

LAAS  
CNRS

# FOCUS 2017

une année au cœur du  
Laboratoire d'analyse et  
d'architecture des systèmes  
du CNRS





Direction de la publication  
Direction de la rédaction  
Rédaction en chef

Liviu Nicu  
Anne Hémercyck, Thierry Leïchlé  
Marie-Laure Pierucci

Rédaction

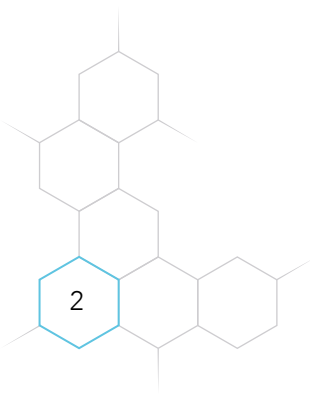
Angelo Accardo, Alexandre Arnoult, Patrick Austin, Aurélien Bancaud, Laurent Bary, Aline Cerf, David Dubuc, Alain Estève, Hugues Granier, Katia Grenier, Jérémie Guiochet, Anne Hémercyck, Pierre Joseph, Florent Lamiraux, Guilhem Larrieu, Aurélie Lecestre, Bernard Legrand, Pierre Lopez, Laurent Malaquin, Antoine Monmayrant, Thierry Monteil, Frédéric Morancho, Liviu Nicu, Dimitri Peaucelle, David Pech, Yannick Pencilé, Carole Rossi, Matthieu Roy, Nicolas Seydoux, Philippe Souères, Jean-Guy Tartarin, Christophe Thibault, Gilles Trédan, Christophe Vieu, Hélène Waeselynck

Conception graphique &  
mise en page

Marie-Laure Pierucci &  
Dominique Daurat

Remerciements

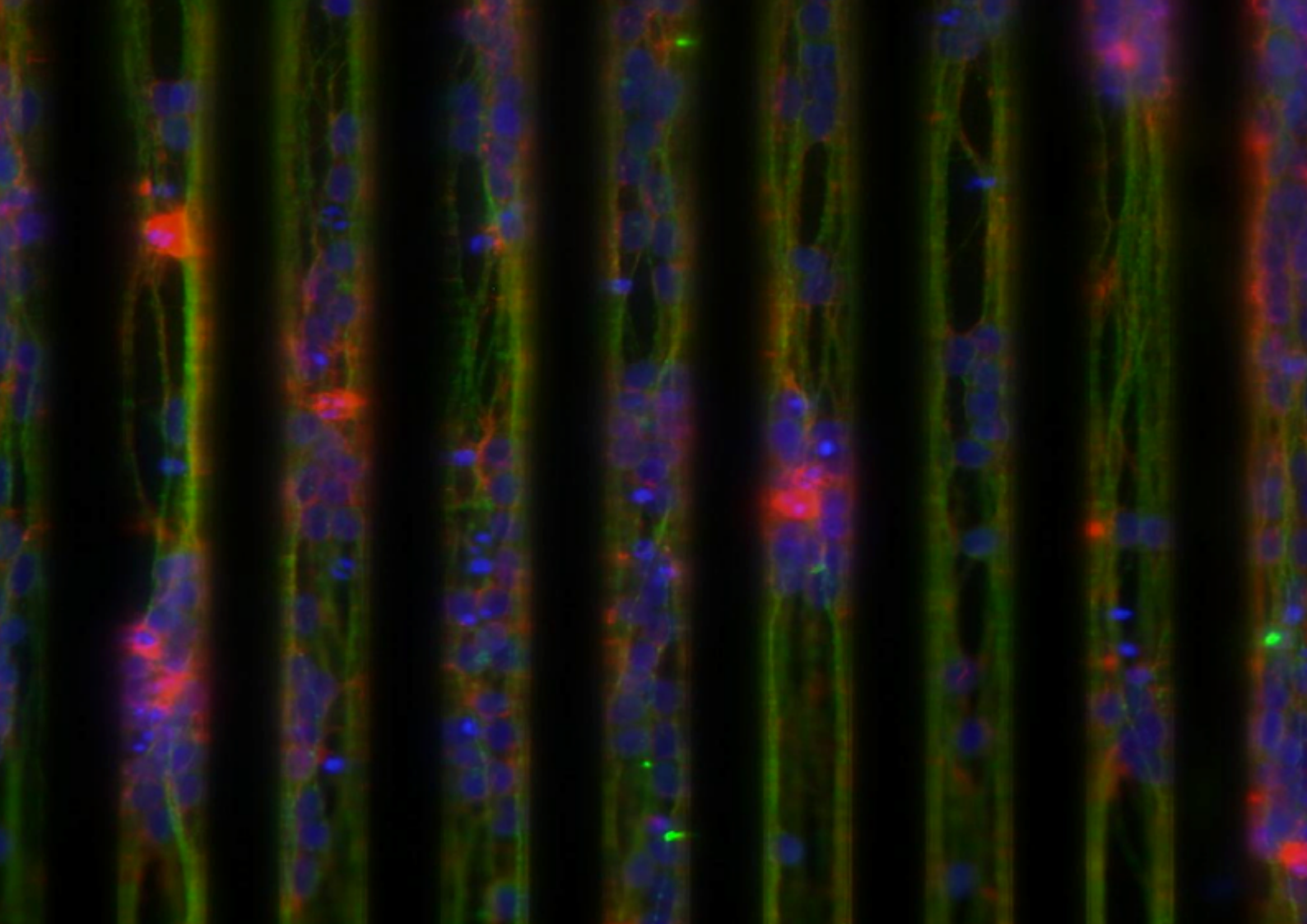
Marise Bafleur, Laurent Bary, Laurent Blain, Anaëlle Contival, Brigitte Ducrocq, Hugues Granier, Christophe Louembet, Samir Medjiah, Bruno Watier



# Suivez-nous !



Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS  
LAAS-CNRS  
7 avenue du colonel Roche  
31031 Toulouse cedex 4 – France  
[www.laas.fr](http://www.laas.fr)



# Sommaire

■ Éditorial .....	5
■ Focus scientifique .....	6
■ Prix et récompenses .....	14
■ Projets européens & internationaux .....	16
■ Collaborations industrielles .....	18
■ Événements .....	23

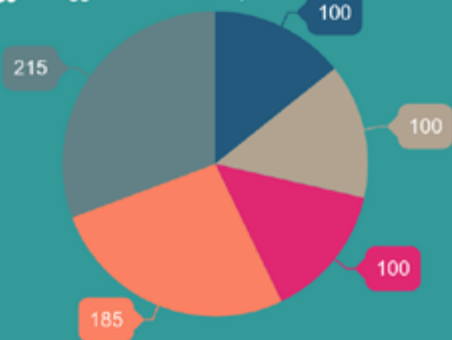


# Chiffres clés



Personnel

700, dont :



ITA (14.29%) enseignants-chercheurs (14.29%)  
chercheurs CNRS (14.29%) doctorants (26.43%)  
contractuels & hébergés (30.71%)



12000 m<sup>2</sup> de surface bâtie

**budget consolidé**

53 M €



**59** nationalités représentées



## Production scientifique :



410 revues internationales & conférences  
16 livres ; 62 thèses soutenues

4 axes stratégiques

8 départements scientifiques

26 équipes

10 services communs



4

plateformes technologiques



140 contrats en cours :  
12 projets européens, dont 2 ERC  
5 laboratoires communs

2017

# Éditorial



2018 représente pour le LAAS-CNRS une année exceptionnelle à plusieurs titres. Premièrement, c'est l'année de ses cinquante printemps d'existence. L'expression «printemps» prend tout son sens ici puisque l'acte fondateur du laboratoire, à savoir la constitution de son premier conseil d'unité, est daté de mai 1968. Année exceptionnelle également parce que l'environnement proche du laboratoire est en profonde mutation. En effet, après des années timides pour la structuration du site académique toulousain, la communauté scientifique construit collectivement les fondations de l'Université de Toulouse, celle qui inscrit le site sur une trajectoire ambitieuse mettant en valeur ses atouts.

Dans le cadre de cette année d'exception et pour marquer les 50 ans de notre laboratoire, plusieurs éléments de communication liés à la vie interne du LAAS-CNRS mais également à son rayonnement national et international se matérialiseront dans le courant de 2018.

Le document que vous avez entre les mains est un de ces éléments : il m'est apparu essentiel de reprendre ici les temps forts scientifiques qui ont rythmé l'année 2017, fruit de l'investissement des femmes et des hommes qui travaillent au LAAS-CNRS. Cette brochure, qui est une première pour notre laboratoire, a vocation à être éditée chaque premier trimestre des années qui suivront. Elle complétera ainsi les informations diffusées au quotidien sur les media numériques que sont par exemple les réseaux sociaux sur lesquels le LAAS-CNRS possède son compte (Twitter, Facebook) ou est identifié par des visiteurs (Instagram). Rien ne vaut, finalement, cette brève pause que vous vous accorderez pour feuilleter un document synthétique, dont la conception a été effectuée avec le plus grand respect aussi bien pour votre temps (en tentant de rester factuel et concis) que pour l'environnement (en effectuant un tirage extrêmement limité en nombre d'exemplaires).

La brochure est constituée de plusieurs parties dont la première vous donne un aperçu, en quelques chiffres-clés, de ce qu'est le LAAS-CNRS aujourd'hui. Puis, se succèdent les rubriques « focus » : premièrement le focus scientifique où sont repris quelques-uns seulement des résultats les plus marquants de l'année précédente, suivi par le focus « prix et récompenses » qui donne un aperçu du rayonnement international du laboratoire. Viennent ensuite les projets européens et internationaux qui pointent uniquement les projets de grande envergure qui démarrent ou qui viennent de se terminer et la partie dédiée aux collaborations industrielles, qui traite des grands projets structurants, en collaboration avec des entreprises, que nous avons démarrés tout récemment. Enfin, la partie « événements » présente une sélection des événements importants dont le LAAS-CNRS a été moteur principal.

En vous souhaitant une agréable lecture, je formule le vœu que cette brochure Focus puisse vous donner l'envie de venir pousser les portes de cet extraordinaire lieu des savoirs que représente le LAAS-CNRS.



# Focus scientifique



## Des échafaudages en trois dimensions pour la culture cellulaire

La culture de cellules hors de leur milieu natif (in vitro) est souvent mise en œuvre sur des surfaces planes qui ne sont pas représentatives de la situation tridimensionnelle du vivant. Des chercheurs du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS-CNRS, Equipe ELiA), et du Toulouse Neuroimaging Center (Inserm/Université Toulouse III) ont conçu des échafaudages en trois dimensions de précision sub-micrométrique pour cultiver des cellules neuronales en leur sein.

Grâce à une méthode de structuration de la matière très précise d'impression 3D par laser, des architectures poreuses ont pu être fabriquées. Ces échafaudages ont fourni des conditions propices à une invasion de cellules d'un type spécifique de souris, choisies pour leurs nombreuses analogies avec les neurones. Ces cellules ont formé de longues extensions organisées dans les trois dimensions de l'espace. En parallèle, les chercheurs ont abordé la question de l'imagerie, les techniques conventionnelles ne permettant pas d'observer le comportement des cellules jusqu'au cœur des échafaudages. En complément de techniques de microscopie conventionnelles, ils ont utilisé d'autres types d'observation extrêmement puissante comme la microscopie à feuille de lumière et l'imagerie confocale multiphotonique pour l'observation en trois dimensions de la prolifération cellulaire. À long terme, ces environnements cellulaires construits à l'extérieur d'un organisme vivant pourraient servir d'implants médicaux pour des applications de régénération tissulaire. De nouveaux développements concernent l'utilisation de matériaux encore plus adaptés à la matière vivante afin d'étudier des cellules souches.

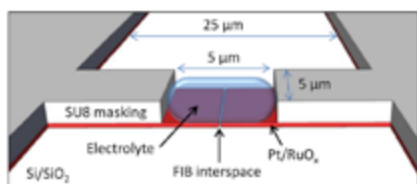


### Contact :

Angelo Accardo, angelo.accardo@laas.fr, équipe ELiA

**En savoir plus :** Multi-photon direct laser writing and 3D imaging of polymeric freestanding architectures for cell colonization, A. Accardo, MC. Blatche, R. Courson, I. Loubinoux, C. Thibault, L. Malaquin, C. Vieu, *Small*, 13, 1700621 (2017).

## Miniaturisation des supercondensateurs : un enjeu de taille



Représentation schématique d'un nanosupercapaciteur patterné par FIB.

Les supercondensateurs sont des dispositifs capables de stocker l'énergie électrique. Bien que disposant d'une réserve d'énergie limitée, ils surpassent de loin les propriétés des batteries en matière de durée de vie et de puissance délivrée. La miniaturisation des supercondensateurs a connu au cours de la dernière décennie un véritable essor en raison des applications potentielles dans le domaine des capteurs autonomes et des objets connectés. Des chercheurs du LAAS-CNRS, de l'INRS (Québec) et de l'Institut Jean Lamour (Nancy) ont réalisé, à l'aide d'une sonde ionique focalisée (*Focused Ion Beam*, FIB), des motifs à l'échelle nanométrique pour réaliser des « nano-supercondensateurs ». Ces composants modèles offrent une opportunité unique de comprendre des processus électrochimiques au niveau le plus fondamental - notamment des réactions cinétiques impliquées dans le stockage de charge - ouvrant de nouvelles opportunités dans la conception de dispositifs de stockage d'énergie intégrés avec des propriétés améliorées.

Contact : David Pech, david.pech@laas.fr, équipe ISGE

**En savoir plus :** Atypical properties of FIB-patterned RuOx nanosupercapacitors, A. Ferris, B. Reig, A. Eddarir, J.-F. Pierson, S. Garbarino, D. Guay, D. Pech, *ACS Energy Letters*, 2, 1734 (2017).

## Voir en direct les mécanismes de transcription des chromosomes

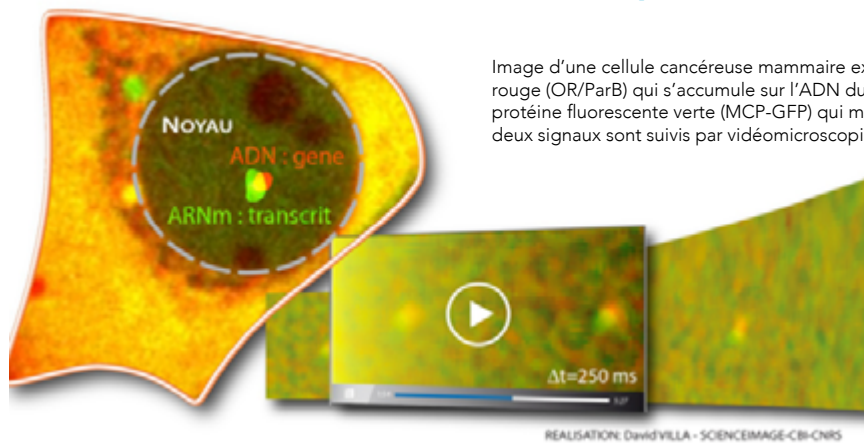


Image d'une cellule cancéreuse mammaire exprimant une protéine fluorescente rouge (OR/ParB) qui s'accumule sur l'ADN du gène de la Cycline D1 et une protéine fluorescente verte (MCP-GFP) qui marque l'ARN messager produit. Les deux signaux sont suivis par vidéomicroscopie en temps réel.

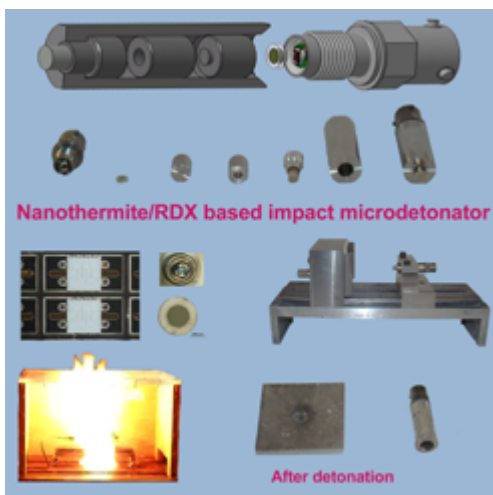
Les chromosomes, qui sont le support de l'information génétique humaine, sont continuellement transcrits par une machinerie enzymatique sophistiquée. Bien qu'essentielle à la vie cellulaire, la dynamique du processus de transcription reste mal appréhendée. Les technologies d'imagerie optique de fluorescence permettent aujourd'hui de visualiser un gène dans une cellule vivante tout en contrôlant l'environnement chimique en temps réel. Avec ces outils et en exploitant une méthode inédite d'étiquetage de l'ADN appelée ANCHOR, une équipe internationale formée de chercheurs du Centre de biologie intégrative de Toulouse (CBI), du LAAS-CNRS et l'EMBL (Heidelberg, Allemagne) a pu suivre pour la première fois la transcription d'un gène isolé dans des cellules humaines. De relativement libre avant transcription, les mouvements du gène sont ainsi apparus confinés quelques minutes à peine après l'initiation de la transcription. Cette étude ouvre ainsi de nombreuses pistes pour mieux comprendre les mécanismes de transcription des chromosomes ce qui permet d'appréhender encore plus finement les subtilités de l'apparition des cancers.

Contact : Aurélien Bancaud, aurelien.bancaud@laas.fr, équipe MILE

En savoir plus : Real-Time Imaging of a Single Gene Reveals Transcription-Initiated Local Confinement, T. Germier, S. Kocanova, N. Walther, A. Bancaud, H.A. Shaban, H. Sellou, et al., Biophysical Journal 113, 1383-1394 (2017).



## Nanothermites : des matériaux innovants pour des systèmes pyrotechniques miniatures sécurisés



Le LAAS-CNRS a développé un détonateur électrique miniature pour l'allumage d'explosifs secondaires plus « sûrs ». L'innovation repose sur l'utilisation de matériaux nanostructurés énergétiques. Appelés nanothermites, ils sont un mélange d'aluminium métallique et d'oxyde d'un autre métal, comme l'oxyde de cuivre (Al/CuO) ou l'oxyde de bismuth (Al/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Ces travaux, réalisés en coopération avec le CNES-Lanceur et Dassault-Aviation ont été motivés par la volonté de proposer de nouveaux systèmes pyrotechniques miniaturisés, à coût réduit et plus sécurisés dans le cadre des futurs lanceurs utilisés pour l'envoi de satellites dans l'espace par exemple.

Dans cet article, deux nanothermites initiées successivement sont utilisées pour allumer une charge explosive plus importante de manière sécurisée. Une première nanothermite Al/CuO initiée par un stimulus électrique faible (80 µJ) permet en une fraction de millisecondes l'initiation d'une autre nanothermite de type Al/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Finalement, Al/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanothermite très énergétique amorce à son tour du RDX, matériau de formule chimique C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>N<sub>6</sub>O<sub>6</sub> hautement explosif et communément utilisé pour les

applications spatiales, notamment les lanceurs. Cette réaction se produit en mode détonation, telle une onde de choc transmise mécaniquement à une vitesse de plusieurs kilomètres par seconde. Le taux de réussite dans l'utilisation de ces nanothermites de 80% obtenu chez notre partenaire d'étude Dassault-Aviation offre un avenir applicatif prometteur à ces nouveaux matériaux.

Contact :

Carole Rossi, carole.rossi@laas.fr, équipe NEO

En savoir plus : Nanothermite/RDX-Based Miniature Device for Impact Ignition of High Explosives, L. Glavier, A. Nicollet, F. Jouot, B. Martin, J. Barberon, L. Renaud and C. Rossi, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 42, 344 (2017).

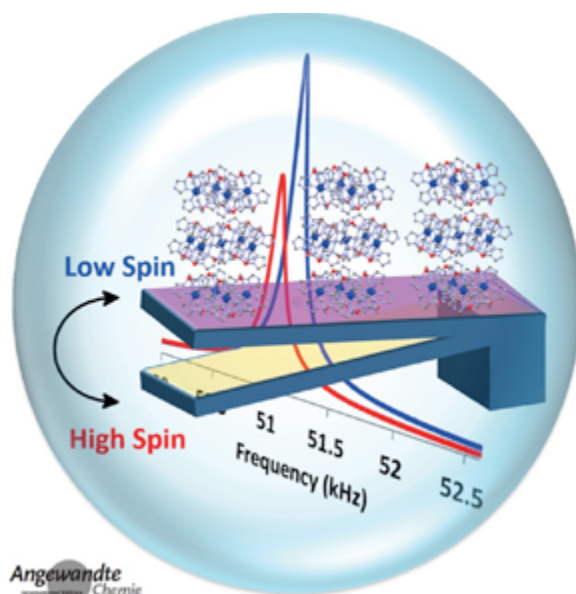
# Des matériaux à transition de spin pour des microsystèmes électromécaniques plus performants



Les microsystèmes électromécaniques (MEMS) connaissent un succès commercial indéniable depuis plusieurs décades, notamment dans des domaines d'application du quotidien tels que l'automobile ou les smartphones. Cependant, les matériaux conventionnels utilisés jusqu'ici commencent à montrer des limites en termes d'efficacité d'actionnement au fur et à mesure que les architectures utilisant des MEMS atteignent des niveaux de complexité accrus. Dans ce contexte, l'exploration du potentiel de nouvelles classes de matériaux en tant qu'actionneurs devient un prérequis fondamental à l'amélioration des performances de ce type de micro-dispositifs.

En collaboration avec le Laboratoire de chimie de coordination (LCC-CNRS) de Toulouse qui maîtrise la synthèse et la connaissance fondamentale d'une classe particulière de matériaux dits « à transition de spin », le LAAS-CNRS a engagé des efforts d'intégration de ces derniers dans des filières de fabrication conventionnelles de MEMS. Les matériaux à transition de spin présentent, entre autre, la particularité de changer de volume de façon considérable sous l'effet de stimuli physiques comme le changement de température ou de lumière.

Une série de résultats obtenus en 2017 a démontré la possibilité de mesurer, en temps réel, la transition de spin d'un composé original, le  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{B}(\text{pz})_2)(\text{phen})]^{+}$ , déposé par évaporation sur une structure de type micro-levier ainsi que la capacité de ce matériau à provoquer une déformation importante de la structure support. Ces résultats, à la fois surprenants par les performances atteintes et encourageants par l'horizon qu'ils entrouvrent, nous ont permis de poursuivre la collaboration engagée à travers une thèse de doctorat co-encadrée par les deux laboratoires.



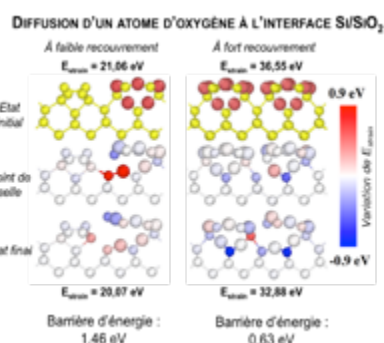
Angewandte Chemie

Contact :  
Liviu Nicu, nicu@laas.fr, équipe MEMS

<sup>1</sup>  $\text{H}_2\text{B}(\text{pz})_2$ =dihydrobis(pyrazolyl)borate et phen=1,10-phenantroline

**En savoir plus :** A bistable microelectromechanical system actuated by spin-crossover molecules, M. Dmanrique Juarez, F. Mathieu, V. Shalabaeva, J. Cacheux, S. Rat, L. Nicu, T. Leichlé, L. Salmon, G. Molnar, A. Bousseksou, *Angewandte Chemie International Edition* 56, 8074-8078 (2017).

## Quand la contrainte pilote la diffusion des atomes !



La diffusion est étudiée pour une surface initialement à demi oxydée (faible recouvrement) et totalement oxydée (fort recouvrement). La variation de la contrainte à l'interface associée à cette diffusion est indiquée par un gradient de couleur du rouge (système contraint) au bleu (système relaxé).

Dans la course au développement de dispositifs électroniques toujours plus petits, toujours plus performants, contrôler l'organisation de la matière à l'échelle de l'atome est un véritable challenge. Dans ce contexte, la modélisation à l'échelle atomique se révèle être un outil puissant pour seconder les procédés de fabrication de couches de matériaux nanostructurés.

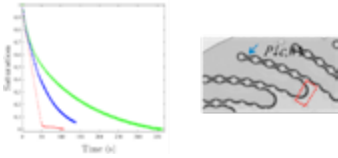
Appliquée à l'oxydation du silicium, une étude menée dans le cadre d'une collaboration entre l'équipe M3 du LAAS-CNRS, le CEA-DAM d'Arpajon et l'Université de Montréal au Canada, a mis en évidence l'effet de la contrainte locale de déformation de la structure cristallographique du silicium sur la diffusion des atomes. Plus la contrainte de déformation emmagasinée dans le silicium est forte, plus la diffusion des atomes est permise. La contrainte agit ainsi comme un catalyseur facilitant la réaction de diffusion. Cette nouvelle avancée dans la compréhension des mécanismes de croissance des matériaux permettra l'amélioration des modèles prédictifs utilisés par les industriels pour la simulation des procédés technologiques de fabrication.

Contact : Anne Hémercyck, anne.hemeryck@laas.fr, équipe M3

**En savoir plus :** Strain-driven diffusion process during silicon oxidation investigated by coupling Density Functional Theory and Activation Relaxation Technique - N. Salles, N. Richard, N. Mousseau et A. Hémercyck, *Journal of Chemical Physics* 147, 054701 (2017).



## Contrôler l'évaporation d'un milieu poreux grâce à sa géométrie



Contrôle du séchage par la géométrie  
Etude par des micromodèles

L'évaporation est cruciale dans de nombreuses situations naturelles (séchage des sols) et industrielles (matériaux de construction comme le béton et les peintures, routes, diffuseurs d'ambiance).

Pour comprendre les mécanismes en jeu, trois équipes de l'IMFT, du LMDC et du LAAS-CNRS proposent une approche basée sur des microsystemes fabriqués en salle blanche. Ces modèles miment, tout en les simplifiant, des situations réelles, pour en capturer les processus élémentaires.

L'étude, expérimentale et numérique, établit que la géométrie - plus précisément la façon dont les interstices du matériau (les pores du milieu poreux) sont distribués - contrôle le déplacement des fronts de liquides, et influence ainsi la cinétique de séchage. Deux modes de contrôle sont démontrés.

D'une part, la vitesse de séchage est modulée de plus d'un facteur cinq par la stabilité du front liquide, pilotée par le « gradient de porosité », c'est-à-dire les variations spatiales de la taille typique des pores.

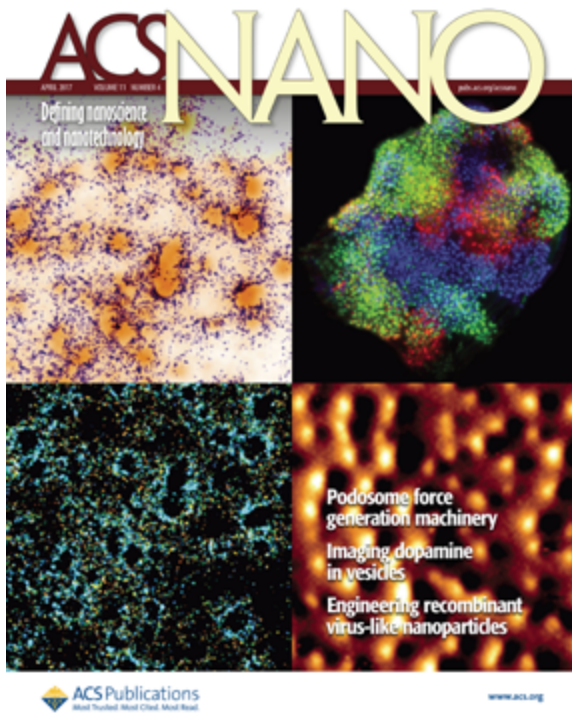
D'autre part, une géométrie biomimétique rappelant l'agencement de fleurs de tournesol (double spirale concentrique) permet, en combinant un front liquide stable avec la présence de films liquides connectant les pores, d'obtenir une évaporation rapide bien que continue. Ce travail ouvre de nouvelles pistes pour contrôler l'évaporation d'un matériau en jouant simplement sur sa structuration.

Contact : Pierre Joseph, pierre.joseph@laas.fr, équipe MILE

**En savoir plus :** Control of evaporation by geometry in capillary structures. From confined pillar arrays in a gap radial gradient to phyllotaxy-inspired geometry, C. Chen, P. Duru, P. Joseph, S. Geoffroy, M. Prat, Scientific reports, 7, 15110 (2017).  
Evaporation with formation of liquid bridges chains, C. Chen, P. Joseph, S. Geoffroy, M. Prat and P. Duru, Journal of Fluid Mechanics 837, 703-728 (2018).



## Investiguer la mécanique des cellules vivantes



La génération et la transmission de forces mécaniques par les cellules dans leur environnement proche est un défi majeur pour comprendre de nombreux processus physiologiques et pathologiques. Les podosomes font partie de cette catégorie de cellules qui se présentent sous la forme de structures de très petite taille avec un cœur fibreux organisé en colonnes et entouré par un anneau de protéines d'adhésion. Ces structures particulières possèdent la faculté de former des protrusions et de sonder la matrice extracellulaire. Utilisant une méthode de microscopie spécifique (appelée microscopie de force), nous avons précédemment montré que des podosomes isolés produisent des protrusions locales à l'échelle nanométrique dans l'environnement extracellulaire. Cependant, nous ne connaissons toujours pas le mécanisme qui permet la distribution de ces forces au niveau cellulaire.

Pour étudier la machinerie moléculaire de ces forces de protrusion, nous avons montré par calcul que les déformations du substrat induites par les podosomes nécessitent d'être contrebalancées par des forces de traction locale au niveau de l'anneau d'adhésion.

De plus, nous avons montré l'existence d'une tension mécanique au niveau de l'anneau d'adhésion du podosome, généré par trois protéines de l'anneau.

Les équipes combinées du LAAS-CNRS, de l'IPBS et de l'université Paris-sud démontrent pour la première fois l'existence d'une tension mécanique au niveau de l'anneau d'adhésion du podosome contrebalançant les forces de protrusion du cœur. Ce couplage local de forces opposées est la base de la génération de ces protrusions, révélant ainsi le podosome comme un générateur de forces autonomes à l'échelle nanométrique.

Contact :  
Christophe Thibault, christophe.thibault@laas.fr, équipe ELiA

**En savoir plus :** Podosome Force Generation Machinery: A Local Balance between Protrusion at the Core and Traction at the Ring, A. Bouissou, A. Proag, N. Bourg, K. Pingris, C. Gabriel, S. Balor, T. Mangeat, C. Thibault, C. Vieu, G. Dupuis, E. Fort, S. Lévêque-Fort, I. Maridonneau-Parini, and R. Poincloux, ACS Nano, 11, 4028-4040 (2017).

# Le nitru de gallium, un allié robuste des applications



## spatiales embarquées

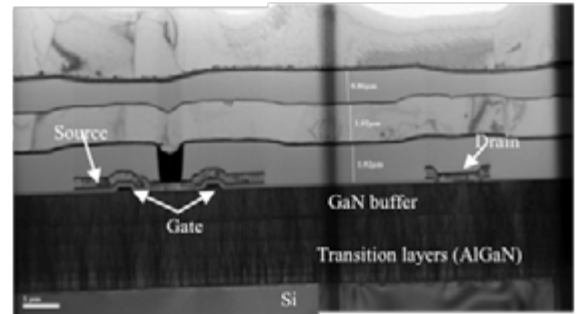
Les composants en nitru de gallium (GaN) dans les applications de conversion de l'énergie devraient être de plus en plus utilisés dans le futur. En effet, le GaN est un matériau semi-conducteur à large bande interdite qui permettra l'amélioration significative des performances électriques et thermiques des composants de puissance par rapport à ceux réalisés en silicium, matériau majoritairement utilisé à ce jour. Le GaN permet de répondre aux cinq difficultés des systèmes énergétiques suivants : refroidissement, poids, encombrement, rendement et coût. Il apparaît donc naturellement comme un candidat sérieux pour les applications embarquées, en particulier aéronautiques et spatiales où l'environnement naturel radiatif (NRE) est une contrainte supplémentaire. Le NRE est constitué de particules haute énergie provenant du soleil et des régions autres que le système solaire. Ces particules sont très fortement ionisantes et entraînent des dommages irréversibles sur les systèmes embarqués.

Cet article étudie donc le comportement électrique, sous irradiation d'ions lourds, de transistors de puissance en GaN. Des simulations numériques à éléments finis ont permis de comprendre un des mécanismes de défaillance (appelé le *Single Event Effect*) de ces dispositifs. Il apparaît comme conclusion principale que les dispositifs en GaN ont une immunité aux rayonnements très supérieure aux structures en silicium. Ceci lui confère donc un avantage supplémentaire à ceux évoqués plus haut.

### Contacts :

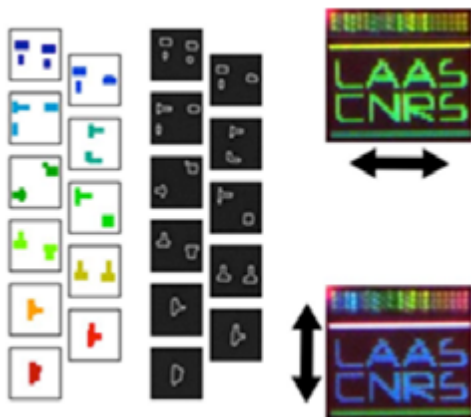
Frédéric Morancho, frederic.morancho@laas.fr ; Patrick Austin, patrick.austin@laas.fr, équipe ISGE

**En savoir plus :** TCAD Simulation of the Single Event Effects in Normally-off GaN Transistors after Heavy Ion Radiation, M. Zerarka, P. Austin, A. Bensoussan, F. Morancho et A. Durier, IEEE Transactions on Nuclear Science, 64, 2242-2249 (2017)



Photographie d'une coupe d'un composant réel en GaN ayant servi de référence pour les simulations.

## Un algorithme évolutionniste pour des nanostructures



### Darwin au secours des nanotechnologies ?

Des chercheurs du CEMES (Centre d'élaboration des matériaux et études structurales, CNRS) et du LAAS-CNRS ont développé des nanostructures photoniques complexes grâce à une méthode évolutionniste. Leur procédé inspiré de la sélection naturelle permet d'optimiser simultanément plusieurs propriétés optiques de nanoantennes. Ces travaux ont été publiés dans Nature Nanotechnology.

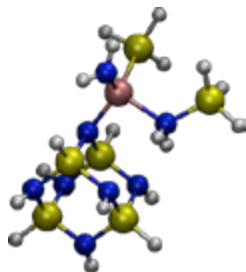
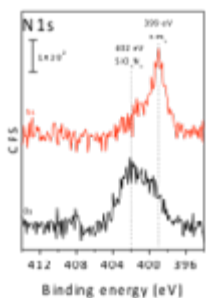
Ce travail illustre l'énorme potentiel de l'optimisation évolutionniste appliquée à la photonique et la nano-optique. Il ouvre la voie à la conception de nanostructures complexes optimisées pour plusieurs propriétés optiques : filtrage, diffusion orientée de la lumière, doublage de fréquence...

**Contacts :** Guilhem Larrieu, guilhem.larrieu@laas.fr, équipe MPN  
Aurélié Lecestre, aurelie.lecestre@laas.fr, service TEAM

**Source :** www.cnrs.fr/insis

**En savoir plus :** Nature Nanotechnology 12, 163-169 (2017)

## Vers un dépôt contrôlé basse température de nitrure de silicium



Spectres XPS consécutivement à la croissance de nitrure de silicium en présence d'aluminium ; vue atomistique consécutive à la dissociation/incorporation de l'hydrazine sur un complexe de nitrure de silicium incluant un précurseur TMA partiellement dissocié

Les couches de nitrure de silicium ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) sont très largement utilisées en microélectronique, pour la réalisation de couches barrières à la diffusion d'espèces notamment. Aujourd'hui, le dépôt de couches ultraminces de haute qualité sur des substrats potentiellement nanostructurés rend les méthodes de dépôt usuelles de plus en plus obsolètes. En revanche, la technique de dépôt par couches atomiques de type ALD (*Atomic Layer Deposition*), par le truchement de réactions chimiques auto-limitées en surface, permet un dépôt homogène sur des substrats accidentés, tout en abaissant considérablement les températures de dépôt. Dans cet article, en associant caractérisation expérimentale (XPS, IR in situ) et simulation moléculaire, nous démontrons qu'il est possible de croître des couches minces de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  à basse température (250°C). Ce résultat important s'appuie sur l'utilisation de précurseurs spécifiques de la croissance de nitrure de silicium, associés à des pulses de TMA (triméthyl-aluminium) intercalés dans les cycles conventionnels ALD, qui vont jouer le rôle de catalyseur de la croissance. Les calculs atomistiques réalisés au LAAS-CNRS révèlent que la présence d'aluminium dans la couche déposée augmente considérablement la durée de vie de l'hydrazine en surface, favorisant les réactions d'incorporation de l'azote dans la couche. Nous montrons enfin que la croissance contrôlée de couches plus épaisses de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  nécessitent une incorporation du précurseur TMA (un pulse de TMA) à chaque nm de croissance.

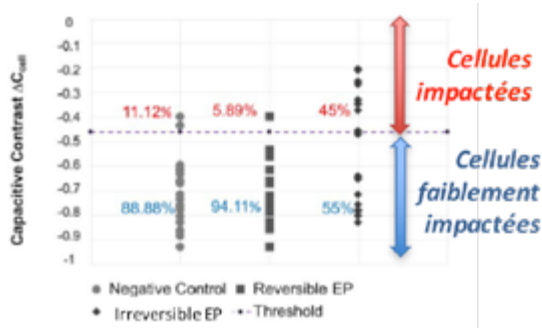
Contact : Alain Estève, alain.esteve@laas.fr, équipe NEO

En savoir plus : Role of Trimethylaluminum (TMA) in low temperature atomic layer deposition of silicon nitride, A. Dangerfield, C.E. Nanayakkara, A. Mallikarjunan, X. Lei, R.M. Pearlstein, A. Derecskei-Kovacs, J. Cure, A. Estève, Y.J. Chabal ; Chemistry of Materials, 29, 6022-6029 (2017).



## Des ondes électromagnétiques pour analyser l'état de santé de cellules ayant subi un choc électrique

Dans le cadre de diverses applications biomédicales, l'électroporation de cellules, qui consiste à rendre poreuse la membrane des cellules en réaction à un stimulus électrique, revêt une grande importance pour faciliter l'insertion de molécules ou gènes pour des applications thérapeutiques, ou encore pour l'élimination de micro-organismes. Malgré les progrès techniques réalisés dans le domaine de l'électroporation et de l'électrochimiothérapie, l'approfondissement des connaissances vis à vis des mécanismes associés à la perméabilisation des membranes, l'insertion et l'action de molécules et enfin la cinétique de ces phénomènes d'interaction reste d'un grand intérêt. Les méthodes couramment utilisées pour évaluer l'effet de l'électroporation sur la perméabilité et la viabilité des cellules sont efficaces, mais potentiellement invasives, chronophages et requièrent de grands volumes d'analyse.



Contraste capacitif révélateur de l'état de santé des cellules suivant le type d'électroporation appliquée (réversible et irréversible)

Deux équipes toulousaines au LAAS-CNRS et à l'IPBS ont récemment développé et évalué sur cellules électroporées une technique d'analyse basée sur la spectroscopie diélectrique micro-ondes. Il s'agit de caractériser la modification d'ondes électromagnétiques induite par les propriétés diélectriques du milieu biologique traversé. Cette méthode appliquée à l'analyse de cellules électroporées s'avère aussi efficace que les méthodes de caractérisation standards pour discriminer les électroporations réversibles et irréversibles qui induisent une porosité membranaire transitoire ou permanente. De plus, cette technique ne nécessite qu'une quantité infime de cellules (à savoir une dizaine de cellules seulement) tout en assurant une précision équivalente. Elle permet également de suivre les dommages intracellulaires au cours du temps, ce qui présente un atout particulièrement attractif pour une meilleure compréhension des mécanismes d'action des champs électromagnétiques pulsés sur cellules.

### Contacts :

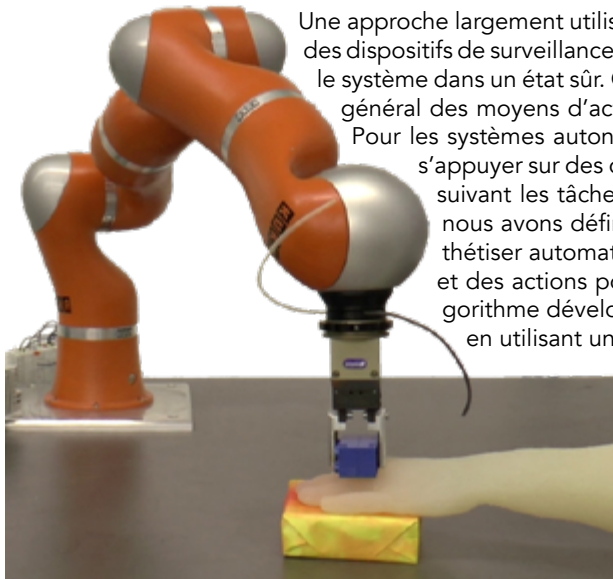
Katia Grenier, grenier@laas.fr ; David Dubuc, dubuc@laas.fr, équipe MH2F

En savoir plus : Microwave monitoring of single cell monocytes subjected to electroporation, A. Tamra, D. Dubuc, M.P. Rols, K. Grenier, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 65, 3512 – 3518 (2017).



## Moniteurs de sécurité pour les robots autonomes

Les robots dotés d'autonomie décisionnelle permettent par exemple d'aider les personnes à leur domicile, d'effectuer des opérations de maintenance ou de collaborer avec l'humain dans des tâches de fabrication. L'utilisation de ces systèmes est cependant encore expérimentale, car même si des solutions de conception mûrissent actuellement, la vérification et la validation sont peu explorées. La transition complète depuis les laboratoires vers les utilisateurs ne se fera que lorsque ces systèmes présenteront un niveau de confiance qui sera jugé acceptable. De nombreux travaux relatifs à l'augmentation de cette confiance sont en cours et couvrent de nombreux domaines, à la fois sur les technologies matérielles et logicielles, ainsi que sur les méthodes d'analyse et de conception.



Une approche largement utilisée consiste à se prémunir de leurs actions dangereuses grâce à des dispositifs de surveillance, ou moniteurs de sécurité, capables de détecter et de conserver le système dans un état sûr. Ces dispositifs intègrent des règles de sécurité, et possèdent en général des moyens d'actions bloquant l'évolution du système vers un état dangereux.

Pour les systèmes autonomes, les règles de sécurité peuvent être complexes, comme s'appuyer sur des observations liées au temps ou impliquer des actions différentes suivant les tâches et la situation dans laquelle se trouve le système. Pour cela, nous avons défini au LAAS-CNRS une méthode et un outil permettant de synthétiser automatiquement ces règles de sécurité à partir d'une liste de dangers et des actions possibles du moniteur : SMOF (*Safety Monitor Framework*). L'algorithme développé se base sur une exploration des solutions possibles, triées en utilisant un outil de la vérification formelle (model-checking).

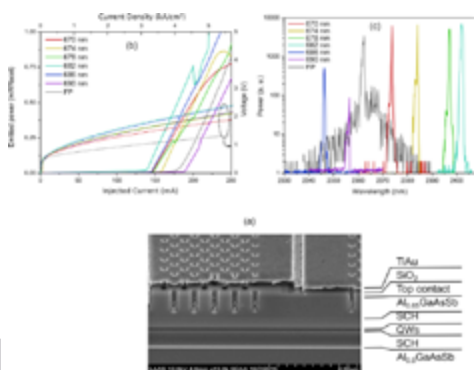
Conjointement à l'application et à l'utilisation de cette méthode dans le cadre de projets nationaux et européens sur la robotique de maintenance, agricole, et collaborative. SMOF est actuellement en cours d'extension pour simplifier l'exploration automatique des règles de sécurité. Cela permettra également de l'étendre au concept de défense en profondeur pour activer des actions de sécurité.

### Contact :

Jérémy Guiochet, jeremie.guiochet@laas.fr, équipe TSF

**En savoir plus :** SMOF: A Safety Monitoring Framework for Autonomous Systems, M. Machin, J. Guiochet, H. Waeselynck, J.P. Blanquart, M. Roy, L. Masson, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, - DOI 10.1109/TSMC.2016.2633291

## L'intégration nano-photonique pour la détection de gaz



L'équipe photonique du LAAS-CNRS a démontré une approche originale pour l'analyse des gaz (CH<sub>4</sub>, HF, CO) par spectroscopie infrarouge. Alors que les approches classiques reposent sur l'utilisation d'un seul laser accordable qui doit émettre de la lumière sur une très large gamme spectrale pour mesurer l'énergie absorbée par un gaz à différentes longueurs d'ondes, l'équipe a intégré au sein du même substrat une série de lasers faiblement accordables émettant à des fréquences régulièrement espacées. Cette approche a été rendue possible grâce à la maîtrise de la fabrication de cristaux photoniques qui forment la cavité laser et déterminent la fréquence émise par les lasers. Le double défi relevé par cette approche est d'une part, l'intégration de plusieurs lasers entièrement définis par cristaux photoniques, et d'autre part l'alimentation électrique de ces matrices de lasers.

Contact : Antoine Monmayrant, antoine.monmayrant@laas.fr, équipe PHOTO

**En savoir plus :** Electrically pumped all photonic crystal 2nd order DFB lasers arrays emitting at 2.3  $\mu\text{m}$ , B. Adelin, O. Gauthier-Lafaye, P. Dubreuil, A. Lecestre, Y. Rouillard, M. Bahriz, G. Boissier, A. Vicet and A. Monmayrant, APL Photonics 2, 036105 (2017).

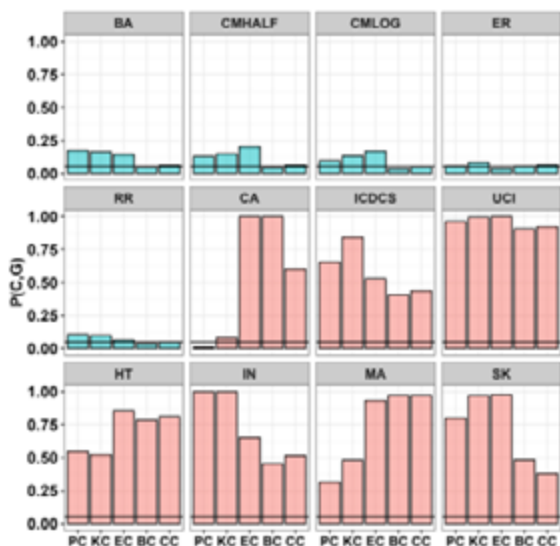
## Comment garantir le diagnostic automatique de comportements complexes ?

Cette contribution s'inscrit dans la thématique de recherche du diagnostic à base de modèle mathématique. On considère des systèmes dont les comportements peuvent se représenter comme une séquence d'événements (des systèmes d'assemblage, des chaînes de productions, des protocoles réseaux, etc). Tout comportement du système est constitué d'événements observables et non-observables, et, parmi ces comportements, certains peuvent être fautifs, anormaux. Le diagnostic consiste à déterminer la nature du comportement réel du système à partir du flux d'événements observés. Un comportement est anormal s'il existe dans sa séquence une succession anormale, contiguë ou non, d'événements non-observables : une telle succession fait partie d'un motif d'événements. Cet article propose une méthode générique et automatique qui répond à la question suivante : pouvons-nous garantir que la présence/absence d'un tel motif dans le comportement du système sera diagnostiquée avec certitude et en un temps fini à partir de n'importe quel flux observé ? Autrement dit, le motif est-il diagnosticable ? La méthode vérifie automatiquement cette propriété. Partant de la description d'un système et d'un motif par deux réseaux de Petri, la méthode synthétise un réseau de Petri dans lequel la question de la diagnosticabilité est transformée en une question d'atteignabilité. La méthode proposée emploie alors une technique de vérification de modèle et utilise l'outil TINA (*Time Petri Net Analyzer*) du LAAS-CNRS pour sa résolution.

Contact : Yannick Pencolé, [yannick.pencole@laas.fr](mailto:yannick.pencole@laas.fr), équipe DISCO

En savoir plus : Diagnosability analysis of patterns on bounded labeled prioritized Petri nets, H.E. Gougam, Y. Pencole, A. Subias *Discrete Event Dynamic Systems*, 27, 143-180 (2017).

## 50 nuances de graphes ou comment modéliser l'évolution des réseaux



Les vignettes de l'illustration ci-dessus représentent la signature (dont l'intensité varie de 0 à 1 en ordonnée) de chaque distance (en abscisse) appliquée à 12 réseaux dynamiques différents.

Ces résultats montrent que ces distances mesurent une dynamique des réseaux réels (en rouge) qui n'est actuellement pas capturée dans les modèles d'évolution usuels (en bleu).

Autrement dit, les modèles standard ne sont pas réalistes, ce qui indique que nous n'appréhendons pas correctement le dynamisme de nos réseaux. Mais en être conscient c'est déjà un bon début !

### Contacts :

Gilles Tredan, [gilles.tredan@laas.fr](mailto:gilles.tredan@laas.fr) ; Matthieu Roy, [matthieu.roy@laas.fr](mailto:matthieu.roy@laas.fr), équipe TSF

En savoir plus : The many faces of graph dynamics, Y. A. Pignolet, M. Roy, S. Schmid and G. Tredan, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 063401 (2017).

Les réseaux d'interactions capturent sous forme de graphe les interactions entre entités : amitiés entre individus, lignes aériennes entre aéroports ou encore échanges de messages entre serveurs. Une équipe du LAAS-CNRS a publié une étude sur les méthodes permettant de mesurer la trajectoire de graphes dynamiques, c'est-à-dire l'évolution de tels réseaux au cours du temps.

Pour comprendre cette nouvelle approche, on peut considérer les outils utilisés en physique pour décrire la trajectoire d'un solide : la position et ses dérivées temporelles, la vitesse et l'accélération. Mesurer ces informations nécessite une fonction de distance : distance par rapport à l'origine, par rapport à la position à l'instant précédent, etc.

Dans l'espace des graphes, une unique fonction de distance était jusqu'alors connue et celle-ci se prête mal à l'étude des réseaux dynamiques. Dans cet article, nous décrivons une distance entre graphes fondée sur les centralités, une famille de fonctions capturant l'importance d'une entité dans le graphe qu'elle compose. Chaque centralité induit une distance sur l'espace des graphes, apportant un nouvel éclairage sur la dynamique des réseaux dynamiques.

L'objectif est de caractériser plus précisément la trajectoire des graphes dynamiques, avec les mêmes applications que dans le cas des trajectoires de solides : obtenir position, vitesse, accélération, mais aussi pouvoir y asseoir un modèle afin d'interpoler et d'extrapoler les graphes dynamiques.

# Prix et récompenses

## Yves Chabal reçoit le diplôme de Docteur Honoris Causa de l'Université de Toulouse



Yves Chabal, professeur à l'Université du Texas à Dallas (Etats-Unis) où il dirige le département des sciences de la matière et de l'ingénierie s'est vu décerner mardi 6 juin 2017 le diplôme de Docteur *Honoris Causa* par Jean-Pierre Vinel, président de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier.

Ce titre honorifique de prestige est une marque de distinction qui récompense un parcours scientifique hors norme, au plus haut niveau international. Détenteur d'une « chaire d'attractivité » de l'Université de Toulouse, Yves Chabal est actuellement chercheur associé au sein de l'équipe NEO (Nano-ingénierie et intégration des oxydes métalliques et de leurs interfaces, département GE) du LAAS-CNRS, où il travaille à l'élaboration de matériaux énergétiques de nouvelle génération.

## Francesco Ferrante, lauréat du Prix des meilleures thèses du GdR MACS

Le prix de la meilleure thèse du groupement de recherche (GdR) sur la modélisation, l'analyse et la conduite des systèmes dynamiques (MACS) a été remis pendant l'assemblée générale du GdR qui s'est déroulée en marge de la conférence mondiale de l'IFAC (à Toulouse, en juillet 2017). Les contributions de la thèse que Francesco Ferrante a réalisée au sein de l'équipe MAC concernent la stabilité et la stabilisation des systèmes soumis à des signaux d'entrée ou de sortie quantifiés ou intermittents.



## GYSS2017 : Aline Cerf parmi les lauréats des 5 meilleurs posters

Aline Cerf, chercheuse dans l'équipe ELiA est l'une des lauréates du prix des meilleurs posters décerné lors du *Global Young Scientists Summit 2017 (GYSS)* qui s'est tenu à Singapour du 15 au 20 janvier 2017. Les 5 posters lauréats ont été sélectionnés par des scientifiques ayant obtenu un Prix Nobel, une médaille Fields ou encore le prix Millenium Technologie.



De gauche à droite : Dr Aline Cerf (LAAS-CNRS), Ms Vanessa Laversenne (EPFL), Dr Bill Cheng (Academia Sinica), Ms Grace Gu (MIT) and Dr Sana Suri (University of Oxford)

## Clément Carbonnel : Prix d'Excellence doctorale 2017



Clément Carbonnel qui a soutenu sa thèse intitulée «*Harnessing tractability in constraint satisfaction problems*» à l'Institut national polytechnique de Toulouse (INP-T) en décembre 2016, sous la direction d'Emmanuel Hébrard (équipe ROC) et de Martin Cooper (IRIT), a obtenu le prix de la meilleure thèse 2017 de l'*Association for Constraint Programming* (Société mondiale de programmation par contraintes) lors de la conférence IJCAI en août 2017 à Melbourne. Ses travaux lui ont également valu les prix du meilleur papier étudiant à la conférence internationale CP 2017, du meilleur papier de l'AFIA à la conférence nationale JFPC 2016 et le prix Léopold Escande 2017 des meilleures thèses de doctorat de l'INP Toulouse..

### Anaïs Chalard, meilleure communication orale à l'ECIS Young de Florence

Anaïs Chalard, de l'équipe MILE, a reçu le prix de la meilleure communication orale lors de la présentation de ses travaux de thèse à l'ECIS Young à Florence au mois de juin 2017. Ces travaux qui portent sur l'utilisation de gels supramoléculaires comme support pour la croissance de cellules souches neurales sont réalisés en collaboration avec les laboratoires IMRCP (Laboratoire des interactions moléculaires et réactivités chimiques et photochimiques, Toulouse) et ToNIC (Toulouse NeuroImaging Center).



### Hélène Cayron, prix de thèse de l'Académie des sciences de Toulouse et du réseau Rénatech

Hélène Cayron, doctorante CIFRE (Conventions industrielles de formation par la recherche) chez Innopsys en collaboration avec l'équipe ELiA a été récompensée par le prix de l'innovation de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse. Elle a également reçu le prix de thèse du réseau Renatech pour ces mêmes travaux portant sur le développement d'une micro-épuisette à cellules réalisée par lithographie 3D pour la récupération de cellules tumorales circulantes dans le sang en vue de fournir un outil de pronostic et de suivi thérapeutique en oncologie.

### Prix thèses INP Léopold Escande 2017

Quatre doctorants du LAAS-CNRS ont été distingués par un prix Léopold Escande de l'Institut national polytechnique de Toulouse (INP-T) :

- **Théo Calais** « Exploration des nanotechnologies ADN pour l'auto-assemblage de nanoparticules d'Al et de CuO : Application à la synthèse de matériaux composites énergétiques à haute performance » (direction : Carole Rossi et Aurélien Bancaud ; départements GE/TICS)
- **Arthur Bit-Monnot** « *Temporal and hierarchical models for planning and acting in robotics* » (direction : Malik Ghallab et Félix Ingrand ; département ROB)
- **Clément Carbonnel** « *Harnessing tractability in constraint satisfaction problems* » (direction : Emmanuel Hébrard et Martin Cooper ; département DO du LAAS-CNRS et IRIT)
- **Antoine Naillon** « Écoulements liquide-gaz, évaporation, cristallisation dans les milieux micro et nanoporeux. Etudes à partir de systèmes modèles micro et nanofluidiques » (direction : Pierre Joseph et Marc Prat ; département TICS du LAAS-CNRS et IMFT)



### Philippe-Antoine Gohard, Best Paper Award de la conférence VISAPP à Porto

Philippe-Antoine Gohard, doctorant CIFRE (Conventions industrielles de formation par la recherche) de l'équipe RAP avec l'entreprise Innersense, a reçu le prix du meilleur papier de la conférence internationale « *Computer Vision Theory and Applications* » (VISAPP 2017). Cet article, co-écrit avec Bertrand Vandeportaele, Michel Devy et Benjamin Coudrin propose une méthode originale pour interpoler la trajectoire d'une caméra à obturateur déroulant par des B-splines échantillonnées de manière non uniforme dans le temps. Cette méthode est exploitée dans un système de réalité augmentée fondé sur une caméra intégrée dans un smartphone ou une tablette.



# Projets européens et internationaux

## David Pech, (3D)cap pour l'ERC !

David Pech, chargé de recherche CNRS au sein de l'équipe ISGE du LAAS-CNRS, a obtenu une bourse Consolidator Grant du Conseil européen de la recherche (ERC) pour son projet 3D-CAP sur les micro-supercondensateurs. Ces micro-dispositifs sont des composants électroniques capables de stocker de manière réversible l'énergie électrique.

Doté d'un montant de 1,7 millions d'euros sur 5 ans, 3D-CAP a pour ambition de développer des micro-supercondensateurs à base d'électrodes RuO<sub>2</sub> tridimensionnelles surpassant les propriétés des micro-batteries actuelles en matière de durée de vie et de puissance délivrée. Ces composants d'un nouveau genre permettraient de contribuer de manière significative au développement de l'électronique nomade et des réseaux de capteurs autonomes en énergie.

L'excellence scientifique au niveau européen est l'un des principaux critères de sélection de ces bourses qui récompensent des chercheurs talentueux possédant entre 7 et 12 ans d'expérience depuis l'obtention de leur doctorat, ayant un parcours scientifique prometteur et qui souhaitent consolider leur équipe de recherche.



**Contact :**  
David Pech, david.pech@laas.fr, équipe ISGE

## TERRINet, un réseau européen d'infrastructures robotiques

Le projet Européen INFRAIA TERRINet, porté par Paolo Dario de l'École supérieure Sant'Anna de Pise, vise à créer un réseau européen d'infrastructures de recherche en robotique permettant un accès partagé aux plateformes, aux techniques et aux ressources humaines. Ce projet réunit 13 partenaires académiques prestigieux et complémentaires issus de 7 états membres et un pays associé\*.

Pendant quatre ans, ce projet offrira une colonne vertébrale pour relier la communauté des roboticiens et le monde industriel en promouvant un développement technologique basée sur la science. Cette action permettra de standardiser et de simplifier les procédures d'accès des chercheurs et des utilisateurs aux plateformes de recherche les plus avancées et renforcera le partenariat public-privé, en lien avec le réseau SPARC tourné vers l'industrie et l'innovation. Au sein du LAAS-CNRS, ce projet implique les trois équipes du département Robotique, les services IDEA et I2C et la plateforme robotique dans son ensemble.

Le projet a été officiellement lancé le 14 décembre 2017 à Pontedera, en Italie.



\* Scuola Sant'Anna, CEA, Ecole Polytech. Féd. de Lausanne, Italian Institute of Tech, Imperial College, Karlsruhe Inst. of Tech., LAAS-CNRS, Tech. Univ. Munich, Univ. Twente, Univ. Seville, Univ. Catalunya, Univ. West England, Univ. Ljubljana

**Contact :**  
Philippe Souères, philippe.soueres@laas.fr  
équipe GEPETTO





## Projet Européen HoliFAB

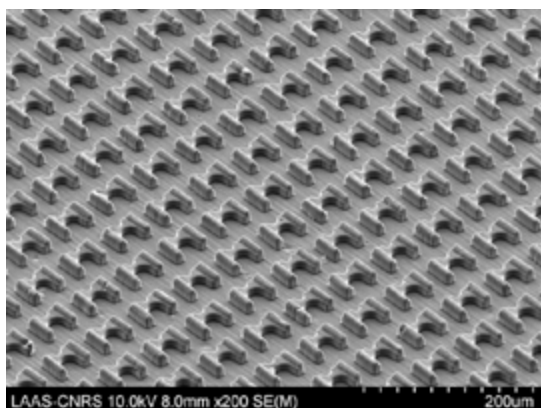


Image en microscopie électronique de microstructures « patchinkos » intégrées au sein d'un laboratoire sur puce par impression 3D à haute résolution. Ces structures sont destinées à la capture et à la fusion de cellules vivantes dans des canaux microfluidiques.

Le projet Européen HoliFAB (H2020-NMBP-PILOTS-2017, n°760927) a pour ambition de développer de nouvelles stratégies de production et de commercialisation de dispositifs microfluidiques pour des applications en biologie et en médecine.

Sur la base d'une approche globale dite « holistique », les 10 partenaires du projet souhaitent combiner trois lignes pilotes basées sur l'impression 3D, sur la production de dispositifs polymère par injection et sur le design numérique de plates-formes microfluidiques.

La contribution de l'équipe ELiA du LAAS-CNRS à ce projet est la mise au point de nouvelles technologies d'impression 3D et de bio-impression à haute résolution pour réaliser des dispositifs adaptés à l'ingénierie des tissus et à la bio-analyse.

Partenaires : Fluigent, LAAS-CNRS, Institut Curie (France) / Mypa, Micro Liquid (Espagne) / Micro Resist (Allemagne) / EVG (Autriche) / T2M (Pologne) / DCU, Tellab (Irlande)

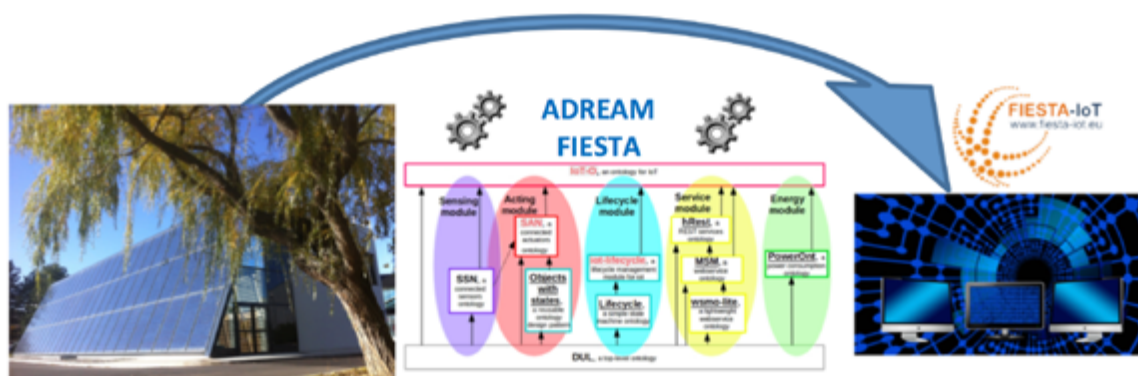
### Contact :

Laurent Malaquin, laurent.malaquin@laas.fr, équipe ELiA

## ADREAM FIESTA - un terrain d'expérimentation pour le projet H2020 FIESTA

Le bâtiment intelligent Georges Giralt du LAAS-CNRS produit 500000 valeurs numériques issues de ses 6500 capteurs/actionneurs par jour. Ces données brutes sont difficilement exploitables. Par contre, si on les transforme en connaissance en les sémantisant, c'est à dire en les décrivant avec un vocabulaire formel et défini, en leur donnant un contexte, en établissant entre elles des liens porteurs de sens, elles peuvent alors plus facilement être utilisées pour des applications permettant analyse, raisonnement, et diagnostic.

Le projet FIESTA-IoT (*Internet of Thing*), centré sur des données issues des villes, de la mer, des bâtiments, des réseaux, etc, vise à montrer le potentiel de ces données enrichies, autant pour les applications qu'elles permettent que pour l'interopérabilité. La première transformation nécessaire de notre bâtiment s'appuie sur l'ontologie IoT-O développée au LAAS-CNRS. Un alignement est ensuite réalisé avec le vocabulaire FIESTA-IoT pour produire au niveau européen un ensemble de données sémantisées accessible de manière uniforme.



**En savoir plus :** IoT-O, a core-domain IoT ontology to represent connected devices networks, N. Seydoux, K. Drira, N. Hernandez, T. Monteil (2016). In EKAW2016, Bologna.

### Contacts :

Thierry Monteil, thierry.monteil@laas.fr ; Nicolas Seydoux, nicolas.seydoux@laas.fr ; équipe SARA

# Collaborations industrielles

## Un microscope à force atomique ultra-rapide

Le LAAS-CNRS développe un microscope à force atomique (AFM) optomécanique dans le cadre du projet ANR OLYMPIA. Le cœur du projet est basé sur un nouveau concept de capteur de force vibrant exploitant le couplage d'une résonance optique et d'une résonance mécanique dans la même structure. Cette invention a fait l'objet en 2017 d'un dépôt de brevet dans le cadre de la collaboration avec les laboratoires MPO, IEMN, CEA-LETI et la société Vmicro SAS. Cette nouvelle génération de sonde conduira à un fonctionnement ultra-rapide de l'AFM en conditions ambiantes, permis par une fréquence de résonance dépassant 100 MHz, valeur typiquement 100 fois plus élevée que celle des sondes disponibles commercialement. Les applications pourront concerner la visualisation et la caractérisation de phénomènes dynamiques à l'échelle nanométrique, en particulier pour l'étude de la matière molle et des changements de conformation des molécules biologiques.

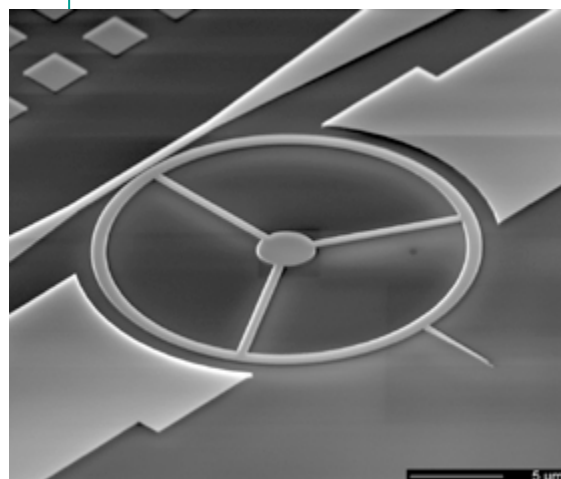


Image en microscopie électronique à balayage de la sonde AFM optomécanique développée dans le cadre du projet ANR OLYMPIA.

### Contact :

Bernard Legrand, [bernard.legrand@laas.fr](mailto:bernard.legrand@laas.fr), équipe MEMS

## Analyse de la stabilité de solutions colloïdales fortement absorbantes ou diffusantes avec les ondes électromagnétiques

L'analyse de la stabilité de solutions dites colloïdales, c'est-à-dire comprenant plusieurs phases ou substances, nécessite des instruments dédiés. Ceux commercialement accessibles répondent à de nombreux besoins. Néanmoins ils peuvent présenter certaines limitations telles que la nécessité de modifier l'échantillon à tester par dilution ou par amincissement, la prise en considération d'une certaine gamme de taille de particules seulement ou encore l'insensibilité à des solutions fortement absorbantes ou diffusantes.

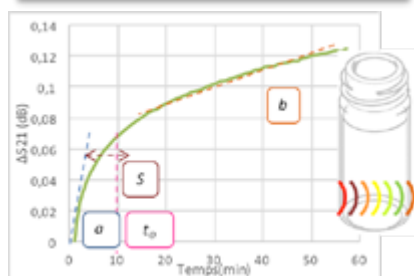
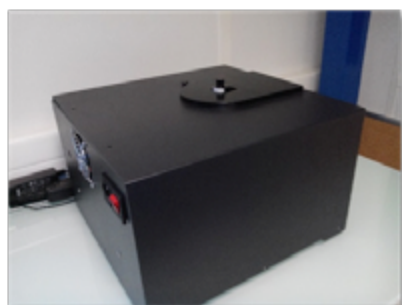


Image en microscopie électronique à balayage de la sonde AFM Photographie du démonstrateur permettant la mesure de la stabilité de solutions colloïdales et courbe type de sédimentation

Afin de compléter les possibilités d'analyse de solutions colloïdales, et en partenariat avec l'entreprise toulousaine Formulation spécialisée dans le développement de tels instruments, l'équipe MH2F du LAAS-CNRS a développé une nouvelle instrumentation dédiée, non destructrice, sans contact et sans besoin de modifier l'échantillon. La technique d'analyse utilisée est basée sur l'exploitation de la spectroscopie diélectrique micro-onde. La variation dans le temps du signal électrique radiofréquence appliqué à l'échantillon sous test permet ainsi de caractériser la stabilité de solutions liquides complexes notamment fortement concentrées, diffusantes et même absorbantes. La complémentarité de l'instrument par rapport à ceux existants permet à présent d'adresser l'analyse de la stabilité de solutions qui ne pouvaient être ainsi caractérisées jusqu'ici.

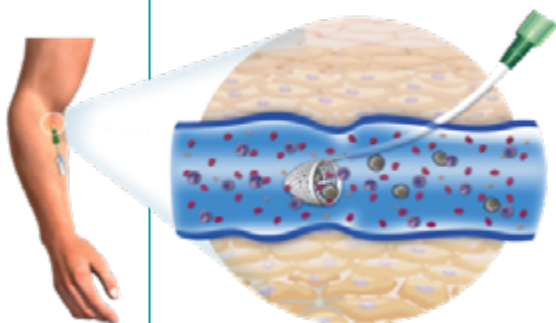
### Contacts :

Katia Grenier, [grenier@laas.fr](mailto:grenier@laas.fr) ; David Dubuc, [dubuc@laas.fr](mailto:dubuc@laas.fr), équipe MH2F

En savoir plus : Brevet FR 16 53548

## SmartCatch: un microfilet pour attraper des cellules tumorales circulantes dans le sang

SmartCatch® est une start-up issue des travaux de recherche menés conjointement depuis 2012 par des chercheurs de l'équipe ELiA du LAAS-CNRS et des chirurgiens urologues de l'Institut universitaire du cancer de Toulouse (IUCT) et du CHU de Rangueil, et ayant fait l'objet d'un brevet en 2015. Portée par 4 des inventeurs, le Dr. Aline Cerf, le Pr. Bernard Malavaud, le Dr. Sylvain Sanson, et le Pr. Christophe Vieu, SmartCatch® a été fondée en Septembre 2016 et exploite une technologie innovante de capture physique de cellules tumorales circulantes (CTCs).



Son ambition est de mettre à disposition des centres de recherche et de traitement en oncologie un outil efficace permettant de réaliser des biopsies liquides de haute valeur ajoutée pour une personnalisation du projet thérapeutique et une utilisation clinique répétée tout au long du parcours de soin d'un même patient.

L'activité de SmartCatch® se concentre aujourd'hui sur la mise au point des produits finis utilisables en routine clinique par le corps médical, à leur certification et à la mise en œuvre des études cliniques afin de rendre la technologie accessible au monde médical. La société compte aujourd'hui 3 salariées, et est soutenue par la BPI (Banque publique d'investissement). Le siège social de la société est localisé au sein de l'IUCT.

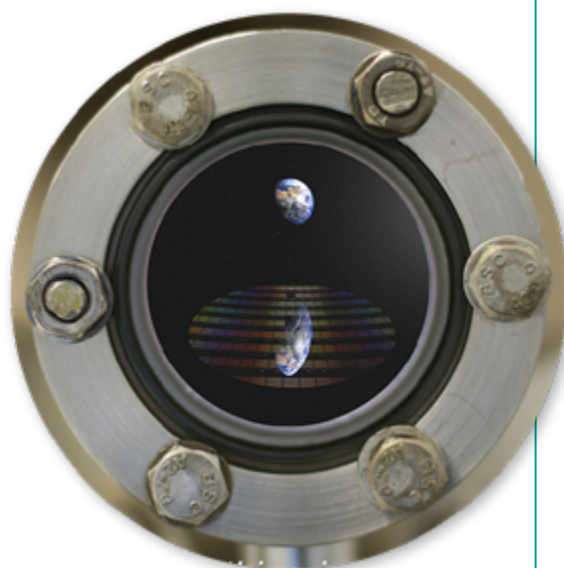
### Contacts :

Aline Cerf, [aline.cerf@laas.fr](mailto:aline.cerf@laas.fr) ; Christophe Vieu, [christophe.vieu@laas.fr](mailto:christophe.vieu@laas.fr), équipe ELiA

## EpiX : l'outil ultime de mesure de courbure sans contact

Mesurer précisément et sans contact la courbure d'une surface est un enjeu technologique majeur de nombreuses industries, en particulier pour la réalisation de composants microélectronique lors du dépôt de fines couches de matière sous vide. La technique standard actuelle basée sur la déflexion de multifaisceaux lasers permet d'effectuer des mesures précises mais est très fastidieuse à mettre en œuvre et n'est donc pas adaptée à des conditions industrielles de fabrication.

En 2017, Alexandre Arnoult et Jonathan Colin du LAAS-CNRS ont breveté (avec le soutien de la SATT Toulouse Tech Transfer) la technologie EpiX pour la mesure de courbure sans contact, alliant facilité d'utilisation, mesure en temps-réel avec une précision bien meilleure que les équipements de mesure actuellement sur le marché. La rupture technologique sous-jacente permet d'optimiser la technologie EpiX pour : le contrôle ultime de la courbure lors d'étapes technologiques des procédés de microélectronique, le contrôle qualité sur une chaîne de production, la fabrication de miroirs de télescopes géants ou de détection d'ondes gravitationnelles...

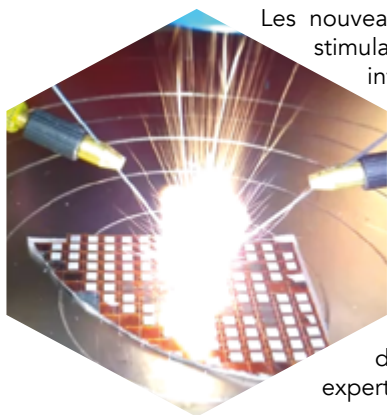


*Epix: Ultimate Curvature Control Tool  
because nothing is actually flat !*

### Contact :

Alexandre Arnoult, [alexandre.arnoult@laas.fr](mailto:alexandre.arnoult@laas.fr), service TEAM

## THERMIE : une filière ouverte et structurante pour les nanomatériaux et micro-initiateurs



Les nouveaux matériaux réactifs métal/oxyde peuvent produire après initiation par stimulation externe un effet thermique très énergétique, optique ou mécanique intense, en un temps très bref. Très prometteurs en remplacement des matériaux usuels, toxiques ou dangereux et intégrés dans des micro-initiateurs, ils trouvent des applications dans une grande variété de secteurs d'activité : génie civil, spatial, automobile, défense, santé, divertissement...

Le projet THERMIE, porté par le LAAS-CNRS avec l'appui de l'Union Européenne et de la Région Occitanie, propose une filière dédiée au développement de ces nanomatériaux et micro-initiateurs nouvelle génération pour des applications pyrotechniques sécurisées. Ouverte et accessible tant à la communauté scientifique qu'aux entreprises, elle met à disposition ses équipements de pointe, ainsi qu'un accompagnement et une expertise tant scientifique que technique sur ces sujets par son personnel dédié.

Ces travaux sont cofinancés (1M€) par l'Union européenne et la Région Occitanie. Travaux soutenus par la plateforme de micro et nano technologies du LAAS-CNRS, une composante du réseau ReNaTech.

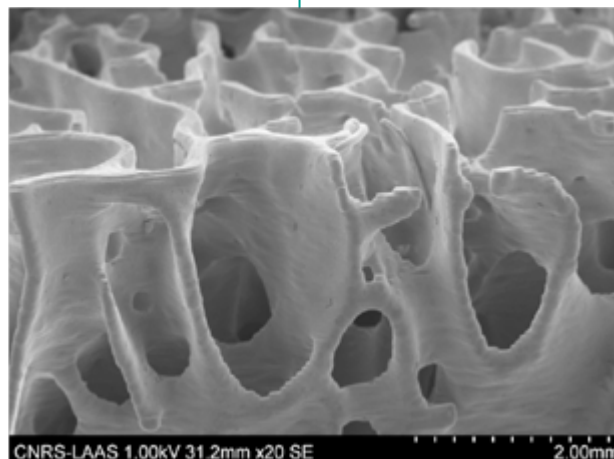


Contact :  
renatech@laas.fr

## Projet MultiFAB

Les technologies de fabrication additive constituent un nouveau paradigme pour la fabrication de dispositifs fonctionnels complexes. La possibilité de concevoir et d'imprimer des objets tridimensionnels, à haute résolution, selon un schéma de fabrication directe et adapté au prototypage rapide, a le potentiel de transformer les méthodes actuelles de production dans le domaine de la recherche et de l'industrie.

Le projet MultiFab, (financement FEDER/Région Occitanie) porté par le LAAS-CNRS (L. Malaquin) et le CIRIMAT (P. Tailhades) a pour objectif de créer une plateforme technologique pour le développement de procédés de fabrication additive multi-matériaux et multi échelles. Cette plateforme ouverte rassemble des équipements de pointe dans le domaine de la stéréolithographie haute résolution, du frittage laser, de la bio-impression et de l'impression jet d'encre. Elle a pour vocation d'initier de nouveaux projets de recherche avec des partenaires académiques et industriels intéressés par des secteurs d'application variés tels que l'électronique, l'optique, la microfluidique, la bio-ingénierie ou la médecine régénérative.



Contact :  
Laurent Malaquin, laurent.malaquin@laas.fr, équipe ELiA

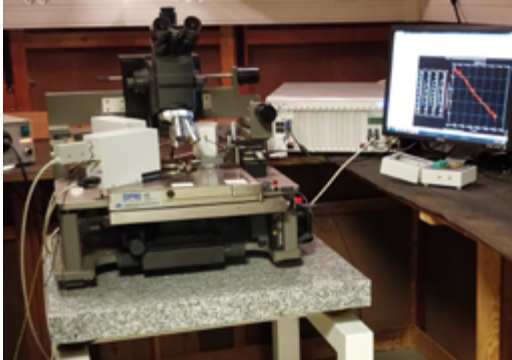
Les projets présentés sur cette page ont été cofinancés par l'Union européenne et la Région Occitanie.





## Le LAAS-CNRS, « Centre européen de référence » du bruit basse fréquence

Le LAAS-CNRS a été reconnu en 2017 par la société Keysight comme Centre européen de référence dans le domaine du bruit basse fréquence (BF).



Le bruit basse fréquence est de plus en plus exploité pour étudier la maturité des composants semi-conducteurs : la caractérisation en bruit BF, permet non seulement d'identifier les composants potentiellement défectueux mais également de comprendre l'origine des défauts observés. Notons que les performances des circuits sont aussi affectées par les niveaux de ce bruit BF, niveaux qui augmentent d'autant plus avec la diminution des dimensions des composants et avec les architectures de fabrication de plus en plus complexes dans les technologies de dernières générations.

Cette labellisation du laboratoire par le leader mondial en systèmes de mesures hyperfréquences est une reconnaissance de l'expertise en métrologie développée au LAAS-CNRS depuis de nombreuses années. Cet accord a permis l'arrivée au laboratoire d'une nouvelle

génération d'équipements de la société Keysight basée sur un système « A-LFNA » (*Advanced Low-Frequency Noise Analyzer*), qui va permettre des mesures systématiques rapides. Par ailleurs, le LAAS-CNRS s'appuiera sur son expérience et les projets de recherche menés pour proposer des axes d'amélioration de ce système en collaboration avec Keysight.

### Contacts :

Laurent Bary, laurent.bary@laas.fr, service I2C ; Jean-Guy Tartarin, jean-guy.tartarin@laas.fr, équipe MOST

## Un nouveau cadre de collaboration entre le LAAS-CNRS et Montréal

Le LAAS-CNRS a signé en décembre 2017 un mémoire d'entente avec l'Institut de Valorisation des Données (IVADO) pour une durée de trois ans. IVADO a été créé en 2015 par l'Université de Montréal, HEC Montréal et Polytechnique Montréal. Sa mission est de faire collaborer des professionnels du monde académique et du monde industriel pour le développement d'une expertise de pointe dans le domaine des sciences des données, de l'intelligence artificielle et de la recherche opérationnelle, et d'en assurer un transfert vers des applications socio-économiques innovantes telles que : le transport et la logistique, le commerce et les systèmes d'information, les services de santé, l'énergie.



L'objectif du mémoire d'entente entre le LAAS-CNRS et IVADO est de promouvoir et faciliter les échanges scientifiques entre les deux organismes afin d'établir des projets de recherche conjoints notamment sur les thématiques de l'optimisation combinatoire et de l'apprentissage.

Site web IVADO : <https://ivado.ca/>

### Contact :

Pierre Lopez, pierre.lopez@laas.fr, direction

## eHorizon, un projet pour les véhicules connectés en partenariat avec Continental Digital Services France

Les véhicules connectés feront partie intégrante de notre futur proche et sont déjà au cœur de l'actualité. Ils font l'objet d'eHorizon, porté par Continental Digital Services France, filiale du groupe Continental Automotive nouvellement créée pour mettre en oeuvre ce projet de grande envergure. La participation du LAAS-CNRS consistera à développer de nouvelles technologies permettant à la fois de connecter des véhicules entre eux mais aussi avec une infrastructure de collecte massive de données. Ces avancées autoriseront une circulation automobile plus sûre, plus confortable et plus efficace.

La collaboration structurera les recherches de plusieurs départements du laboratoire dans le domaine du véhicule connecté, notamment au travers de 21 thèses. La majeure partie de ces contrats doctoraux sera financée dans le cadre d'une « CIFRE », Convention industrielle de formation par la recherche.



**Contact :**  
Florent Lamiroux, florent.lamiroux@laas.fr, direction

## IFAC2017



# Événements



## Pyrene, robot humanoïde nouvelle génération

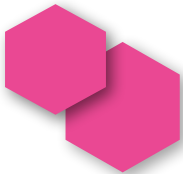
Pyrene est un robot humanoïde conçu pour mieux interagir avec son environnement et effectuer des tâches qui nécessitent une certaine force physique. Ses impressionnantes capacités en termes de calcul, d'actionnement et de perception lui permettront d'exécuter tout un ensemble de tâches qui n'étaient pas réalisables avec la génération précédente de robots humanoïdes. Fabriqué par la société espagnole PAL Robotics sur les spécifications de nos roboticiens, ce nouveau robot dispose d'une électronique puissante et de capteurs d'efforts au niveau de ses articulations.

C'est un outil essentiel pour contribuer à l'étude du mouvement du corps anthropomorphe, dans le but d'aider l'Homme dans l'exécution de tâches difficiles dans des contextes divers.

Il a été présenté à la presse et à la communauté scientifique le 9 février 2017.

**Contact :**

Philippe Souères, philippe.soueres@laas.fr, équipe GEPETTO



## 20<sup>ème</sup> Congrès de l'IFAC International Federation of Automatic Control

Toulouse a accueilli du 9 au 14 Juillet 2017 le 20<sup>ème</sup> congrès mondial de l'IFAC (Fédération internationale de l'Automatique). Cet événement trisannuel est l'occasion pour les chercheurs, étudiants et industriels du monde entier de faire le point sur les avancées de ce vaste domaine essentiel pour le pilotage et la conduite des systèmes technologiques et industriels, ainsi que pour les phénomènes de régulation qui concernent tout autant l'écologie et les systèmes humains. L'événement de 2017 était porté par le LAAS-CNRS en coopération avec les autres laboratoires français associés au GdR MACS. Le congrès comportait 2400 présentations et a rassemblé plus de 3400 participants soit près de 20% d'augmentation par rapport au record précédent. Un sondage post congrès annonce des taux de satisfaction de 80%. Félicitations aux centaines de collègues et d'étudiants impliqués. Rendez-vous pour le 21<sup>ème</sup> congrès à Berlin en 2020.

**Contact :**

Dimitri Peaucelle, dimitri.peaucelle@laas.fr, équipe MAC





## Fête de la science

Chaque année, le LAAS-CNRS ouvre ses portes pour la Fête de la science : c'est une occasion unique pour le public de découvrir le monde de la recherche scientifique et de rencontrer les femmes et les hommes qui la font. Visites de nos installations, démonstrations, conférences, expositions, ateliers pour les enfants... les acteurs du laboratoire se mobilisent pour accueillir et proposer un programme varié au public nombreux et familial. La journée réservée à l'accueil des scolaires a permis d'accueillir plus de 130 élèves de la région.

En 2018, les portes ouvertes du 13 octobre seront organisées sous le thème des 50 ans du laboratoire avec une orientation rétrospective et perspective, où le public découvrira 50 ans de science au LAAS-CNRS et participera à imaginer les avancées scientifiques des 50 prochaines années.

### Contact :

Marie-Laure Pierucci, marie-laure.pierucci@laas.fr, service Communication



Entrez en intelligence avec les systèmes



ATELIERS POUR LES ENFANTS      CONFERENCE      VISITES

DEMONSTRATIONS      #FDS2017

## ISSRE 2017

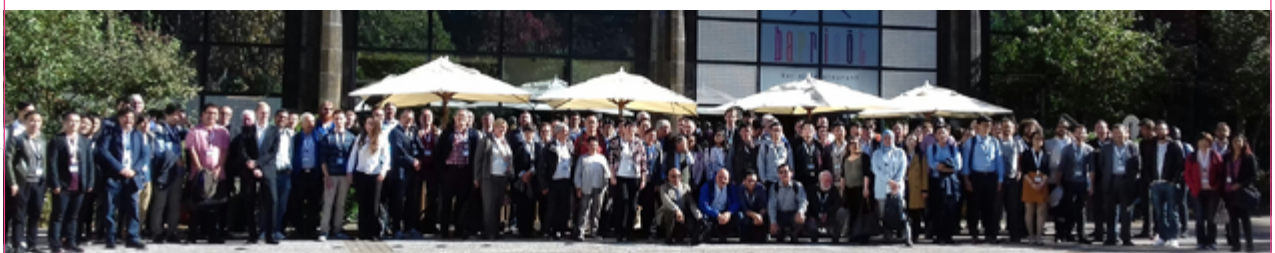
### The 28<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering

ISSRE est la conférence internationale phare de la fiabilité du logiciel. La 28<sup>ème</sup> édition s'est déroulée à Toulouse, les 23-26 octobre 2017, sous la présidence générale de Hélène Waeselynck. ISSRE revenait en France pour la première fois depuis plus de douze ans.

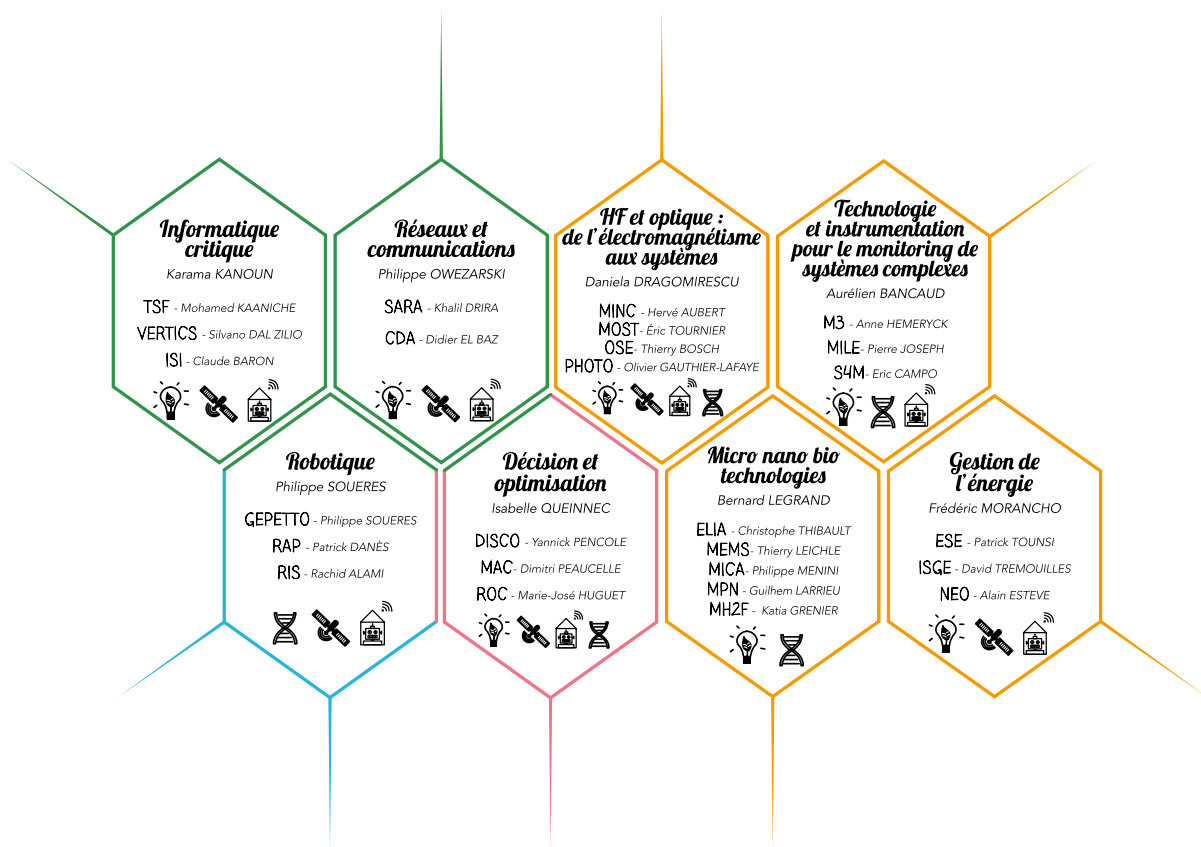
La conférence a réuni 180 experts mondiaux du domaine, de 27 pays différents. Elle a offert un programme très riche, avec ses tracks recherche et industrie, des orateurs invités de prestige, et une quinzaine d'événements satellites (ateliers focalisés, tutoriels). La co-existence des tracks recherche et industrie, avec une porosité de l'assistance aux différentes sessions, vise à développer des contacts privilégiés entre scientifiques et praticiens. Les jeunes chercheurs n'ont pas été oubliés : le symposium des doctorants "nouvelle formule" a connu un grand succès.

Le prix du meilleur article de recherche a été attribué à des chercheurs de Naples et Boston pour leurs travaux communs sur le test de services Android. Côté Industrie, le prix a récompensé une PME française, Numalis, active dans le domaine des calculs numériques critiques.

Contact : Hélène Waeselynck, helene.waeselynck@laas.fr, équipe TSF







## Les axes



L'axe **Vivant** a pour objectif de fédérer, de structurer et d'animer un ensemble de recherches sur les sciences de l'ingénierie et de l'information pour l'étude du Vivant, de l'environnement et pour la médecine.

Animateur : *Christophe Vieu*



L'axe **Intelligence ambiante** porte sur les systèmes cyberphysiques au service et en interaction avec l'homme.

Animateur : *Rachid Alami*



L'axe **Espace** fédère les activités de recherche liées à l'observation et l'exploration spatiales, la fiabilité des composants et des systèmes ainsi que la miniaturisation des satellites.

Animateur : *Olivier Llopis*



L'axe **Énergie** a pour ambition de mettre à profit les compétences pluridisciplinaires du LAAS pour devenir un acteur majeur de la transition énergétique et d'en relever les défis, du composant jusqu'aux systèmes complexes comme les microréseaux électriques intelligents.

Animatrice : *Marise Baffleur*

## Les équipes

<b>TSF</b>	Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique
<b>VERTICS</b>	Vérification des systèmes temporisés critiques
<b>ISI</b>	Ingénierie système et intégration
<b>SARA</b>	Services et architectures pour réseaux avancés
<b>CDA</b>	Calcul distribué et asynchronisme
<b>GEPETTO</b>	Mouvement des systèmes anthropomorphes
<b>RAP</b>	Robotique, action et perception
<b>RIS</b>	Robotique et interactions
<b>DISCO</b>	Diagnostic, supervision et conduite
<b>MAC</b>	Méthodes et algorithmes en commande
<b>ROC</b>	Recherche opérationnelle, optimisation combinatoire et contraintes

<b>MINC</b>	Micro et nanosystèmes pour les communications sans fil
<b>MOST</b>	Microondes et opto-microondes pour systèmes de télécommunications
<b>OSE</b>	Optoélectronique pour les systèmes embarqués
<b>PHOTO</b>	Photonique
<b>M3</b>	Modélisation multi-niveaux des matériaux
<b>MILE</b>	Micro-nanofluidique pour les sciences de la vie et de l'environnement
<b>S4M</b>	Instrumentation embarquée et systèmes de surveillance intelligents
<b>ELIA</b>	Ingénierie pour les sciences du vivant
<b>MEMS</b>	Microsystèmes électromécaniques
<b>MICA</b>	Microsystèmes d'analyse
<b>MPN</b>	Matériaux et procédés pour la nanoélectronique
<b>MH2F</b>	Micro et nanosystèmes hyperfréquences fluidiques
<b>ESE</b>	Énergie et systèmes embarqués
<b>ISGE</b>	Intégration de systèmes de gestion de l'énergie
<b>NEO</b>	Nano-ingénierie et intégration des oxydes métalliques et de leurs interfaces

## Abréviations

CEA-DAM	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives-Direction des applications militaires
IMFT	Institut de mécanique des fluides de Toulouse (CNRS / INPT / UT3 Paul Sabatier)
LMDC	Laboratoire matériaux et durabilité des constructions (INSA / UT3 Paul Sabatier)
IPBS	Institut de pharmacologie et de biologie structurale (CNRS / UT3 Paul Sabatier)
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne
MIT	Massachusetts Institute of Technology
IRIT	Institut de recherche en informatique de Toulouse (CNRS / UT3 Paul Sabaier / INPT / UT1 Capitole / UT2J)
IJCAI	International Joint Conference on Artificial Intelligence
AFIA	Association française pour l'intelligence artificielle
JFPC	Journées francophones de programmation par contraintes
ECIS	European Colloid and Interface Society
CIRIMAT	Centre inter-universitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux (CNRS / INPT / UT3 Paul Sabatier)
LMPO	Laboratoire matériaux et phénomènes quantiques (CNRS / Université Paris Diderot)
IEMN	Institut d'électronique, de micro-électronique et de nanotechnologie (CNRS / Université Lille 1 / Université de Valenciennes / Institut supérieur d'électronique et du numérique)
CEA-LETI	Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (CEA Tech)
SATT	Société d'accélération de transfert de technologies

## Crédits photos-illustrations

Couverture	Pyrène en salle blanche ©Team/LAAS-CNRS
P3	Implants cérébraux nanostructurés ©Amélie Bédier/LAAS-CNRS
P5	Liviu Nicu, directeur du LAAS-CNRS, ©Liviu Nicu
P6	Image couverture Small ©2017 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
P7	Image d'une cellule cancéreuse mammaire exprimant une protéine fluorescente rouge ©David Villa/Scienceimage-CBI-CNRS
	Couverture Propellants, Explosives, Pyrotechnics ©Carole Rossi/LAAS-CNRS
P8	Microelectromechanical systems ©2017 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
P9	Couverture ACS Nano ©ACS Publications
P10	Photographie coupe composant réel en GaN ©IEEE Transactions on Nuclear Science
P12	SMOF ©DR ©Creative Commons
P14	Yves Chabal et Jean-Pierre Vinel ©Alain Estève Francesco Ferrante ©DR Aline Cerf ©DR Clément Carbonnel ©DR
P15	Anaïs Chalard ©DR Philippe-Antoine Gohard ©DR
P16	Plateforme robotique ©DR
P17	Image en microscopie électronique de microstructures « patchinkos » (...) ©R. Courson/Dilase 3D-Centrale de technologie du LAAS-CNRS Bâtiment à énergie optimisée ©Anne Mauffret/LAAS-CNRS
P18	Image en microscopie électronique à balayage de la sonde AFM optomécanique ©Marc Gély/CEA-LETI Photographie démonstrateur ©LAAS-CNRS
P19	Illustration dispositif smartcatch ©Aline Cerf EpiX, technologie de mesure de courbure sans contact ©AlexandreArnoult/LAAS-CNRS
P20	Thermie ©LAAS-CNRS, Multifab ©LAAS-CNRS
P21	Système A-LFNA ( <i>Advanced Low-Frequency Noise Analyzer</i> ) ©Laurent Bary/LAAS-CNRS Signature du mémoire d'entente LAAS-CNRS/IVADO ©IVADO
P22	eHorizon ©Continental IFAC ©DR
P23	Pyrène ©CNRS Photothèque/Cyril Fréssillon
P24	Les bénévoles de la Fête de la science 2017 ©LAAS-CNRS ISSRE 2017 ©DR



A l'occasion de son cinquantième anniversaire,  
le LAAS-CNRS lance une série d'événements scientifiques et technologiques  
dont les premiers

## LAAS Research & Technology **Days!**

Ces journées visent à présenter les **activités de recherche**  
structurées autour des 4 axes stratégiques du laboratoire  
(Espace, Intelligence ambiante, Vivant, Énergie),  
ainsi que ses **plateformes technologiques et de caractérisation.**

Visites et démonstrations permettront  
des temps d'échanges entre scientifiques, académiques et industriels.



# 21 & 22 juin 2018 à Toulouse

*Renseignements et inscriptions : <https://laasrt-days.sciencesconf.org>*

Cet événement est labellisé



**ESOF 2018**  
EUROSCIENCE OPEN FORUM  
**TOULOUSE**

