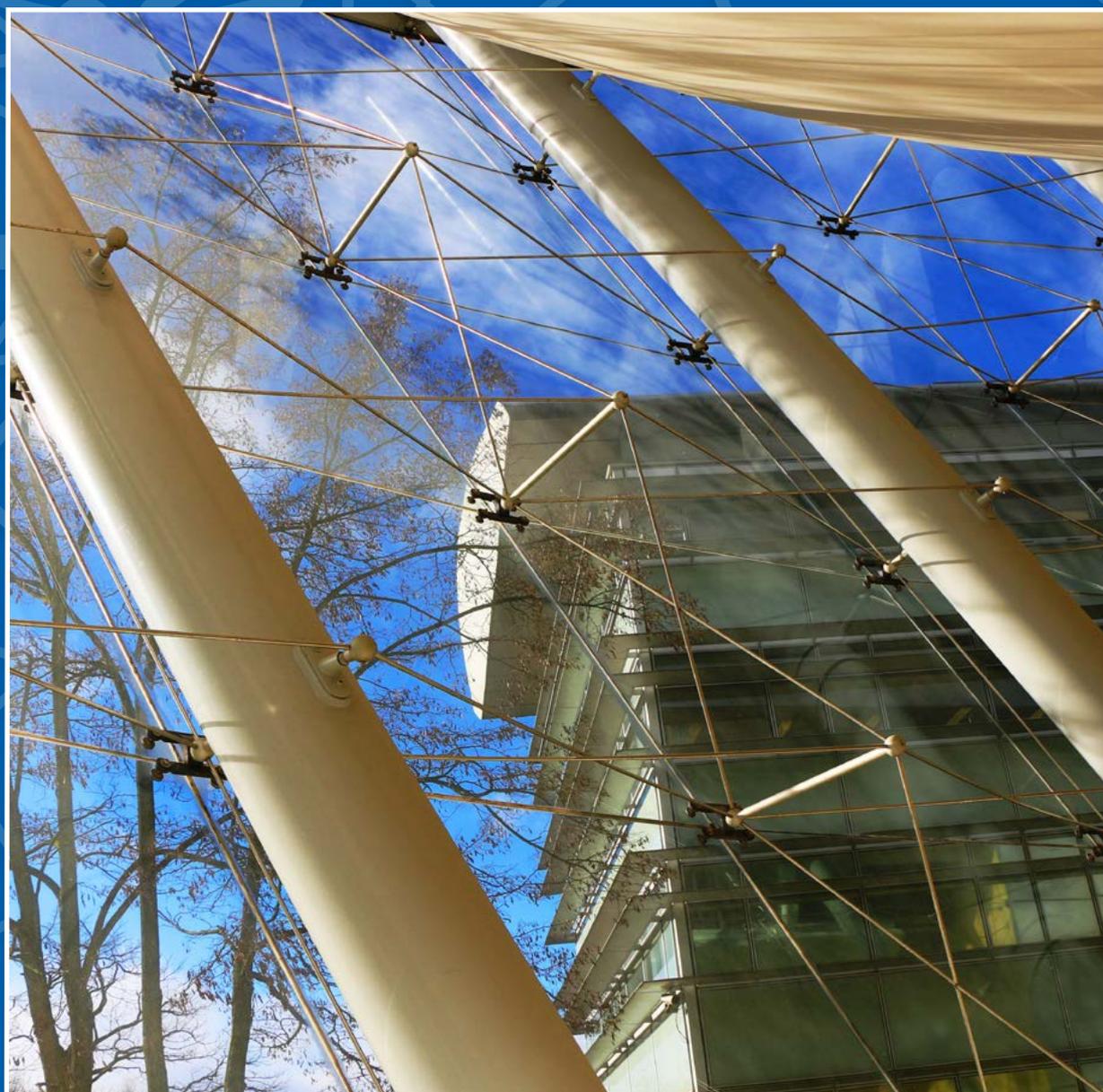


École d'ingénieurs

Télécom Physique

Université de **Strasbourg**

RECHERCHE ET INNOVATION

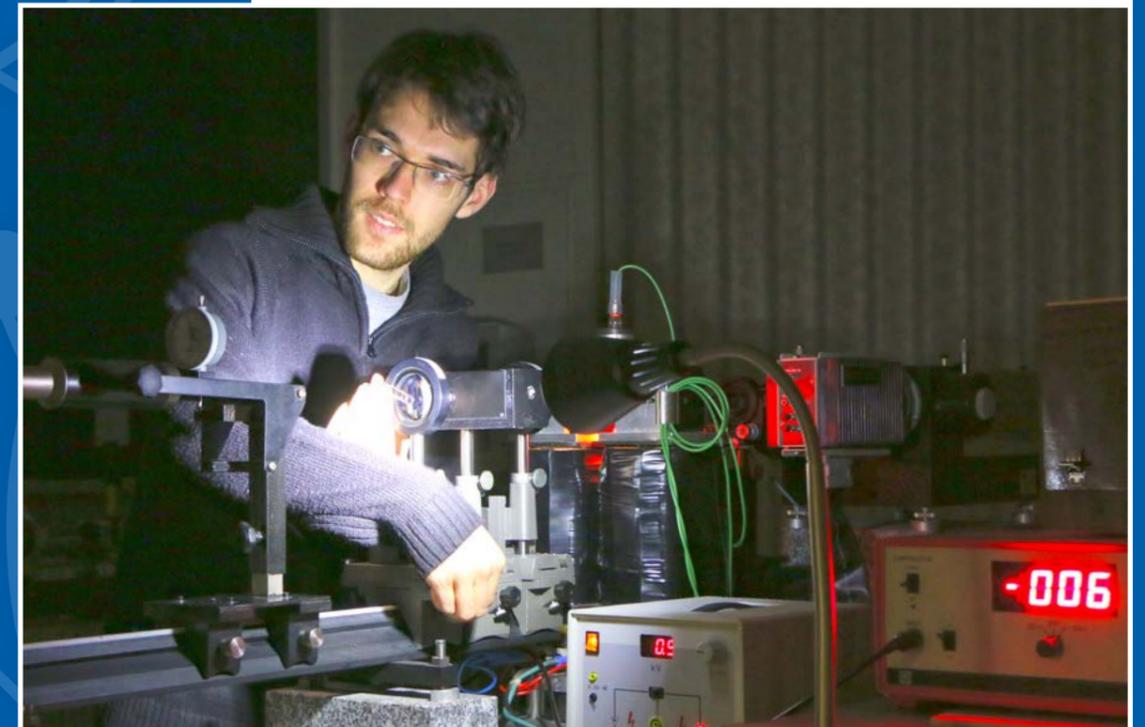


SOMMAIRE

- La recherche et l'innovation à TPS
M. Collet (page 4) et M. de Mathelin (page 5)
- **Télécom Physique Strasbourg** (pages 6 et 7)
- **ICube** (pages 8 et 9)
- **IPCMS** (page 10)
- **Irepa Laser** (page 11)
- Institut **CARNOT** : Télécom & Société numérique
(pages 12 et 13)



- **Département Informatique et Réseaux** (pages 14 à 17)
- **Département Ingénierie des Signaux et Systèmes**
(pages 18 à 21)
- **Département Physique** (pages 22 à 25)
- **Département Sciences et Technologies pour la Santé** (pages 26 à 29)



- Institut thématique interdisciplinaire **HealthTech**
(pages 30 et 31)
- Plateformes :
 - ◆ **FabLab@TPS** (page 32)
 - ◆ **InnovLab@TPS** (page 33)
- **Chaire industrielle Science des Données et Intelligence Artificielle** (pages 34 et 35)

LA RECHERCHE ET L'INNOVATION À TPS



Christophe Collet
Professeur des Universités
Directeur de Télécom Physique Strasbourg

Télécom Physique Strasbourg, Grande Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Strasbourg et partenaire stratégique de l'Institut Mines Télécom a vocation à former des ingénieurs à la physique et au numérique en capacité de relever les nouveaux défis d'un monde en profonde mutation. Avec 4 formations d'ingénieurs (dont une en alternance), TPS est organisée en 4 départements qui proposent un large panel de filières ingénieurs (généraliste, de spécialités en technologies de l'information pour la santé, informatique & réseaux, électronique et systèmes numériques *). Ces filières font preuve d'une belle attractivité auprès des étudiants et au sein des concours préparatoires aux Grandes Ecoles (CCINP et Mines-Télécom). L'École a fêté en 2020 ses 50 ans, ses formations se sont constamment adaptées aux besoins du monde socio-économique en lien avec les activités de recherche de ses enseignants-chercheurs, la structuration de la recherche et l'évolution du paysage de l'Enseignement Supérieur sur le site strasbourgeois.

La recherche et l'innovation sont au cœur de nos préoccupations et une formation d'ingénieurs d'excellence requiert un adossement recherche solide : l'ensemble de nos filières offre aujourd'hui la possibilité de valider en double diplôme un Master Recherche en 3^e année d'école. Cette volonté délibérée et assumée d'offrir aux élèves-ingénieurs de TPS un accès facilité aux domaines de l'innovation et de la recherche appliquée n'a pu se bâtir au fil des ans que grâce à l'adossement exceptionnel de l'École aux laboratoires de l'Université de Strasbourg, principalement le laboratoire ICube depuis 2013, mais aussi l'IPCMS.

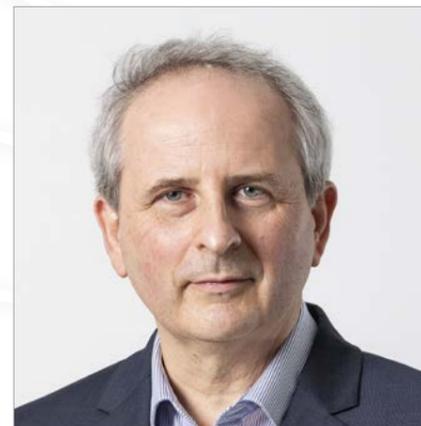
Parce que l'on ne peut pas enseigner ce que l'on a soi-même appris il y a 20 ans à de futurs ingénieurs qui l'appliqueront dans 5 ou 10 ans, parce que les technologies évoluent à un rythme effréné, parce que la science progresse à grande vitesse, il est essentiel pour une école d'ingénieurs d'asseoir sa formation sur un socle de recherches scientifiques solides, renommées et dynamiques.

Télécom Physique Strasbourg a donc construit deux filières de spécialité en complément de la filière historique généraliste en s'appuyant sur les domaines d'excellence de l'ingénierie pour la santé, et plus récemment de l'informatique (IoT et Science des Données), tout en opérant un Master Recherche Imagerie, Robotique et Ingénierie pour le Vivant qui rencontre depuis 2005 un vif succès. Comme rien n'est jamais acquis, l'École fait le choix de la montée en gamme avec un flux stabilisé à 600 élèves-ingénieurs en formation, l'engagement de ses enseignants-chercheurs dans les responsabilités de grosses équipes de recherche l'illustre. La mise en œuvre du parcours HealthTech (Institut Thématique Interdisciplinaire), dernier né des parcours du Master opéré par TPS, démontre la capacité de l'École à proposer une offre de formation à l'international de type "Graduate School" débouchant sur une poursuite en thèse, intégralement en anglais, s'appuyant sur le savoir-faire reconnu de Strasbourg en ingénierie médicale (ICube, IHU, Ircad) pour attirer les meilleurs talents étrangers.

Télécom Physique Strasbourg est une école qui monte !

Christophe Collet,
Directeur de Télécom Physique Strasbourg

*Sous réserve d'accréditation par la CTI, Commission des Titres d'Ingénieurs

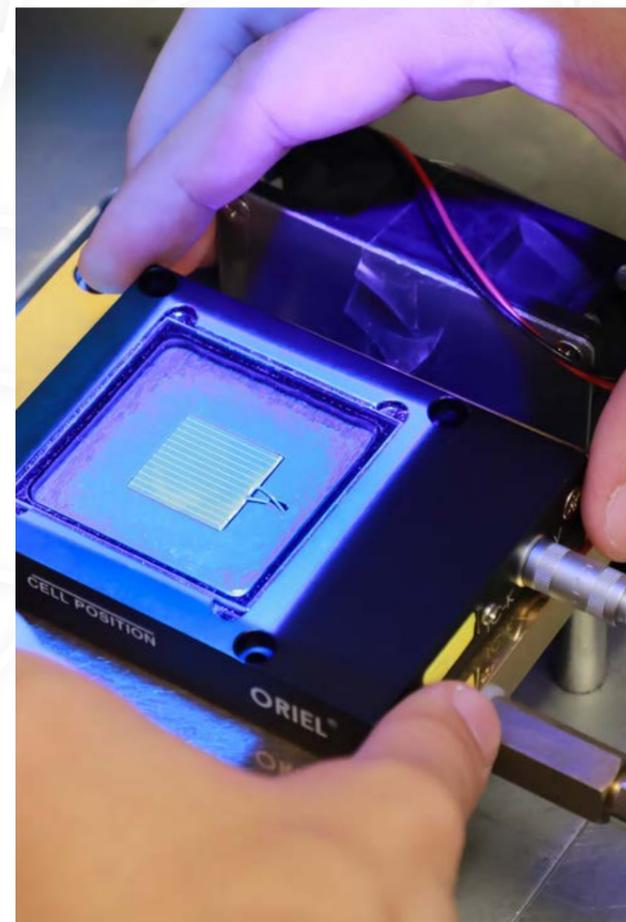


Michel de Mathelin
Professeur des Universités
Responsable de la Recherche de TPS
Directeur du Laboratoire ICube
Premier vice-président de l'Université de Strasbourg
Vice-président Relations avec le monde socio-économique et valorisation

Le laboratoire ICube fêtera ses 10 ans d'existence le 31 décembre 2022. Créé le 1er janvier 2013 par regroupement des laboratoires d'informatique et d'ingénierie de Strasbourg, il a vu son attractivité et son rayonnement croître de manière très importante. En dix ans, ses effectifs ont doublé pour atteindre 650 personnes. Ses chercheurs ont obtenu 3 prestigieux projets européens ERC (European Research Council) dont 2 enseignants-chercheurs de Télécom Physique Strasbourg, et une chaire nationale en Intelligence Artificielle pour la santé, tenue par un Professeur de Télécom Physique Strasbourg (Nicolas Padoy). Le laboratoire encourage l'interdisciplinarité par la palette des thématiques de recherche de ses équipes, sa politique scientifique autour de six axes transverses et son implication dans les Instituts Thématiques Interdisciplinaires (ITI) récemment créés par l'Université de Strasbourg pour soutenir l'excellence scientifique et renforcer le lien Master-Doctorat. Ainsi, les enseignants-chercheurs de Télécom Physique Strasbourg sont investis sur les applications de l'intelligence artificielle à la santé, à la télédétection et à l'industrie, sur le traitement d'images médicales et la robotique chirurgicale, en biomécanique, dans le domaine de la bio-photonique, en physique des capteurs, sur les systèmes micro-électroniques et dans le domaine photovoltaïque.

Le laboratoire ICube est devenu un laboratoire phare de la Région Grand Est très impliqué dans la stratégie régionale d'innovation. Le laboratoire ICube est le premier laboratoire en termes de relations avec le monde socio-économique dans la région, avec plus de 160 partenariats industriels, la création d'une chaire industrielle à Télécom Physique Strasbourg en intelligence artificielle financée par 6 entreprises de la région via le mécénat, l'implication dans l'Institut Carnot Télécom & Société Numérique, et la création l'année dernière de deux startups portées par des enseignants-chercheurs de Télécom Physique Strasbourg. Les recherches du laboratoire s'appuient sur 7 plateformes technologiques et de service mutualisées ouvertes vers le monde socio-économique. Télécom Physique Strasbourg en héberge trois : le SERTIT (Service Régional de Traitement d'Images et de Télédétection) qui fournit un service h24/365j/an de cartographie d'urgence pour la communauté européenne à partir d'images satellites, INetLab, une plateforme offrant des services autour des nouvelles technologies de l'internet et, depuis l'année dernière, la plateforme GAIA qui fournit des services en réalité virtuelle, science de données et intelligence artificielle. Avec plus de 150 partenariats avec d'autres laboratoires de recherche académique en France, en Europe et dans le monde, le rayonnement scientifique national et international du laboratoire est important, en particulier dans le secteur de l'ingénierie pour la santé. Le laboratoire qui compte en son sein plus de quarante praticiens hospitaliers est le premier partenaire de l'IHU de Strasbourg sur la chirurgie guidée par l'image. L'IHU héberge l'équipe de recherche en robotique médicale d'ICube et s'appuie sur les compétences des enseignants-chercheurs de Télécom Physique Strasbourg.

Michel de Mathelin
Responsable de la Recherche à TPS



Site
ICube



Site
Télécom Physique
Strasbourg

ÉCOLE D'INGÉNIEURS TÉLÉCOM PHYSIQUE STRASBOURG

Crédits photo : Mathieu Ange

Chiffres clés

- 600 élèves / an
- 4 diplômes d'ingénieur
- 1 Master recherche
- + de 3400 Alumni
- 45 enseignants-chercheurs & enseignants dont 23 HDR
- 143 publications de recherche en 2021

Une recherche d'excellence, une formation à et par la recherche

Positionnée sur des secteurs privilégiant la recherche appliquée, l'innovation et le transfert de technologie, la formation dispensée à l'Ecole s'adosse à deux laboratoires de l'Université de Strasbourg et du CNRS, ICube (pages 8 et 9) et l'IPCMS (page 10), de visibilité internationale. Des options et parcours d'excellence offrent ainsi la possibilité de double diplôme « Ingénieur + Master » et plus particulièrement le Master IRIV porté par TPS.

Des outils au service des relations Ecole-Entreprises

Dans ses diverses activités de formation et de recherche, l'Ecole développe des relations privilégiées avec le monde de l'entreprise.

- Chaire industrielle et mécénat (pages 34 et 35)
- FabLab et InnovLab @TPS (pages 32 et 33)

Une formation de pointe organisée en 4 Départements



PHYSIQUE

Habilité à délivrer 4 diplômes d'ingénieurs par la Commission des Titres d'Ingénieurs (CTI), l'Ecole a pour vocation la formation d'ingénieurs de Recherche et Développement (R&D), créatifs, innovants au sein des secteurs stratégiques de la nouvelle économie numérique, de l'ingénierie pour la santé et de la physique.

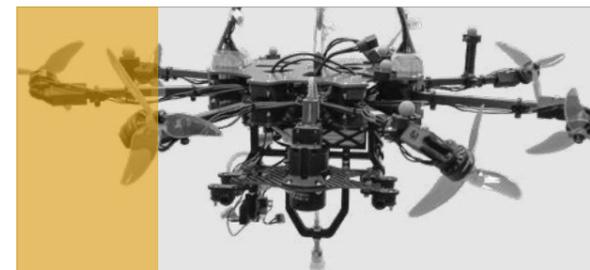
L'admission s'effectue sur concours (CCINP et Mines Télécom) et sur dossier.

3 diplômes d'ingénieurs sous statut d'étudiant qui peuvent être couplés à un Master spécifique, ouvrant ainsi la voie à une thèse

➤ Ingénieur généraliste
couvre les options Ingénierie des Systèmes, Automatique et Vision (ISAV), Images, Signaux et Science des Données (ISSD), Photonique, Physique et Modélisation, Ingénierie et Sciences Physiques du Vivant (ISPV).

➤ Ingénieur spécialisé Technologies de l'Information pour la Santé
plus particulièrement en diagnostics et traitements médicaux innovants (DTMI) et en thérapeutiques innovantes (TI).

➤ Ingénieur spécialisé Informatique et Réseaux
axé sur les technologies de communications et du numérique avec deux options : Réseaux de communication et de l'Internet des objets (RIO) et Science des Données et de l'Intelligence Artificielle (SDIA).



INGÉNIERIE DES SIGNAUX ET SYSTÈMES



TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION POUR LA SANTÉ

1 diplôme d'ingénieurs en alternance

➤ Ingénieur spécialisé Electronique et Systèmes Numériques*
en apprentissage ou en formation continue, en partenariat avec l'ITII Alsace (Institut des Techniques de l'Ingénieur de l'Industrie d'Alsace).



INFORMATIQUE ET RÉSEAUX

L'Ecole opère également un Master recherche, formation pluridisciplinaire orientée vers le monde de la recherche et de l'innovation.

➤ Master Recherche : Imagerie, Robotique et Ingénierie pour le Vivant (IRIV)
focalisé sur l'image : algorithmique, commande par vision, traitement et analyse d'images, imagerie médicale, photonique, photogrammétrie et lasergrammétrie.

*Sous réserve d'accréditation par la CTI, Commission des Titres d'Ingénieurs



LABORATOIRE

ICube

Crédits photo : ICube

Une configuration unique qui rassemble deux communautés scientifiques

- La première est à l'interface du monde virtuel et numérique avec l'informatique, le traitement d'images, la robotique et l'automatique
- la seconde est à la frontière du monde physique avec la mécanique, la photonique et l'électronique.

Fédéré par l'imagerie, ICube a comme champs d'application privilégiés l'ingénierie pour la santé, l'environnement et le développement durable.

ICube est né le 1er janvier 2013 de la fusion sous l'égide de l'Université de Strasbourg et du CNRS des 6 unités du site strasbourgeois (LSIIT, INESS, IMFS, IPB-LINC, LSP, LGECO) du domaine des sciences de l'ingénieur et de l'informatique. ICube est fédéré par l'imagerie et a comme champs d'application privilégiés l'ingénierie pour la santé, l'environnement et le développement durable. Son interface avec le monde médical est particulièrement développé grâce à l'implantation de six de ses équipes sur le site des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, son partenariat avec l'IHU (Institut Hospitalo-Universitaire) de Strasbourg sur la chirurgie guidée par l'image et l'IRCAD (Institut de recherche sur les Cancers de l'Appareil Digestif), sa participation active à la fédération de médecine translationnelle de Strasbourg (FMST) et à Neurex (le réseau de recherche en neuroscience du Rhin supérieur), grâce aussi à la présence au sein d'ICube d'une quarantaine de praticiens hospitaliers, ainsi que des plateformes expérimentales de premier plan dans le domaine de la



Michel de Mathelin

**Professeur des Universités
Responsable de la Recherche
de TPS
Directeur du Laboratoire ICube
Premier vice-président
de l'Université de Strasbourg
Vice-président Relations avec
le monde socio-économique
et valorisation**

Contact :
contact@icube.unistra.fr

Site
ICube



santé (imageurs IRM corps entiers 1,5T et 3T, imageur IRM préclinique 7T, plateformes de robotique médicale, biomécanique et bioinformatique). Dans le domaine de l'environnement, ICube s'appuie sur des équipes de recherche en fouille de données et apprentissage, traitement d'images, télédétection, photovoltaïque, traitement des eaux et génie civil, avec des moyens expérimentaux très importants : laboratoire mobile de mesures bio-climatiques urbaines, salle blanche, pilotes de traitement des eaux et de simulation des inondations, plateforme de cartographie rapide des catastrophes naturelles (SERTIT). ICube fait également partie de la Fédération de recherche Matériaux et Nanosciences du Grand Est (FR 3627 - CNRS) avec un partenariat étroit avec le CRT IREPA Laser.

ICube est le laboratoire de recherche principal de Télécom Physique Strasbourg, mais aussi d'autres écoles d'ingénieurs du site : INSA de Strasbourg, ENGES, ECAM Strasbourg Europe, des facultés de Médecine et de Physique et Ingénierie, de l'UFR Mathématique & Informatique et des 3 IUT de l'Université de Strasbourg. ICube héberge deux Équipes Projet INRIA (CAMUS et MIMESIS), est associé à l'Institut Mines-Télécom et fait partie du Carnot "Télécom & Société Numérique". Il est le principal acteur de la recherche partenariale du site de Strasbourg gérée par la SATT Connectus Alsace avec plus de 160 partenariats industriels et est fortement impliqué dans les pôles de compétitivité Biovalley France, Fibre-Energivie, Hydrores et Véhicule du Futur.

Les chercheurs du laboratoire ont eu un succès très important aux appels investissements d'avenir (PIA1). Le laboratoire héberge ainsi deux équipements d'excellence (Equipex) du site de Strasbourg (Robotex et FIT) sur la robotique et les réseaux de capteurs et l'internet des objets. Il participe à l'Equipex Equip@Meso sur le calcul scientifique, et à 3 laboratoires d'excellence (Labex) : IRMIA, CAMI et G-Eau-Thermie, respectivement, en mathématique appliquée, robotique médicale et géothermie profonde. Il est également le partenaire scientifique principal de l'IHU de Strasbourg sur la chirurgie mini-invasive guidée par l'imagerie. ICube participe à France Life Imaging (FLI), l'infrastructure nationale sur l'imagerie in vivo en animant l'axe Imagerie interventionnelle et en tant que membre du noeud Grand-Est. L'Equipex Robotex, devenu TIREX, et a été lauréat de l'appel Equipex+ du PIA3 en 2022 et est depuis 2022 une infrastructure nationale, de même que la plateforme de réalité virtuelle du laboratoire.

ICube compte plus 650 personnes et est organisé en 17 équipes au sein de 4 départements suivant les disciplines fondamentales du laboratoire (informatique, imagerie et robotique, électronique et photonique, mécanique) avec 6 axes ou programmes de recherche transversaux à la frontière du monde numérique et du monde physique : Imagerie et Robotique Médicale et Chirurgicale; Calcul Scientifique; Science des Données et Intelligence Artificielle; Instrumentation, Capteurs et Analyse; Ingénierie des Matériaux pour l'Energie et l'Environnement; Industrie du Futur et Usine Intelligente. Un effort important a été porté depuis 2016 sur la réorganisation des moyens expérimentaux d'ICube en 7 plateformes mutualisées rattachées à la direction du laboratoire avec une organisation propre, du personnel dédié, une capacité à fournir des services

à l'intérieur et à l'extérieur du laboratoire, une démarche qualité, une autonomie financière et une participation à des réseaux internationaux ou nationaux. ICube s'est mobilisé tout particulièrement pour l'appel ITI (Instituts Thématiques Interdisciplinaires) de l'Université de Strasbourg qui a pris la suite des Labex en les conjuguant avec des programmes de master international (Graduate Schools). ICube porte ainsi un ITI lauréat (HealthTech) pour 8 ans, participe à 3 ITI lauréats pour 8 ans (G-Eau-TE, Transplantex, IRMIA++) et 3 ITI lauréats pour 4 ans (NeuroStra, HifunMat, InBio).

Crédits photo : ICube





INSTITUT DE

Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS)

Créé en 1987, fort de 240 personnes et organisé en 5 départements :

- Département Magnétisme et Objets NanoStructurés (DMONS)
- Département de Chimie des Matériaux Inorganiques (DCMI)
- Département des Matériaux Organiques (DMO)
- Département « Optique ultra rapide et Nanophotonique » (DON)
- Département « Surfaces et Interfaces » (DSI)

L'IPCMS, UMR 7504 CNRS - Université de Strasbourg, est aujourd'hui un centre de recherche d'importance nationale et internationale dans le domaine des nanomatériaux et des nanosciences.

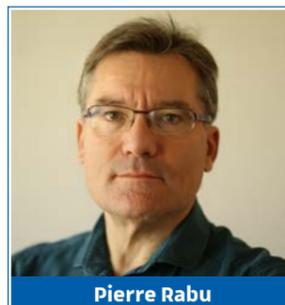
Expert des nanomatériaux et des nanosciences

Toutes les échelles et dimensionnalités sont considérées : de l'échelle atomique ou la molécule isolée, jusqu'aux nanostructures organisées sur des surfaces ou en volume. Les projets de recherche de l'IPCMS sont articulés autour de 5 axes majeurs :

- les sciences et matériaux quantiques
- les biomatériaux, la biophotonique et la santé
- les Systèmes moléculaires avancés
- le nano et femtomagnétisme
- les matériaux avancés et dispositifs pour l'énergie et l'environnement.

Pour réaliser ces études, l'institut dispose d'un parc instrumental important pour la fabrication et la caractérisation des matériaux à toutes échelles, ainsi que d'une expertise forte en théorie et modélisation. Les projets LabEX NIE, les EquipEX liés à l'étude des phénomènes ultra-rapides UNION (optique et nanophotonique femtoseconde) et UTEM (microscopie ultra-rapide), comme l'EUR Qmat portés par l'IPCMS témoignent de sa notoriété dans ses multiples activités.

Membre de l'Institut Carnot MICA, expert des matériaux fonctionnels, surfaces et interfaces, l'IPCMS valorise sa recherche fondamentale et collabore avec de nombreuses entreprises.



Directeur de Recherche
Directeur de l'IPCMS



Site IPCMS

Pierre Rabu



SOCIÉTÉ DE RECHERCHE
ET DÉVELOPPEMENT
INDUSTRIELS

Irepa Laser

Credits photo : IIREPA LASER

Une belle expertise européenne en Grand Est dans le domaine des procédés laser appliqués aux matériaux

➤ Issue de la recherche il y a bientôt 40 ans avec le soutien de la Région Alsace, IREPA LASER est aujourd'hui une référence dans les procédés laser et les matériaux.

➤ Fortement impliquée dans des programmes de recherche européens, Industrie 4.0, cette SCIC innovante de 45 salariés s'entoure des meilleurs talents pour mettre en œuvre des solutions techniques opérationnelles sur mesure, durables et économes en énergie grâce au laser.

Des solutions industrielles sur mesure pour des marchés très diversifiés

L'offre d'IREPA LASER couvre les marchés de l'aéronautique, de l'automobile, de l'énergie, des biens d'équipement et de la défense. IREPA LASER se déploie vers l'industrie autour de 4 domaines de compétences : la **fabrication additive** ou l'impression 3D métallique, le **soudage**, l'**usinage** et la **sécurité** liée à l'utilisation des lasers industriels.

Les activités d'IREPA LASER couvrent l'ensemble du processus d'innovation, de la R&D à la valorisation économique de ses résultats (cession de licences, startup), sans oublier la formation des futurs talents de ses clients.

Un statut innovant pour fédérer les acteurs et favoriser l'émergence de solutions nouvelles

La SCIC avec sa communauté d'associés, développe ainsi dans des environnements parfois difficiles, des solutions innovantes, sur de larges dimensions et en 3D pour ses clients industriels.

Le lien fort qui s'est développé entre les laboratoires de recherche et l'équipe d'ingénieurs au travers notamment des Instituts Carnot MICA et Mines Télécom, est aussi un facteur clef de succès pour rester à la pointe de l'Innovation.



Président d'IREPA LASER



Site
IREPA LASER

Jean-Paul Gauffillet



Plateforme Inetlab : Salle d'expérimentation d'objets connectés.
Contact : guillaume.schreiner@unistra.fr. Crédits photo : iCube

INSTITUT

CARNOT : Télécom & Société numérique

3 réalisations emblématiques

Une thèse pour construire les robots de demain

En janvier 2021, Rafael Aleluia Porto a soutenu sa thèse autour de la commande d'endoscopes flexibles robotisés, menée avec un soutien de Carnot TSN. Une illustration de l'apport du programme Carnot, et de la force de la recherche strasbourgeoise : R. Aleluia Porto a rejoint TPS dans le cadre du programme Brafitec après sa formation à l'université de Bahia, Brésil. Ingénieur TPS, titulaire du Master IRIV, il a développé durant sa thèse des stratégies de commande pour maîtriser une nouvelle génération de robots médicaux à la fois souples et miniaturisés, ouvrant la porte à de nouvelles techniques de chirurgie plus précises et personnalisées.

Une recherche collaborative pour la transition énergétique

Carnot TSN a soutenu en 2019 un projet pluridisciplinaire, dans le cadre d'un appel conjoint avec le Carnot MINES. Dans le projet REPOSEE, l'équipe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP) du laboratoire ICube s'est associée au laboratoire Georges Friedel de l'école des Mines de Saint Etienne pour explorer la fonctionnalisation des surfaces de polymères. L'emploi de techniques très récentes de texturation laser femtoseconde a été considéré pour aller, par une approche bio-inspirée, vers la production de surfaces récupératrices de rosée, sans recourir à des dispositifs spécifiques. Le programme Carnot a ici permis un travail amont, avec des applications technologiques potentielles nombreuses.

Carnot TSN et plateformes technologiques

L'institut Carnot TSN facilite la mise en relation des partenaires industriels avec les plateformes technologiques de son réseau. TPS avec le laboratoire ICube a ces dernières années fait des efforts importants pour structurer de telles plateformes, et offrir des moyens et une expertise de haut niveau dans des secteurs stratégiques comme l'ingénierie pour la médecine, les réseaux ou l'intelligence artificielle. Pour chacun de ces domaines, l'appartenance à Carnot TSN a été un élément clé qui permet d'avoir des plateformes expertes sur ces sujets :

- La plateforme Imagerie, Robotique et Ingénierie pour la Santé (IRIS) est ainsi aujourd'hui une plateforme qui offre des services de pointe dans le domaine de l'imagerie médicale, depuis la création de protocoles jusqu'à leur mise en œuvre et leur traitement.
- La plateforme Inetlab facilite le développement de solutions pour l'internet des objets : elle permet aux entreprises d'aborder les questions de l'optimisation de l'efficacité énergétique des objets connectés, l'exploitation de nouveaux protocoles longue distance et par exemple également la validation de solutions dans des locaux dédiés.
- Enfin, la plateforme GAIA a été créée en 2021 pour offrir aux chercheurs du laboratoire ICube et à leurs partenaires extérieurs un ensemble de moyens et d'expertise autour de l'informatique graphique, la science des données et l'intelligence artificielle. Elle soutient aujourd'hui des projets innovants exploitant notamment l'IA pour la santé ou l'industrie 4.0.

La recherche partenariale au sein de TPS

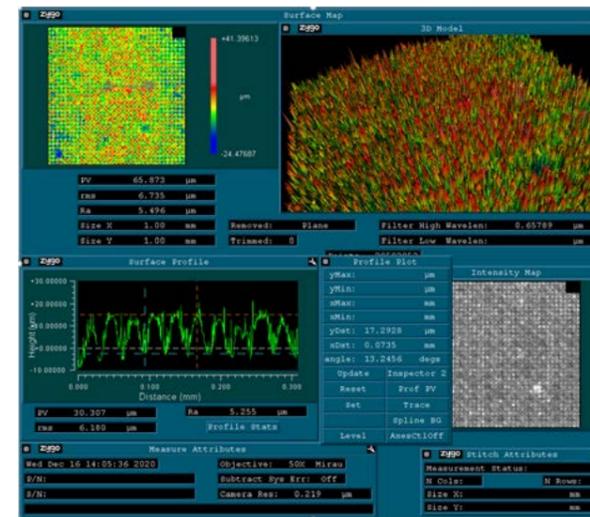
- La recherche conduite au sein de Télécom Physique Strasbourg est de premier ordre, et elle est conduite en lien étroit avec de nombreux partenaires industriels.
- En tant que partenaire stratégique de l'IMT, l'école est membre de l'institut Carnot Télécom & Société numérique avec 10 autres établissements. Le label Carnot montre la qualité et l'engagement de l'école dans la recherche partenariale, avec une communauté d'enseignants-chercheurs impliqués au sein du laboratoire ICube pour aider les entreprises à construire la transition numérique.

Présentation

Labellisé Carnot depuis 2006, l'institut Carnot Télécom & Société numérique constitue le premier institut Carnot d'ampleur nationale autour des sciences et technologies de l'information et de la communication. Rassemblant plus de 1 700 chercheurs, l'institut Carnot TSN vise à apporter des réponses en R&D adaptées aux besoins des entreprises. Il se concentre en particulier sur les implications techniques, économiques et sociales de la transition numérique : la recherche menée par les enseignants chercheurs de Télécom Physique Strasbourg joue un rôle essentiel dans la réussite du Carnot TSN sur ces domaines.

Un soutien aux actions de R&D de TPS

Ces cinq dernières années, le soutien du programme Carnot a permis le lancement de d'actions de ressourcement et développement au sein du laboratoire ICube, partenaire privilégié de Télécom Physique Strasbourg. Les actions de recherche & développement ont porté sur les domaines des usages et vie numérique, environnement durable et transition écologique, santé numérique et autonomie. Sur la période, ce sont 28 doctorants, post-doctorants et ingénieurs qui ont ainsi contribué à des projets innovants grâce au mécanisme Carnot, et dans le même temps 2 projets associant Carnot TSN et Carnot MINES ont été lancés.



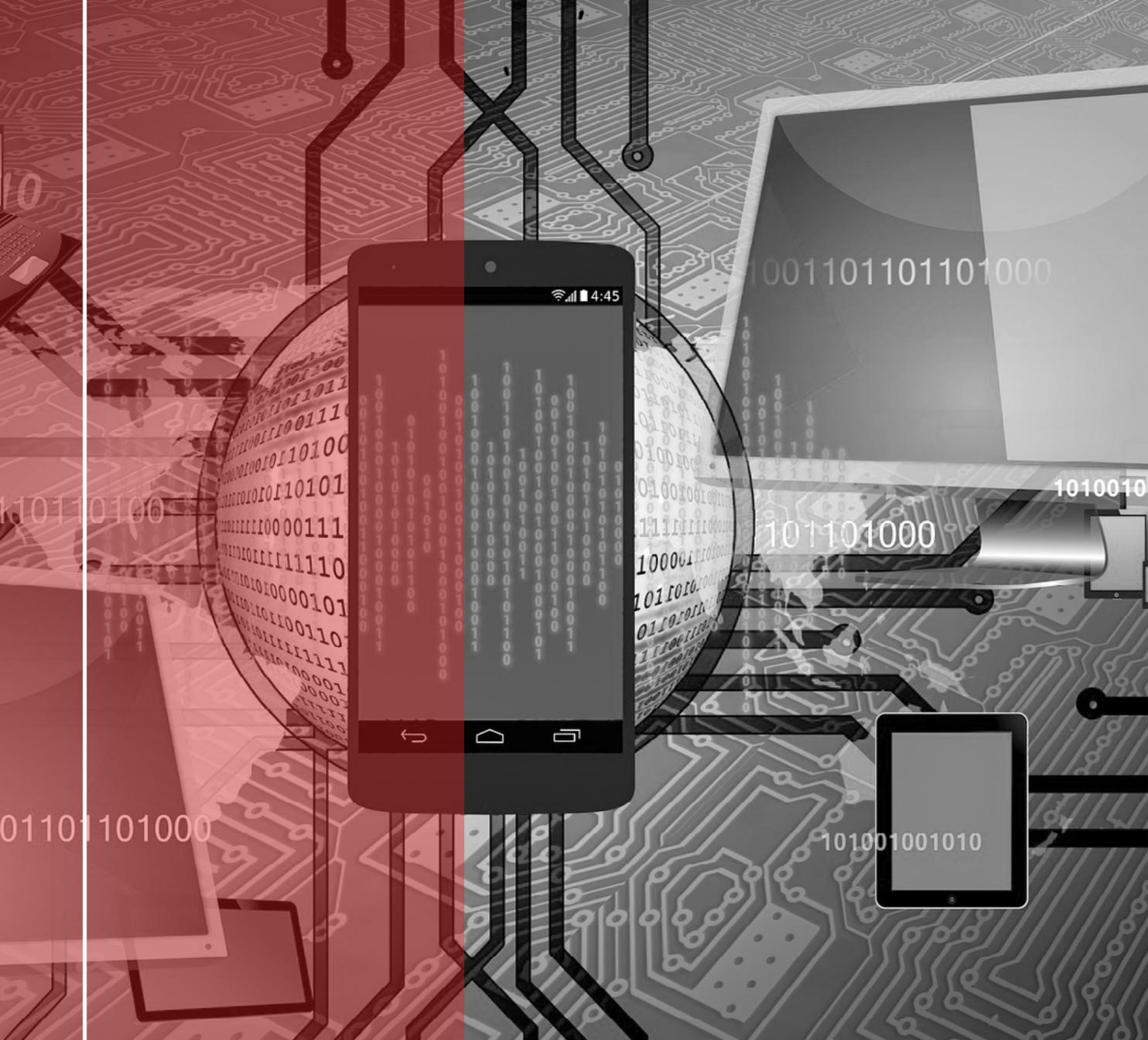
Projet REPOSEE :
Topographie d'une surface polymère texturée au laser femtoseconde fortement hydrophobe.
Contact : Manuel Flury (manuel.flury@insa-strasbourg.fr)



Site
Institut CARNOT



Vidéo
Institut CARNOT



DÉPARTEMENT

Informatique et Réseaux

Les ingénieurs Informatique et Réseaux formés à TPS maîtrisent les technologies de communication et du numérique axées sur :

- **les Réseaux de communication et de l'Internet des objets (RIO)** ou
- **la Science des Données et de l'Intelligence Artificielle (SDIA).**

Ils apportent des solutions innovantes aux défis liés à l'arrivée massive du numérique dans nos sociétés et dans le monde de l'entreprise.

Présentation

Effectuant leur recherche au sein des équipes Equipe RDH (Robotics, Data science and Healthcare technologies) et Réseaux d'ICube, trois enseignants-chercheurs illustrent des thématiques de recherche axées sur l'IA : la vision par ordinateur : géométrie, sémantique et convergence (page 15), la collaboration entre machines (page 16) et l'IA dans le bloc opératoire (page 17).

Vision par ordinateur : géométrie, sémantique et convergence

La vision par ordinateur s'est développée autour du défi de doter des machines de capacités visuelles similaires à - ou plus performantes que - celles de l'être humain. Il s'agit de permettre à ces machines de comprendre leur environnement, d'interagir avec, et d'y naviguer sur la base, souvent exclusive, d'un retour visuel. Cette discipline est au cœur de révolutions technologiques dans des domaines tels que la santé, la ville intelligente, les véhicules autonomes et les jeux vidéo.

Equipe RDH (Robotics, Data science and Healthcare technologies)

- **Adlane Habet, Maître de Conférences**
- **Danda Pani Paudel, Docteur, Computer Vision Lab, ETH Zürich**
- **Luc Van Gool, Professeur, Computer Vision Lab, ETH Zürich**

Contact : **Adlane Habet**
habet@unistra.fr

Une problématique récurrente en vision par ordinateur est celle du recalage de données émanant de modalités d'images différentes. A titre d'exemples, aligner automatiquement la photographie d'un objet ou celle d'une scène entière avec une image thermique, un scan 3D, ou encore une carte géographique sont de véritables défis. Le recalage de données repose généralement sur la recherche et l'identification de similarités, le plus souvent photométriques et/ou géométriques dans le cas de la vision, entre les données à aligner. Lorsque les données sont multimodales, de telles similarités ne sont généralement pas présentes. Ceci n'empêche cependant pas l'œil humain d'établir des liens entre modalités et d'aligner les informations. L'objectif de ce projet, mené en collaboration avec le *Computer Vision Lab - ETH Zürich* est le développement de paradigmes et de méthodes permettant le recalage d'images multimodales sur la base éventuelle d'informations sémantiques contextuelles ou encore d'informations vagues sur la localisation des caméras. L'une des approches proposées concerne l'alignement d'images urbaines et le plan d'une ville : une sorte de GPS basé sur la vision par ordinateur. Des objets, tels que les voitures, le tram et des embarcations sont détectés et identifiés dans les images par un réseau de neurones profond alors que les routes, cours d'eau et autres voies ferrées sont identifiés directement sur le plan sémantique de la ville. Les contraintes sémantiques imposent que les voitures roulent sur des routes, les embarcations sont liées aux cours d'eau et le tram à la voie ferrées. Dès lors, le problème d'alignement de telles modalités devient un problème d'optimisation combinatoire où chaque instance est un problème d'optimisation de nature géométrique non convexe avec des contraintes sémantiques. Notre solution, publiée dans les actes de la conférence majeure *IEEE International Conference of Computer Vision*, est inspirée des avancées récentes en optimisation convexe de problèmes non convexes. Elle permet de résoudre le problème de façon à la fois déterministe, robuste (aux erreurs de reconnaissance d'objets) et globalement optimale par rapport à un coût d'alignement géométrique. Par ailleurs, nous avons montré, à travers une contribution à la prestigieuse revue *International Journal of Computer Vision*, que dans le cas du recalage impliquant des images et un scan 3D, l'alignement robuste et globalement optimal est possible dès lors que la scène considérée est structurée (telle que les scènes urbaines) : ni l'information sémantique ni des correspondances inter-modales préalables ne sont nécessaires.



Photographie de Zurich avec reconnaissance d'objets
Crédits photo : Computer Vision Lab, ETH Zurich



Alignement plan et photographie de Zurich
Crédits photo : Computer Vision Lab, ETH Zurich

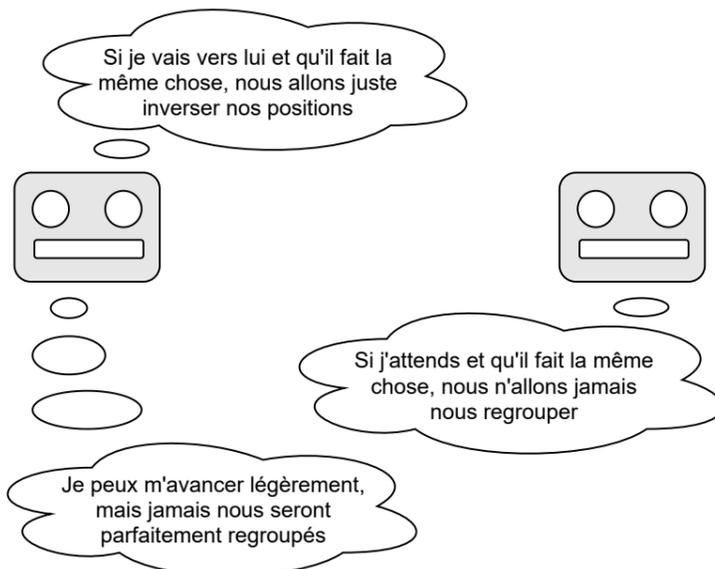
La robotique en essaim : une autre forme d'intelligence

La collaboration entre machines est à la base de l'informatique moderne. Elle a permis l'essor d'Internet, qui n'est autre qu'un réseau mondial où "collaborent" des machines indépendantes les unes des autres. Cependant cette collaboration se fait par l'intermédiaire d'infrastructures coûteuses et ce réseau est en fait géré par des machines particulières avec des rôles bien définis. L'algorithmique répartie s'intéresse en particulier à la capacité des machines à pouvoir collaborer sans l'aide d'une infrastructure existante et sans rôle prédéterminé. De telles machines pourraient s'auto-organiser, de telle sorte qu'un comportement de groupe émerge par lui-même. A la manière des fourmis pouvant collaborer sans même communiquer explicitement, des machines exécutant des règles simples pourraient ensemble résoudre des problèmes complexes. On appelle de tels systèmes des essaims de robots.

La recherche dans le domaine des essaims de robots s'intéresse principalement à comprendre quelles sont les tâches qu'ils peuvent effectuer et sous quelles conditions, c'est-à-dire, quels sont les comportements que l'on peut faire émerger à partir d'un groupe de robots, qui seuls ne peuvent presque rien faire. De manière équivalente, pour une tâche donnée, quel est le type de robot le plus simple qui, mis en groupe, peut la résoudre. Malgré

ses nombreuses applications, ce domaine de recherche, dont les objectifs sont centrés sur la recherche des hypothèses extrêmes (appelé "bornes"), peut ressembler à un jeu mathématique. Dans ce jeu, on souhaite délimiter l'espace des problèmes, séparant ceux qui sont théoriquement solvables et ceux qui ne le sont pas.

Un problème fondamental dans le domaine des essaims de robots est le rendez-vous. Dans ce jeu, deux robots se "réveillent" dans un champ, se regardent et doivent se déplacer afin de se rencontrer en un point qui n'a pas été déterminé par avance. La question que chaque robot se pose de manière individuelle est alors : "où dois-je aller?". Pour rendre ce jeu plus difficile, on peut supposer qu'ils n'ont pas de mémoire, qu'ils ne peuvent pas communiquer, qu'ils n'ont pas suffisamment d'énergie pour se déplacer sans s'arrêter (à chaque arrêt ils oublient tout ce qui s'est passé), qu'ils n'ont pas de boussole pour s'orienter et ne possédant rien qui permettrait de les différencier. Tout ce qu'ils peuvent faire c'est se voir et se déplacer. Ce qui est surprenant, c'est que dans de telles conditions, le jeu n'a pas de solution (voir figure ci-contre). Ce théorème d'impossibilité a été prouvé formellement par I. Suzuki et M. Yamashita en 1999 et a ouvert la voie au domaine des essaims de robots qui, aujourd'hui plus que jamais, passionne de nombreux chercheurs et chercheuses.



Deux robots ne peuvent pas se regrouper parfaitement sur le même point. Quel que soit le mouvement effectué, ils resteront séparés. En revanche, ils peuvent se rapprocher de manière arbitrairement proche.



Quentin Bramas

Equipe Réseaux

➤ **Quentin Bramas,**
Maître de Conférences

➤ **Anissa Lamani,**
Maître de Conférences

Contact : **Quentin Bramas**
bramas@unistra.fr

L'intelligence artificielle au service de la chirurgie



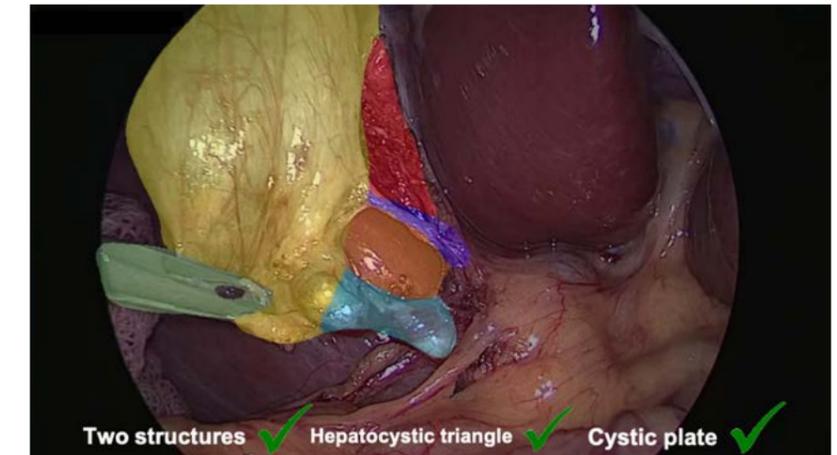
Equipe RDH (Robotics, Data science and Healthcare technologies)

➤ **Nicolas Padoy,**
Professeur des Universités

Fondateur du groupe de recherche
CAMMA et directeur de la recherche
en informatique à l'IHU Strasbourg.
Titulaire d'une chaire nationale en
Intelligence Artificielle attribuée
par l'ANR.

Contact :
npadoy@unistra.fr

Les blocs opératoires modernes regorgent de données sur les processus chirurgicaux permettant d'analyser les opérations et d'en améliorer l'efficacité et la sécurité. L'équipe du Professeur Padoy développe des méthodes d'apprentissage et de vision par ordinateur capables d'exploiter en temps réel ces données au sein d'une tour de contrôle des blocs opératoires dans le but d'assister l'équipe clinique et de faciliter les gestes chirurgicaux.



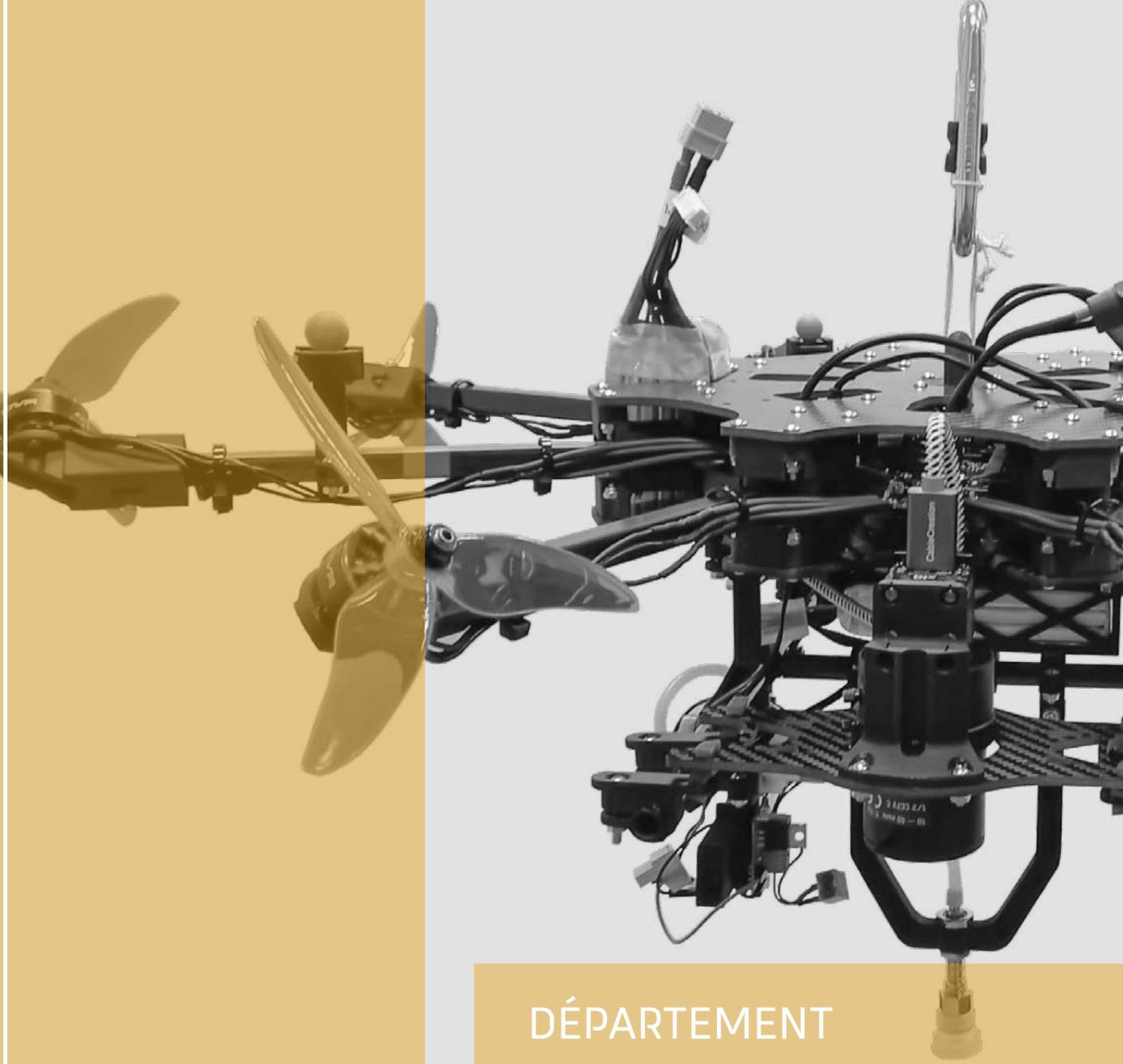
Segmentation automatique par l'IA des structures anatomiques et des instruments dans une image endoscopique afin d'évaluer la qualité de la réalisation d'une manœuvre de sécurité appelée vue critique de sécurité. Crédits : CAMMA/ICube.

Le bloc opératoire est un environnement de haute technologie qui fait intervenir des dispositifs médicaux, des systèmes d'information et des équipements d'imagerie, qui échangent, traitent ou affichent des signaux contenant des données clés sur le déroulé du processus chirurgical. L'équipe mixte CAMMA entre l'Université et l'IHU développe la nouvelle génération de bloc opératoire entièrement numérisé et piloté par les données pour des interventions mini-invasives personnalisées et sécurisées. Le cœur du système est une tour de contrôle automatisée qui exploite en temps réel par l'IA les données massives captées à partir du patient, des équipements et de l'environnement opératoire. L'équipe a développé des méthodes reposant sur l'apprentissage profond pour analyser les masses de vidéos disponibles, reconnaître automatiquement les étapes d'une opération, les actions des instruments, et vérifier la réalisation de manœuvres de sécurité. Cette recherche s'attaque à des verrous fondamentaux, tel que l'apprentissage automatique non supervisé ou semi-supervisé à partir de masses de données multimodales

faiblement annotées. Elle vise également à démontrer cliniquement les bénéfices des méthodes développées. Ainsi, le 25 novembre 2021, l'équipe a réalisé une première mondiale avec ses collaborateurs cliniques en déployant au bloc opératoire son système d'analyse vidéo piloté par l'IA. L'opération, une ablation mini-invasive de la vésicule biliaire réalisée par le Prof. Mutter, et son analyse par l'IA, ont été retransmises en direct depuis l'un des blocs de l'IHU sur les écrans de deux grands congrès de chirurgie à Rome et à Barcelone. L'analyse a notamment montré qu'il est possible d'évaluer en temps réel la qualité de la réalisation d'une étape importante de sécurité dans ce type de procédure, appelée vue critique de sécurité, recommandée par toutes les sociétés de chirurgie afin d'éviter les lésions des voies biliaires. Pour mener à bien ces recherches au plus haut niveau international dans un domaine en rapide expansion, l'équipe a obtenu de nombreux financements compétitifs et industriels. Elle s'appuie également sur de solides collaborations cliniques établies avec les Hôpitaux Universitaires, l'IRCAD et l'IHU.



Site groupe de
recherche CAMMA



DÉPARTEMENT

Ingénierie des Signaux et Systèmes

Présentation

Trois enseignants-chercheurs des équipes IMAGEs (Images, Modélisation, Apprentissage, Géométrie et Statistique), SMH (Systèmes et Microsystèmes Hétérogènes) et RDH (Robotics, Data science and Healthcare technologies) d'ICube, évoquent la diversité des applications possibles : observation de signaux astronomiques (page 19), système optique pour prévenir les infections (page 20) et développement d'un manipulateur aérien (page 21).

Détection et analyse de signaux faibles issus d'observations hyperspectrales astronomiques

Equipe IMAGEs
(Images, Modélisation, Apprentissage, Géométrie et statistique)

Thème Image Processing for Space and Earth Observation (IPSEO)

➤ **Christophe Collet, Professeur des Universités**

➤ **Mireille Louys, Maître de Conférences**

➤ **Vincent Mazet, Maître de Conférences**

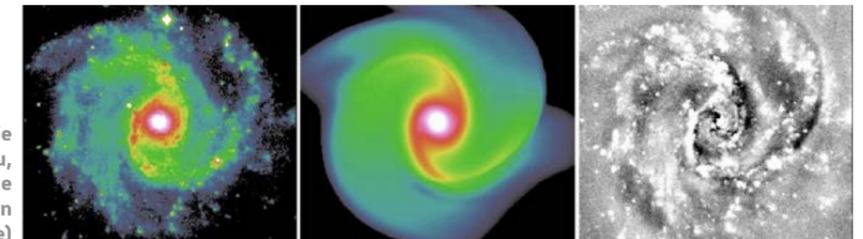
➤ **Fabien Salzenstein, Maître de Conférences**

Contact : Christophe Collet
c.collet@unistra.fr

L'observation de l'Univers s'appuie aujourd'hui sur des observations terrestres utilisant des télescopes s'affranchissant en partie des turbulences atmosphériques grâce à l'optique adaptative. Ces instruments permettent l'observation de l'Univers lointain grâce à l'imagerie hyperspectrale qui fournit des images spatialement et spectralement résolues sur plusieurs centaines de bandes spectrales simultanément.

En particulier l'instrument MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) unique en son genre, a été installé sur le Très Grand Télescope (VLT) en 2014. C'est un spectrographe 3D à grand champ de vue qui permet grâce à ses performances exceptionnelles d'explorer l'Univers lointain, c'est-à-dire de comprendre l'organisation de l'Univers à grande échelle.

Travail de recherche réalisé en partenariat avec le CRAL (Centre de Recherches en Astrologie de Lyon) et le GIPSA-lab (Grenoble) et l'OCA (Observatoire de la Côte d'Azur).



Caractérisation multibande de galaxies par hiérarchie de modèles (bulbe, disque, barre stellaire, anneau, halo, bras spiraux, barre de poussières, etc.). Image multibande observée (gauche), reconstruction (milieu), erreurs de reconstruction (droite)

La recherche du thème IPSEO a donc porté pendant une quinzaine d'années sur la détection d'objets étendus, le comportement spectral et la classification des galaxies, la caractérisation des raies d'émission dans les cubes radioastronomiques et la classification morphologique et spectrale des galaxies (PhD B. Perret). L'organisation hiérarchique de modèles, allant de la description des structures dominantes (bulbe et disque) aux composantes les plus fines (bras spiraux, anneaux, ...) a permis d'aboutir à une description des galaxies de haut niveau sémantique, chaque modèle réalisant une décomposition multibande de l'image en composantes astrophysiques interprétables par les astronomes. Des travaux ont été également menés en séparation de sources pour l'analyse Doppler de la cinématique de galaxies (PhD H. Mortada) avec des modèles d'analyse de séquences temporelles de spectres. L'arrivée de l'instrument MUSE a permis d'aborder le problème de fusion bayésienne optimale des cubes de données observés (PostDoc M. Petremand, O. Ahmad) ; puis de développer de nouveaux modèles markoviens dans un contexte d'analyse statistique bayésienne afin de détecter les filaments inter-galactiques. Il s'agit de structures à plus grande échelle, formées d'hydrogène et caractérisées par la raie d'émission de Lyman-alpha. Les filaments présentent des orientations marquées et hébergent potentiellement plusieurs galaxies, voire plusieurs amas de galaxie.

L'imagerie physique ainsi développée a pour originalité de prendre en compte dans les modèles de détection-segmentation-classification opérés sur les cubes de données hyperspectraux, les caractéristiques du télescope afin d'optimiser l'analyse algorithmique (PhD J.B. Courbot).

En astronomie et observation de l'Univers, face au gigantisme des données d'observation actuellement collectées, il est indispensable de développer des outils d'analyse et d'extraction d'information performants, robustes et rapides, compatibles avec les temps de traitement usuellement disponibles. Ainsi, au-delà de la nécessaire interopérabilité, outre les aspects grilles de données et grilles de calcul qui font l'objet de recherches actives, il convient également de développer des outils de traitement de données permettant la fusion et l'analyse de l'information recueillie par des systèmes hyperspectraux à différents moments d'observation, dans les règles de l'art en termes de traitement du signal et des images.

Ces objectifs sont ambitieux et ont fait l'objet de nombreuses interactions avec les astronomes, car les grandes dimensionnalités (spectrales, spatiales, temporelles, etc.) des espaces de représentation nécessitent d'aboutir à une description générique et parcimonieuse synthétisant de manière optimale au sens bayésien les différentes observations disponibles, par nature hétérogènes et complexes.

Les ingénieurs généralistes de TPS se spécialisent en Images, Signaux et Sciences des Données (ISSD), en Electronique et Systèmes Embarqués (ESE) ou en Ingénierie des Systèmes, Automatique et Vision (ISAV). Leur expertise porte sur :

➤ **les signaux**, sous forme analogique ou numérique, monodimensionnels ou multidimensionnels, représentant des données temporelles comme le son, spatiales comme l'image, ou spatio-temporelles comme la vidéo

➤ **et les systèmes** au sens d'un ensemble complexe et structuré de composants mécaniques, électroniques et informatiques en interaction permanente et assurant une fonction d'usage comme un robot, un système embarqué ou un circuit électronique

Détection optique en temps réel de pathogènes dans des solutions hydroalcooliques pour faciliter la prévention des infections



Morgan Madec

Equipe SMH (Systèmes et Microsystèmes Hétérogènes)

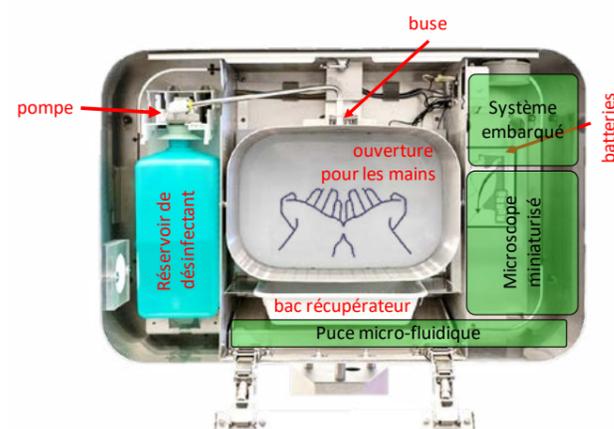
- Morgan Madec, Maître de Conférences
- Norbet Dumas, Maître de Conférences
- Paul Perronno, Doctorant
- Sofia Di Senia, Doctorante
- Guillaume Coindreau, Téo Nimeskern et Benoît Verreman (ingénieurs TPS)

Contact : Morgan Madec
morgan.madec@unistra.fr

La détection de pathogènes est une problématique majeure de santé publique. Tous les ans dans nos hôpitaux, des milliers de personnes décèdent de maladies nosocomiales (infections acquises lors d'un séjour hospitalier). Toutefois, il est établi qu'une bonne partie de ces infections seraient évitables. Il existe de nombreuses méthodes de détection et d'identification de pathogènes. Toutefois, elles requièrent pour la plupart du matériel spécifique ou une expertise particulière pour les mettre en œuvre.

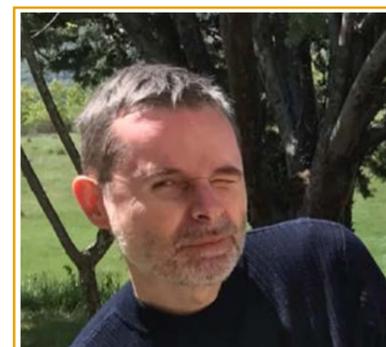
D'autre part, elles sont rarement en temps réel et ne s'intègrent pas facilement dans la routine des personnels hospitaliers. Le déploiement à large échelle de dispositifs de surveillance et d'alerte serait donc à la fois très coûteux et très chronophage pour les hôpitaux. Pour tenter de répondre à cette problématique, nous travaillons sur la mise au point d'un système de détection capable d'identifier en temps réel les bactéries résiduelles dans un échantillon de solution hydroalcoolique ayant servi à la désinfection des mains. Cette approche présente deux avantages. Premièrement, les études prouvent que les mains sont l'un des principaux vecteurs permettant aux pathogènes d'entrer dans l'hôpital et de provoquer des infections. Deuxièmement, le lavage des mains fait partie de la routine des personnels hospitaliers. De fait, il est possible d'avoir de très nombreux échantillons à analyser sans faire perdre de temps aux médecins, infirmiers ou aides-soignants.

Le système de détection présenté, combine imagerie et méthode d'apprentissage, deux dispositifs facilement intégrables. L'échantillon de solution hydroalcoolique est récupéré par un système microfluidique, puis passe devant un microscope. Les images acquises sont ensuite traitées pour identifier chaque objet sur l'image, puis quantifier la morphologie de ces objets (diamètre, surface, forme, concavité...). Puis ces données sont traitées par un algorithme de classification entraîné sur des images de test. Nous avons démontré l'efficacité de cet algorithme sur l'analyse de mélanges de bactéries, et notamment sa capacité à détecter, lorsque la composition du mélange est modifiée, par rapport à une composition standard. Ce travail constitue une première percée vers le développement d'un système intégrable dans les distributeurs de gel hydroalcoolique et capable de générer des alertes précoces en cas de risque infectieux.



Distributeur de gel

Projet dextAIR

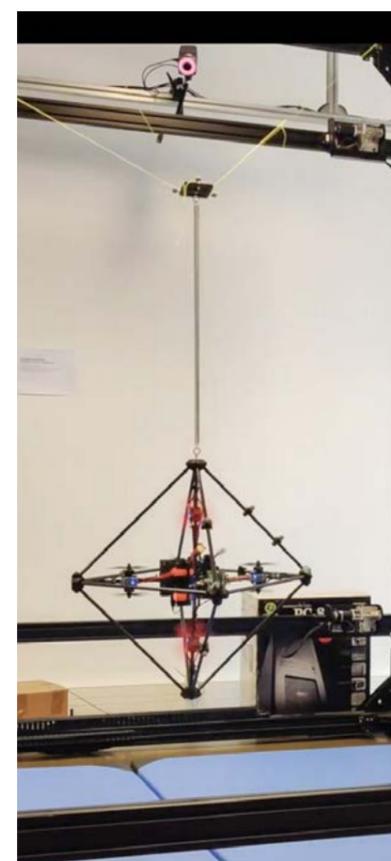


Jacques Gangloff

Equipe RDH (Robotics, Data science and Healthcare technologies)

- Jacques Gangloff, Professeur des Universités
- Loïc Cuvillon, Maître de Conférences
- Sylvain Durand, Maître de Conférences

Contact : Jacques Gangloff
jacques.gangloff@unistra.fr



Robot dextAIR v2 suspendu à un robot parallèle à câbles Haption 6D

Un manipulateur aérien est un robot mû par des propulseurs aériens (hélices, réacteurs...). Le projet dextAIR vise à développer un tel manipulateur ayant une dextérité et des performances dynamiques similaires à un robot industriel classique tout en ayant une structure mécanique beaucoup plus légère et donc un coût réduit. Ce projet vise donc un objectif de frugalité, c'est-à-dire concevoir un système permettant de faire aussi bien avec moins.

La contribution principale de dextAIR réside dans l'utilisation d'un ressort entre un robot porteur et le manipulateur aérien proprement dit. Ce ressort permet de découpler la dynamique lente du robot porteur de la dynamique rapide du manipulateur aérien. Le manipulateur aérien est doté de propulseurs qui permettent de réaliser des mouvements suivant 6 degrés de liberté. L'intérêt du robot porteur par rapport à un système composé uniquement d'un manipulateur aérien est de permettre une compensation de la gravité et donc de limiter drastiquement l'énergie consommée, les vibrations, le bruit et les perturbations aérodynamiques au niveau de l'outil.

Plusieurs prototypes ont été conçus au laboratoire durant la thèse d'Arda Yigit et plus récemment au début de la thèse de Miguel Arpa Perozo. Chaque itération a permis d'améliorer des faiblesses de la version précédente. La photo montre la version 2 du robot dextAIR avec son porteur de type INCA 6D de la société Haption, un robot parallèle à câbles. Le manipulateur aérien est doté de 12 propulseurs à hélice pour une masse totale légèrement inférieure à 2kg. Il permet d'atteindre des accélérations de l'ordre de 1g avec une répétabilité inférieure à 2mm et 0,5deg. Cette thématique de recherche, assez jeune au sein d'ICube, a déjà permis de produire de nombreuses publications de premier plan, contribuant ainsi à lui donner une visibilité nationale et internationale dans un domaine en plein essor.

L'agence nationale de la recherche vient de sélectionner deux projets visant à développer des champs applicatifs potentiels pour dextAIR, les projets STRAD et TIR4sTREEt. Ces projets financés respectivement à hauteur de 440k€ et 514k€ ont débuté en janvier 2022 pour une durée de 4 ans. Le projet STRAD porté par Jacques Gangloff vise à développer un manipulateur aérien capable de réaliser avec précision une fresque de street art de grande dimension. Le projet TIR4sTREEt vise à modéliser le climat urbain en utilisant notamment des capteurs portés par un manipulateur aérien de type dextAIR.



dextAIR : site



dextAIR : vidéo

DÉPARTEMENT

Physique

Le Département Physique propose aux ingénieurs généralistes de se spécialiser en :

➤ **Photonique** pour maîtriser les techniques d'émission, de propagation et de détection du rayonnement optique, en particulier celle du laser. De la simulation des phénomènes optiques au développement instrumental en passant par la conception optique, ces ingénieurs utilisent leur maîtrise des phénomènes physiques pour concevoir des solutions techniques innovantes

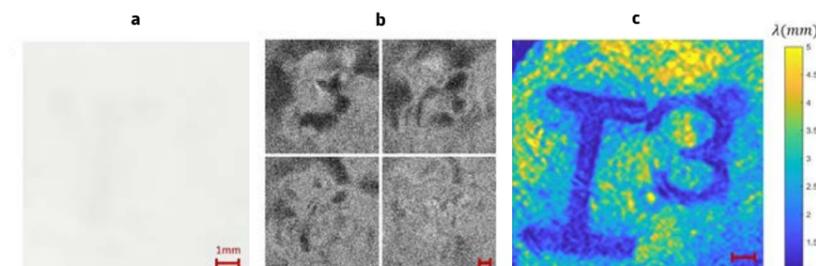
➤ **Physique et Modélisation** pour maîtriser un large champ de la Physique, de l'infiniment grand à l'infiniment petit (astrophysique / physique cellulaire / nanophysique / physique des rayonnements / physique subatomique) et les outils de simulation nécessaires à la modélisation multiphysique

Présentation

La formation s'adosse à des laboratoires strasbourgeois de renommée internationale : laboratoire ICube, Département d'Optique ultrarapide et de Nanophotonique (DON) de l'IPCMS (page 10), l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, l'Institut Charles Sadron, l'Institut de Science et d'Ingénierie Supramoléculaires, l'Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire et l'Observatoire de Strasbourg. Les articles suivants : système d'imagerie optique (page 23), vitres adaptatives photovoltaïques (page 24) et la transformation de photon en électron témoignent de la variété des thématiques de recherche (page 25).

Toucher avec les yeux : application à la détection précoce des lésions cancéreuses

L'objectif de ce projet est le développement d'une nouvelle approche permettant de faire de la palpation (mesure des propriétés mécaniques) des tissus biologiques à l'aide d'un système d'imagerie optique sans contact. La visée finale du projet est de pouvoir durant les opérations fournir au chirurgien des informations quantitatives sur la rigidité des tissus afin de l'aider dans son geste. L'approche que nous proposons est basée sur les travaux de corrélation de bruit développés en sismologie.



Résultat expérimental sur échantillon polymère. L'échantillon est optiquement homogène mais hétérogène d'un point de vue mécanique. Comme on l'observe sur la carte d'élasticité mesurée, l'échantillon possède une inclusion plus molle en forme de B.



Amir Nahas

Agathe Marmin

Equipe IPP (Instrumentation et Procédés Photoniques)

➤ Amir Nahas,
Maître de Conférences

➤ Agathe Marmin, Doctorante

Contact : Amir Nahas
amir.nahas@unistra.fr

Depuis son introduction en échographie ultrasonore, le contraste d'élastographie quantitative est devenu une modalité incontournable permettant l'observation en temps réel de la rigidité des tissus. En effet, les propriétés mécaniques des cellules et des tissus sont reliées à leur structure et leurs fonctions. Ainsi, un changement de ces propriétés peut refléter certaines pathologies et l'état de santé cellulaire. Malgré son succès et sa pertinence clinique, l'élastographie est encore peu utilisée durant les procédures chirurgicales notamment car l'échographie ultrasonore nécessite d'être en contact avec le patient.

C'est pour surmonter ces limitations que nous développons actuellement dans notre équipe l'élastographie passive par holographie numérique, qui est une méthode quantitative, en temps réel, peu encombrante et surtout totalement sans contact.

La méthode est basée sur le lien entre vitesse de propagation des ondes de cisaillement et rigidité dans les tissus. En effet, on peut montrer que la mesure locale de la vitesse de propagation de l'onde de cisaillement permet d'accéder localement à une mesure quantitative de la rigidité. On peut facilement s'en convaincre en se donnant une pichenette sur le ventre, selon la rigidité de votre ventre l'onde de cisaillement générée se propagera plus ou moins vite. Dans notre cas, pour se libérer de la contrainte de la génération de l'onde de cisaillement nous utilisons directement le bruit mécanique naturellement présent dans les tissus biologiques (pulsatilité cardiaque, etc.). A partir de la mesure du champ de bruit de cisaillement, la vitesse locale de propagation de l'onde de cisaillement est extraite grâce à des algorithmes de retournement temporel ou de corrélation de bruit initialement développé en sismologie.

Actuellement, la méthode et l'instrument ont été validés avec succès sur échantillon polymère et tissus ex-vivo. Les premiers résultats in-vivo sont en cours de publication.

Les travaux de thèse d'Agathe Marmin ont donné lieu à 2 publications internationales, 5 présentations en congrès internationaux et un dépôt de brevet en cours.

Vitres adaptatives photovoltaïques pour une meilleure efficacité énergétique des bâtiments



Fig. 1 / PSLM en état de veille (interrupteur ouvert) ou en fonctionnement (interrupteur fermé)



Equipe MaCEPV
(Matériaux pour composants électroniques et photovoltaïques)

➤ **Thomas Heiser,**
Professeur des Universités

Contact :
thomas.heiser@unistra.fr

Selon l'Observatoire du patrimoine immobilier de l'union européenne (UE), environ 40 % de la consommation d'énergie et 36 % des émissions de CO₂ dans l'UE sont dues aux bâtiments¹. Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments est de ce fait devenu l'une des priorités dans la lutte contre le réchauffement climatique. Le développement de vitres dites « adaptatives », c'est-à-dire dont la transparence peut s'adapter à l'intensité du rayonnement solaire, est l'un des moyens envisagés pour atteindre cet objectif. En effet, limiter le réchauffement des espaces intérieurs en été en diminuant la transmission des rayons infrarouges tout en maintenant un haut niveau de luminosité pendant les périodes moins ensoleillées, pourrait diminuer la consommation d'énergie pour la climatisation et l'éclairage. Les technologies existantes utilisent des matériaux dont l'absorption lumineuse est généralement modifiée par des phénomènes électrochimiques (dispositifs électrochromes), photochimiques (molécules photochromes), thermiques (matériaux thermochromes), ou électriques (cristaux liquides). Le déploiement à grande échelle de ces dispositifs reste cependant limité par un coût de fabrication trop élevé, une consommation en énergie excessive (cas de fenêtres électrochromes ou à cristaux liquides), des temps de réponses trop longues et l'absence de moyen de contrôle par l'utilisateur (photochromes, thermochromes).

C'est dans ce contexte que l'équipe de recherche MaCEPV (Matériaux pour Composants Electroniques et Photovoltaïques) du laboratoire ICube a proposé en 2017 un nouveau concept de verre adaptatif, nommé PSLM (pour « Photovoltaic Spatial Light Modulator »)², et mis au point un premier démonstrateur (fig. 1) dans le cadre d'un projet de valorisation financé par la SATT-CONNECTUS³. Le PSLM est un composant hybride à couches minces, composé d'un cristal liquide (CL) nématique en contact direct avec des films minces constitués de semiconducteurs organiques. Le principe de fonctionnement d'un PSLM repose sur l'aptitude des molécules CL à s'orienter dans la direction d'un champ électrique de faible amplitude et sur la capacité des semiconducteurs organiques à engendrer un champ électrique sous lumière (effet photovoltaïque). Le PSLM se comporte de fait comme une valve optique, similaire aux afficheurs à CL, intégrant un élément photovoltaïque qui joue le double rôle de générateur d'énergie et de couche d'alignement des molécules du CL. La transparence d'un PSLM s'adapte spontanément (en une fraction de seconde et sans apport d'énergie électrique) à l'intensité lumineuse ambiante. Sa réponse peut être mise en veille par un simple interrupteur électrique (fig. 1) et la distribution en longueur d'onde de sa réponse dépend pour l'essentiel du choix des matériaux utilisés. Ce dispositif bénéficie ainsi d'une combinaison unique de propriétés qui sont particulièrement intéressantes pour une application de type fenêtre adaptative : autonomie énergétique, réponse rapide, aisément contrôlable par l'utilisateur, choix des couleurs. Il reste néanmoins de nombreux aspects à améliorer avant qu'un développement industriel de cette technologie puisse être envisagé. Ainsi, c'est dans le cadre du projet ANR « PSLM », démarré en 2020 et porté par moi-même, que nous explorons différentes voies pour améliorer les performances des dispositifs PSLM⁴, telles que leur transparence dans le visible à l'état de veille (actuellement limitée à 30%), la sensibilité, la stabilité à long terme et la réponse spectrale dans le domaine de l'infrarouge.

1. Voir QR code ci-dessous 2. Heiser et al., « Liquid Crystal Spatial Light Modulator », US 2020/0233248 A1
3. Projet de maturation SATT CONNECTUS « VALOR » 4. Voir QR code ci-dessous

1
Site
Commission Européenne



4
Site Agence Nationale de la
recherche



Spectroscopie laser et matériaux moléculaires pour le développement durable



Stefan Haacke

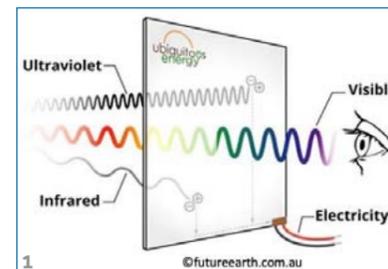
Equipe
BIODYN à l'IPCMS

Sous la direction de :

➤ **Stefan Haacke,**
Professeur des Universités
Département d'Optique ultra-
rapide et de nanophotonique
(IPCMS)

➤ **Jérémie Léonard**
Directeur de recherche (CNRS)

Contact : **Stefan Haacke**
haacke@unistra.fr



1. Principe d'une cellule solaire transparente

2. Un proto-type de cellule solaire optimisée en transparence et objet de nos études

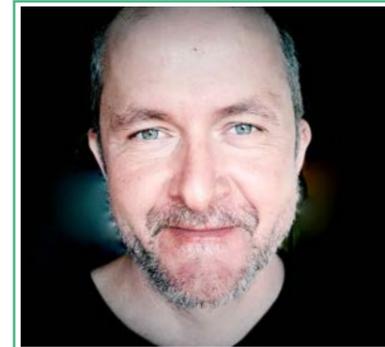
3. Equipement de spectroscopie femtoseconde

Inspirés par la photo-synthèse, les chimistes inventent et conçoivent depuis une trentaine d'années des molécules et des dispositifs pour la production d'énergie renouvelable à partir du rayonnement solaire. La spectroscopie laser dynamique, en particulier dans le régime femtoseconde, permet d'étudier ces molécules in opérando et d'évaluer leur rendement de conversion énergétique.

L'IPCMS (voir page 10) est le lieu par excellence pour ce sujet inter-disciplinaire qui réunit le savoir-faire de chimistes, pour la conception des molécules, et de physiciens, maîtrisant la spectroscopie laser de pointe. A travers de multiples collaborations financées, l'équipe BIODYN travaille depuis une dizaine d'années sur les matériaux moléculaires qui visent des applications dans les cellules solaires du futur ou pour la production d'hydrogène par photo-catalyse. Les cellules solaires flexibles « tout organique » ou les cellules de type Grätzel constituent une approche intéressante par rapport au silicium puisque leur production est beaucoup moins chère. Néanmoins, leur part de marché reste limitée, et elles excellent plutôt dans des applications spécifiques comme des cellules solaires transparentes. En effet, des molécules conçues par l'absorption de lumière infra-rouge proche, sont quasiment incolores (voir visuel). On pourrait donc recouvrir nos fenêtres de cellules solaires sans assombrir les pièces.

C'est l'objectif du projet ANR VISION-NIR dirigé par F. Sauvage (LRCS, Université d'Amiens-CNRS) qui a permis d'élaborer des prototypes de cellules de Grätzel avec les meilleures performances jamais obtenues combinant transparence et rendement énergétique (W. Naim, J. Am. Chem. Soc. Au, 2021). Dans le cadre de la thèse d'I. Nikolinakos, dirigée par S. Haacke (PREX, TPS), la spectroscopie femtoseconde est utilisée pour étudier les étapes initiales de production de courant : absorption de photons, transfert d'un électron vers un semi-conducteur nanoporeux de type TiO₂, formation de molécules positivement chargées. Les chercheurs constatent que la production d'électrons est limitée par un processus de perte d'énergie vers des agrégats de molécules. Ainsi, les rendements énergétiques restent limités à 4%, ce qui a amené les chercheurs à revoir la conception moléculaire. Les études en cours valident les nouvelles approches visant la production de courant par les agrégats aussi. Ainsi, in fine chaque photon absorbé pourrait produire un électron ; un rendement quantique maximal !

De nouveaux territoires pour la robotique médicale à Strasbourg



Equipe RDH
(Robotics, Data science
and Healthcare
technologies)

➤ Bernard Bayle,
Professeur des Universités

Contact :
bernard.bayle@unistra.fr



Maciej Bednarczyk, ingénieur de recherche, spécialiste en robotique, interagit avec un robot collaboratif pendant que des capteurs électromyographiques permettent d'analyser son activité musculaire, ceci afin d'adapter la commande du robot.
Crédit photo : Bernard Bayle, ICube, Télécom Physique Strasbourg

La recherche en robotique médicale a pris un essor considérable au laboratoire ICube au cours des 20 dernières années. Cette évolution trouve de nombreuses explications : une politique volontariste, une interdisciplinarité assumée et la création d'un cercle vertueux recrutement-financement-réseaux... sans oublier bien sûr des résultats scientifiques, projets et publications, marquants. Si notre équipe de recherche se positionne aujourd'hui au premier plan international, il ne fait aucun doute qu'un large pan de recherches à la rencontre de la robotique et de la santé reste inexploité dans nos activités. Aller découvrir ces sujets est pour moi à la fois une opportunité, une curiosité, mais aussi un réel enjeu pour les patients.

Robotique et santé

L'activité de mon équipe en robotique médicale est centrée sur l'assistance aux gestes. Je me suis, pour ma part, surtout intéressé à la robotique dite d'interaction, en contact physique avec le patient et le praticien. C'est le cas de la téléopération avec retour d'effort, qui permet au radiologue interventionnel une radioprotection efficace et la perception à distance de l'interaction des outils avec les tissus. La robotique collaborative (cobotique) est un autre exemple d'interaction physique homme-robot étudiée plus récemment, qui a l'avantage de laisser le praticien au plus près du patient. Ces techniques trouvent ainsi une importance grandissante en robotique manufacturière. Sans aller aussi loin du médical, je me suis toujours demandé pourquoi les robots n'étaient pas plus présents dans le domaine de la rééducation. A y regarder de plus près, une des raisons est sans doute que ce domaine médical est bien loin de recevoir l'attention et surtout les crédits mobilisés par la chirurgie. Pourtant, réhabiliter des personnes victimes d'AVC dans les premiers jours suivant leur accident augmenterait de manière très significative leurs chances de retrouver leurs capacités motrices ou de manipulation.

Un nouveau sujet à explorer

C'est donc dans cette optique que j'ai décidé d'amorcer un travail de recherche sur des systèmes robotiques d'assistance à la restauration des fonctions sensorimotrices, en visant la rééducation des membres supérieurs chez le patient hémiparétique. Démarrer une nouvelle thématique de recherche ne se fait pas toujours facilement. La crédibilité du travail dépend à la fois de son excellence académique, la sacro-sainte publication, mais aussi de son originalité ou de l'environnement des recherches. L'idée d'amorcer une recherche nouvelle et utile était un projet réjouissant, a fortiori en collaborant avec un collègue récemment recruté (Hassan Omran, Maître de Conférences à TPS) et un étudiant des plus brillants (Maciej Bednarczyk, TI Santé DTMI promotion 2017). Une thèse plus tard, les travaux menés et les rencontres nous amènent à poursuivre l'effort en direction des praticiens qui côtoient les patients au quotidien et des spécialistes de neuro-ingénierie. En espérant pouvoir parler de nos réussites dans quelques temps...

DÉPARTEMENT

Sciences et Technologies pour la Santé

Présentation

La recherche en robotique médicale (page 27), une solution d'aide au diagnostic dermatologique (page 28) et un projet d'exploration cérébrale (page 29) illustrent 3 aspects de ces thématiques.

Trois parcours forment des ingénieurs créatifs, experts de l'innovation R&D dans le monde de la Santé :

➤ **Ingénierie et Sciences Physiques du Vivant (ISPV)** articulé autour du génie biomédical, de la biomécanique et de l'imagerie médicale

➤ **Diagnostics et Traitements Médicaux Innovants (DTMI)** tourné vers la modélisation et la simulation, l'imagerie et la robotique médicales

➤ **Thérapeutiques Innovantes (TI)** appuyé sur les nanosciences, la microfluidique, les micro-systèmes hétérogènes dédiés santé ou les bio-systèmes innovants

Poladerme – Deep Skin Reading : la spectropolarimétrie combinée à l'IA et appliquée à la dermatologie



Jihad Zallat

Equipe

- Jihad Zallat, Professeur des Universités
- Christian Heinrich, Professeur des Universités
- et les chercheurs ICube/TRIO (Téledétection, Radiométrie et Imagerie Optique)

développent une technologie ultralégère, rapide et à faible coût d'aide au diagnostic des affections cutanées et de quantification de la vitalité de la peau.

Contact : Jihad Zallat
jihad.zallat@unistra.fr

Poladerme
Deep Skin Reading



Le système innovant Poladerme : une solution ergonomique, rapide et intelligente d'aide au diagnostic dermatologique.

Aujourd'hui, les outils disponibles pour aider au diagnostic dermatologique sont archaïques ou encombrants. Poladerme propose une solution rapide d'aide au diagnostic dermatologique fondée sur un système innovant combinant des techniques optiques à des algorithmes d'intelligence artificielle ainsi qu'une base de données inédite.

La spectropolarimétrie de Mueller permet de rendre compte de la manière dont la lumière interagit avec le tissu cutané. La signature polarimétrique spécifique des différentes structures des tissus se retrouve dans les images de Mueller obtenues à l'aide de ce modèle. Ainsi en utilisant des modèles statistiques globaux basés sur la théorie de la décision, le système Poladerme propose une classification de l'échantillon associée à un niveau de confiance.

Dans ce domaine, les travaux de Jihad Zallat, Christian Heinrich et les chercheurs de l'équipe ICube/TRIO ont donné naissance aux projets Polaris et Dermapol, soutenus par la SATT Conectus entre 2013 et 2021. Grâce aux fortes interactions avec l'INSERM et le service de dermatologie des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, ils ont atteint un seuil de maturité offrant la possibilité de transférer leur approche à l'industrie et d'envisager sa commercialisation. Cette technologie a été adoptée par la société ARCHOS et intégrée dans sa filiale Medical Devices Venture (MDV).

L'infrastructure technique et le réseau de contacts industriels de MDV ont accéléré la miniaturisation de la démonstration de faisabilité du dispositif Poladerme et ont mené rapidement à sa commercialisation. Cela a conduit à la création de la société Poladerme en 2021.

Notre dispositif utilise un système optique de pointe doté de cinq caméras munies de filtres de polarisation et de sources de lumière LED. En plus du mode dermoscopique standard, le dispositif permet d'imager la lésion en profondeur et en 3D pour permettre d'analyser la qualité du collagène, la vascularisation, l'état de surface ainsi que l'orientation des fibres.

Poladerme propose une nouvelle technologie utilisant la spectropolarimétrie, le machine learning et l'IA de manière disruptive, dont les applications, principalement d'ordre médical, intéressent également la cosmétologie.

Avec son équipe interdisciplinaire, Poladerme réalise l'union de la science et de la technologie au service de la dermatologie : plus de 15 ans de recherche en spectropolarimétrie au laboratoire ICube de l'Université de Strasbourg, associés à l'expérience en industrialisation et commercialisation de la société Medical Devices Venture, filiale d'ARCHOS.

Site POLADERME



DYNAMIC : étude de la connectivité fonctionnelle cérébrale au niveau du sujet unique

Equipe IMAGES
(Images, Modélisation, Apprentissage, Géométrie et Statistique)

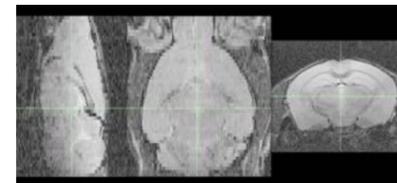
Ce projet a été financé par le GdR ISIS en 2019. Il réunit plusieurs membres de l'équipe IMAGES :

- Céline Meillier, Maître de Conférences
- Aurélie Leborgne, Maître de Conférences
- Argheesh Bhanot, Doctorant
- en collaboration avec des chercheurs grenoblois : Sophie Achard (LJK) et Guillaume Becq (Gipsa-lab).

Contact : Céline Meillier
meillier@unistra.fr



IRM 7T petit animal, plateforme IRIS du laboratoire ICube
Crédits photo : Jérôme Dorkel / Strasbourg Eurométropole

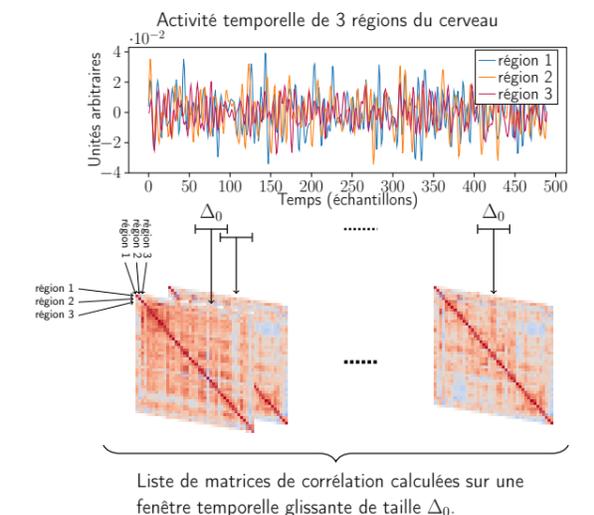


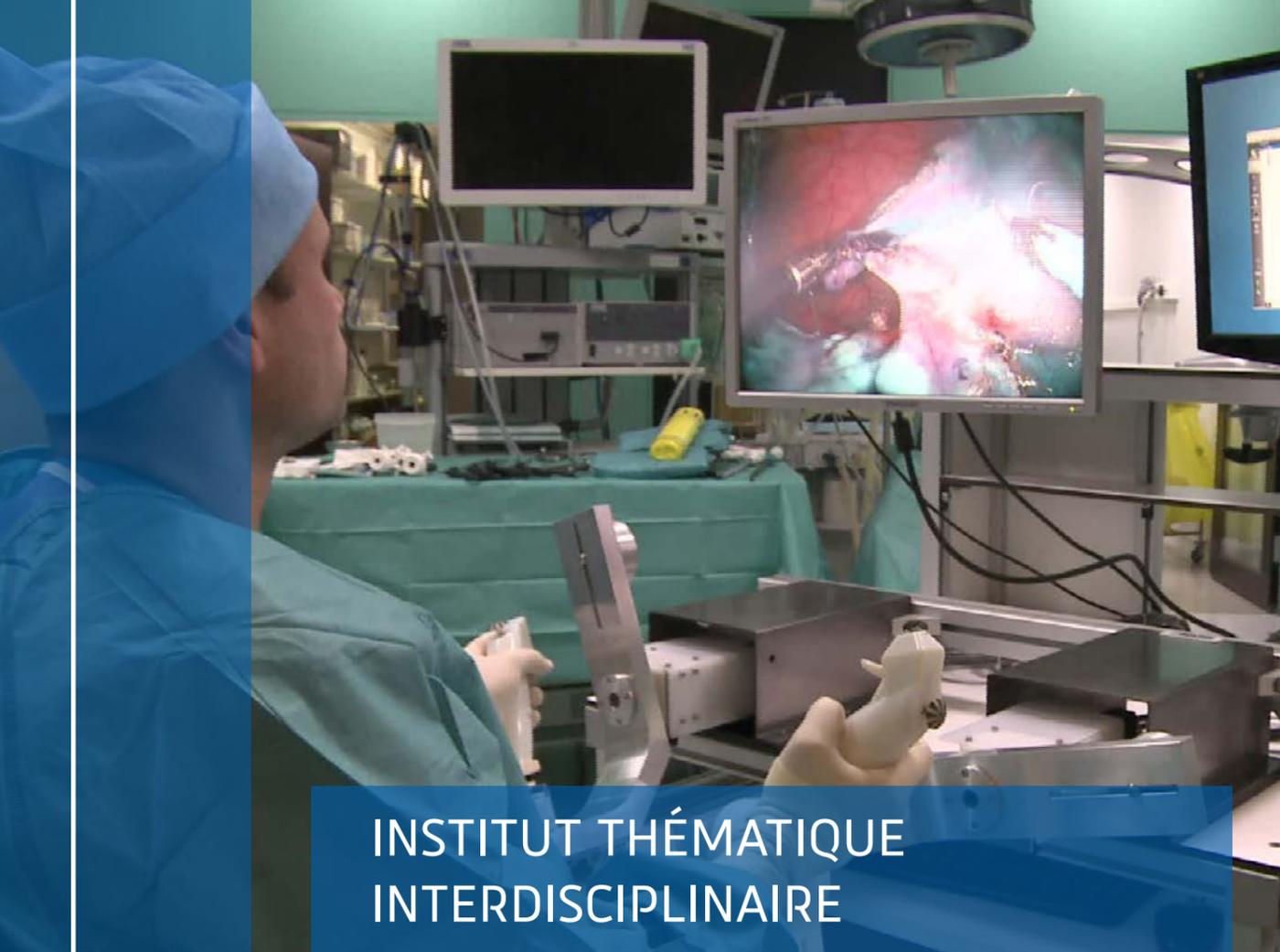
Acquisition IRM d'un cerveau de souris vu en coupe coronale (gauche), sagittale (centre) et transversale (droite). En IRMf, chaque voxel contient un signal temporel reflétant l'activité cérébrale de la zone concernée

La connectivité fonctionnelle est mesurée via une matrice de corrélation représentant la ressemblance des signaux des régions du cerveau prises deux à deux, sur un intervalle temporel de durée $\Delta 0$. Une fenêtre glissante est utilisée pour mesurer l'évolution de la connectivité au cours du temps

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) est la modalité privilégiée pour l'étude de la connectivité fonctionnelle cérébrale (CF). L'analyse des données IRMf permet d'identifier des régions cérébrales dont l'activité temporelle est fortement corrélée : ces régions forment les réseaux fonctionnels. Leur fonctionnement est impacté lors du développement de maladies neurodégénératives.

Dans la majorité des études autour de la CF, l'estimation des états cérébraux est réalisée au niveau d'un groupe d'individus dans le but de s'affranchir des différences inter-individus et n'extraire que des motifs de connectivité communs à tout le groupe. Or, du point de vue du patient, une médecine personnalisée est préférable, pour le traitement évidemment, mais également dans le suivi, voire même la détection et la caractérisation de la pathologie. Pour aller dans ce sens, il est primordial de développer des méthodes adaptées au sujet unique dans la caractérisation de l'évolution d'une pathologie. Les signaux IRMf au repos étant très bruités, le défi du travail sur sujet unique est de ne pas pouvoir utiliser la redondance d'information habituellement portée par le groupe et qui permet une amélioration du rapport signal sur bruit dans les estimations. Nous avons développé une méthode de démixage des décours temporels au niveau de l'individu (Bhanot, Meillier, Heitz & Harsan, Transactions in Image Processing, 2021), et dans le cadre du projet exploratoire DYNAMIC, nous proposons un modèle de décomposition parcimonieuse pour la dynamique spatio-temporelle de la CF chez le sujet unique.





INSTITUT THÉMATIQUE INTERDISCIPLINAIRE HealthTech

L'interdisciplinarité au service de l'innovation biomédicale

➔ Au sein d'un écosystème reconnu pour son excellence en ingénierie biomédicale, HealthTech soutient les projets de recherche collaboratifs et interdisciplinaires visant à amener au cœur des hôpitaux des concepts nés en laboratoire.

➔ En créant un parcours de Master porté par Télécom Physique Strasbourg, HealthTech inscrit également dans la durée la formation par la recherche dans nombre de domaines émergents.

Une recherche d'excellence en innovation biomédicale

Sous l'égide de l'Initiative d'excellence, les Instituts Thématiques Interdisciplinaires (ITI) sont au centre de la stratégie de restructuration du site universitaire strasbourgeois. L'ITI HealthTech vise à réduire les barrières entre formation et recherche et à renforcer la visibilité internationale du site dans le domaine de l'assistance aux gestes médicaux et chirurgicaux.

Des projets de recherche interdisciplinaires

HealthTech développe des programmes de recherche translationnelle ambitieux incluant aussi bien les dimensions scientifiques que les aspects socio-économiques et éthiques associés à l'innovation biomédicale. En lançant un premier appel à projets collaboratifs en mars 2021, HealthTech a cherché à renforcer les partenariats existants, mais surtout à initier de nouvelles collaborations. En 2021, HealthTech apporte ainsi un soutien financier à cinq projets de recherche interdisciplinaires à fort potentiel clinique.



Les Instituts thématiques interdisciplinaires
de l'Université de Strasbourg & Inserm
dans le cadre de l'Initiative d'excellence

Le projet porté par Daniel Baumgartner, Maître de Conférences à Télécom Physique Strasbourg, et Anne Charpiot, Professeure en Oto-Rhino-Laryngologie, spécialisée en chirurgie otologique aux Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, vise ainsi à mieux comprendre le fonctionnement physiopathologique du système de l'équilibre humain. En développant une modélisation numérique du vestibule de l'oreille interne humaine et en réalisant diverses simulations biomécaniques en situations normales et pathologiques, leur objectif est d'améliorer le diagnostic et le traitement des patients atteints de troubles de l'équilibre tels les vertiges et les instabilités.

En visant l'interdisciplinarité, HealthTech fait se côtoyer des recherches pouvant sembler très différentes les unes des autres. Loin de la biomécanique, le souci d'appréhender les Instituts Hospitalo-Universitaires (IHU) en tant que nouveaux paradigmes de fabrique d'innovation dans le secteur de la santé est au cœur du projet co-porté par Sophie Bollinger, chercheuse au BETA. « Ce projet a été réellement co-construit entre les chercheurs du BETA et l'équipe innovation de l'IHU, avec l'objectif de fournir une meilleure compréhension de la gestion d'un modèle d'IHU réussi », nous explique-t-elle.

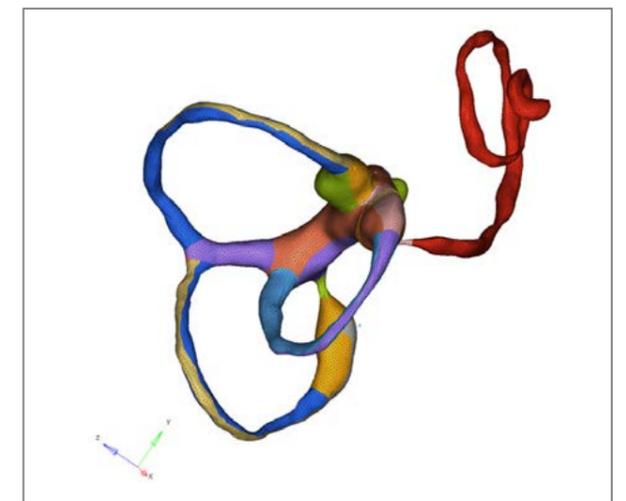
Un Institut tourné vers l'extérieur

Avec sa politique de soutien aux collaborations stratégiques, HealthTech favorise l'émergence de partenariats à l'échelle nationale et internationale. Simon Chatelin, Chargé de Recherche au CNRS, a ainsi saisi cette occasion pour développer un projet avec Sabine Bensamoun, Directrice de Recherche CNRS à l'Université Technologique de Compiègne. Leur projet vise à développer un modèle multi-échelle du muscle squelettique et étudier notamment l'influence de l'inhibition de l'expression du gène KLF10 sur la fonctionnalité musculaire. Mené en association avec la Mayo Clinic aux Etats-Unis et le Centre de Recherche sur l'Inflammation de l'Université Paris Diderot, « ce projet donne l'opportunité de jeter les bases entre ces différents acteurs, de recruter plusieurs étudiants et d'obtenir les résultats préliminaires essentiels pour l'établissement d'une plus large et plus longue collaboration, jusqu'à des perspectives cliniques », affirme Simon Chatelin. Dans ce contexte, « HealthTech a permis d'amorcer une collaboration essentielle et complémentaire entre ces laboratoires pour la mise en place de l'imagerie de muscles squelettiques in vivo par IRM au sein de la plateforme IRIS du laboratoire ICube », poursuit-il.

Promouvoir les opportunités de formation par la recherche

En 2021, ce sont également quatre projets doctoraux en co-direction qui ont été financés totalement ou partiellement par HealthTech. Un doctorant a ainsi été recruté sur le projet de « Tomographie optique et élastique des tissus biologiques in vivo », supervisé par trois chercheurs et chercheuses du laboratoire ICube et des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg. « Développer une approche à haute résolution pour mesurer les propriétés mécaniques de la peau suscite beaucoup d'intérêt, notamment en ce qui concerne le dépistage et le diagnostic de lésions pathologiques », nous explique Amir Nahas, Maître de Conférences à Télécom Physique Strasbourg, et co-encadrant de ce projet doctoral.

HealthTech a également mis en place un nouveau parcours de Master international au sein du Master IRIV (Imagerie, Robotique, Ingénierie pour le Vivant) porté par Télécom Physique Strasbourg. Dans ce cadre, pas moins de 14 projets de recherche ont été offerts aux étudiants boursiers de l'ITI suivant le parcours de Master 2 HealthTech. Se déroulant sur les deux semestres, ces projets couvrent une large gamme de problématiques, à la croisée de disciplines allant de la biomécanique à l'intelligence artificielle en passant par la robotique médicale. Ils permettront aux étudiants de bénéficier d'une formation de très haut niveau, fondée sur la recherche en laboratoire.



Modèle numérique du compartiment liquidien souple de l'oreille interne humaine. Crédits : Daniel Baumgartner, ICube



Bernard Bayle

Professeur des Universités
Coordinateur de l'Institut Thématique
Interdisciplinaire HealthTech

Contact :
bernard.bayle@unistra.fr

Manager de l'Institut Thématique
Interdisciplinaire HealthTech

Contact :
ggazzo@unistra.fr



Géraldine Gazzo

Site
ITI
HEALTHTECH



PLATEFORME D'INGÉNIERIE CRÉATIVE

FabLab@TPS

Organisation

➤ Dans le cadre des projets ingénieurs, l'utilisation des ressources FabLab est sous-tendue par l'adhésion à une convention spécifique. FabLab@TPS offre une large gamme de moyens de prototypage mécatronique et numérique répartis sur six salles thématiques.

➤ Les étudiants sont formés à l'utilisation des ressources par les enseignants de l'école et par des élèves ingénieurs référents dans les domaines concernés.

Le partage des fichiers non confidentiels au sein de la communauté s'effectue via une plateforme numérique sécurisée, les utilisateurs étant invités à mener une réflexion sur la propriété intellectuelle.

Présentation

Le FabLab@TPS est un laboratoire d'ingénierie créative en accès libre et contrôlé. Doté des derniers outils de développement de prototypes, ce lieu permet aux étudiants et aux enseignants chercheurs d'expérimenter, de se confronter à un mode de travail collaboratif et de valider une démarche créative. La communauté mutualise les savoir-faire et assure la pérennité des formations sur les équipements.

Un lien étroit avec les entreprises

Le FabLab@TPS est une réponse aux demandes des employeurs de favoriser les démarches « projets » dans les cursus de formation. Il contribue à la professionnalisation et à la responsabilisation des étudiants au travers de processus d'innovation collaboratifs. Les utilisateurs peuvent planifier leurs interventions, concevoir et fabriquer prototypes et preuves de concept constituant les livrables de leurs projets.

Domaines d'activité

La palette des domaines d'activité couvre l'ensemble des formations d'ingénieur et Master de Télécom Physique Strasbourg. Ainsi les thématiques abordées peuvent répondre à des besoins en sciences pour la santé, photonique, robotique, ingénierie des signaux, modélisation physique et applications dans le domaine du numérique.

Au travers des projets ingénieurs, les étudiants interagissent avec clients et fournisseurs aux profils diversifiés : Start up, TPE, laboratoires institutionnels ou encore grandes entreprises. Les échanges et les retours d'expériences sont les moteurs de la créativité et de l'innovation.

PLATEFORME D'INNOVATION

InnovLab@TPS

300 m² de technologies de pointe

➤ Structure unique sur Strasbourg, l'InnovLab@TPS est doté d'équipements de pointe permettant de faire cohabiter la robotique, l'Internet des Objets (IoT) et l'intelligence artificielle (IA), disciplines au cœur des révolutions industrielle et numérique, piliers technologiques de l'Industrie 4.0.

➤ Un investissement d'1 millions d'euros soutenu par la Région Grand-Est et l'Eurométropole de Strasbourg permettra d'ouvrir, d'ici fin 2022, cette plateforme de 300 m².

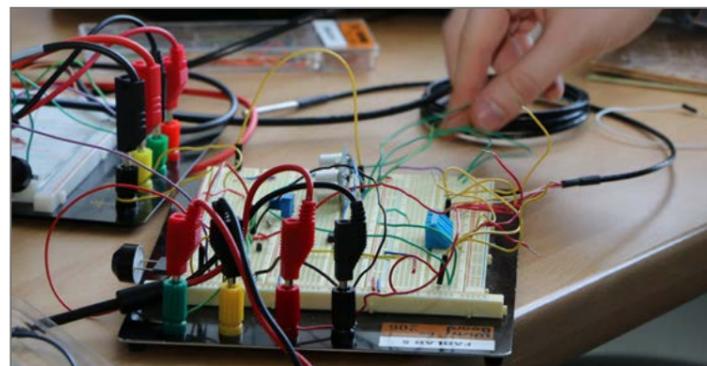
Innovation, collaboration et transdisciplinarité

L'InnovLab@TPS vise à favoriser l'innovation pédagogique, à inciter les élèves à l'entrepreneuriat et à renforcer le développement de compétences pluridisciplinaires, notamment à la frontière de l'IA, l'IoT et la robotique. Son agencement en îlots thématiques a été pensé pour favoriser l'innovation et la collaboration sur projets entre trois acteurs : les enseignants-chercheurs, le monde industriel et les élèves-ingénieurs. Des équipes formées d'étudiants de différents diplômes et parcours travailleront ensemble sur des projets pluridisciplinaires mettant en avant la collaboration Homme-Robot et Robot-Robot à travers l'IA et les objets connectés.

5 îlots thématiques et 2 espaces complémentaires

Robotique mobile ; robotique collaborative ; perception et vision ; interactions homme-robot ; IoT et cybersécurité auront leur îlot dédié. Les expérimentations de grande envergure s'effectueront dans un espace modulable de 50m². Une annexe de même surface accueillera un espace de vol de drones en intérieur.

L'InnovLab sera géré par un Lab Manager et disposera de ressources propres à chaque îlot (terminaux de calcul, plateformes mobiles, capteurs visuels, bras robotisés, robots conversationnels, robots de service, matériel pour l'IoT, etc.) et de ressources communes. Un robot de téléprésence, commandé à distance, permettra une présence virtuelle de tuteurs, industriels et intervenants externes. Des nœuds de calcul haute performance, déportés et hébergés par le Centre de Calcul de l'université de Strasbourg, serviront à entraîner les modèles les plus complexes de nos partenaires industriels à travers les projets ingénieur et des projets d'innovation. Par ailleurs, l'espace d'expérimentation et l'espace de vol des drones seront équipés de systèmes de suivi optiques de type OptiTrack et de réseaux de caméras pour la capture synchronisée d'images et de vidéos.



Professeur Agrégé
Responsable du
FabLab@TPS

Contact :
tps-fablab@unistra.fr



Site
FabLab@
TPS

Baptiste Gomes



Maître de conférences
Responsable de
InnovLab@TPS

Contact :
habet@unistra.fr

Adlane Habet

CHAIRE INDUSTRIELLE

Science des Données et Intelligence Artificielle

Les principaux enjeux de la recherche en science des données

- **La fouille de données :** extraction d'informations pertinentes à partir de données massives
- **L'apprentissage profond « Deep Learning » :** apprentissage automatique, notamment par le biais de réseaux de neurones artificiels permettant l'analyse des données massives et la prise de décision
- **L'exploitation des données massives complexes et hétérogènes**

La production et l'exploitation des données : un enjeu majeur de la société numérique

Depuis quelques années, l'augmentation significative du volume et de la vitesse de transmission des **données** est favorisée par l'importante **numérisation** de la société : Web, internet des objets, usine 4.0, smart cities, etc. Cette production massive des données aboutit aujourd'hui à l'émergence de la science des données et au développement de l'Intelligence Artificielle ou augmentée.

L'exploitation du potentiel des Big Data par l'intelligence artificielle révolutionne de nombreux **secteurs d'activités de l'assurance à la santé en passant par l'industrie**, que ce soit pour détecter et prévenir des épidémies, permettre une maintenance prévisionnelle en milieu industriel ou prendre une décision en environnement incertain.

Pour répondre aux besoins industriels en pleine mutation, pour que le monde économique puisse exploiter pleinement cette révolution, il faut repenser les usages, former des **ingénieurs spécialisés** (data scientists) et s'appuyer sur des équipes de chercheurs pluridisciplinaires à visibilité internationale et ouverts aux attentes du monde industriel.

Une Chaire pour répondre aux défis de l'intelligence artificielle et de la science des données

À l'**Université de Strasbourg**, la science des données et l'intelligence artificielle (SDIA) occupent une place majeure en formation et en recherche, à Télécom Physique Strasbourg (TPS) et au sein du laboratoire ICube

Télécom Physique Strasbourg forme les data scientists de demain

La formation d'ingénieurs de haut niveau scientifique aux dernières technologies incluant notamment l'analyse de données massives, l'intelligence artificielle, la cybersécurité, est le champ d'expertise reconnu de TPS. Son cursus ingénieur en science des données et en intelligence artificielle (SDIA) au sein de son département Informatique et Réseaux, positionne l'École en acteur incontournable dans ce domaine. Son exigence d'excellence est soulignée par un recrutement des élèves-ingénieurs sur le concours Mines Télécom. Accompagnée par les entreprises, cette filière vise à apporter une réponse adaptée et agile aux besoins industriels et aux problématiques de la transition numérique.

ICube, laboratoire d'excellence en sciences des données

La chaire est adossée pour la partie recherche au laboratoire ICube (pages 8 et 9), de renommée internationale, à l'interface de l'ingénierie et des sciences de l'information, laboratoire auquel appartient la majorité des enseignants-chercheurs de TPS. ICube mène des recherches dans de nombreux domaines, notamment les réseaux et leur sécurité, l'internet des objets, l'informatique, le traitement du signal et des images, le calcul scientifique haute performance, le cloud computing, la fouille de données, l'intelligence artificielle, l'optimisation stochastique et les systèmes complexes.



Titulaire de la Chaire Industrielle SDIA

Contact :
lampert@unistra.fr



Site Chaire SDIA

Thomas Lampert

Une chaire industrielle, fer de lance en science des données et en intelligence artificielle à l'Université de Strasbourg

La Chaire renforce le cursus SDIA de Télécom Physique Strasbourg et constitue un trait d'union entre les mondes économique et universitaire grâce au recrutement en 2020 d'un chercheur de renommée internationale, expert en science des données et intelligence artificielle, en capacité de mener une recherche de pointe en lien avec les applications industrielles.

Le Dr Thomas Lampert, titulaire de cette chaire est également impliqué dans l'élaboration des programmes d'une formation exigeante et anime le réseau d'entreprises mécènes à travers des conférences, modules de formation continue, tutorat de projets ingénieurs... L'équipe constituée autour de la Chaire par un Ingénieur et 3 Doctorants se concentre sur la recherche de méthodes innovantes et originales pour l'apprentissage de représentations multi-modèles en utilisant l'apprentissage profond.

Une chaire industrielle bâtie en partenariat avec les entreprises

Avec le concours de la Fondation de l'Université de Strasbourg, cette chaire est financée durant 5 ans, grâce au mécénat de six entreprises partenaires : Crédit Mutuel-Euro information, Heppner, Hagergroup, Electricité de Strasbourg (ES), 2CRSI et Socomec.

Un bel exemple de partenariat réussi entre TPS et les entreprises du territoire.





Crédits photo : Catherine Wenger / TPS

Devenir
mécène
de TPS



Université
de Strasbourg

Partenaire stratégique
Institut Mines-Télécom



Responsable de la publication :
Christophe Collet

Maquette et graphisme :
Catherine Wenger

Impression : 1200 exemplaires

 **École d'ingénieurs**
Télécom Physique Strasbourg

300 Boulevard Sébastien Brant
Parc d'Innovation - Pôle API
CS 10413
F-67412 ILLKIRCH
www.telecom-physique.fr