminue les risques de passer à côté d'une observation importante.

¹CMAP (CNRS/École polytechnique) à Palaiseau



Julien Stirnemann utilisant Sonio.
© Sonio

Réseaux du futur : le CNRS, l'Université Paris-Saclay, CentraleSupélec et Orange s'associent pour créer la Chaire de recherche « 6G Durable »

Le CNRS, l'Université Paris-Saclay, CentraleSupélec et Orange, créent une chaire de recherche pour cinq ans afin de favoriser l'innovation et la recherche académique en matière de conception et de gestion de réseaux 6G durables. Portée par le Laboratoire des signaux et systèmes¹, elle permettra de créer un réseau intelligent, sobre en énergie, optimisé dynamiquement, et combinant des mécanismes distribués et centralisés.

Les résultats seront largement publiés et diffusés pour les rendre disponibles à l'ensemble de l'écosystème constitué des industriels, des scientifiques et des étudiants impliqués dans le développement de la 6G.

¹ L2S (CentraleSupélec/CNRS/Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette



© Negro Elkha - adobe-stock.com



Une chaire industrielle pour étudier la solidité du réseau de transport d'électricité

Le 3 octobre 2023 a été signée la chaire industrielle Heat Coffee (HEalth evAluaTion of CONcrete Foundation For EIElectricity transport), qui s'intéresse à la bonne santé des fondations en béton des infrastructures de transport d'électricité, notamment des lignes à haute tension. Ce projet associe le CNRS, l'ENS Paris-Saclay, CentraleSupélec et RTE, acteur industriel qui pilote le réseau de transport d'électricité. Deux laboratoires du cluster scientifique et technologique de Paris-Saclay sont impliqués dans ce partenariat : le Laboratoire de mécanique Paris-Saclay¹ et le laboratoire Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie².

Avec un réseau de 270 000 supports, pylônes et fondations, d'âge moyen proche de 50 ans (pour une durée de vie jusqu'à 80 ans), l'intégrité des fondations en béton des infrastructures électriques répond à des enjeux sociétaux, économiques, environnementaux et de souveraineté à l'échelle nationale. Ce programme ambitionne de créer des jumeaux numériques des fondations en béton, et de recréer un vieillissement accéléré, afin de comprendre et voir de la manière la plus réaliste possible les dégradations de ces fondations.

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

² SATIE (CNRS/CNAM/Cergy Paris Université/ENS Paris-Saclay/Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette



Le CNRS, l'ENS Paris-Saclay, CentraleSupélec, et Safran renforcent leur coopération pour améliorer la performance des moteurs et structures aéronautiques

Le CNRS, l'École normale supérieure Paris-Saclay (ENS Paris-Saclay), CentraleSupélec, Safran Aircraft Engines et SafranTech renforcent leurs collaborations en créant un Groupe de programmation de recherche concertée portant sur la mécanique numérique et expérimentale au service de la performance des moteurs et structures aéronautiques, impliquant les équipes de recherche du Laboratoire de mécanique Paris-Saclay¹.

Ce groupe de programmation, intitulé GPRC MECAPERF, permettra aux parties prenantes d'identifier et de proposer de concert des projets pour apporter des réponses appropriées aux besoins et enjeux de recherche et développement dans le domaine de la mécanique numérique et expérimentale appliquée à la propulsion aéronautique.

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



© frank peters — adobe-stock.com

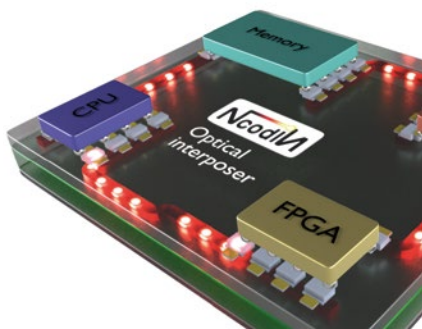


Illustration de l'interposeur optique développé par Ncodin.
© Ncodin



Ncodin développe aujourd'hui les composants clés des microprocesseurs de demain

Les nouvelles architectures de processeurs reposent de plus en plus sur l'interconnexion de petites puces réalisant les différentes opérations nécessaires, assemblées à partir d'éléments différents. Ces derniers sont reliés entre eux par des fils électriques, ce qui pose des problèmes d'optimisation. Ncodin, start-up issue du Centre de nanosciences et nanotechnologies¹ développe des interposeurs innovants faisant communiquer optoélectroniquement les puces composant les microprocesseurs, améliorant leur efficacité d'un facteur 100.

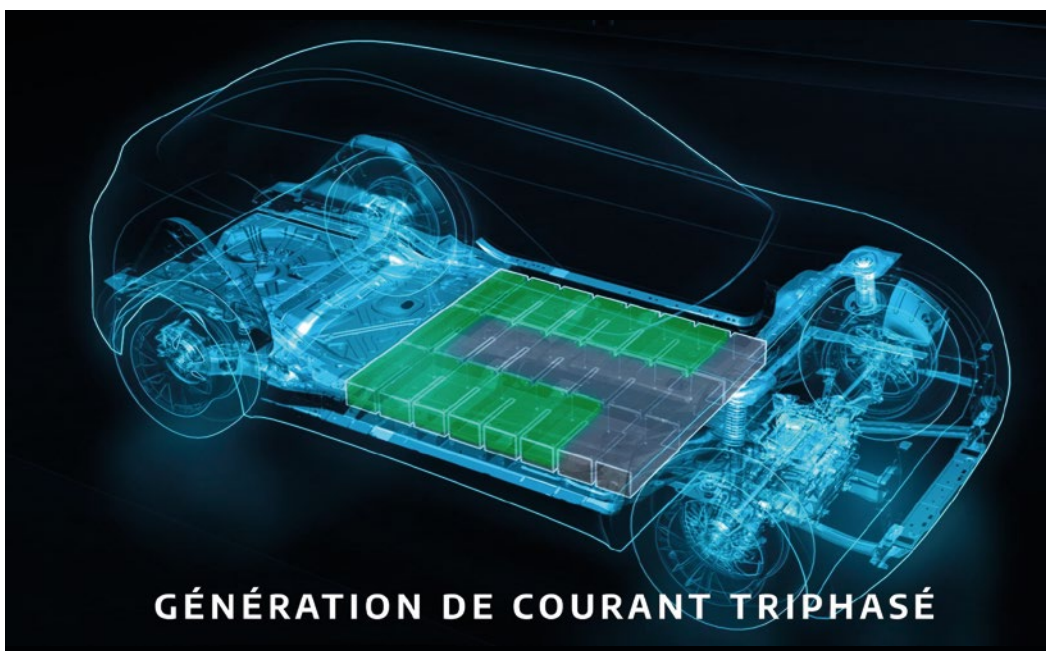
¹C2N (CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau



Une technologie de rupture pour la performance des horloges et des transferts de données

La future start-up ENTENTE a développé une technologie de rupture pour moduler la lumière à une fréquence donnée. Leur technologie se base sur l'optomécanique, science de l'interaction entre l'optique et l'acoustique. Soutenus par CNRS Innovation au Centre de nanosciences et nanotechnologies¹, ces travaux sont en passe de révolutionner les transferts de données et la stabilité des horloges intégrées à de multiples systèmes, avec des applications notamment pour les véhicules et drones autonomes, mais également pour l'agriculture autonome.

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



© Stellantis



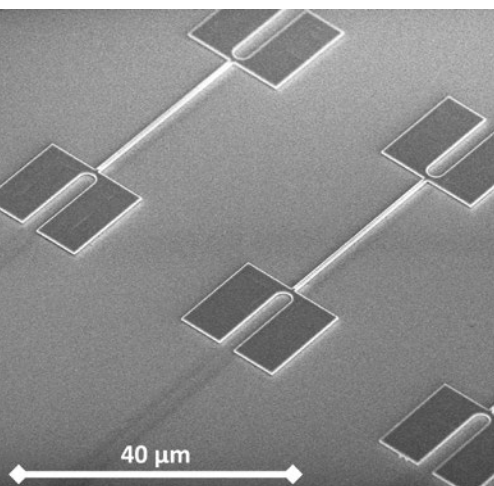
IBIS : une « batterie intelligente » et plus efficace pour les véhicules électriques et le stockage stationnaire

Après quatre années de conception, de modélisation et de simulation, une équipe de 25 personnes, ingénieurs et chercheurs du CNRS, de Stellantis et de Saft, ont dévoilé le 20 juillet 2023 un prototype innovant de batterie de stockage d'énergie intégrant les fonctions d'onduleur et de chargeur. Cette intégration permet de créer une batterie plus efficace, qui améliore l'autonomie des véhicules électriques, et qui est plus fiable, moins coûteuse, et plus compacte.

Le projet IBIS est financé par le Plan d'investissement du futur (France 2030), administré par l'ADEME et coordonné par Stellantis. Il réunit les partenaires industriels Saft (Groupe TotalEnergies), E2CAD et Sherpa Engineering, ainsi que trois laboratoires de recherche du CNRS¹ et l'Institut Lafayette.

Cette technologie représente une véritable rupture dans le domaine du stockage d'énergie mobile et stationnaire, et l'équipe du projet IBIS la rendra disponible sur les véhicules Stellantis avant la fin de cette décennie.

¹Génie électrique et électronique de Paris (GeePs - CentraleSupélec/CNRS/Sorbonne Université/ Université Paris-Saclay) à Gif-sur-Yvette ; Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie (SATIE - CNRS/CNAM/CY Cergy Paris Université/Université Paris-Saclay) à Cachan ; Laboratoire d'électrochimie et de physicochimie des matériaux et des interfaces (LEPMI - CNRS/Université Grenoble Alpes/Université Savoie Mont Blanc) à Gières.



© Rémy Braive et Giuseppe Modica - C2N / CNRS





+

La dif-
fusion
des
savoirs
en 2023



Inauguration de l'exposition « Objets de culture, matériaux et diversité » en gare de Versailles Chantiers en présence notamment d'Antoine Petit, Président-directeur général du CNRS, et de Valérie Pécresse, Présidente du Conseil régional d'Île-de-France. © CNRS



Exposition « Objets de culture, matériaux et diversité », dans cinq gares franciliennes

Le CNRS, la Région Île-de-France et SNCF Gares et Connexions ont transformé cinq gares franciliennes en lieux de diffusion des savoirs scientifiques. Du 12 avril au 29 mai 2023, une exposition photographique d'une ampleur inédite intitulée « Objets de culture, matériaux et diversité » a pu être admirée dans cinq gares franciliennes : Paris-Austerlitz, Paris Gare de Lyon, La Courneuve-Aubervilliers, Massy TGV et Versailles-Chantiers. Durant 45 jours, les 800 000 voyageurs quotidiens de ces gares ont vécu une immersion grand format dans la recherche scientifique de pointe menée sur les matériaux anciens. Une véritable invitation à s'immerger dans des laboratoires de recherche s'intéressant à l'histoire, l'archéologie, l'histoire de l'art ou la paléontologie. L'exposition était portée par le réseau de recherche francilien dédié à l'étude des matériaux anciens nommé Patrimoines matériels — innovation, expérimentation et résilience (PAMIR), coordonné par le CNRS et financé par la Région Île-de-France.



En Essonne, le CNRS organise huit visites insolites au cœur de la recherche

Chaque année, au mois d'octobre, le CNRS propose des visites insolites intimistes, interactives et exceptionnelles au cœur de la recherche scientifique. En 2023, huit visites insolites ont permis aux 114 vainqueurs du jeu-concours de découvrir des structures du CNRS à Paris-Saclay. Les visiteurs ont notamment pu fabriquer à l'Institut Galien Paris-Saclay¹ des nanoparticules à ARN messenger semblables à ceux utilisés dans des vaccins, découvrir exceptionnellement le supercalculateur Jean Zay à l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique², ou encore participer à un escape game dans la carothèque du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement³ afin de prédire le climat futur sur la base du climat passé.

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

²IDRIS (CNRS) à Orsay

³LSCE (CNRS/CEA/UVSQ) à Gif-sur-Yvette



Fabriquez vous-même des nanoparticules à ARN messenger à l'IGPS. © CNRS



© Université Paris-Saclay



Un parcours éducatif autour des planètes

Le circuit des planètes au fil de l'Yvette est un ensemble de 10 panneaux organisés en un parcours scientifique représentant le système solaire à l'échelle un milliardième (1 m pour 1 million de km), créé par la Faculté des Sciences de l'Université Paris-Saclay, et soutenu par le CNRS. Ces panneaux, répartis sur 6 km le long de l'Yvette, invitent les curieux des sciences à en apprendre plus sur les planètes de notre système. Initialement mis en place en 2009, les créateurs de cette exposition ont remplacé les panneaux par d'autres plus robustes au design revisité, afin de garantir la pérennité de cette exposition permanente en plein air et libre d'accès.



Les mystères de l'antimatière dans Scope, l'émission d'Arte sur Twitch en partenariat avec le CNRS

Scope, émission d'Arte sur Twitch en partenariat avec le CNRS, et animée par les vidéastes Marie Treibert et Valentine Delattre (respectivement « La boîte à curiosités » et « Science de comptoir » sur YouTube), accompagnées par Pierre Girard (« Tous Terriens ! »), envoyé spécial sur le terrain, décrypte et fait vivre en direct l'actualité scientifique. Les reportages de l'émission prennent place dans des lieux scientifiques exceptionnels, souvent inaccessibles au public. Le mardi 21 novembre 2023, Scope a emmené ses spectateurs dans le plus grand accélérateur de particules du monde, le grand collisionneur de Hadrons (LHC) au CERN (l'organisation européenne pour la recherche nucléaire) pour percer les mystères de l'antimatière. L'émission a accueilli notamment Marie-Hélène Schune, directrice de recherche CNRS en physique des particules à IJCLab¹, Jeffrey Hangst, professeur à l'Université d'Aarhus (Danemark) et Responsable de l'expérience ALPHA, Pauline Comini, chercheuse en physique au CEA Paris-Saclay, et Justine Serrano, directrice de recherche CNRS en physique des particules au CPPM².

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

Chiffres clés du live

- 12 000 heures regardées
- 5 000 spectateurs en moyenne
- 2h30 de live



© Arte



Voyage au cœur de l'IA : visite exceptionnelle du supercalculateur Jean Zay à l'IDRIS. © CNRS

Escape Game « Au cœur des archives du climat passé, la clé du futur » au LSCE. © CNRS



Olympiades de mathématiques au Lycée de la Vallée de Chevreuse

À l'occasion des 31^{ème} Olympiades de physique France, des chercheurs ont accueilli des lycéens franciliens à la recherche en physique au Lycée de la Vallée de Chevreuse, à Gif-sur-Yvette le mercredi 6 décembre 2023. Cet événement fait partie des multiples concours organisés chaque année depuis 1992 par la Société Française de Physique et l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie pour sensibiliser les élèves à la démarche scientifique en leur faisant présenter de véritables projets scientifiques à taille réduite.

À l'issue de la journée, Jihane Maalmi, ingénieure de recherche à IJCLab¹ et médaille de cristal 2022 du CNRS, a présenté sa conférence, « une picoseconde pour une vie », et a présenté le CNRS, ses multiples métiers et domaines scientifique, et les différentes études permettant d'y entrer.

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



© CNRS



L'exposition itinérante « La science taille XX Elles » se déplace à Palaiseau et à Montlhéry

Créée par le CNRS et l'association Femmes & Sciences, l'exposition « la science taille XX Elles » présente des portraits de femmes scientifiques aux parcours fascinants et variés. La déclinaison francilienne de cette exposition présente 16 femmes qui ont choisi d'illustrer par l'image et les mots les talents scientifiques au féminin. Le CNRS a permis à l'École polytechnique de l'exposer dans sa bibliothèque durant trois mois, et à la ville de Montlhéry durant un mois.



© CNRS



Exposition CNRS « Sport et science, l'union fait la force » au Village des sciences Paris-Saclay

À l'occasion de la Fête de la science, et à l'approche des Jeux olympiques et paralympiques d'été de 2024, le CNRS a proposé sa nouvelle exposition « Sport & science, l'union fait la force », lauréate du label « Olympiade culturelle » de Paris 2024. Le samedi 8 et le dimanche 9 octobre 2023, les visiteurs du Village des sciences Paris-Saclay ont pu découvrir les différentes facettes de l'union entre la recherche et le sport, que ce soit pour perfectionner les gestes, élaborer les meilleures tactiques, améliorer les équipements, mettre les algorithmes au service de la performance, utiliser la physique pour décrocher des médailles. Autant de sujets de recherche qui sont mis en image, dans des domaines de recherche aussi variés que l'archéologie, l'ingénierie ou la physique.



Alexandra Mougin, directrice de recherche CNRS en nanomagnétisme au Laboratoire de physique des solides (CNRS/Université Paris-Saclay) à Palaiseau. Son slogan : "Vos disques durs, je ne les quitte pas des yeux".
©Vincent Moncorge pour le CNRS

liste des labo- ratoires

Liste des laboratoires

Les résultats scientifiques présentés dans ce document 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

BIOLOGIE

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

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)

CentraleSupélec / CNRS

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

ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Écologie, systématique et évolution (ESE)

CNRS / AgroParisTech / Université Paris-Saclay

Évolution, 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

INGÉNIERIE

Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP)

CNRS / Université Paris-Saclay

Génie électrique et électronique de Paris (GEEPS)

CentraleSupélec / CNRS / 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)

CentraleSupélec / CNRS / 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

MATHÉMATIQUES

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

NUCLÉAIRE & 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

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

Laboratoire d'étude des microstructures (LEM)

CNRS / ONERA

Laboratoire Albert Fert

CNRS / Thales / Université Paris-Saclay

Laboratoire Léon Brillouin (LLB)

CNRS / CEA

SCIENCES INFORMATIQUES**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 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

TERRE & 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

Observatoire des sciences de l'univers de l'Université Paris-Saclay (OSUPS)

CNRS / Université Paris-Saclay

Photo de couverture :

Spectromètre MATRIXS dédié à la diffusion Raman X à la station expérimentale RIXS, sur la ligne de lumière GALAXIES du synchrotron SOLEIL, à Saint-Aubin. Des améliorations techniques ont permis d'obtenir un rayonnement pour observer à très petite échelle et en temps réel. Cette observation operando, "en fonctionnement", permet de comprendre les propriétés physico-chimiques des matériaux au niveau nanométrique et les phénomènes qui s'y produisent. C'est le cas à la station RIXS, qui est dédiée à la diffusion inélastique des rayons X. Des scientifiques ont ainsi pu suivre la catalyse dans les batteries au lithium.

© Cyril FRESILLON / SOLEIL / CNRS Images

Page 12 :

Derrière une île flottante, de l'écume de mer ou, ici, des bulles de savon, se cache une problématique scientifique : qu'elles glissent ou qu'elles frottent, comment les mousses interagissent-elles avec les surfaces qu'elles touchent ? Ce sont notamment ces questions qu'étudient les chercheurs du Laboratoire de physique des solides (LPS - CNRS/ Université Paris-Saclay) à Orsay.

© François BOULOGNE / Frédéric RESTAGNO / Emmanuelle RIO / Manon MARCHAND / Serge GUICHARD / LPS / CNRS Images

Page 28 :

Cryostat contenant les sources de photons uniques et la boîte QFiber qui sert d'interface entre le laser d'excitation, la source de photons dans le cryostat et le reste de l'expérience. Les deux sont connectés ensemble via une fibre optique monomode. Ce dispositif est développé par la start-up Quandela, fondée en 2017 issue du Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N - CNRS/Université Paris-Saclay/Université Paris Cité) à Palaiseau. La start-up travaille sur ces qubits photoniques dans le but de créer un ordinateur quantique.

© Cyril FRESILLON / Quandela / C2N / CNRS Images


Page 34 :

Diagramme espace-temps d'un automate cellulaire captif créé au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN - CNRS/Université Paris-Saclay/CentraleSupélec/Inria) à Orsay. La plupart des automates cellulaires captifs sont des exemples visuellement frappants de comportements "à la limite du chaos" : à partir d'une configuration de départ aléatoire, on observe l'émergence de comportements organisés mais complexes et échappant à une description mathématique systématique (le temps va de bas en haut).

© Christian MOREL / LISN / CNRS Images



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

Conception graphique, mise en page Claire Bracq
Édité par COPIVER, entreprise adaptée Imprim'vert 
Date de parution Avril 2024





CNRS Île-de-France Gif-sur-Yvette
Avenue de la Terrasse
91190 Gif-sur-Yvette
www.iledefrance-gif.cnrs.fr

in CNRS - Délégation Ile-de-France Gif-sur-Yvette
X @CNRSIdFSud