



**2020** UNE ANNÉE  
AVEC LE CNRS  
en Île-de-France Sud

# SOMMAIRE

ÉDITO  
DU DÉLÉGUÉ

4



2020 EN  
CHIFFRES

5

8 COVID-19,  
LE CNRS SUR TOUS  
LES FRONTS



6  
TALENTS



# 12

**LA SCIENCE**



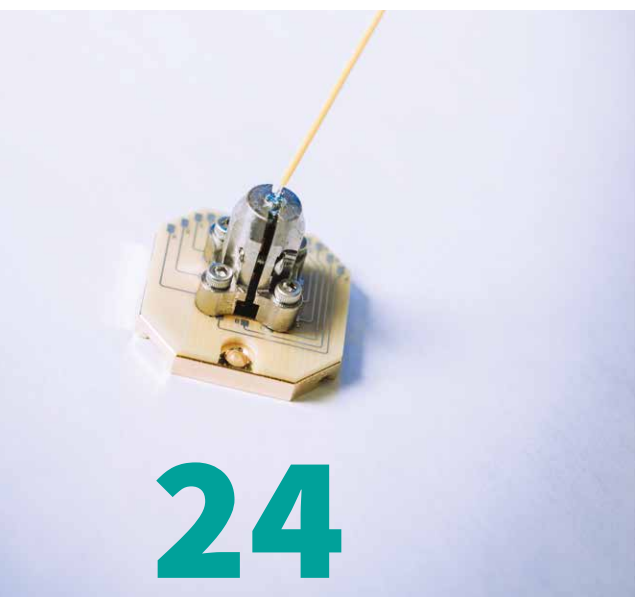
# 28

**LE RAYONNEMENT  
EUROPEEN**



# 24

**L'INNOVATION**




# ÉDITO

L'année 2020, une année hors norme. La crise sanitaire engendrée par la pandémie de la Covid-19 et le confinement ont profondément bouleversé les activités de recherche et les conditions de travail. Pour autant, notre communauté scientifique a démontré une implication sans faille, tant sur le front scientifique qu'en matière de mobilisation solidaire. Ainsi, mathématiciens, informaticiens, modélisateurs, chimistes, biologistes, chercheurs en sciences humaines et sociales, ont mis leur expertise au service de la lutte contre la pandémie. Avec le soutien de la Délégation CNRS Ile-de-France Gif-sur-Yvette, dans le contexte de pénurie d'alors, les chimistes de deux laboratoires ont assuré la production de quelques 2500 litres de solution hydro-alcoolique. Un exemple parmi tant d'autres des efforts de solidarité des laboratoires vers les professionnels de santé.

Dans ces circonstances exceptionnelles, dans nos campus et sur le plateau de Saclay, le Centre national de la recherche scientifique a tout mis en œuvre pour maintenir les activités scientifiques des laboratoires et, ainsi, continuer à faire progresser l'avancée des connaissances. La mobilisation de nos scientifiques pour restaurer Notre-Dame de Paris, la découverte de l'ARN nucléolaire « Jouvence » qui possède la capacité de prolonger la durée de vie tout en protégeant l'organisme contre les effets du vieillissement ou bien encore la détection du plus grand trou noir jamais observé par les ondes gravitationnelles ne sont que quelques exemples de l'excellence des recherches menées par les équipes de nos laboratoires durant cette période inédite.

Le CNRS occupe une place importante dans la dynamique d'innovation du cluster Paris-Saclay de par la capacité de ses unités de recherche à générer des collaborations industrielles et à produire des technologies qui impulsent la création de start-ups. L'année 2020 l'a une nouvelle fois démontré, avec notamment la performance mondiale de la start-up ThrustMe, qui a propulsé dans l'espace le premier satellite à l'ère de l'histoire, et qui a signé de premiers contrats avec des clients, tel que l'Agence Spatiale Européenne (ESA).

Ces belles réussites, nous les devons à celles et ceux qui constituent notre communauté scientifique. Cette brochure vous propose de partager cet enthousiasme qui anime les femmes et les hommes qui travaillent au service du plus grand organisme de recherche en Europe, pour le bénéfice de la société toute entière.



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

© Laurent Arduin pour le CNRS

**“ EN 2020, FACE À LA CRISE PANDÉMIQUE MONDIALE, LE CNRS TOUT ENTIER S’EST FORTEMENT MOBILISÉ ET A DÉMONTRÉ SA RÉACTIVITÉ AVEC DES RECHERCHES INTERDISCIPLINAIRES DÉDIÉES AU SRAS-COV2 ET LE DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS TECHNIQUES DANS DES DÉLAIS TRÈS COURTS. L’ÉTABLISSEMENT A AUSSI SIGNÉ AVEC L’ÉTAT UN NOUVEAU CONTRAT D’OBJECTIF ET DE PERFORMANCE (COP) QUI DÉFINIT LES GRANDES ORIENTATIONS ET ACTIONS QUE NOUS CONDUIRON S JUSQU’EN 2023. ELLES FAVORISERONT LA PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET LEUR TRANSFERT AUTOUR DE SIX GRANDS DÉFIS SOCIÉTAUX : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, LA SANTÉ ET L’ENVIRONNEMENT, LES TERRITOIRES DU FUTUR, LES INÉGALITÉS ÉDUCATIVES ET L’INTELLIGENCE ARTIFICIELLE. ”**

**Antoine Petit, PDG du CNRS**

# 2020 EN CHIFFRES

## RESSOURCES

**427** millions d'euros de budget dont :

- ▶ **170** millions d'euros de budget de recherche
- ▶ **257** millions d'euros de masse salariale

**168 000** m<sup>2</sup> de patrimoine immobilier du CNRS sur le territoire Paris-Saclay

**87** unités de recherche  
**16** unités de service

**26** groupements et fédérations de recherche

Plus de  
**3 700** personnels dont près de

**950** contractuels

**38%** de femmes

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

**400** personnels administratifs

**75** permanents recrutés en 2020 (**28** chercheurs et **47** ingénieurs et techniciens)

## INNOVATION ET PARTENARIAT

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

**47** startups créées en 10 ans  
dont **3** en 2020

**229** brevets déposés en 5 ans  
dont **40** en 2020

## INTERNATIONAL

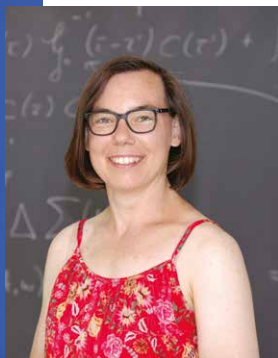
**320** projets européens financés par le programme Horizon 2020  
dont **43** en 2020

**92** lauréates et lauréats du Conseil européen de la recherche (ERC)  
en 10 ans  
dont **5** en 2020



# TALENTS

## MEDAILLE D'ARGENT



**Silke Biermann**

« Les propriétés des matériaux sont le résultat d'une conspiration subtile de leurs constituants, noyaux et électrons. Comprendre leurs propriétés revient à résoudre les équations de la mécanique quantique qui gouvernent le comportement des électrons à l'échelle microscopique. Or, loin d'être individualistes, les électrons interagissent les uns avec les autres. Pour ne rien arranger, les composés les plus intéressants sont souvent ceux qui sont le plus en proie à ces effets collectifs. Peut-on prédire les propriétés de ces matériaux par des considérations théoriques, faire de l'alchimie sur ordinateur ? C'est une question qui me passionne depuis ma thèse... »

Silke Biermann est théoricienne en physique de la matière condensée, enseignante-chercheuse au Centre de physique théorique - CPHTE (CNRS/Ecole Polytechnique), et présidente du Département de physique de l'École polytechnique.



**Philippe Dillmann**

« J'ai découvert lors de mes études d'ingénieur que la matière des métaux archéologiques pouvait être analysée à l'échelle microscopique pour y trouver des informations sur leur fabrication, leur origine, leur âge et la façon dont ils se sont altérés depuis leur abandon. À mon arrivée au CNRS, j'ai monté une équipe de recherche regroupant chimistes, physiciens et archéologues pour étudier la matière archéologique par la science des matériaux. Les méthodologies innovantes d'analyse physico-chimique et statistique que nous avons développées ont permis de dater les métaux ferreux, de comprendre les réseaux d'échanges des objets dans les sociétés anciennes et l'évolution des techniques de production. »

Philippe Dillmann est Directeur de recherche CNRS au laboratoire Nanosciences et innovation pour les matériaux, la biomédecine et l'énergie - NIMBE (CNRS/CEA), et à l'Institut de recherche sur les archéomatériaux - IRAMAT (CNRS/Univ. Belfort/Univ. Orléans/Univ. Bordeaux/CEA/Min. de la Culture/INRAP).

## MEDAILLE DE BRONZE

**Aurélié Albertini :** « Pour mes dix ans, mes parents m'ont offert un livre sur l'infiniment petit et c'est ainsi que j'ai découvert la structure des molécules. En thèse, j'ai étudié la répllication des virus à ARN négatifs par cristallographie aux rayons X. Au cours de mon postdoctorat, j'ai continué à m'intéresser aux processus fondamentaux de la virologie en travaillant sur l'entrée virale : la liaison des glycoprotéines virales à leurs récepteurs et la fusion membranaire. En 2015, nous avons identifié des résidus clés permettant à la glycoprotéine du VSV de lier son récepteur et ainsi commencé à développer des protéines chimériques ciblant spécifiquement des cellules cancéreuses »

Aurélié Albertini est spécialiste des glycoprotéines de fusion virale, chercheuse au sein du groupe Rhabdovirus à l'Institut de biologie intégrative de la cellule - I2BC (CNRS/Université Paris-Saclay/CEA).

**Nicolas Morange :** « Tout le monde n'a pas la chance de participer à la découverte d'une nouvelle particule fondamentale de notre Univers – confirmant par là des prédictions théoriques réalisées presque cinquante ans auparavant. C'est bien cette opportunité, mais également l'intérêt pour le travail dans une grande collaboration internationale, qui m'ont conduit à effectuer ma thèse sur la recherche du boson de Higgs au sein de l'expérience Atlas sur le grand collisionneur de hadrons du Cern. La découverte de cette particule en 2012 a ouvert tout un nouveau champ de recherche et je m'intéresse depuis lors à l'étude de ses propriétés comme un moyen de tester notre compréhension de l'infiniment petit. »

Nicolas Morange est chercheur en physique des particules au Laboratoire de physique des deux infinis Irène Joliot-Curie - IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay), impliqué dans l'expérience Atlas au Cern, spécialisé dans l'étude du boson de Higgs.

**Nathanaelle Schneider :** « Imaginer de nouvelles molécules, les synthétiser et utiliser tous les outils possibles pour comprendre leur comportement et leurs propriétés me passionne. J'ai commencé par les étudier en solution pendant mon doctorat, puis je me suis intéressée à leurs interactions avec une surface. Ceci m'a amenée à la synthèse de matériaux « couches minces », c'est-à-dire de quelques dizaines de nanomètres à partir de précurseurs moléculaires. Mes recherches étudient le comportement de ces molécules durant la croissance du matériau et également les propriétés qu'elles lui confèrent. Mon objectif est de développer de nouveaux matériaux performants et adaptés aux cellules solaires du futur. »

Nathanaelle Schneider est chercheuse en chimie spécialisée dans le design et le développement de nouveaux matériaux pour le photovoltaïque à l'Institut photovoltaïque d'Île-de-France - IPVF (CNRS/Chimie ParisTech/École polytechnique).



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

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

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

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

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

## MEDAILLE DE CRISTAL

**Annabelle Alves :** « Aventure humaine, la création de la plateforme mutualisée de valorisation a permis de faire évoluer nos pratiques, dans une démarche d'amélioration et de simplification au bénéfice des unités. »

Annabelle Alves est responsable du Service partenariat et valorisation de la délégation CNRS Île-de-France Gif-sur-Yvette et co-responsable de la plateforme mutualisée de valorisation CNRS – École polytechnique.

**Dimitri Édouart :** « Au-delà de l'optique et de l'interaction laser-matière, la conception de Lidar fait appel à de nombreuses autres compétences : traitement du signal et des données, électronique, mécanique et bien sûr géophysique pour l'étude de l'atmosphère. »

Dimitri Édouart est expert en développement d'instruments au Laboratoire de météorologie dynamique - LMD (CNRS/Ecole Polytechnique/ENS Paris/Sorbonne Univ.), qui conçoit et développe des instruments de sondage atmosphérique par laser (Lidar).

**Nicolas Elie :** « Développeur autodidacte, j'ai eu la chance de pouvoir mêler chimie et informatique. C'est ainsi qu'est né le logiciel libre MetGem qui permet de faire du tri dans les produits naturels, afin d'identifier plus rapidement des molécules d'intérêt thérapeutique. »

Nicolas Elie est spécialiste en techniques d'analyses chimiques au sein de l'équipe Spectrométrie de masse de l'Institut de chimie des substances naturelles - ICSN (CNRS)

**Farah Savina :** « En 2015, j'ai rejoint l'ISMO comme responsable du pôle chimie au sein du service instrumentation. J'y ai créé la plateforme de caractérisation physico-chimique et développé de nouveaux projets, notamment autour de la synthèse par chimie verte de nanoparticules pour l'hadronthérapie. »

Farah Savina est spécialiste en synthèse chimique, responsable du pôle chimie à l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay - ISMO (CNRS/UPSaclay).



De gauche à droite :  
Annabelle Alves,  
Dimitri Édouart,  
Nicolas Elie  
et Farah Savina

## CRISTAL COLLECTIF

**Jean Zay, supercalculateur convergé calcul de haute performance / intelligence artificielle**

par une équipe de l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique - IDRIS (CNRS)



De gauche à droite :  
Joëlle Legrand, Rémi  
Lacroix, Thibaut  
Véry, Sylvie Thérond,  
Pierre-François  
Lavallée, Ludovic  
Billard, Denis Girou,  
Clément Gauthey,  
Gilles Gallot, Rafael  
Medeiros, Philippe  
Collinet

**Conception, réalisation et installation du laser petawatt de l'Infrastructure de recherche (IR) Apollon**

par l'équipe technique du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI - CNRS/École polytechnique/Sorbonne Univ.)



De gauche à droite :  
Antoine Fréneaux,  
François Mathieu,  
Nathalie Lebas, Jean-  
Philippe Delaneau,  
Luc Martin, Jean-  
Michel Boudenne,  
Fouad El Hai, Dimitrios  
Papadopoulos, Daniel  
Cavanna, Audrey  
Beluze



# **COVID-19,** LE CNRS SUR TOUS LES FRONTS



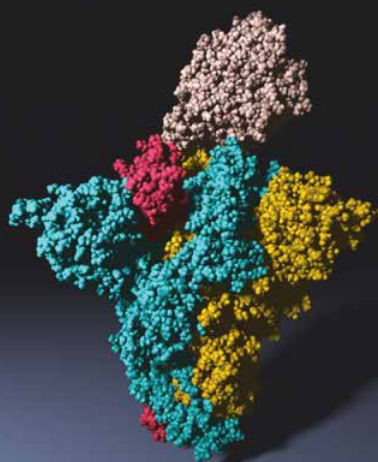
Les scientifiques de l'Institut de chimie  
des substances naturelles - ICSN (CNRS)  
assurent la production de 1 000 litres de  
solution hydro-alcoolique par semaine.

© ICSN / CNRS



# LE CNRS SUR LE FRONT SCIENTIFIQUE

**Le CNRS s'est engagé dans la course contre la mort contre le Covid-19 dès février 2020. À Paris-Saclay, des initiatives locales sont venues compléter le dispositif mis en place par le CNRS à l'échelle nationale pour venir en aide aux personnes directement impactées par le virus.**



Représentation de l'interaction de la protéine Spike avec le récepteur ACE-2 de la cellule-cible humaine (en gris). Image issue de simulations HPC réalisées à Sorbonne Université à l'aide du supercalculateur Jean Zay CNRS/GENCI et du logiciel Tinker-HP.

© Université de Limoges/CNAM, visualiseur VTX

## Covid-nma

**En intégrant des milliers de publications existant dans la bibliographie sur les traitements contre la Covid-19, ce projet auquel a participé Sarah Cohen-Boulakia<sup>1</sup>, professeure Université Paris-Saclay, a permis d'établir une carte dynamique et interactive des essais cliniques.**

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche en informatique - LRI (CNRS/Université Paris-Saclay), qui a donné naissance au 1er Janvier 2021 au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN - CNRS/UPSaclay), et au le Laboratoire méthodes formelles (LMF - CNRS/ENS Paris-Saclay/UPSaclay)

## Le supercalculateur Jean Zay pour modéliser la structure moléculaire du Covid-19

Pour les aider dans la modélisation de la structure moléculaire du Covid-19, les scientifiques ont pu s'appuyer sur un accès prioritaire au supercalculateur Jean Zay (IDRIS – CNRS) à Orsay, qui permet d'accéder à la modélisation de systèmes complexes comptant jusqu'à des millions d'atomes. Il s'agissait de l'approche la plus rapide opérationnelle et disponible permettant de modéliser les mécanismes d'infection virale dans les détails les plus réalistes.

## Un logiciel pour gérer les forces vives d'un hôpital en temps de crise

Pendant le premier pic de Covid-19, l'organisation des équipes de soignants s'est révélée cruciale. Pour les aider, des scientifiques du Centre Borelli<sup>1</sup> ont mis au point Onadap, un outil informatique d'aide à la décision et de suivi de la propagation de l'épidémie à l'intérieur des services de soin. Il a pu être déployé au sein de l'hôpital d'instruction des armées Percy. Ce travail a été rendu possible par un financement de l'Agence Innovation de Défense dont le Centre Borelli a été lauréat.

<sup>1</sup> (CNRS/ENS Paris-Saclay)

## Trois lauréats de l'Appel à projets ANR<sup>1</sup> Flash Covid-19-2020 :

L'appel Flash Covid-19-2020 a été mis en place afin d'attribuer des financements dans un temps court pour des projets qui permettent le recueil de données ou d'observations et la mobilisation rapide des recherches pour des besoins urgents sur des thématiques ciblées, liées à la crise sanitaire. Trois projets portés par le CNRS à Paris-Saclay ont été sélectionnés : un projet<sup>2</sup> de détection salivaire rapide du SARS-CoV-2, un projet<sup>2</sup> de détection sensible et sélective des antigènes du SRAS-CoV-2 et un projet<sup>3</sup> visant à explorer les flux twitter pour l'impact social et économique du COVID en France.

<sup>1</sup> Agence nationale de la recherche

<sup>2</sup> Mené au Laboratoire de Biologie et Pharmacologie Appliquée - LBPA (CNRS/ENS Paris-Saclay)

<sup>3</sup> Mené au Laboratoire d'Informatique de l'Ecole Polytechnique - LIX (CNRS/Ecole Polytechnique)

## Comment le système hospitalier a résisté à la crise du Covid-19

L'année 2020 a constitué une épreuve inouïe pour le système hospitalier français. Pourtant, l'hôpital n'a pas craqué sous la pression. Ses acteurs ont fait preuve de résilience et d'une capacité remarquable d'adaptation et d'innovation. Deux spécialistes du management au CNRS travaillant à l'Institut interdisciplinaire de l'innovation (I3)<sup>1</sup> ont voulu savoir comment le système avait géré la crise. Pour cela, ils ont interviewé des acteurs clés à tous les niveaux et dans l'ensemble des régions. De ce retour d'expérience, les scientifiques tirent des enseignements pour les crises futures et des orientations pour une rénovation du management du système hospitalier. Leur travail s'est poursuivi tout au long des vagues successives<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> CNRS/École Polytechnique – Institut Polytechnique de Paris

<sup>2</sup> A propos de ce travail : Dumez H & Mnvielle E, Voyage au cœur du système de santé. 100 témoignages pour apprendre à gérer avec la crise. Ed. ESKA (2021)

## Des nanoparticules à base de squalène pour traiter les chocs septiques et l'inflammation incontrôlée

Une équipe de l'Institut Galien (Université Paris-Saclay/CNRS) a mis au point des nanoparticules efficaces dans le traitement des processus inflammatoires sévères que l'on retrouve dans de nombreuses pathologies et notamment dans des infections dues au Covid-19.



## SUR LE FRONT DE LA SOLIDARITÉ



Dès le début de la crise sanitaire au printemps 2020, seize laboratoires du CNRS sud franciliens se sont mobilisés pour fournir aux professionnels de santé de grandes quantités de gants, masques de protection (chirurgicaux ou FFP2), produits nécessaires à la fabrication de solution hydro-alcoolique (2 500 litres de gel produit au total) ou encore des serre-têtes fabriqués en impression 3D pour visières de protection.

Ces initiatives locales sont venues compléter le dispositif mis en place par le CNRS à l'échelle nationale pour venir en aide aux personnes directement impactées par le virus.

En parallèle, la délégation régionale CNRS Île-de-France Gif-sur-Yvette a fourni des ordinateurs portables à l'association Energie Jeunes, spécialisée dans l'accompagnement scolaire de collégiennes et collégiens issus de milieux défavorisés, qui vient en aide à près de 123 000 jeunes à travers toute la France.

© ICSN / CNRS

## SUR LE FRONT DE L'INFORMATION

### L'expertise scientifique au service des médias

Depuis le début de la crise épidémique, plusieurs chercheurs CNRS se sont mobilisés pour apporter leur expertise scientifique et des décryptages auprès de la société civile, via les médias, allant de la modélisation mathématique de l'épidémie à l'impact sur les observations de la Terre depuis l'espace. Le virologue Yves Gaudin, directeur de recherche CNRS à l'Institut de biologie intégrative de la cellule – I2BC (CNRS/CEA/UPSaclay), totalise à lui seul plus de 100 interventions média dont de nombreux plateaux TV.

Deux webinaires organisés avec Yves Gaudin par CNRS Formation Entreprises en mai (« Comprendre les virus & la crise actuelle de la Covid-19 ») et décembre (« Qu'a-t-on appris de la crise de la Covid-19 depuis le 1er confinement ? ») ont également reçu un franc succès. Le premier a été suivi par plus de 1000 participants, et son enregistrement visionné plus de 1400 fois en ligne.

**« Les virus sont une des forces majeures qui façonnent la biosphère »**

Omniprésents dans le vivant, tous les virus ne déclenchent pas une pandémie. Pour l'écologue Franck Courchamp, directeur de recherche CNRS au laboratoire Ecologie, systématique et évolution<sup>1</sup>, l'humain favorise lui-même ce genre de catastrophe en appauvrissant les ressources et en dégradant la biodiversité dont les parasites font partie intégrante.

<sup>1</sup> ESE (CNRS/UPSaclay/AgroParisTech)

### Un nouvel outil pour le suivi quotidien des émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde

La pandémie de Covid-19 aura au moins eu un effet bénéfique : réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à travers le monde. Afin de suivre cette diminution dans différents secteurs et pays, en particulier pendant les périodes de confinement, une équipe franco-américano-chinoise a mis au point le premier outil de suivi dynamique des émissions de CO<sub>2</sub> : Carbon Monitor.

Philippe Ciais (LSCE/IPSL – CNRS/CEA/UVSQ) est co-responsable du développement de ce nouvel outil.

## Les SHS face au Covid-19

**En concertation avec le réseau national des Maisons des sciences de l'Homme, la MSH Paris-Saclay<sup>1</sup> a lancé en avril une nouvelle rubrique de son site web institutionnel, « SHS face au Covid-19 ». L'objectif était de recenser les appels de toutes sortes, les enquêtes mises en route et les autres ressources pertinentes mises en ligne, et de suivre les interventions de chercheurs en SHS dans l'espace public, par une section « Analyses et débats ». En octobre, la MSH Paris-Saclay a été à l'initiative du colloque « Ruptures des pratiques et dynamique du débat – Les SHS face à la crise Covid-19 ».**

<sup>1</sup> (CNRS/ENS Paris-Saclay/UVSQ/UPSaclay)






# **LA SCIENCE** EN 2020



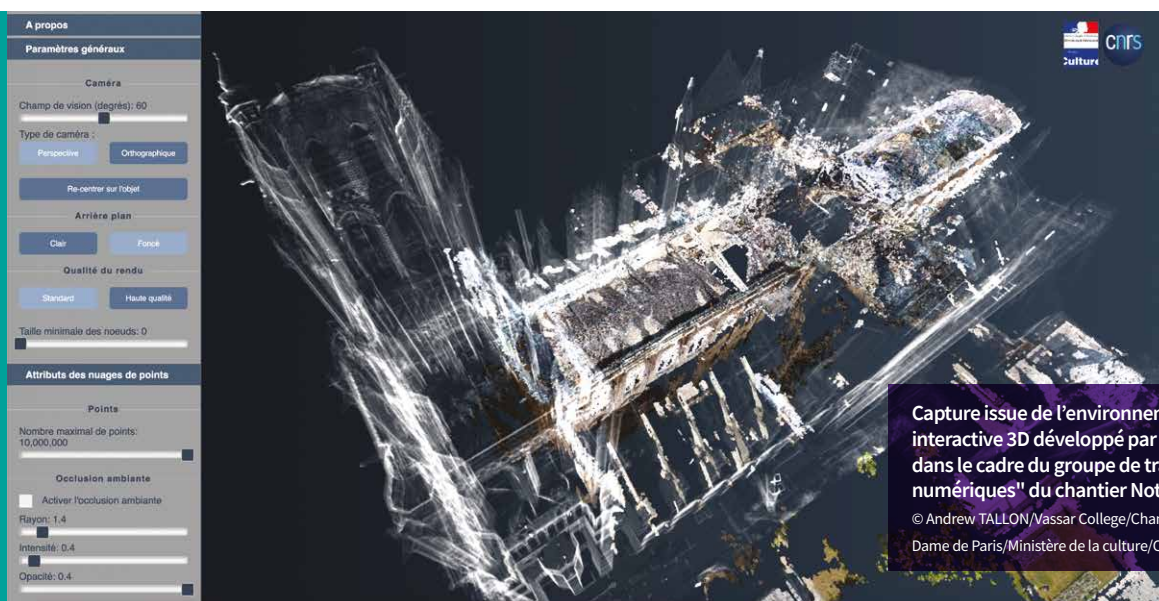




Forêt domaniale de Barbeau, en Seine-et-Marne, vue depuis un pylône de 35 m de haut. Une équipe de scientifiques du laboratoire Ecologie, systématique et évolution (ESE – CNRS/UPSaclay/AgroParisTech) a installé depuis plusieurs années ce pylône, équipé de capteurs qui permettent de mesurer les échanges de matière ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) et d'énergie (rayonnement, flux de chaleur) entre l'écosystème forestier et l'atmosphère. Cet équipement fait partie du réseau européen ICOS (Integrated Carbon Observation System) dont le but est de suivre l'évolution des cycles de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, les continents et les océans.

© Cyril FRESILLON / ESE / ICOS / CNRS Photothèque





Capture issue de l'environnement de visualisation interactive 3D développé par le laboratoire MAP dans le cadre du groupe de travail "données numériques" du chantier Notre-Dame.

© Andrew TALLON/Vassar College/Chantier Scientifique Notre-Dame de Paris/Ministère de la culture/CNRS.

## Le CNRS mobilisé aux côtés du ministère de la Culture pour la restauration de Notre-Dame de Paris

Les 19 et 20 octobre 2020, lors d'un colloque organisé à l'Institut national du patrimoine, les 175 scientifiques impliqués dans le chantier scientifique pour la restauration de Notre-Dame de Paris ont fait un point sur l'avancée des connaissances. Philippe Dillmann, directeur de recherche CNRS<sup>1</sup>, est co-coordonateur de ce chantier qui réunit des chercheurs de toutes disciplines scientifiques dans le cadre de huit groupes de travail. Parmi les laboratoires de Paris-Saclay impliqués, l'unité Nanosciences et innovation pour les matériaux, la biomédecine et l'énergie et le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement<sup>2</sup> mènent des études de traçage du plomb de la cathédrale par sa signature isotopique afin de déterminer s'il y a eu pollution à cause de l'incendie.

<sup>1</sup> Unité NIMBE (CNRS/CEA) / <sup>2</sup> LSCE/IPSL (CNRS/CEA/UVSQ-Univ. Paris-Saclay)

### Prédire les performances sportives avec les « Big Data »

Thorsten Emig, directeur de recherche CNRS<sup>1</sup>, a développé un modèle mathématique simple pour étudier les performances des sportifs d'endurance à partir des données recueillies par les smartphones et les montres connectées. Une collaboration avec la société finlandaise Polar Electro Oy a permis de l'appliquer à des données obtenues auprès de 14 000 coureurs s'entraînant en conditions réelles. Le modèle permettrait d'estimer des paramètres physiologiques clés comme la vitesse maximale aérobie et l'endurance, connus pour être liés aux conditions de santé et aux performances. Pour la première fois, cela a permis de mesurer les corrélations entre les paramètres physiologiques du contexte réel et l'entraînement.

<sup>1</sup> Laboratoire de physique théorique et modèles statistiques - LPTMS (CNRS/Université Paris-Saclay)

### Les grandes migrations interurbaines ont une importance clé dans les variations de populations des villes les plus peuplées

Au cœur de l'analyse des systèmes urbains, une question subsiste : comment expliquer l'organisation et la répartition des villes d'un pays ? Pour y répondre, des chercheurs<sup>1</sup> du CEA et du CNRS proposent une nouvelle équation mathématique qui met en exergue l'importance des « chocs migratoires interurbains », mouvements de populations rares mais très significatifs. Cette équation, construite à partir de données du Canada, de France, du Royaume-Uni et des États-Unis, rend compte pour la première fois des variations temporelles des populations urbaines et de leur organisation.

<sup>1</sup> Dont Marc Barthelemy, chercheur CEA à l'Institut de physique théorique - IPhT (CNRS/CEA)

### Vers une meilleure utilisation du concept « budget carbone restant » : un défi pour guider les politiques climatiques à atteindre les objectifs de l'Accord de Paris

L'estimation du "budget carbone restant", soit notre marge de manœuvre en émission de CO<sub>2</sub> pour limiter le réchauffement planétaire en dessous de 1.5°C par rapport au niveau préindustriel, est soumise à un certain nombre d'incertitudes. Un groupe de chercheurs internationaux<sup>1</sup> spécialisés dans l'étude du changement climatique et du cycle du carbone a publié une étude proposant un aperçu de ces incertitudes et définissant des recommandations pour aboutir à une manière plus cohérente et plus transparente de calculer ces estimations.

<sup>1</sup> Dont Pierre Friedlingstein, directeur de recherche CNRS au Laboratoire météorologie dynamique - LMD (CNRS/Ecole Polytechnique/Sorbonne Univ./ENS Paris)





Le supercalculateur Jean Zay est capable d'opérer plus de 28 millions de milliards d'opérations par seconde.

© Cyril FRESILLON / IDRIS / CNRS Photothèque

### Jean Zay, le supercalculateur le plus puissant de France pour la recherche, installé sur le plateau de Saclay

Inauguré en janvier 2020, le supercalculateur Jean Zay est devenu le plus puissant de France après une extension rendue opérationnelle en octobre 2020. Capable de réaliser plus de 28 millions de milliards d'opérations par seconde ainsi que des simulations très complexes, aidé de puissants accélérateurs GPU, il est spécialisé à la fois pour les usages de calculs de haute performance (HPC), mais aussi dorénavant pour ceux de l'Intelligence Artificielle (IA), en tant que plateforme nationale pour la recherche en IA dans le cadre du plan « AI for humanity ».

Le supercalculateur est notamment utilisé dans le cadre du projet « GammaLearn », le futur observatoire de rayons gamma de haute énergie (CTA), dont l'objectif sera de traiter un très grand volume de données. Au total, près de 8000 heures de calculs sont dédiées à ce projet. À terme, la puissance algorithmique du supercalculateur servira à analyser en direct les événements afin d'avertir et rediriger rapidement les télescopes vers des sources cosmiques de signaux intéressants.

### Visualiser les relations génétiques de nos ancêtres européens

Des bio-informaticiens du Laboratoire de recherche en informatique<sup>1</sup> et de l'Université Grenoble Alpes ont développé un modèle qui a pour but de visualiser les migrations et les flux génétiques de populations de la Préhistoire européenne. Les scientifiques ont pu appliquer leur nouvelle méthode aux données d'ADN ancien récoltées par des laboratoires du monde entier et agrégées/fusionnées par l'Université de Harvard. Les résultats obtenus confirment des hypothèses déjà existantes, corroborant ainsi la justesse du modèle mathématique. Ces résultats retracent les origines et les nombreux mélanges de ces populations avec une grande exactitude et révèlent même des détails précédemment obscurcis par la dérive génétique qui a lieu au cours du temps.

<sup>1</sup> LRI, qui a donné naissance au 1er Janvier 2021 au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique – LISN (CNRS/UPSaclay) et au Laboratoire méthodes formelles – LMF (CNRS/UPSaclay/ENS Paris-Saclay)

### Réseaux booléens : nouveau modèle pour comprendre le comportement cellulaire

Les réseaux booléens permettent depuis les années 60 de modéliser les grands principes de certains phénomènes biologiques afin de pallier notre manque de connaissances sur ces sujets. Les composants de ces réseaux booléens n'ont que deux états possibles : vrai ou faux. Ce sont des objets mathématiques efficaces et simples à définir, mais l'analyse de leur dynamique nécessite un temps de calcul très important. Des chercheurs<sup>1</sup> ont donc conçu les Most Permissive Boolean Networks (MPBN), permettant de prédire toutes les évolutions permises de leurs états, quelles que soient leurs caractéristiques temporelles et quantitatives, à partir de la logique du réseau booléen et sans paramètre supplémentaire. Si un MPBN ne parvient pas à reproduire une observation faite sur des cellules, aucun modèle compatible, même intégrant du temps ou des quantités, ne le peut. De plus, les algorithmes d'analyse des MPBN sont extrêmement efficaces, ce qui permet de traiter des vrais réseaux complexes. Ce concept a été testé sur des modèles de proliférations tumorales et de différenciation de lymphocytes T.

<sup>1</sup> notamment au Laboratoire spécification et vérification (LSV- CNRS/ENS Paris-Saclay), qui est devenu au 1er Janvier 2021 le Laboratoire méthodes formelles (LMF – CNRS/ENS Paris-Saclay/UPSaclay)

## Alzheimer : L-sérine, l'acide aminé pour restaurer la mémoire

Le cerveau consomme une grande partie de l'énergie disponible dans notre organisme sous forme de glucose. Son bon fonctionnement repose sur une étroite coopération entre les neurones et les cellules de leur environnement, en particulier les astrocytes. La phase précoce de la maladie d'Alzheimer est caractérisée par une réduction de ce métabolisme énergétique, mais on ignorait si ce déficit pouvait contribuer directement aux symptômes cognitifs de la maladie.

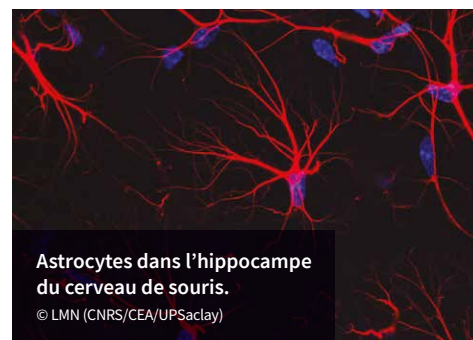
Une étude collaborative pilotée par des scientifiques du Laboratoire de maladies neurodégénératives<sup>1</sup> a mis en évidence le rôle déterminant que joue une voie métabolique, partant du glucose et aboutissant à la synthèse de L-sérine dans les astrocytes, dans les troubles de mémoire de cette maladie. La supplémentation de l'alimentation en L-sérine de souris modèles de la maladie permet de restaurer leurs fonctions de mémorisation, suggérant le potentiel thérapeutique de cet acide aminé.

<sup>1</sup> LMN (CNRS/CEA/Univ. Paris-Saclay)

## Maladie de Parkinson : bases moléculaires et protéine alpha-synucléine

L'agrégation de la protéine alpha-synucléine dans le cerveau est responsable de différentes maladies neurodégénératives appelées « synucleinopathies », dont la maladie de Parkinson. Une collaboration internationale impliquant des chercheurs du Laboratoire des maladies neurodégénératives<sup>1</sup> a démontré que les agrégats d'alpha-synucléine diffèrent à l'échelle moléculaire dans des synucleinopathies distinctes. Chez des rongeurs, ces agrégats entraînent une évolution rapide de la maladie pour certains, plus lente pour d'autres. La progression de la pathologie ainsi que les régions du cerveau affectées dépendent des propriétés structurales des agrégats de l'alpha-synucléine.

<sup>1</sup> LMN (CNRS/CEA/Univ. Paris-Saclay)



Astrocytes dans l'hippocampe du cerveau de souris.

© LMN (CNRS/CEA/UPSaclay)

## Des interrupteurs moléculaires permettent aux plantes d'anticiper les tempêtes

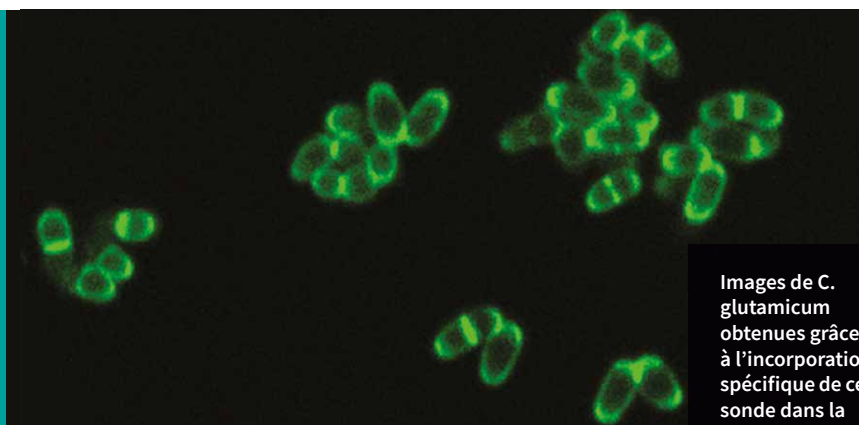
Les plantes ont la particularité de posséder des « interrupteurs moléculaires » à leur surface qui leur confèrent la capacité de convertir un signal mécanique en signal électrique en l'espace de quelques millisecondes. Des scientifiques<sup>1</sup> ont mis en évidence que le vent activerait ces « interrupteurs » en stimulant les tiges et les feuilles, par des oscillations rapides. Cela serait un atout adaptatif considérable pour moduler la croissance des plantes et leur permettre d'anticiper les tempêtes.

<sup>1</sup> Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC - CNRS/Univ. Paris-Saclay), Laboratoire d'hydrodynamique (LadHyx - CNRS/Ecole Polytechnique) et Laboratoire de mécanique des solides (LMS - CNRS/Ecole Polytechnique)

## Neurosciences : le rôle du méthyle dans la motricité

La fabrication des protéines chez les êtres vivants doit passer par la traduction des ARN messagers, effectuée par les ribosomes. Ces derniers sont des macromolécules complexes composées de protéines et d'ARN ribosomique. La fabrication des ribosomes nécessite près de 200 protéines d'assemblage, de nombreux ARN non codants, appelés facteurs de biogénèse. Lors de ce mécanisme, l'ARN ribosomique subit de nombreuses étapes de maturation post-transcriptionnelles avec notamment l'ajout de nombreux groupements méthyles. Des défauts de fonctionnement des facteurs de biogénèse du ribosome peuvent conduire à des anomalies au stade embryonnaire ou encore au niveau du sang. Deux études internationales impliquant des chercheurs du laboratoire Biologie structurale de la cellule<sup>1</sup> ont démontré que la protéine METTL5 forme un complexe avec la protéine TRM112, activateur allostérique d'enzymes modifiant des facteurs impliqués dans la synthèse protéique. Les chercheurs ont ensuite inactivé le gène codant pour la protéine METTL5 chez la mouche *Drosophila melanogaster* et observé que ces mouches étaient atteintes de problèmes de motricité.

<sup>1</sup> BIOCC (CNRS/Ecole Polytechnique)



Images de *C. glutamicum* obtenues grâce à l'incorporation spécifique de cette sonde dans la mycomembrane.

© Yann Bourdreaux

## Une sonde moléculaire pour étudier les mycobactéries

Certaines mycobactéries sont à l'origine de graves maladies infectieuses telles que la lèpre, la tuberculose ou encore la diphtérie. Une des caractéristiques principales de ces bactéries est la présence d'une membrane externe, particulièrement résistante et très peu perméable, notamment contre les antibiotiques. Des chimistes et biologistes<sup>1</sup> du territoire ont élaboré une sonde moléculaire afin d'étudier cette membrane, dans l'objectif d'ouvrir à terme de nouvelles pistes thérapeutiques dans la lutte contre les mycobactéries.

<sup>1</sup> Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICCMO - CNRS/Univ. Paris-Saclay), Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC - CNRS/CEA/Univ. Paris-Saclay) et Institut de chimie des substances naturelles (ICSN - CNRS)

## Augmenter la durée de vie tout en protégeant des effets du vieillissement grâce à « Jouvence »

Le vieillissement et les maladies neurodégénératives sont des axes cruciaux en santé publique. Des chercheurs de l'Institut des neurosciences Paris-Saclay<sup>1</sup> ont découvert un petit ARN nucléolaire (snoRNA) nommé « Jouvence » chez la drosophile. « Jouvence » possède la capacité de prolonger la durée de vie tout en protégeant l'organisme contre les effets du vieillissement. Grâce à sa conservation au cours de l'évolution, il a été identifié chez l'humain. Des expériences préliminaires suggèrent également que Jouvence rajeunit les cellules chez l'humain et pourrait même, dans certaines conditions, être utilisé comme agent anti-cancéreux. Deux brevets ont été déposés. Cette découverte ouvre donc des opportunités pour de meilleures approches dans le processus du vieillissement et potentiellement pour le traitement des cancers.

<sup>1</sup> Neuro-PSI (CNRS/Univ. Paris-Saclay)

## Le mildiou de la vigne : un groupe de gènes impliqué dans la reproduction sexuée

Des chercheurs d'INRAE et du laboratoire Écologie, systématique et évolution<sup>1</sup> ont identifié le groupe de gènes responsable du type sexuel chez le mildiou de la vigne, alors que ces gènes étaient encore inconnus chez les oomycètes. Les mildious sont des agents pathogènes qui provoquent des maladies destructrices des plantes, notamment chez la pomme de terre, le soja ou encore la vigne. Il s'agit d'une avancée majeure pour la compréhension de la reproduction sexuée des oomycètes, et plus largement des plantes et des champignons. Cette découverte a été rendue possible par une prouesse technique qui a permis le croisement de souches de mildiou de la vigne entre elles.

<sup>1</sup> ESE (CNRS/Univ. Paris-Saclay/AgroParisTech)



## AOP : protecteur de la diversité des champignons de fromages bleus, mais appauvrissant chez le Camembert

Des analyses de génomes des champignons utilisés pour l'affinage des fromages bleus ont révélé deux domestications indépendantes, avec une population spécifique du Roquefort, et une lignée clonale utilisée pour tous les autres fromages bleus. Des chercheurs du laboratoire Écologie, systématique et évolution<sup>1</sup>, en collaboration avec une entreprise productrice de levains d'affinage, ont reconstitué l'histoire de la domestication de la moisissure utilisée pour l'affinage des fromages bleus, *Penicillium roqueforti*. Il s'agit d'une occasion unique pour étudier l'adaptation et la diversification en lignées différentes. Les chercheurs ont montré que ce champignon a été domestiqué deux fois indépendamment, pour le Roquefort d'une part et les autres fromages bleus d'autre part. L'AOP Roquefort stipule la nécessité de l'utilisation de souches locales du champignon *Penicillium roqueforti*, ce qui a permis de protéger la diversité génétique de la population utilisée pour sa fabrication. À l'inverse, l'AOP du Camembert et du Brie demande l'utilisation d'une unique lignée clonale issue d'un mutant naturel albinos isolé au XX<sup>e</sup> siècle, qui au contraire limite la conservation de la diversité génétique. Cette étude met ainsi en lumière les processus d'adaptation rapide et soulève des questions sur la conservation des ressources génétiques des organismes domestiqués.

<sup>1</sup> ESE (CNRS/Univ. Paris-Saclay/AgroParisTech)

## ZOOM AMANDINE CORNILLE ET LE VERGER DE POMMIERS SAUVAGES

*Amandine Cornille, chercheuse CNRS<sup>1</sup>, étudie les impacts du changement climatique et l'émergence des nouveaux ravageurs des arbres fruitiers, en s'appuyant sur la génomique et génétique des populations. Ses travaux de recherche visent à la conservation raisonnée des espèces sauvages apparentées aux fruitiers domestiqués. Avec son équipe, elle a noué des liens avec de nombreuses structures associatives et acteurs de Paris-Saclay. De ces partenariats locaux est né un verger conservatoire, expérimental et pédagogique de pommiers sauvages sur le plateau de Saclay. Il constitue aujourd'hui une station de recherche, un site de conservation du patrimoine génétique, une valeur ajoutée pour la colonisation de la biodiversité locale et un lieu d'enseignement et de vulgarisation. Amandine Cornille est lauréate 2020 du Prix Paoletti, qui récompense chaque année une jeune chercheuse et un jeune chercheur en sciences de la vie au CNRS.*

<sup>1</sup> Au Laboratoire Génétique quantitative et évolution - Le Moulon (GQE - LE MOULON) (CNRS/Inrae/AgroParisTech/Université Paris-Saclay)







Frelons asiatiques disposés sous un microscope pour prélever leur cuticule

© Cyril FRESILLON/IRBI/CNRS Photothèque

### Le coût de la lutte contre l'invasion du frelon asiatique

Depuis 2003, le frelon asiatique envahit la France et constitue une menace de taille pour les abeilles et insectes pollinisateurs. La lutte contre cette espèce se fait principalement par piégeage et destruction des nids, dont le coût est généralement pris en charge par la commune ou le département.

Des chercheurs<sup>1</sup> fournissent pour la première fois une estimation nationale du coût du contrôle du frelon asiatique par destruction des nids : 23 millions d'euros entre 2006 et 2015, avec coût annuel qui augmente régulièrement. Grâce à des modèles de niche climatique prédisant la probabilité d'établissement du frelon en fonction de variables prévalentes dans les zones actuelles de présence, les chercheurs prédisent en outre l'invasion totale de la France dans une douzaine d'années, avec un coût de lutte qui pourrait alors atteindre 11,9 millions d'euros par an.

<sup>1</sup> du laboratoire écologie, systématique et évolution (ESE - CNRS / Univ. Paris-Saclay / AgroParisTech)

### Le changement climatique menace les écosystèmes insulaires et leur biodiversité unique

Une équipe de chercheurs<sup>1</sup> a évalué la vulnérabilité aux changements climatiques de plus de 300 îles et 850 espèces de mammifères endémiques. Cette étude a permis de montrer que près de 60 % des îles étudiées présentent une vulnérabilité élevée aux changements climatiques. Les régions les plus vulnérables se localisent principalement dans l'océan Pacifique.

<sup>1</sup> notamment au Laboratoire écologie, systématique, évolution (ESE - CNRS/Univ. Paris-Saclay/AgroParisTech)

### A l'origine des glissements de terrain en Arctique

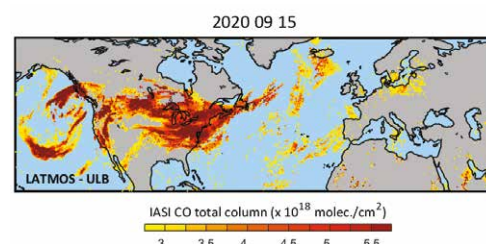
Des chercheurs du laboratoire Géosciences Paris-Saclay<sup>1</sup> ont simulé en chambre froide la formation de glissements de terrain dus à la dégradation accélérée des sols gelés des régions arctiques, appelés pergélisol. L'étude et le suivi de ces effondrements sont particulièrement utiles à la compréhension et à la prédiction de l'évolution future du climat.

<sup>1</sup> GEOPS (CNRS/Univ. Paris-Saclay)

### Pollution, feux de forêts : l'année 2020 observée depuis l'espace

Cathy Clerbaux, directrice de recherche CNRS<sup>1</sup>, est spécialiste du sondage atmosphérique par satellite dans l'infrarouge. Avec son équipe, elle utilise les données satellitaires du sondeur IASI, qui est embarqué sur les trois satellites Metop, comme indicateurs du réchauffement climatique. En 2020, ces données ont révélé, entre autres, le déplacement autour du globe des fumées issues des incendies australiens du mois de janvier, une diminution record d'ozone au Pôle Nord, ou encore une évolution des polluants atmosphériques à compter du premier confinement de mars 2020.

<sup>1</sup> Laboratoire LATMOS (CNRS/UVSQ/Sorbonne Univ.)



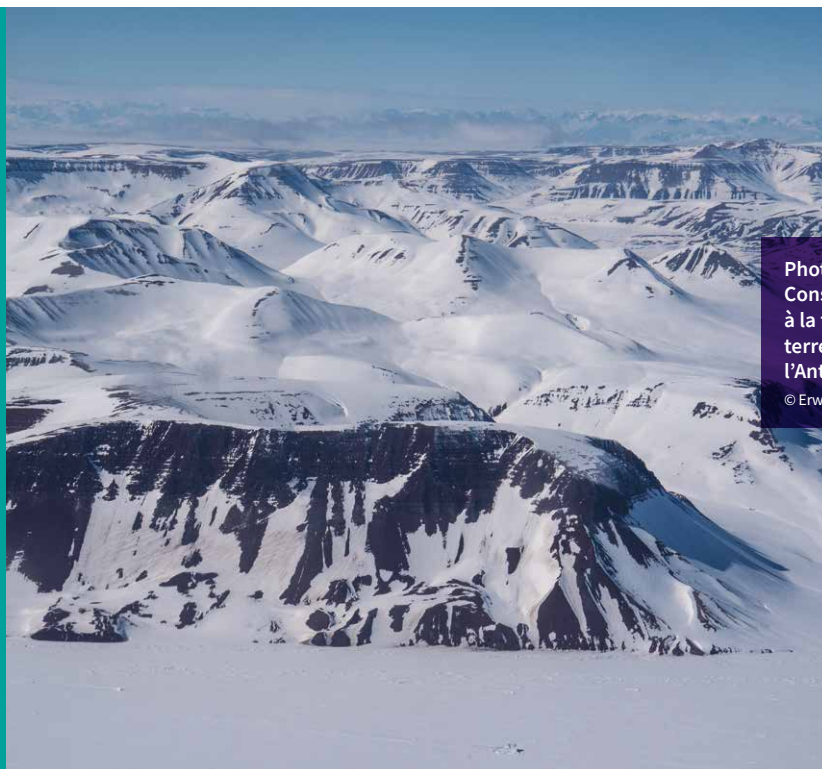


Photo du Groenland (entre Constable Point et Zackenberg, au nord-est) à la fin de l'hiver. Plus de 99 % de la glace terrestre se trouve dans les inlandsis couvrant l'Antarctique et le Groenland.

© Erwan Amice / Lemar / CNRS Photothèque

## Des modèles pour prédire l'impact de la fonte de la calotte glaciaire sur le niveau marin

Pour la première fois, des glaciologues, des océanographes et des climatologues de 13 pays<sup>1</sup> ont uni leurs forces pour estimer l'impact de la fonte de la calotte glaciaire Antarctique sur l'élévation du niveau marin. Selon ces travaux de modélisation, jusqu'à 30 cm de la hausse de 2015 à 2100 pourrait être liée à cette fonte. Cependant ces estimations sont encore assez incertaines puisque selon certains scénarii, la calotte pourrait à l'inverse accumuler plus de neige que les volumes perdus par la fonte des glaces. Ces incertitudes sont principalement liées au manque de connaissances sur la fonte sous les plateformes glaciaires qui s'étendent sur l'océan. Or, ces terminaisons flottantes, dont la superficie peut atteindre la moitié de celle de la France, retiennent l'écoulement du reste de la calotte. Si elles venaient à disparaître, les nouvelles projections montrent que le niveau des mers s'élèverait de plusieurs mètres sur 500 ans. Pour améliorer ces estimations, les scientifiques parient sur une nouvelle génération de modèles de climat qui intégreraient les calottes de glace, en plus de l'atmosphère, de l'océan et de la bio-géochimie.

<sup>1</sup> avec les scientifiques du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE - CNRS/CEA/UVSQ)

## Sécheresse en Europe : quel impact sur les cultures ?

Un ensemble d'études impliquant des scientifiques du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement<sup>1</sup> a montré comment les écosystèmes européens réagissent à des conditions d'extrême sécheresse, comme celles qui se sont produites au cours des trois derniers étés. En 2018 notamment, des records de température ont été battus dans de nombreuses régions et plusieurs pays ont été touchés par de mauvaises récoltes. Les résultats montrent qu'en 2018, lorsque la canicule estivale a frappé, les plantes n'avaient plus assez d'eau à disposition pour leurs racines. Au cours de cet épisode caniculaire, le puits de carbone de la végétation a diminué de 18 % et de nombreuses cultures en Europe Centrale ont produit les plus faibles rendements jamais enregistrés depuis des décennies. Plusieurs études montrent également que la sécheresse du sol a davantage affecté les plantes que, par exemple, la température élevée ou l'humidité de l'air. Ces résultats sont d'autant plus importants que de telles sécheresses seront probablement beaucoup plus fréquentes à l'avenir.

<sup>1</sup> LSCE (CNRS/CEA/UVSQ)

## Un premier bilan des sources et des puits de protoxyde d'azote à l'échelle globale

Le protoxyde d'azote - ou oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) - est un puissant gaz à effet de serre. 300 fois plus efficace que le dioxyde de carbone, il contribue à la fois à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et au réchauffement climatique. Sa concentration dans l'atmosphère a augmenté de 2 % par décennie au cours des 150 dernières années.

Des chercheurs<sup>1</sup> ont participé à l'estimation des flux de N<sub>2</sub>O émis par l'océan et les surfaces continentales. Le flux océanique de N<sub>2</sub>O a été évalué à 3,4 TgN/an pour la décennie 2007-2016. La zone tropicale est la principale région émettrice (53 % de ce flux), devant l'hémisphère sud (31 %) et l'hémisphère nord (17 %). Toutefois, la principale cause de l'augmentation du N<sub>2</sub>O atmosphérique reste l'emploi d'engrais azotés sur les terres agricoles, dont l'usage participe à hauteur de 70 % des émissions anthropiques sur la décennie 2007-2016.

Plus généralement, l'ensemble des émissions anthropiques de N<sub>2</sub>O a augmenté de 30 % à l'échelle globale sur les quatre dernières décennies. Cette étude souligne qu'il est urgent de réduire les émissions de N<sub>2</sub>O.

<sup>1</sup> au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE, CNRS / CEA / UVSQ) et au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD, CNRS / École Polytechnique / Sorbonne Univ. / ENS Paris)



© Couverture du magazine Nature, 16 avril 2020

## Où est passée l'antimatière ? L'éclairage prometteur des neutrinos

Si nous vivons dans un monde de matière, c'est parce que celle-ci a très vite pris le dessus sur l'antimatière, alors qu'elles ont toutes deux été créées en quantités parfaitement égales par le Big Bang, aux premiers instants de notre Univers. De forts indices d'une différence de comportement des neutrinos, particules élémentaires extrêmement légères qui traversent tous les matériaux, et des antineutrinos, les particules d'antimatière qui leur sont associées, ont été rapporté en avril 2020. Ils offrent une piste prometteuse pour expliquer l'asymétrie entre matière et antimatière. Ces observations de l'expérience T2K menée au Japon et à laquelle sont associés trois laboratoires français<sup>1</sup> pourraient nous aider à expliquer cette mystérieuse disparition.

<sup>1</sup> en particulier le Laboratoire Leprince-Ringuet (CNRS/Ecole polytechnique – Institut polytechnique de Paris)

## Spintronic Factory

*Le consortium européen SpinTronicFactory, piloté par l'Unité Mixte de Physique CNRS-Thales<sup>1</sup> et Spintec<sup>2</sup> a publié le 19 août 2020 dans Nature Electronics une ambitieuse feuille de route en spintronique. Cette discipline, à la frontière entre magnétisme et micro-électronique arrive en effet à maturité, offrant de larges perspectives en matière d'innovation.*

<sup>1</sup> Laboratoire commun entre le CNRS et Thales

<sup>2</sup> Laboratoire mixte entre le CEA, le CNRS et l'Université Grenoble Alpes

### Vers une spintronique plus économe en énergie ?

Le spin de l'électron – propriété quantique par excellence – est au cœur de la spintronique, une technologie ayant révolutionné le stockage numérique et qui pourrait jouer un rôle majeur, entre autres, dans la réalisation de nouveaux processeurs informatiques. Pour générer et détecter des courants de spin, la spintronique recourt traditionnellement à des matériaux ferromagnétiques, dont l'utilisation entraîne une forte consommation d'énergie. Des chercheurs<sup>1</sup> ont récemment décrit un dispositif permettant une détection de spin à faible puissance, grâce à un système non magnétique, ouvrant la voie à des dispositifs spintroniques qui consommeraient 1000 fois moins d'énergie.

<sup>1</sup> de l'Unité Mixte de Physique CNRS/Thales et de Spintec

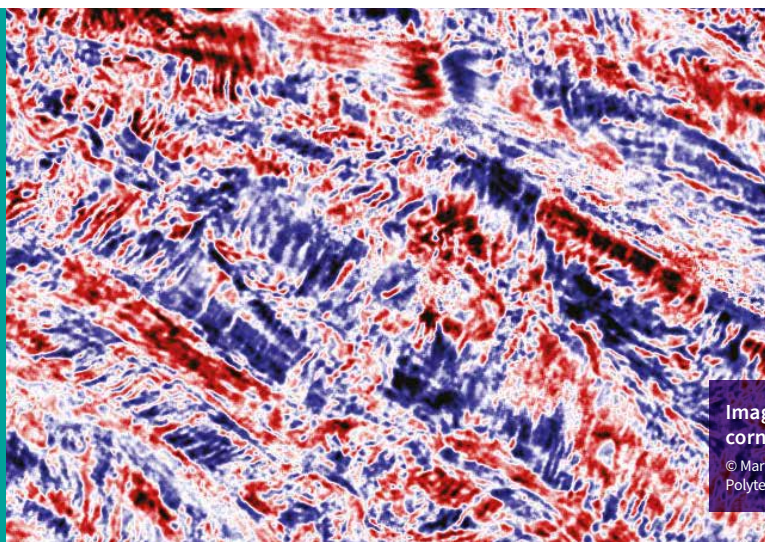


Image d'une coupe transverse de cornée humaine.

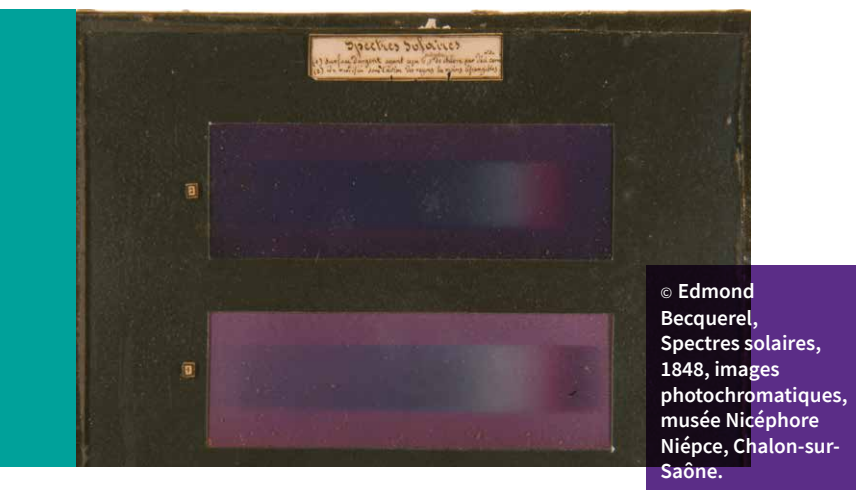
© Marie-Claire Schanne-Klein, LOB (CNRS/Ecole Polytechnique/INSERM)

## Voir le collagène en 3D

Le collagène est une protéine qui joue un rôle clé dans l'organisation des tissus biologiques, visualiser sa structure tridimensionnelle est donc crucial. Une équipe de chercheurs<sup>1</sup> est parvenue à dépasser les limitations actuelles de la microscopie multiphoton en exploitant la propriété de chiralité du collagène.

<sup>1</sup> du Laboratoire d'optique et biosciences (LOB, CNRS/Ecole Polytechnique/INSERM)





© Edmond Becquerel, Spectres solaires, 1848, images photochromatiques, musée Nicéphore Niépce, Chalon-sur-Saône.

## Premières photographies couleur : l'origine des couleurs enfin comprise

Une palette de couleurs sur une plaque argentée : voici à quoi ressemble la première photographie couleur de l'histoire, prise par le physicien français Edmond Becquerel, en 1848. Rapidement abandonné, son procédé avant tout empirique produit des couleurs dont l'origine n'avait jamais été expliquée. Une équipe<sup>1</sup> du Centre de recherche sur la conservation (CNRS/Muséum national d'Histoire naturelle/Ministère de la Culture) vient de la percer au jour. Les couleurs obtenues par Edmond Becquerel seraient dues à la présence de nanoparticules d'argent métallique dans une maîtrise de grains de chlorure d'argent.

<sup>1</sup> en collaboration avec le synchrotron SOLEIL et le Laboratoire de physique des solides - LPS (CNRS/Univ. Paris-Saclay)

## Premiers pas prometteurs pour la simulation quantique

Denis Lacroix, théoricien, directeur de recherche CNRS<sup>1</sup>, a réalisé avec succès un calcul de physique nucléaire sur un ordinateur quantique. Ce travail encore très préliminaire, valide une méthode de programmation de ces ordinateurs très particuliers, et laisse entrevoir le potentiel de ces machines à simuler sans limitations l'intégralité des noyaux de la table des éléments.

<sup>1</sup> Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie - IJCLab (CNRS/Univ. Paris-Saclay),

## Un polymère conjugué nanostructuré pour la photosynthèse artificielle

Lors de la photosynthèse naturelle, les molécules d'eau se transforment grâce à l'énergie solaire en dioxygène ( $O_2$ ) et en « dihydrogène » ( $H_2$ ), transportées sous forme de quinones réduites, c'est-à-dire en molécules composées de cycles de carbone. Les chimistes cherchent à reproduire cette réaction de photo-splitting de l'eau en dioxygène et dihydrogène. Cette recherche est pénalisée par des matériaux onéreux et peu abondants, des faibles rendements et la production d'un mélange gazeux de  $H_2$  et  $O_2$  difficile à séparer. Des chimistes<sup>1</sup> ont mis au point un matériau carboné sous forme de nanostructures de polymère conjugué qui est capable de reproduire cette réaction efficacement sous éclairage dans le visible et l'hydrogène est stocké sur de quinones, composé organique transporteur réversible de  $H_2$ .

<sup>1</sup> l'Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC, CNRS/CEA/Univ. Paris Saclay), de l'Institut de Chimie Physique (ICP, CNRS/Univ. Paris Saclay) et de l'Institut de chimie moléculaire et des matériaux d'Orsay (ICMMO, CNRS/Univ. Paris Saclay)

## Les anyons révèlent leurs propriétés quantiques exotiques

La physique en deux dimensions permet l'existence des particules dite "anyons", intermédiaires entre les fermions et les bosons et qui ont la particularité de pouvoir se regrouper en petit nombre limité dans un même état quantique. Pour mettre en évidence ces particules, des physiciens ont utilisé un collisionneur au sein d'une puce électronique fabriquée en salle blanche au Centre de nanosciences et de nanotechnologies<sup>1</sup>. Cette puce leur a permis de réaliser, dans un conducteur électrique bidimensionnel, des collisions entre anyons. En observant la statistique des collisions entre deux particules il a été possible de quantifier la tendance des quasiparticules à se regrouper ou à s'exclure. Ces travaux ont fait la une de la revue scientifique américaine *Science*.

<sup>1</sup> C2N (CNRS/Univ. Paris-Saclay)

## ZOOM SANDRINE LÉVÊQUE-FORT, LAURÉATE DU PRIX IRÈNE JOLIOT-CURIE 2020

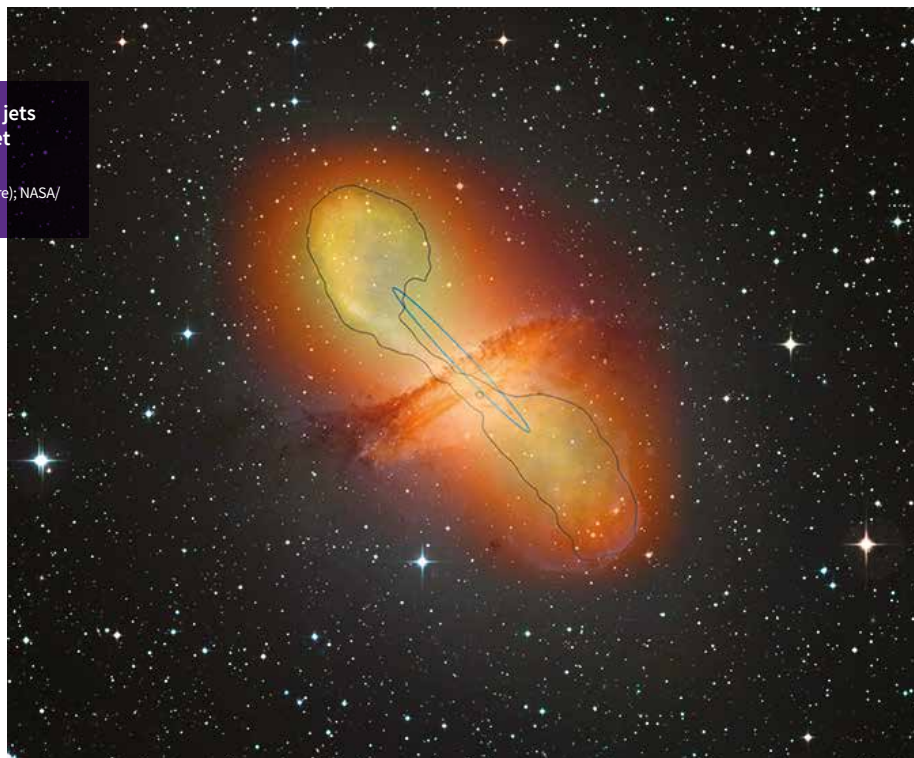
*Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation a adressé le 15 Décembre 2020, ses chaleureuses félicitations aux trois chercheuses lauréates du prix Irène Joliot-Curie 2020, dont Sandrine Lévêque-Fort, directrice de recherche CNRS<sup>1</sup>, dans la catégorie "Femme, recherche et entreprise". Docteure en optique, directrice de recherche au CNRS, Sandrine Lévêque-Fort est directrice scientifique de la startup Abbelight. Le prix lui est décerné pour ses travaux de recherche dans le domaine de la microscopie optique.*

<sup>1</sup> Institut des sciences moléculaires d'Orsay - ISMO (CNRS/Univ. Paris-Saclay)



**Image composite de Centaurus A, révélant les jets émergeant du trou noir central de la galaxie, et l'émission gamma associée.**

© ESO/WFI (Optical); MPIFR/ESO/APEX/A.Weiss et al. (Submillimetre); NASA/CXC/CfA/R.Kraft et al. (X-ray), H.E.S.S. collaboration (Gamma)



## Le CNRS participe à la construction de la plus grande caméra numérique du monde

Pour la première fois, des images d'une résolution de 3,2 milliards de pixels viennent d'être prises grâce à un plan focal géant équipé de 189 capteurs photographiques CCD. Il sera au cœur de la caméra de l'Observatoire Vera C. Rubin au Chili, la plus grande au monde, qui devrait photographier le ciel austral de 2022 à 2032. Parmi les objectifs scientifiques du projet : en savoir plus sur la nature de la matière noire et améliorer notre compréhension de l'énergie noire. L'IJCLab<sup>1</sup> a particulièrement contribué à la conception et à l'optimisation de ces capteurs uniques, ainsi qu'à l'électronique du plan focal de la caméra.

<sup>1</sup> Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot Curie (CNRS/Université Paris-Saclay)

## Les jets des quasars : des accélérateurs de particules sur des milliers d'années-lumière

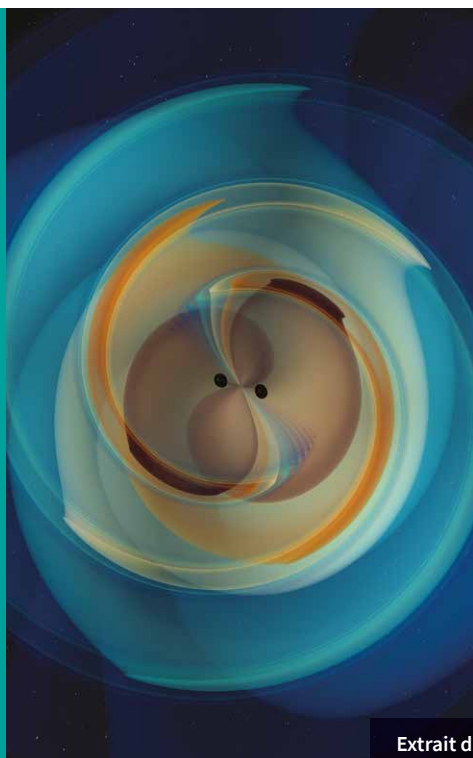
Une radiogalaxie a été observée avec une précision inégalée grâce à l'Observatoire H.E.S.S pendant plus de 200 heures. Cette radiogalaxie a permis à une collaboration scientifique internationale impliquant notamment le Laboratoire Leprince-Ringuet<sup>1</sup> d'identifier la région émettant les rayons à très haute énergie tout en étudiant la trajectoire des jets de plasma. Ces observations apportent de nouvelles connaissances importantes sur les émetteurs cosmiques de rayons gamma et notamment le rôle des radiogalaxies en tant qu'accélérateurs d'électrons relativistes très efficaces. Du fait de leur grand nombre, celles-ci contribueraient collectivement, de façon très significative, à la redistribution d'énergie dans le milieu intergalactique. La prochaine génération de télescopes permettra certainement d'observer encore plus finement ce phénomène.

<sup>1</sup> LLR (CNRS/École polytechnique)

## Le plus grand trou noir jamais observé par les ondes gravitationnelles

Un trou noir ayant la masse de 142 soleils a été observé par les détecteurs d'ondes gravitationnelles Ligo et Virgo. Ce trou noir final, issu de la fusion de deux trous noirs plus légers, est le plus lourd jamais observé avec les ondes gravitationnelles. Il pourrait être le premier indice sur les scénarii de formation des trous noirs supermassifs qui siègent au centre de la plupart des grandes galaxies. Les publications scientifiques annonçant cette observation sont cosignées par huit équipes françaises de la collaboration Virgo, dont le Laboratoire de physique des 2 infinis - Irène Joliot-Curie<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> IJCLab (CNRS/Université Paris-Saclay)



**Extrait d'une simulation numérique de fusion des deux trous noirs.**

© N. Fischer, H. Pfeiffer, A. Buonanno (Max Planck Institute for Gravitational Physics), Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) Collaboration

## Mars : l'eau pourrait disparaître plus vite que prévu

La petite planète rouge se vide encore plus rapidement de son eau que ce que la théorie et les observations passées laissaient penser. Et ce phénomène n'est pas prêt de s'arrêter ! Une équipe de recherche internationale impliquant le Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales<sup>1</sup> vient de mettre en évidence que la vapeur d'eau s'accumulait en grande quantité, dans des proportions inattendues, à plus de 80 km d'altitude dans l'atmosphère martienne. Les mesures ont révélé que de grandes poches atmosphériques sont même en état de sursaturation extrême : l'atmosphère contient alors de 10 à 100 fois plus de vapeur d'eau que sa température ne lui permet en théorie. Avec les taux de sursaturation constatés, la capacité de l'eau à s'échapper serait plus que décuplée à certaines saisons.

<sup>1</sup> LATMOS - CNRS/UVSQ/Sorbonne Univ.

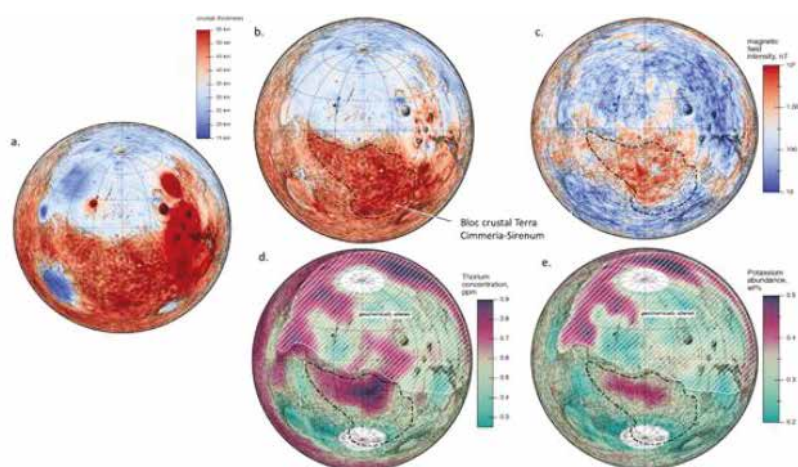


Figure :  
a. Épaisseur crustale actuelle de la planète Mars  
b. Épaisseur crustale de la planète Mars sans les bassins d'impacts et édifices volcaniques  
c. Anomalies magnétiques  
d. concentration en Thorium  
e. Concentration en Potassium. La limite du bloc crustal Terra Cimmeria-Sirenum est indiqué en pointillé.

## D'où provient la glace des montagnes de Pluton ?

Si sur Terre les températures atmosphériques diminuent avec l'altitude, sur Pluton, elles se réchauffent, à cause du rayonnement solaire. Une équipe internationale, incluant des chercheurs du Laboratoire de météorologie dynamique<sup>1</sup>, a déterminé que la « neige » des montagnes de Pluton est faite de glace de méthane. Ils ont pu découvrir qu'en raison de sa dynamique particulière, l'atmosphère de Pluton est enrichie en méthane gazeux en altitude. Par conséquent, ce n'est qu'au sommet des montagnes suffisamment hautes pour atteindre cette zone enrichie que l'air est assez chargé en méthane pour permettre sa condensation. Plus bas, l'air est trop pauvre en méthane pour que la glace puisse se former.

<sup>1</sup> LMD (CNRS / Sorbonne Univ. / École polytechnique / ENS Paris).

## Mars, un continent caché ?

Les « hautes terres » de l'hémisphère sud de la planète Mars sont considérées comme des terrains homogènes dont l'origine remonte à plus de quatre milliards d'années. Une équipe de planétologues français<sup>1</sup> et américains vient de mettre en évidence un morceau de croûte singulier à l'intérieur de ces « hautes terres ». Ce bloc s'étend sur une région vaste, équivalente à une fois et demi l'Europe. Ses propriétés géophysiques et géochimiques évoquent celles de la croûte continentale terrestre et suggèrent la possibilité d'un continent caché sous la surface de Mars.

<sup>1</sup> Laboratoire de géosciences Paris-Saclay (GEOPS - Université Paris-Saclay / CNRS)

## Solar Orbiter : voyage au centre de notre Système solaire

Solar Orbiter a quitté la Terre à bord d'un lanceur Atlas V 411, le 10 février 2020, depuis Cap Canaveral en Floride, en direction du Soleil pour un voyage d'un peu moins de deux ans. La durée de sa mission scientifique sera de cinq et neuf ans. La France a contribué, via le CNES, le CNRS<sup>1</sup> et le CEA, à la réalisation de six des dix instruments équipant l'appareil. Les objectifs sont d'explorer le vent solaire et de comprendre l'activité du Soleil, ce qui permettra de mieux comprendre les éruptions solaires, le contrôle qu'il exerce sur son environnement et le milieu magnétique interplanétaire, également appelé héliosphère. Les premières images prises par Solar Orbiter, ont été dévoilées par l'Agence spatiale européenne, la sonde ayant pu effectuer un premier passage rapproché au-dessus du Soleil.

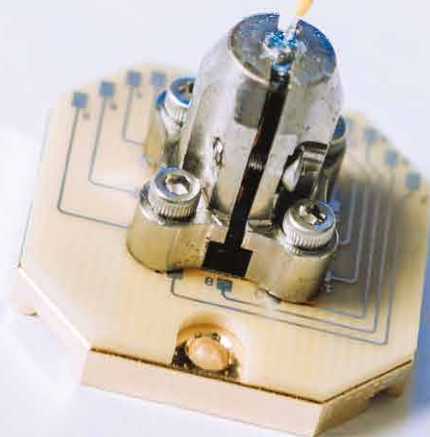
<sup>1</sup> Laboratoire de physique des plasmas - LPP (CNRS / École polytechnique / Sorbonne Univ. / Univ. Paris-Saclay / Observatoire de Paris - PSL) et l'Institut d'astrophysique spatial - IAS (CNRS/Univ. Paris-Saclay)



# L'INNOVATION EN 2020

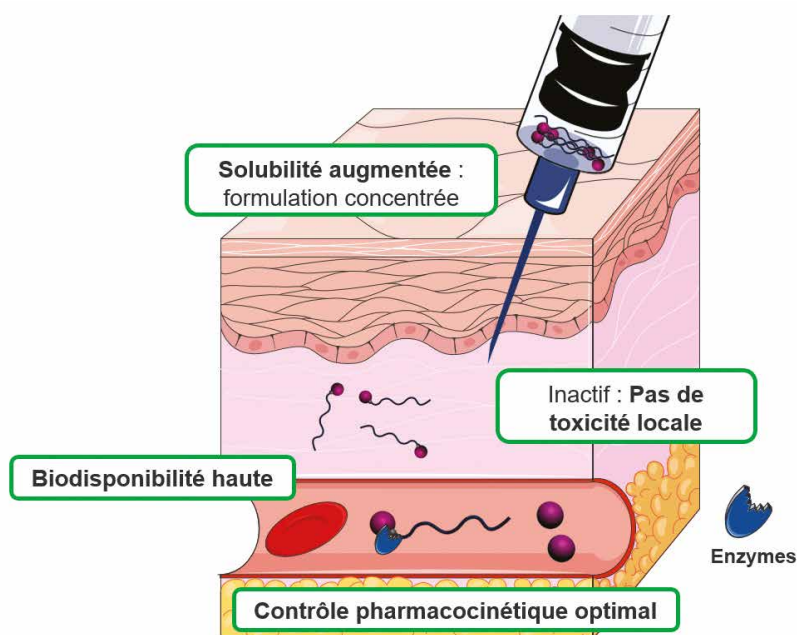
Source de photons uniques fibrée (qubits photoniques) avec une fibre optique monomode collée perpendiculairement à la surface de la source. Une structure métallique sert à maintenir la fibre. La start-up Quandela, fondée en 2017 par Valérian Giesz, Niccolo Somaschi et Pascale Senellart (Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies – C2N, CNRS/UPSaclay), travaille sur ces qubits photoniques. Cette approche permet une exploitation simultanée de dizaines de qubits. Le qubit est l'unité de stockage de l'information qui indique la force de calcul des ordinateurs quantiques. La start-up fabrique des sources à base de boîtes quantiques d'une centaine d'atomes, qui sont miniaturisées et stabilisées. L'objectif est d'aller, à partir de la génération de qubits, jusqu'à un ordinateur quantique et aux réseaux quantiques.

© Cyril FRESILLON / Quandela / C2N / CNRS Photothèque



## De nouveaux polymères pour l'injection sous-cutanée d'anticancéreux

La start-up Imescia, créée en juin 2019, développe une stratégie de synthèse de médicaments anticancéreux à injecter par voie sous-cutanée, dont l'objectif est d'accroître leur efficacité et simplifier les traitements actuels. La startup exploite une stratégie mise au point par des chercheurs de l'Institut Galien Paris-Saclay qui consiste en la synthèse simple et transposable à plus grande échelle de prodrogues (traitement administré sous forme inactive, qui libère le principe actif une fois administré) polymères anticancéreuses sans toxicité au site d'injection. Ces nouveaux traitements sont brevetés, et des partenariats sont en cours de négociation avec des laboratoires pharmaceutiques pour mettre au point des traitements basés sur des molécules actives qui n'ont pas encore pu déboucher sur des traitements.



## Chatbots et informatique affective

Nicolas Sabouret, professeur à l'Université Paris-Saclay et chercheur au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur<sup>1</sup> a reçu le Prix FIEEC Carnot de la recherche appliquée pour le développement de modèles informatiques des comportements affectifs. Son but est d'améliorer les performances sociales des agents conversationnels.

<sup>1</sup> LIMSI (CNRS), qui a donné naissance au 1er Janvier 2021 au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique – LISN (CNRS/UPSaclay) et au Laboratoire méthodes formelles – LMF (CNRS/ENS Paris-Saclay/UPSaclay)

## Un serveur gestuel pour favoriser l'autonomie et l'inclusion des sourds

Un centre d'appel permettant la communication en LSF



Le projet *Serveur gestuel* a pour objectif de mettre à disposition des sourds pratiquant la langue des signes française (LSF) l'équivalent d'un serveur vocal pour les entendants, les langues des signes n'étant pas encore traitées par les systèmes de communication automatisés actuels. Le projet s'appuie sur les recherches menées au Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur<sup>1</sup> notamment, en partenariat avec les entreprises IVeS et 4DViews. Grâce au serveur gestuel, un « signeur » sourd pourra poser sa question en utilisant la LSF, qui sera interprétée automatiquement par la machine et traitée par un système de dialogue. En retour, la réponse à sa question sera exprimée en LSF, par l'animation d'un avatar numérique visible sur son écran.

<sup>1</sup> LIMSI (CNRS), qui a donné naissance au 1er Janvier 2021 au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique – LISN (CNRS/UPSaclay) et au Laboratoire méthodes formelles – LMF (CNRS/ENS Paris-Saclay/UPSaclay)



La plateforme d'analyse des matchs de football de SportsDynamics permet de fournir des indicateurs dynamiques de la performance sportive.

Crédit : SportsDynamics

### Un projet pour une intelligence artificielle de confiance

Alors que les techniques d'intelligence artificielle (IA) influent de plus en plus de décisions, leurs raisonnements passent par des étapes trop abstraites et/ou trop complexes pour être comprises par les utilisateurs. Comme il est difficile d'accorder une confiance aveugle aux IA, le projet TRUST-AI vise à rendre leurs choix plus transparents et équitables. Le Conseil européen de l'innovation vient pour cela d'apporter un financement à ce programme, qui comprend des membres de l'équipe-projet commune avec Inria TAU, du LRI<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laboratoire de Recherche en Informatique - LRI (CNRS/Université Paris-Saclay), qui a donné naissance au 1er Janvier 2021 au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique (LISN - CNRS/UPSaclay), et au le Laboratoire méthodes formelles (LMF - CNRS/ENS Paris-Saclay/UPSaclay)



## Football et intelligence artificielle

La start-up SportsDynamics propose un outil qui révèle les opportunités de jeu au football à partir des données de position des joueurs et de la balle. Cet outil s'appuie sur une technologie d'analyse des mouvements développée au Laboratoire d'hydrodynamique de l'X<sup>1</sup>. À partir de l'enregistrement vidéo d'un match (videotracking), ce nouvel outil met en évidence les espaces ouverts créés qui permettraient notamment de progresser vers les buts de l'équipe adverse. Les algorithmes mis au point au laboratoire permettent d'enrichir l'analyse footballistique par une vision dynamique novatrice sur le positionnement des joueurs et du ballon. Cette plateforme est commercialisée auprès des clubs professionnels et des médias spécialisés depuis 2021.

<sup>1</sup> Laboratoire d'hydrodynamique de l'X - LIX (CNRS/École polytechnique)



Moteur à propulsion ionique développé par la start-up ThrustMe.

© Fabien CARRÉ / Yann GADAUD / ThrustMe / CNRS Photothèque


## Une première mondiale : un satellite propulsé à l'iode

Issue d'un laboratoire<sup>1</sup> du CNRS, de l'Ecole Polytechnique et de Sorbonne Université, la start-up ThrustMe est à l'origine du premier moteur électrique utilisant de l'iode pour des petits satellites. Cette startup conçoit plusieurs types de moteurs pour des microsatellites, déployés en constellation, utiles pour l'accès Internet à haut débit par exemple. Pour y répondre, les moteurs doivent être peu onéreux et minimaux. L'iode permet de répondre à ces conditions, plus dense et stocké sous forme solide, il est aussi plus accessible que le xénon donc moins coûteux. Soutenue par l'ESA et le CNES, ThrustMe collabore avec plusieurs pays tels que les Etats-Unis ou encore la Chine. En témoigne la filiale chinoise SpaceTy avec laquelle la startup a lancé son premier satellite propulsé à l'iode en novembre 2020. L'objectif de cette entente aura pour but la commercialisation du moteur sur le marché au cours des prochaines années.

<sup>1</sup> Laboratoire de physique des plasmas - LPP

# LE RAYONNEMENT EUROPÉEN





Neurones pyramidaux des couches corticales supérieures d'un cortex de souris "Brainbow". Cette technique génétique permet de marquer les neurones de manière individuelle, grâce à la combinaison de molécules fluorescentes produisant une centaine d'étiquettes de couleurs différentes. On peut ainsi visualiser les circuits neuronaux en distinguant clairement les neurones adjacents. Ce rendu 3D est obtenu grâce à la microscopie multiphotonique multicolore sérielle ChroMS, une technique mise en œuvre dans le cadre du programme de recherche européen "HOPE".

© Lamiae ABDELADIM / LOB / Institut de la Vision / CNRS Photothèque



# BOURSES EUROPEENNES ERC

European Research Council - Conseil Européen de la Recherche

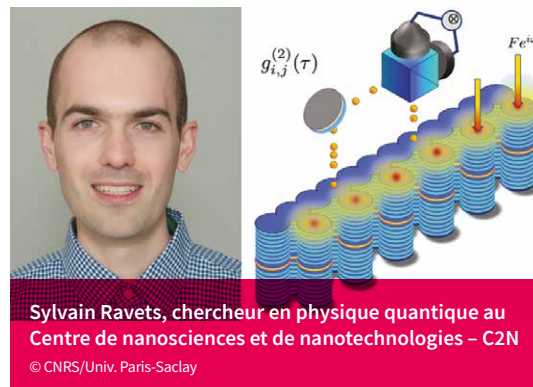


## ERC Starting Grants

Des bourses, dont le montant peut aller jusqu'à 2 millions d'euros, financent des projets exploratoires originaux portés par de jeunes chercheurs (deux à sept ans après la thèse)

### "ARQADIA", la matière quantique artificielle avec des photons : physique à N-corps et topologie

Les matériaux quantiques présentent des propriétés tout à fait spéciales (supraconductivité, magnétisme quantique, effet Hall quantique fractionnaire) qui ne peuvent pas être décrites simplement par des modèles ne faisant intervenir qu'une particule (atome ou électron) à la fois. Ils nécessitent de tenir compte des interactions entre un grand nombre de particules. L'objectif du projet ARQADIA est de construire, avec de la lumière, des matériaux quantiques synthétiques qui sont le siège de tels comportements collectifs. L'objectif est double : utiliser ces matériaux artificiels pour aider à la compréhension de ces phénomènes complexes en les étudiant dans des systèmes bien contrôlés, et se servir de ces effets collectifs comme d'une ressource applicable aux technologies quantiques.



Sylvain Ravets, chercheur en physique quantique au Centre de nanosciences et de nanotechnologies - C2N  
© CNRS/Univ. Paris-Saclay



Vue 3D de neurones marqués en couleur dans le cortex de souris.  
© Abdeladim / LOB / Institut de la Vision / CNRS Photothèque

### "HOPE", technique d'imagerie novatrice in vivo permettant de suivre la croissance et la construction de circuits cérébraux de l'hippocampe

Au cœur de notre cerveau, une structure joue un rôle clef dans la mémoire, et plus particulièrement dans l'acquisition et le maintien de nos souvenirs : l'hippocampe. Classiquement considéré comme un « GPS cognitif » pour l'espace et le temps, il est également le siège de notre mémoire épisodique.

En combinant de récentes avancées multidisciplinaires exceptionnelles, les chercheurs<sup>1</sup> du projet HOPE ambitionne d'apporter un éclairage nouveau sur la fonction de l'hippocampe et le rôle de ses circuits neuronaux grâce à la conception d'une méthode nouvelle, non invasive et universelle pour suivre la croissance et la construction de circuits cérébraux situés en profondeur dans le cerveau, depuis leur neurogenèse jusqu'à l'âge adulte, en conditions normales et pathologiques.

<sup>1</sup> Emmanuel Beaupaire, du Laboratoire d'optique et biosciences - LOB (CNRS/Ecole polytechnique/INSERM), Rosa Cossart, Unité INSERM/Aix-Marseille Univ., et Jean Livet, de l'Institut de la vision (CNRS, INSERM, Sorbonne Univ.)

## ERC Synergy Grants

Ces bourses, qui bénéficient d'un financement allant jusqu'à 10 millions d'euros sur six ans, sont conçues pour permettre à des groupes de deux à quatre scientifiques de s'attaquer à certains des problèmes de recherche les plus redoutables du monde, qui couvrent plusieurs disciplines scientifiques.

### "AWACA", cycle atmosphérique de l'eau en Antarctique : passé, présent et futur

La calotte glaciaire de l'Antarctique est le plus grand réservoir d'eau douce sur Terre. La contribution de l'Antarctique au niveau de la mer résulte du léger déséquilibre entre la quantité de neige accumulée sur le continent et un flux de glace de même ampleur qui se déverse dans l'océan. La représentation correcte de la circulation atmosphérique, de la physique du changement de phase de l'eau et de son transport dans les modèles est primordiale pour simuler correctement les précipitations et l'accumulation de neige sur la calotte glaciaire antarctique et, en fin de compte, l'élévation du niveau de la mer. C'est le défi que le projet AWACA souhaite relever.

Trois chercheurs français<sup>1</sup> et un professeur associé à l'EPFL (Suisse), vont conjuguer leurs expertises reconnues dans des domaines clés au regard de l'ambition du projet : observation, analyse, expérience de terrain et modélisation numérique de l'atmosphère. Ils visent à déployer des instruments spécialement conçus pour observer l'eau atmosphérique en Antarctique, couplés à de nouvelles paramétrisations de la physique pour les modèles climatiques.

<sup>1</sup> Christophe Genton et Thomas Dubos, du Laboratoire de météorologie dynamique - LMD (CNRS/Ecole Polytechnique/ENS Paris/Sorbonne Univ.), et Valérie Masson-Delmotte, chercheuse associée au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement - LSCE/IPSL (CNRS/CEA/UVSQ - Univ. Paris-Saclay)

### "Quantropy", Entropie dans des circuits quantiques - Thermodynamique mésoscopique des états quantiques corrélés

Dans un matériau métallique commun, les électrons se déplacent en grande partie indépendamment les uns des autres. Mais quand ils interagissent dans un matériau plus complexe des effets fascinants apparaissent, et certains de ces effets présentent un intérêt technologique. Il existe un nombre croissant de prédictions pour d'autres états de la matière, dans lesquels les électrons interagissant les uns avec les autres présentent des propriétés contredisant l'intuition. Toutefois, les méthodes de mesures usuelles se révèlent souvent insuffisantes pour révéler la nature des nouveaux états que peut prendre la matière électronique dans les systèmes quantiques.

L'objectif du projet Quantropy est de surmonter ce défi en développant de nouvelles approches pour mesurer leurs propriétés thermodynamiques dans des circuits où ces états corrélés seront créés de manière contrôlée. Les membres<sup>1</sup> de la collaboration ont été pionniers dans ces domaines. Ils combineront leurs expertises pour ce projet.

<sup>1</sup> Frédéric Pierre, directeur de recherche CNRS au Centre de nanosciences et de nanotechnologies - C2N (CNRS/Univ. Paris-Saclay) et des partenaires de Suisse (ETH Zurich), du Canada (University of British Columbia) et d'Israël (Ben-Gurion University)

## LES ETOILES DE L'EUROPE

*Ces trophées valorisent les coordinateurs et coordinatrices de projets français qui ont choisi l'Union européenne pour développer leurs recherches et s'ouvrir à l'innovation.*



Parmi les 12 trophés remis par la ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche, Frédérique Vidale, deux ont été remis à des chercheurs de la communauté Paris-Saclay.



Crème anti-âge et anti-tache développée dans le cadre du projet Tascmar

© Cyril FRESILLON / ICSN / Apivita / CNRS Photothèque

## Les coraux au service de la santé

Avec un budget de 6,7 millions d'euros, Jamal Ouazzani<sup>1</sup> a coordonné à partir de 2015 le projet collaboratif Tascmar en lien avec la stratégie européenne à long terme « Croissance bleue » qui soutient les secteurs marins et maritimes. Le projet réunit 13 partenaires, dont six industriels, de huit pays, couvrant des disciplines variées. Les équipes ont mis au point des techniques de culture des organismes et des éco-procédés pour étudier ces organismes tout en préservant la biodiversité marine et l'environnement, comme Unifertex et Somartex, des kits de criblage de microorganismes dépollueurs, ainsi que la ligne cosmétique anti-âge Blue Elixir en cours de développement.

<sup>1</sup> Chercheur CNRS à l'Institut de chimie des substances naturelles – ICSN (CNRS)

## Vers des environnements virtuels de recherche personnalisables en mathématiques

L'équipe coordonnée par Nicolas Thiery<sup>1</sup> a développé OpenDreamKit. Visant à soutenir l'écosystème des logiciels libres utilisés en sciences mathématiques, ce projet a favorisé l'émergence d'une boîte à outils numérique permettant à chaque individu, groupe de chercheurs ou institution de déployer un environnement virtuel de travail adapté à ses propres besoins.

<sup>1</sup> Professeur de l'Université Paris-Saclay au Laboratoire de recherche en Informatique – LRI (CNRS/UPSaclay), qui a donné naissance au 1er Janvier 2021 au Laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique – LISN (CNRS/UPSaclay) et au Laboratoire méthodes formelles – LMF (CNRS/ENS Paris-Saclay)

# LISTE DES LABORATOIRES

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

**Retrouvez les actualités scientifiques sur [www.iledefrance-gif.cnrs.fr](http://www.iledefrance-gif.cnrs.fr)**

## SCIENCES DE L'UNIVERS

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

CNRS /CEA /UVSQ

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

CNRS /UVSQ

### Géosciences Paris-Saclay (GEOPS)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Astrophysique, instrumentation, modélisation (AIM)

CNRS /CEA /Univ. Paris

### Laboratoire de météorologie dynamique (LMD)

CNRS/Ecole Polytechnique/ENS Paris/Sorbonne Univ.

### Institut d'astrophysique spatiale (IAS)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire "atmosphères et observations spatiales" (LATMOS)

CNRS /UVSQ /Sorbonne Univ.

## PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES

### Organisation de micro-électronique générale avancée (OMEGA)

CNRS, Ecole Polytechnique

### Laboratoire Leprince Ringuet (LLR)

CNRS /Ecole Polytechnique

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

CNRS /Univ. Paris-Saclay

## PHYSIQUE

### Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI)

CNRS /Ecole Polytechnique

### Unité Mixte de physique CNRS/Thales (UMPhy)

CNRS /THALES

### Centre de physique théorique (CPHT)

CNRS /Ecole Polytechnique

### Unité de recherche SOLEIL (SOLEIL)

CNRS

### Institut de physique théorique (IPhT)

CNRS /CEA

### Laboratoire Aimé Cotton (LAC)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire Léon Brillouin (LLB)

CNRS /CEA

### Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire d'étude des microstructures (LEM)

CNRS /ONERA

### Laboratoire Charles Fabry (LCF)

CNRS /IOGS

### Laboratoire d'optique et biosciences (LOB)

CNRS /Ecole Polytechnique /INSERM

### Groupe d'études de la matière condensée (GEMaC)

CNRS /UVSQ

### ERL – Laboratoire interactions, dynamiques et lasers (ERL LIDYL)

CNRS /CEA

### Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire de physique de la matière condensée (LPMC)

CNRS /Ecole Polytechnique

### Laboratoire de physique des solides (LPS)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire des solides irradiés (LSI)

CNRS /Ecole Polytechnique /CEA

### Ingénierie, radioprotection, sûreté et démantèlement (IRSD)

CNRS

### Service de physique de l'état condensé (SPEC)

CEA

### Laboratoire d'optique appliquée (LOA)

CNRS /ENSTA ParisTech /Ecole Polytechnique

### Laboratoire de physique théorique et modèles statistiques (LPTMS)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Institut Pascal (IPa)

CNRS /Univ. Paris-Saclay /CEA /IHES /INRIA

## MATHÉMATIQUES ET LEURS INTERACTIONS

### Centre de mathématiques appliquées (CMAP)

CNRS /Ecole Polytechnique

### Centre de mathématiques Laurent Schwartz de l'école polytechnique (CMLS)

CNRS /Ecole Polytechnique

### Laboratoire de mathématiques de Versailles (LMV)

CNRS /UVSQ

### Laboratoire de mathématiques et modélisation d'Evry (LaMME)

CNRS /Univ. Evry

### Bibliothèque mathématique Jacques Hadamard

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire de mathématiques d'Orsay (LMO)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Laboratoire Alexander Grothendieck (LAG)

CNRS /IHES

### Centre Borelli (CGB)

CNRS /ENS Paris-Saclay

## CHIMIE

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

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Biomolécules : conception, isolement, synthèse (BioCIS)

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### Structures, propriétés et modélisation des solides (SPMS)

CNRS /CentraleSupélec

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

CNRS /Univ. Paris-Saclay /INSERM

### Laboratoire de synthèse organique (LSO)

CNRS /ENSTA ParisTech /Ecole Polytechnique

### Laboratoire de chimie moléculaire (LCM)

CNRS /Ecole Polytechnique

### Institut photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF)

CNRS /Ecole Polytechnique /Chimie ParisTech /EDF /Air liquide /IPVF

### Institut Lavoisier de Versailles (ILV)

CNRS /UVSQ

### Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires (PPSM)

CNRS /ENS Paris-Saclay

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

CNRS /CEA



### **Prévention du risque chimique (PRC)**

CNRS

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

CNRS /Univ. Evry /Univ Cergy

### **Institut Galien Paris Sud (IGPS)**

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### **Institut de chimie physique (ICP)**

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### **Institut de chimie des substances naturelles (ICSN)**

CNRS

## **SCIENCES BIOLOGIQUES**

### **Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC)**

CNRS /Univ. Paris-Saclay /CEA

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

CNRS /CEA / Univ. Paris-Saclay

### **Institut des sciences des plantes de Paris Saclay (IPS2)**

CNRS / Univ. Paris-Saclay /INRAE

### **Neuroimagerie du langage et développement du cerveau (UNICOG)**

CNRS /CEA /INSERM /Univ. Paris-Saclay

### **Laboratoire de biologie et pharmacologie appliquée (LBPA)**

CNRS /ENS Paris-Saclay

### **Génétique quantitative et Evolution – Le Moulon (GQE)**

Le Moulon – CNRS /INRAE /AgroParisTech

### **Tefor Paris-Saclay**

CNRS /INRAE

### **France génomique (FG)**

CNRS /INRAE /INSERM /CEA

### **Institut français de bioinformatique (IFB core)**

CNRS /INRIA /INRAE /CEA /INSERM

### **Dynamiques multiéchelles dans la morphogenèse (BioEmergences)**

CNRS

### **Institut des neurosciences Paris-Saclay (NeuroPSI)**

CNRS /Univ. Paris-Saclay

### **ERL SIMOPRO**

CNRS /CEA /INRAE / Univ. Paris-Saclay

### **Structures biomoléculaires et cellulaires (BIOC)**

CNRS /Ecole Polytechnique

### **Génomique métabolique (GM)**

CNRS /Univ. Evry /CEA

## **ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**

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

CNRS /Ministère de la Culture /UVSQ /MNHN

### **Évolution, génomes, comportement et écologie (EGCE)**

CNRS / Univ. Paris-Saclay /IRD

### **Écologie, systématique et évolution (ESE)**

CNRS /AgroParisTech /Univ. Paris-Saclay

## **SCIENCES DE L'INGÉNIERIE ET DES SYSTÈMES**

### **Laboratoire de mécanique des sols, structures et matériaux (MSSMAT)**

CNRS /CentraleSupélec

### **Fluides, automatique et systèmes thermiques (FAST)**

CNRS / Univ. Paris-Saclay

### **Laboratoire de physique des interfaces et couches minces (LPICM)**

CNRS /Ecole Polytechnique

### **Propagation des ondes : étude mathématique et simulation (POEMS)**

CNRS /ENSTA PARISTECH /INRIA

### **Laboratoire de mécanique et technologie (LMT)**

CNRS /ENS Paris-Saclay

### **Laboratoire lumière-matière aux interfaces (LUMIN)**

CNRS /ENS Paris-Saclay

### **Laboratoire de mécanique des solides (LMS)**

CNRS /Ecole Polytechnique

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

CNRS /ENS Paris-Saclay /Univ. Cergy

### **Laboratoire d'hydrodynamique (LadHyX)**

CNRS /Ecole Polytechnique

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

CNRS

### **Laboratoire de physique des plasmas (LPP)**

CNRS /Ecole Polytechnique /Sorbonne Univ.

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

CNRS /Univ. Paris-Saclay /INSERM /CEA

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

CNRS /ENSTA ParisTech /EDF /CEA

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

CNRS / Univ. Paris-Saclay /CEA

### **Génie électrique et électronique de Paris (GeePs)**

CNRS / CentraleSupélec /Sorbonne Univ.

### **Laboratoire de physique des gaz et des plasmas (LPGP)**

CNRS / Univ. Paris-Saclay

## **SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LEURS INTERACTIONS**

### **Maison de la simulation (MdIS)**

CNRS /CEA /UVSQ / Univ. Paris-Saclay

### **Laboratoire des signaux et systèmes (L2S)**

CNRS / CentraleSupélec

### **Laboratoire spécification et vérification (LSV)**

CNRS /ENS Paris-Saclay

### **Laboratoire de recherche en informatique (LRI)**

CNRS / Univ. Paris-Saclay

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

CNRS

### **Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI)**

CNRS

### **Laboratoire d'informatique de l'école polytechnique (LIX)**

CNRS /Ecole Polytechnique

## **SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES**

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

CNRS / Univ. Paris-Saclay /UVSQ /Univ. Evry

### **Centre de recherche en économie et statistique (CREST)**

CNRS /Ecole Polytechnique /GENES

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

CNRS /UVSQ /Ministère de la Justice /Univ. Cergy

### **Institut interdisciplinaire de l'innovation (I3)**

CNRS /Ecole Polytechnique /ENSMP /Telecom ParisTech

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

CNRS /UVSQ

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

CNRS /HEC

### **Certification agency for scientific code and data (CASCAD)**

CNRS /HEC /Univ. Orleans

**2020**

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

est un complément régional au rapport d'activité **2020, une année avec le CNRS**

**CNRS** Délégation Île-de-France Gif-sur-Yvette  
Avenue de la Terrasse - 91190 Gif-sur-Yvette

**[www.iledefrance-gif.cnrs.fr](http://www.iledefrance-gif.cnrs.fr)**

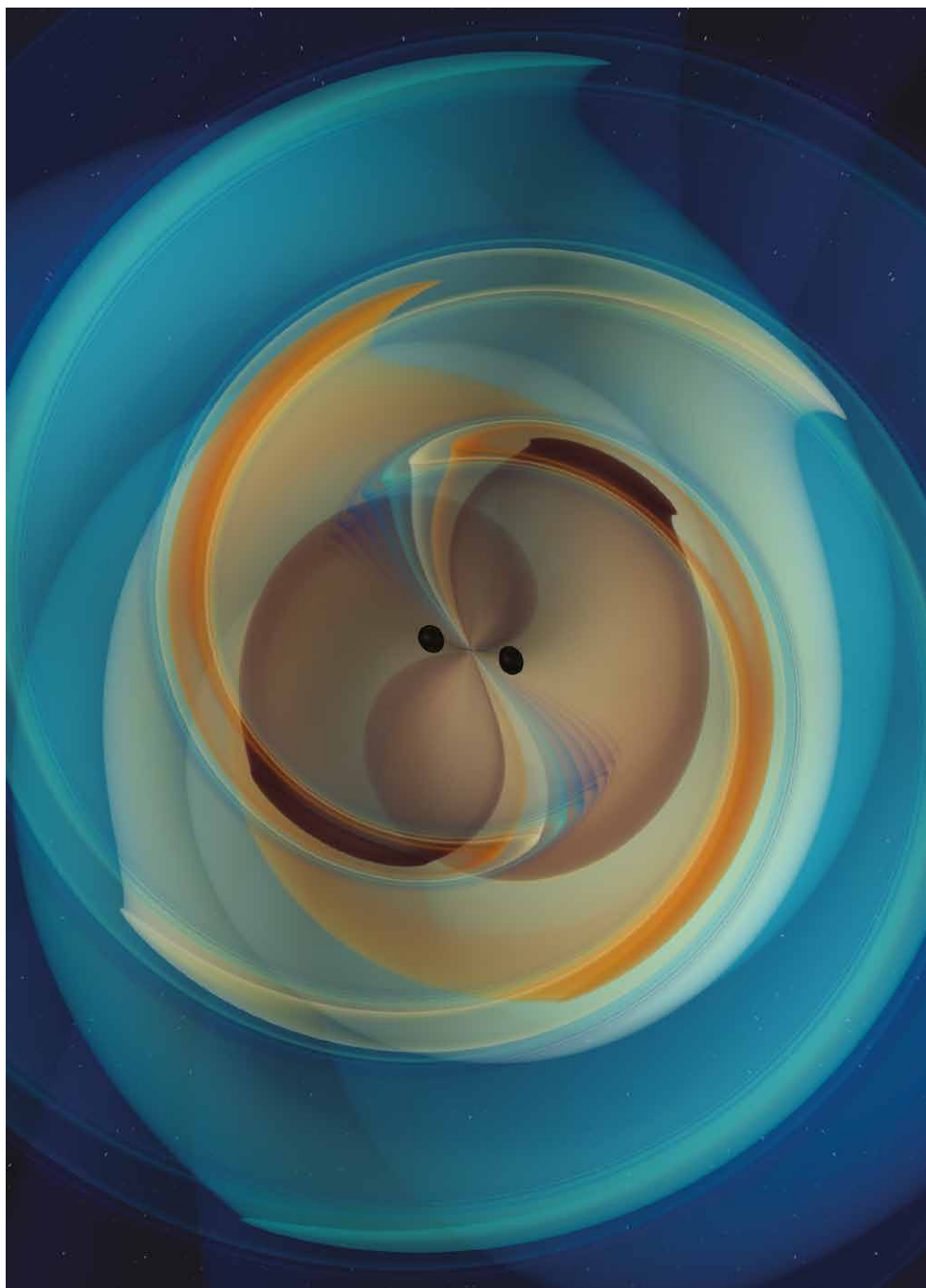
Direction de la publication  
Direction de la rédaction

**Antoine Petit**  
**Benoît Forêt**









Extrait d'une simulation numérique de fusion des deux trous noirs. Un couple de trous noirs en orbite l'un autour de l'autre perd de l'énergie sous forme d'ondes gravitationnelles. Les deux astres se rapprochent lentement, un phénomène qui peut durer des milliards d'années avant de s'accélérer brusquement. En une fraction de seconde, les deux trous noirs entrent alors en collision à une vitesse de l'ordre de la moitié de celle de la lumière et fusionnent en un trou noir unique. Celui-ci est plus léger que la somme des deux trous noirs initiaux car une partie de leur masse (ici, l'équivalent de 8 soleils, soit une énergie colossale) a été convertie en ondes gravitationnelles selon la célèbre formule d'Einstein  $E=mc^2$ . C'est cette bouffée d'ondes gravitationnelles que les deux détecteurs Ligo (aux Etats-Unis) et le détecteur Virgo (en Italie) ont observée.

© N. Fischer, H. Pfeiffer, A. Buonanno (Max Planck Institute for Gravitational Physics), Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) Collaboration

## **CNRS ÎLE-DE-FRANCE GIF-SUR-YVETTE**

Avenue de la Terrasse

91190 Gif-sur-Yvette

01 69 82 30 30

[www.iledefrance-gif.cnrs.fr](http://www.iledefrance-gif.cnrs.fr)



@CNRSIdFSud



CNRS - La science à Paris-Saclay



@CNRSIdFSud



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