



www.cnrs.fr

Voyage de presse
26 et 27 mars 2015 - Lyon

DOSSIER DE PRESSE

Année internationale de la lumière
Plein feu sur les recherches menées par le CNRS



© CNRS Photothèque

Contact presse CNRS

Lucie Debroux – T 01 44 96 43 09 - lucie.debroux@cnrs-dir.fr



www.cnrs.fr

SOMMAIRE

• Programme du voyage de presse	1
• L'Institut des nanotechnologies de Lyon > Nanophotonique > Photovoltaïque	5
• Photosynthèse, micro-algues et biocarburants	9
• L'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon > Photochimie atmosphérique	10
• L'Institut lumière matière > Impulsions de lumière ultracourtes > Étude de nano-objets individuels > Luminescence	12
• MUSE : l'exploration de l'Univers lointain	18
• Le Laboratoire de chimie de l'ENS Lyon > Matériaux fonctionnels	19
• Le CNRS, acteur majeur de l'Année de la lumière en France	21
• La délégation Rhône Auvergne du CNRS	21
• Le CNRS et la lumière, ressources complémentaires > Les recherches autour de la lumière c'est aussi...	23
> Ressources visuelles	32



Voyage de presse - Année internationale de la lumière - Lyon - 26 et 27 mars 2015

Programme

Jeudi 26 mars

Rendez-vous 11h20 à en gare de Lyon
11h51 : départ de Paris Gare de Lyon
13h56 : arrivée en gare de Lyon Part Dieu

Trajet en tram vers le campus de la Doua

14h30-16h45 : Visite de l'INL

L'Institut des nanotechnologies de Lyon (INL) a pour vocation de développer des recherches technologiques multidisciplinaires dans le domaine des micro et nanotechnologies et de leurs applications. Celles-ci couvrent de grands secteurs économiques : l'industrie des semi-conducteurs, les technologies de l'information, les technologies du vivant et de la santé, l'énergie et l'environnement.

14h30-14h45 : présentation par [Catherine Bru-Chevallier](#), directrice de l'INL

14h45-15h15 : Nanophotonique - [Xavier Letartre](#)

Dans ce domaine, l'objectif est de contrôler la propagation de la lumière et son interaction avec la matière dans le volume le plus restreint possible et pendant des intervalles de temps longs. Au-delà d'une simple réduction des dimensions, qui autorise notamment une intégration compatible avec la microélectronique et une réduction de la consommation des composants actifs, cet asservissement de la lumière permet de révéler de nouveaux phénomènes physiques. Ceux-ci ouvrent la voie à la réalisation de micro-dispositifs optoélectroniques aux fonctionnalités nouvelles et aux performances accrues.

- Présentation de quelques exemples d'applications (technologies de l'information, conversion de l'énergie solaire, capteurs pour la santé et l'environnement)
- Démonstration "pinces optiques" : piégeage de nanoparticules par la lumière

15h15-16h45 : Photovoltaïque - [Mustapha Lemiti](#)

L'INL est spécialisé dans la réalisation de cellules photovoltaïques en silicium cristallin. L'objectif est d'obtenir la meilleure combinaison possible entre un rendement de conversion élevé et un coût de fabrication faible. L'exploitation des nanotechnologies permettra le développement des cellules dites de 3^e génération.

- Visite des installations de fabrication des cellules photovoltaïques



www.cnrs.fr

17h-17h30 : Présentation « Photosynthèse, micro-algues et biocarburants » - [Giovanni Finazzi](#) du [Laboratoire de physiologie cellulaire végétale de Grenoble](#)

Une partie des recherches du laboratoire est consacrée aux microalgues photosynthétiques et à leur capacité à utiliser la lumière pour produire des huiles exploitables pour les biocarburants et des applications biomédicales.

17h30-18h30 : Visite d'Ircelyon

L'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon (Ircelyon) constitue le plus grand laboratoire de catalyse de France et d'Europe. Ses missions sont d'approfondir les connaissances fondamentales du phénomène de catalyse et de développer les concepts et les procédés qui engendreront pour demain une chimie plus sécurisée et plus respectueuse de l'environnement. Ses activités sont au cœur du développement durable, notamment avec des axes de travail consacrés aux énergies propres et renouvelables, aux bioressources et aux traitements de l'air et de l'eau.

17h30-17h45 : présentation par [Michel Lacroix](#), directeur d'Ircelyon

17h45-18h30 : Photochimie atmosphérique - [Christian George](#) et [Sébastien Perrier](#)

Le projet « échanges photo-induits à l'interface océan-atmosphère » (Air-Sea Exchanges driven by light), lauréat ERC Advanced Grant (chercheur confirmé), cherche à mieux comprendre la formation d'aérosols à la surface des océans en étudiant les réactions photochimiques à l'interface avec l'atmosphère. Mal connus, ces processus pourraient générer une part importante d'aérosols, des particules à forte incidence sur le climat et la qualité de l'air.

- Démonstration sur la transformation de composés organiques sous l'effet de la lumière
- Chambre en conditions contrôlées pour reproduire la zone d'interface entre l'atmosphère et l'océan

Trajet en tram jusqu'à l'hôtel

20h-22h : dîner en compagnie de chercheurs de l'INL et d'Ircelyon



Vendredi 27 mars

Trajet en tram vers le campus de la Doua

9h-12h : Visite de l'ILM

L'Institut lumière matière (ILM) est un pôle pluridisciplinaire qui réunit des compétences dans les domaines de la physique et de la chimie, de la molécule aux matériaux, de l'optique aux nanosciences. Sa stratégie est d'aller au cœur de la matière pour mieux comprendre ses propriétés macroscopiques. L'interaction lumière matière comme science fondamentale et comme outil de diagnostic et d'analyse est l'un des points forts de l'ILM.

9h-9h15 : présentation par [Marie-France Joubert](#), directrice de l'ILM

9h15-9h50 : Impulsions de lumière ultracourtes et systèmes moléculaires complexes - [Franck Lépine](#) et [Vincent Loriot](#)

C'est au cœur de la matière que les chercheurs vont puiser l'information pour mieux comprendre ses propriétés, par des approches multi-échelles à la fois dans l'espace et dans le temps. Cette équipe s'intéresse à la dynamique induite par des impulsions lumineuses ultracourtes dans des systèmes moléculaires complexes. Les échelles de temps observées s'étendent de l'attoseconde (10^{-18} seconde) jusqu'à la microseconde.

9h50-10h30 : Étude de nano-objets individuels - [Paolo Maioli](#) et [Aurélien Crut](#)

Les travaux de cette équipe portent sur l'étude des propriétés des milieux nanométriques métalliques, en utilisant des techniques optiques résolues en temps à l'échelle femtoseconde (10^{-15} seconde). Un système expérimental très original pour l'étude des propriétés d'un nano-objet individuel a été récemment mis au point. Il permet la détection, la caractérisation optique et l'étude des propriétés d'un objet de quelques nanomètres.

10h30-11h15 : Luminescence - [Christophe Dujardin](#), [David Amans](#) et [Julien Houel](#)

L'étude des processus photoniques responsables de la luminescence de matériaux à toutes les échelles (cristaux, céramiques, fibres vitreuses et cristallines, nanostructures) est un thème de recherche extrêmement actif aussi bien du point de vue fondamental que technologique. Les travaux de cette équipe concernent les mécanismes d'interaction photon-matière pour ces matériaux.

- Ablation laser en liquide : utiliser la lumière pour sculpter la matière
- Démonstration en nano-optique : analyse fine de la luminescence de particules uniques sous microscope pour comprendre le rôle des charges et de l'environnement sur les propriétés optiques des boîtes quantiques.

11h15-11h30 : Pause-café et temps d'échange avec l'ensemble des chercheurs



11h30-12h : Présentation « MUSE : l'exploration de l'Univers lointain » - [Roland Bacon du Centre de recherche astrophysique de Lyon](#)

Instrument unique en son genre, MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) a été installé sur le Très Grand Télescope au Chili. Ce spectrographe 3D à grand champ de vue permet grâce à ses performances exceptionnelles d'explorer l'Univers lointain. Après avoir observé des galaxies lointaines et des étoiles brillantes au cours de sa « première lumière » en mars 2014, MUSE a dernièrement permis de réaliser la vue tridimensionnelle de l'Univers profond la plus précise jamais faite à ce jour.

12h-13h : déjeuner-buffet à l'ILM en compagnie de chercheurs

Trajet en tram et métro vers le site de l'ENS Lyon

13h45-16h : Visite du Laboratoire de chimie de l'ENS

Le laboratoire développe des projets de recherche interdisciplinaires à la frontière avec la biologie, les sciences des matériaux et la physique. Les projets scientifiques du laboratoire sont en partie liés à des questions sociétales en environnement, santé, défense et technologies d'information et de communication.

13h45-14h : café en compagnie de [Jean-François Pinton](#), directeur de l'ENS Lyon

14h-14h15 : présentation du Laboratoire de chimie par [Chantal Andraud](#), directrice du laboratoire

14h15-16h : Matériaux fonctionnels - Stéphane Parola

Cette équipe développe des systèmes innovants basés sur des matériaux fonctionnels. Elle conçoit des systèmes moléculaires pour des applications spécifiques et les associe à des matériaux inorganiques solides. Ces recherches utilisent la modélisation moléculaire, la synthèse organique et organométallique, la science des matériaux et la spectroscopie.

- Systèmes moléculaires qui changent de couleur
- Synthèse d'une lentille avec intégration des systèmes moléculaires dans un matériau inorganique et démonstration des propriétés optiques
- Microfabrication laser en 3D
- Systèmes moléculaires luminescents pour l'imagerie cellulaire
- Impression colorée

Trajet en métro vers la gare

17h04 : départ de la gare de Lyon Part Dieu

19h02 : Arrivée à Paris Gare de Lyon



L'Institut des nanotechnologies de Lyon

Présentation de l'INL

L'Institut des nanotechnologies de Lyon (CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1/INSA de Lyon/Ecole centrale de Lyon/CPE Lyon) a été créé en 2007. Il a pour vocation de développer des recherches technologiques multidisciplinaires dans le domaine des micro- et nanotechnologies et de leurs applications. L'INL est multi-sites avec des localisations sur les campus d'Ecully et de Lyon-Tech La Doua. Il compte environ 245 personnes dont 130 personnels permanents.

Les recherches sont articulées autour de quatre grands axes thématiques :

- **Matériaux fonctionnels** : dans le domaine des composants pour l'électronique, la photonique ou la récupération d'énergie, les nouvelles avancées passent souvent par le développement de nouveaux matériaux ou procédés. Dans ce contexte, l'INL cherche à maîtriser les filières de matériaux semi-conducteurs standards (silicium, III-V) et à développer des procédés ou matériaux originaux (oxydes fonctionnels épitaxiés).
- **Électronique** : l'objectif est de développer des composants nanoélectroniques, des capteurs et des systèmes intégrés, novateurs et plus efficaces au niveau énergétique, pour répondre aux besoins sociétaux, notamment liés à la santé et à la société numérique.
- **Biotechnologie et santé** : les micronanotechnologies sont mises en œuvre pour apporter de nouvelles solutions à des problèmes qui se posent dans le monde du vivant et qui touchent les domaines de la santé, de la biologie et de l'environnement : miniaturisation des techniques d'analyse et de synthèse, maîtrise de l'ingénierie moléculaire et développement d'objets non invasifs tels que capteurs, vêtements et habitats intelligents.
- **Photonique et photovoltaïque** (voir ci-dessous)

Les recherches multidisciplinaires développées à l'INL ont des visées applicatives à 10 ou 15 ans en amont des développements industriels. Les domaines d'application couvrent de grands secteurs économiques : l'industrie des semi-conducteurs, les technologies de l'information, les technologies du vivant et de la santé, l'énergie et l'environnement. Les recherches menées s'étendent des matériaux aux systèmes, permettant l'émergence de filières technologiques complètes.

Le laboratoire s'appuie sur la plate-forme technologique lyonnaise NanoLyon. Répartie sur une surface totale de 1200 m², elle constitue un outil au service de projets pour le développement de nanotechnologies, de nanomatériaux, de nanocomposants et de nanocaractérisations. Elle accueille annuellement plus d'une centaine d'utilisateurs de l'INL et de laboratoires extérieurs.



L'INL fait partie du dispositif Carnot dont l'objectif est de favoriser le transfert de technologies et les partenariats entre laboratoires publics et entreprises. Il est membre de l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon qui fédère 12 laboratoires en région Rhône-Alpes et structure l'ingénierie académique lyonnaise. L'INL développe des partenariats privilégiés notamment avec le CEA LETI, avec STMicroelectronics, avec des ETI (Photowatt, Apollon Solar) ou encore des PME-PMI avec lesquelles il s'est associé dans des laboratoires communs (les équipementiers Riber et Annealsys).

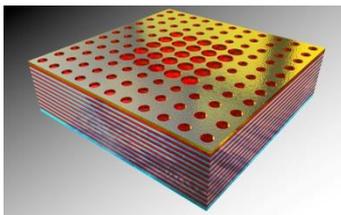
En 2012, l'INL a reçu le trophée de l'innovation INPI au niveau national dans la catégorie « laboratoire de recherche ».

Pour en savoir plus : <http://inl.cnrs.fr/>

Nanophotonique

En nanophotonique, l'objectif est de contrôler la propagation de la lumière et son interaction avec la matière, dans le volume le plus restreint possible (à l'échelle de la longueur d'onde) et pendant des intervalles de temps longs. Au-delà d'une simple réduction des dimensions, qui autorise notamment une intégration compatible avec la microélectronique et une réduction de la consommation des composants actifs, cet asservissement du photon permet de révéler de nouveaux phénomènes physiques. Ceux-ci ouvrent la voie à la réalisation de micro-dispositifs optoélectroniques aux fonctionnalités nouvelles et aux performances accrues. Les applications visées par ces travaux vont des technologies de l'information à la conversion de l'énergie solaire en passant par les capteurs pour la santé et l'environnement.

L'équipe s'intéresse particulièrement aux cristaux photoniques. Parmi les nouvelles structures conçues et étudiées, il y a par exemple les cages à photons, des microrésonateurs optiques 3D dont la membrane est constituée d'un cristal photonique. En optimisant l'interaction entre la lumière et les molécules, ils ouvrent la voie à de nouveaux dispositifs de détection pour la biologie et l'environnement plus rapides, plus fiables et moins coûteux. Des travaux portent aussi sur les structures nanophotoniques hybrides (nano-antenne/cristaux photoniques) qui allient propriétés de confinement spatial et temporel. En permettant d'intégrer différents matériaux et de combiner une large variété de fonctionnalités tout en réduisant le coût de fabrication, ces structures sont très utiles pour les systèmes d'information.



Micro-résonateur optique associant un cristal photonique planaire et une structuration verticale multicouche
© Taha BENYATTOU / INL



Caractérisation électrique haute fréquence d'interconnexions dans un empilement 3D de circuits intégrés
© Fabien MANDORLO / INL

Les structures nanophotoniques offrent un potentiel exceptionnel pour le développement de nouvelles architectures de cellules solaires photovoltaïques en couches minces et de haut rendement. Des cristaux photoniques intégrés dans la couche absorbante, exacerbent sensiblement la collecte et l'absorption de la lumière solaire sur une large gamme d'incidences. Ces mêmes structures renforcent la conversion spectrale de la lumière solaire, envisagée pour les cellules à haut rendement.

Photovoltaïque

L'INL bénéficie d'un contexte unique dans lequel des spécialistes de la nanophotonique et du solaire photovoltaïque sont réunis. L'institut est spécialisé dans la réalisation de cellules photovoltaïques en silicium cristallin et les travaux de l'équipe photovoltaïque ont pour objectif d'obtenir la meilleure combinaison possible entre un rendement de conversion élevé et un coût de fabrication faible. Ils visent également à exploiter les nanotechnologies pour permettre le développement des cellules dites de 3^e génération. Les recherches se développent donc selon trois grands axes :

- le développement de briques technologiques pour l'amélioration des cellules en silicium cristallin et les caractérisations avancées de matériaux et des cellules
- l'émergence des cellules en couches minces de silicium (<50 μm) ou ultra-minces (<10 μm) associant des concepts innovants à base de nanostructures et d'ingénierie photonique
- la recherche de très hauts rendements avec des cellules photovoltaïques multi-jonctions



Différentes étapes de fabrication des cellules photovoltaïques à l'INL et caractérisation électrique sous simulateur solaire.
© CNRS Photothèque / Cyril FRESILLON



www.cnrs.fr

Les chercheurs



Catherine Bru-Chevallier est directrice de recherches au CNRS et directrice de l'INL. Ses travaux portent principalement sur l'étude d'hétérostructures de semiconducteurs III-V et de nanostructures (boîtes quantiques et nanofils) par spectroscopie de photoluminescence et de photoréflectance. Elle a développé des bancs de spectroscopie optique localisée afin d'étudier des composants (transistors) en fonctionnement ainsi que des nanostructures uniques. Elle s'intéresse à l'intégration de semiconducteurs III-V sur silicium pour que certains substrats en silicium utilisés en microélectronique puissent émettre de la lumière.

Contact : catherine.bru-chevallier@insa-lyon.fr



Xavier Letartre est directeur de recherche au CNRS. Il a rejoint l'INL en 1992 et y a poursuivi des recherches sur les composants microélectroniques et optoélectroniques à base de semiconducteurs III-V. Il y anime l'équipe photonique depuis 2006. Ses activités scientifiques concernent aujourd'hui le contrôle de la lumière et de ses interactions avec la matière à l'échelle micro-nano-métrique. Il est fortement impliqué dans plusieurs projets nationaux et européens qui visent des applications dans les domaines des technologies de l'information et des capteurs d'environnement.

Contact : xavier.letartre@ec-lyon.fr



Mustapha Lemiti est professeur à l'INSA de Lyon. Depuis 2003, il est responsable de l'équipe photovoltaïque à l'INL. Ses activités de recherche sont basées sur le développement de nouvelles solutions technologiques pour la fabrication de cellules photovoltaïques en silicium cristallin et des cellules en couche mince de silicium. Il s'est spécialisé dans les techniques de dépôt et la croissance de film mince par épitaxie et maîtrise toute la technologie à base de silicium. Il s'intéresse également à l'étude des concepts innovants basés sur les nanotechnologies pour développer des cellules photovoltaïques de troisième génération.

Contact : mustapha.lemiti@insa-lyon.fr

Photosynthèse, micro-algues et biocarburants

Une partie des recherches du Laboratoire de physiologie cellulaire végétale de Grenoble (CNRS/CEA/Université Joseph Fourier) est consacrée aux microalgues photosynthétiques et à leur capacité à utiliser la lumière pour produire des huiles exploitables pour les biocarburants et des applications biomédicales.

Les microalgues sont des algues microscopiques généralement unicellulaires, qui vivent en eau douce ou salée. Au cours de l'évolution elles ont colonisé tous les biotopes exposés à la lumière. Elles jouent un rôle prépondérant dans le processus d'assimilation du carbone inorganique dans la chaîne trophique, et plus généralement dans les cycles biogéochimiques des lacs et océans. Grâce à leur capacité de production de biomasse par la photosynthèse et de conversion de cette biomasse en molécules à forte valeur ajoutée, elles constituent un domaine de recherche de plus en plus exploité.

Le laboratoire LPCV étudie depuis plusieurs années différents aspects de la biologie des organismes photosynthétiques: l'amélioration de l'utilisation de la lumière pour produire de la biomasse et la capacité du chloroplaste (l'organite où a lieu la photosynthèse) à produire des pigments, vitamines, sucres et lipides. Les chercheurs travaillent en particulier sur les triacylglycérols, des sources naturelles d'acides gras qui peuvent servir comme substitut du pétrole et comme source de biomolécules. Les cellules algales accumulent ces triacylglycérols lorsqu'elles sont exposées à certaines conditions et les chercheurs déploient différentes approches pour optimiser simultanément les rendements en biomasse totale, en production et en qualité d'huile. Pour réaliser cela, le LPCV collabore avec plusieurs sociétés (Fermentalg, Total, DOMMRC) et partenaires académiques en France, en Europe, au Canada et au Japon.



A gauche : Accumulation d'huile sous formes de gouttelettes lipidiques chez les microalgues dans les océans
© Tara oceans

A droite : Croissance de l'algue oléagineuse *Nannochloropsis gaditana* dans différentes conditions de culture
© LPCV



Giovanni Finazzi est directeur de recherche CNRS au Laboratoire de physiologie cellulaire végétale de Grenoble et dirige le GDR photosynthèse. Ses travaux de recherche portent sur la photosynthèse et les mécanismes d'utilisation de la lumière chez les plantes et les algues. Actuellement, il étudie plus particulièrement l'optimisation de la biomasse des microalgues en vue d'applications dans le domaine des biocarburants. Il travaille en partenariat avec plusieurs entreprises de biotechnologie françaises et européennes.

Contact : giovanni.finazzi@cea.fr



L'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon

Présentation de l'Ircelyon

L'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon (CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1) constitue le plus grand laboratoire de catalyse de France et d'Europe. Créé en 2007, il comprend aujourd'hui 98 personnels permanents structurés en cinq équipes de recherche, collabore avec plus de 30 pays et travaille en lien étroit avec un grand nombre de partenaires industriels français et internationaux. Ses missions sont d'approfondir les connaissances fondamentales du phénomène de catalyse et de développer des concepts et des procédés pour une chimie plus sûre et plus verte.

80% des produits manufacturés (textile, médicaments, engrais, combustibles) ont subi au cours de leur synthèse une étape de catalyse. Elle permet de produire à moindre coût énergétique et d'accroître les rendements en limitant la formation de sous-produits. Elle est l'outil majeur des procédés de dépollution, est à la base de la transformation des ressources fossiles et, dans un avenir proche, permettra de développer l'exploitation des agroressources. Les activités d'Ircelyon sont donc au cœur du développement durable et parmi ses axes de travail se trouvent notamment : le stockage et la production d'hydrogène, le traitement des effluents gazeux, liquides et solides issus de l'industrie, des transports et des activités domestiques, la valorisation des bioressources et l'utilisation rationnelle des énergies fossiles.

Pour en savoir plus : <http://www.ircelyon.univ-lyon1.fr/>

Photochimie atmosphérique

Le projet scientifique « échanges photo-induits à l'interface océan-atmosphère »¹ a pour objectif d'étudier les réactions photochimiques à l'interface de l'océan et de l'atmosphère. Mal connues, elles pourraient générer une part importante d'aérosols, des particules à forte incidence sur le climat et la qualité de l'air.

La vaste zone d'interface entre l'atmosphère et les océans est le point de contact entre l'activité biologique océanique et différents composés atmosphériques. Cette zone se caractérise par la présence de nombreux composés organiques. Leur capacité à se transformer sous l'effet du soleil est encore insuffisamment connue. En particulier, ces réactions peuvent être sources de radicaux atmosphériques et de précurseurs d'aérosols organiques. Les composés générés par ces réactions peuvent avoir un fort impact sur la qualité de l'air dans les régions côtières, des zones souvent fortement peuplées et urbanisées. Ils constituent aussi une nouvelle variable à prendre en compte dans les modèles de l'évolution du climat.

Avec ce projet, Ircelyon souhaite conduire des mesures en laboratoire et développer de nouvelles techniques (chambre de simulation atmosphérique multiphase, technique de fluorescence résolue dans le temps) pour mieux comprendre ces processus chimiques particuliers. A terme ces travaux pourraient permettre de prédire la formation et l'évolution des aérosols et souligner l'importance des réactions photosensibles dans cette vaste zone d'interface.

¹ Le projet « Air-Sea Exchanges driven by light » est lauréat ERC Advanced Grant (chercheur confirmé).



www.cnrs.fr



Illumination d'eau de mer synthétique, permettant l'étude de la photochimie à l'interface air/mer.

© Ircelyon



Spectromètre d'absorption optique différentielle (DOAS). Issu de l'université de Boulder (USA), cet instrument est actuellement à l'Ircelyon.

© Ircelyon

Les chercheurs



Michel Lacroix est directeur de recherche CNRS de classe exceptionnelle et il dirige l'Ircelyon depuis sa création en 2007. Il est également membre du conseil scientifique du pôle de compétitivité Axelera et membre du conseil du département de chimie et biochimie de l'université Claude Bernard Lyon 1. Ses travaux de recherche se situent dans les domaines de la catalyse, des procédés et de l'environnement.

Contact : Michel.Lacroix@ircelyon.univ-lyon1.fr



Christian George est directeur de recherche CNRS à l'Ircelyon. Il travaille depuis plus de dix ans dans le domaine de la chimie de l'atmosphère et de la chimie physique. Son principal objectif scientifique est désormais de comprendre les mécanismes des réactions hétérogènes ayant lieu dans les basses couches atmosphériques. Il étudie en particulier les réactions photochimiques impliquant les aérosols issus de la conversion chimiques des polluants organiques et les processus à l'interface air/mer.

Contact : christian.george@ircelyon.univ-lyon1.fr



Sébastien Perrier est ingénieur de recherche CNRS à l'Ircelyon. Il travaille depuis plus de dix ans dans la conception et la mise en œuvre d'instruments et d'outils permettant d'étudier la chimie atmosphérique au laboratoire mais aussi sur le terrain. Depuis un an il a rejoint l'équipe « Caractérisation et remédiation des polluants dans l'air et l'eau » (CARE) et est en charge du développement et du suivi de l'instrumentation.

Contact : sebastien.perrier@ircelyon.univ-lyon1.fr



L'Institut lumière matière

Présentation de l'ILM

L'Institut lumière matière (CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1) est un pôle pluridisciplinaire né en 2013 de la fusion de trois unités de recherche. Il réunit dans une structure unique les compétences de 320 collaborateurs, dans les domaines de la physique et de la chimie, de la molécule aux matériaux, de l'optique aux nanosciences.

La stratégie de l'ILM est d'aller au cœur de la matière pour mieux comprendre ses propriétés et de l'étudier à différentes échelles dans l'espace (du nanomètre au mètre) et dans le temps (de l'attoseconde à la seconde). L'interaction lumière matière comme science fondamentale et comme outil de diagnostic et d'analyse est l'un des points forts de l'institut : la lumière est un outil exceptionnel pour donner un éclairage sur les propriétés de la matière et la matière peut à l'inverse se faire guide pour la lumière. Les propriétés optiques, spectroscopiques et/ou de luminescence sont par ailleurs l'objet de nombreux travaux.

L'ILM a pour autre spécificité la capacité à synthétiser, aussi bien par des méthodes chimiques que physiques, la plupart des objets et des matériaux étudiés. Ils sont élaborés et caractérisés dans treize des équipes de l'institut ce qui fait de l'ILM un acteur important sur le site de Lyon en science des matériaux.

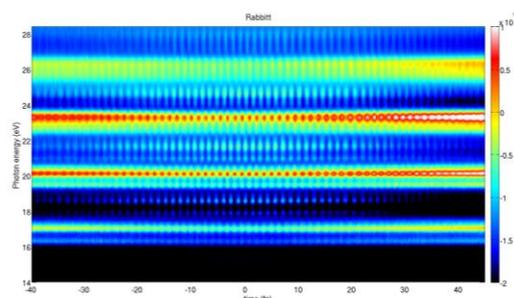
De façon générale, beaucoup des projets menés au sein de l'ILM se situent à l'interface de la biologie, de la santé, des sciences de la terre, de l'environnement et de l'ingénierie.

Pour en savoir plus : <http://ilm.univ-lyon1.fr/>

Impulsions de lumière ultracourtes

La dynamique des électrons au sein des atomes et des molécules est extrêmement rapide : l'échelle de temps intrinsèque des électrons est l'attoseconde (10^{-18} s). Pour observer ces phénomènes ultrarapides, les chercheurs ont besoin de sources capables de produire des rayonnements lumineux extrêmement brefs et énergétiques. De telles impulsions ne peuvent être générées par les technologies usuelles de l'optique laser. L'équipe de l'ILM utilise donc des impulsions laser synthétisées par génération d'harmoniques d'ordre élevé et s'intéresse à la dynamique induite par ces impulsions lumineuses ultracourtes dans des systèmes moléculaires complexes. Les chercheurs ont ainsi accès aux processus physiques attosecondes en temps réel.

Observation des oscillations de la lumière en temps réel au moyen d'impulsions attosecondes
© ILM / Franck Lépine



Ces travaux qui relèvent de la physique quantique et de l'interface avec les nanosciences, la chimie et les biosciences impliquent le développement d'instruments expérimentaux et de modélisation aux frontières des compétences actuelles. Ce groupe est l'un des inventeurs de la spectrométrie à imagerie d'électron, leurs travaux ont d'ailleurs permis de photographier directement la fonction d'onde d'un électron dans un atome². Il est l'un des pionniers dans le domaine émergent de la physique attoseconde moléculaire.

Étude de nano-objets individuels

Les travaux de cette équipe portent sur l'étude des propriétés des milieux nanométriques métalliques, en utilisant des techniques optiques résolues en temps à l'échelle femtoseconde (10^{-15} seconde) et plus particulièrement, ces dernières années, aux propriétés optiques de nanophasères individuelles.

La résolution spatiale des expériences optiques classiques est insuffisante pour séparer les réponses dynamiques individuelles des nanocristaux. Elles permettent uniquement d'obtenir des informations globales dépendantes des distributions de taille, forme et environnement des particules et dont la comparaison avec des modèles théoriques peut s'avérer complexe. L'étude de nano-objets métalliques uniques est donc nécessaire mais constitue cependant une difficulté expérimentale importante.

L'équipe de l'ILM a mis en place un nouveau système expérimental très original de "nanoscopie" optique en champ lointain, pour la détection et la spectroscopie de nano-objets individuels. Basée sur le principe de modulation spatiale, cette nouvelle technique permet la détection de nanoparticules individuelles d'or de seulement 5 nm de diamètre. C'est actuellement la seule technique optique quantitative. En couplant ce système à une source accordable en longueur d'onde, il a été possible de déterminer très précisément les caractéristiques du nano-objet observé (taille, forme, orientation) et de son environnement local. Une « image » des propriétés optiques de la nanoparticule est réalisée, contenant des informations similaires à celle obtenue en microscopie électronique.

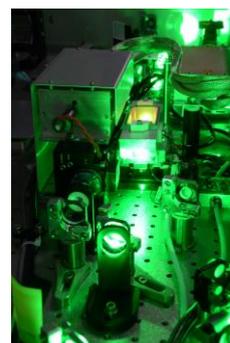
La possibilité de modifier les propriétés de ces nanomatériaux et éventuellement de les contrôler pour répondre à des fonctions spécifiques ouvre des perspectives prometteuses dans de nombreux domaines de la physique, de l'électronique, de la photonique, de la biologie ou de la chimie.



A gauche : Alignement des faisceaux optiques d'une expérience de spectroscopie optique pompe-sonde ultrarapide, sur une nanoparticule individuelle. Cette expérience utilise une technique de spectroscopie par modulation spatiale.

A droite : Chaîne laser femtoseconde

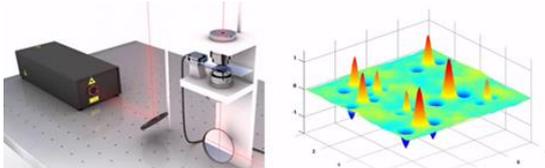
©CNRS Photothèque/ILM/Cusimano Vanessa



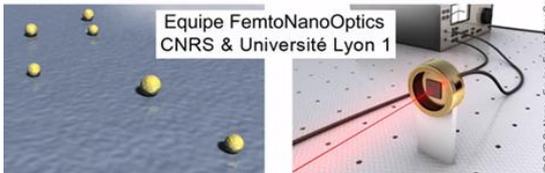
² Pour en savoir plus : « Photographier directement la fonction d'onde d'un électron dans un atome » - <http://www.cnrs.fr/inp/spip.php?article1845>



www.cnrs.fr



La Spectroscopie par Modulation Spatiale
un outil précieux pour observer des nanoparticules individuelles



Equipe FemtoNanoOptics
CNRS & Université Lyon 1

Retrouver le film d'animation sur la technique de spectroscopie par modulation spatiale sur :
https://www.youtube.com/watch?v=Da1mJ-e28_I

Luminescence

Les travaux de l'équipe « Luminescence » concernent les processus d'interaction lumière-matière responsables de la luminescence de matériaux dont les dimensions vont de quelques nanomètres jusqu'aux échelles macroscopiques. Cela concerne les cristaux, les céramiques, les verres, les fibres vitreuses et cristallines ainsi que les nanostructures. Cette recherche est à vocation fondamentale et technologique puisque les matériaux étudiés, les techniques d'analyses mises en œuvres pour les analyser et les fabriquer, sont en lien étroit avec de grands secteurs sociétaux.

La lumière émise par un objet contient de l'information sur cet objet. Cela peut être une information sur sa structure, mais également sur sa température, la pression, des déplacements de charges, son environnement. Dans ce cadre, nous développons à la fois des expériences pour analyser la lumière émise, mais également pour comprendre les processus d'émission. Deux aspects liés aux propriétés optiques des nanoparticules sont détaillés ci-dessous.



Lumière verte provenant d'un cristal de YAG:Ce excité par des électrons.
© ILM

L'ablation laser en liquide

Parmi les processus de fabrication des nanoparticules luminescentes, l'équipe utilise notamment l'ablation laser en liquide. Le principe consiste à vaporiser à l'aide d'un puissant laser de la matière issue d'une cible plongée en milieu liquide. Cette « vapeur » que l'on appelle plasma se refroidit en formant des nanoparticules stables dans le liquide. Les particules sont produites dans un environnement biocompatible, ce qui ouvre de larges perspectives dans le domaine de la pharmacologie. Le processus qui mène à la formation des nanoparticules est ardu à décrire et certaines questions scientifiques restent



www.cnrs.fr

ouvertes. L'équipe a ainsi mis en place un prototype de production haute cadence de nanoparticules et a également développé de puissants outils de diagnostic dont le but est de comprendre et de modéliser ces processus afin d'en maîtriser les paramètres.

Boîtes quantiques colloïdales

Une boîte quantique colloïdale est un nanocrystal de matériau semi-conducteur de taille typique comprise entre 1.5 et 15 nanomètres. Composée d'une centaine (1.5 nm) à plusieurs centaines de milliers (15 nm) d'atomes arrangés selon un ordre cristallin, elle se comporte comme un puits de très petite taille qui confine les électrons dans l'espace. Une boîte quantique excitée avec de la lumière émet une fluorescence dont la couleur dépend de la taille de la boîte. L'observation de l'émission de ces boîtes quantiques a révélé une propriété remarquable : le clignotement de leur fluorescence. Celle-ci s'éteint par intermittence, alternant ainsi entre des états brillants et des états dits « noirs », dont les durées sont aléatoires. Près de 20 ans après son observation, ce phénomène, qui affecte aussi de nombreux fluorophores organiques, est encore mal compris et pose problème pour les différentes applications de ces nano-objets (LEDs, lasers à bas seuil, traceurs biologiques, nano-capteurs ou encore sources de photons uniques). L'équipe cherche donc à comprendre et à contrôler les mécanismes responsables de cette intermittence, avec à terme l'objectif de rendre l'émission continue pour une grande variété de nanocristaux semi-conducteurs. Ce clignotement ainsi que l'ensemble des propriétés optiques de ces nanostructures, sont très dépendants du milieu dans lequel elles sont plongées. L'équipe utilise cette particularité pour montrer que les boîtes quantiques colloïdales peuvent être utilisées comme nano-sondes de cet environnement local. Elle développe et construit ses propres microscopes destinés à de nombreuses expériences de nano-optique afin d'étudier ces phénomènes à l'échelle de la nanoparticule unique.

Les chercheurs



Marie-France Joubert directrice de recherche au CNRS, dirige l'ILM depuis sa création. Depuis son intégration au CNRS en 1982, ses travaux de recherche ont été essentiellement consacrés à l'étude des propriétés optiques de matériaux contenant des ions de terre rare. Les dispositifs luminescents ou les sources de lumière cohérente à base de cristaux diélectriques dopés par des ions de terre rare sont nombreux et ses activités de recherche scientifiques ont souvent été guidées par le besoin d'approfondir les connaissances relatives aux processus d'émission de lumière et par le besoin de nouveaux systèmes dans différents domaines d'applications. Elle consacre aujourd'hui une grande partie de son temps à l'animation et au management de la recherche.

Contact : marie-france.joubert@univ-lyon1.fr



www.cnrs.fr

Franck Lépine est chercheur CNRS et dirige l'équipe « Dynamique des états excités » de l'ILM qui s'intéresse aux aspects multiéchelles de la dynamique dans les édifices moléculaires complexes. Après avoir travaillé sur la physique statistique des systèmes de taille finie, il s'est intéressé aux approches permettant d'observer la dynamique des charges dans la matière au niveau quantique. Ceci repose notamment sur les nouvelles sources de lumières telles que les sources d'harmoniques d'ordre élevé qui permettent d'atteindre le régime attoseconde. Il mène ses travaux de recherche à l'ILM et dans plusieurs laboratoires européens (Italie, Suède, Allemagne).

Contact : franck.lepine@univ-lyon1.fr



Vincent Lorient est maître de conférences à l'université Claude Bernard Lyon 1 et fait partie de l'équipe « Dynamique des états excités » de l'ILM qui s'intéresse aux aspects multiéchelles de la dynamique dans les édifices moléculaires complexes.

Contact : vincent.lorient@univ-lyon1.fr



Paolo Maioli est chargé de recherche CNRS. Ses premiers travaux de recherche portaient sur l'électrodynamique quantique en cavité micro-ondes et les gaz quantiques dégénérés. Il a rejoint l'équipe FemtoNanoOptics de l'ILM en 2007 où ses activités de recherche couvrent la spectroscopie linéaire et ultrarapide de nanoparticules métalliques et hybrides, à travers des expériences sur des ensembles et sur des nano-objets individuels.

Contact : paolo.maioli@univ-lyon1.fr



Aurélien Crut est maître de conférences à l'université Claude Bernard Lyon 1. Après avoir travaillé à des expériences de biophysique sur des biomolécules individuelles basées sur une combinaison de techniques de microscopie optique et de nanomanipulation, il a rejoint l'équipe FemtoNanoOptics de l'ILM en 2007. Il se consacre principalement à la modélisation des expériences sur les nano-objets métalliques et hybrides menées au sein de ce groupe, en développant notamment des simulations numériques pour décrire leurs propriétés optiques et acoustiques.

Contact : aurelien.crut@univ-lyon1.fr



www.cnrs.fr



Christophe Dujardin est professeur des universités à l'université Claude Bernard Lyon 1. Après un doctorat sur les processus de photoionisation, il intègre l'ILM en tant que maître de conférences en 1993. Après un séjour au Lawrence Berkeley Laboratory (USA), il développe une recherche sur les matériaux scintillateurs. Il est nommé professeur en 2004 et il dirige actuellement l'équipe « Luminescence ». Son activité de recherche concerne l'interaction lumière-matière avec un focus particulier sur les interactions avec les rayonnements hautes énergies et la nano-luminescence.

Contact : christophe.dujardin@univ-lyon1.fr



David Amans est maître de conférences à l'université Claude Bernard Lyon 1. Docteur-ingénieur de l'école centrale de Lyon, il a été recruté à l'ILM en 2005 après être passé par l'Allemagne et la Belgique. Spécialiste de la nanophotonique, il se consacre principalement au développement d'une expérience de synthèse de nanoparticules basée sur l'ablation laser en milieu liquide. Il est membre du CA de l'université Lyon 1 pour laquelle il est également chargé de mission Prospectives et orientations stratégiques.

Contact : david.amans@univ-lyon1.fr



Julien Houel est maître de conférences à l'université Claude Bernard Lyon 1 depuis septembre 2012. Après une thèse de doctorat sur les boîtes quantiques, il se spécialise en nano-optique/nano-photonique durant des séjours postdoctoraux en Ecosse (Université Heriot-Watt) et en Suisse (Université de Bâle). Il mène au sein de l'équipe « Luminescence » une recherche axée sur les propriétés de la luminescence de boîtes quantiques uniques en fonction de leur environnement local.

Contact : julien.houel@univ-lyon1.fr



MUSE : l'exploration de l'Univers lointain

Instrument unique en son genre, MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) est le fruit d'un consortium piloté par le Centre de recherche en astrophysique de Lyon (CNRS/Université Claude Bernard-Lyon 1/ENS-Lyon). Ce spectrographe 3D à grand champ de vue a été installé sur le Très Grand Télescope au Chili et permet grâce à ses performances exceptionnelles d'explorer l'Univers lointain. Après avoir observé des galaxies lointaines et des étoiles brillantes au cours de sa « première lumière » en mars 2014³, MUSE a dernièrement permis de réaliser la vue tridimensionnelle de l'Univers profond la plus précise jamais faite à ce jour.

Le champ pointé avait déjà été observé par le télescope spatial Hubble, mais grâce à sa sensibilité et sa capacité à former des spectres de tous les points du champ, MUSE y ajoute une quantité spectaculaire d'informations telles que les distances, la composition chimique et les mouvements des galaxies lointaines, et ce depuis le sol. Mieux encore, MUSE a pu détecter de nouveaux objets restés invisibles pour Hubble. Ces premiers résultats d'importance livrés par cet instrument ont été publiés en février dernier dans la revue *Astronomy and Astrophysics*.



L'image de fond montre l'image NASA/ESA prise par le télescope Hubble de la région connue sous le nom de Hubble deep field south (Champ profond de Hubble sud). Les nouvelles observations faites avec l'instrument MUSE ont permis de détecter sans aucune ambiguïté des galaxies éloignées totalement invisibles avec Hubble. Deux d'entre elles sont ici mises en avant.

© ESO/MUSE Consortium/R. Bacon



Roland Bacon est directeur de recherche CNRS et a été pendant 10 ans le directeur du Centre de recherche astrophysique de Lyon (CRAL). Ses recherches portent sur l'astronomie extragalactique et il est un instrumentaliste renommé internationalement. Depuis 2001 il a conçu et piloté le très grand projet MUSE. Il est titulaire depuis 2014 d'une prestigieuse bourse « Advanced Grant » de l'*European Research Council*.

Contact : rmb@obs.univ-lyon1.fr

³ Communiqué de presse du 5 mars 2014 - « VLT : le puissant spectrographe MUSE reçoit sa toute première lumière et ouvre ses yeux sur l'Univers ? » - <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/3459.htm>



www.cnrs.fr

Le Laboratoire de chimie de l'ENS Lyon

Présentation du Laboratoire de chimie

Créé en 2003, le Laboratoire de chimie (CNRS/ENS Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1) comprend une quarantaine de personnels permanents structurés en trois axes thématiques. Il développe des projets de recherche interdisciplinaires à la frontière avec la biologie, les sciences des matériaux et la physique.

Ces projets sont en partie liés à des questions sociétales en environnement, santé, défense et technologies d'information et de communication et se divisent en quatre grands thèmes :

- systèmes pour le vivant (imagerie, diagnostic et thérapie) ;
- systèmes avec des propriétés spécifiques, pour des applications liées par exemple à l'optique, à la détection de molécules gazeuses ou au développement des textiles fonctionnels ;
- modélisation numérique (modélisation de voies de réaction, de systèmes optiques et de systèmes enzymatiques ou biomoléculaires) ;
- nouvelles méthodes de calcul.

L'activité du laboratoire va de la conception des matériaux à leur intégration dans des systèmes innovants exploitant leurs propriétés, en passant par leur modélisation, leur synthèse et leur caractérisation.

Pour en savoir plus : <http://www.ens-lyon.fr/CHIMIE>

Matériaux fonctionnels

Cette équipe développe des matériaux fonctionnels innovants. Leurs recherches portent plus particulièrement sur les interactions lumière/matière et sur les interactions chimiques des matériaux conçus avec les molécules environnantes.

Les dispositifs mis au point ont de nombreuses applications : des systèmes moléculaires luminescents qui interagissent avec les cellules vivantes sont par exemple utilisés pour l'imagerie médicale. D'autres systèmes moléculaires ayant des propriétés en matière de limitation optique peuvent être associés à des matériaux inorganiques solides pour fabriquer des filtres très réactifs, utilisés notamment pour la protection contre les dégâts dus aux lasers.

Ces travaux utilisent la modélisation moléculaire, la synthèse organique et organométallique, la science des matériaux et la spectroscopie.



www.cnrs.fr

Les chercheurs



Chantal Andraud est directrice de recherche CNRS et dirige le Laboratoire de chimie de l'ENS Lyon depuis 2011. Elle travaille dans le domaine de l'ingénierie moléculaire et est en charge du groupe « Molécules pour l'optique » au sein du laboratoire. Ses recherches portent sur la conception de molécules présentant des propriétés optiques particulières et ont notamment des applications en imagerie, en télécommunication, dans le domaine de la défense ainsi que pour la photopolymérisation et la thérapie photodynamique.

Contact : chantal.andraud@ens-lyon.fr



Stéphane Parola est professeur de l'université Claude Bernard Lyon 1 et à l'Ecole normale supérieure de Lyon où il effectue sa recherche. Il anime l'axe « Matériaux fonctionnels et photonique » du Laboratoire de chimie de l'ENS au sein duquel il développe l'élaboration de matériaux et nanomatériaux hybrides structurés pour des applications dans les domaines de l'optique. Les applications des systèmes étudiés actuellement se trouvent dans les domaines de la protection optique, de l'imagerie biomédicale multimodale et de la photocatalyse.

Contact : stephane.parola@univ-lyon1.fr



Le CNRS, acteur majeur de l'Année de la lumière en France

Le CNRS est partenaire du comité national d'organisation mis en place pour l'animation de "2015, Année de la Lumière en France" et organisera plusieurs événements tout au long de l'année.

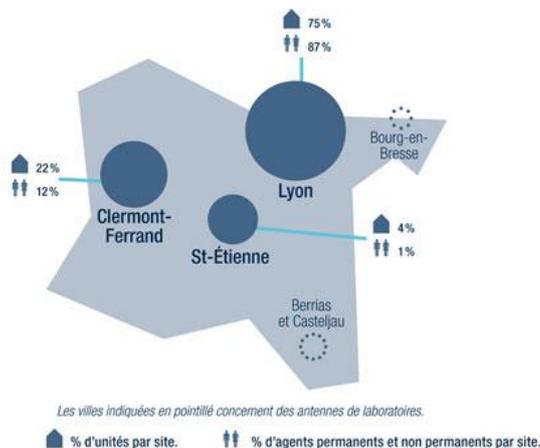
Le CNRS se mobilise notamment pour "La nuit de la lumière" organisée par le Musée des arts et métiers à l'occasion de la Nuit européenne des musées, le 16 mai 2015. Les collections du musée seront mises en lumière par des visites flash, des expériences en direct avec des scientifiques éclairés et des animations lumineuses pour tous.

Le CNRS soutient également le Prix de l'image scientifique du DIM Nano-K (domaine d'intérêt majeur des nanosciences aux atomes froids de la Région Île-de-France) qui sera remis dans le cadre des animations « Un chercheur, une manip – spécial lumière » le 16 avril au Palais de la Découverte. La 16^e édition du salon Culture et jeux mathématiques qui se déroulera à Paris du 28 au 31 mai sera par ailleurs consacrée au thème « mathématique et lumière » avec le parrainage de Jean Pierre Luminet, directeur de recherche CNRS.

Pour retrouver le programme au complet : <http://www.cnrs.fr/fr/une/actus/2015/2015-annee-lumiere.html>

La délégation Rhône Auvergne du CNRS

La délégation Rhône Auvergne est l'une des grandes régions d'implantation du CNRS. Elle s'étend sur huit départements, comprend 115 structures de recherche et de service et compte plus de 2500 agents. Le CNRS entretenant des partenariats étroits avec les différents acteurs de la région, plus de 97% des laboratoires sont en cotutelle et toutes les disciplines scientifiques y sont représentées.



Pour en savoir plus : <http://www.dr7.cnrs.fr/>



www.cnrs.fr

LE CNRS ET LA LUMIERE

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES



© CNRS Photothèque

Contact presse CNRS

Lucie Debroux – T 01 44 96 43 09 - lucie.debroux@cnrs-dir.fr



Les recherches autour de la lumière c'est aussi...

On nous attaque : le système de défense des plantes vu de l'intérieur

Quand les plantes sont attaquées, une alarme interne se met en marche en seulement quelques minutes et les systèmes de défense de la plante entrent en action. Pour la première fois, des chercheurs du laboratoire Reproduction et développement des plantes montrent, en temps réel, ce qui arrive quand les plantes repoussent les insectes, réagissent à des dégâts ou même à des infections par des pathogènes. Ces travaux, publiés dans la revue *Nature Communications*, ouvrent la voie à la compréhension des réponses globales d'une plante au stress ou à des dégâts, un enjeu majeur pour l'agriculture du futur.

Les travaux du groupe de Teva Vernoux et de ses collègues des équipes de Malcolm Bennett de l'Université de Nottingham et de Laurent Laplace de l'IRD à Montpellier, se sont concentrés sur un signal particulier, une hormone de la plante, l'acide jasmonique. Cette phytohormone fait partie du système d'alarme et de défense de la plante. L'acide jasmonique est libéré pendant l'attaque d'un insecte et contrôle la réponse à un endommagement mécanique. Des pathogènes peuvent aussi déclencher la production d'acide jasmonique. Il s'agit donc d'une molécule de défense générale.

Les chercheurs ont étudié ce mécanisme de défense en créant une protéine fluorescente spéciale - Jas9-Venus - qui est rapidement dégradée lorsque de l'acide jasmonique est produit. Ceci leur a permis de visualiser dans les plantes vivantes les niveaux de cette phytohormone. Lorsque sa présence augmente, le signal fluorescent est perdu.

En utilisant une lame de scalpel pour endommager une feuille, les chercheurs ont imité une attaque d'insecte. Grâce à la protéine fluorescente, ils ont pu voir comment les dégâts ont abouti rapidement à la propagation d'un signal dans la plante à une vitesse de plus d'un centimètre par minute, jusqu'aux pointes des racines. Une fois l'impulsion arrivée aux racines, de l'acide jasmonique est produit localement, amplifiant le signal de blessure et préparant les parties saines de la plante à une éventuelle attaque. L'acide jasmonique déclenche en effet la production de composés de défense tels que des inhibiteurs de protéase. Leur rôle est d'arrêter l'insecte de manger la plante en rendant ses protéines indigestes.

Le biosenseur Jas9-Venus permet ainsi de voir exactement où l'acide jasmonique est présent dans la plante et cela d'une façon quantifiable. Comme illustré par la réponse d'une feuille à la blessure, il peut être utilisé pour comprendre comment la plante coordonne une réponse de défense en suivant en temps réel la modification des niveaux d'acide jasmonique. Ceci ouvre la possibilité de comprendre la réponse d'une plante entière au stress ou à des dégâts, un enjeu majeur pour l'agriculture du futur.

Cette recherche a été en partie financée par l'Agence Nationale de la Recherche (France), par le Conseil de Recherche en biotechnologie et sciences biologiques (BBSRC, Royaume-Uni), la Fondation Agropolis (Montpellier) et la Région Languedoc-Roussillon.

En savoir plus : A fluorescent hormone biosensor reveals the dynamics of jasmonate signalling in plants ; Larrieu A, Champion A, Legrand J, Lavenus J, Mast D, Brunoud G, Oh J, Guyomarc'h S, Pizot M, Farmer EE, Turnbull C, Vernoux T, Bennett MJ, Laplace L ; *Nature Communications* ; 16 janvier 2015.

Contact : Teva Vernoux - teva.vernoux@ens-lyon.fr - 04 72 72 86 04

Laboratoire de reproduction et développement des plantes (CNRS/INRA/ENS Lyon/Université Lyon 1)



Apparition de la vie sur Terre : des sucres produits à partir de glaces interstellaires simulées en laboratoire

Dans la lignée des résultats obtenus en 2011 et 2014 sur les acides aminés, briques élémentaires des protéines, une collaboration interdisciplinaire impliquant une équipe de l'IAS (CNRS/UPS) et de l'ICN (CNR/Université de Nice) a mis cette fois en évidence la formation de molécules organiques de la famille des sucres à partir de glaces analogues à celles présentes dans les nuages denses du milieu interstellaire à partir desquels se forment étoiles et planètes. Pour cela, ils ont soumis ces glaces à une irradiation ultraviolette et à des conditions physiques représentatives de celles du milieu interstellaire. Ces résultats décrivent des processus possiblement universels et sont importants dans la quête des origines puisque les sucres sont des précurseurs des ribonucléotides, eux même précurseurs de l'ARN.

Dans les nuages moléculaires denses dont les étoiles et les planètes sont issues, les glaces interstellaires sont les espèces moléculaires les plus abondantes à l'état solide. Sujettes à différents processus énergétiques et thermiques, tels que l'irradiation par des rayonnements ultraviolets, ces glaces subissent des transformations qui conduisent in fine à la formation de nouvelles molécules plus complexes. Grâce à un dispositif expérimental en laboratoire, les chercheurs ont reproduit les processus par lesquels ces glaces évoluent. Ils ont ensuite cherché, parmi les résidus organiques obtenus à la fin de l'expérience, des molécules d'intérêt exobiologique

Dix composés organiques différents appartenant à la classe des aldéhydes ont été identifiés, parmi lesquels le glycolaldéhyde et le glycéraldéhyde, deux espèces apparentées aux sucres que l'on pense pouvoir être, dans un environnement planétaire cette fois, des précurseurs dans la synthèse des ribonucléotides, eux-mêmes précurseurs pour la formation d'ARN. Ces composés, incorporés dans les planétésimaux (comètes et astéroïdes) d'où la matière organique du système solaire est originaire, peuvent ainsi être considérés comme une source potentielle pour la chimie prébiotique sur les planètes telluriques, en particulier sur la Terre primitive, suivant un mécanisme qui pourrait être universel.

Ces recherches complètent celles effectuées antérieurement par cette même équipe qui avaient conduit à l'observation, à partir des mêmes glaces et dans les mêmes conditions expérimentales, d'une production d'acides aminés, qui sont d'autres briques élémentaires de la vie. Elles montrent ainsi qu'un processus important, la chimie des glaces extraterrestres, a pu conduire à la formation d'un ensemble diversifié de molécules organiques essentielles à la vie telle qu'on la trouve sur Terre. Ces expériences se situent dans le cadre d'un scénario astrophysique cohérent qui, à partir de l'astrochimie permet de mieux cerner l'importance potentiel de l'apport de matière organique exogène pour les conditions d'apparition de la vie sur une planète, possédant un environnement favorable. Ces recherches soulignent par ailleurs l'importance de la mission Rosetta et les mesures qu'elle pourrait effectuer sur les prélèvements in situ de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. Elles montrent finalement l'efficacité de l'interdisciplinarité dans l'approche de thématiques complexes aussi importantes que celle des origines.

En savoir plus : Aldehydes and sugars from evolved precometary ice analogues: Importance of ices in astrochemical and prebiotic evolution ; P. de Marcellus, C. Meinert, I. Myrgorodska, L. Nahon, T. Buhse, L. Le Sergeant d'Hendecourt, and U.J. Meierhenrich, *PNAS*, 12 Janvier 2015.

Contact : Louis le Sergeant d'Hendecourt - ldh@ias.u-psud.fr - 01 69 85 86 40



www.cnrs.fr

Un catalyseur au fer et de la lumière pour réduire le dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO₂), puissant gaz à effet de serre dont l'accumulation dans l'atmosphère atteint des concentrations critiques pour le climat, est une molécule particulièrement stable. Ce déchet issu de l'utilisation des énergies fossiles peut cependant constituer une source de carbone afin de produire des composés d'intérêt pour l'industrie comme le monoxyde de carbone (CO), voire des carburants comme le méthanol. Cependant, cette transformation nécessite un catalyseur et une source d'énergie. Une équipe du Laboratoire d'électrochimie moléculaire (CNRS/Université Paris Diderot) a pris le parti d'utiliser un catalyseur à base de métal non noble (du fer) et une source d'énergie inépuisable (lumière solaire visible) pour réaliser la réduction photochimique du CO₂ en CO. Par l'adjonction d'un composé organique très peu coûteux, les chercheurs ont montré que la réduction catalytique était sélective en CO et durait plusieurs dizaines d'heures sans dégradation du système catalytique. Ces travaux sont publiés dans le *Journal of the American Chemical Society*.

Les porphyrines de fer sont des composés étudiés depuis longtemps pour la catalyse de la réduction électrochimique du dioxyde de carbone. Une version fonctionnalisée de la tétraphénylporphyrine de fer à l'aide de groupements -OH a été élaborée et a montré une efficacité remarquable pour la réduction électrochimique du CO₂ en CO. Les porphyrines possédant également des propriétés optiques, l'équipe parisienne s'est intéressée à la catalyse de la réduction photochimique du CO₂. Les chercheurs ont ainsi élucidé le mécanisme de cette réduction lorsque la porphyrine de fer joue à la fois le rôle de récepteur de lumière et de catalyseur, ce qui a leur permis d'identifier des limites intrinsèques au système. En effet, des photons dans l'ultra-violet étant nécessaires pour mener le processus, ceux-ci conduisent à la détérioration graduelle de la porphyrine. Parallèlement, une proportion non négligeable de dihydrogène (H₂) est également produite, via un mécanisme en compétition avec la voie de réduction du CO₂ en CO.

Les chercheurs ont très récemment eu l'idée d'ajouter au système un composé purement organique peu coûteux, le 9-cyanoanthracène, qui joue le rôle de photosensibilisateur en absorbant la lumière visible. La porphyrine se limite alors au rôle de catalyseur et sa stabilité comme sa sélectivité s'en trouvent fortement accrues, comme le montre l'évolution linéaire avec le temps de la production de CO sur près de 50 heures, aucun produit secondaire n'étant formé, notamment pas le dihydrogène.

Le système fonctionne donc à partir de composés non-nobles et peu coûteux, avec comme source d'énergie la lumière visible pouvant être fournie par le soleil. Ces travaux ouvrent ainsi de nouvelles perspectives quant à l'utilisation de l'énergie solaire pour valoriser le dioxyde de carbone.

En savoir plus : Selective and Efficient Photocatalytic CO₂ Reduction to CO Using Visible Light and an Iron-Based Homogeneous Catalyst ; Julien Bonin, Marc Robert et Mathilde Routier ; *Journal of the American Chemical Society*, 14 Novembre 2014.

Contact : Julien Bonin - julien.bonin@univ-paris-diderot.fr - 01 57 27 87 93

Marc Robert - robert@univ-paris-diderot.fr - 01 57 27 87 90

Laboratoire d'électrochimie moléculaire (CNRS/Université Paris Diderot)



Les neurones sous les projecteurs : un fibroscope pour contrôler leur activité chez la souris éveillée et mobile

En permettant de manipuler l'activité des neurones avec un faisceau lumineux, l'optogénétique ouvre la voie à l'établissement de liens causaux entre l'activité cérébrale et les comportements animaux. Les chercheurs de l'équipe de Valentina Emiliani au Laboratoire de neurophotonique ont récemment mis au point un fibroscope permettant, chez la souris éveillée et libre de ses mouvements, de manipuler l'activité de chaque neurone d'une région cérébrale en les ciblant sélectivement à l'aide de faisceaux lumineux sculptés à l'échelle micrométrique. Ces résultats, publiés dans la revue *Neuron*, permettent d'envisager l'étude approfondie de microcircuits neuronaux au cours de comportements animaux.

L'établissement de liens causaux entre l'activité de neurones au sein du cerveau et les comportements animaux est un but majeur des neurosciences. En permettant de « photoactiver » les neurones, c'est à dire de manipuler leur activité en les éclairant avec un faisceau lumineux, l'optogénétique ouvre une voie prometteuse vers cet objectif. Cependant, jusqu'à présent, les expériences de photoactivation dans le système nerveux de rongeurs libres de leurs mouvements ont consisté à illuminer uniformément une large région du cerveau au moyen d'une fibre optique unique, et n'ont donc pas permis de manipuler de manière indépendante l'activité de différents neurones.

Dans ce travail, un groupe interdisciplinaire de chercheurs comprenant des physiciens, Valentina Emiliani et Cathie Ventalon, un doctorant, Vivien Szabo, un neurobiologiste, Jonathan Bradley du Laboratoire de Physiologie Cérébrale UMR8118, et un ingénieur roboticien, Vincent de Sars, a conçu un fibroscope qui permet de cibler précisément un ou plusieurs neurones du cerveau d'une souris. Ce fibroscope est composé de deux parties : un microscope qui permet, en utilisant le principe de l'holographie, de sculpter à une échelle micrométrique des motifs de lumière adaptés à la forme et à la position des cellules à activer ; et un guide d'image, ou faisceau de fibres optiques très compact, qui permet de transmettre ces motifs lumineux vers le cerveau de la souris. A l'une des extrémités du guide d'image est attaché un micro-objectif, lui-même fixé à la tête de la souris. Le fibroscope contient aussi un système d'imagerie sophistiqué qui permet de repérer la position des cellules et de mesurer leur activité. Grâce à ce nouvel outil, il a été possible de photoactiver sélectivement, et avec une résolution proche de la taille d'une cellule, des neurones au sein du cerveau d'une souris éveillée et libre de ses mouvements.

Étape importante de développement technologique, ce travail apporte un outil nouveau permettant d'étudier les implications causales de l'activité de réseaux locaux de neurones dans les comportements animaux.

En savoir plus : Spatially Selective Holographic Photoactivation and Functional Fluorescence Imaging in Freely Behaving Mice with a Fiberscope ; Szabo V, Ventalon C, De Sars V, Bradley J, Emiliani V ; *Neuron*. 25 Novembre 2014.

Contact : Valentina Emiliani - valentina.emiliani@univ-paris5.fr - 01 42 86 42 53
Laboratoire de Neurophotonique (CNRS/Université Paris Descartes)



Rendre un verre de lait transparent !

Les milieux opaques réfléchissent fortement la lumière si bien qu'on ne peut généralement pas voir à travers. Toutefois ils peuvent apparaître transparents s'ils sont traversés par une combinaison spécifique d'ondes incidentes. Des chercheurs de l'Institut Langevin (CNRS/ESPCI ParisTech) sont parvenus à obtenir à la demande une transmission ou une réflexion totale des ondes acoustiques traversant un milieu désordonné bidimensionnel. Ils démontrent ainsi comment rendre n'importe quel milieu opaque parfaitement transparent ou réfléchissant. Ces travaux sont publiés dans *Physical Review Letters*.

Le lait, le papier, ou la neige sont des milieux désordonnés optiquement opaques. Ils sont composés d'un dédale de particules disposées de manière aléatoire. La lumière est fortement diffusée par ces particules si bien que seule une fraction infime de celle-ci arrive à les traverser. Ainsi, une onde plane unique ne peut se faufiler au sein de tels milieux. Toutefois, il y a trente ans, des théoriciens ont démontré qu'une combinaison de plusieurs ondes planes provenant de différentes directions pouvait interférer de manière constructive et arriver à traverser un milieu opaque comme s'il était parfaitement transparent. Ce résultat a considérablement intéressé la communauté scientifique, mais, bien que beaucoup de travaux passés mentionnent l'existence de ces canaux « ouverts » dans les milieux diffusants, ils n'ont jamais été mesurés. Pour accéder à ces canaux, il faut en effet pouvoir contrôler parfaitement les ondes entrant et sortant du milieu, c'est à dire avoir la capacité d'illuminer et d'observer le milieu dans toutes les directions possibles, et ce avec suffisamment de précision. Ceci se révèle être particulièrement difficile en pratique. Ce concept est donc longtemps resté une curiosité pour les théoriciens et un doux rêve pour les expérimentateurs.

Les chercheurs de l'Institut Langevin (CNRS/ESPCI ParisTech) ont étudié la propagation d'ondes acoustiques (des ultrasons) à travers un guide d'onde désordonné : une plaque métallique d'aluminium percée de trous aléatoirement distribués, constituant les diffuseurs. Des impulsions laser génèrent une onde élastique depuis 50 points distincts à l'entrée du milieu, et l'onde transmise par celui-ci est mesurée sur 50 points en sortie. Les chercheurs obtiennent ainsi une matrice de diffusion « entrée-sortie » qui leur permet de calculer la combinaison d'ondes incidentes permettant d'accéder aux « canaux ouverts » du milieu. Ils prouvent ainsi qu'une combinaison d'ondes entrantes associée à un « canal fermé » rend le milieu parfaitement réfléchissant et qu'une combinaison d'ondes entrantes associée à un « canal ouvert » le rend totalement transparent.

Ces résultats illustrent comment les effets d'interférence induits par le désordre peuvent aider une onde à trouver son chemin à travers un dédale de diffuseurs. Ils fournissent la première démonstration expérimentale de prédictions théoriques anciennes et pourraient aider à concevoir des schémas optimaux pour la transmission de données et pour les télécommunications par fibres optiques.

En savoir plus : Full Transmission and Reflection of Waves Propagating through a Maze of Disorder ; Benoît Gérardin, Jérôme Laurent, Arnaud Derode, Claire Prada, and Alexandre Aubry ; *Physical Review Letters* ; 21 octobre 2014.

Contact : Alexandre Aubry - alexandre.aubry@espci.fr - 01 80 96 30 66
Institut Langevin (CNRS/ESPCI ParisTech)



Imager la répartition de nanoparticules non fluorescentes dans les tissus

Des physiciens et biologistes viennent d'adapter à la microscopie haute résolution de tissus biologiques la technique d'imagerie élémentaire, qui permet de cartographier l'abondance des éléments chimiques à l'échelle de la cellule.

Pour déterminer par microscopie optique la répartition de nanoparticules dans un tissu biologique, il est nécessaire de marquer ces particules avec une molécule fluorescente. Une autre solution est d'analyser la composition en éléments chimiques du tissu à l'échelle de la cellule, une technique dénommée imagerie élémentaire. Jusqu'à présent cela nécessitait soit l'utilisation d'un synchrotron pour de la fluorescence X, soit une ablation laser locale couplée à un spectromètre de masse, c'est-à-dire deux techniques complexes, onéreuses et lourdes à mettre en œuvre. Des physiciens de l'ILM (CNRS/Univ. Claude Bernard Lyon 1) ont mis au point une nouvelle méthode d'imagerie élémentaire rapide, fonctionnant à température et atmosphère ambiantes, et avec une résolution à l'échelle de la cellule individuelle. Une impulsion laser focalisée par un objectif de microscope vaporise une faible quantité de matière qui se retrouve sous la forme d'un microplasma, dont le rayonnement est analysé par spectroscopie optique. Les chercheurs ont validé cette technique en analysant l'élimination de nanoparticules de gadolinium par les reins sur un modèle de souris ; ces nanoparticules sont actuellement évaluées en toxicologie réglementaire afin d'assurer leur transfert clinique, i.e. chez l'homme, fin 2015. Ces nanoparticules pourraient être utilisées comme rehausseur de contraste pour l'imagerie par résonance magnétique et comme radiosensibilisant. Cette nouvelle méthode rend accessible l'imagerie élémentaire pour toutes les études portant sur la pénétration de nanoparticules dans les tissus ou sur les processus biologiques impliquant des métaux, qu'il s'agisse de travaux de recherche ou d'analyse clinique de tissus provenant de patients malades. Ce travail est publié dans la revue *Nature - Scientific Reports*. Des brevets sont en cours et déposés sur certaines parties du système de détection.

La technique développée par les physiciens de l'ILM repose sur la LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy), une méthode déjà très utilisée dans le domaine de l'analyse des échantillons solides durs tels que les métaux ou les minéraux. Dans leur dispositif, les chercheurs focalisent l'impulsion laser sur une zone de l'échantillon de 10 micromètres de diamètre et de quelques micromètres de profondeur, soit typiquement la taille d'une cellule. Ils réalisent alors un plasma dont le rayonnement est analysé par différents spectromètres optiques placés de côté. L'échantillon est balayé point par point à raison de 10 points par seconde, ce qui permet d'obtenir une image typique de 200x600 points en 3,5 heures environ. Leur objectif est de passer à 100 coups par seconde pour réaliser cette même image en vingt minutes.

Des nanoparticules à base de gadolinium ont été injectées à des souris. Ces nanoparticules sont éliminées par voie rénale et donc transitent par le rein qui les concentre pendant quelques heures. Les reins ont été prélevés puis ont été analysés. Les signaux du gadolinium (issu des nanoparticules) et du sodium (contenu physiologiquement dans le tissu) ont été détectés, enregistrés, et ont permis de créer une carte (2D) de la répartition de ces deux éléments. Avec cette nouvelle approche d'imagerie élémentaire, les chercheurs ont mis au point un outil de référence simple à mettre en œuvre pour la détection des éléments du tableau périodique au sein des tissus biologiques.

En savoir plus : Laser spectrometry for multi-elemental imaging of biological tissues ; L. Sancey & al. ; *Nature - Scientific Reports* ; 14 août 2014.

Contact : Lucie Sancey - lucie.sancey@univ-lyon1.fr - 04 72 43 28 80



www.cnrs.fr

Mathématiques et imagerie

Des mathématiciens comme Habib Ammari au Département de mathématiques et applications de l'ENS (CNRS/ENS) ou Josselin Garnier au Laboratoire de probabilités et modèles aléatoires (CNRS/UPMC/Université Paris Diderot) travaillent sur l'imagerie en milieux complexes : des sources émettent des ondes qui sont ensuite captées par des récepteurs. Il s'agit ensuite de traiter les signaux recueillis pour produire une image. Au moment de la reconstruction du signal, une difficulté consiste à s'abstraire des perturbations du signal dues aux instruments de mesure ou aux hétérogénéités du milieu. L'utilisation de la théorie des matrices aléatoires permet aux mathématiciens de développer de nouvelles techniques d'imagerie, d'analyser leur résolution et leur performance. Les travaux de ces mathématiciens trouvent des applications en imagerie médicale et en imagerie sismique. Ils ont aussi été reconnus au niveau européen par l'ERC Advanced Grant MULTIMOD (Multi-Mathematics for Imaging and Optimal Design Under Uncertainty) dont bénéficie Habib Ammari pour la période 2011-2016.

En savoir plus : <http://erc.europa.eu/multi-mathematics-imaging-and-optimal-design-under-uncertainty>

Contacts :

Habib Ammari - habib.ammari@ens.fr - 01 44 32 20 49

Josselin Garnier - garnier@math.univ-paris-diderot.fr - 01 57 27 91 15

Ressources visuelles

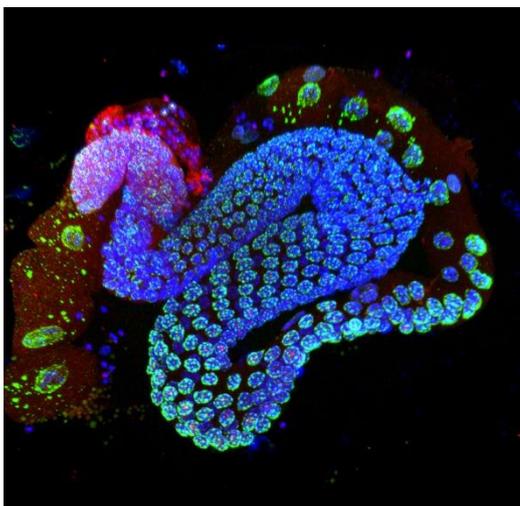
- Une sélection d'images est disponible sur demande à la photothèque du CNRS. Retrouvez les exemples ci-dessous et de nombreuses autres photos dans la banque d'images du CNRS sur : http://bit.ly/Lumiere2015_Photos



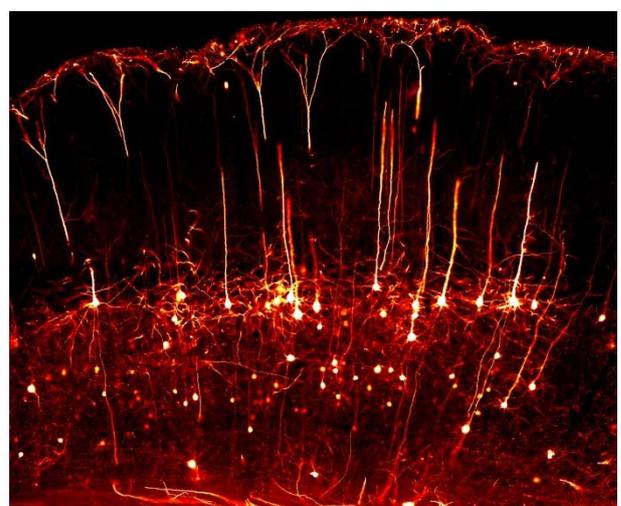
Faisceau laser rouge (hélium-néon) passant dans une microfibre optique.
© CNRS Photothèque / Femto-ST / Thibaut SYLVESTRE



Inspection et nettoyage de l'un des segments (miroir) du futur télescope géant européen E-ELT.
© CNRS Photothèque / LAM / Cyril FRESILLON



Immunomarquage de l'appareil reproducteur d'un ver "Caenorhabditis elegans".
© CNRS Photothèque / Institut Jacques Monod / Julien BURGER



Architecture de neurones de souris, révélée grâce à une protéine fluorescente de méduse exprimée artificiellement.
© CNRS Photothèque / Bordeaux Imaging Center / Daniel CHOQUET, Elena AVIGNONE, Sébastien MARAIS



www.cnrs.fr



Expérience de mesure de la puissance d'un brûleur propane.
© CNRS Photothèque / Univ. Corse / SPE / Frédéric MORANDINI



Aurore australe, base Concordia, en Antarctique.
© CNRS Photothèque / OTELo / Pascal ROBERT

- Une sélection de vidéos sur la lumière est également disponible à la photothèque du CNRS. Retrouver une vingtaine de courts métrages, dont « Mission Planck : 2014, de nouveaux résultats », « Photographier l'invisible », « La solution photovoltaïque », « La couleur de l'or », « Téra-mobile, la foudre dirigée » et « Super Photon pour Maxi Watt », à regarder en ligne sur : http://bit.ly/Lumiere2015_Films

Photothèque du CNRS

Banque d'images en ligne : <http://phototheque.cnrs.fr/front/contents.php>

Contact : phototheque@cnrs.fr - T 01 45 07 57 90