

## À la une de l'irig

### Une désinfection UV plus sûre grâce aux boîtes quantiques d'AlGaN

Le faible coût et la facilité d'utilisation des lampes à mercure, émettant à 254 nm, ont joué un rôle essentiel dans l'adoption généralisée de la technologie de désinfection UV. Cependant, ces lampes présentent plusieurs inconvénients, notamment une durée de vie courte, un allumage lent et le risque de fuites toxiques. De plus, elles émettent un rayonnement potentiellement cancérigène et cataractogène.

Face à ces enjeux, la recherche se tourne vers des lampes dans l'UV-C lointain, autour de 230 nm, car c'est une gamme spectrale moins invasive pour la peau et les yeux. Cependant, les performances des LED UV actuelles sont insuffisantes, et se dégradent d'autant plus que la longueur d'onde est courte.

**Eva Monroy** | Pheliqs | Photonique Electronique et Ingénierie Quantiques

Une alternative aux LED sont les lampes à faisceau d'électrons émis par une cathode qui injecte la puissance électrique dans le semi-conducteur [1]. Contrairement aux LED, cette technologie ne nécessite pas de dopage ni de contact électrique du semi-conducteur.

Ainsi, les dispositifs intégrant des faisceaux d'électrons et utilisant des boîtes quantiques en AlGaN comme matériau actif ont connu des avancées notables pour plus d'efficacité et de puissance. Ces boîtes quantiques améliorent les performances grâce à leur rendement élevé.

Des chercheurs de l'Irig, en collaboration avec l'Institut Lumière Matière (Université de Lyon), l'Institut Néel à Grenoble (CNRS) et le CEA-Leti, ont réalisé des lampes UV incluant des boîtes quantiques en AlGaN. Dans des enceintes sous ultra-vide, les chercheurs ajustent précisément les paramètres de croissance par épitaxie par jets moléculaires de ces boîtes dans la plage UV de 230 à 270 nm (Figure).

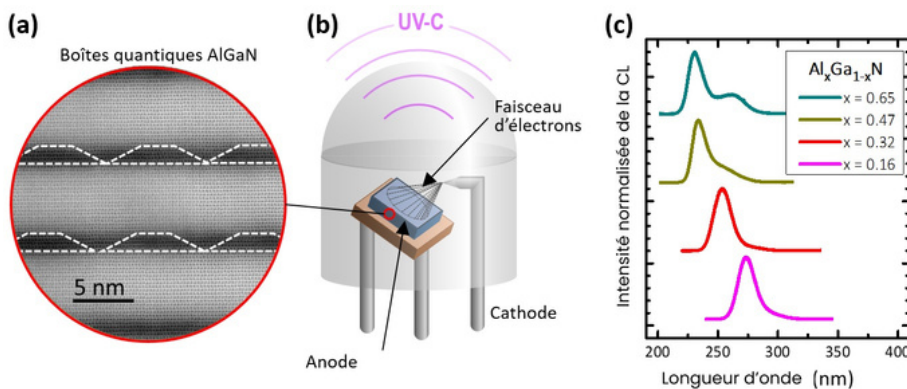
Les boîtes quantiques atteignent une efficacité quantique d'environ 50 % sur l'ensemble de la gamme spectrale. De plus, elles présentent des rendements énergétiques supérieurs à ceux des LED AlGaN dans la fenêtre spectrale à 230 nm [2].

En résumé, ces recherches marquent un jalon important dans le développement de sources pour la désinfection UV-C efficace et sans danger. Les avancées concernent une sélection spectrale plus étroite [3] et l'amélioration de l'efficacité d'extraction de la lumière. De plus, de nouvelles conceptions de lampes de désinfection UV intégrant une cathode produisant plusieurs milliwatts de courant pour une durée de vie plus longue, sont en cours d'études.

Recherche soutenue par l'ANR via les projets FUSSL et ASCESE-3D.

#### REFERENCES

- [1] Cuesta S, Harikumar A and Monroy E. Electron beam pumped light emitting devices *Journal of Physics D: Applied Physics* 2022
- [2] Cañas J, Harikumar A, Purcell S T, Rochat N, Grenier A, Jannaud A, Bellet-Amalric E, Donatini and Monroy E. AlGaN/AlN Stranski-Krastanov quantum dots for highly efficient electron beam pumped emitters: The role of miniaturization and composition to attain far UV-C emission *ACS Photonics* 2023
- [3] Cañas J, Rochat N, Grenier A, Jannaud A, Saghi Z, Rouvière JL, Bellet-Amalric E, Harikumar A, Bougerol C, Rigutti L and Monroy E. Effect of extended defects on AlGaN QDs for electron-pumped UV-emitters *ACS Nano* 2024



**Figure :** (a) Image de microscopie électronique à balayage en champ clair de deux couches de boîtes quantiques en AlGaN. L'arrangement des boîtes quantiques est compact, avec une hauteur d'environ 1 nm et un diamètre à la base de 5-7 nm. (b) Description schématique de la lampe UV-C ciblée, contenant le semi-conducteur avec des boîtes quantiques en AlGaN, et la cathode dans une enveloppe sous vide. (c) Spectres d'émission de cathodoluminescence d'échantillons de boîtes quantiques avec différentes concentrations d'aluminium dans les boîtes. © CEA

# Réduire les faux positifs en protéomique et en biologie des omiques de manière rigoureuse et flexible

L'amélioration des technologies de caractérisation moléculaire à grande échelle des échantillons biologiques est à double tranchant. D'un côté, cet accès fiable et rapide à des milliers de gènes, transcripts, protéines ou métabolites offre la possibilité de vérifier un nombre considérable d'hypothèses concernant le fonctionnement du vivant. D'un autre côté, la multiplication des hypothèses étudiées simultanément augmente le risque que l'une d'entre elles soit validée par hasard et à tort (une fausse découverte). Cette augmentation est d'origine combinatoire : la probabilité est faible qu'une molécule prise au hasard subisse des fluctuations de mesures correspondant exactement aux attentes induites par l'hypothèse étudiée. En revanche, si plusieurs milliers de biomolécules sont étudiées simultanément, la probabilité qu'au moins l'une d'entre elles se comporte ainsi devient importante.

**Thomas Burger** | BGE |  
Biosciences et Bioingénierie pour la Santé

Pour contrôler le risque de fausses découvertes, des méthodes statistiques avancées sont nécessaires car les plans d'expérience deviennent de plus en plus élaborés. C'est notamment le cas en **protéomique**, où la complexité de la mesure réalisée (grâce au couplage de la spectrométrie de masse et de la chromatographie liquide) vient s'ajouter au faible nombre d'échantillons qu'il est généralement possible d'analyser. Depuis de nombreuses années, des chercheurs de l'Irig travaillent donc sur l'articulation des contraintes expérimentales et des hypothèses théoriques nécessaires au contrôle des fausses découvertes, afin de proposer des chaînes d'analyses de données dotées d'un contrôle qualité rigoureux (ex : [www.prostar- proteomics.org](http://www.prostar- proteomics.org)).

Leurs récents travaux se sont concentrés sur la théorie des filtres « Knockoffs » qui a révolutionné le champ de l'**inférence sélective** en proposant de s'appuyer sur des tirages aléatoires pour mieux caractériser les propriétés des fausses découvertes. Ils ont notamment fait le lien entre ces filtres et les méthodes empiriques de contrôle des fausses découvertes historiquement utilisées par les protéomiciens, ce qui permet de proposer de nouvelles manières de travailler [1, 2].

## Avec le soutien financier de l'ANR

1. Projet Multidisciplinary Institute in Artificial Intelligence (MIAI @ Grenoble Alpes)
2. Le programme GRAL via Chemistry Biology Health Graduate School at University Grenoble Alpes
3. ProFI (Proteomics French Infrastructure)

**Protéomique** : Caractérisation (identification et quantification) à large échelle des protéines présentes dans un échantillon biologique.

**Inférence sélective** : Domaine des statistiques en grande dimensionnalité qui s'intéresse à la généralisation de connaissances tirées de données expérimentales alors que ces données ont été préalablement sélectionnées en raison de leurs spécificités

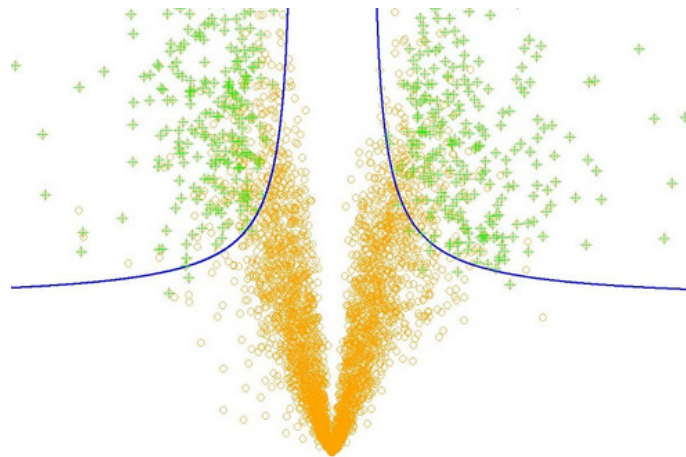
## REFERENCES

### [1] Burger T.

Fudging the volcano-plot without dredging the data  
*Nature Communications* 2024

### [2] L. Etourneau I and Burger T.

Challenging targets or describing mismatches? A comment on Common Decoy Distribution by Madej et al.  
*Journal of Proteome Research* 2022



**Figure** : Un « volcano-plot » typique, représentant par des points oranges les protéines analysées, et pouvant potentiellement expliquer une différence de phénotype (par exemple sain ou malade) en fonction de leur significativité (en ordonnée) et de l'importance de l'effet mesuré (en abscisse). Les biomarqueurs candidats les plus pertinents sont généralement situés près des deux coins supérieurs, mais certains peuvent se trouver plus bas et au milieu, ce qui complique la sélection. Les filtres Knockoffs permettent de contrôler le taux de fausses découvertes associé à une sélection des protéines (en vert) suivant une frontière de décision plus flexible, notamment hyperbolique (représentée ici en bleu) ce qui permet de tenir compte à la fois de l'effet et de la significativité. © CEA

# Caractérisation d'une nouvelle protéine régulatrice spécifique aux plantes

Les organismes vivants contrôlent soigneusement l'activité de leurs gènes. Ce contrôle s'exerce grâce à des protéines particulières, appelées facteurs de transcription, qui se fixent sur des régions précises de l'ADN à proximité des gènes qu'elles régulent. Voici quelques années, les protéines ALOG ont été découvertes exclusivement chez les plantes. Elles jouent des rôles importants dans les épis de riz, la formation des grappes de tomates, les fleurs de pois ou les nodules de luzerne (qui aident à fixer l'azote de l'air). Ces protéines correspondraient à de nouveaux facteurs de transcription. Il était donc nécessaire de mener des recherches sur leur mode de fonctionnement jusqu'alors méconnu.

**François Parcy** | LPCV |  
Laboratoire Physiologie Cellulaire & Végétale

Des chercheurs de l'Irigo ont étudiés les ALOG de la plante modèle *Arabidopsis Thaliana*. Ils ont réussi à identifier le motif ADN qu'elles reconnaissent et à montrer qu'il est le même chez l'ensemble des plantes terrestres. Une collaboration avec le synchrotron ESRF de Grenoble a révélé la structure cristallographique du complexe ALOG/ADN et son mode de fixation à l'ADN qui n'avait encore jamais été observé.

D'autre part, en partenariat avec l'Université de Milan, les scientifiques ont montré que les ALOG empêchaient une bractée, une petite feuille, de pousser sous les fleurs d'*Arabidopsis*, un rôle assez mineur chez cette plante.



**Figure** : Domaine de fixation à l'ADN (en orange) de la protéine ALOG (en vert). Un atome de Zn est présent (en rouge). © CEA

La collection des facteurs de transcription végétaux s'est enrichie d'une nouvelle famille : celles des ALOG [1,2]. Ces travaux biochimiques et structuraux serviront de base dans de nombreuses études fonctionnelles dans les épis de riz, les grappes de tomates ou la fixation de l'azote de l'air chez les légumineuses.

Travaux soutenus par l'ANR dans le cadre du projet Ubiflor.

## REFERENCES

[1] Rieu P, Beretta VM, Caselli F, Thévénon E, Lucas J, Rizk M, Franchini E, Caporali E, Paleni C, Nanao MH, Kater MM, Dumas R, Zubieta C, Parcy F and Gregis V.

The ALOG domain defines a family of plant-specific transcription factors acting during *Arabidopsis* flower development

*Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) 2024

[2] Blanc-Mathieu R, Dumas R, Turchi L, Lucas J and Parcy F.

Plant-TFClass: a structural classification for plant transcription factors

*Trends in Plant Science* 2023

## Les matériaux 2D : source spintronique d'ondes THz

Les sources THz intenses et compactes dans la gamme des micro-ondes à l'infrarouge lointain font l'objet de recherches et développements importants. En effet, peu énergétique et non-ionisant, ce rayonnement trouve de nombreuses applications dans l'imagerie médicale, l'identification de molécules, ou bien dans le domaine de la sécurité.

En 2016 est apparu un nouveau principe de génération d'ondes THz basé sur la conversion ultrarapide du courant de spin en courant de charge. L'émetteur THz résultant, dit « spintronique », est aussi intense que d'autres types de source et présente l'avantage d'être à large bande de fréquences.

De plus, il constitue un formidable outil pour caractériser et quantifier les mécanismes de conversion du spin en charge dans les matériaux.

C'est ainsi que des chercheurs de l'Irigo [Collaboration] ont analysé l'émission THz selon la nature, la symétrie et le nombre de couches de matériaux 2D.

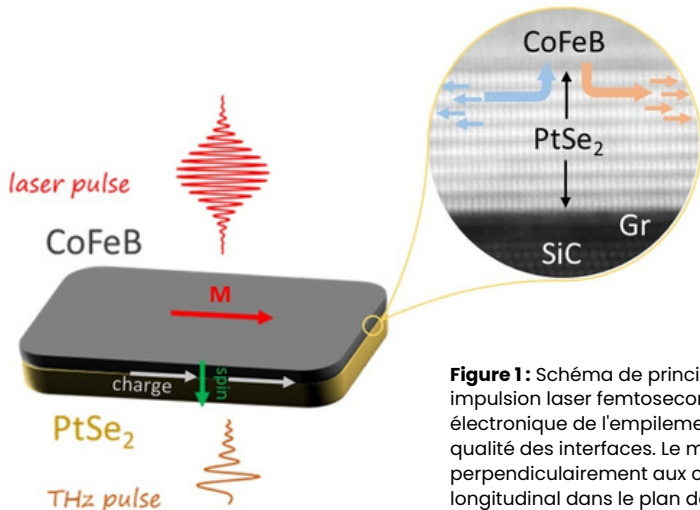
**Matthieu Jamet** | Spintec |  
Spintronique et technologie des Composants

La structure des matériaux 2D leur confère de nombreux avantages comme la réalisation de dispositifs ultra compacts plus simples à mettre en œuvre que les matériaux 3D, en particulier par gravure rapide, en consommant moins de matière pour une électronique plus durable. Par ailleurs, leur grande sensibilité à l'environnement chimique ou électrique permet de moduler facilement leurs propriétés électroniques comme le couplage spin-orbite, clef de la conversion spin-charge. La fabrication d'hétérostructures aux interfaces parfaites grâce à l'empilement de couches 2D avec des liaisons de type van der Waals, offre un nombre infini de combinaisons de matériaux pour optimiser ces effets, et donc l'émission THz. Plus largement, l'étude fondamentale des effets de conversion du courant de spin en courant de charge dans les matériaux 2D est indispensable avant d'envisager leur intégration dans des dispositifs spintroniques, par exemple des mémoires magnétiques ou des capteurs.

Cependant, deux obstacles freinent le développement de telles sources THz : la fabrication de matériaux 2D sur de grandes surfaces, et le contrôle de l'interface entre le matériau 2D et l'électrode ferromagnétique.

En effet, les matériaux 2D de laboratoire sont généralement de taille réduite car presque exclusivement réalisés à partir de flocons micrométriques exfoliés mécaniquement d'un matériau massif. De plus, l'interface entre le matériau 2D et le matériau ferromagnétique, source du courant de spin, n'est pas bien définie : la croissance de l'électrode ferromagnétique sur le matériau 2D entraîne des réactions chimiques d'interface et de l'interdiffusion atomique. Cependant, les chercheurs sont parvenus à dépasser ces deux obstacles pour étudier les mécanismes de conversion spin-charge dans le diséléniure de platine PtSe<sub>2</sub>.

L'équipe de l'Irigo développe depuis 10 ans la technique de croissance par épitaxie par jets moléculaires (EJM) sous ultraviolet de monocristaux 2D de dichalcogénures de métaux de transition (TMD) sur de grandes surfaces - plusieurs cm<sup>2</sup>. Le dépôt du matériau ferromagnétique est ensuite réalisé dans la même chambre sous ultraviolet dans des conditions de croissance optimisées pour obtenir des interfaces parfaites (voir en médaillon de la figure 1).



**Figure 1:** Schéma de principe de l'émission THz à partir d'une bicouche CoFeB/PtSe<sub>2</sub> excitée par une impulsion laser femtoseconde. En médaillon, un zoom à l'échelle atomique de l'image par microscopie électronique de l'empilement de 8 monocouches de PtSe<sub>2</sub> épitaxiées sur graphène/SiC, montrant la qualité des interfaces. Le mouvement opposé des spins « up » (en bleu) et « down » (en brun) perpendiculairement aux couches est appelé courant de spin. Il est associé au courant de charge longitudinal dans le plan des couches. © CEA

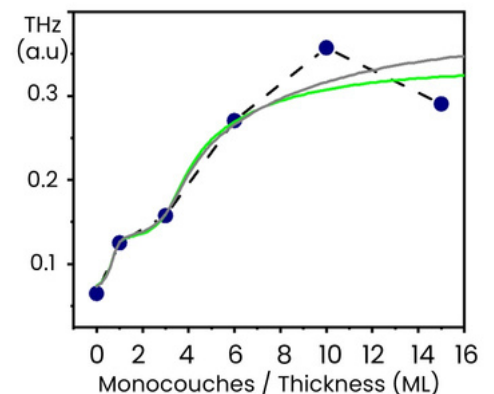
Pour identifier et quantifier les mécanismes de conversion, la technique de caractérisation spintronique par émission aux fréquences THz est facile à mettre en œuvre et ne nécessite pas d'autres procédés technologiques. Elle est aussi très sensible et non destructive (**Figure 1**).

Le matériau PtSe<sub>2</sub> présente un signal THz intense permettant d'étudier l'émission en fonction du nombre de monocouches. De façon remarquable, la courbe de la **Figure 2** montre une marche à 4 monocouches qui correspond exactement à la transition électronique de l'état semi-conducteur à l'état semi-métallique du matériau.

Aux faibles épaisseurs (< 4 monocouches) dans le régime semi-conducteur, le transfert de charge entre le substrat de graphène et la première couche de PtSe<sub>2</sub> permet de créer un champ électrique d'interface, et aussi un effet spintronique de type Rashba qui est à l'origine de la conversion spin-charge et du signal THz (**Figure 2**). Dans ce régime, il serait possible de moduler l'émission THz par l'application d'un champ électrique extérieur. Pour les épaisseurs au-delà de 4 monocouches, la transition dans l'état semi-métallique ajoute le phénomène de conversion par l'effet Hall de spin qui correspond à un effet de volume (**Figure 2**).

Des études théoriques ont permis de valider cette interprétation et de quantifier ces effets, combinant un modèle simple de diffusion de spin et des calculs *ab initio*.

En conclusion, les matériaux 2D ouvrent de nouveaux horizons pour une spintronique émettant durablement et de façon modulable des ondes THz.



**Figure 2:** mesures de l'intensité du champ électrique THz émis en fonction de l'épaisseur (en nombre de monocouches ou ML) de PtSe<sub>2</sub> montrant deux régimes de conversion aux faibles épaisseurs (< 4ML) et fortes épaisseurs (> 4ML). Les points bleus correspondent aux mesures et les courbes en trait plein à des ajustements théoriques.

#### Collaboration

- Irig/MEM, Irig/SyMMES et Irig/Pheliqs
- Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure LPENS, Paris
- Laboratoire Albert Fert LAF, Palaiseau
- Centre de Nanosciences et Nanotechnologies C2N, Palaiseau
- Institut Néel, Grenoble

#### REFERENCE

Abdukayumov K, Mićica M, Ibrahim F, Vojáček L, Vergnaud C, Marty A, Veuillen J-Y, Mallet P, Gomes de Moraes I, Dosenovic D, Gambarelli S, Maurel V, Wright A, Tignon J, Mangeney J, Ouerghi A, Renard V, Mesple F, Jing Li, Bonell F, Okuno H, Chshiev M, George J-M, Jaffrès H, Dhillon S and Jamet M.

Atomic-Layer Controlled Transition from Inverse Rashba-Edelstein Effect to Inverse Spin Hall Effect in 2D PtSe<sub>2</sub> Probed by THz Spintronic Emission  
[Advanced Materials](#) 2024

# L'origine des défauts au cœur d'une batterie lithium-ion analysée par imagerie X et neutrons

La dégradation prématurée de la capacité des batteries Li-ion a plusieurs causes. Pour les trouver, les chercheurs analysent précisément le (dis)-fonctionnement de la batterie au fil du temps. Grâce à la combinaison de techniques d'imagerie neutronique et de tomographie X, réalisées à l'ILL et à l'ESRF à Grenoble, une équipe internationale de chercheurs impliquant l'Irigr [collaboration] est parvenue à observer en temps réel les changements microstructuraux à l'intérieur des cellules cylindriques à haute densité énergétique constituant la batterie. Ainsi, ils ont identifié dans l'anode silicium-graphite des déformations causées par le silicium introduit au cours de la fabrication par voie humide. En effet, ces agrégats de silicium, d'une taille supérieure à 50 microns, altèrent la structure et le fonctionnement interne des cellules. Il est donc nécessaire de contrôler rigoureusement la fabrication des électrodes afin d'éviter l'accumulation de tels agrégats.

**Sandrine Lyonnard** | SyMMES |  
Systèmes Moléculaires et  
nanoMatériaux pour l'Énergie et la  
Santé

Afin de réaliser des analyses précises, plusieurs techniques de tomographie ont été utilisées sur des cellules cylindriques de batteries lithium-ion de qualité industrielle à base de silicium. Après plusieurs cycles de fonctionnement, les baisses du niveau de recharge des batteries depuis l'état neuf ont conduit à inspecter les composants internes. Les examens ont révélé des déformations macroscopiques de la structure en spirale du collecteur de courant en cuivre (voir image).

Ces zones de déformations perdent pratiquement toute microporosité et ne se rechargent plus efficacement, car les voies de diffusion du lithium sont fortement entravées. Les images montrent des zones excessivement chargées en silicium, et mettent en évidence la présence de lithium piégé près des interfaces anode-séparateur. Or ces défauts préexistent dans les cellules neuves dès le cycle initial de charge-décharge.

Des recherches plus approfondies permettent d'établir que les zones défectueuses sont dues aux agrégats de silicium formés lors de la fabrication de l'électrode. Pendant la première lithiation, les agrégats les plus gros se dilatent très fortement, et irréversiblement, déconnectant une partie de la matière active et nuisant ainsi à la capacité totale de la batterie avant même sa première utilisation. Toutefois, en dessous d'une certaine taille d'agrégat, autour de 50 µm de diamètre dans le cas du matériau étudié, l'anode conserve son intégrité et ne cause pas de dommages mécaniques à la cellule. Les défauts sont alors minimes.

Cette étude a montré que la nucléation de gros agrégats dans l'anode provoque des dommages internes de la cellule de la batterie. Cela se traduit par une perte de capacité ou de potentiel de la batterie.

La proportion défailante au sein d'une cellule représente moins de 10% de la capacité totale. Mais ces déformations pourraient causer des problèmes plus importants en cherchant à optimiser la capacité de l'anode à partir d'autres matériaux plus fortement enrichis en silicium.

Il est donc recommandé d'accorder une attention particulière au processus de fabrication de l'électrode.

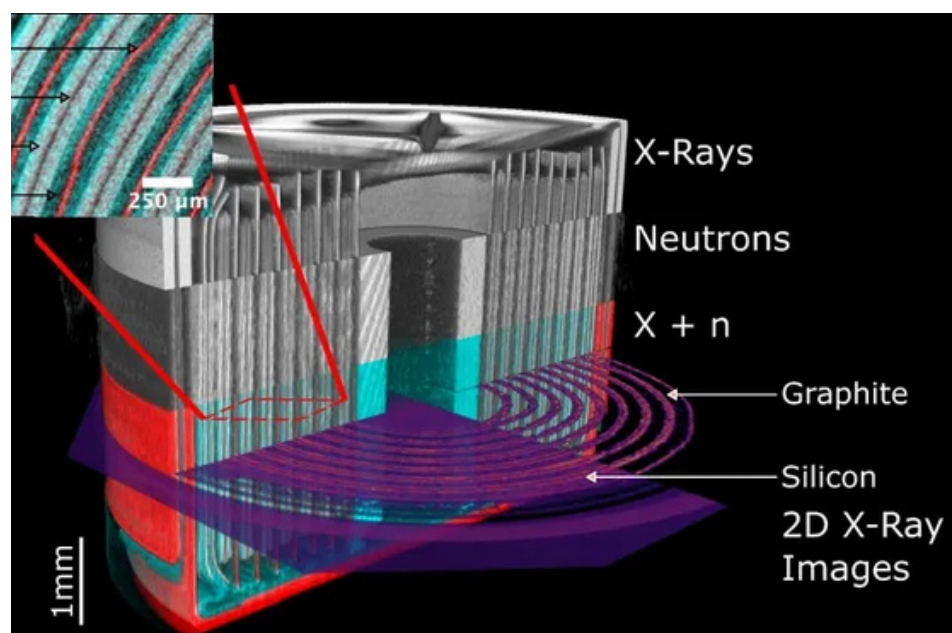
Etudes développées dans le cadre de deux projets européens, ECO2LIB (H2020) et INNOVAXN (ITN Marie Curie) et du Battery Hub de Grenoble piloté par le CEA.

## REFERENCE

Lubke E, Helfen L, Cook P, Mirolo M, Vinci V, Korjus O, Fuchsichler B, Koller S, Brunner R, Drnc J and Lyonnard S. The origins of critical deformations in cylindrical silicon based Li-ion batteries  
*Energy & Environmental Science* 2024

## Collaboration

ILL, ESRF (Grenoble), le laboratoire Materials Center Leoben (Autriche) et la société Varta (Autriche).



**Image** : vue 3D d'une cellule de la batterie Li-ion combinant différentes mesures par les techniques de caractérisation des neutrons et des rayons X.  
© Erik Lubke - ILL

# Une usine cryogénique pour l'accélérateur MINERVA

## Etape vers MYRRHA premier réacteur nucléaire au monde piloté par un accélérateur

MYRRHA (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications) est un projet conduit par le SCK CEN (Centre d'Etudes des Energies Nucléaires belge) pour construire le premier réacteur de recherche au monde piloté par un accélérateur de particules. Ce complexe nucléaire en construction est annoncé pour 2036, à Mol (Belgique). La phase 1 de ce projet, intitulée MINERVA, consiste à accélérer des protons sur 100 m jusqu'à une énergie de 100 MeV. Cet accélérateur nécessite le refroidissement cryogénique de ses cavités supraconductrices radiofréquence.

**Frédéric Michel** | DSBT |  
Département des Systèmes Basses Températures

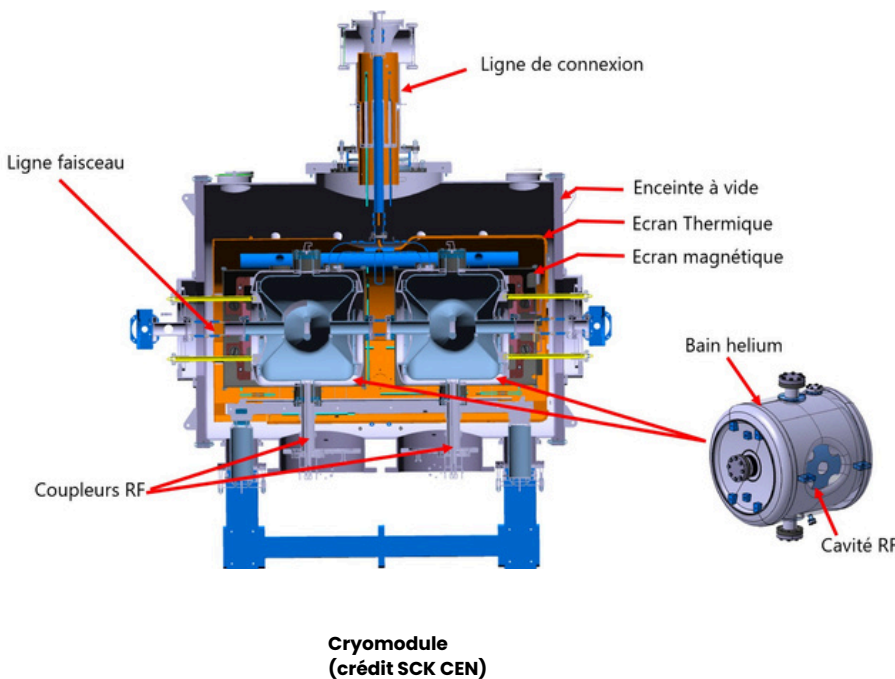
Des chercheurs de l'Irig ont été sollicité par le SCK CEN pour définir ou consolider l'architecture cryogénique de l'accélérateur MINERVA puis réaliser des études préliminaires afin de définir un cahier des charges nécessaire à la conception du refroidissement cryogénique à 2 Kelvin des cavités accélératrices. Il contiendra 30 cryomodules comprenant chacun 2 cavités supraconductrices réalisées en niobium et refroidies dans un bain d'hélium superfluide saturé à 2 Kelvin.

Le système cryogénique, élément clef du projet, est composé de l'usine cryogénique, de la distribution, des lignes cryogéniques, et des boîtes à vannes raccordées aux cryomodules contenant les cavités. Après une phase d'études préliminaires et conceptuelles initiées en 2021, l'équipe de l'Irig a rédigé le cahier des charges de plus de 500 exigences techniques pour la fourniture de l'usine cryogénique pour MINERVA. L'usine permettra de fournir l'hélium superfluide à 2 K pour le refroidissement des cryomodules, de maintenir les écrans thermiques entre 40 K et 60 K avec de l'hélium gazeux, et de garantir le refroidissement des coupleurs fournissant la puissance Radio Fréquence aux cavités supraconductrices à partir d'hélium supercritique à 5 K.

La puissance totale de refroidissement des cavités sera d'environ 3500 W équivalents à 4,5 K décomposée en 900 W à 2 K pour les cavités et 8600 W pour les écrans thermiques à 50 K environ. Le débit des compresseurs hélium pour le système cryogénique est estimé à 320 g/s nécessitant 1,2 MW de puissance d'alimentation électrique. Le circuit de refroidissement des compresseurs (récupérant plus de 90% de l'énergie électrique injectée) sera valorisé et utilisé pour chauffer les bâtiments MINERVA.

Sur la base des propositions techniques de l'Irig, la phase d'appel d'offre de la réalisation de cette usine cryogénique, gérée et financée par SCK CEN, est actuellement ouverte. L'Irig assumant le rôle d'expert et de conseil technique sera fortement impliqué pendant les phases de réalisation industrielle de l'usine cryogénique : les études détaillées, la fabrication, l'installation et son démarrage sur le site SCK CEN de Mol, prévu en 2028. Ainsi, un nouveau contrat de 4 ans vient de commencer en avril 2024.

D'autres contrats sont en discussion entre l'Irig et le SCK CEN pour la suite du projet MINERVA. Il s'agira notamment de réaliser un jumeau numérique de l'ensemble de l'installation cryogénique (incluant les cryomodules) afin de mieux préparer et d'optimiser le fonctionnement cryogénique de l'accélérateur MINERVA et aussi de former les opérateurs.



Cryomodule (crédit SCK CEN)

### REFERENCES

[1] Michel F, Berkowitz D, Bonthuys G, Poncet J-M, Bonne F and Millet F.

Preliminary studies of the MINERVA cryogenic supply system  
[CEC-ICMC 2023](#)

[2] Berkowitz D, Bonthuys G, Dekhtiarov V, Dorda U, Marhauser F, Saugnac H, Joly C, Olivier G, Lhomme C-H, Junquera T, Dieudegard F, BENIKE, M-E. A, TIJANI Y, Michel F, Bonne F, Millet F, Poncet J-M and Thermeau J. P.

Status of the MINERVA cryomodules and associated cryogenic system (MYRRHA phase 1)  
[CEC-ICMC 2023](#)

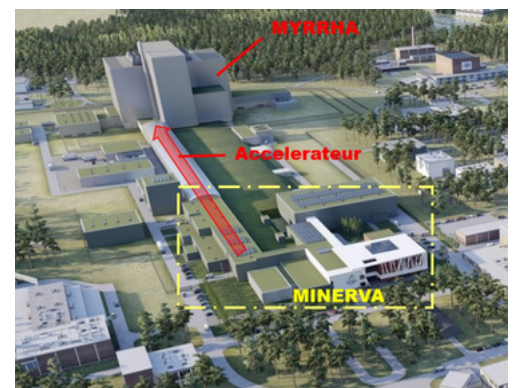


Photo : vue du futur projet MYRRHA © SCK CEN

## Nouveau traitement anti-cancéreux ciblant une protéine-kinase

De nombreuses pathologies, comme les cancers, sont liées à la dérégulation de la protéine-kinase CK2, c'est pourquoi la recherche médicale vise à inhiber cette dernière. Cependant les inhibiteurs de CK2 développés jusqu'à présent agissent sans distinction sur la plupart des protéines-kinases, ce qui peut être la source d'effets indésirables.

**Claude Cochet** | Biosanté |  
Biologie et Biotechnologies pour la Santé

Des chercheurs de l'Irig et de la Faculté de Pharmacie de Lyon ont réussi à synthétiser et à caractériser la molécule AB668 qui inhibe l'activité de CK2 avec une grande spécificité. En effet, cette molécule bivalente se fixe simultanément sur le site catalytique de la CK2 et sur une poche hydrophobique adjacente, ce qui lui confère un mécanisme d'inhibition unique (**Figure A**).

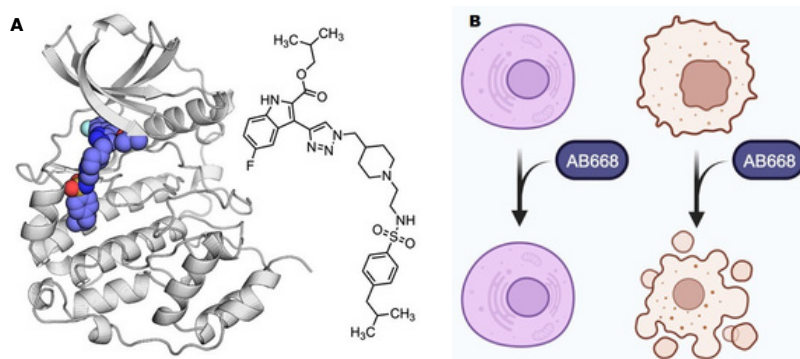
De plus, la molécule AB668 ne présente pas d'effets secondaires défavorables car elle induit la mort par apoptose de nombreuses lignées cellulaires dérivées de cancers agressifs (rein, sein, mélanome, pancréas, colon), tout en épargnant les cellules saines (**Figure B**).

La molécule AB668 pourrait donc constituer un nouvel agent anti-cancéreux prometteur. La prochaine étape sera de tester cette molécule après son optimisation par chimie médicinale, dans des modèles pré-cliniques de différents cancers.

Ces recherches ont conduit à la création de la Start-up KAIROS qui en exploite le brevet : [contact@kairos-discovery.com](mailto:contact@kairos-discovery.com)

### REFERENCE

**Bancet A, Frem R, Jeanneret F, Mularoni A, Bazelle P, Roelants R, Delcros JG, Guichou JF, Pillet C, Coste I, Renno T, Battail C, Cochet C, Lomberger T, Filhol O and Krimm I.** Cancer selective cell death induction by a bivalent CK2 inhibitor targeting the ATP site and the allosteric  $\alpha$ D pocket. *iScience* 2024



**Figure A** : la molécule AB668 (bleu) inhibe exclusivement la protéine CK2 en se fixant simultanément sur son site catalytique et sur une poche hydrophobique adjacente.

**Figure B** : AB668 induit la mort par apoptose des cellules tumorales tout en préservant les cellules saines. © CEA

## Nouveaux antimicrobiens naturels pour lutter contre l'antibiorésistance

L'OMS annonce que l'antibiorésistance pourrait entraîner 10 millions de décès par an à l'horizon 2050. Les scientifiques orientent de ce fait leur recherche vers de nouvelles molécules naturelles aux structures et aux modes d'actions distincts des antibiotiques conventionnels. Les bactériocines, ou peptides antimicrobiens produits par des bactéries, représentent une alternative très prometteuse. Ainsi, les bactéries issues du microbiote intestinal humain constituent un large champ d'investigation encore peu exploré.

**Victor Duarte** | LCBM |  
Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux

Des chercheurs de l'Irig en collaboration avec l'Institut des Sciences Moléculaires de Marseille et du Laboratoire de Microbiologie Génétique et Moléculaire de Toulouse s'intéressent à *Ruminococcus gnavus* E1, une bactérie symbiotique de notre système digestif qui produit plusieurs peptides antimicrobiens, dont les Ruminococcines C. Ces peptides, exprimés sous la forme de 5 isoformes (RumC1-5) sont très efficaces contre des pathogènes résistants et multi-résistants aux antibiotiques conventionnels. Ils présentent des spectres d'activité variés sans effet de synergie entre les différents isoformes. Par ailleurs, tout en étant peu toxiques, les Ruminococcines C possèdent également d'autres propriétés bénéfiques pour la santé, notamment anti-inflammatoires.

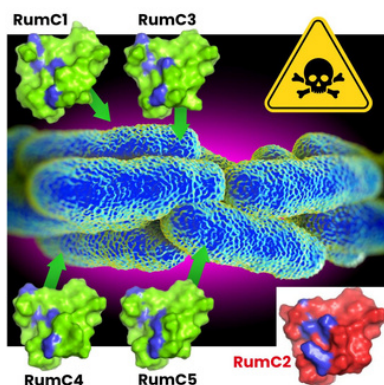
Les Ruminococcines C possèdent des propriétés qui font souvent défaut aux autres peptides antimicrobiens, notamment une grande résistance aux conditions physiologiques, une efficacité à très faible dose ainsi qu'une faible toxicité. Des travaux en cours permettront d'élucider le mécanisme d'action et d'identifier la ou les cibles cellulaires de ces molécules.

Avec le soutien financier de ANR RUMBA (2016-2020), ANR RUMisBAC (2021-2025), CFR CEA (2016-2019/2020-2023)

### REFERENCE

**Shamseddine L, Roblin C, Veyrier I, Basset C, De Macedo L, Boyeldieu A, Maresca M, Nicoletti C, Brasseur G, Kieffer-Jaquinod S, Courvoisier-Dezord E, Amouric A, Carpentier P, Campo N, Bergé M, Polard P, Perrier J, Duarte V and Lafond M.**

Mechanistic and functional aspects of the Ruminococcin C sactipeptide isoforms *iScience* 2023



**Figure** : les Ruminococcines C présentent une activité antibactérienne efficace, excepté RumC2 à cause probablement de la nature de ses résidus (en bleu). © CEA

## Organisation détaillée du génome du virus de la grippe

Des virus influenza proches du virus humain de la grippe sont responsables d'épizooties qui pourraient constituer une menace sanitaire si la barrière inter-espèces venait à être franchie. Depuis octobre 2021, l'Europe subit l'épizootie d'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) la plus dévastatrice jamais connue. Cette maladie virale hautement contagieuse affecte les oiseaux sauvages et domestiques, et est donc placée sous très haute surveillance par l'OMS. Chaque année, le virus de la grippe contamine entre 2 et 6 millions de français.

Dans ce contexte, des scientifiques de l'Irig cherchent à élucider les mécanismes moléculaires permettant au virus grippal de muter ou de s'adapter à d'autres espèces.

**Thibaut Crépin** | IBS |  
Institut de biologie structurale

Le génome de cette famille de virus est composé de huit molécules d'ARN simple brin, recouvertes de multiples copies de nucléoprotéine virale. Les extrémités 3' et 5' de ces brins d'ARN interagissent avec une ARN-polymérase pour former le complexe ribonucléoprotéique (RNP) impliqué dans la prolifération virale. Chacun de ces huit ensembles forme un complexe ribonucléoprotéique très flexible.

Mettant à profit leur expertise dans l'expression et la purification de la protéine NP recombinante, ils ont développé un protocole permettant d'auto-assembler des particules de type-RNP, à partir de protéines NP recombinantes et de petites sondes d'ARN. Par cette approche, ils ont pu produire nettement plus de matériel biologique qu'en partant de virus, condition primordiale pour mener une étude à haute résolution par cryo-ME. Grâce au microscope électronique Titan Krios de la ligne CM01 de l'ESRF, ils ont réussi à générer un modèle final à 5 Å de résolution de ces particules similaires aux RNP grippales.

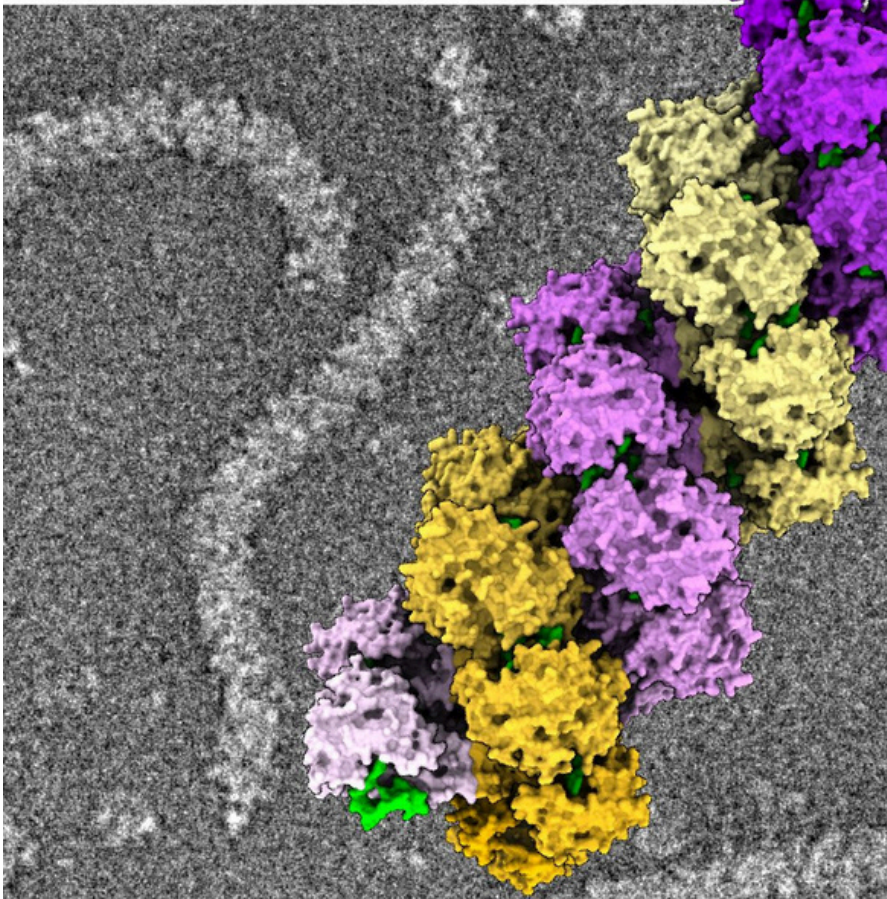
Ceci a permis de comprendre comment les molécules de nucléoprotéine interagissent entre elles au sein de cette architecture flexible et complexe. Cette reconstruction tridimensionnelle à résolution subnanométrique obtenue par cryo-ME permet pour la première fois de visualiser l'agencement de l'ARN au sein des RNP.

Si l'ARN semble participer à la structuration de cette architecture complexe, il peut coulisser librement à la surface des protéines, sans doute pour pouvoir être facilement accessible à l'ARN polymérase lors du cycle viral.

### RÉFÉRENCE

**Chenavier F, Estrozi L F, Jean-Marie Teulon J-M, Zarkadas E, Freslon L-L, Pellequer J-L, Ruigrok RWH, Schoehn G, Ballandras-Colas A and Crépin T.**

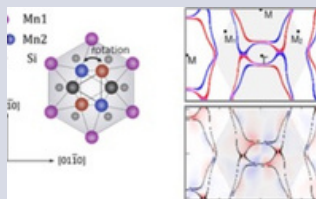
Cryo-EM structure of influenza helical nucleocapsid reveals NP-NP and NP-RNA interactions as a model for the genome encapsidation  
*Science Advances* 2023



**Figure :** reconstruction 3D du complexe ribonucléoprotéiques de 8,7 Å de long sur fond d'image micrographes de particules similaires aux nucléoprotéines assemblées in vitro à l'aide de nucléoprotéines recombinantes et de petits ARN synthétiques. © CEA



# Autres faits marquants des laboratoires



Un nouveau matériau altermagnétique pour la spintronique aux propriétés remarquables

A new altermagnetic material with remarkable properties for spintronics

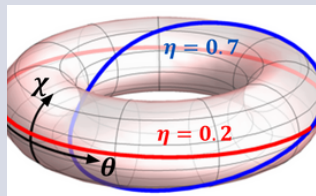
[Lire site Spintec \(en anglais\)](#)



Plus de topologie dans les circuits électroniques quantiques

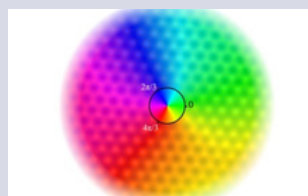
More topology in quantum electronic circuits

[Lire site Spintec \(en anglais\)](#)



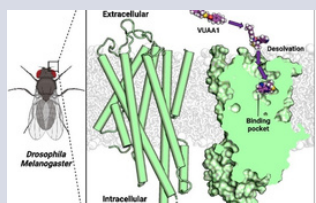
Manipuler des états quantiques cohérents en faisant des mesures

[Lire site Pheliqs](#)



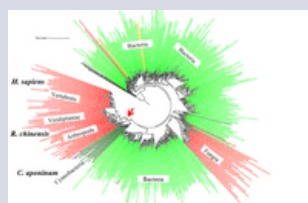
Dans le graphène, un atome d'hydrogène réalise un défaut topologique très recherché : un vortex de Kekulé

[Lire site Pheliqs](#)



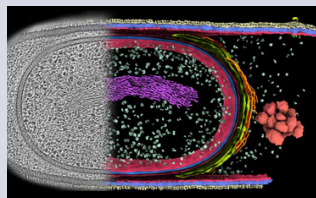
Olfaction des insectes : spéléologie moléculaire dans un co-récepteur

[Lire site IBS](#)



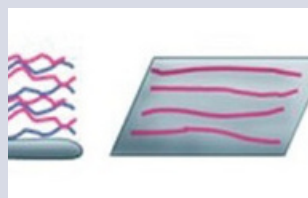
La petite part cyanobactérienne de notre génome et ses grandes conséquences sur notre évolution

[Lire site IBS](#)



La cryo-FIB-tomographie révèle l'assemblage de structures cellulaires protectrices au cours du développement de la spore bactérienne

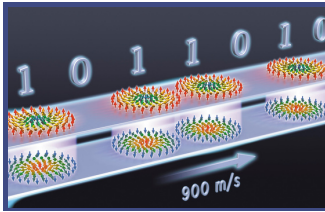
[Lire site IBS](#)



Development of layer-by-layer films for regenerative medicine and cell signalling studies: application to bone tissue engineering

[Lire site Biosanté](#)

# Communiqués de presse - Prix - Autres



Les skyrmions se déplacent à des vitesses record : un nouveau pas vers l'informatique de demain

[A lire site Irig](#)



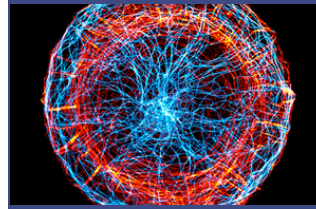
Martin Blackledge – Lauréat 2024 du prix Ivano Bertini

[A lire site Irig](#)



Clément Atlan – Prix de thèse AFC 2024

[A lire site Irig](#)



Manuel Théry  
Chaire d'excellence en Biologie/Santé

[A lire site Irig](#)



Les clés du champ.  
Comment domestiquer les plantes

[A lire site LPCV](#)

Biosciences et  
Bioingénierie  
pour la Santé

Unité Inserm  
CEA-Inserm-UGA  
[www.BGE-lab.fr](http://www.BGE-lab.fr)

Biologie et  
Biotechnologie  
pour la Santé

UMR  
CEA-Inserm-UGA  
[biosante-lab.fr](http://biosante-lab.fr)

Chimie et  
Biologie des  
Métaux

UMR  
CEA-CNRS-UGA  
[www.CBM-lab.fr](http://www.CBM-lab.fr)

Institut de  
Biologie  
Structurale

UMR  
CEA-CNRS-UGA  
[www.IBS.fr](http://www.IBS.fr)

Modélisation  
et Exploration  
des Matériaux

UMR  
CEA-UGA  
[www.MEM-lab.fr](http://www.MEM-lab.fr)

Photonique  
Électronique et  
Ingénierie Quantiques

UMR  
CEA-UGA  
[www.pheliqs.fr](http://www.pheliqs.fr)

Physiologie  
Cellulaire &  
Végétale

UMR  
CEA-CNRS-UGA-INRAE  
[www.LPCV.fr](http://www.LPCV.fr)

Département des  
Systèmes Basses  
Températures

UMR  
CEA-UGA  
[www.d-SBT.fr](http://www.d-SBT.fr)

Spintronique  
et Technologie  
des Composants

UMR  
CEA-CNRS-UGA-G INP  
[www.Spintec.fr](http://www.Spintec.fr)

Systèmes Moléculaires  
et nanoMatériaux  
pour l'Énergie et la Santé

UMR  
CEA-CNRS-UGA  
[www.Symmes.fr](http://www.Symmes.fr)

[irig.cea.fr](http://irig.cea.fr)



Institut de recherche  
interdisciplinaire de  
Grenoble

CEA  
38054 Grenoble cedex 9

Responsables

Pascale Bayle-Guillemaud  
et Annie Andrieux

Directrice de la publication  
Pascale Bayle-Guillemaud

Editeur et format électronique  
Alain Farchi

Comité de rédaction

Thomas Burger, Claude Cochet, Thibaut  
Crépin, Victor Duarte, Matthieu Jamet,  
Sandrine Lyonard, Frédéric Michel, Eva  
Monroy, François Parcy, Alain Farchi

