

# FOCUS 2019

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  
Thierry Leïchlé et Anne Hémerÿck  
Anne Hémerÿck

Rédaction

Eric Alata, Guilhem Almuneau, Alexandre Arnoult, Christian Artigues, Hervé Aubert, Aurélien Bancaud, Marie Brut, Etienne Dague, Patrick Danès, Morgan Delarue, Didier El Baz, Alain Estève, Olivier Gauthier-Lafaye, Malik Ghallab, Hugues Granier, Marie-José Huguët, Félix Ingrand, Mioara Joldes, Mohamed Kaâniche, Simon Lacroix, Guilhem Larrieu, Jean-Bernard Lasserre, Luiz Lavado Villa, Laurent Malaquin, Ali Maziz, David Pech, Julien Perchoux, Carole Rossi, Emmanuel Scheid, Olivier Stasse, Hélène Waeselynck, Luca Zaccarian

Conception graphique &  
mise en page

Dominique Daurat

Remerciements

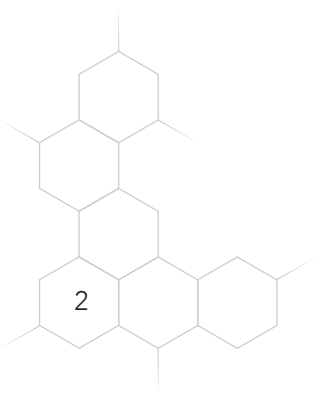
Marie-Laure Pierucci, Élodie Marques

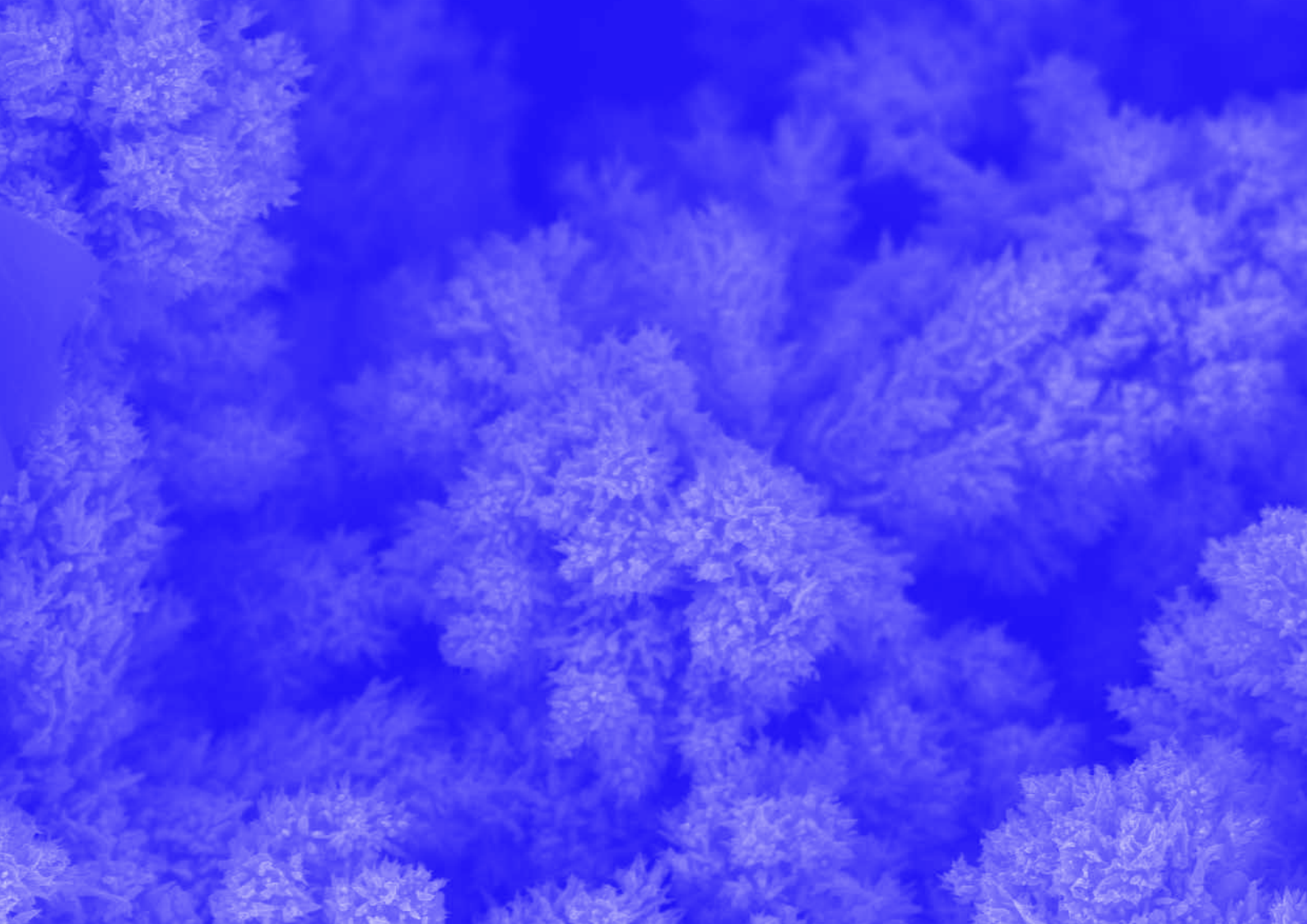
*Suivez-nous !*



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*

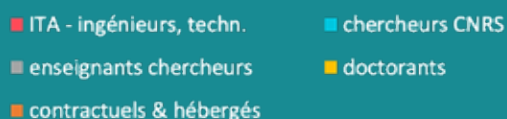
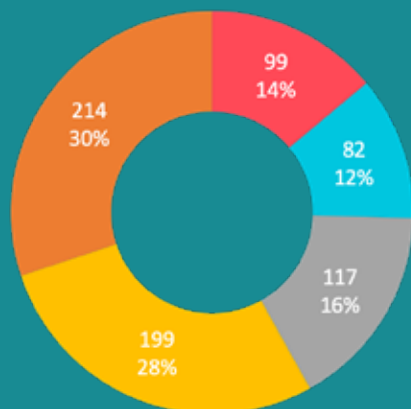
|  |    |
|--|----|
| ■ Éditorial .....  | 5  |
| ■ Événements .....                                       | 6  |
| ■ Focus scientifiques .....                              | 10 |
| ■ Prix .....   | 20 |
| ■ Projets européens, nationaux<br>& internationaux ..... | 28 |
| ■ Collaborations industrielles .....                     | 34 |



# Chiffres clés



Personnel  
env 700, dont :



12000 m<sup>2</sup> de  
surface bâtie

*Budget consolidé*

63 M€



**38** nationalités  
représentées



## *Production scientifique :*

397 revues & conférences internationales  
23 ouvrages ; 445 thèses soutenues

5 axes transverses applicatifs  
6 départements scientifiques  
25 équipes  
10 services communs



4

plateformes  
technologiques



156 contrats en cours  
15 projets européens, dont 3 ERC  
6 laboratoires communs avec  
l'industrie

2019

# Éditorial



Jamais je n'aurais imaginé avoir à rédiger l'éditorial de notre Focus annuel par temps de confinement étendu à l'échelle planétaire à cause de la propagation d'un coronavirus. Bercé par l'illusion de notre omniscience et toute-puissance, me voilà surpris comme presque toute la planète en « flagrant délit d'humanité » (lire « vanité » puisque c'était bien le sens sous-entendu par Marcel Pagnol à qui j'ai emprunté cette expression). A l'heure où les moteurs d'un nombre croissant de pays s'arrêtent les uns après les autres nous plongeant dans une nouvelle dimension pour laquelle personne n'était préparé, je me dois d'écrire quelques lignes qui donneront envie de feuilleter le document Focus du LAAS-CNRS.

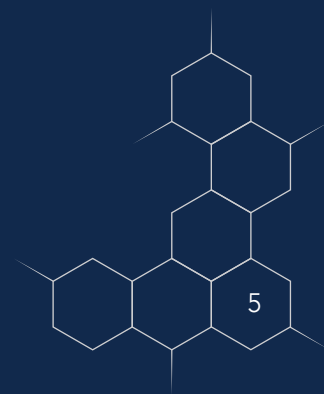
Le Focus 2019. Une année comme toutes les autres ou presque. Une année où les succès ont été légion, en termes de publications, de collaborations industrielles, de prix ou de projets obtenus ou terminés. Mais 2020, à quoi ressemblera-t-elle ? Et 2021 ?

Des publications, des collaborations et des projets encore, probablement. A ceci près que nous aurons toutes et tous traversé cette période de confinement en éprouvant, à l'unisson, des sentiments d'impuissance, de frustration et d'impatience. Nous sommes le LAAS-CNRS, un des laboratoires-phares du CNRS... et pourtant, nous sommes réduits à travailler de chez nous, sans aucune possibilité d'action pour atténuer le poids dramatique de l'instant. Devons-nous nous sentir coupables de non-assistance à pays en détresse ? Sans attendre que l'avenir nous le dise, je répèterai ici les ingrédients nécessaires à un travail de recherche efficient : la conjugaison de tout travail de recherche au temps long, la nécessité d'un travail collectif qui s'appuie sur toutes les compétences et le sens de ce que nous entreprenons. L'immédiateté, l'individualisation et le non-sens : voilà ce qui nous amène vertigineusement au bord du gouffre.

Alors, après l'impuissance, la frustration et l'impatience viendront la lucidité, l'envie et l'espérance. Au sein d'un collectif de talents qui se déclinent en une myriade de métiers, chacune et chacun jouera sa partition au nom de la foi qui nous anime chaque jour que nous prenons le chemin du laboratoire. Qu'on nous donne le temps et les moyens et nous trouverons les solutions qui permettront non pas d'anticiper les prochaines crises mais d'éviter qu'elles se produisent.

Très belle lecture à toutes et à tous !

**Liviu Nicu**, directeur du LAAS-CNRS



# Événements







L'institut interdisciplinaire d'intelligence artificielle de Toulouse ANITI (Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute), est l'un des quatre instituts à la pointe de la recherche en intelligence artificielle en France qui ont été sélectionnés par un jury international dans le cadre du programme d'investissement d'avenir PIA3 du plan Villani. L'enjeu est de faire de Toulouse l'un des leaders mondiaux de l'intelligence artificielle dans la recherche, la formation, l'innovation et le développement économique. Les secteurs d'application stratégiques visés par le projet sont d'une part la mobilité et les transports, et d'autre part la robotique et la cobotique pour l'industrie du

futur.

L'ambition d'ANITI est de développer une nouvelle génération d'intelligence artificielle appelée IA hybride, associant de façon intégrée des techniques d'apprentissage automatique pilotées par des données et des méthodes symboliques et formelles permettant d'exprimer des contraintes et d'effectuer des raisonnements logiques. Cette approche permettra d'apporter de meilleures garanties en termes de fiabilité, de robustesse et de capacité à expliquer et interpréter les résultats des systèmes intégrant des algorithmes d'IA, tout en assurant leur acceptabilité sociale et viabilité économique. De telles garanties sont requises par de nombreuses applications ciblées par le projet comme par exemple les véhicules autonomes du futur.

ANITI a officiellement démarré en septembre 2019, pour une durée de quatre ans renouvelable. Le projet est coordonné par l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées. Il rassemblera à terme plus de 200 chercheur.e.s issu.e.s des universités, écoles d'ingénieurs et organismes de recherche scientifique et technologique du site toulousain, et d'une trentaine d'entreprises. Le LAAS-CNRS a grandement œuvré pour la mise en place de ce nouvel institut et fait partie avec l'IRIT, l'IMT et TSE des laboratoires de recherche les plus impliqués dans son déploiement.

## Projet scientifique

Le projet scientifique d'ANITI s'articule autour de trois programmes intégratifs :

1. **Acceptabilité, données représentatives et non-biaisées pour l'IA** qui traite différentes facettes du problème de l'acceptabilité sociale, économique, juridique et éthique de systèmes intégrant des algorithmes d'intelligence artificielle.
2. **Vers des systèmes autonomes critiques intégrant des fonctions IA, certifiables**, qui vise à développer de nouvelles méthodes basées sur l'IA hybride permettant de concevoir des systèmes autonomes critiques pour lesquels des garanties fortes sont requises de la part d'autorités de certification (par exemple dans le domaine aéronautique).
3. **Assistants IA pour la conception, l'aide à la décision et l'optimisation de processus industriels**, qui vise à développer des assistants IA (robots, cobots) dotés de capacités avancées de dialogue, d'interaction, de monitoring ou de mouvement, afin d'améliorer les performances de conception, de décision et des activités liées à la production industrielle.

Ce projet est actuellement structuré autour de 24 chaires. Chaque chaire est constituée d'une petite équipe composée d'un chercheur principal, de chercheurs associés, de doctorants et d'étudiants postdoctoraux. Ces chaires sont regroupées en clusters thématiques appelés «programmes intégratifs» qui sont conçus pour favoriser les échanges entre les ingénieurs contribuant à ANITI et les chaires.

## Formation

ANITI a pour ambition de **doubler le nombre d'étudiants formés en IA à l'horizon 2023**. Les axes de travail ciblent tous les publics en commençant par l'école secondaire afin de sensibiliser davantage les élèves, et surtout les filles, à l'IA. Des modules d'intelligence artificielle seront ajoutés dans tous les programmes de premier cycle universitaire et de nouveaux programmes avancés seront créés. Au niveau de la maîtrise et du doctorat, ANITI créera un programme doctoral avancé «Graduate School», axé sur l'IA hybride, avec une visibilité mondiale pour attirer les étudiants talentueux.

Le projet répondra également au manque et au besoin urgent de personnel qualifié en IA dans l'industrie, en développant des programmes d'apprentissage et en consacrant d'importants efforts à la formation continue. Un portail unique de formation continue pour le site toulousain sera proposé, avec des programmes adaptés à différents profils, allant de la sensibilisation des managers à l'initiation voire la formation avancée d'experts en science de données en IA hybride. Les solutions seront adaptables aussi bien aux PME qu'aux grands groupes industriels.

Enfin, plusieurs actions de diffusion de la culture scientifique dans le domaine de l'intelligence artificielle seront programmées en s'appuyant sur les forces locales du site.



## Le LAAS dans ANITI

1. Malik Ghallab, Président du comité de pilotage
2. Mohamed Kaâniche, Directeur scientifique adjoint
3. Quatre responsables de chaires
  - > Rachid Alami, Robotique cognitive et interactive : cette chaire vise à concevoir des robots capables d'effectuer des tâches de collaboration avec un partenaire humain, et ayant des capacités cognitives et interactives permettant des comportements pertinents, transparents et lisibles pour une personne,
  - > Jean-Bernard Lasserre, Optimisation polynomiale et fonction de Christoffel en Machine Learning & analyse de données : cette chaire vise à étudier la robustesse et les propriétés de convergence d'algorithmes d'apprentissage basés sur des réseaux de neurones,
  - > Nicolas Mansard, Génération de mouvements pour des robots complexes : cette chaire porte sur la génération de mouvement pour les robots avancés, en utilisant simultanément des approches basées sur des modèles, telles que le contrôle prédictif, et des méthodes basées sur des données, comme l'apprentissage par renforcement,
  - > Louise-Travé Massuyès, Transformations synergiques en diagnostic à base de modèles et à base de données : cette chaire porte sur l'analyse et la conception d'outils de surveillance et de diagnostic efficaces, répondant aux exigences des systèmes dynamiques dans des environnements variés, en s'attaquant également au défi d'explicabilité du diagnostic fourni.
4. Plusieurs chercheurs associés et contributeurs à des chaires ANITI

## ANITI en bref



- 2 secteurs d'application privilégiés :
  - > mobilité et transports ;
  - > robotique & cobotique pour l'industrie du futur
- + de 200 chercheurs
- 24 chaires de recherche
- 50 partenaires dont une trentaine d'entreprises
- Budget pour 4 ans : 100 M€ (académiques, industriels, PIA3, institutions)
  - > incluant 24 M€ de la Région Occitanie et 4 M€ de Toulouse Métropole

En savoir plus : <https://aniti.univ-toulouse.fr/>

## Forum mondial sur l'IA pour l'Humanité

Malik Ghallab, codirige le «Forum mondial sur l'IA pour l'Humanité» à Paris

L'intelligence artificielle (IA) donne lieu à de nombreuses applications socialement utiles, par exemple dans la santé, l'agronomie, la préservation de l'environnement, l'énergie ou les transports. Elle amplifie nos moyens d'accès, d'élaboration et de traitement des connaissances. Mais l'IA, comme toute technologie, comporte des risques, dont ceux associés à la sûreté et la sécurité d'applications critiques, au respect de la vie privée et aux biais des systèmes d'aide à la décision. Les impacts actuels ou potentiels de l'IA sur l'emploi et la division sociale du travail, sur l'économie (tarification algorithmique, transactions à haute fréquence), sur la politique (modélisation et manipulation des comportements sociaux), voire sur les relations internationales (armements autonomes), suscitent des préoccupations légitimes.

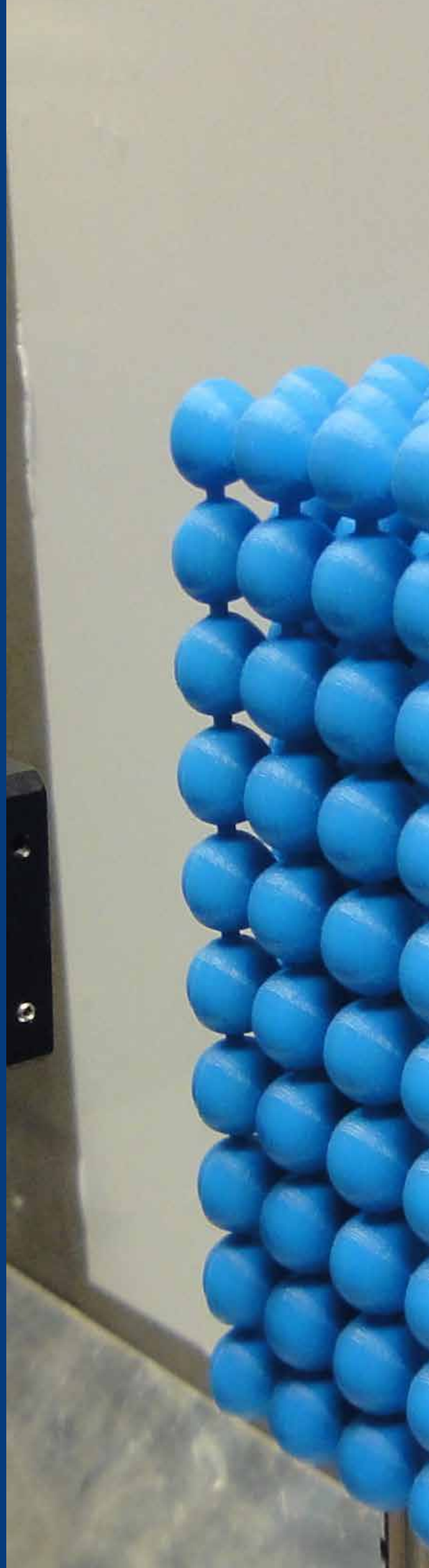
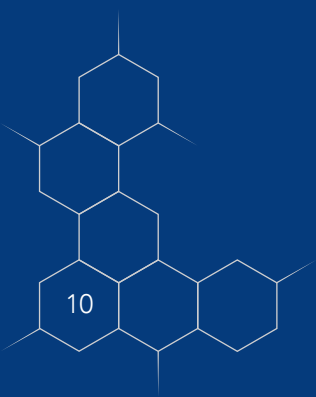
Comment bien évaluer et éviter ces risques, et comment mobiliser effectivement l'IA au service de l'humanité ? Ces questions soulèvent de nombreux défis scientifiques, propres à l'IA, et transdisciplinaires aux sciences et aux humanités. Elles doivent également faire l'objet d'expérimentations contrôlées, d'observatoires des usages, de délibérations citoyennes et de choix sociaux.

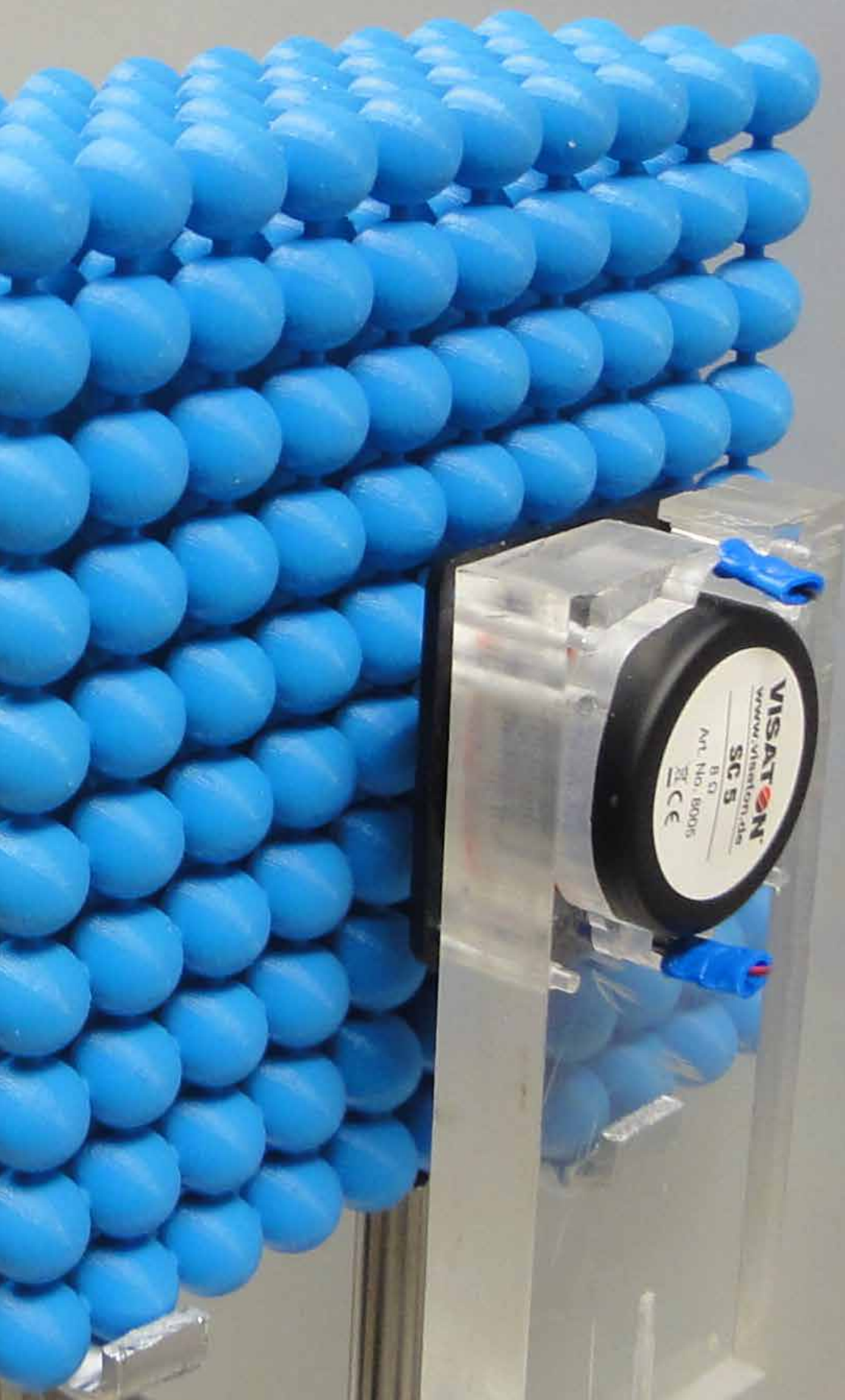


«Cloture du Forum par le Président Macron»

Telles sont les principales questions abordées lors du «Forum mondial sur l'IA pour l'Humanité» les 28-30 octobre à Paris, par près de 150 intervenants devant une large audience internationale de scientifiques, d'humanistes, d'industriels et de représentants de la société civile. Les délibérations du Forum (en cours de synthèse par le comité de programme co-dirigé par B. Braunschweig, INRIA, et M. Ghallab, CNRS) alimenteront les travaux du «Partenariat mondial sur l'intelligence artificielle», instance internationale d'expertise, de concertation et de réflexion sur l'IA, qui fait suite au Forum.

# *Focus scientifique*



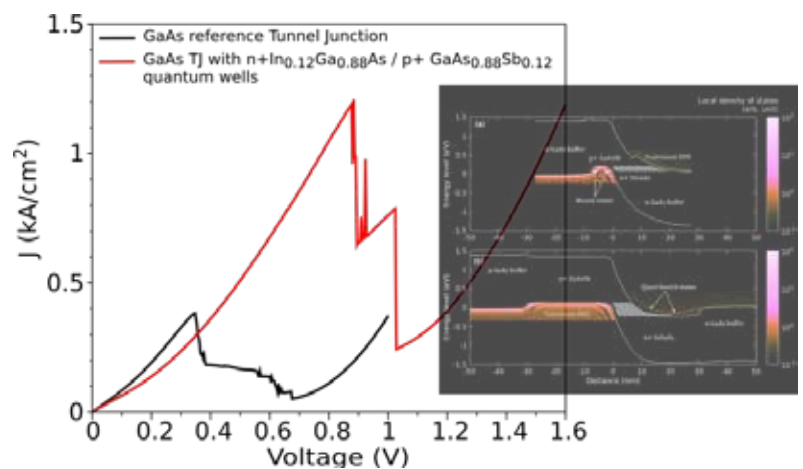


## Nouvelles jonctions tunnel à semiconducteurs III-V pour l'application aux cellules solaires à très haut rendement

Les jonctions tunnels sont des éléments clef dans l'empilement complexe de cellules solaires à multijonction dans le but d'obtenir de très hauts rendements proches de 50 %. L'étude publiée dans cet article<sup>1</sup> issue d'une collaboration entre le LAAS-CNRS, l'Institut matériaux microélectronique nanosciences de Provence (IM2NP) et le Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) propose un type d'hétérostructure à base d'alliages semiconducteurs III-V qui permet d'améliorer de façon significative l'intensité du courant capable de traverser la jonction tunnel. La fabrication de ces nanostructures a été réalisée par épitaxie par jets moléculaires et contrôlée par une technique innovante de mesure in-situ de courbure. Le mécanisme physique de transport tunnel mesuré expérimentalement a pu être interprété grâce à des simulations numériques de transport quantique basées sur les fonctions de Green.

Contact : Guilhem Almuneau, guilhem.almuneau@laas.fr, équipe PHOTO

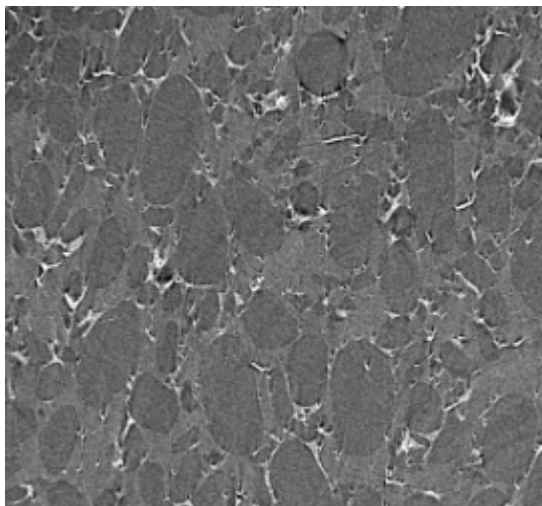
En savoir plus : *Thickness Limitation of Band-to-Band Tunneling Process in GaAsSb/InGaAs Type-II Tunnel Junctions Designed for Multi-Junction Solar Cells*, K. Louarn, Y. Claveau, C. Fontaine, A. Arnoult, L. Marigo-Lombart, I. Massiot, F. Piquemal, A. Bounouh, N. Cavassilas and G. Almuneau, ACS Appl. Energy Mater., 2, 2, 1149-1154 (2019).



Caractéristiques électriques des jonctions tunnel étudiées, et résultats des simulations de transport quantique NEGF



## Interférométrie en ondes millimétriques pour l'analyse physique des matériaux soumis à des chocs



Microtomographie d'un échantillon d'explosif à base de trinitrotoluène (TNT) dont la permittivité diélectrique a été mesurée entre 75 GHz et 110 GHz (bande W) par une technique interférométrique originale, baptisée «*méthode de poursuite du front d'onde de choc de détonation*». Cette illustration a été sélectionnée pour la couverture du numéro de Février 2019 de la revue *Propellants, Explosive, Pyrotechnics*, dans laquelle a été publiée l'article B. Rougier et al., «*High explosives static and dynamic relative permittivity measurements in the W band to investigate shock and detonation phenomena*», *Propellants, Explosive, Pyrotechnics*, 44, 2, 153-159 (2019).

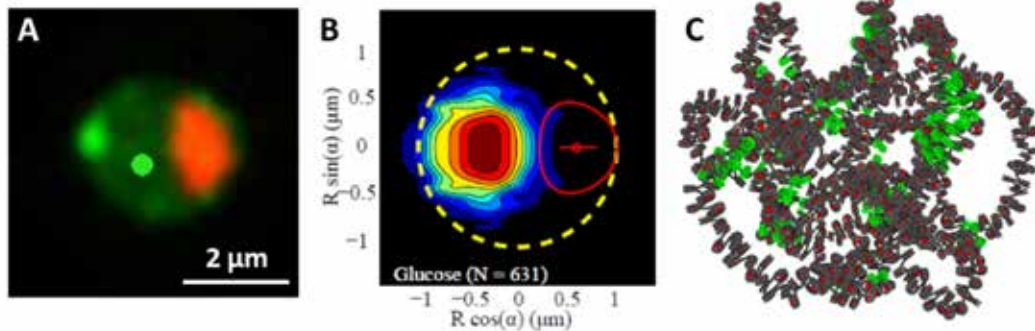
(voir <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/15214087/2019/44/2>)

Cet article propose une technique interférométrique originale pour sonder à distance des matériaux soumis à des chocs mécaniques. L'étude montre que l'analyse de l'onde électromagnétique réfléchie par les interfaces diélectriques mobiles générées à l'intérieur des matériaux lors d'un choc permet non seulement de déterminer la vitesse de ces interfaces, mais également d'estimer la permittivité diélectrique des matériaux choqués. Baptisée «*méthode de poursuite du front d'onde de choc de détonation*», cette méthode est appliquée avec succès à la mesure des propriétés diélectriques de divers matériaux, dont des explosifs (TNT, HMX, etc.). Cofinancés par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA-Gramat) et la région Occitanie, l'étude résulte d'une collaboration entre le LAAS-CNRS et le CEA-Gramat, au sein du Laboratoire de recherche conventionné (LRC) sur l'instrumentation et les capteurs ultra-rapides (LICUR).

Contact : Hervé Aubert, herve.aubert@laas.fr, équipe MINC

En savoir plus : *Static and Dynamic Permittivity Measurement of High Explosives in the W band to Investigate Shock and Detonation Phenomena*, B. Rougier, A. Lefrançois, V. Chuzeville, S. Poeuf, H. Aubert, *Propellants, Explosive, Pyrotechnics*, 44, 2, 153-159 (February 2019).

## Un modèle de polymère pour comprendre la physique des chromosomes dans la levure



(A) Image de vidéomicroscopie de fluorescence d'un noyau de levure du boulanger. La structure rouge correspond au nucléole ; à l'opposé le point vert est le centromère, et le point vert au milieu est un gène d'intérêt. (B) Etude statistique du positionnement d'un gène dans un noyau de levure reconstruit avec un contour (traits pointillés jaunes), le nucléole en rouge, et la carte de densité de probabilité pour le gène d'intérêt. (C) Structure d'un chromosome déduite par le modèle RouseTIC. Les éléments en vert correspondent à des points de contact le long de la chaîne.

En plus de contenir le génome, les chromosomes permettent de réguler l'expression des gènes. Parmi les mécanismes de régulation, leurs propriétés de repliement spatial autorisent par exemple l'association entre gènes distants, ce qui peut induire leur co-expression. Comprendre la physique des chromosomes suscite donc de nombreuses recherches. En étudiant les mouvements des gènes par microscopie de fluorescence (Fig. A), nous avons cherché à construire des modèles permettant de reproduire le positionnement et les fluctuations de gènes dans la levure du boulanger (Fig. B). Nous avons finalement retenu le modèle RouseTIC, où les chromosomes sont considérés comme des fils dont les maillons présentent une faible affinité, ici caractérisée pour la première fois (Fig. C).

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

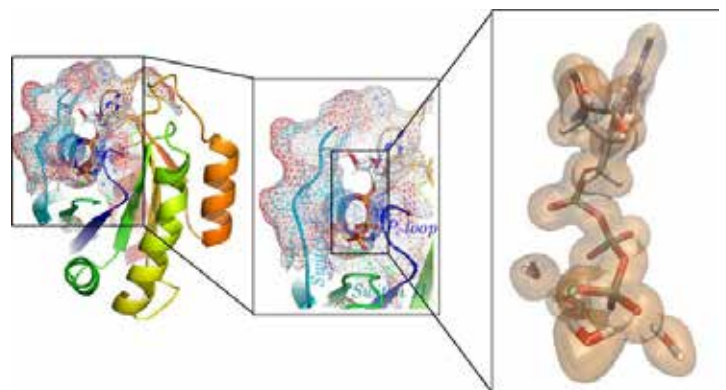
En savoir plus : *Rouse model with transient intramolecular contacts on a timescale of seconds recapitulates folding and fluctuation of yeast chromosomes*, M. Socol, R. J. Wang, D. Jost, P. Carrivain, C. Vaillant, E. Le Cam, V. Dahirel, C. Normand, K. Bystricky, J.M. Victor, O. Gadal, A. Bancaud, *Nucleic Acids Research*, 47, 6195-6207 (2019).

## Comprendre l'activité catalytique des protéines Ras pour l'oncologie

**P**rés de 30% des tumeurs humaines possèdent une mutation des protéines Ras dont l'activité est régulée par l'hydrolyse d'une molécule de GTP (guanosine triphosphate). Décrypter les mécanismes inhérents à cette réaction qu'elles catalysent est donc un point clé pour développer des thérapies ciblées. Nous cherchons à évaluer l'impact des mutations sur la structure et l'activité de Ras, via des calculs de dynamique moléculaire classique et quantique. Nous montrons que dans la forme non mutée, l'environnement protéique permet d'assurer une distribution optimale du solvant autour du GTP, mais aussi de contraindre ce dernier dans une configuration et un état électronique prédisposés à l'hydrolyse, similaires à ceux d'un ligand déjà hydrolysé. Cette prédisposition est perdue au sein de l'ensemble des mutants étudiés, dans lesquels les mutations conduisent à une délocalisation du solvant que l'on peut corrélérer à une baisse du taux d'hydrolyse.

Contact : Marie Brut, mbrut@laas.fr, équipe M3

En savoir plus : *Hybrid QM/MM vs pure MM molecular dynamics for evaluating water distribution within p21N-ras and the resulting GTP electronic density*, R. H. Tichauer, G. Favre, S. Cabantous, M. Brut, *J. Phys. Chem. B*, 123, 3935-3944 (2019).

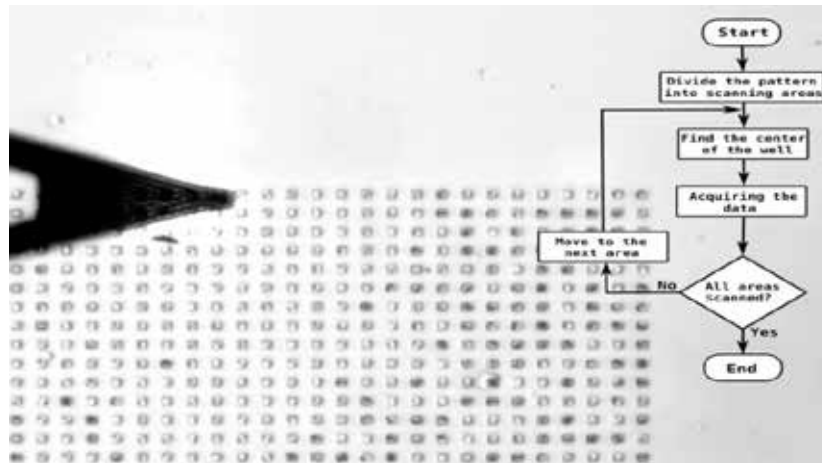


## Un pas vers la nanopalpatation pour l'analyse médicale

Les propriétés biophysiques des cellules sont des marqueurs de leur état. La méthode de choix pour y accéder est la microscopie à force atomique (AFM). L'acquisition et l'analyse des données AFM sont cependant longues ce qui limite leur portée.

Pour lever ce verrou, un groupe interdisciplinaire composé de chercheurs et d'ingénieurs spécialistes d'AFM (E. Dague, LAAS-CNRS), de micro-fabrication (C. Severac, ITAV-CNRS et A. Martinez, IPN-CIC Mexico) et de programmation (S. Proa, doctorant LAAS-IPN) a été constitué.

Les travaux ont consisté à combiner une stratégie d'immobilisation dirigée des cellules sur des motifs connus à l'automatisation du déplacement de la pointe AFM. Grâce à cette stratégie, nous avons été capables de sonder mécaniquement environ 1000 cellules dans un délai de 4h, ce qui représente une avancée majeure dans le domaine de l'AFM appliqué en biologie.



Contact : Étienne Dague, etienne.dague@laas.fr, équipe ELiA

En savoir plus : Publication : *Beyond the paradigm of nanomechanical measurements on cells using AFM: an automated methodology to rapidly analyse thousands of cells*, S. Proa-Coronado, C. Séverac, A. Martinez-Rivas, E. Dague, *Nanoscale Horizons* (2019)

Brevet : *Procédé par microscopie à force atomique pour l'analyse massive physique et mécanique de matériaux, agencements de biomatériaux et structures*, A. Martinez-Rivas, E. Dague, S. Proa-Coronado, C. Séverac, & G. González-Quijano (2018)

Copyright : AUTOMATIP: *Automation of Biophysical measurements on cells by Atomic Force Microscope (AFM)*, Etienne Dague, Sergio Proa Coronado, Childerick Severac & Adrian Martinez Rivas, 03-2017-113012552200-01 (Instituto Politecnico Nacional, 2017).

Illustration vidéo : <http://www.rsc.org/suppdata/c9/nh/c9nh00438f/c9nh00438f2.mp4>

## Parallélisme massif et ordonnancement dynamique prenant en compte les aspects énergétiques

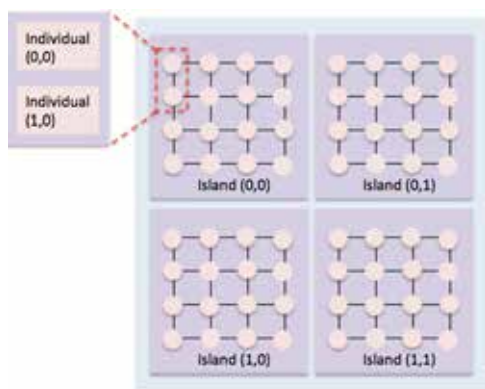


Schéma hiérarchique des processus de l'algorithme génétique hybride sur GPU basé sur la notion de priorité

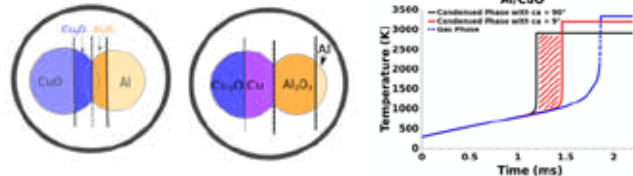
La prise en compte des aspects énergétiques dans les problèmes d'ordonnancement manufacturier est devenue une nécessité. Ces problèmes d'optimisation dont la nature profonde est dynamique sont très complexes. L'utilisation conjointe d'algorithmes évolutionnistes et de l'informatique parallèle permet l'obtention rapide de solutions de bonne qualité. Dans cette étude, nous avons tiré parti du parallélisme massif des accélérateurs de calcul de type *Graphics Processing Unit* (GPU) afin de résoudre des problèmes de *flow-shop* flexibles et dynamiques. Ce travail a été effectué dans le cadre d'une collaboration avec l'Université Waseda au Japon et de la mobilité en thèse d'une doctorante du laboratoire qui est actuellement en post-doctorat au Japon sur un financement JSPS standard.

Contact : Didier El Baz, elbaz@laas.fr, équipe SARA

En savoir plus : *GPU based parallel genetic algorithm for solving an energy efficient dynamic flexible flow shop scheduling problem*, Jia Luo, Shigeru Fujimura, Didier El Baz, Bastien Plazolles, *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 133, 244-257 (2019).

## Une modélisation de l'initiation de poudres énergétiques Al/CuO pour une réinterprétation des scénarii et mécanismes communément admis

Les nanothermites (mélange d'un fuel et d'un oxydant) sont une classe de matériaux énergétiques en devenir. Leur compatibilité avec les technologies de micro-nanofabrication, leur densité d'énergie chimique stockée, permettent de les intégrer dans des dispositifs MEMs où ils peuvent, à façon, libérer de la pression, de la chaleur ou bien des espèces chimiques spécifiques. La prédiction des performances, la miniaturisation des dispositifs, les enjeux de sécurisation de ces matériaux, imposent une compréhension fondamentale des processus de leur combustion associée au développement d'une modélisation prédictive. Cet article propose un modèle exclusivement basé sur des processus de combustion en phase condensée dont les fondements et les premiers calculs relatifs à l'initiation des nanothermites, permettent d'éclaircir certaines discussions relatives aux mécanismes de combustion qui ont animé la communauté depuis une décennie ; à savoir les effets de « sintering » des nanoparticules aux premiers stades de la combustion, responsables de la perte de la nanostructuration et de ses bénéfices, et l'impact des mécanismes en phase condensée versus ceux en phase gazeuse sur le temps d'initiation. Ces notions sont discutées et quantifiées pour la première fois, en fonction des rampes de chauffe à l'initiation, et du ratio Al/CuO dans le mélange.

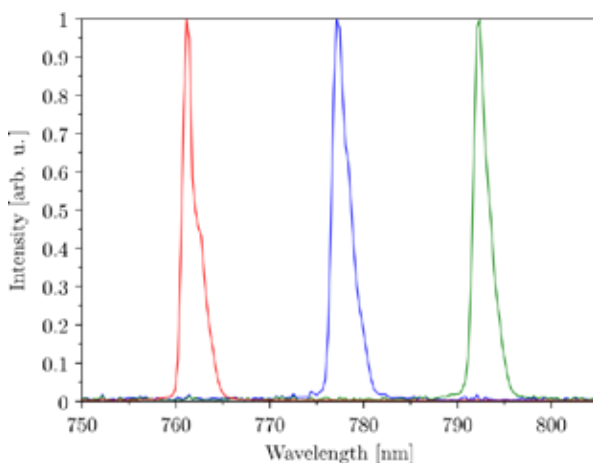


Vue schématique, à gauche, d'une séquence de combustion d'un couple de nanoparticules Al/CuO, à droite, temps et température d'initiation obtenus dans des cas limites, dont la prise en compte exclusive de mécanismes de combustion en phase condensée, versus phase gaz.

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

En savoir plus : *A condensed phase model of the initial Al/CuO reaction stage to interpret experimental findings*, S. Brotman, M.D. Rouhani, C. Rossi, A. Estève, *Journal of Applied Physics* 125 (3), 035102 (2019).

## Optique non linéaire dans des filtres à réseaux résonants



Spectre de seconde harmonique générée dans des CRIGFs présentant différentes longueurs d'onde de résonance

L'équipe Photonique étudie depuis plusieurs années en collaboration

avec l'institut Fresnel les propriétés de filtres optiques nanostructurés dit CRIGFs pour « *cavity resonant integrated grating filters* ». Ces filtres présentent des propriétés extraordinaires puisqu'ils permettent de réaliser des filtres optiques très fins spectralement pour des faisceaux optiques focalisés. Leur fonctionnement repose sur l'excitation d'un mode optique localisé sous un réseau de couplage dans un guide d'onde. Cette combinaison d'un mode localisé et d'une résonance spectrale étroite permet une exaltation de champ électromagnétique particulièrement favorable pour réaliser des fonctions optiques non-linéaires.

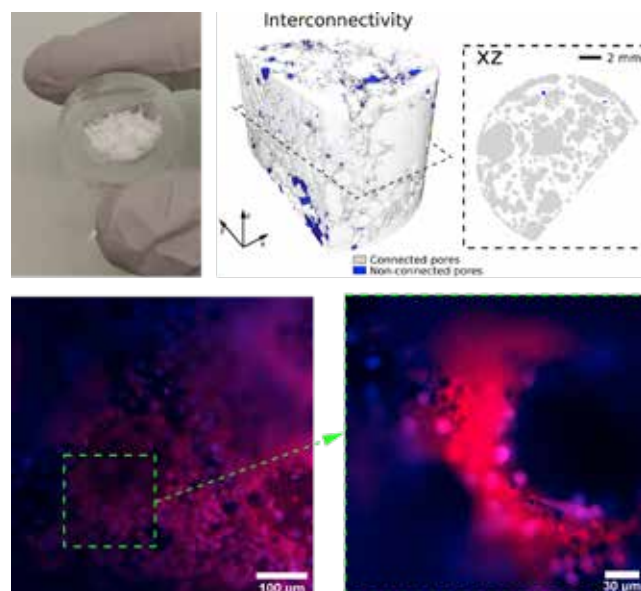
Dans cette première démonstration, nous avons utilisé un substrat de type LNOI pour réaliser un tel filtre sur un guide d'onde en niobate de lithium qui présente de très fortes non-linéarités optiques, et démontré pour la première fois un doublement de fréquence dans ces composants. Cette étude constitue la première étape du projet ANR RESON qui vise à étudier la génération non-linéaire dans les CRIGFs.

Contact : Olivier Gauthier-Lafaye, olivier.gauthier.lafaye@laas.fr, équipe PHOTO

En savoir plus : *Second-harmonic-generation enhancement in cavity resonator integrated grating filters*, F. Renaud, A. Monmayrant, S. Calvez, O. Gauthier-Lafaye, A.L. Fehrembach, E. Popov, *Opt. Lett.* 44, 5198-5201 (2019).

## Réalisation de modèles 3D de micro-environnements poreux pour la culture cellulaire à partir d'émulsions eau-silicone

Le développement de modèles de microenvironnements permettant de reproduire les paramètres physiologiques essentiels des tissus *in vivo* sont des outils indispensables pour l'étude de la culture et de la prolifération cellulaire. Nous avons développé une nouvelle technologie permettant de réaliser des architectures tridimensionnelles poreuses à partir de matériau silicone (PolyDyméthylSiloxane-PDMS). Cette approche repose sur la génération d'une émulsion eau/PDMS suivie d'une étape d'expansion sous température et pression contrôlées. De par sa simplicité, sa rapidité et l'utilisation de matériau compatible avec la culture cellulaire, cette technologie permet de réalisation de microenvironnements poreux perfusables, dont l'architecture et les propriétés hydrodynamiques ont pu être étudiées par microscopie électronique et imagerie par rayons X. Des premières validations en culture cellulaire ont montré une distribution spatiale et une prolifération cellulaire homogènes qui confirment le haut degré d'interconnectivité de la structure sur des échelles centimétriques. Ces travaux ouvrent des perspectives particulièrement intéressantes pour la réalisation et l'intégration de bioréacteurs 3D pour la culture cellulaire.



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

En savoir plus : *Water-in-PDMS Emulsion Templating of Highly Interconnected Porous Architectures for 3D Cell Culture*, R. Riesco, L. Boyer, S. Blossé, P.M. Lefebvre, P. Assemat, T. Leichlé, A. Accardo, L. Malaquin, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 11, 28631–28640 (2019).

## Quand l'intelligence artificielle permet de repousser les limites du stockage de données dans des nanostructures



Si le stockage d'information sur des supports grand public utilise généralement une lecture optique de données binaires, cette approche est limitée depuis de nombreuses années en terme de densité par la taille minimale de structures élémentaires pouvant être décodées. Des chercheurs toulousains du LAAS-CNRS et du Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CEMES) ont démontré que ces limites pouvaient être repoussées en utilisant des nanostructures de géométrie complexe où de très fortes densités d'information peuvent être décryptées (ou décodées) grâce à des méthodes issues de l'intelligence artificielle (IA). Ces travaux, publiés dans la revue *Nature Nanotechnology*, ouvrent de nouvelles perspectives de réponse aux besoins croissants de stockage de l'information.

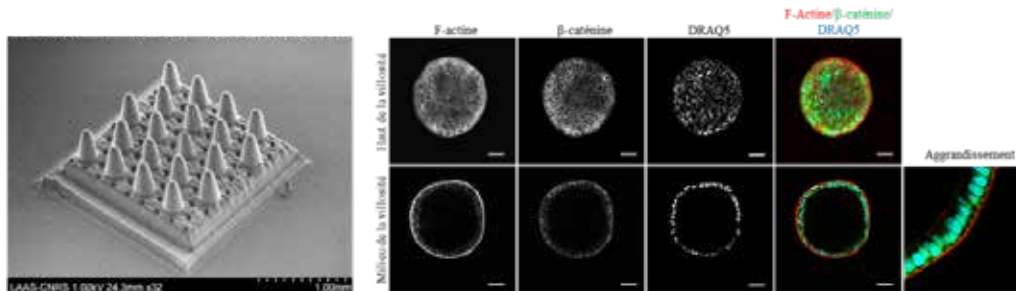
Contact : Guilhem Larrieu, guilhem.larrieu@laas.fr, équipe MPN

En savoir plus : *Pushing the limits of optical information storage using deep learning*, P.R. Wiecha, A. Lecestre, N. Mallet and G. Larrieu, *Nature nanotechnology* 14 (3), 237-244.

News and views mettant en avant le papier : *Deep learning beats the optical diffraction limit*, A. Miroshnichenko, *Nat. Nanotechnol.* 14, 198–199 (2019).



## Des supports 3D pour étudier la croissance des cellules intestinales



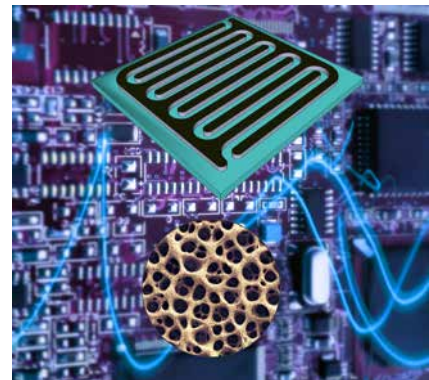
Un support de culture imprimé en 3D. Les cellules colorectales Caco-2 ont ensuite étéensemencées sur le support puis cultivées pendant 21 jours, puis fixées et marquées. Barre d'échelle = 50  $\mu\text{m}$ .

Tissu complexe et fortement structuré, l'intestin est formé de cryptes et villosités constamment renouvelées par les cellules souches intestinales. Alors que les altérations de ces cellules sont à l'origine de différentes pathologies, dont des tumeurs, leur étude est souvent limitée à des modèles qui ne sont pas fidèles à l'architecture 3D complexe de l'intestin. Des scientifiques du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS (LAAS-CNRS) et du Laboratoire de biologie cellulaire et moléculaire du contrôle de la prolifération (LBCMCP, CNRS/Université Toulouse Paul Sabatier) ont donc utilisé l'impression 3D pour concevoir des supports de culture cellulaire plus réalistes. Un gel mécaniquement stable est ainsi façonné par laser à très haute résolution, selon les dimensions et la forme d'un intestin de souris. Des cellules modèles, représentatives de celles du tube digestif, ont alors été cultivées à sa surface. Les chercheurs ont non seulement vérifié qu'elles se multipliaient bien pendant vingt et un jours, mais aussi qu'elles s'allongeaient et produisaient certains marqueurs protéiques que dans l'intestin. Cela montre que le support reproduit bien les conditions physiologiques. Les chercheurs comptent à présent tester la culture de véritables cellules intestinales et regarder l'impact d'autres topologies de support.

Contacts : Laurent Malaquin, laurent.malaquin@laas.fr, équipe ELiA et Arnaud Besson, Arnaud.besson@univ-tlse3.fr, LBCMCP  
En savoir plus : *Fabrication of 3D scaffolds reproducing intestinal epithelium topography by high-resolution 3D stereolithography*, J. Creff, R. Courson, T. Mangeat, J. Foncy, S. Souleille, C. Thibault, A. Besson, L. Malaquin, *Biomaterials*, 221, 119404 (2019).

## Réalisation d'un micro-supercondensateur interdigité à base d'électrode 3D pseudocapacitif

**B**ien qu'ils fassent l'objet d'un nombre important de travaux, les micro supercondensateurs peinent encore à augmenter leur densité d'énergie. Afin d'accroître leurs performances pour une empreinte surfacique limitée dans le circuit électronique, une architecture tridimensionnelle de l'électrode s'impose. Les défis sont alors la réalisation et l'intégration de matériaux d'électrode 3D sur des substrats de petites dimensions via des procédés de microfabrication compatibles avec la technologie silicium. Des chercheurs du LAAS-CNRS, en collaboration avec l'Institut national de la recherche scientifique au Québec (INRS), ont ainsi mis au point un matériau d'électrode constitué d'une structure en or extrêmement poreuse, synthétisée par un procédé électrochimique, dans laquelle de l'oxyde de ruthénium a été inséré. Cette électrode a ensuite servi à fabriquer avec succès un micro-supercondensateur interdigité présentant une capacité de cellule record de 812  $\text{mF}/\text{cm}^2$ .



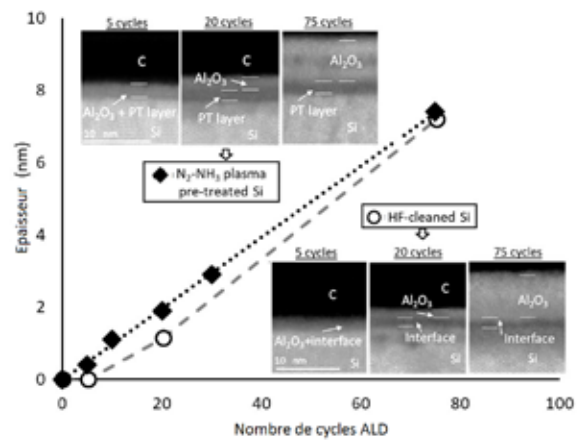
Contact : David Pech, david.pech@laas.fr, équipe ISGE

En savoir plus : *Three-dimensional interdigitated micro-supercapacitors with record areal cell capacitance*, A. Ferris, D. Bourrier, S. Garbarino, D. Guay, D. Pech, *Small*, 15, 1901224 (2019).



## Optimisation de l'interface Isolant-Silicium par traitement in-situ

L'évolution de la microélectronique basée sur l'amélioration des performances des transistors a fait introduire de nouvelles techniques de dépôts telles que l'Atomic Layer Deposition (ALD) censées pouvoir contrôler la fabrication d'isolants de quelques monocouches. Expérimentalement, néanmoins, on observe sur Silicium des problèmes de nucléation qui font que, dans le cas de nombreux dépôts d'oxyde métalliques, la croissance de couches continues ne se fait qu'en dessus de 2-3 nm. Dans le cas précis d' $Al_2O_3$  sur Si, on observe en conséquence la formation d'une interface graduelle néfaste à la bonne qualité électrique de couches plus minces que 6nm. Dans le cadre d'une collaboration internationale (cf liste des auteurs), nous avons montré que l'insertion d'un prétraitement in-situ du silicium induisait une croissance couche par couche d' $Al_2O_3$  dès les premiers instants du dépôt.

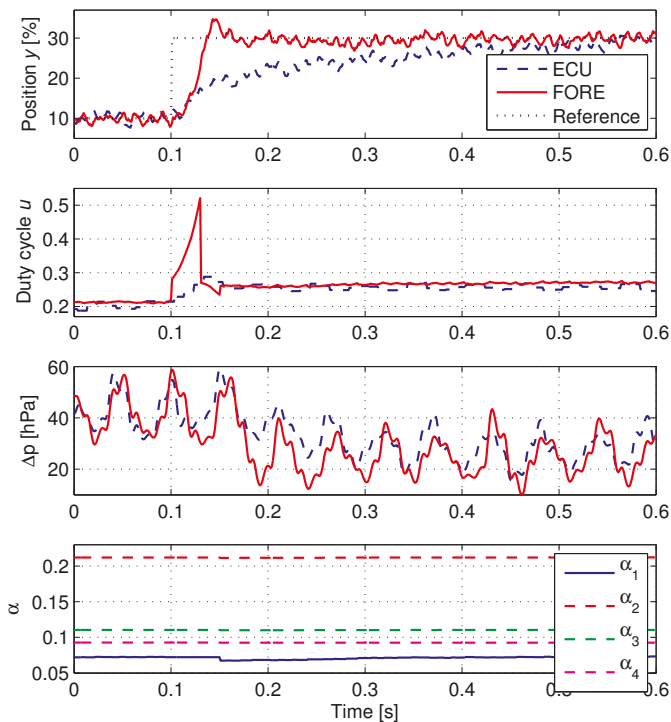


Images STEM de dépôts d' $Al_2O_3$  et épaisseurs déduites en fonction des cycles ALD. Comparaison entre dépôts sur Si avec ou sans pré-traitement plasma  $N_2-NH_3$ .

Contact : Emmanuel Scheid, emmanuel.scheid@laas.fr, équipe MPN

En savoir plus : *In situ  $N_2-NH_3$  plasma pre-treatment of silicon substrate enhances the initial growth and restricts the substrate oxidation during alumina ALD*, G.P. Gakis, H. Vergnes, F. Cristiano, Y. Tison, C. Vahlas, B. Caussat, A. G. Boudouvis, E. Scheid, Journal of Applied Physics, 126, 12, 125305 (2019).

## Commande à réinitialisation issue des fonctions de Lyapunov hybrides



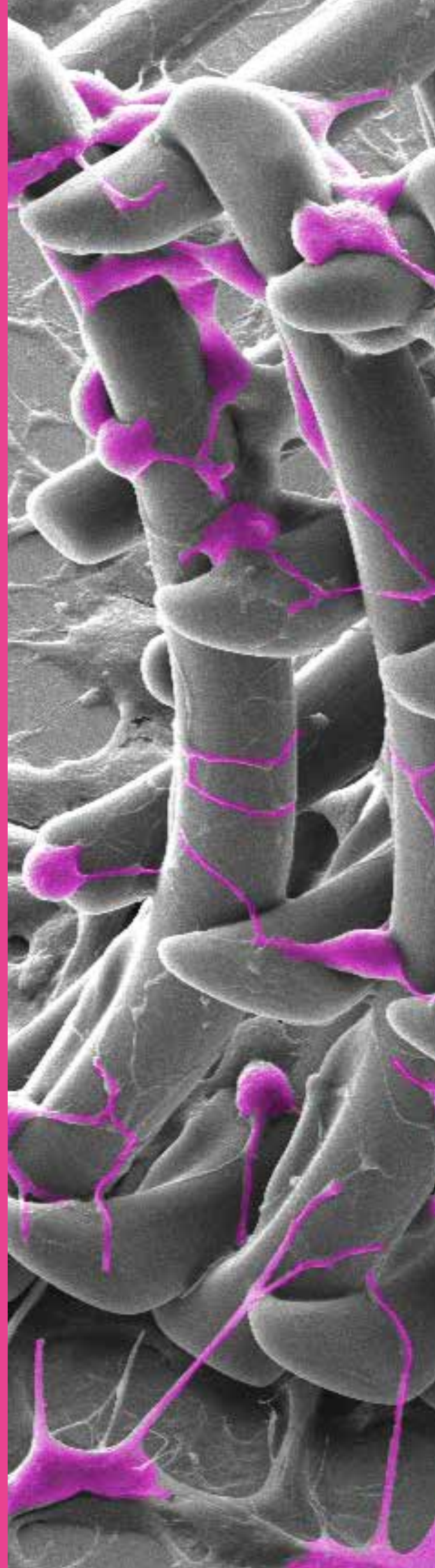
Contact : Luca Zaccarian, lzaccari@laas.fr, équipe MAC

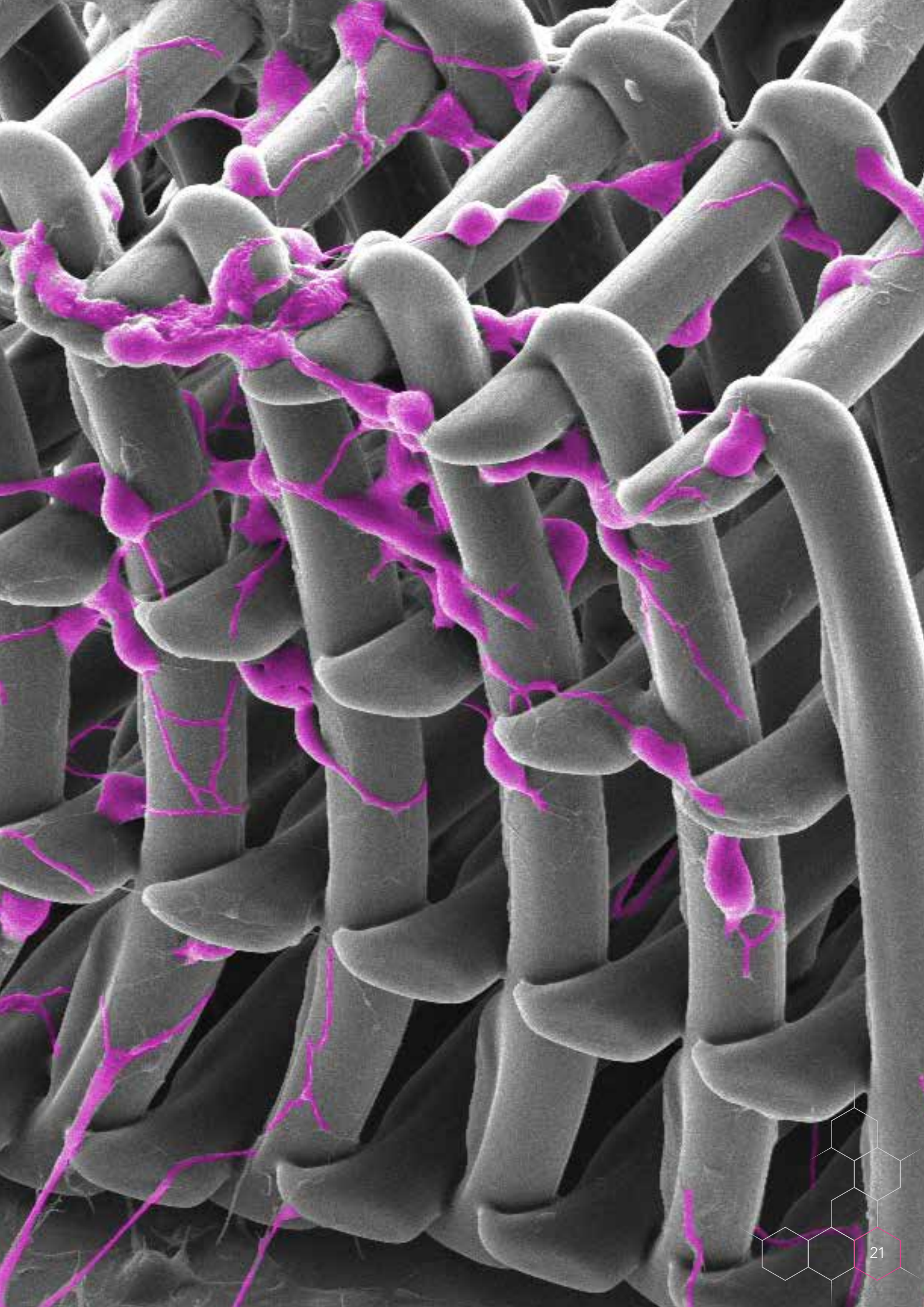
En savoir plus : *Analysis and Synthesis of Reset Control Systems*, C. Prieur, I. Queinnec, S. Tarbouriech, L. Zaccarian, Foundations and Trends in Systems and Control, 6, 2-3, 117-338 (2018).

Un intégrateur mémorise l'évolution d'un signal. Cependant, lorsque la mémoire stockée devient trop importante, il est recommandé de remettre l'intégrateur à zéro, c'est-à-dire de le réinitialiser. En 1958, J.C. Clegg a proposé un intégrateur à réinitialisation d'état, en montrant intuitivement des performances améliorées. Avec les outils modernes issus des fonctions de Lyapunov hybrides, on peut finalement fournir des garanties rigoureuses de ces performances et aller au-delà des intuitions initiales de Clegg. Cette publication couvre 15 ans d'activités de recherche avec plusieurs stratégies de contrôle avec réinitialisation.

Notamment, l'idée illustrée par les expérimentations dans la figure (représentant une valve EGR dans les moteurs Diesel) montre des évolutions convergeant exponentiellement vers zéro avec des entrées exponentiellement divergentes. Ces théories ont été présentées dans un exposé plénier lors de l'IFAC-NOLCOS à Vienne en septembre 2019.

# *Prix et distinctions*





## TEAM, service technique, lauréat du Cristal collectif du CNRS

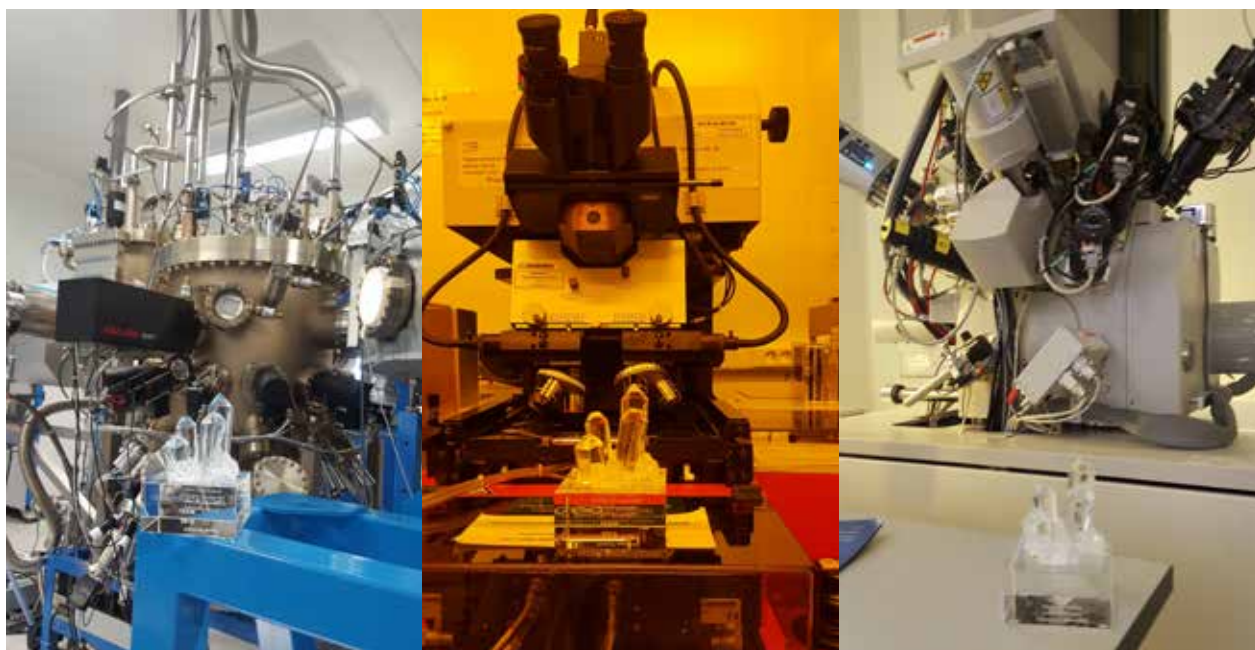


Depuis 30 ans, le service Techniques et équipements appliqués aux micro et nano-technologies (TEAM) en charge de la plateforme de micro et nanotechnologies assure un support technologique aux activités de recherche du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS-CNRS). Il y développe un ensemble de méthodologies et d'outils dans l'optique du partage des compétences.

De la gestion au développement des équipements et procédés, en passant par la formation et l'encadrement des utilisateurs, le service TEAM a développé au fil des ans des compétences avec comme objectif principal le soutien à la recherche scientifique.

Le service développe au sein de la plateforme, composante du réseau Renatech, des compétences en micro et nano fabrication de composants et déploie des équipements de pointe pour proposer une infrastructure compétitive pour la R&D. Grâce à des procédures techniques et administratives rapides notamment en traçabilité des travaux de recherche, il a amplifié son déploiement et joue un rôle pilote lors des actions nationales de formation (élaboration et mise en place des procédures de facturation auditable au CNRS).

Avec la sécurité au cœur des préoccupations, le service TEAM a contribué à la création d'outils partagés mis à la disposition des communautés scientifiques et techniques, qui peuvent aujourd'hui accéder à des formations et des supports en ligne partagés. Autant d'approches et d'outils encore plus professionnalisés qui démontrent leur rôle pionnier dans le soutien technique aux projets de recherche.





Le cristal collectif récompense des équipes de femmes et d'hommes, personnels d'appui à la recherche pour leur projet collectif innovant ou technique remarquable.

Le **14 janvier 2019**, le service TEAM a reçu le **Cristal collectif du CNRS**.

## Son organisation fonctionnelle

Le service, en charge du fonctionnement et du développement de la plateforme de micro et nano technologies, mutualise l'ensemble des moyens de fabrication du laboratoire dans le domaine. Cette plateforme est une composante du réseau de grandes centrales technologiques pour la recherche technologique de base.

Chaque membre du service exerce son expertise dans des zones spécifiques. Dans ces zones, ils assurent la gestion, le développement, la prospective des équipements et procédés, la formation et l'encadrement des utilisateurs. Cette activité leur permet d'avoir une vision globale de l'ensemble des projets soutenus.

En outre, les personnels sont plus particulièrement impliqués dans des projets scientifiques, au titre de coordinateur technique et/ou de réalisateur. Cette activité leur permet d'apporter un soutien adapté sur une problématique liée à leur expertise.

Cette double compétence (dans les zones et sur les projets) permet d'étendre le champ de leur compétence et d'éviter le cloisonnement.



Contact : [renatech@laas.fr](mailto:renatech@laas.fr)

En savoir plus : <https://www.laas.fr/public/fr/plate-forme-de-micro-et-nanotechnologies>

### Chaymaa Haloui prix de la meilleure présentation orale



Chaymaa Haloui, doctorante au sein de l'équipe Intégration de systèmes de l'énergie - ISGE et au CEATech Occitanie, encadrée par Josiane Tasselli, Frédéric Morancho et Mathieu Gavelle, s'est vu décerner le prix de la meilleure présentation orale lors des Journées nationales du réseau doctoral en micro-nanoélectronique (JNRDM 2019), qui se sont tenues à Montpellier du 3 au 5 juin 2019.

Ce prix récompense ses travaux relatifs au développement technologique d'un HEMT normally-off en Nitrure de Gallium (GaN) avec une grille à barrière p-GaN.



### Lya Fontaine lauréate du Grand prix Michel Amiet



Lya Fontaine, doctorante au sein de l'équipe Intégration de systèmes de l'énergie – ISGE, encadrée par Karine Isoird, Josiane Tasselli et Patrick Austin, s'est vu décerner le Grand prix Michel Amiet lors de la conférence des Jeunes chercheurs en génie électrique (JCGE 2019) qui s'est tenue à l'Île d'Oléron du 11 au 14 juin 2019.

Ce prix récompense ses travaux relatifs au «développement de briques technologiques pour la réalisation de composants de puissance sur diamant».



### Audrey Cayron lauréate du prix «Young Engineer Prize»



Audrey Cayron, doctorante au sein de l'équipe Microondes et opto-microondes pour systèmes de télécommunications - MOST, encadrée par Thierry Parra et Christophe Viallon, a reçu le prix «Young Engineer Prize» lors de l'European Microwave Conference Week (EuMW 2019) le 4 octobre 2019, Porte de Versailles à Paris.

Décerné par European Microwave Association, organisateur de ce salon, ce prix lui a été remis pour son papier «Wideband and Compact 3-D Quadrature Coupler for 5G Applications» et sa présentation orale. Ces travaux associent également Ayad Ghannam et Alessandro Magnani de la société labègeoise 3DiS Technologies.





## Ruggero Lot lauréat de la Bourse Cassini Junior

Ruggero Lot, doctorant italien en co-direction entre l'équipe Modélisation multi-niveaux des matériaux - M3, encadré par Anne Hemeryck, et de la Scuola internazionale superiore di studi Avanzati à Trieste en Italie, encadré par Stefano De Gironcoli, est lauréat de la Bourse Cassini Junior.

Ce prix est décerné par l'Ambassade de France en Italie qui affiche à cette occasion sa volonté de soutenir la recherche entre la France et l'Italie. Il récompense l'investissement des deux équipes française et italienne dans le développement de nouvelles approches méthodologiques inspirées de l'intelligence artificielle pour une optimisation de l'intégration de matériaux nanostructurés.



## Bayan Chami prix de la meilleure présentation orale

Bayan Chami, doctorante au sein de l'équipe Micro/nanofluidique pour les sciences de la vie et de l'environnement - MILE, encadrée par Aurélien Bancaud, a reçu le prix de la meilleure communication orale.



Ce prix, décerné pour son papier «*μLAS technology for RNA separation*» et sa présentation orale, lui a été remis lors du 26<sup>ème</sup> symposium international sur l'électroséparation et les techniques de séparation en phase liquide (ITP2019) qui s'est déroulé du 1 au 4 septembre 2019 à Toulouse.



## Emile Le Flecher prix du *Best student paper award*



Emile Le Flecher, doctorant au sein de l'équipe Robotique, action et perception - RAP, encadré par Viviane Cadenat et Adrien Durand-Petiteville de l'Université du Pernambuco (Brésil), a reçu le prix du meilleur article étudiant (*best student paper award*).

Ce prix lui a été remis lors de la 16<sup>th</sup> *International Conference on INformatics in COntrol, automation and robotics (ICINCO'2019)* qui s'est tenue du 29 au 31 juillet 2019 à Prague. Récompensé pour son article intitulé «*Visual Predictive Control of Robotic Arms with Overlapping Workspace*», il propose une stratégie de commande visuelle prédictive permettant de coordonner les mouvements d'un système robotique multi-bras.

Ses travaux de thèse, financés par une bourse UPS Axes thématiques prioritaires (ATP), s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration entre l'Université de Californie (Davis), l'Université du Pernambuco (Brésil) et le LAAS-CNRS.

### Aliénor Damien IEEE Best Paper Award

Aliénor Damien, doctorante de formation CIFRE avec Thales Avionics et au sein de l'équipe Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique - TSF, a obtenu le prix du meilleur papier de la conférence *The 24<sup>th</sup> IEEE Pacific Rim International Symposium (PRDC 2019)* qui s'est tenue du 1<sup>er</sup> au 3 décembre 2019 à Kyoto, au Japon.

Récompensée pour son papier intitulé «*Implementation of a Host-based intrusion Detection System for Avionic Applications*», Aliénor Damien présente un système de détection d'intrusions adapté aux contraintes des applications avioniques embarquées. Ses travaux impliquent notamment, Michael Marcourt de la société THALES AVS et Vincent Nicomette, Eric Alata, Mohamed Kaâniche de l'équipe TSF du LAAS-CNRS.



### Ludovic Marigo-Lombart prix de thèse RENATECH

Ludovic Marigo-Lombart, doctorant en cotutelle entre l'UPS et la Vrije Universiteit Brussels (VUB) reçoit le prix de thèse RENATECH qui récompense un travail remarquable dans le domaine des micro-nanotechnologies.

Ce travail de doctorat a reçu plusieurs distinctions : un oral invité aux Journées nationales sur les technologies émergentes en microfabrication à Minattec, Grenoble (25-27 novembre 2019). Il a été classé parmi les toutes meilleures thèses (Top 2%) par son école doctorale de la VUB.



### Gilles Tredan prix du meilleur papier

Gilles Tredan, chercheur au sein de l'équipe Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique - TSF a reçu le prix du meilleur papier lors du *38<sup>th</sup> International Symposium on Reliable Distributed Systems (SRRDS2019)* qui a eu lieu à Lyon du 1<sup>er</sup> au 4 octobre 2019.

Son papier intitulé «*Improved Fast Rerouting using Postprocessing*» présente un nouvel algorithme de routage des communications offrant de nouvelles propriétés optimales de résilience. Ses travaux ont été co-réalisés dans le cadre d'une collaboration internationale avec Klaus-Tycho Förster et Stefan Schmid (Univ. Vienne, Autriche), Andrzej Kaminski (AGH University of Science and Technology, Pologne) et Yvonne-Anne Pignolet (DFGINITY, Suisse).



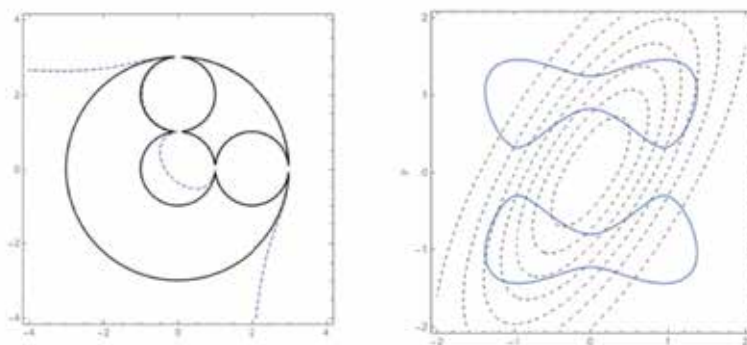
### Matthieu Roy prix du Best Paper Award



Matthieu Roy, chercheur au sein de l'équipe Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique - TSF, a reçu le prix du meilleur papier lors du *21<sup>st</sup> International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS-2019)* qui s'est déroulé à Pise, en Italie, du 22 au 25 octobre 2019.

Son papier intitulé «*Synchronous t-Resilient Consensus in Arbitrary Graphs*» étudie les propriétés de consensus dans un réseau synchrone de topologie arbitraire, tolérant des défaillances des nœuds du réseau. Ce prix est attribué pour des travaux menés avec Armando Castañeda et Sergio Rajsbaum (UNAM, Mexique), Pierre Fraignaud et Ami Paz (LIAFA) et Corentin Travers (LABRI).

## L'alliance de domaine entre deux équipes, le calcul formel et l'optimisation, distinguée lors de l'ISSAC 2019



A gauche : trait noir = frontière de la vraie forme / trait bleu = reconstruction numérique à partir de moments mesurés avec faible précision  
A droite : trait bleu = frontière de la forme à reconstruire / trait noir = fonction de répartition de la densité

Le progrès pour de nombreuses technologies, comme l'imagerie médicale, est principalement dû à l'amélioration des algorithmes utilisés dans la reconstruction de volumes (formes que l'on voit à l'image).

C'est en ce but que deux chercheurs de l'équipe Recherche opérationnelle, optimisation combinatoire - ROC et un chercheur de l'équipe Méthodes et algorithmes de commande - MAC ont allié leur domaine scientifique respectif pour développer des algorithmes permettant la reconstruction de formes à partir de données appelées *moments*.

Leur nouvelle approche est fondée sur la théorie des fonctions holonomes qui, très prisées en calcul formel, sont des solutions d'équations habituellement utilisées dans le spatial pour révéler la position d'un objet étudié. Ces *moments* (données) offrent ici des informations sur une onde émise par une machine, comme une IRM par exemple, propriété particulière, puisqu'elle permet de les représenter et de les manipuler de manière exacte grâce à des algorithmes efficaces. Leur algorithme permettrait donc de reconstruire des formes en multipliant les mesures à des fréquences différentes.

La nouveauté de leurs travaux tient en l'efficacité de mesure même lorsque la cible n'est pas uniformément dense. Publiés «*On moment problems with holonomic functions*», le trio a obtenu un *Distinguished Paper Award* lors de l'*International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation* (ISSAC 2019) à Pékin en juillet 2019.

## Autres distinctions



> Thierry Bosch, éditeur associé à la revue *Sensors*

> Aurélie Clodic, invitée au colloque "*Robotics, AI and Humanity : Science, Ethics and Policy*" par la Pontifical Academy of Sciences



> Thierry Monteil, nommé titulaire d'une chaire en mobilité intelligente à l'INSA



> L'outil TINA développé par l'équipe VERTICS, médaille d'or lors des TOOLympics 2019 qui se sont déroulés à Pragues les 6 et 7 avril 2019.

Plus d'info sur l'outil TINA : <http://projects.laas.fr/tina//>

> Marco Tognon a reçu plusieurs prix dans le cadre de sa thèse : le prix Aerospace Valley de la meilleure thèse Occitanie, le prix des Sciences de l'ingénieur 2019 de l'Académie des sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse et le prix 2019 de la meilleure thèse robotique du GdR robotique



> Susana Sanchez Restrepo, prix de thèse par la Fabrique de l'industrie

> Benoit Rougier, lauréat du prix Léopold Escande INP 2019

*Projets européens,  
nationaux  
et internationaux*







## Projet Pyrosafe



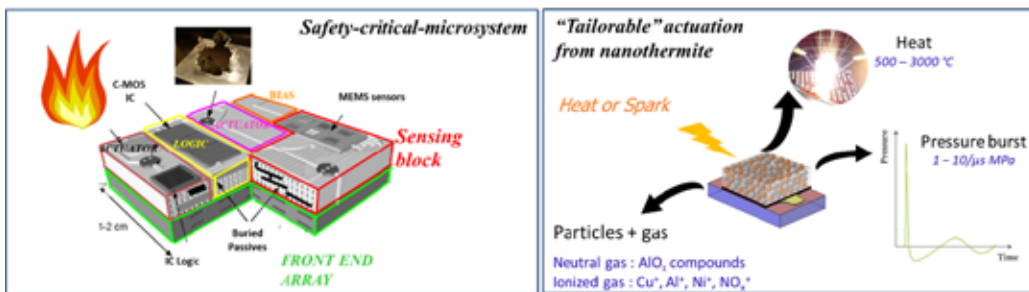
European  
Research  
Council

Maîtriser l'assemblage de nanoparticules ou nanofeuillets de métaux et d'oxyde pour produire des nanocomposites très réactifs et versatiles : tel est l'objet du projet ERC PyroSafe.

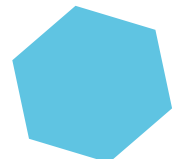
Ce projet ouvre la voie à la conception et la fabrication de micro-actionneurs à haute énergie capables de produire de multiples fonctionnalités (génération gaz, chaleur et espèces chimiques) afin de mettre en œuvre des mesures de sécurité d'urgence dans des situations non accessibles à l'intervention humaine.

Pour atteindre cet objectif d'innovation fort, PyroSafe met en place un programme de recherche pluridisciplinaire mêlant études fondamentales, développement technologique et caractérisations avancées autour de nanothermites (assemblages nanométrique aluminium/oxydes). Il propose de nouveaux paradigmes pour caractériser et modéliser les mécanismes réactionnels extrêmement complexes (formation et propagation d'un front de combustion dans des conditions de température et de pression très élevées) au sein d'assemblages métastables.

Le projet pousse aussi les limites d'intégration de ces matériaux dans les circuits électroniques en combinant des techniques de dépôt en phase vapeur et des méthodes de fabrication additive et en travaillant avec un fondeur pour assurer la compatibilité des technologies.



Contact : Carole Rossi, carole.rossi@laas.fr, équipe NEO  
Source : Institut des sciences et de l'ingénierie des systèmes - INSIS

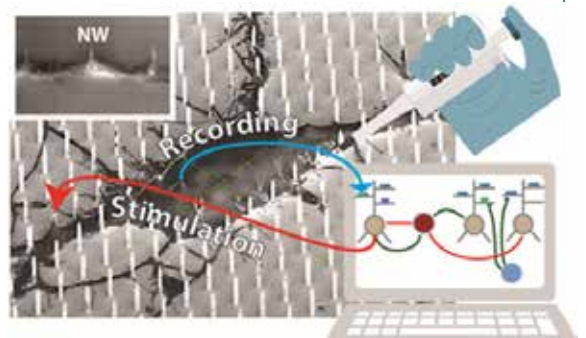


## Projet NEUREKA – Des nano-électrodes pour stimuler les neurones des malades d'Alzheimer

Plus d'un milliard de personnes dans le monde souffrent de maladies cérébrales, dont le traitement coûte 1,4 T€ par an dans les pays occidentaux. Malgré les efforts et les budgets croissants consacrés par les multinationales pharmaceutiques à la découverte de médicaments, un nouveau médicament pour le cerveau a 45% moins de chance d'être efficace qu'un médicament non cérébral. L'écart entre la demande croissante de thérapies cérébrales et le taux de réussite décroissant des nouveaux médicaments se creuse.

Pour aider à inverser cette tendance, le projet NEUREKA propose de renforcer l'un des maillons les plus faibles du processus de découverte de médicaments : le criblage fonctionnel de composés in vitro, via des tests cellulaires.

Nous proposons une approche hybride innovante, par laquelle la technologie brevetée de nano-électrodes développée au LAAS-CNRS sera combinée à des modèles informatiques sophistiqués de circuits neuronaux afin de lire et manipuler l'activité / la connectivité dans des réseaux de neurones humains présentant les déficiences de la maladie d'Alzheimer, avec une précision subcellulaire. Pour la première fois, un modèle biophysique stimulera les dendrites de neurones atteints d'Alzheimer par l'intermédiaire des nano-électrodes, permettant i) de reproduire la connectivité et l'excitabilité du réseau, en plus des caractéristiques moléculaires de la maladie et ii) de conduire le réseau vers des états qui révèlent des déficits, par exemple en délivrant des stimuli induisant la plasticité afin d'optimiser l'évaluation des effets des médicaments. En augmentant les taux de réussite dans la découverte de médicaments, cette technologie pourrait permettre de réduire les coûts et minimiser l'utilisation des animaux avant les essais précliniques / cliniques.



Stimulation de neurones par les nanoélectrodes brevetées au LAAS-CNRS

Contact : Guilhem Larrieu, guilhem.larrieu@laas.fr, équipe MPN

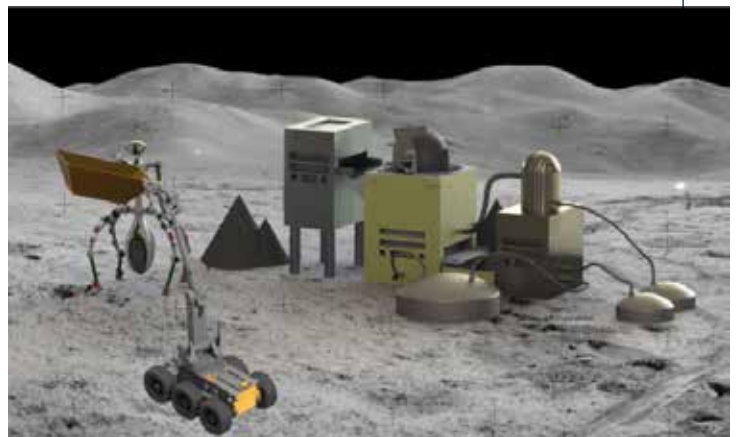


PRO+ACT

## Projet PRO-ACT : des robots pour la construction d'infrastructures planétaires

Ce sont assurément les robots qui vont poursuivre l'exploration des planètes du système solaire. Après les «robots géologues» qui se déplacent à la surface des planètes pour y effectuer des mesures scientifiques, les agences spatiales envisagent de déployer des robots capables d'assembler des infrastructures sur les planètes, telles que des instruments d'observation de l'univers, ou même des véritables usines d'exploitation de ressources.

Ces robots devront être mobiles, dotés de capacité de manipulation, mais surtout capables de coopérer pour déplacer, manipuler et assembler de grandes pièces. Cette capacité de manipuler des objets par plusieurs robots mobiles pose encore des difficultés : une fois liés par l'objet qu'ils transportent, ils constituent une chaîne cinématique fermée, pour laquelle la définition de mouvements est un problème difficile, notamment quand l'environnement est encombré d'obstacles et n'est pas plan. Mais surtout, de nombreuses difficultés se posent lors de l'exécution des mouvements, pendant lesquels des forces s'échangent entre les robots. Dans le projet H2020 – PRO-ACT «Planetary RObots Deployed for Assembly and Construction Tasks», le LAAS conçoit et développe des algorithmes de contrôle qui assurent les déplacements des robots et de leurs bras, sans excéder des limites sur les forces qui s'exercent en leur sein et en s'adaptant aux aléas d'exécution.



Contact : Simon Lacroix, [simon.lacroix@laas.fr](mailto:simon.lacroix@laas.fr), équipe RIS



European Commission

Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation

## AI4EU Une plateforme européenne d'intelligence artificielle

Avec soixante ans de recherches accumulées, l'intelligence artificielle (IA) est aujourd'hui une réalité qui peut avoir un impact socio-économique potentiel à l'échelle historique, rivalisant avec des technologies de rupture comme l'électricité ou l'invention de l'imprimerie. En tant que catalyseur de l'innovation, le projet AI4EU vise à fournir les moyens d'exploiter cette révolution dans tous les domaines de la société.

Le développement de systèmes intelligents nécessite la maîtrise d'outils et de techniques complexes et en évolution rapide. La création de nouvelles formes de systèmes et de services exige des investissements importants dans l'infrastructure, l'accès à de très grandes sources de données conservées et d'énormes ressources informatiques. Pour être compétitifs dans ce concours mondial d'IA, les innovateurs européens doivent surmonter la fragmentation de la R&I européenne, le manque de talents en IA (souvent embauchés par des géants technologiques américains), les limites des ressources informatiques en IA, le manque de grands ensembles de données et, dans l'ensemble, des investissements plus faibles en IA et en numérique en Europe.

L'objectif global du projet AI4EU est de construire une plateforme européenne complète d'intelligence artificielle à la demande qui offre aux innovateurs dans tous les domaines de la société un accès à l'expertise, aux connaissances, aux algorithmes et aux outils pour développer, déployer et financer des innovations basées sur l'IA.

L'objectif est de donner aux acteurs d'un large éventail de secteurs commerciaux, industriels et sociétaux les moyens d'innover grâce à l'IA. En réunissant tout un écosystème de chercheurs, de laboratoires, de PME, de grandes entreprises, d'étudiants et bien d'autres autour d'un point d'accès unique aux ressources de l'IA, AI4EU réduira les obstacles à l'éducation, la recherche et l'innovation. En outre, la plateforme AI4EU s'appuiera sur les valeurs européennes, respectera la législation européenne et soutiendra une approche centrée sur l'être humain, offrant un avantage concurrentiel aux acteurs européens. Le LAAS-CNRS participe au volet recherche du projet AI4EU sur les aspects validation et vérification des systèmes hommes/robots.

Contact : Félix Ingrand, [felix@laas.fr](mailto:felix@laas.fr), équipe RIS



European Commission

Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation

## ANR PRCE « Modulateur vertical intégré à un VCSEL pour les interconnexions optiques ultra-rapides (EAM-VCSEL) »



Le projet EAM-VCSEL vise à développer une technologie de source laser faible coût et économe en énergie pour les liaisons de communication optiques courtes distances et à très hauts débits, et ce en surpassant les performances des lasers VCSEL actuels à modulation directe. Par conséquent, l'objectif principal est de développer une architecture de composant permettant des débits jusqu'à 100 Gbps par canal dans des conditions de fonctionnement et des exigences environnementales définies par les applications. Notre approche consiste à intégrer de façon monolithique un modulateur à électro-absorption dans la structure verticale du VCSEL. En découplant les propriétés électriques et optiques du modulateur et du laser, on peut optimiser les performances à ultra hautes fréquences. Nous envisageons également d'appliquer d'autres formats de modulation sur ce composant afin d'étendre encore la capacité de transmission de données dans le domaine hyperfréquence. Ce projet qui se déroulera de Janvier 2020 à Juin 2023 concrétise une collaboration internationale public-privé entre les équipes Photonique et MOST du LAAS-CNRS, le laboratoire FOTON, l'industriel 3SP Technologies et la Vrije Universiteit de Bruxelles.

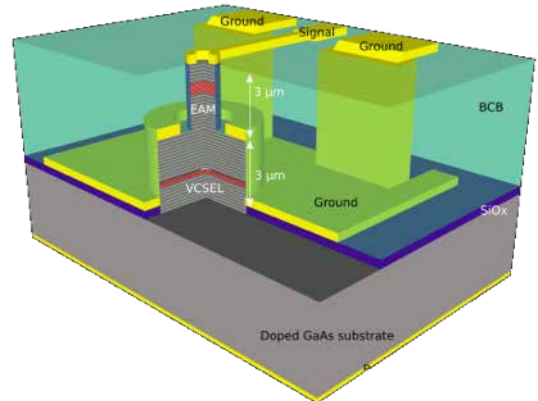
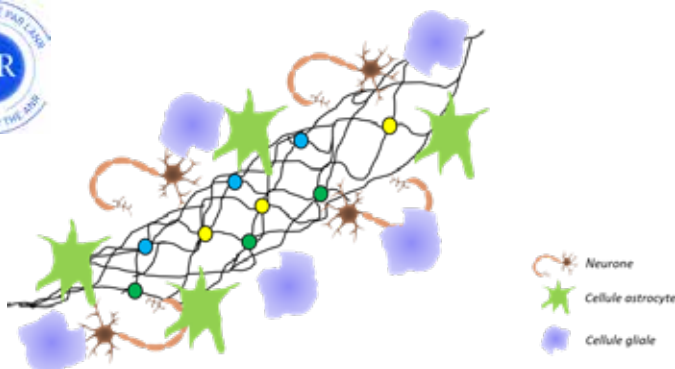


Schéma du composant EAM-VCSEL

Contact : Guilhem Almuneau, guilhem.almuneau@laas.fr, équipe PHOTO

## ANR JCJC - Un dispositif neuronal poreux pour des implants durables

Les neuroprothèses offrent des perspectives prometteuses pour la réhabilitation des fonctions motrices, sensorielles ou cognitives des patients souffrants de paralysies ou de maladies neurodégénératives. Une solution pour restaurer ces fonctions neuronales consiste à implanter des réseaux de microélectrodes de haute densité pour stimuler ou enregistrer l'activité cérébrale. Cependant, malgré de nombreuses avancées technologiques dans ce domaine, une problématique majeure réside dans la réalisation d'enregistrements stables sur le long terme. L'insertion des électrodes rigides dans le cerveau induit une forte réaction inflammatoire dans le système nerveux central, comme le fait tout corps étranger implanté dans un organisme. Cette réaction vient altérer avec le temps la stabilité mécanique et électrique des électrodes implantées. L'objectif principal du projet ANR «Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs» 3DBrain est d'améliorer la stabilité des implants et diminuer les inflammations associées grâce à un dispositif neuronal plus adapté. Dans ce projet, nous proposons de développer des électrodes multidimensionnelles (2D et 3D) poreuses, qui minimisent leurs empreintes dans le cerveau et en réponse seront capables de détecter des molécules spécifiques indicatrices de l'inflammation (Figure). Un tel dispositif serait une révolution conceptuelle dans le domaine des neurosciences en fournissant pour la première fois la possibilité de développer des implants durables, en combinant la détection de troubles cérébraux.



La vision 3D Brain : électrode 3D macroporeuse, taille micrométrique, propriétés mécaniques adéquates, enregistrement neurochimique

Contact : Ali Maziz, ali.maziz@laas.fr, équipe MEMS



## OwnTech

cnrs

La transition écologique s'appuie sur une utilisation croissante de l'énergie électrique au détriment des énergies fossiles. La gestion de l'électricité est faite par des convertisseurs d'électronique de puissance dont la conception et l'industrialisation par nature multi-disciplinaires posent un vrai verrou à la transition écologique de par leur coût et leur complexité.

Le projet OwnTech propose l'utilisation d'un convertisseur de puissance élémentaire multi-fonctions, reprogrammable, modulaire et libre. Nous travaillons sur les conversions DC-DC (photovoltaïque ou batteries) et DC-AC (petit éolien, motorisation électrique). Reprogrammable signifie que le convertisseur peut changer de fonctionnalité au cours de sa vie en modifiant son logiciel embarqué. Modularité veut dire que plusieurs briques peuvent être associées pour créer des solutions plus complexes de façon transparente. L'aspect libre implique l'utilisation des licences open-source sur la totalité de la propriété intellectuelle du convertisseur. Le projet OwnTech aura trois objectifs majeurs, à savoir : fournir une suite technologique libre, disposer d'un dépôt en ligne hébergé au LAAS-CNRS et développer une communauté d'utilisateurs.

Contact : Luiz Lavado Villa, luiz.fernando.lavado.villa@laas.fr, équipe ISGE



## Autour du Cancer

Le LAAS-CNRS est impliqué dans un projet financé par l'Institut national du cancer (INCA), en partenariat avec Philippe Pasero de l'Institut de génétique humaine (IGH) de Montpellier. Le projet est intitulé « Cibler les fourches de réplication pour promouvoir le rejet des cellules tumorales par le système immunitaire ». Guider le système immunitaire d'un patient pour éliminer sa tumeur, ce qu'on appelle l'immunothérapie, est une voie de recherche centrale en oncologie clinique. La réponse thérapeutique, parfois spectaculaire, n'est malheureusement pas toujours au rendez-vous. Dans ce projet, nous souhaitons comprendre comment et pourquoi induire un stress sur le génome augmente la réponse aux immunothérapies. Le LAAS-CNRS contribue au projet avec ses outils de métrologie d'ADN à haute sensibilité.

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



## Plan Cancer - Le cancer sous pression



Imaginez-vous protéger votre sac rempli de légumes frais dans un métro bondé, qui continue de se remplir, inlassablement : la contrainte à appliquer pour contrer la marée humaine et sauvegarder vos tomates augmentera avec la densification. La plupart des tumeurs sont caractérisées par une prolifération anarchique des cellules, le plus souvent dans un environnement où elles n'ont pas la place de proliférer. La croissance tumorale dans cet environnement confiné implique alors l'émergence d'une contrainte mécanique, compressive. Ces contraintes compressives peuvent avoir de grandes conséquences sur la manière dont le cancer progresse et peut être traité. Les cellules, lorsqu'elles sont comprimées, réagissent différemment. Mentionnons par exemple qu'elles se divisent moins vite (le taux de création d'humain dans le métro diminue), ou qu'elles peuvent se transformer pour migrer en dehors de la tumeur (vous rampez sur le sol, si cela a encore un sens). De plus, l'environnement chimique est profondément altéré (l'air devient chargé).

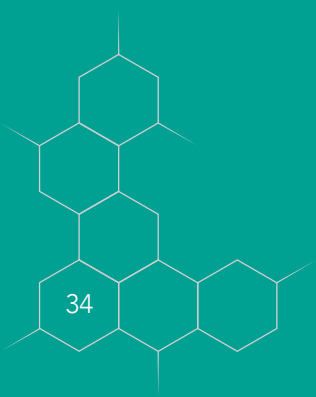
L'émergence des contraintes mécaniques est concomitante aux altérations chimiques. Le but de ces projets est de comprendre comment les cellules répondent à des variations de l'environnement physico-chimiques, et comment leurs réponses peuvent elles-mêmes affecter cet environnement. Nous développons pour cela différents microsystèmes, appelés systèmes microphysiologiques, dans l'espoir de recréer un microenvironnement tumoral. Nous focalisons plus précisément notre recherche sur deux réponses cellulaires particulières : la transformation des cellules pour migrer sous contrainte mécanique, et leur devenir face à des agents chimiothérapeutiques.

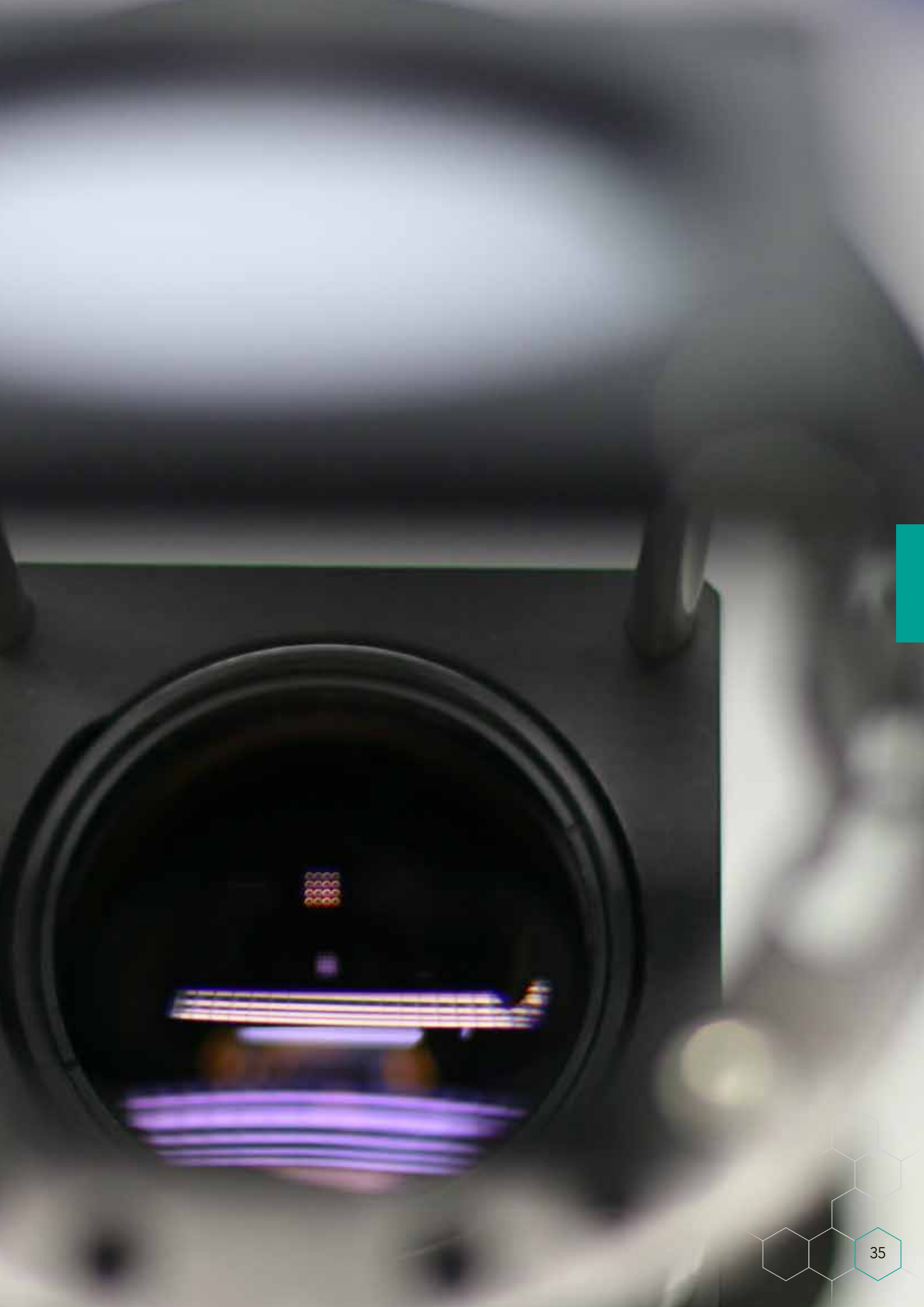
Ces études sont soutenues par deux projets Plan Cancer, un projet Emergence du Cancéropôle GSO et un projet Fondation Toulouse Cancer Santé.

Contact : Morgan Delarue, morgan.delarue@laas.fr, équipe MILE



# *Collaborations industrielles*







### **ROB4FAM**, un laboratoire commun Airbus / LAAS-CNRS

Dans le but de renforcer leur collaboration, le LAAS-CNRS et Airbus ont lancé un laboratoire commun. L'objectif étant de développer ensemble des technologies innovantes pour concevoir des robots plus autonomes et plus réactifs, capables de s'adapter à leur environnement et de travailler en présence, et avec, des opérateurs humains.

L'un de ses plus grands défis scientifiques sera de doter les robots d'une capacité de réactivité. Autrement dit, de faire en sorte qu'ils soient capables de détecter un changement dans leur environnement de travail et de prendre une décision en temps réel pour s'y adapter. Un robot « réactif » devra par exemple s'arrêter dès qu'il perçoit l'intervention d'un opérateur humain, puis reprendre sa tâche en tenant compte des modifications apportées.

Les chercheurs s'appuieront sur le Robot Pyrène, développé par la société Pal-Robotics pour le LAAS-CNRS, et utiliseront le robot à roues Tiago à la réalisation de ces prouesses qui apporteront un soutien au travail des compagnons face à une forte croissance des activités d'Airbus.

Ainsi, renforçant leur lien, le LAAS-CNRS et Airbus feront progresser les connaissances scientifiques nécessaires au développement de la robotique dans la production aéronautique pour nourrir l'innovation et répondre aux grands défis aéronautiques de demain. La collaboration a été inaugurée le mardi 21 mai 2019 au sein du LAAS-CNRS, Rob4Fam (*Robots For the Future of Aircraft Manufacturing*) en présence des équipes scientifiques et des personnalités institutionnelles.

Deux thèses CIFRE ont déjà démarré :

- > L'objectif de la première thèse est de lier planification et asservissement en temps réel sur un robot pouvant être humanoïde. La planification est le choix des mouvements et l'ordre dans lequel les effectuer pour que le robot réalise une tâche donnée. Elle s'effectue dans une représentation idéalisée du monde qui peut présenter des écarts avec la réalité. Pour s'assurer du suivi, par le robot, de cette trajectoire planifiée, on utilise des algorithmes d'asservissement. Ceux-ci, à partir des états de l'environnement et du robot, vont adapter à chaque instant la trajectoire de référence pour la faire coller à la réalité et la rendre réalisable par le robot. Le contexte applicatif de la thèse est l'exécution de tâches de perçage et vissage sur des structures d'avions en utilisant le robot mobile Tiago et le robot humanoïde Talos.
- > L'objectif de la seconde thèse est de pouvoir contrôler en force un robot pour des tâches perçage et de vissage. Ceci est nécessaire pour gérer la force exercée sur l'outil et l'environnement. C'est également très important pour pouvoir interagir physiquement d'une manière sécurisée avec des obstacles inconnus si nécessaire. Ces obstacles peuvent être l'environnement ou un être humain, il faut donc effectuée une commande qui ne soit pas un danger ni pour l'environnement du robot ni pour le robot lui-même.

Contact : Olivier Stasse, [olivier.stasse@laas.fr](mailto:olivier.stasse@laas.fr), équipe GEPETTO

### **EZ-Curve : un dispositif optique innovant pour mesurer la courbure d'une surface réfléchissante**

Des ingénieurs de recherche du service TEAM – Techniques et équipements appliqués aux micro et nanotechnologies ont développé un dispositif optique capable de mesurer en temps réel la courbure de la surface sur laquelle on dépose une couche mince de matériau.

Pour déposer une couche mince de matériau sur une plaquette de semi-conducteur on peut utiliser l'épitaxie par jet moléculaire. C'est une technique consistant à envoyer un ou plusieurs jets moléculaires pour réaliser le dépôt d'un matériau par couches d'atomes successives. Mais ce procédé peut induire des contraintes dans la couche qui se crée et provoquer la déformation de la plaquette.

Ainsi, il est important de mesurer cette déformation en temps réel, pendant le processus de dépôt, pour détecter sa nature et sa localisation avec précision. Les instruments existants pour mesurer la courbure d'une surface utilisent la déflexion d'un faisceau laser.

C'est dans ce contexte que les ingénieurs du service Team ont mis au point un nouveau dispositif optique pour mesurer la courbure d'une surface réfléchissante. Ce dispositif repose sur un principe différent : la surface est éclairée par une source de lumière blanche et le capteur perçoit l'image de la source à travers la surface.

Après avoir comparé les performances trop peu sensibles des instruments déjà existants sur le marché, celles-ci se sont révélées d'une grande sensibilité, mais également peu sensibles aux vibrations et s'adaptent même à de nombreuses configurations et reproductions des mesures.

Un système breveté en 2017 a convaincu la société RIBER, signant une licence d'exploitation donnant le nom EZ-Curve.



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

## LocalSolver



Le LAAS-CNRS a démarré une thèse en collaboration avec LocalSolver, éditeur d'un solveur d'optimisation global qui combine des algorithmes exacts et approchés pour résoudre des problèmes d'optimisation combinatoires ou continus. Sous la direction de Christian Artigues, de l'équipe Recherche opérationnelle, optimisation combinatoire et contraintes - ROC, Léa Blaise, doctorante, travaille à améliorer les performances du solveur sur les problèmes d'ordonnancement : offrir une modélisation concise et intuitive à l'utilisateur, et rapidement fournir de très bonnes solutions à ces problèmes combinatoires complexes.

Contact : Christian Artigues, christian.artigues@laas.fr, équipe ROC

## AKKA Research



L'objectif de la thèse CIFRE LAAS-CNRS / AKKA Research de Joël Tari est de permettre la navigation collaborative d'une flotte de robots mobiles terrestres dans des environnements partiellement ou totalement inconnus. Pour mener à bien la mission, chaque robot doit construire une carte de l'environnement sur la base de sa perception embarquée et d'informations sensorielles délivrées par des capteurs connectés (embarqués sur des drones, portés par des humains). Des développements spécifiques concernent la fusion (opportuniste ou délibérée) de représentations de l'environnement entre les robots de la flotte ainsi que l'élaboration de stratégies actives pour l'optimisation (en termes d'information) de ces représentations.

Contact : Patrick Danès, patrick.danes@laas.fr, équipe RAP

## Deux thèses CIFRE avec le groupe Renault



> Le but de la thèse de Valentin Antuori est de combiner des méthodes d'optimisation combinatoire (programmation par contraintes, recherche à grands voisinages) avec des méthodes d'apprentissage par renforcement et des méthodes de Monte-Carlo. Cette hybridation de méthodes vise à améliorer l'exploration de l'espace des solutions réalisables afin de résoudre les problèmes industriels posés et de poser un cadre générique de nouvelles méthodes de résolution de problèmes combinatoires.

Contact : Marie-José Huguet, huguet@laas.fr et Emmanuel Hébrard, hebrard@laas.fr, équipe ROC

> Dans le domaine automobile, un système avancé d'aide à la conduite (en anglais, ADAS) vise à aider le conducteur à éviter les accidents de la route. La thèse de Mohamed El Mostadi porte sur le test d'ADAS en générant des scénarios de conduite virtuels. La génération sera basée sur des modèles de scénarios critiques, en conservant un alignement avec des données réelles provenant d'expérimentations sur les routes.

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



L'objectif de la thèse CIFRE LAAS / EDF de Malcolm Bourdon est de développer de nouvelles solutions permettant de sécuriser des objets connectés déployés par EDF par exemple pour l'optimisation de la consommation d'énergie dans les domiciles, vis-à-vis d'attaques visant à détourner de façon illégitime l'usage de ces objets. Nous considérons le contexte particulier qui est représentatif de plusieurs applications chez EDF et qui correspond à un déploiement à large échelle d'objets ayant la même configuration, avec des ressources limitées et qui sont utilisés de façon très similaire. Les solutions de sécurité recherchées doivent être simples, faciles à déployer et à faible coût. Nos travaux s'orientent vers le développement d'un système de détection d'anomalies basé sur l'observation et l'analyse de compteurs matériels de performances.

Contact : Mohamed Kaâniche, mohamed.kaaniche@laas.fr et Eric Alata, eric.alata@laas.fr, équipe TSF

Informatique

Automatique

Robotique

Micro et nano systèmes

**Réseaux, informatique, systèmes de confiance**

Mohamed KAÂNICHE

ISI - Claude BARON

SARA - Olivier BRUN

TSF - Hélène WAESELYNCK

VERTICS - Silvano DAL ZILIO



**HF et optique : de l'électromagnétisme aux systèmes**

Olivier GAUTHIER-LAFAYE

MINC - Hervé AUBERT

MOST - Éric TOURNIER

OASIS - Julien PERCHOUX

PHOTO - Stéphane CALVEZ



**Micro nano bio technologies**

Bernard LEGRAND

ELIA - Laurent MALAQUIN

M3 - Anne HEMERYCK

MEMS - Christian BERGAUD

MH2F - Katia GRENIER

MICA - Philippe MENINI

MILE - Pierre JOSEPH

MPN - Fuccio CRISTIANO



**Robotique**

Philippe SOUERES

GEPETTO - Philippe SOUERES

RAP - Patrick DANÈS

RIS - Simon LACROIX



**Décision et optimisation**

Dimriti PEAUCELLE

DISCO - Yannick PENCOLE

MAC - Lucie Baudouin

ROC - Marie-José HUGUET



**Gestion de l'énergie**

Frédéric MORANCHO

ESE - Patrick TOUNSI

ISGE - David TREMOUILLES

NEO - Alain ESTEVE

S4M - Christophe ESCRIBA



Les axes



L'axe Santé / Environnement 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.  
Animateurs : Christophe Vieu, Vincent Raimbault



L'axe Industrie du futur vise à intégrer les recherches du LAAS-CNRS afin de développer les concepts, méthodes et outils pluridisciplinaires permettant de promouvoir un industrie en phase avec les défis technologiques, sociaux et environnementaux de demain.  
Animateurs : Cyril Briand, Patrick Danès



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.  
Animateurs : Olivier Llopis, Christophe Louembet



L'axe Énergie a pour ambition de mettre à profit les compétences pluridisciplinaires du LAAS-CNRS 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.  
Animateurs : Corinne Alonso, Guilhem Almuneau



L'axe Transport / Mobilités  
Animateurs : Matthieu Roy, Fabrice Caignet

Les équipes

- ISI** Ingénierie système et intégration
- SARA** Services et architectures pour réseaux avancés
- TSF** Tolérance aux fautes et sûreté de fonctionnement informatique
- VERTICS** Vérification des systèmes temporisés critiques

- GEPETTO** Mouvement des systèmes anthropomorphes
- RAP** Robotique, action et perception
- RIS** Robotique et interactions

- DISCO** Diagnostic, supervision et conduite
- MAC** Méthodes et algorithmes en commande
- ROC** Recherche opérationnelle, optimisation combinatoire et contraintes

- MINC** Micro et nanosystèmes pour les communications sans fil
- MOST** Microondes et opto-microondes pour systèmes de télécommunications
- OASIS** Capteurs optiques et systèmes intégrés intelligents
- PHOTO** Photonique

- ELIA** Ingénierie pour les sciences du vivant
- M3** Modélisation multi-niveaux des matériaux
- MEMS** Microsystèmes électromécaniques
- MH2F** Micro et nanosystèmes hyperfréquences fluidiques
- MICA** Microsystèmes d'analyse
- MILE** Micro-nanofluidique pour les sciences de la vie et de l'environnement
- MPN** Matériaux et procédés pour la nanoélectronique

- ESE** Énergie et systèmes embarqués
- ISGE** Intégration de systèmes de gestion de l'énergie
- NEO** Nano-ingénierie et intégration des oxydes métalliques et de leurs interfaces
- S4M** Instrumentation embarquée et systèmes de surveillance intelligents

## Abréviations

|             |   |
|-------------|---|
| ADN         | Acide désoxyribonucléique   |
| AFM         | Microscopie à force atomique  |
| ANITI       | Artificial and natural intelligence Toulouse institute                    |
| CEA         | Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives            |
| CEMES       | Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales                |
| CIFRE       | Convention industrielle de formation par la recherche                     |
| GTP         | Guanosine triphosphate  |
| IA          | Intelligence artificielle   |
| IFAC-NOLCOS | International federation of automatic control - Nonlinear control systems |
| IGH         | Institut de génétique humaine   |
| IM2NP       | Institut matériaux microélectronique nanosciences de provence             |
| IMT         | Institut de mathématiques de Toulouse                                     |
| INCA        | Institut national du cancer   |
| INRIA       | Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique   |
| INRS        | Institut national de la recherche scientifique                            |
| IRIT        | Institut de recherche en informatique de Toulouse                         |
| ITAV        | Institut des technologies avancées en sciences du vivant                  |
| LICUR       | Laboratoire instrumentation et capteurs ultra-rapides                     |
| LNE         | Laboratoire national de métrologie et d'essais                            |
| LNOI        | Niobate de lithium sur isolant  |
| LRC         | Laboratoire de recherche conventionné                                     |
| PDMS        | Polydiméthylsiloxane  |
| PIA         | Programme d'investissement d'avenir                                       |
| TSE         | Toulouse school of economics  |

## Crédits photos

|            |  |
|------------|--|
| Couverture | Façade LAAS-CNRS ©Dominique Daurat/LAAS-CNRS   |
| P3         | Alliage d'or poreux obtenu par bulgare d'hydrogène, ©Chau Cam Hoang Tran/LAAS-CNRS   |
| P3         | Liviu Nicu, directeur du LAAS-CNRS, ©Liviu Nicu  |
| P6-7       | Designed by macrovector/Freepik  |
| P9         | Clôture du Forum par le Président E. Macron ©DR  |
| P10-11     | Principe de mesure par réinjection optique ©Julien Perchoux/LAAS-CNRS  |
| P20-21     | Two-Photon Lithography and Microscopy of 3D Hydrogel Scaffolds for Neuronal Cell Growth, A. Accardo, M.-C. Blatché, R. Courson, I. Loubinoux, C. Vieu, L. Malaquin, Biomed. Phys. Eng. Express 2018, 4, 027009 |
| P22-23     | Cérémonie ©Frédéric Morancho, salle blanche ©LAAS-CNRS   |
| P24        | Chaymaa Haloui ©DR, Lya Fontaine ©DR, Audrey Cayron ©DR  |
| P25        | Ruggero Lot ©DR, Bayan Chami ©DR, Emile Le Flécher ©DR   |
| P26        | Alienor Damien ©DR   |
| P31        | ©Space Applications Services   |
| P34-35     | Image setup courbure MBE ©LAAS-CNRS  |
| P36        | ROB4FAM, laboratoire commun LAAS-CNRS/Airbus ©LAAS-CNRS, Alexandre Arnoult ©LAAS-CNRS  |

