

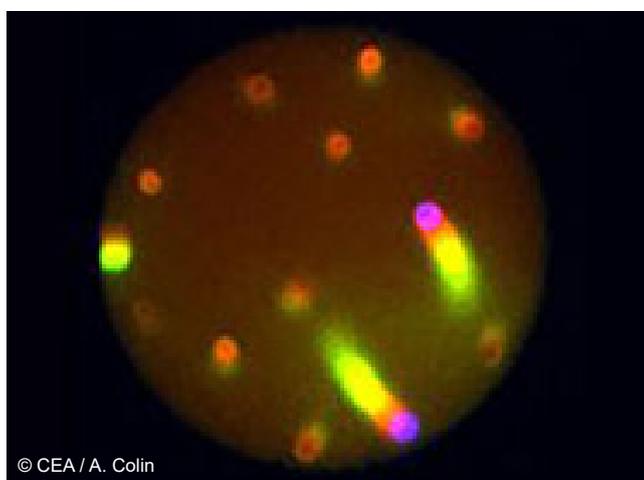
Lettre scientifique

PRINTEMPS 2025

Les architectures cellulaires au cœur d'une compétition

par Alexandra Colin - [Laboratoire Physiologie Cellulaire & Végétale](#)

Au cœur des cellules, des réseaux dynamiques de filaments d'actine coexistent, tout en étant en compétition pour une quantité limitée de ressources. En utilisant un système biomimétique, des chercheurs de l'Irig/LPCV ont mis en lumière l'importance du recyclage des protéines pour la coexistence de ces différents réseaux au sein de la cellule.



L'actine est une protéine constitutive du cytosquelette, qui assure la régulation de la forme, le déplacement, et la division des cellules. L'actine se polymérise en filaments qui forment des réseaux dynamiques en présence de protéines spécifiques. Au sein de la cellule, l'accès aux ressources étant limité, une compétition existe pour leur utilisation: de nombreux sous-réseaux doivent partager la même ressource afin de pouvoir coexister et de pouvoir remplir leurs fonctions respectives. Certains de ces sous-réseaux sont localisés à la périphérie, d'autres plutôt vers le centre de la cellule. Certains sont très denses et homogènes alors que dans d'autres les filaments forment les sous-réseaux créent des architectures plus hétérogènes. Ils sont également plus ou moins étendus et plus ou moins rigides. Comment ces réseaux coexistent dans cet environnement concurrentiel aux ressources limitées?

Les auteurs de cette étude ont analysé comment ces ressources sont partagées entre différentes architectures cellulaires. Pour cela, ils ont reconstitué la compétition entre plusieurs réseaux d'actine en utilisant des protéines purifiées, afin de faire croître ces réseaux dans des micro-puits à partir de petites billes. Ce système biomimétique a permis de contrôler le nombre de réseaux en compétition, ainsi que la quantité disponible de

ressources (actine et protéines associées). De façon attendue, les chercheurs ont observé que si un des réseaux consomme plus de ressources que les autres, il empêche la croissance de ses voisins. En revanche, si ces réseaux sont dynamiques et qu'ils se renouvellent, en désassemblant et réassemblant leurs filaments en permanence, alors ils libèrent les ressources qu'ils ont utilisées et permettent aux autres réseaux de les utiliser à leur tour.

Le renouvellement constant des structures est une signature essentielle des systèmes vivants, et c'est ce mécanisme fondamental qui permet la coexistence de différents réseaux, ayant des tailles et des niveaux de consommation différents. ayant des tailles et des niveaux de consommation différents.

Cette étude montre comment le renouvellement d'un système dynamique permet le partage des ressources et ainsi la coexistence des éléments les plus forts avec les plus faibles. De manière plus générale, cette étude fait écho à la compétition pour les ressources disponibles, qui existe à tous les niveaux du vivant, entre différentes espèces dans la nature, entre différents organes dans un organisme ou entre différentes cellules dans un tissu.

Collaboration

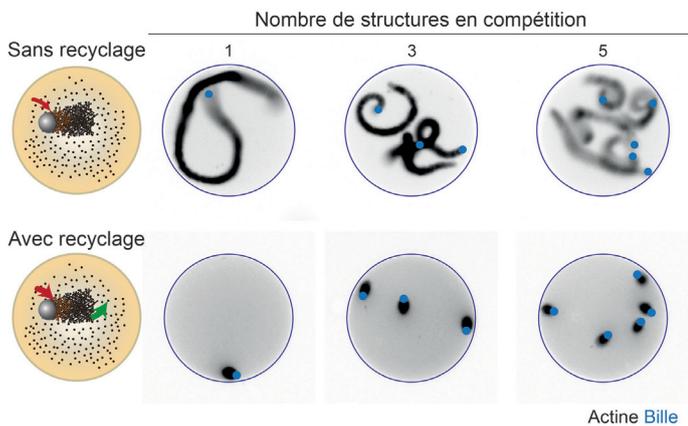
Alex Mogilner (Courant Institute, New York)

Financements

ANR SCALING (Alexandra Colin)
ANR MOVING (Laurent Blanchoin)
ERC AAA (Laurent Blanchoin)
ERC ICEBERG (Manuel Théry)
ANR GRAL (plateforme mulife)

Référence

Guerin C, N'diaye A-B, Gressin L, Mogilner A, They M, Blanchoin L Et Colin A.
Balancing limited resources in actin network competition
[Current Biology](#) 2025



A gauche, schéma du système expérimental (la flèche rouge désigne le site d'assemblage de l'actine en réseau, la flèche verte désigne le site de désassemblage). En haut, utilisation des protéines disponibles sans phénomène de polymérisation/dépolymérisation des filaments d'actine en fonction du nombre de billes avec leurs comètes d'actine respectives. En bas, utilisation des protéines disponibles avec polymérisation/dépolymérisation des filaments d'actine (phénomène de recyclage de l'actine), en fonction du même nombre de billes avec leurs comètes d'actine respectives. Lorsqu'il y a recyclage des ressources, la taille des comètes est indépendante du nombre de billes en présence, permettant ainsi la coexistence de plusieurs réseaux dynamiques, alors qu'en absence de recyclage, la taille des comètes est fonction de la quantité de monomères d'actine en présence. © CEA

Résurrection de protéines préhistoriques thermostables et résistantes aux radiations gamma

par Dominique Madern - [Institut de Biologie Structurale](#)

Des chercheurs de l'Irig/IBS ont pu ressusciter des protéines de 500 millions d'années et montrer qu'elles étaient capables de résister à des températures élevées et à de très fortes doses de radioactivité.

Les enzymes assurent les réactions chimiques qui fournissent l'énergie et transforment divers constituants au cours du métabolisme cellulaire. Comment ont été acquises leurs propriétés au cours de l'évolution est une question fondamentale. En effet, leur fonctionnement actuel est le fruit d'étapes évolutives qui se sont déroulées sur de très longues périodes.

Dans le cadre d'un projet collaboratif, des chercheurs de l'Irig/IBS ont caractérisé des enzymes très anciennes, dites extrêmophiles (capables de fonctionner dans des conditions extrêmes de température, pression, ...), en utilisant une approche de paléo-enzymologie permettant de comprendre comment se sont construites certaines enzymes d'aujourd'hui.

Certains micro-organismes, comme les archées méthanogènes (micro-organismes unicellulaires procaryotes produisant du méthane), ont colonisés de nombreux environnements où règnent des conditions de températures très diverses. Par exemple, la température de croissance avoisine 100°C pour les espèces isolées sur des cheminées hydrothermales profondes. Leurs enzymes sont donc adaptées pour fonctionner dans ces conditions.

En utilisant la malate déshydrogénase, enzyme impliquée dans le métabolisme, et en utilisant une approche de biochimie évolutive couplée à une approche biophysique [précédemment décrite](#), qui a déjà fait ses preuves, il a été possible d'identifier les mutations responsables de l'adaptation de cette enzyme au sein de diverses lignées d'enzymes modernes à partir d'une forme ancestrale capable de résister à des conditions de radioactivité et de température considérées comme extrêmement délétères. Jusqu'à présent la capacité de résistance à la radioactivité n'avait été mise en évidence qu'au niveau de certaines cellules, en particulier via des mécanismes de protection/réparation de l'ADN.

Pour la première fois, les chercheurs démontrent l'existence favorable d'une capacité de résistance contre la radioactivité et que cette propriété protéique est très ancienne.

La mise en évidence d'un lien entre la stabilité thermique d'une enzyme et sa capacité de résistance à un stress radioactif intense ouvre des perspectives vis-à-vis de l'étude des conditions d'émergence de cellules anciennes sur une Terre plus radioactive qu'aujourd'hui ou sur d'autres planètes. Cette étude contribue aussi à une meilleure connaissance du processus d'ingénierie rationnelle d'enzymes utiles à la dépollution de sites radioactifs.

Référence

Madern D, Halgand F, Houe-Levin C, Dufour A-B, Coquille S, Ansanay-Alex S, Sacquin-Mora S Et Brochier-Armanet C. The Characterization of Ancient Methanococcales Malate Dehydrogenases Reveals That Strong Thermal Stability Prevents Unfolding Under Intense γ -Irradiation. *Mol Biol Evol.* 2024

Informations complémentaires

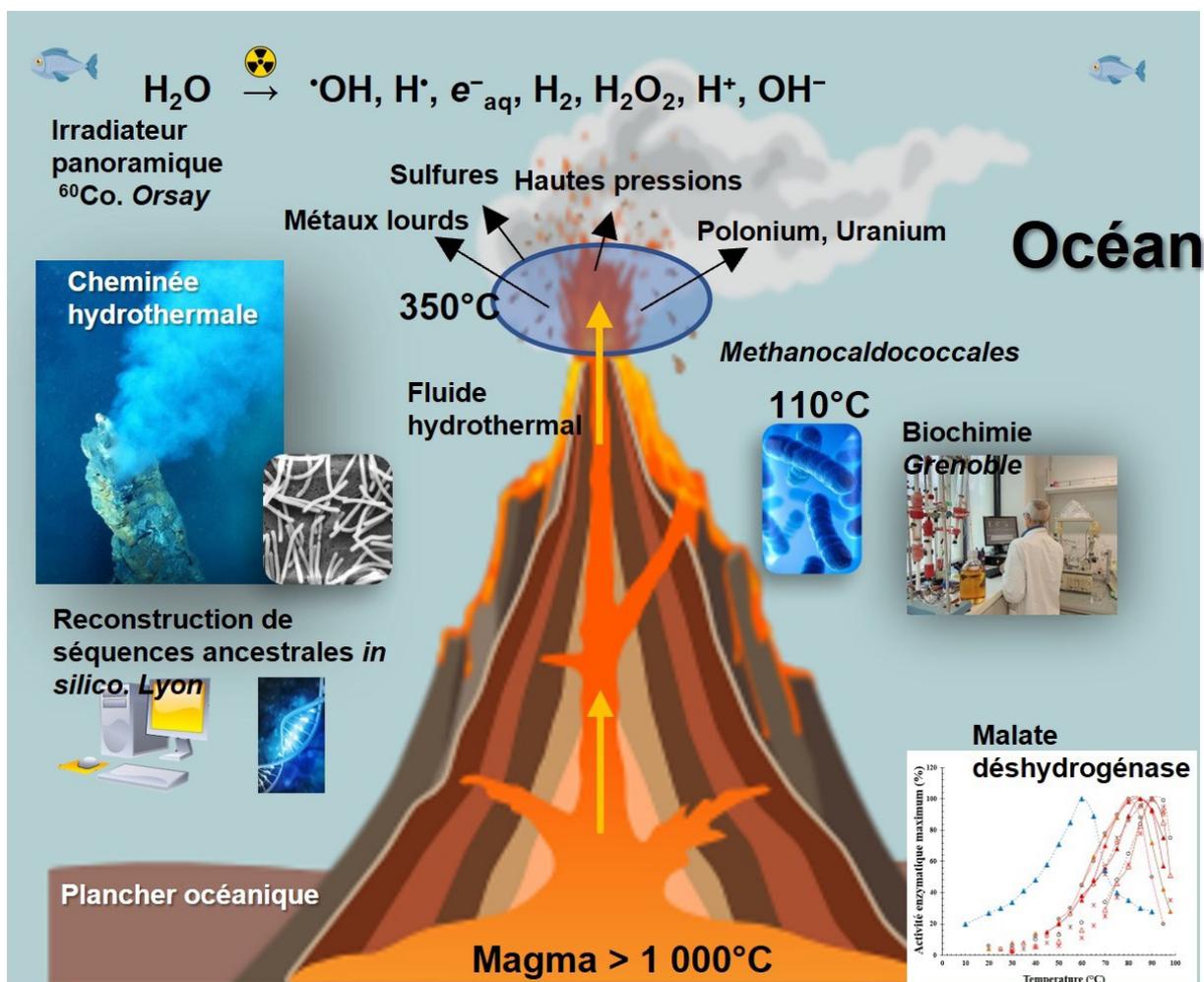
La résurrection de protéines anciennes se base d'abord sur une méthode bio-informatique de reconstruction de séquences ancestrales. Les séquences codantes calculées sont ensuite entièrement synthétisées chimiquement. Les gènes ainsi obtenus sont introduits dans des bactéries qui « fabriquent » les protéines correspondantes. Celles-ci seront caractérisées en laboratoire *via* diverses techniques.

Collaborations

Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, Lyon
Institut de Physico Chimie, Orsay

Financements

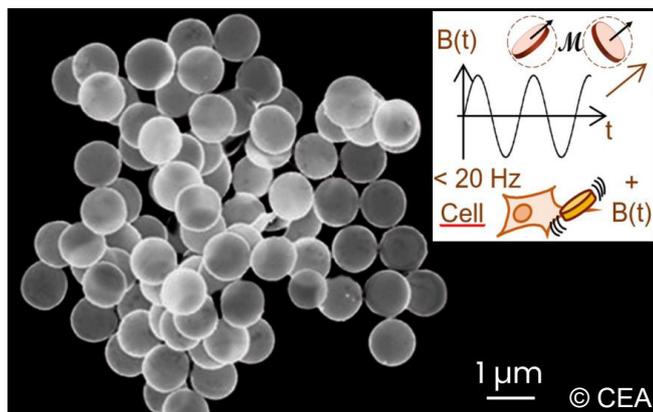
Projets ANR Allospace et Thermadapt



Les Archaea méthanogènes anciennes habitaient un environnement très chaud et radioactif.
© CEA / D. Madern)

Magnétisme et biologie s'allient contre le cancer

par Bernard Diény - [Laboratoire Spintronique et Technologie des Composants](#)



Le magnétisme offre des perspectives extrêmement intéressantes en biologie et particulièrement en mécano-biologie et pour diverses applications biomédicales dont le cancer.

Des études *in vitro* sur des assemblages tridimensionnels de cellules ont montré comment déclencher la mort de différents types de cellules cancéreuses par stimulation magnétique (cancer du pancréas, du cerveau, du rein, mélanomes). L'effet est induit mécaniquement en exerçant un stress mécanique sur les cellules par l'intermédiaire de particules magnétiques dispersées parmi celles-ci.

Initialement, les chercheurs de l'Irig avaient conduit leurs études sur des cellules de gliome (cancer du cerveau) cultivées en 2D en fond de boîtes de culture. Cependant, les résultats varient considérablement selon le microenvironnement cellulaire, qui diffère entre les cultures 2D et les tissus biologiques réels. A présent, une nouvelle étape a été franchie en reproduisant ces effets sur des tumeurs, des assemblages 3D de cellules cancéreuses bien plus proches des tissus biologiques.

Pour maximiser l'efficacité, il est crucial de réajuster les conditions du champ magnétique vers des fréquences plus basses (2 à 5Hz au lieu de 20Hz), afin de s'adapter à la texture différente des milieux 3D. Un très fort impact de la stimulation magnéto-mécanique sur le cytosquelette des cellules a montré qu'il conduit à la mort cellulaire.

Cette nouvelle étude prépare le passage vers des tests *in vivo* de traitements innovants de cancer utilisant la stimulation magnéto-mécanique des cellules. Cette approche pourrait être utilisée seule ou en synergie avec la chimiothérapie.

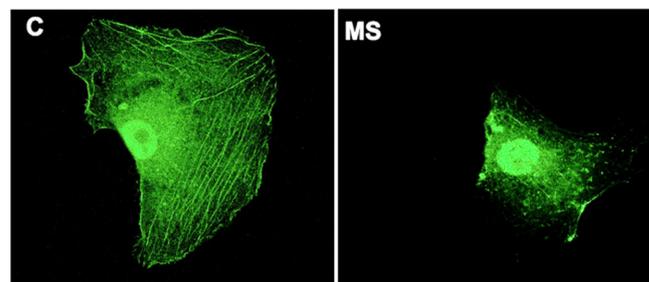
Le magnétisme permet d'exercer des efforts mécaniques contrôlés sur des cellules et de générer, de façon sélective, des réactions physiologiques telles que la mort de cellules cancéreuses.

Financements

Projet Exploratoire CEA : CELLSTIM, contrat NANOVIber (Joint Transnational Call EURONANOMED2)

Collaboration

Irig/Spintec, Irig/BGE/Biomics et Irig/SYMMES, CNRS/Laboratoire des Technologies de la Microélectronique
INSERM/Braintech
INSERM/Grenoble Institut de Neurosciences



Impact de la stimulation magnéto-mécanique sur le cytosquelette de cellules cancéreuses de gliome, cellule de contrôle à gauche, après stimulation magnétique à droite. Les fibres d'actine constitutives du cytosquelette sont bien visibles sur le contrôle. Ces fibres sont détruites après stimulation magnétique conduisant à la mort cellulaire.
© CEA

Référence

B. Diény, R. Morel, H. Joisten, C. Naud, A. Nicolas, A. Visonà, P. Obeïd, S. Belin and F. Berger
Magnetism for mechanobiology and related biomedical applications
[Physical Review Applied](#) 2025

Mise en évidence de sauts atomiques pour un défaut ponctuel dans le silicium

par Jean-Michel Gérard - [Laboratoire PHotonique ELelectronique et Ingénierie Quantiques](#)

Dans un matériau semi-conducteur les défauts ponctuels fluorescents sont des systèmes quantiques qui se comportent comme des atomes artificiels adressables optiquement. Les chercheurs de l'Irig apportent un nouvel éclairage sur un défaut du silicium, connu depuis les années 70 sous le nom de centre G, pour lequel un des atomes constitutifs peut explorer plusieurs sites cristallins.

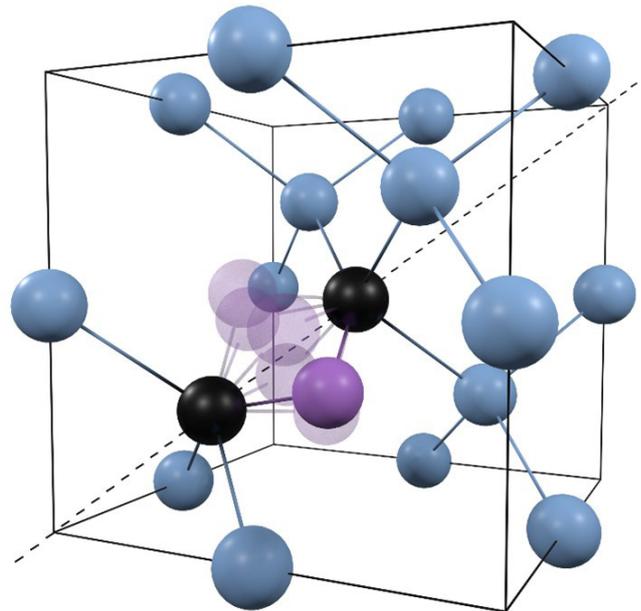
Les défauts ponctuels fluorescents dans les semi-conducteurs sont des systèmes quantiques fascinants car ils se comportent comme des atomes artificiels adressables optiquement. Habituellement, ces défauts ont une structure microscopique statique où les atomes ne peuvent que vibrer autour de positions d'équilibre bien définies.

Les chercheurs de l'Irig apportent un nouvel éclairage sur un défaut du silicium, connu depuis les années 70 sous le nom de centre G, pour lequel un des atomes constitutifs peut explorer plusieurs sites cristallins. En utilisant la micro-spectroscopie de luminescence à basse température à l'échelle d'un défaut isolé, ils ont détecté une structure fine dans la ligne d'émission, signature du mouvement de cet atome à l'intérieur du cristal de silicium. En analysant les propriétés d'émission des centres G individuels, ils ont montré que la dynamique de leur mouvement est fortement liée aux perturbations de l'environnement cristallin. En particulier, la membrane en silicium sur isolant (SOI) couramment utilisée en microélectronique et en nanophotonique, présente un champ de déformation inhomogène qui perturbe chaque défaut de manière spécifique.

En conséquence, l'atome mobile du centre G, qui serait parfaitement délocalisé entre 6 sites dans le cas non perturbé, saute aléatoirement entre les différentes positions sous excitation optique, comme une bille dans une roulette à 6 cases.

En combinant l'analyse spectrale et l'analyse de polarisation, les chercheurs ont pu relier les lignes d'émission du centre G à des sites cristallins spécifiques.

Le prochain défi consistera à contrôler la dynamique de reconfiguration des centres G uniques dans le silicium. Les pistes d'exploration comprennent l'ingénierie de la déformation et le développement de protocoles d'excitation résonnante pour verrouiller la position de l'atome mobile sur un site cristallin spécifique. Une autre direction de recherche prometteuse consistera à étudier comment la reconfiguration atomique du centre G influence son degré de liberté quantique de spin.



Vue d'un centre G mobile. Les boules bleues représentent les atomes de Si et les boules noires les atomes de carbone en position de substitution. La boule violette est un atome interstitiel de Si qui saute entre six sites de réseau différents. © CEA

Collaboration

Laboratoire Charles Coulomb (Montpellier)
CEA-Léti (Grenoble)
IM2NP Marseille
Université Leipzig
Université Budapest

Référence

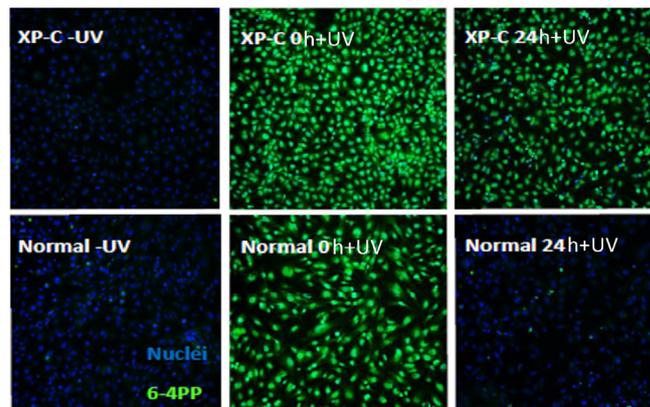
Durand A. et al.
Hopping of the Center-of-Mass of Single G
Centers in Silicon-on-Insulator
[Physical Review X](#) 2025

Nouvelle cible thérapeutique potentielle pour les enfants de la lune

par Xavier Gidrol - [Laboratoire Biosciences et bioingénierie pour la Santé](#)

Le *Xeroderma pigmentosum* (XP) est une maladie génétique rare qui atteint de jeunes enfants. Ces jeunes malades, appelés enfants de la lune, présentent une sensibilité extrême aux rayons ultraviolets (UV) et un risque accru de cancer de la peau. Contraints de fuir la lumière du soleil, ils ne peuvent sortir que la nuit. Leur maladie est due à une mutation « perte de fonction » du gène codant la protéine XPC, une protéine clé dans la réparation des lésions de l'ADN induites par les UV de la lumière naturelle.

Au cours de cette étude, des chercheurs de l'Irig ont provoqué l'inhibition de 646 gènes différents, un par un, dans des cellules de patient où la protéine XPC ne fonctionne plus. Ils ont montré que l'inhibition du gène codant PIK3C3 restaure partiellement les dommages cellulaires provoqués par les UV et permet une meilleure survie des cellules XP-C. Ces résultats suggèrent que l'utilisation d'inhibiteurs de PIK3C3 serait une piste thérapeutique prometteuse pour réduire les symptômes et ralentir la progression de la maladie. Bien que des validations supplémentaires soient nécessaires avant d'envisager des essais cliniques, cette découverte offre une potentialité de traitement pour ces patients. Plus généralement, cette étude montre que le contexte génétique dans lequel s'exprime une mutation devrait être systématiquement considéré, notamment en oncologie.



XP-C ou cellules de peau humaine saine
6-4PP en vert = dommages à l'ADN. © CEA

Financements

CEA "plan de couplage"
ANR PG2HEAL
Programme "Investissements d'avenir" (ANR NANB-0002) et (ANR IDEX-02)

Référence

Kobaisi F, Sulpice E, Nasrallah A, Obeid P, Fayyad-Kazan H, Rachidi W and Gidrol X. Synthetic rescue of Xeroderma Pigmentosum C phenotype via PIK3C3 downregulation. *Cell Death & Disease* 2024

Les oscillateurs spintroniques pour le cryptage sécurisé

par Ursula Ebels - [Laboratoire Spintronique et Technologie des Composants](#)

La génération de nombres aléatoires et non-biaisés est essentielle pour le chiffrement, la communication sécurisée et le calcul non-conventionnel. Des chercheurs du CEA-Irig/Spintec avec d'autres collaborateurs ont démontré une implémentation physique simple basée sur les nano-oscillateurs spintronique.

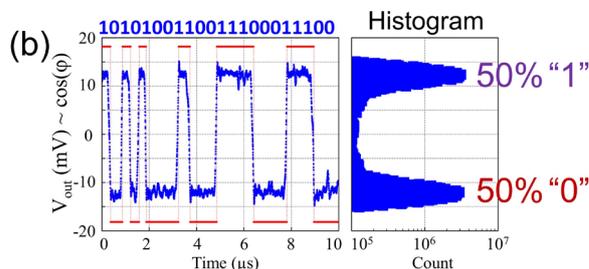
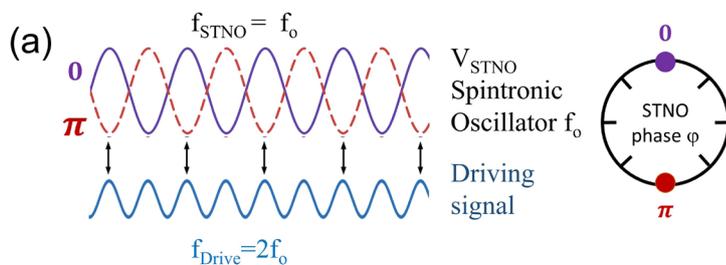
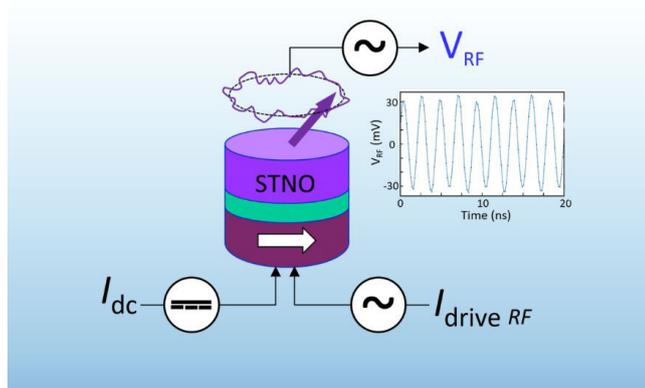
Le chiffrement des données et des protocoles de communication nécessite des nombres aléatoires. Cependant, dans la plupart des cas, ils sont en réalité pseudo-aléatoires car générés à partir d'un matériel numérique déterministe et donc prévisible. Une recherche active est en cours pour exploiter des phénomènes intrinsèquement aléatoires et non-déterministes au sein de dispositifs physiques. Parmi ceux-ci, les fluctuations thermiques constituent un moyen efficace

et pratiquement gratuit pour générer un flux binaire (0 et 1) aléatoire à partir d'un système physique montrant deux minimums d'énergie. Cependant, ces implémentations matérielles souffrent souvent d'un biais intrinsèque, conduisant à des minimums et des barrières d'énergie inégaux. Ceci entraîne des écarts importants par rapport à une répartition équilibrée des niveaux 0 et 1. Afin de rendre les deux niveaux équivalents, un traitement de signal est nécessaire.

Des chercheurs du laboratoire CEA-Irig/Spintec ont validé un concept pour générer un flux binaire aléatoire et intrinsèquement non-biaisé, basé sur la dynamique stochastique de la phase d'un nano-oscillateur spintronique. Lorsque l'oscillateur est synchronisé à un signal externe, avec une fréquence double par rapport à la sienne, alors sa phase se stabilise sur deux valeurs discrètes, multiples de π (cf. **figure a**). Ainsi, un potentiel π -périodique pour la phase apparaît avec des minima et des barrières intrinsèquement identiques. En présence du bruit thermique, les transitions stochastiques de la phase, comme par exemple d'un état 0 à π et de π à 2π , ont une probabilité exactement égale, permettant la génération d'un flux binaire non-biaisé (cf. **figure b**). La validation à l'aide de la suite de tests statistiques du National Institute of Standards and Technology a confirmé l'adéquation du flux binaire pour les applications de cryptage sécurisé.

Par rapport à d'autres concepts, l'implémentation à base d'oscillateurs spintroniques ne nécessite donc pas de traitement additionnel du signal pour rendre le flux binaire non-biaisé. Les chercheurs explorent actuellement une configuration magnétique innovante permettant d'augmenter le taux de fluctuations dans la gamme des GHz.

Ces résultats sont exploités en collaboration avec le CEA-Leti pour implémenter une machine Ising à base d'oscillateurs spintroniques.



(a) Illustration de la binarisation de la phase par une synchronisation à une source externe. La phase de l'oscillateur s'adapte à celle du signal externe (Drive).
(b) Les deux valeurs de la phase binarisée sont converties en un signal électrique binaire, à l'aide d'un circuit électronique spécifiquement développé à cet effet, générant ainsi un flux binaire non-biaisé, comme le montre cet histogramme.

Collaboration

Iberian Nanotechnology Laboratory (INL)
 National Institute of Standards and Technology (NIST)
 University of Maryland

Financements

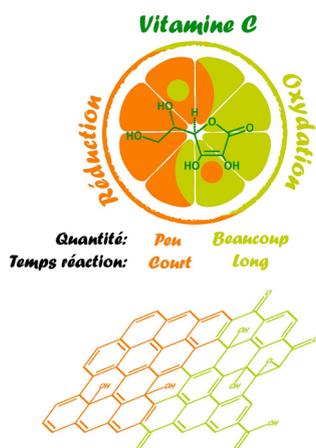
ANR-NSF Stochnet
 Grenoble INP Bourse Présidence
 ANR MIAI@Grenoble Alpes
 Bourse de these CEA Focus Numérique Frugal

Référence

Nhat-Tan Phan et al.
 Unbiased random bitstream generation using injection-locked spin-torque nano-oscillators
[Physical Review Applied](#) 2024

Vitamine C : être ou ne pas être un réducteur ?

par Florence Duclairoir - [Laboratoire Systèmes Moléculaires et nanoMatériaux pour l'Énergie et la Santé](#)



La vitamine C est utilisée comme réducteur de l'oxyde de graphène. Mais de façon inattendue elle a deux visages : un côté positif, l'oxyde de graphène est réduit efficacement, et un côté négatif, selon les conditions opératoires, elle induit la réoxydation du produit.

Les chercheurs du CEA-Irig/SyMMES synthétisent du graphène par une méthode d'exfoliation chimique du graphite. L'oxyde de graphène (GO) est produit lors de la première étape d'oxydation/exfoliation (emploi d'un oxydant en milieu fortement acide, suivi d'une sonication), et il doit être réduit de façon à produire un matériau (rGO) conducteur et à grande surface développée utilisable, par exemple, dans les électrodes de supercondensateurs.

L'hydrate d'hydrazine est le plus fréquemment employé pour réduire l'oxyde de graphène. Mais comme il est toxique et explosif, alors d'autres agents réducteurs sont testés dans la littérature.

La vitamine C (ou acide L-ascorbique) compte parmi les réducteurs les moins dangereux et les plus écoresponsables. Il existe de très nombreux exemples de son utilisation, et nous avons cherché à rationaliser les conditions opératoires employées, pour comparer les degrés de réduction des différents rGO obtenus.

Au cours de cette étude, nous avons découvert que les durées de réaction longues conduisaient à l'obtention d'un oxyde de graphène moins réduit, que celui obtenu au cours de réactions plus courtes (voir **graphique**). Ce phénomène est encore plus accentué quand la concentration en vitamine C est plus importante. Cette observation indique que la réduction de l'oxyde de graphène de départ et sa réoxydation sont concomitantes dans ces conditions réactionnelles. Selon notre étude, les concentrations et températures élevées employées pour promouvoir la réduction du rGO, peuvent également donner lieu à l'auto-oxydation de la Vitamine C, qui conduit à la production d'espèces réactives responsables de la réoxydation du graphène. La réalisation d'études mécanistiques permettrait de confirmer l'implication d'espèces réactives, telles que H_2O_2 ou des radicaux issus de sa dégradation, dans ce processus.

En rationalisant les conditions de réduction par la vitamine C, nous avons identifié qu'un temps de réaction limité (~30 min) conduit à l'obtention d'un rGO fortement réduit, un résultat important pour la conception d'électrodes de supercondensateur.

Financements

ANR SPICS (ANR-19-CE05-0035)
PEPR HiPoHyBat (ANR-22-PEBA-003)

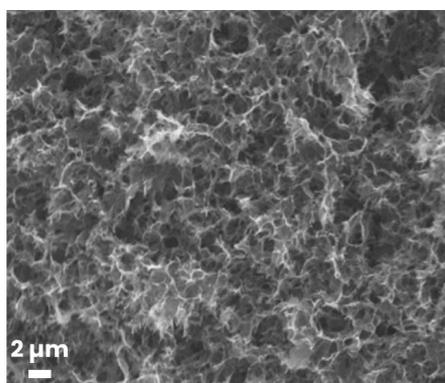
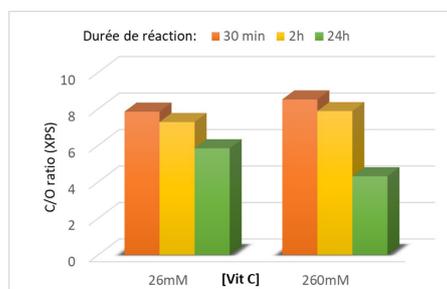


Image par microscope électronique MEB d'un échantillon de rGO. © CEA



Graphique : évolution du degré de réduction (rapport C/O) déterminé par spectroscopie des photoélectrons X des différents échantillons de rGO obtenus, en présence de 26 mM ou 260 mM de vitamine C, et après 30 min, 1h ou 24h de réaction.

Référence

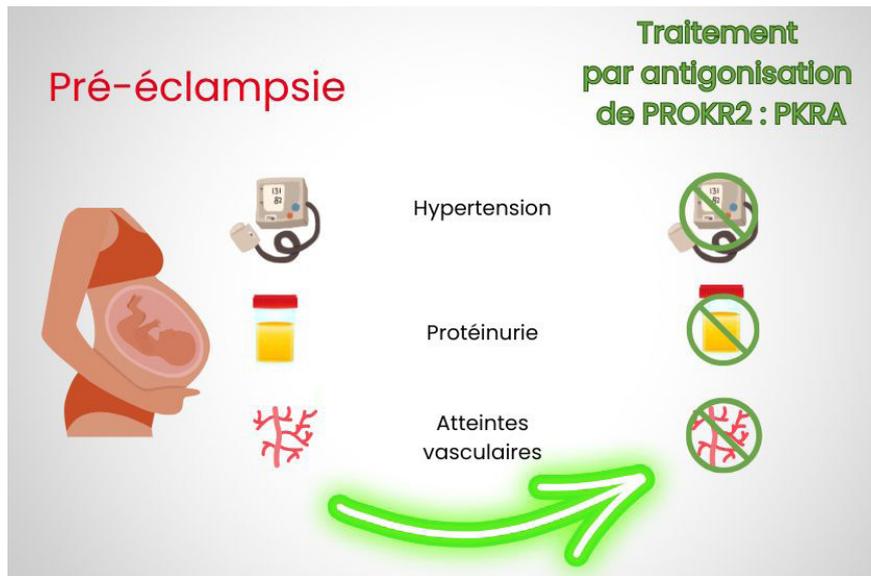
Omar El-Basha Hassan, Yves Chenavier, Vincent Maurel, Julien Pérard, Adnane Bouzina, Lionel Dubois et Florence Duclairoir

Vitamin C: friend or foe! A synopsis of ascorbic acid's reduction and oxidation of graphene oxide

[Material Advances](#) 2025

Nouvelle piste thérapeutique pour la pré-éclampsie

par Nadia Alfaidy - [Laboratoire Biologie et Biotechnologies pour la Santé](#)



La pré-éclampsie est une pathologie qui concerne entre 2 et 8 % des grossesses. Elle se manifeste par l'apparition de symptômes chez la mère dès 20 semaines d'aménorrhée, notamment une hypertension, une protéinurie (présence de protéines dans les urines) et des atteintes du système vasculaire maternel touchant divers organes, y compris le cœur et le cerveau.

À ce jour, aucun traitement ne permet de soulager ces symptômes ni de guérir cette pathologie, à l'exception de l'interruption de la grossesse. Cela peut entraîner des accouchements prématurés. Parmi les causes de la pré-éclampsie, la mutation génétique du facteur de transcription STOX1 a été identifiée.

Dans ce contexte, une équipe de recherche de l'Irig/Biosanté a utilisé un modèle de souris gestante portant cette mutation afin d'étudier les mécanismes de la pathologie et d'explorer de nouvelles pistes thérapeutiques basées sur l'inhibition du récepteur PROKR2 des prokinétines, une famille de protéines impliquées dans le développement du placenta.

Le modèle de souris gestante hétérozygote pour le gène STOX1 a permis de générer deux formes distinctes de pré-éclampsie. La première, représentative de la pré-éclampsie d'origine placentaire (foetus hétérozygote STOX1), et la seconde représentative de la pré-éclampsie d'origine maternelle (foetus normal et environnement pré-éclamptique).

Les chercheurs ont testé les effets de PKRA, un antagoniste de PROKR2, sur l'atténuation des symptômes des deux formes de pré-éclampsie. Ce traitement réduit l'hypertension et la protéinurie dans les deux formes. De plus, son efficacité est plus marquée lorsque la pré-éclampsie est d'origine maternelle. Enfin, le traitement *in vitro* par PKRA atténue les lésions de l'intégrité vasculaire induites par la

surexpression du gène STOX1. Cette étude propose un nouveau traitement de la pré-éclampsie basé sur l'inhibition du récepteur PROKR2, offrant des perspectives pour traiter les altérations vasculaires associées à cette pathologie.

Financements

Inserm Transfert

Collaborations

Institut Cochin
CEA Saclay
Université de Melbourne

Référence

Sergent F. et al.
Antagonisation of Prokineticin Receptor-2 Attenuates Preeclampsia Symptoms
[Journal of Cellular and Molecular Medicine](#) 2025

Les lanthanides illuminent les cellules observées au microscope

par Olivier Sénèque - [Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux](#)

Dans le cadre de la microscopie cellulaire, les chercheurs de l'Irig/LCBM ont réussi à introduire des complexes de lanthanides dans le cytosol de cellules vivantes pour mieux les détecter par microscopie de fluorescence.

Les lanthanides sont des éléments chimiques de la famille des terres rares qui ont de formidables propriétés de luminescence. Pour cette raison, ils sont des composants indispensables pour de nombreuses technologies actuelles (lasers, dispositifs d'éclairages, écrans, encres anti-contrefaçon pour les billets de banque, etc). Leurs propriétés de luminescence sont très particulières en comparaison de celles des molécules organiques fluorescentes et pourraient être intéressantes pour des applications en imagerie biologique ou médicale par microscopie.

Dans cet article, les chercheurs de l'Irig/LCBM [**Collaboration**] décrivent un nouveau pas vers cet objectif. L'émission des lanthanides se distingue de celle des molécules organiques fluorescentes par des raies d'émission très fines, à des longueurs d'onde fixes et caractéristiques de chaque lanthanide et par une émission lumineuse très longue, de l'ordre de la microseconde à la milliseconde, au lieu de la nanoseconde pour la luminescence naturelle provenant des cellules ou des fluides biologiques. Leur émission peut donc être aisément discriminée de la luminescence endogène biologiques lors des expériences de microscopie, ce qui est d'un intérêt majeur.

Les lanthanides, sous forme de cations sont toxiques et ils doivent être encapsulés dans une molécule – on parle alors de complexe métallique ou complexe de lanthanide – pour être utilisé dans le vivant. Jusqu'à présent, la difficulté avec les complexes de lanthanides était l'absence de contrôle de leur pénétration dans les cellules et de leur répartition en leur sein, la plupart des complexes de lanthanides

décrits dans la littérature scientifique capables de pénétrer dans les cellules se retrouvant dans les lysosomes, qui sont les poubelles des cellules.

Les chercheurs de l'Irig/LCBM ont greffé des complexes de lanthanide sur des peptides capables d'entrer dans les cellules vivantes et d'atteindre le cytosol pour se répartir uniformément dans celles-ci. Ainsi des images de microscopie ont pu être obtenues, montrant la répartition du lanthanide dans toute la cellule, indiquant que la sonde avaient atteint son objectif plutôt que de finir dans les lysosomes (**Images** ci-dessous).

Cette étude est un premier pas vers la création et l'utilisation par les biologistes de sondes intelligentes pour la microscopie, à base de lanthanides et capable de détecter et localiser des molécules d'intérêt présentes dans les cellules et mieux comprendre leur métabolisme.

Financements

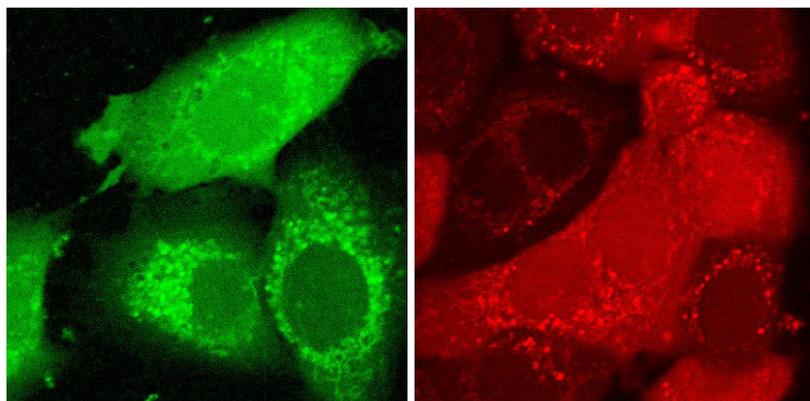
Aviesan : programme ITMO Cancer PCSI
Projet ANR RECODNA
CEA : programme FOCUS Biomarqueurs

Collaboration

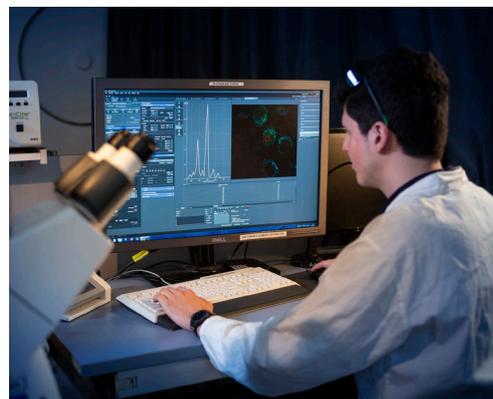
École Normale Supérieure, Lyon
Institut pour l'Avancée des Biosciences, Grenoble

Référence

Malikidogo K P. et al.
Efficient cytosolic delivery of luminescent lanthanide bioprobes in live cells for two-photon microscopy
[Chemical Science](#) 2024



Images par microscopie : à gauche, les cellules contenant du terbium émettent une lumière verte, à droite contenant de l'euporium elles émettent dans le rouge. © CEA



Etude des cellules au microscope et identification de l'émission caractéristique du terbium, un des 15 lanthanides.
© Christian Morel / LCBM / CNRS

Communiqués - Prix - Autres



Assemblée Générale du CEA-Irig

[site Irig](#)



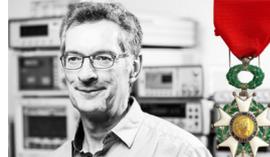
Tech & Fest 2025

[site Irig](#)



Célébration des 30 ans des lignes françaises de lumière à l'ESRF

[site Irig](#)



Bernard Diény, Chevalier dans l'ordre national de la Légion d'honneur

[site Irig](#)



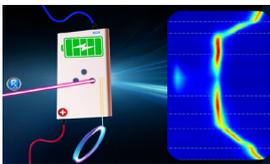
Améliorer les batteries tout-solide en confinant l'électrolyte de manière unidimensionnelle (1D)

[site Irig](#)



Les PFAS peuvent altérer la santé du placenta pendant la grossesse

[site Irig](#)



Les capteurs intégrés dans les batteries Li-ion impactent la lithiation de l'anode

[site Irig](#)



CEA-Irig et CEA-Leti : Fructueuse collaboration pour les organoïdes-sur-puce

[site Irig](#)



Ma thèse en 180 secondes Mélanie Lopes (BGE) en finale de l'académie de Grenoble

[site Irig](#)



25 ans de collaboration fructueuse avec Pierre Fabre Dermo-Cosmétique

[site Irig](#)



L'animation de réalité virtuelle PlanktoQuest pour prendre en main le plancton marin

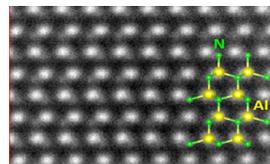
[site Irig](#)

Résultats scientifiques des laboratoires



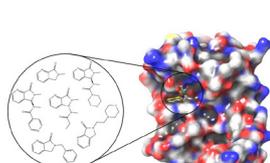
4 projets soutenus par la Ligue Rhône-Alpes Contre le Cancer

[site Biosanté](#)



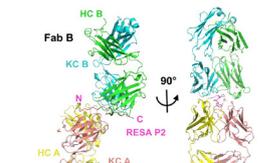
Fournir l'avenir : Comment l'AIN sur β -Ga₂O₃ pourrait révolutionner l'électronique de puissance

[site Pheliqs](#)



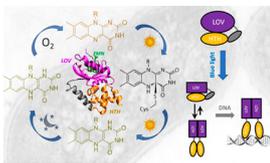
Découverte et optimisation de fragments ciblant le site actif de l'enzyme IspD de *Pseudomonas Aeruginosa* par criblage cristallographique

[site IBS](#)



Une nouvelle méthode d'isolement agnostique d'anticorps monoclonaux (Acm) humains révèle un mode de reconnaissance des protéines à motifs répétitifs du *Plasmodium falciparum*

[site IBS](#)



EL222 mise en lumière : comment un photorécepteur module l'expression génique

[site IBS](#)

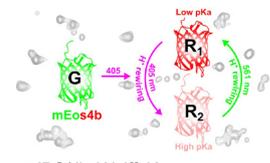
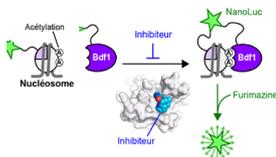


Photo-commutation positive chez les protéines fluorescentes photoconvertibles : un nouveau mécanisme induit par la lumière

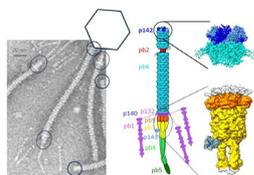
[site IBS](#)

© IBS/Jip Wuffelélé



Vers une nouvelle génération d'antifongiques

[site IBS](#)



La structure permet enfin la localisation d'une protéine jusqu'alors introuvable

[site IBS](#)

<p>Biosciences et Bioingénierie pour la Santé</p> <p>CEA-Inserm-UGA www.BGE-lab.fr</p>	<p>Biologie et Biotechnologie pour la Santé</p> <p>CEA-Inserm-UGA www.Biosante-lab.fr</p>	<p>Chimie et Biologie des Métaux</p> <p>CEA-CNRS-UGA www.CBM-lab.fr</p>	<p>Institut de Biologie Structurale</p> <p>CEA-CNRS-UGA www.IBS.fr</p>	<p>Modélisation et Exploration des Matériaux</p> <p>CEA-UGA www.MEM-lab.fr</p>
---	---	--	---	---

<p>Photonique Electronique et Ingénierie Quantiques</p> <p>CEA-UGA www.Pheligs.fr</p>	<p>Physiologie Cellulaire et Végétale</p> <p>CEA-CNRS-UGA-INRAE www.LPCV.fr</p>	<p>Département des Systèmes Basses Températures</p> <p>CEA-UGA www.d-SBT.fr</p>	<p>Spintronique et Technologie des Composants</p> <p>CEA-CNRS-UGA www.Spintec.fr</p>	<p>Systèmes Moléculaires et nanoMatériaux pour l'Énergie et la Santé</p> <p>CEA-CNRS-UGA www.Symmes.fr</p>
--	---	--	---	--



irig.cea.fr



- Institut de
- Recherche
- Interdisciplinaire
- de Grenoble
-
-
- CEA
- 17 Avenue des Martyrs
- 38054 Grenoble Cedex 9

- Directrice de la publication
- Pascale Bayle Guillemaud
- Editeur et format électronique
- Alain Farchi
-
- **Comité de rédaction :** Nadia Alfaidy,
- Alexandra Colin, Bernard Diény, Florence
- Duclair, Ursula Ebels, Jean-Michel
- Gérard, Xavier Gidrol, Dominique
- Madern, Olivier Sénèque, Alain Farchi,
- Emmanuelle Neumann

