
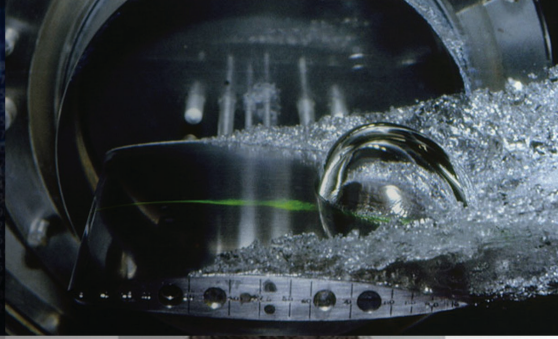
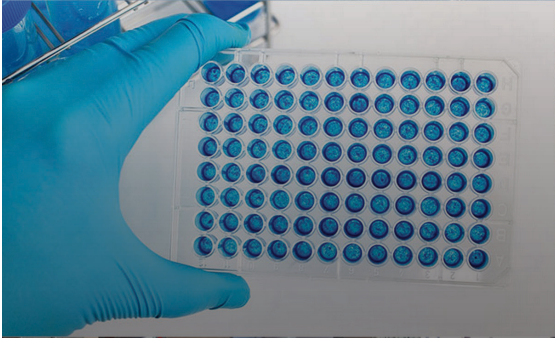


# La recherche dans nos laboratoires

 [grenoble-inp.fr](http://grenoble-inp.fr)



**Grenoble INP**

Institut d'ingénierie | Membre du  
Univ. Grenoble Alpes | Groupe INP

# Sommaire

## 1) Environnement

- Liebearth : de l'eau, juste ce qu'il faut !
- Les calottes polaires sous haute surveillance
- Motrhys garde un œil sur les conduites forcées
- ATISE gardera un œil sur les aurores boréales

## 2) Santé

- Microlight 3D lance le projet 3D-oncochip
- MagIA simplifie le diagnostic immunologique

## 3) Energie

- RoSi vise le recyclage du silicium photovoltaïque
- Hydrogène : l'activation magnétique dope l'électrolyse
- HydroQuest : 4 hydroliennes sur le Rhône

## 4) Transports

- Plus de sécurité pour les véhicules autonomes ?
- Quand les navires se font invisibles

## 5) Numérique

- Deux doctorants du G-SCOP remportent le challenge ROADEF
- Kesitys : un transfert réussi !
- ARGOSIM renforce la sécurité des systèmes embarqués

## 6) Equipements scientifiques

- Mieux préserver les turbines hydrauliques de la cavitation
- Grenoble INP accueille une machine XPS de dernière génération
- Une table vibrante pour reconstruire dans les pays en voie de développement

## 7) Prix : Distinctions

- Alain Dufresne, expert en nanocelluloses
- Jocelyn Chanussot, un chercheur en vue
- Etienne Perret récompensé par le prix « Outstanding Young Engineer Award »

## Liebearth

de l'eau, juste ce qu'il faut !



Préserver les ressources en eau tout en prenant soin de la végétation, tel est l'objectif de Liebearth, la petite start-up fondée par Julien Ferrero. Cet ancien directeur général d'une PME valentinoise a fait appel à des étudiants de Grenoble INP - Esisar pour l'aider à améliorer son produit.

Les systèmes d'arrosage automatiques par aspersion ou goutte à goutte distribuent l'eau indifféremment des précipitations récentes, de l'exposition de la zone arrosée au soleil, ou encore des besoins hydriques de l'espèce végétale présente.

Pour pallier cette aberration et réaliser des économies d'eau tout en répondant au mieux aux besoins des végétaux, Julien Ferrero, dirigeant d'une PME valentinoise, a inventé un système d'arrosage qui permet d'économiser jusqu'à 80% d'eau sur un terrain hétérogène. Baptisé Liebearth, comme « aimer » en allemand et « terre » en anglais, ce système repose sur des capteurs d'humidité placés tous les 10 à 15 mètres à quelques centimètres de profondeur, pour collecter en temps réel des données sur l'état de sécheresse du sol. Ces dernières sont transférées à l'ordinateur central qui, par un procédé d'intelligence artificielle, décide de la quantité d'eau à fournir sur chaque micro-parcelle.

### Une portée de plusieurs kilomètres

Le premier prototype mis au point peut communiquer avec des capteurs distants de 150 mètres. Mais pour intéresser les terrains de golf et les exploitations agricoles, cela n'est pas suffisant. C'est pourquoi Julien Ferrero, qui a depuis démissionné de son poste à responsabilités pour se consacrer à son projet, a fait appel aux projets industriels de Grenoble INP – Esisar, afin d'étendre la portée de son système de 150 mètres à plusieurs kilomètres. Trois étudiants de quatrième année se penchent actuellement sur le problème.

Le protocole de télécommunication actuellement utilisé par le système est le WiFi, lequel permet la transmission d'information sur de faibles distances. « Nous allons devoir créer un protocole de communication sans fil, basé sur la technologie LoRa, pour qu'il soit compatible avec des distances plus importantes, expliquent les futurs ingénieurs. Ce nouveau protocole devra en outre permettre d'envoyer des ordres simples au système d'arrosage en fonction des informations collectées et des paramètres enregistrés par l'utilisateur selon ses attentes. Le protocole de communication descendant sera réduit au strict nécessaire afin de ne pas alourdir les coûts ». Le projet, qui ne fait que commencer, doit durer six mois. A suivre...

## Les calottes polaires sous haute surveillance



A l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE)\*, Fabien Gillet-Chaulet étudie le comportement des calottes polaires. La disparition progressive de ces dernières contribue à l'élévation globale du niveau des mers, et menace les populations côtières de certaines régions du globe.

Durant ces dernières décennies, le niveau des mers a monté de près de 3 millimètres par an. Trois facteurs sont à l'origine de ce phénomène, en proportions égales : la dilatation du volume de l'eau sous l'effet du réchauffement, la fonte des glaciers de montagne et enfin, la fonte des grandes calottes polaires que sont l'Antarctique et le Groenland.

Depuis 1988, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) évalue régulièrement l'impact du changement climatique sur le niveau des mers. Dans son dernier rapport datant de 2012, il prévoyait une hausse allant de 20 cm à plus d'un mètre d'ici la fin du siècle, en fonction des décisions politiques qui seront prises. Des chiffres qui peuvent sembler négligeables, mais dont les conséquences pourraient être désastreuses pour certaines populations.

### Comment évalue-t-on la fonte des glaces ?

A l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), Fabien Gillet-Chaulet, chargé de recherches CNRS au sein de l'équipe GLACE, contribue aux prévisions en étudiant le fonctionnement des calottes polaires. Ces énormes masses de glace posées sur de la terre ferme, sont composées d'une partie supérieure sur laquelle tombe la neige, qui se compacte et se transforme en glace (contrairement à la banquise formée par regel de l'eau de mer). Cette dernière peut ensuite couler sous l'effet de son propre poids, et se retrouver dans la mer. Ainsi, la hausse du niveau de l'eau peut s'expliquer aussi bien par l'augmentation de la fonte des glaces due à l'élévation des températures, que par une augmentation des flux de glace qui se déversent dans l'océan suite à l'amincissement, voire l'effondrement des plateformes flottantes, comme cela s'est produit à l'été 2017 avec le détachement d'un morceau, à peine plus petit que la Corse, de la plateforme de glace flottante Larsen C située dans la péninsule Antarctique.

Pour surveiller le comportement des calottes, les données satellitaires sont une source de données précieuses. Elles renseignent sur l'altitude des glaciers, leurs vitesses d'écoulement, le champ de gravité local et donc la masse de glace présente. On connaît par ailleurs les quantités de neige qui tombent, ainsi que l'épaisseur de la couche de glace grâce à des mesures radar. « Toutes ces mesures permettent d'estimer précisément l'état des calottes, et de calculer leur perte de masse », explique Fabien Gillet-Chaulet. Outre une meilleure compréhension du phénomène de fonte, ces données permettent de comprendre pourquoi il s'accélère et quels sont les processus qui le contrôlent. « Ces données nous servent à alimenter les modèles mathématiques de prévision que nous développons, et d'autre part à vérifier expérimentalement la fiabilité de ces modèles ».

Et pour l'heure, toutes les mesures réalisées dans le monde avec différents modèles de prévision convergent vers les mêmes valeurs, et confirment malheureusement l'accélération de la fonte des calottes depuis les années 1990. Leurs estimations fiables seront utilisées pour mettre en place des mesures adaptées à l'ampleur du phénomène, comme le déplacement des populations ou la construction de digues. S'il est évidemment important de ne pas sous-estimer la hausse potentielle du niveau de l'eau, il n'est pas souhaitable non plus de le surestimer, afin de ne pas engager des coûts exorbitants dans des constructions protectrices, dont les coûts croissent exponentiellement avec la hausse du niveau de l'eau.

\*CNRS, Grenoble INP, IRD, UGA

Crédit photo : © Erwan AMICE / LEMAR / CNRSPhotothèque

## Motrhys garde un œil sur les conduites forcées



Lauréat du concours i-Lab\* 2018, la start-up Motrhys développe une technologie pour éviter les ruptures de conduites forcées. Les marchés visés sont l'hydroélectricité, mais aussi la distribution d'eau de ville.

Avec l'émergence des énergies renouvelables intermittentes comme le solaire et l'éolien, l'énergie hydro-électrique est de plus en plus utilisée comme énergie d'appoint et comme moyen de stockage. Les centrales de pompage turbinage fournissent 95% des besoins en stockage d'énergie, alors que les barrages, grâce à leur temps de démarrage/arrêt très rapide, permettent d'ajuster les besoins en électricité en temps réel. Ces cycles de fonctionnement soumettent les conduites forcées des centrales et des barrages à des « transitoires de pression » qu'il est nécessaire de surveiller et de prévenir. Chaque année, des incidents dus à des « transitoires hydrauliques » conduisent à des arrêts de production intempestifs. Outre les dangers qu'ils représentent pour l'homme et l'environnement, ceux-ci entraînent la plupart du temps des arrêts d'exploitation qui pénalisent les exploitants.

### Prévenir tout type d'incident

Le « coup de bélier de masse » se produit lorsqu'une vanne située en bas d'une conduite (avant la machine hydraulique) est fermée de manière défectueuse : l'eau s'écrase alors dans le bas de la canalisation, provoquant une forte surpression susceptible de l'endommager. Cette surpression peut également provoquer un « coup de bélier d'onde » se propageant vers l'amont où peut également se produire une explosion. Inversement, une sous-pression peut survenir au moment de l'ouverture d'une vanne au niveau de la séparation vide / eau, provoquant une rupture de la colonne d'eau. Enfin, la fermeture d'une vanne dans le bas du réseau peut, en présence de microfuites, engendrer des oscillations susceptibles de se propager et de provoquer des explosions délocalisées sans débit. Aujourd'hui, seul le coup de bélier de masse est anticipé au moyen des capteurs de pression situés en aval de chaque canalisation. Créée fin 2017 par Cornel Ioana, enseignant à Grenoble INP – Ense3 et chercheur au GIPSA-Lab\*\*, Jean-Louis Ballester, ancien ingénieur EDFDTG et Alain Lefebvre, qui se consacre à l'entrepreneuriat après une carrière dans les télécommunications, Motrhys propose d'identifier et de prédire les risques de phénomènes annexes, à partir de cette seule mesure. Pour cela, elle a développé un logiciel d'analyse du signal mettant en œuvre des méthodes mathématiques jusqu'alors jamais appliquées à l'étude des signaux. « Les capteurs actuels ne surveillent que la pression maximale, explique Alain Lefebvre, président de la start-up. Or, en analysant l'ensemble du signal transitoire grâce à une méthode d'analyse en diagramme de phase déposée à l'Agence de Protection des Programmes (APP), on parvient à déterminer des paramètres physiques tels que la pression ou le profil de vitesse d'écoulement, et à en déduire des informations précises sur le risque d'apparition d'un défaut et sa propagation. »

Mis au point grâce aux travaux menés par Cornel Ioana au GIPSA-Lab, le logiciel HydroSurge analyse les risques de turbulences dues aux coups de béliers, à la cavitation ou à la résonance, avec une précision jamais atteinte. « Non seulement l'outil est capable de détecter et d'identifier le risque en temps réel, mais aussi de dire où il se situe, comment il va évoluer et s'il est susceptible de se propager. » Des rapports sont générés et envoyés à l'opérateur qui peut prendre les mesures de sécurité appropriées. Très facile à déployer (puisque les capteurs sont déjà en place), cet outil s'adresse dans un premier temps aux fournisseurs d'hydroélectricité. Par la suite, la start-up devrait l'adapter à la détection et la localisation de fuites dans les conduites de distribution d'eau potable, dont 25% sont perdus actuellement en raison de fuites non diagnostiquées.

\*Concours i-Lab : Depuis 20 ans, ce concours du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche encourage la création d'entreprises innovantes, détecte les projets de création et soutient les plus prometteurs grâce à une aide financière et à un accompagnement adapté.

\*\*GIPSA-Lab : CNRS / Grenoble INP / UGA

## ATISE gardera un œil sur les aurores boréales



Premier projet de nano-satellite du Centre spatial universitaire de Grenoble (CSUG), ATISE a pour objet la météorologie de l'espace, plus particulièrement l'étude des aurores polaires et de la lumière du ciel nocturne.

Apparus au début des années 2000 aux Etats-Unis, les nano-satellites suscitent un intérêt croissant depuis 2011. Le CSUG les a placés au cœur de plusieurs projets pédagogiques, de recherche et de valorisation industrielle. Créé en 2015 par l'université Grenoble Alpes, le CNRS et Grenoble INP, le centre a pour objectif global de développer une instrumentation spatiale miniaturisée pour les nano-satellites. « En raison de leur taille réduite, les nano-satellites sont bien plus rapides et moins coûteux à développer que les satellites classiques, justifie Mathieu Barthélémy, directeur du CSUG et astrophysicien à l'IPAG-OSUG. En effet, ces petits équipements ne nécessitent pas forcément des composants qualifiés pour le spatial, et se satisfont de composants du marché. » Plusieurs projets d'instrumentation sont menés en parallèle au CSUG, impliquant ou non des étudiants. Parmi les projets en cours, l'un des plus ambitieux est le projet ATISE, un nano-satellite dédié à l'observation des aurores boréales, qui sera lancé mi-2021.

### **Les aurores boréales, baromètres de l'atmosphère**

La décomposition des couleurs des aurores boréales par spectrométrie renseigne sur la façon dont les particules issues des vents solaires se déposent dans l'atmosphère, et sur les perturbations qu'elles peuvent provoquer. Or, les aurores boréales se produisent entre 100 et 300 km d'altitude, une zone très difficile à explorer : à la fois trop haute pour les ballons stratosphériques, et trop basse pour faire des mesures dans les stations.

D'où l'idée d'utiliser un nano-satellite de type CubeSat, pour réaliser à distance des mesures et observer les processus à l'œuvre dans les zones aurorales. ATISE, dont la conception mobilise chaque année 120 étudiants issus de différentes formations en collaboration avec le Centre spatial universitaire de Toulouse (CSUT), le MIET (Zelenograd) et l'Université de Moscou (MSU), embarquera un spectromètre et un imageur très miniaturisés, capables d'obtenir des informations sur les processus à toute petite échelle temporelle. D'un volume standard de 12 litres (30 cm×20cm×20cm), il comportera aussi un système de contrôle thermique lui permettant de supporter les très importantes variations de température dans l'espace.

### **Les nano-satellites : petits, mais de gros atouts**

L'observation des aurores boréales par satellite présente plusieurs avantages. D'abord, elle peut être réalisée en continu, ce qui n'est pas le cas depuis la Terre en raison de la présence très fréquente d'une couverture nuageuse plus ou moins importante. Ensuite, l'observation de ces phénomènes depuis le sol ne permet pas de discriminer les différentes altitudes auxquelles ils se produisent. L'observation satellitaire sur le côté, permet de pallier ce problème et d'apporter une information d'altitude très intéressante, liée à l'énergie des particules et donc à l'énergie globale déposée dans l'atmosphère.

Des essais réalisés en Norvège l'an passé ont permis de valider au sol une maquette optique de l'instrument ATISE, avant son intégration au nano-satellite dont le lancement est prévu mi-2021 en Russie, aux côtés d'un gros satellite.

## Microlight 3D lance le projet 3D-oncochip



Microlight 3D, start-up spécialisée dans la micro-impression en 3D, vient de signer un projet FUI en collaboration avec deux laboratoires de Grenoble INP, autour d'une application de traitement personnalisé contre le cancer.

Après avoir reçu le Prix de l'Innovation lors de Medi'nov Connection 2017 et le prix de l'innovation i-Lab du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en 2018, Microlight 3D poursuit son chemin sur la voie du succès. Fondée en décembre 2016 et implantée à Biopolis, la start-up a été retenue dans le cadre du 23ème appel à projets du FUI (fonds unique interministériel) pour travailler sur le projet 3D-Oncochip, porté par Lyonbiopole et Minalogic, et cofinancé par Grenoble-Alpes Métropole. Celui-ci a pour objectif de produire des micro-tumeurs sur des plaques à puits afin d'aider les médecins à adapter au mieux les traitements anticancéreux à chaque patient.

La start-up\* utilise pour cela sa technique brevetée de micro-impression 3D par laser, laquelle repose sur un procédé de polymérisation à deux photons développé à l'Université Grenoble Alpes il y a quelques années. Cette technique permet la réalisation de pièces complexes en 3D avec une résolution inférieure au micron (le diamètre d'un cheveu faisant 100 microns), dans des polymères biocompatibles ou des matériaux biologique. « Concrètement, un microscope est couplé à un laser qui vient balayer et polymériser un matériau photosensible placé dans une cuve pilotée par des moteurs piézoélectriques ultra précis, explique Denis Barbier, président de Microlight 3D et docteur ingénieur diplômé de Grenoble INP - Phelma. Les principales applications de nos machines se situent en médecine personnalisée ou régénérative. Dans ce cas, nous allons utiliser notre technologie pour reproduire la tumeur d'un patient à l'échelle d'un demi-millimètre, et en une centaine d'exemplaires parfaitement identiques. Le médecin pourra ensuite tester sur chaque tumeur, un dosage de chimiothérapie différent afin de définir celui qui sera le plus efficace pour son patient. »

### Deux laboratoires Grenoble INP impliqués

Plus précisément, le procédé de micro-impression de Microlight 3D sera utilisé pour reproduire les reliefs du cytosquelette cellulaire dans du collagène, lequel sera apposé au fond de chaque puits comme support pour favoriser la croissance à l'identique des micro-tumeurs à partir des cellules prélevées sur les patients. Le laboratoire Jean Kuntzman (LKJ)\*\* a cette année contribué à développer le logiciel de pilotage qui permet à la machine de fabriquer les premières microstructures sur les plaques à puits. Ces dernières ont été livrées à l'équipe de Catherine Picart du laboratoire des Matériaux et du Génie Physique (LMGP)\*\*\*, qui développe quant à elle le procédé de dépôt électrolytique des facteurs de croissance cellulaire. Restera ensuite à vérifier la bonne croissance des cellules, ceci étant réalisé par la société CTI-Biotech de Lyon, qui s'assurera aussi de la reproductibilité du processus pour être sûr de disposer de micro-tumeurs parfaitement identiques.

\* Microlight 3D est soutenue par : UGA, CNRS, Grenoble INP, INRIA, SATT-Linksiium, Grenoble Alpes Métropole

\*\*LJK : CNRS / Grenoble INP / Inria / UGA

\*\*\*LMGP : CNRS / Grenoble INP

# MagIA

## simplifie le diagnostic immunologique



Issue du G2Elab, du LMGP, de l'Institut Néel et de l'IAB en 2017, MagIA Diagnostics développe des tests immunologiques rapides et faciles à mettre en œuvre. Objectif : permettre un dépistage du patient ou une mesure en urgence pour une prise en charge plus rapide et à moindre coût.

En biologie, le test ELISA\* est une technique utilisée pour détecter la présence d'un anticorps ou d'un antigène dans un échantillon. Or, ce test comporte souvent de multiples étapes, longues et fastidieuses, qui limitent la reproductibilité à petite échelle et empêchent un transfert simple vers une immunoanalyse quantitative portable fiable.

L'apport de MagIA est de délocaliser ces analyses aujourd'hui réalisées en laboratoire, pour proposer des dispositifs de tests au « chevet du patient ». Contrairement au test classique Elisa\*, la technologie de détection de MagIA ne nécessite aucune étape de lavage. L'antigène recherché, dont la présence dans un échantillon témoigne d'une pathologie précise, est mis en évidence grâce à des anticorps marqués par des nanoparticules magnétiques et à d'autres, fluorescents.

### Des micro-aimants développés au G2Elab

L'originalité du système repose en partie sur des micro-aimants mis au point à l'Institut Néel et au G2Elab. Ces derniers capturent localement des nanoparticules magnétiques, qui en quelques minutes réagissent avec la protéine d'intérêt, pour permettre une mesure ultra-sensible, sans rinçage. « Si la molécule recherchée est présente dans l'échantillon, elle se fixe en moins de 15 minutes aux anticorps, formant des complexes marqués magnétiquement que l'on capte localement grâce aux micro-aimants, explique Paul Kauffmann, PDG de MagIA. Le signal spécifique est alors discriminé du surnageant par un système d'imagerie différentielle. »

Un démonstrateur portable sans lavage, déjà fonctionnel, permettant de transférer facilement des protocoles immunologiques existants tout en offrant des performances analytiques « grade laboratoire », un gain de temps et une réduction des consommables a été réalisé. MagIA développe désormais son premier test de dépistage infectieux et établit des premières études pour des partenaires en santé humaine et animale.

\* Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay



## RoSi

### visé le recyclage du silicium photovoltaïque



Alors que le solaire photovoltaïque affiche une croissance exponentielle depuis une dizaine d'années, la start-up RoSi se penche sur le recyclage des déchets de la production des cellules solaires. Le marché potentiel est énorme.

La production de silicium solaire photovoltaïque avoisine aujourd'hui les 500 000 tonnes par an. Or, sur les 470 000 tonnes produites en 2017, pas moins de 200 000 ont été réduites en copeaux lors de la découpe des lingots de silicium pur en cellules solaires. Ces copeaux, inexploitable, représentent une perte de près de 40% de matières premières. Un gaspillage d'autant plus inacceptable que la production d'une tonne de silicium photovoltaïque nécessite 5 tonnes de ressources naturelles, et que cette production sera de 800 000 tonnes d'ici à 2022.

Jusqu'à présent, toutes les tentatives de recyclage des copeaux, appelés kerf's, se sont heurtées à la difficulté de purifier ces derniers, contaminés par d'autres produits lors de la découpe. Le processus alors utilisé mettait en effet en œuvre un fil sur lequel était déposé du carbure de silicium qui contaminait le mélange.

#### La question du recyclage remise au goût du jour

Or, en 2013 est apparue dans l'industrie une nouvelle technique de découpe au diamant, laquelle présente non seulement l'avantage d'être plus rapide mais aussi de produire des déchets beaucoup plus purs. Daniel Bajolet, un ancien dirigeant de Rhodia Silicones reconnu dans l'industrie du silicium, et Yun Luo, une jeune chercheuse qui travaillait sur le nettoyage des kerf's en Suisse, ont saisi cette opportunité pour se pencher à nouveau sur la question de leur recyclage. Ils se sont rapprochés du SIMaP, et notamment de Guy Chichignoud, dont l'équipe explorait de nouvelles voies d'épuration du silicium métallurgique pour en faire du silicium solaire.

Avec le soutien de l'incubateur Linksiem, ils ont fondé RoSi en novembre 2017. Grâce aux savoir-faire issus de l'équipe RoSi et du SIMaP sur l'épuration et le nettoyage des kerf's, ainsi qu'en fusion et épuration du silicium, la start-up a mis au point une technique de nettoyage chimique des déchets issus des usines de cellules solaires pour les débarrasser de leurs résidus organiques et en faire une poudre sèche et pure, laquelle est ensuite fondue et mise en forme. Le silicium ainsi obtenu peut être réintroduit à différents niveaux de la chaîne de production de silicium industriel.

Protégé par plusieurs brevets, le procédé fonctionne déjà à une échelle équivalente à 100kWc de panneaux. La jeune société, qui estime le marché du recyclage du silicium à trois milliards de dollars d'ici 2022, entend se faire une place de leader en proposant à ses clients soit de réinjecter le silicium recyclé dans leurs chaînes de production, soit d'obtenir la matière première à un coût bien plus bas. Avant cela, elle s'engage dans l'industrialisation du procédé avec le soutien de partenaires, notamment le SIMaP et la Région Auvergne-Rhône-Alpes.

# Hydrogène

## l'activation magnétique dope l'électrolyse alcaline



Tandis que le gouvernement vient d'annoncer son plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique, les chercheurs du LEPMI\* ont réalisé une avancée majeure en mettant au point l'activation magnétique de l'électrolyse alcaline. Leurs travaux ont été publiés dans la prestigieuse revue *Nature Energy*.

Composé de deux atomes d'hydrogène, le dihydrogène (communément appelé hydrogène) est particulièrement énergétique : 1 kg de dihydrogène libère environ trois fois plus d'énergie que la même quantité d'essence. De plus, lorsqu'il est produit à partir de ressources renouvelables, il est considéré comme non polluant. Ainsi, les rejets d'un véhicule à hydrogène sont composés uniquement d'eau, sans aucune trace de particule nocive ou de CO<sub>2</sub>. Cependant, l'hydrogène est à l'heure actuelle majoritairement produit par vaporeformage, une technique qui émet de grosses quantités de gaz à effet de serre.

Parmi les techniques ouvrant la voie à un hydrogène « vert », figure l'électrolyse. Ce procédé consiste à décomposer des molécules d'eau à l'aide d'un courant électrique (provenant idéalement d'énergies renouvelables), pour obtenir de l'oxygène (O<sub>2</sub>) et de l'hydrogène (H<sub>2</sub>). L'électrolyse alcaline à circulation d'électrolyte est la plus utilisée actuellement (avec de l'électricité d'origine non-renouvelable), mais elle n'est pas adaptée au couplage avec de l'énergie photovoltaïque ou éolienne. L'électrolyseur doit en effet être chauffé à 80°C pour que l'électrolyse soit efficace, ce qui est difficilement compatible avec un fonctionnement intermittent.

### Ne chauffer que là où c'est nécessaire

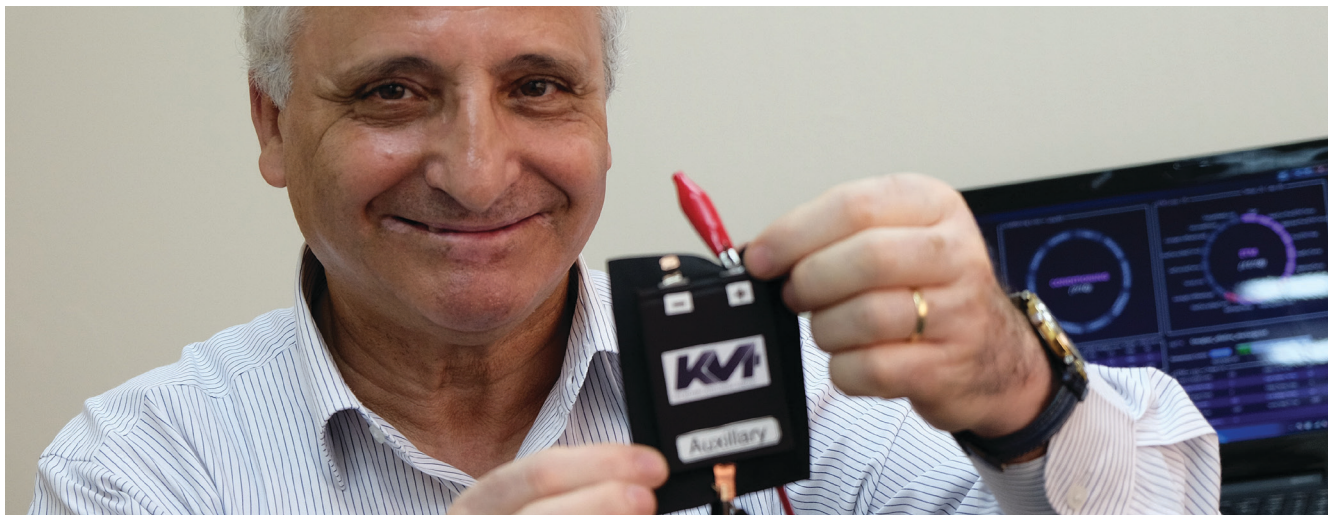
Pour pallier ce problème, les chercheurs du LEPMI ont eu l'idée de cibler le chauffage là où il est nécessaire, c'est-à-dire au niveau du catalyseur, grâce à l'activation magnétique. Utilisée en médecine pour détruire les cellules cancéreuses, l'hyperthermie consiste à utiliser un matériau magnétiquement sensible, qui chauffe lorsqu'il est immergé dans un champ magnétique (un peu comme dans un micro-ondes). « L'activation magnétique est due à la transformation locale d'un champ magnétique alternatif haute fréquence en chaleur grâce à des nanoparticules magnétiques », explique Marian Chatenet, chercheur au LEPMI et l'un des principaux auteurs de ces travaux. « Avec les collègues du LPCNO\*\*(Toulouse), nous avons donc développé un catalyseur composé de nanoparticules de carbure de fer, revêtues d'une couche de nickel. Cette architecture permet de chauffer le cœur du catalyseur, dont la nature est choisie en fonction de la température maximale que l'on souhaite atteindre, et donc d'atteindre une température en surface du catalyseur contrôlée et beaucoup plus élevée qu'en électrolyse classique. » Outre les économies d'énergie qu'elle permet de réaliser en ne chauffant que très localement et en abaissant en conséquence les surtensions de réaction, cette méthode présente l'avantage de préserver le reste de la cellule d'électrolyse de réactions parasites réductrices (qui sont accélérées par une élévation de température).

Avec le soutien du groupe industriel énergétique Engie, les chercheurs ont apporté une preuve de concept en adaptant une cellule d'électrolyse classique de manière à la faire entrer dans une bobine et à pouvoir effectuer des mesures électrochimiques sous champ magnétique. Grâce à ce démonstrateur, ils ont prouvé que l'activation magnétique améliorerait considérablement l'activité électrocatalytique et la cinétique de la réaction. Le projet ANR Hy-walHy, qui vient de débuter en collaboration avec l'UGA et le LPCNO, permettra de concevoir une cellule compatible avec une mise en œuvre industrielle et d'améliorer encore les performances. Les résultats obtenus sur la cellule expérimentale laissent présager une véritable avancée technologique.

\*LEPMI : Laboratoire d'Electrochimie et de Physicochimie des Matériaux et des Interfaces (Grenoble INP, UGA, CNRS, Université Savoie Mont-Blanc)

\*\*LPCNO : Laboratoire de Physique et chimie des Nano-Objets (CNRS, INSA Toulouse, Université de Toulouse)

## Une nouvelle jeunesse pour les batteries lithium ion



Qui n'a jamais connu les déboires d'une batterie de téléphone tombant inopinément à plat ? Rachid Yazami, ingénieur et docteur de Grenoble INP et dont les travaux sont à l'origine des batteries lithium ion, vient de breveter une invention qui pourrait changer la donne.

Omniprésentes dans nos objets quotidiens, les batteries lithium ion présentent l'inconvénient majeur de voir leur autonomie diminuer au fur et à mesure que l'on s'en sert. Au bout de 500 cycles, une batterie perd ainsi en moyenne 20% de sa capacité initiale. Récemment, Apple a admis avoir volontairement ralenti ses iPhones les plus anciens pour contrer ce défaut. Si la découverte de Rachid Yazami parvient au stade de l'industrialisation, cela pourrait bientôt n'être plus qu'un mauvais souvenir.

Le fonctionnement d'une batterie repose sur l'échange réversible d'ions lithium entre la cathode (électrode positive) et l'anode (électrode négative) par le biais de différentes réactions électrochimiques. Durant les phases de décharge, les ions se déplacent depuis l'anode vers la cathode, et inversement lors de la charge. Cependant, au fil des cycles, des ions restent piégés et s'accumulent dans l'anode sous forme de lithium résiduel, créant des lacunes en lithium côté cathode et entraînant des pertes de performances. Rachid Yazami a trouvé le moyen de redonner une nouvelle jeunesse aux batteries en leur ajoutant une troisième électrode.

### Tripler la durée de vie des batteries

Il a déjà testé son idée avec succès sur plusieurs prototypes. « Active, l'électrode auxiliaire arrache les ions lithium piégés dans l'anode par le biais d'une réaction particulière, jouant ainsi le rôle de pompe à lithium, explique le chercheur. Une fois que le lithium a été récupéré, il est ré-injecté dans la cathode depuis l'électrode auxiliaire par une autre réaction. » La mise en route de cette opération de régénération, qui prend quelques heures, peut être déclenchée automatiquement par le programme de gestion de la batterie (BMS) dès que cela est nécessaire.

Lors des premiers essais menés en laboratoire, la capacité de la batterie a ainsi pu être restaurée de 80% à 95% de sa valeur initiale après 400 cycles, plusieurs fois de suite. « Ces résultats, qui ont été présentés l'an dernier aux Etats-Unis lors du 34<sup>ème</sup> Séminaire international annuel sur les batteries, suggèrent que l'on pourrait de cette manière doubler, voire tripler la durée de vie des batteries, avant que la troisième électrode ne soit elle-même endommagée. » Cela permettrait, du même coup, de réduire de façon dracoenienne la quantité de déchets électroniques à traiter chaque année... Des industriels asiatiques ont d'ores et déjà exprimé leur intérêt pour cette nouvelle technologie de batteries dites à trois électrodes.

### A propos de Rachid Yazami

Ingénieur et docteur de Grenoble INP, le professeur Rachid Yazami est aujourd'hui directeur de recherche au Centre national de la Recherche scientifique, détaché auprès de la Nanyang Technological University à Singapour.

En 2014, il a reçu le très prestigieux prix Draper, décerné par l'Académie nationale américaine d'ingénierie, considéré comme l'équivalent du prix Nobel pour les ingénieurs.

# HydroQuest

## 4 hydroliennes sur le Rhône



HydroQuest, PME fondée par deux diplômés de Grenoble INP - Ense<sup>3</sup> a développé, en partenariat avec EDF, Grenoble INP, le CNRS et les laboratoires LEGI et G2Elab, une technologie qui est le fruit de plus de 10 années de recherche. Une ferme d'hydroliennes est en train d'être installée sur le Rhône, à Caluire. Elle devrait être fonctionnelle à la fin de l'année et permettre de produire l'équivalent de la consommation énergétique de 400 foyers.

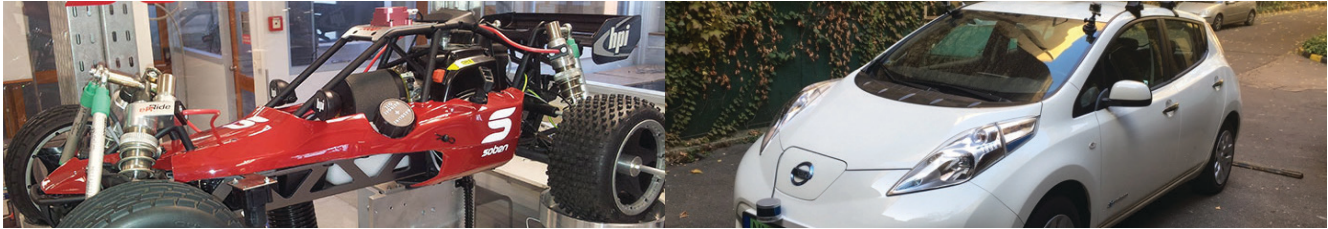
### **HydroQuest, une PME fondée par des diplômés de Grenoble INP - Ense<sup>3</sup>**

Fondée à Meylan en juillet 2010 par Jean-François Simon et Thomas Jaquier, HydroQuest, a mis au point des machines brevetées composées de turbines hydrauliques à axe de rotation vertical, utilisant l'énergie cinétique des courants fluviaux et marins pour produire de l'électricité à un coût compétitif.

### **Créer une filière d'hydroliennes françaises**

L'objectif d'HydroQuest est de créer une filière industrielle française en matière d'hydroliennes fluviales. La PME cherche notamment à développer ses produits à l'international, ce projet en étant la vitrine. Elle a d'ailleurs plusieurs installations prévues sur des fleuves en Angola, au Brésil et en Birmanie. L'entreprise travaille également à l'élaboration d'hydroliennes marines. D'ici 2020, elle vise la commercialisation de plusieurs centaines d'hydroliennes par an.

## Plus de sécurité pour les véhicules autonomes ?



Le conducteur reste encore indispensable aujourd'hui dans les véhicules "semi autonomes". En mettant au point des systèmes d'aide à la conduite intelligents, le Gipsa-lab\*, laboratoire co-piloté par Grenoble INP, entend améliorer l'interaction entre véhicule et conducteur pour gagner en sécurité et en confort.

L'accident mortel d'une piétonne percutée par une voiture-test Uber à Tempe, en Arizona, a récemment relancé le débat sur la sécurité des voitures autonomes. Les constructeurs ont déjà intégré des premiers niveaux d'autonomie (les assistants de conduite), qui permettent de lâcher le volant quelques instants. Mais le conducteur doit être en mesure de reprendre le contrôle lorsqu'une situation critique se présente. Au GIPSA-lab, l'équipe « Systèmes Linéaires et Robustesse » du département Automatique travaille justement à améliorer l'interaction entre le véhicule et le conducteur, afin d'aider ce dernier à mieux réagir en cas de danger. « Car en situation à risque, le conducteur peut réagir trop tard, ou de façon non optimale. »

Dans le cadre du projet INOVE financé par l'Agence Nationale de la Recherche et conclu en 2015, les chercheurs du laboratoire ont utilisé les systèmes actifs et semi actifs existants (suspensions, freins et direction) pour améliorer la sécurité, mais aussi le confort des passagers du véhicule. Ils ont ainsi étudié la faisabilité de systèmes d'aide à la conduite intelligents, capables de :

- contrôler et évaluer le comportement dynamique du véhicule,
- détecter le comportement et la performance du conducteur,
- superviser les interactions avec les autres véhicules et les usagers de la route (camions, deux-roues, piétons)
- et diagnostiquer les défauts capteurs/actionneurs afin de garantir un comportement stable et efficace du véhicule.

### Mieux piloter les actionneurs internes du véhicule

« Dans le cas de l'ESP par exemple (électrostabilisateur programmé), l'actionneur est le système de freinage actif, autorisant l'ajout d'un couple de freinage indépendamment sur chaque roue, explique Olivier Sename, professeur Grenoble INP et chercheur au laboratoire. La mesure de certains paramètres permet de comparer le comportement de la voiture avec celui d'une voiture idéale, simulée à l'aide d'un modèle mathématique. » Les entrées du simulateur sont les mesures en temps réel de valeurs telles que l'angle du volant, la position de la pédale d'accélération, de la pédale de frein, etc. Tout écart est corrigé à l'aide d'une action sur les freins actifs, pour ramener la voiture dans la trajectoire désirée.

La performance de cette commande 'en boucle fermée' nécessite des outils méthodologiques avancés, fondés sur des modèles assez complexes de la dynamique du véhicule. Les caractéristiques de la loi de commande obtenues sont garanties dans de nombreuses conditions de fonctionnement. « Nous avons, entre autres, développé des lois de commande pour le pilotage des suspensions électro-rhéologiques, à l'aide d'une plate-forme spécialement mise en place dans le cadre du projet INOVE en partenariat avec le fabricant d'amortisseurs Soben », souligne le chercheur.

Le projet se poursuit aujourd'hui avec une thèse en collaboration avec le constructeur automobile Renault, dans le but de développer des techniques de contrôle avancées pour améliorer la stabilité et la robustesse des véhicules automatisés.

Le Laboratoire GIPSA-lab travaille depuis près de 10 ans en collaboration avec l'Académie des Sciences de Budapest (MTA SZTAKI <https://www.sztaki.hu/>) sur la commande tolérante aux fautes pour les véhicules partiellement autonomes, afin de garantir l'adaptation et la reconfiguration du véhicule automatisé en cas d'apparition de situations critiques comme des défauts capteurs et/ou actionneurs, et/ou des actions indésirables de la part du conducteur. Le laboratoire MTA STZAKI dispose aujourd'hui d'un véhicule électrique automatisé (Nissan Leaf) qui servira de support à la validation expérimentale (preuve de concept) des méthodologies conjointement développées.

(\*) Le GIPSA-lab est un laboratoire co-piloté par Grenoble INP, le CNRS et l'UGA

## Quand les navires se font invisibles



Loin de toute perturbation électromagnétique, les chercheurs de l'Equipe de Recherche Technologique sur les Champs Magnétiques Faibles du G2Elab tentent de rendre les navires invisibles aux détecteurs de champs magnétiques des avions et des mines.

La discrétion est l'une des qualités premières d'un bâtiment militaire. Bien que la discrétion acoustique soit la plus étudiée, la discrétion magnétique fait également l'objet de recherches, au sein du G2Elab\* notamment. Ces recherches sont menées sur la plateforme du LMMCF (Laboratoire de Métrologie Magnétique en Champs Faibles), située sur les hauteurs de Herbeys (voir encart ci-dessous).

Sous l'effet du champ magnétique terrestre et des forces s'exerçant sur le navire, l'important volume d'acier présent dans la coque acquiert une aimantation à l'origine d'une perturbation locale du champ terrestre. Cette anomalie est susceptible d'entraîner la destruction du bâtiment par d'éventuelles mines magnétiques, mais aussi de permettre la localisation des sous-marins par des magnétomètres sensibles embarqués dans des avions.

Lors de la seconde guerre mondiale, Louis Néel avait eu l'idée de compenser cette anomalie magnétique par une aimantation permanente artificielle en sens inverse, et l'avait mise en œuvre pour protéger les navires de la Marine. Aujourd'hui, les chercheurs de l'Equipe de Recherche Technologique sur les Champs Magnétiques Faibles travaillent sur un système d'immunisation en boucle fermée. L'approche consiste à compenser en temps réel l'anomalie créée par le bateau à l'aide de circuits électriques judicieusement disposés et alimentés, installés à l'intérieur du bâtiment, selon ses trois axes principaux. "Concrètement, des capteurs très sensibles sont disposés dans la coque du navire, explique Olivier Chadebec, directeur de recherches CNRS et directeur scientifique «micro-nano-électronique et génie électrique» à Grenoble INP. A partir de mesures internes, et grâce à des modèles de simulation sophistiqués, le système est capable d'évaluer le champ magnétique susceptible d'être perçu par un avion. En fonction du résultat, il calcule ensuite la quantité de courant à envoyer dans un jeu de bobines judicieusement placées autour de la coque, afin de générer un champ magnétique opposé en temps réel."

Ces travaux, menés pour la plupart en partenariat avec la Direction Générale de l'Armement (DGA) et/ou Naval Group (ex-DCNS), font appel à des compétences fines en métrologie. "Il faut en effet être à même de mesurer des champs magnétiques très faibles, d'une intensité environ 50000 fois inférieure à celle du champ magnétique terrestre", précise Laure-Line Rouve, ingénieur de recherche Grenoble INP et responsable technique des installations de Herbeys.

### Les champs électriques ne sont pas en reste

Mais les champs magnétiques ne sont pas les seuls à créer des perturbations préjudiciables à la discrétion des navires. A basse fréquence, les champs électriques et magnétiques sont découplés. Or, avec la corrosion, les bateaux se comportent comme de grosses piles baignées dans un liquide conducteur. De ce fait, la différence de potentiel entre l'hélice constituée de bronze et la coque en acier génère un courant, lui-même à l'origine d'un champ électrique de faible intensité dont la signature est susceptible d'être détectée par des mines de dernière génération. En collaboration avec le LEPMI\*\*, les chercheurs du G2Elab ont entamé des recherches pour la DGA dans le but de caractériser et réduire ces champs électriques.

Enfin, l'expertise du LMMCF est mise à profit dans d'autres domaines que la défense. Cela a déjà été le cas par exemple dans le cadre d'un partenariat avec le groupe Somfy pour « écouter » et classifier des moteurs de volets roulants, ou encore, comme actuellement, en imagerie médicale avec le Leti\*\*\* pour développer des IRM plus précis en champs cyclés.

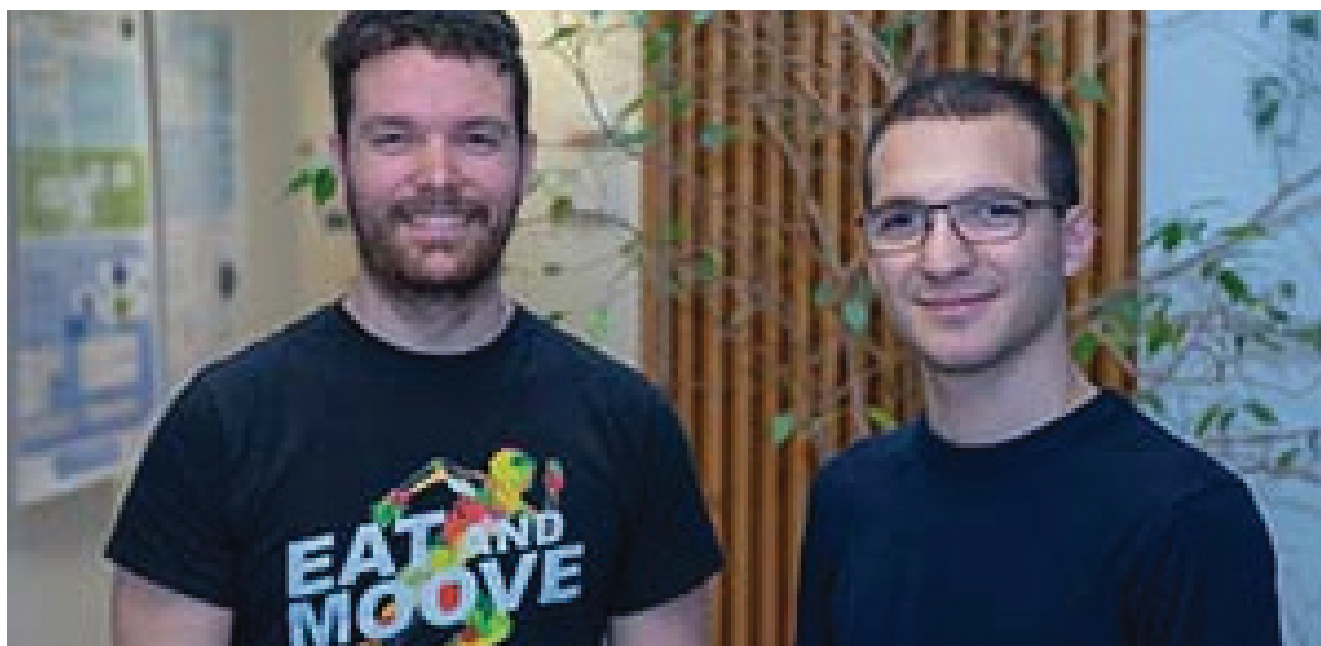
\*G2Elab : Laboratoire en Génie Electrique de Grenoble (Grenoble INP, CNRS, UGA)

\*\*LEPMI : Laboratoire d'Electrochimie et de Physicochimie des Matériaux et des Interfaces (Grenoble INP, CNRS, UGA, USMB)

\*\*\*Leti : Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information (CEA)

Le Laboratoire de Métrologie Magnétique en Champ Faible (LMMCF) a été construit en 1993 à Herbeys, à 10 km de Grenoble, dans un environnement magnétiquement stable. Ce centre de mesure permet de plonger des dispositifs de moyennes dimensions (maquettes) dans des champs magnétiques contrôlés et uniformes afin d'en mesurer très précisément la perturbation tout en s'affranchissant du champ magnétique terrestre. Il est principalement utilisé pour des recherches sur le magnétisme du navire.

## Deux doctorants du G-SCOP remportent le challenge ROADEF



Florian Fontan et Luc Libralesso, tous deux doctorants au laboratoire G-SCOP\*, principal laboratoire partenaire de Grenoble INP - Génie industriel, ont remporté le premier prix du challenge ROADEF 2018, en mettant au point une méthode d'optimisation industrielle qui a été adoptée par Saint-Gobain. Le spécialiste français des matériaux est venu à leur rencontre lors d'un séminaire, qui s'est tenu le jeudi 21 mars à Grenoble INP – Ensimag.

Comment découper un maximum de fenêtres de tailles différentes dans un minimum de plaques de verre, tout en garantissant un minimum de pertes ? Si elle s'apparente à un casse-tête ludique, la question n'a rien d'un jeu. C'est même un réel problème d'optimisation industrielle qui a poussé Saint-Gobain, spécialisé dans la production, la transformation et la distribution de matériaux, à le soumettre aux meilleurs scientifiques dans le cadre du Challenge ROADEF 2018.

Tous les 2 ans depuis 20 ans, le challenge ROADEF propose un sujet à la communauté des chercheurs, en partenariat avec un industriel. Il s'agit la plupart du temps de créer un programme informatique pour résoudre une problématique de logistique industrielle. Pour les industriels, ce challenge est l'occasion d'avoir une meilleure perception des développements récents dans le domaine de la Recherche Opérationnelle, et pour les candidats, de se confronter à des problèmes industriels scientifiquement intéressants.

Florian Fontan, diplômé de Grenoble INP – Ensimag, et Luc Libralesso, diplômé de Polytech Grenoble, tous deux en doctorat au sein de l'équipe ROSP (Recherche Opérationnelle pour les Systèmes de Production) du laboratoire G-SCOP, ont eu envie de relever le défi proposé par Saint-Gobain en février 2018.

Et ce ne fut pas une mince affaire. Outre les problèmes de « packing » classiques, qui consistent à satisfaire toutes les demandes en utilisant le moins de plaques possible, se rajoutent de nombreuses contraintes spécifiques, rendant le problème beaucoup plus complexe. « Ici typiquement, il faut éviter les défauts éventuellement présents dans le verre, et dont la position varie en fonction des plaques, expliquent les doctorants. Mais il y a aussi des contraintes techniques, comme celle liée à la nécessité de respecter une distance minimale des bords, ou encore celles liées à l'utilisation de la coupe guillotine, qui impose de faire une entaille sur toute la longueur de la pièce. »

Complémentaires dans leurs expertises, les deux jeunes chercheurs ont proposé un programme original basé sur des algorithmes de recherche arborescente. Extrêmement performante, leur solution leur a permis de devancer toutes les autres équipes, y compris des chercheurs experts, et de remporter haut la main le premier prix du concours.

\*CNRS, Grenoble INP, UGA

## Kesitys un transfert réussi !



Créée fin 2018, la start-up Kesitys propose un assistant de pilotage destiné aux opérateurs de marché. L'outil leur permet de choisir le meilleur moment pour réajuster leurs portefeuilles de trading, et contrôler au mieux les risques.

Assurer la gestion d'un portefeuille boursier nécessite de régulièrement le « réajuster », afin d'en contrôler le risque. Si les opérateurs de marché disposent d'outils qui les guident dans la manière de le réajuster, rien n'existe pour leur indiquer à quel moment le faire. Or, il est nécessaire de trouver un juste équilibre à la fréquence de réajustement des portefeuilles, afin de contrôler les risques efficacement, tout en limitant les frais de transactions. A l'heure actuelle, ce choix repose essentiellement sur l'expérience de l'opérateur.

### Un outil au service des opérateurs de marchés

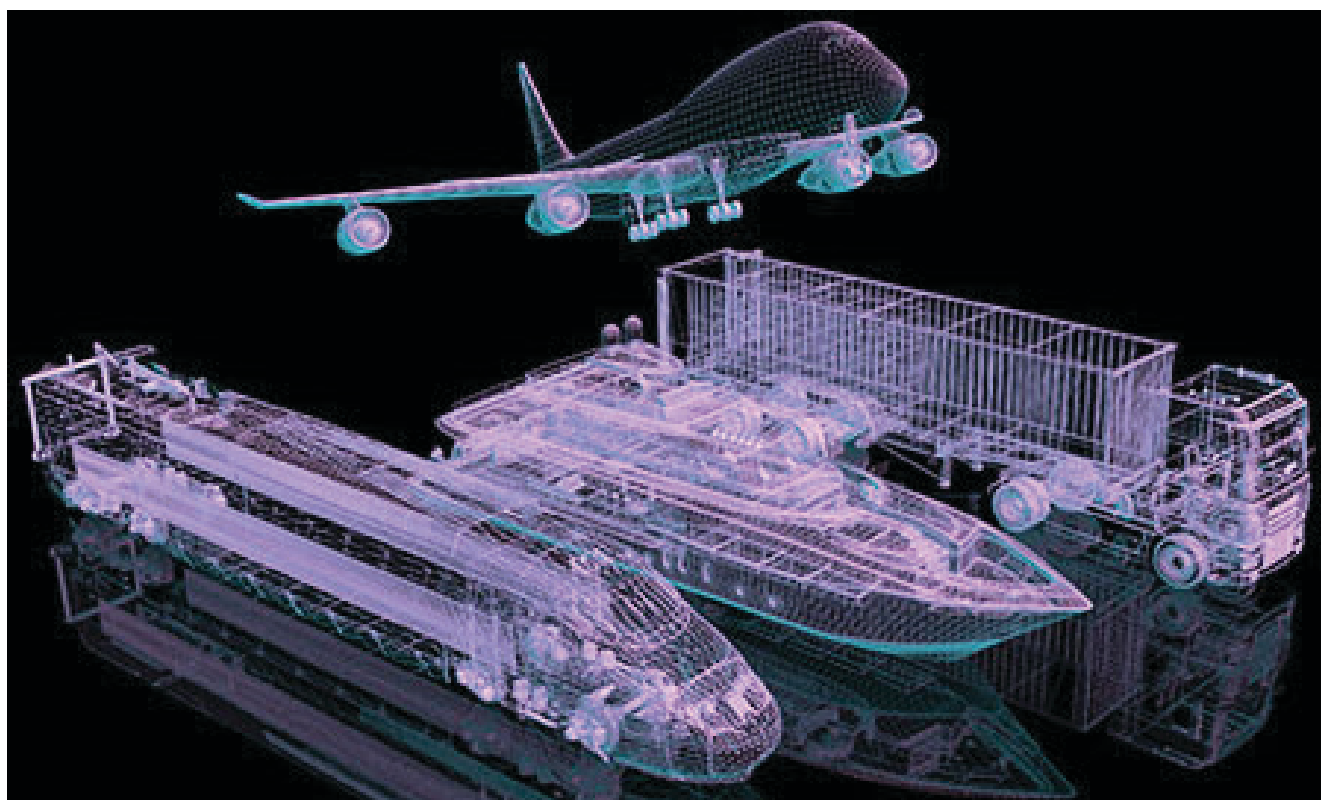
Tempo est le tout premier outil à combler ce manque. Il s'adapte en temps réel aux portefeuilles et aux données boursières, et indique aux opérateurs le meilleur moment pour intervenir. Reposant sur des résultats d'optimisation et de calcul stochastique, cet assistant de pilotage est issu des travaux d'Emmanuel Gobet, professeur à l'Ecole Polytechnique, qui a été rejoint par Mnacho Echenim, responsable de la filière Ingénierie pour la Finance à Grenoble INP – Ensimag, et chercheur au Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) pour développer le logiciel TEMPO. Lors d'une phase de maturation soutenue par la SATT Paris-Saclay, les deux chercheurs ont été rejoints par Anne-Claire Jeancolas, diplômée de Grenoble INP - Ensimag. Ensemble, ils ont fait évoluer le prototype et conçu, développé et testé en conditions réelles auprès d'un partenaire un premier produit fonctionnel pour le marché des actions et des indices.

Fin 2018, après deux ans d'accompagnement en maturation, la Société Kesitys est créée et la technologie TEMPO est transférée à la start-up qui travaille à sa commercialisation. Anne-Claire Jeancolas dirige la jeune entreprise qu'intègre Mourad Lassoued, également diplômé de Grenoble INP - Ensimag. Emmanuel Gobet et Mnacho Echenim apportent quant à eux leur concours scientifique à la start-up. Un tour de table est prévu prochainement pour financer les travaux de R&D destinés à adapter l'outil à d'autres marchés financiers. Kesitys a également posé sa candidature au concours d'innovation i-Lab organisé en 2019 par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en partenariat avec Bpifrance. A suivre.



## ARGOSIM

renforce la sûreté des systèmes embarqués



Créée en 2013 pour valoriser des travaux réalisés au laboratoire Verimag\*, Argosim vient d'être rachetée par Dassault Systèmes. Une belle reconnaissance pour cette start-up spécialisée dans la simulation et la validation des exigences de programmes critiques.

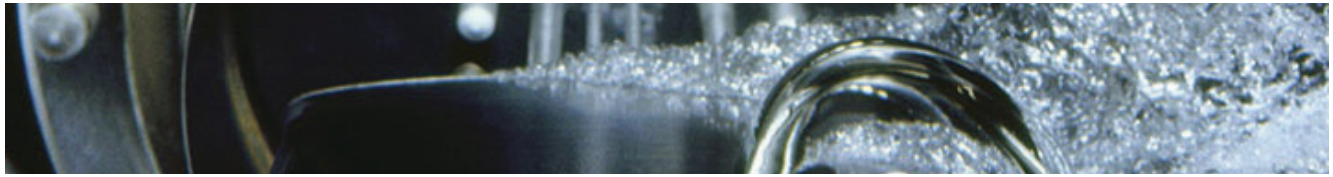
Au départ, il y avait quatre ingénieurs issus de Dassault Systems et Inria, désireux de fonder une start-up. Mais pour cela, il leur fallait une idée. Ils l'ont trouvée au laboratoire Verimag, qui travaillait depuis des années sur la validation et le test des systèmes critiques. Se fondant sur ces recherches, ils ont développé une solution de simulation et de validation formelle appliquées à l'ingénierie des exigences et ont lancé le projet Argosim en 2012.

Aujourd'hui, la start-up se positionne sur le marché de la génération automatique de tests destinés à vérifier les spécifications de programmes complexes. « Parmi les programmes complexes figurent ceux appliqués au contrôle des systèmes réactifs, qui ont ceci de particulier de fonctionner en boucle fermée avec leur environnement, précise Pascal Raymond, chargé de recherche CNRS au laboratoire Verimag. Les programmes qui les contrôlent reçoivent des informations de l'extérieur via des capteurs, réalisent ensuite des calculs et envoient des commandes à des actionneurs pour contrôler des phénomènes physiques. Exemples : l'ABS des voitures, les commandes de vol dans les avions... » Une phase de définition des spécifications précède toujours la programmation proprement dite, afin d'exprimer en langage clair les décisions que devra prendre le programme en fonction des situations rencontrées. L'outil proposé par Argosim, nommé Stimulus, détecte les spécifications ambiguës, incorrectes, incohérentes, contradictoires ou manquantes ; et ce dès la première phase de conception, renforçant ainsi la qualité et la sûreté nécessaires aux systèmes embarqués.

La start-up, qui vole de ses propres ailes depuis décembre 2013 et emploie aujourd'hui une douzaine de personnes, avait réalisé une levée de fonds d'un million d'euros en 2016 auprès des fonds Rhône-Alpes Création, Alpes Capital Innovation et IT-Translation. Son rachat en janvier 2019 par Dassault Systèmes lui ouvre de nouvelles perspectives commerciales. « En plus de bénéficier de la visibilité du groupe, ce rapprochement devrait permettre à Argosim de diffuser plus largement ses outils auprès de nouveaux clients rassurés sur la pérennité de l'entreprise. » Les domaines d'applications sont variés, et concernent l'informatique embarquée critique : aéronautique, automobile, énergie, défense, médical...

\*CNRS, Grenoble INP, UGA  
<http://www-verimag.imag.fr>

# Mieux préserver les turbines hydrauliques de la cavitation



Récemment rénovée, la veine d'essais du tunnel hydrodynamique du LEGI est au cœur de plusieurs études sur les effets érosifs de la cavitation sur les structures et les matériaux.

Peu connu du grand public, le tunnel hydrodynamique du LEGI\* est pourtant au cœur de nombreuses expériences et projets scientifiques. C'est le cas par exemple du projet européen CAFE coordonné par Grenoble INP et mené en partenariat avec le SIMAP\*\*, qui avait pour objectif de trouver des solutions pour limiter l'érosion des turbines hydrauliques par le phénomène de cavitation. Cet équipement est en effet un moyen d'essais particulièrement adapté à l'étude des écoulements rapides « cavitants » et « supercavitants ». Il est doté de deux veines de 2,50 m de longueur montées en parallèle, dans lesquelles de l'eau circule à des vitesses allant jusqu'à 12 mètres par seconde. A l'intérieur, des « profils » en acier sont pilotés en incidence par des moteurs afin de provoquer la cavitation.

### Pourquoi simuler la cavitation ?

La cavitation est un phénomène apparaissant dans un liquide soumis à une dépression, ici provoquée par la présence de l'obstacle (cf video). Si cette dépression est suffisamment importante, des bulles de vapeur d'eau se forment puis implosent, provoquant une onde de choc et des dégâts matériels aux alentours. La modélisation du phénomène permet à la fois d'étudier son apparition, et ce qui se passe lorsqu'une bulle implose contre une paroi. « On modélise les ondes de choc se propageant à la surface et au sein du matériau, afin de mieux comprendre le phénomène d'érosion de cavitation, explique Jean-Pierre Franc, chercheur CNRS au LEGI. Il s'agit d'un mode de sollicitation très particulier, à très haute fréquence et avec des chocs de très haute amplitude (cf photos). » Pour cela, les chercheurs utilisent un profil en acier instrumenté de capteurs de pression dont les données sont collectées par un système d'acquisition sophistiqué, puis analysées. D'autres capteurs de température et de débit sont intégrés au tunnel lui-même.

### Comment protéger les structures ?

Si le phénomène de cavitation ne peut être évité, une meilleure connaissance de ce dernier permet de choisir des régimes de fonctionnement des centrales hydrauliques dans lesquels ses effets sur les turbines sont moindres. Une autre solution consiste à optimiser les matériaux eux-mêmes. Les scientifiques tentent notamment de trouver des matériaux plus durs, qui résisteraient mieux aux effets de la cavitation. Autre solution envisagée : recouvrir les structures d'un revêtement polymère amortissant capable d'absorber l'énergie du choc.

Toutes ces approches font l'objet de travaux communs avec le laboratoire SIMAP, spécialisé dans les matériaux, que ce soit dans le cadre du projet européen CAFE coordonné par Grenoble INP, ou dans celui d'un projet ANR en cours. Deux thèses ont récemment été soutenues sur la modélisation de l'interaction entre le fluide et le matériau.

### Prevero : un équipement pour observer l'érosion

Avec une vitesse d'écoulement maximale de 12 mètres par seconde, le tunnel hydrodynamique ne permet pas d'observer directement l'érosion sur les pièces. La boucle Prevero, un autre équipement installé au laboratoire, permet quant à elle de le faire. Fonctionnant sur le même principe que le tunnel hydrodynamique mais avec des vitesses d'écoulement plus élevées (jusqu'à 90 mètres par seconde) et donc des pressions plus élevées, elle reproduit sur les pièces l'érosion de cavitation. Elle a d'ailleurs été dessinée et conçue au laboratoire en 2004, pour les besoins d'un projet portant sur l'étude et la quantification de l'érosion de cavitation dans les injecteurs des moteurs diesel.

Des études similaires sont également menées au laboratoire pour le compte de l'ONR (Office of Naval Research), afin d'étudier l'érosion de cavitation sur les hélices de bateaux et sous-marins.

\*LEGI : Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (CNRS, Grenoble INP, UGA)

\*\*SIMAP : Laboratoire de Science et Ingénierie des Matériaux et Procédés (CNRS, Grenoble INP, UGA)

- Jean-Bastien Carrat dont la bourse était financée par la chaire Hydro'Like

- Yves Paquette, financée par le Labex TEC21

- Shrey Joshi et Prasanta Sarkar financées toutes deux par le projet européen CaFE géré par Grenoble INP.

# Grenoble INP accueille une machine XPS de dernière génération



En janvier, grâce à l'appel à projets équipements scientifiques de Grenoble INP, le SIMaP a accueilli un second équipement de spectrométrie d'électrons par rayonnement X. Il sera accessible à trois autres laboratoires (LEPMI, LMGP, LGP2) et aux industriels par le biais du Consortium des Moyens techniques Communs (CMTC).

L'XPS ("X-ray Photoelectron Spectroscopy") est une technique d'analyse non destructive qui permet de déterminer la composition chimique des surfaces de matériaux sur une épaisseur de 10 nm. Le SIMaP dispose depuis 30 ans d'un appareil de spectroscopie électronique par rayons X, lequel, vieillissant, devenait insuffisant pour répondre aux besoins des chercheurs. Aussi, quand l'occasion s'est présentée d'acquérir une nouvelle machine à un prix défiant la concurrence, le laboratoire s'est mobilisé pour monter un dossier de financement, faisant preuve d'une grande réactivité et mettant en œuvre ses excellentes relations avec le fournisseur.

Le financement a été bouclé en six mois seulement, pour un tiers par un appel d'offre de Grenoble INP, via la plate-forme CMTC, un autre tiers par le Labex CEMAM, et le tiers restant par quatre laboratoires, SIMaP en tête. « L'idée était de mutualiser la machine en réunissant les laboratoires susceptibles de l'utiliser », explique Grégory Berthomé\*, ingénieur de recherche Grenoble INP et responsable de l'XPS. Travaillant de longue date avec Marian Chatenet du LEPMI, Gregory Berthomé s'est associé avec lui pour porter le projet d'acquisition de la machine. Le duo s'est ensuite rapproché du LMGP et du LGP2, qui ont répondu présents et également contribué au financement sur leurs contrats de recherche.

### De nombreuses applications

Reçu en décembre 2017, l'équipement a été installé au laboratoire en janvier 2018. Par rapport à l'ancienne version, cette machine XPS de dernière génération présente de nombreux avantages. Plus facile d'utilisation, elle offre un meilleur rendement et est plus performante en termes de résolution et d'options. « On est passé d'une résolution latérale millimétrique, à une résolution latérale micrométrique permettant une analyse plus fine des surfaces. » Elle est, par exemple, dotée d'un « canon à compensation de charges » qui permet d'analyser des échantillons non conducteurs tels que les polymères et les matériaux diélectriques. En outre, il est possible de programmer l'analyse de 9 échantillons en série (voire 18 s'ils sont petits). Le fait de ne pas avoir à intervenir entre chaque analyse, qui prend de 15 minutes à deux heures, permet un gain de temps précieux.

L'ancienne machine sera conservée au laboratoire en dépannage et en cas de d'afflux d'activités. Ses parties internes étant plus faciles d'accès que sur la nouvelle génération, elle sera notamment utilisée à des fins pédagogiques pour les TP et les écoles d'été.

Les chercheurs utiliseront le nouvel XPS pour leurs travaux de recherche, dans le but de déterminer la nature des éléments présents en surface des matériaux, et celle des liaisons chimiques entre les atomes. « Cela est très utile pour étudier les surfaces fonctionnalisées, comme par exemple les dépôts dits esthétiques tels les revêtements de TiN, qui confèrent un beau jaune aux fils en acier inoxydable, et sont utilisés pour le mobilier urbain. L'XPS permet ici de contrôler la stœchiométrie du dépôt, afin qu'il ne vire pas au gris ou au bronze. » Autres domaines d'application : l'étude des propriétés des couches minces pour la microélectronique, le contrôle de la chimie de surface des papiers, de la conformité des traitements et fonctionnalisation de surfaces en tous genres (hydrophilie, corrosion).

En attendant, des référents sont actuellement formés à l'utilisation de la machine dans chacun des 4 laboratoires partenaires. Les industriels auront également accès à ce nouvel équipement par le biais du CMTC, pour faire réaliser leurs analyses par l'un des référents. L'objectif est que les contrats industriels permettent, à terme, de payer les frais de maintenance de la machine.

XPS

\* Après un diplôme d'ingénieur de l'UTC de Compiègne, Grégory Berthomé a fait une thèse au LTPCM (devenu depuis SIMaP) sur les problèmes de corrosion. Il est directement embauché par le laboratoire après son doctorat sur un poste d'ingénieur de recherche. Il travaille désormais sur l'analyse de la chimie des surfaces.

# Une table vibrante pour reconstruire dans les pays en développement



Depuis septembre 2017, le laboratoire 3SR fait partie des 4 laboratoires français à pouvoir se vanter de disposer d'une table vibrante uniaxiale de grandes dimensions. Cette acquisition permettra aux chercheurs d'étudier les effets des séismes sur les structures et les ouvrages.

Elle était attendue depuis des années, elle est enfin là : un tablier de 2 tonnes d'acier de 2,5 mètres sur 3,5, et un vérin hydraulique capable de produire des secousses comparables à celles provoquées par la plupart des séismes en termes d'accélération, de vitesse, de déplacement et de fréquence. La table vibrante du 3SR est installée sur la dalle d'essai de la plate-forme Dessis, elle-même constituée d'une dalle de béton d'un mètre d'épaisseur ferrillée dans trois directions pour une stabilité à toute épreuve. En collaboration avec l'école nationale d'architecture de Grenoble (ENSAG), Yannick Sieffert, maître de conférences à l'UGA et chercheur au 3SR, l'utilisera pour contribuer à la reconstruction au Népal, touché par deux séismes ravageurs en 2015, sur le modèle de ce qui a été réalisé pour Haïti ces dernières années.

### **D'Haïti, au Népal... les problématiques sont les mêmes**

Suite à un appel à projets « flash » lancé par l'Agence Nationale de la Recherche, le laboratoire 3SR et l'Unité de Recherche AE&CC ont participé à la reconstruction dans ce pays après le séisme qui avait fait 250 000 morts et détruit 90 % des habitations de Port-Au-Prince en 2010. « Partant du constat que les maisons en béton armé de la capitale avaient moins bien résisté que les maisons traditionnelles aux secousses sismiques, nous avons, en partenariat avec l'école d'architecture de Grenoble, développé des moyens de calcul par simulation numérique et des essais expérimentaux afin de caractériser le comportement de ces structures traditionnelles », explique Yannick Sieffert. En s'appuyant sur l'expertise du laboratoire de l'école dans le domaine des cultures constructives en terre dans les pays pauvres (CRAterre), un prototype de maison d'habitation basé sur la construction traditionnelle haïtienne mais comportant des améliorations structurelles, a été proposé pour des projets de reconstruction. Dotée d'une ossature bois remplie de pierres maçonnées avec un mortier de terre, cette structure a été soumise à un séisme trois fois plus fort que celui enregistré en 2010, simulé sur la table vibrante du FCBA de Bordeaux en avril 2013. Les résultats des tests ont été formels : si la maison tremble, elle ne s'écroule pas. « Cet essai unique a apporté la preuve scientifique que l'habitation traditionnelle résiste mieux aux séismes que l'habitat en béton armé de piètre qualité dont disposent les Haïtiens. Ce faisant, il a permis d'obtenir les autorisations officielles pour la reconstruction dans le pays selon des méthodes traditionnelles, qui permettront, en cas de nouveau séisme, de sauver de nombreuses vies. »

De la même façon, le laboratoire 3SR testera la capacité des constructions népalaises à résister aux tremblements de terre. Cette fois-ci, les tests pourront être réalisés à Grenoble, sur la table vibrante flambant neuve du 3SR.

## Alain Dufresne expert en nanocelluloses

Alain Dufresne, chercheur au LGP2 et professeur à Grenoble INP - Pagora, vient d'être classé parmi les 157 chercheurs français les plus cités, toutes disciplines confondues.



Alain Dufresne fait partie des 157 chercheurs français les plus cités en 2018, d'après la société Clarivate Analytics. Après une thèse en électronique et un passage dans les substrats en résine époxy utilisés comme supports de composants en microélectronique, il se spécialise dans les polysaccharides (cellulose, chitine et amidon). Plus précisément, il s'intéresse aux applications industrielles potentielles des nanoparticules extraites de la cellulose.

### La cellulose, superstar des matériaux naturels

Produite à des centaines de milliards de tonnes chaque année par la nature, la cellulose est utilisée depuis des millénaires pour fabriquer des textiles, du papier... Mais elle présente un potentiel bien plus important. Notamment à l'échelle nanométrique, à laquelle s'intéresse tout particulièrement le chercheur. « De la cellulose, nous pouvons extraire des nanocristaux qui présentent des propriétés mécaniques très intéressantes, explique-t-il. Bien plus solides que des fibres de verre, ils peuvent être

utilisés pour renforcer des plastiques par exemple. Plus longues et plus flexibles que les nanocristaux, les nanofibrilles de cellulose ont la particularité de s'enchevêtrer facilement, ce qui permet d'augmenter la cohésion du matériau avec une grande surface spécifique. Dans un gramme de nanofibrilles, la surface disponible d'échange peut en effet monter jusqu'à deux cents mètres carrés ! »

Au sein de l'équipe « Matériaux biosourcés multi-échelles » du Laboratoire de Génie des Procédés Papetiers (LGP2)\*, les travaux d'Alain Dufresne portent sur la mise en œuvre et la caractérisation de nanocomposites polymères renforcés par des nanoparticules extraites de ressources renouvelables (biomasse, résidus agricoles). Il a publié plus de 270 articles dans des revues à comité de lecture, ainsi qu'un livre de référence sur la cellulose "Nanocellulose : From Nature to High Performance Tailored Materials" aux éditions De Gruyter. En 2016, il a été classé dans le Top 300 des chercheurs les plus cités en Science et Génie des Matériaux, par les éditions Elsevier.

### Nanocelluloses : des applications dans tous les domaines

Les propriétés de la cellulose à l'échelle nanométrique en font un matériau attractif pour le renforcement des plastiques. L'ajout de nanoparticules de cellulose dans une matrice polymère dans le but de préparer des nanocomposites est probablement l'application la plus évidente en raison de la fonction structurelle de la cellulose dans la nature. Mais pas la seule. Son utilisation est envisagée pour la fabrication des emballages fibreux, plastiques, complexes ou en mousse, mais aussi en tant qu'agent de renforcement dans les papiers et cartons, ou encore pour améliorer la durabilité des peintures et vernis à base d'eau.

Des applications dans l'industrie alimentaire ont également été identifiées en raison du comportement rhéologique particulier des gels de nanocellulose. La viscosité élevée des gels de nanoparticules de cellulose à faibles concentrations, en fait de parfaits substituts hypocaloriques aux additifs glucidiques utilisés comme agents gélifiants, supports d'arômes ou stabilisateurs de suspension dans une grande variété de produits alimentaires.

En électronique, les films de nanomatériaux cellulosiques, qui sont à la fois transparents, légers, résistants, flexibles et biodégradables, peuvent être utilisés à la place du plastique ou du verre dans les panneaux d'affichage flexibles et les appareils électroniques. Des films souples à base de nanomatériaux cellulosiques ont également été testés pour des applications de stockage d'énergie dans les batteries lithium-ion.

Enfin, les nanomatériaux cellulosiques sont pressentis pour un nombre croissant d'applications dans le domaine biomédical. Ceci en raison de leurs propriétés physiques remarquables, de leur surface étendue, de leur fonctionnalité de surface et de leurs propriétés biologiques (biocompatibilité, biodégradabilité et faible toxicité).

De quoi occuper Alain Dufresne encore quelques années...

\*LGP2 : Grenoble INP, CNRS, AGEPEFI

## Jocelyn Chanussot un chercheur en vue

Jocelyn Chanussot, chercheur GIPSA-Lab et professeur à Grenoble INP - Ense3, vient d'être classé parmi les 157 chercheurs français les plus cités, toutes disciplines confondues. Cette distinction, décernée par la société Clarivate Analytics après un savant calcul\*, lui a été attribuée pour ses travaux mondialement reconnus dans le domaine de l'observation par télédétection.



Après un diplôme de Grenoble INP - Ense3 (ex-ENSIEG) en 1995 et une thèse à Annecy dans le domaine du traitement du signal et des images, Jocelyn Chanussot finit par faire de l'observation de l'environnement par télédétection sa spécialité. Une thématique qui fait d'ailleurs aujourd'hui briller Grenoble INP dans les classements internationaux.

Plus particulièrement, Jocelyn Chanussot se consacre à l'imagerie hyperspectrale, laquelle contrairement aux techniques classiques d'imagerie optique produit toute une série d'images de la même scène, mais prises dans plusieurs centaines de longueurs d'onde différentes. A la différence de l'imagerie panchromatique qui ne rend compte que d'une information d'intensité lumineuse (image en niveaux de gris), ou même de l'imagerie couleur qui ne mesure l'information que dans les couleurs primaires (rouge, vert et bleu), l'imagerie hyperspectrale mesure l'information réfléchiée dans plusieurs centaines de longueurs d'onde, couvrant les domaines du visible, de l'infra-rouge, voire du thermique. « Cette diversité d'information permet

une caractérisation fine des propriétés physiques des scènes observées, explique le chercheur. Deux matériaux peuvent apparaître avec la même couleur mais correspondre en fait à des matériaux différents. Le capteur hyperspectral nous permet non seulement de les différencier, mais également de déterminer les proportions de chacun d'eux dans le mélange. »

Ses travaux consistent à développer de nouveaux outils et algorithmes visant à extraire une information pertinente de ces données particulièrement complexes et de très grande dimension, où chaque point de mesure est représenté par plusieurs centaines de valeurs. L'émergence, il y a une dizaine d'années pour ce type de données, de techniques liées à l'intelligence artificielle avec les réseaux de neurones profonds notamment, a marqué une avancée majeure dans le domaine.

### Des applications dans tous les secteurs

Les besoins apparaissent dans de nombreuses disciplines. « Nous avons par exemple travaillé en collaboration avec l'Université de Californie-Los Angeles (UCLA) sur un projet ANR\* dont l'objectif était de détecter des gaz potentiellement toxiques, invisibles à l'œil nu. » Il y a quelques années, il avait étudié la biodiversité en forêt tropicale, en collaboration avec un laboratoire de l'Université Stanford. « Chaque type de couverture végétale absorbe et réfléchit une combinaison spécifique de longueurs d'onde. Ces données renseignent sur la santé des forêts et l'inventaire forestier lui-même, en plus de fournir des informations précises sur la biodiversité, les perturbations naturelles, les risques d'incendie et les effets des changements climatiques », explique le chercheur.

Mais l'imagerie hyperspectrale ouvre des perspectives dans bien d'autres domaines, comme l'imagerie biomédicale pour le suivi de certaines pathologies cutanées, l'observation de l'environnement en général, l'exploration planétaire extra-terrestre ou encore l'astrophysique.

\* Clarivate Analytics (ex-Thomson Reuters) a étudié la fréquence des publications figurant parmi les 1% les plus citées sur une période de 11 ans, 2006-2016. La liste des auteurs identifiés correspond environ à 0,1% de l'ensemble des chercheurs.

\*\*Agence Nationale de la Recherche

# Etienne Perret

## récompensé par le prix "Outstanding Young Engineer Award"

---

Enseignant à Grenoble INP - Esisar et chercheur au LCIS, Etienne Perret vient de remporter le prix international «Outstanding Young Engineer Award» de la IEEE Microwave Theory and Techniques Society (MTT-S) pour «ses contributions exceptionnelles dans l'identification par radiofréquences sans puce d'objets dans un environnement inconnu».

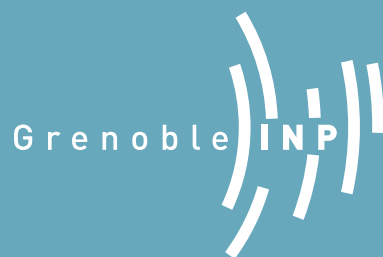


Toutes nos félicitations !

Après le prix français des techniques innovantes pour l'environnement en 2013 et le prix Léon Brillouin SEE / IEEE en 2016, c'est une nouvelle récompense pour le jeune chercheur qui travaille depuis plusieurs années sur le développement d'étiquettes intelligentes sans puce basées sur une approche de lecture radar.

Institution de référence qui compte plus de 10 500 membres et 190 sections à travers le monde, la Microwave Theory and Techniques Society récompense chaque année un membre éminent qui s'est distingué soit par sa réussite technique, soit pour le service exemplaire qu'il a rendu à la société, soit pour une combinaison des deux.

Etienne Perret recevra son « Outstanding Young Engineer Award » en juin 2019 à l'occasion de la cérémonie du MTT-S International Microwave Symposium (IMS) à Boston, aux Etats-Unis.



**Grenoble INP**  
46 avenue Félix Viallet  
38031 Grenoble Cedex 1  
France



[grenoble-inp.fr/suivez-nous](http://grenoble-inp.fr/suivez-nous)



**Grenoble INP**  
Institut d'ingénierie  
Univ. Grenoble Alpes  
Établissement public

**Cti**  
Commission  
des Titres d'Ingénieur



Formation



Recherche



Valorisation

6 écoles  
d'ingénieurs



1 prépa  
intégrée



1 département  
formation  
continue



**GROUPE INP**  
30 écoles publiques d'ingénieurs