

Accompagner la transformation numérique au service de l'industrie du futur

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2021-2022

Ce document
est interactif



Sommaire



Édito p.03

Qui sommes-nous ? p.04

Chiffres clés 2021 p.05

Faits marquants p.06

Focus 5G p.08

**Accélérer l'industrie du futur
par la recherche et l'innovation** p.12 à 18

- 1) Une politique scientifique pro-active p.12
- 2) Des projets d'innovation et de transformation p.15
- 3) Des plateformes technologiques au service de l'innovation des entreprises p.18

Le réseau Carnot p.20

L'équipe Carnot TSN p.21

Mobilisés pour l'avenir des télécommunications

Vers toujours plus de connectivité

La pandémie de Covid-19 a sensibilisé le public et les entreprises à la nécessité d'une connectivité avancée. Sans cette connectivité, de nombreuses administrations, entreprises et établissements d'enseignement n'auraient pas pu continuer à fonctionner. En outre, la pandémie a mis en lumière l'énorme potentiel de connectivité pour l'avenir de notre économie. Dans ce contexte, la 5G, nouveau standard pour la téléphonie mobile, est déployée en France à partir de novembre 2020. Elle constitue une révolution technologique en matière de débit, de temps de latence, d'usages et de capacité. La 5G et la prochaine 6G (que nous désignerons par 5.xG) joueront, en effet, un rôle clé pour atteindre l'un des points essentiels d'une connectivité sans couture : des infrastructures numériques sûres, performantes et durables. Cette révolution est soutenue par ailleurs par de grands programmes étatiques : stratégie européenne 5G, stratégie d'accélération 5G de la France, notamment. Ces stratégies visent à assurer le développement d'écosystèmes industriels 5.xG par des investissements pilotes ambitieux offrant de nombreux usages des technologies pour de vastes opportunités de marché concernant la transformation industrielle, la mobilité et les transports, les nouvelles formes d'administration, de gestion et d'organisation des entreprises et administrations, d'enseignement, notamment.

“

La 5G et la prochaine 6G joueront, en effet, un rôle clé pour atteindre des infrastructures numériques sûres, performantes et durables.

Le rôle primordial de la R&D

Dans le cadre de ces stratégies, la R&D joue un rôle majeur. Il faut en moyenne dix ans pour lancer une nouvelle génération dans les télécommunications mobiles. La 2G avait ainsi été lancée en 1991, la 3G est arrivée un peu après 2000 et la 4G a été déployée en 2009. On peut donc imaginer atteindre la 6G vers 2030. Les grands players s'y préparent pourtant dès maintenant afin de mettre au point les technologies, prévoir les nouveaux usages et élaborer les équipements. Citons à ce propos les grands programmes allemand, américain (avec notamment l'importante initiative de plusieurs milliards de dollars de l'*Alliance for Telecommunications Industry Solutions*), chinois et coréen. Sont convoquées dans ces divers plans, des avancées scientifiques et technologiques à développer dans les principaux domaines suivants :



- **Technologies et équipements** permettant d'atteindre des débits allant jusqu'à 100 gigabits par seconde, soit dix fois plus rapides qu'aujourd'hui, avec un temps de latence inférieur à la milliseconde ;
- **Architecture et orchestration de réseaux**, en veillant à l'articulation entre le classique réseau historique et la multiplication des réseaux privés, multiplication autorisée par les technologies de slicing ;
- **Réseau de confiance** avec l'amélioration fondamentale de la disponibilité et de la fiabilité du réseau, le renforcement de la sécurité et de la confidentialité ;
- **Intégration de l'intelligence artificielle**, dans les technologies d'orchestration des réseaux (public et privés), comme dans les usages (maintenance prédictive, etc.) ;
- **Technologies plus économes en énergie.**

Le « Carnot TSN » aux avant-postes

Les laboratoires de l'Institut Carnot Télécom & Société numérique sont très fortement impliqués dans la préparation de ces avancées ; en témoignent les contributions recensées dans ce rapport d'activité. Ces contributions s'inscrivent dans le contexte d'un écosystème composé d'équipementiers, d'opérateurs télécoms, d'universités, d'industriels, etc. qui travaillent en collaboration, afin d'aboutir à une norme commune. Cela n'aurait en effet aucun sens d'avoir un standard incompatible entre les pays. Or, si nous souhaitons une norme compatible avec les intérêts européens, il convient de développer d'une part une programmation « écosystémique » de la R&D partenariale et d'autre part des actions conjointes recherche-industrie en comités de normalisation (3GPP, IUT, ETSI, etc.), traduisant et supporté par un intérêt commun public/privé stable dans le temps, compatible avec le délai de développement d'une norme européenne souveraine. De tels écosystèmes existent à l'étranger. En France, cet écosystème reste à conforter dans le contexte de l'action de l'État et de ses initiatives (Stratégie d'accélération 5G, Conseil Stratégique de Filière « InfraNum », France 2030, ...). La recherche partenariale des laboratoires de l'Institut Carnot Télécom & Société numérique constitue une force pour cet écosystème. **Gageons que cette force soit utilisée à bon escient : nos chercheurs sont prêts et les résultats de leurs travaux sont significatifs ; depuis longtemps !**

Christian Picory-Donné

Directeur de l'Institut Carnot Télécom & Société numérique, Directeur de la Recherche Partenariale et de la Valorisation de l'IMT

CARNOT TÉLÉCOM & SOCIÉTÉ NUMÉRIQUE

Premier partenaire public R&D spécialisé dans le numérique en France

Télécom & Société numérique constitue le premier Carnot en sciences et technologies du numérique au niveau national. Il propose une recherche de pointe et des solutions intégrées à des problématiques technologiques complexes induites par les transformations du tissu productif français.

Acteur majeur de la R&D et de l'innovation numérique, le Carnot TSN facilite l'accès des entreprises aux compétences des laboratoires de recherche publics, grâce à une offre de recherche structurée et ciblée, facile à mettre en place, et adaptée aux besoins de chaque entreprise.

Grâce à ses équipes de recherche et à ses plateformes technologiques, l'institut Carnot Télécom & Société numérique accompagne les entreprises de toute taille sur les implications techniques, économiques et sociales de la transition numérique.

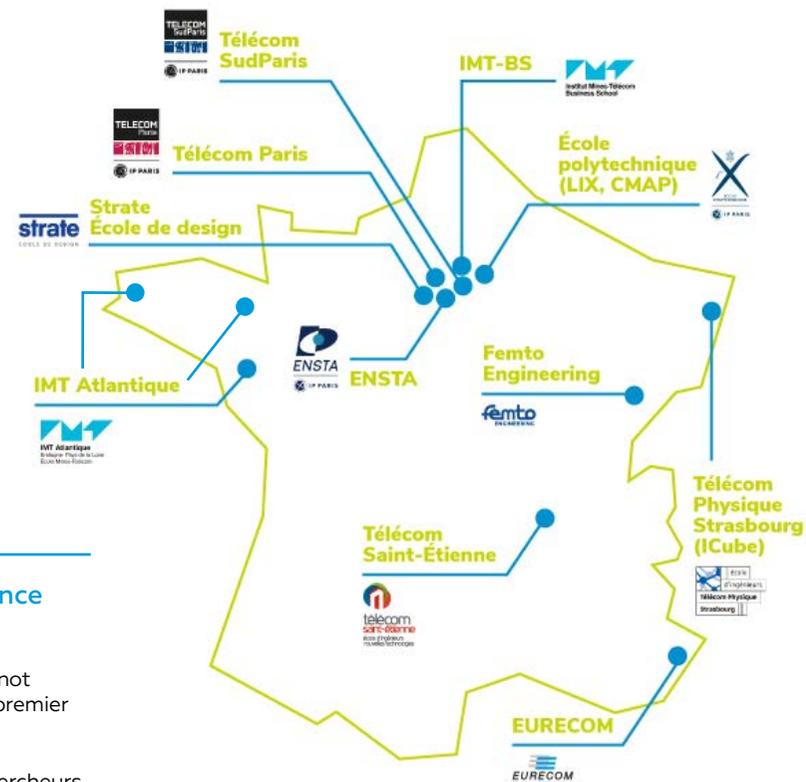
Un réseau national ancré sur tout le territoire

Accélérateur de la transformation numérique

Le Carnot Télécom & Société numérique fédère les laboratoires et les équipes de recherche de 11 établissements de recherche d'excellence : **un réseau de composantes développé avec un fort ancrage territorial facilitant l'accès aux entreprises.**

Le Carnot TSN, un gage d'excellence dans la recherche partenariale

Labellisé Carnot depuis 2006, l'Institut Carnot Télécom & Société numérique constitue le premier institut Carnot « Sciences et technologies de l'information et de la communication » d'ampleur nationale. Avec près de 1 600 chercheurs, il se concentre sur les implications techniques, économiques et sociales de la transition numérique. En 2021, le label était renouvelé pour la cinquième fois consécutive, démontrant ainsi la qualité des recherches et innovations produites par les collaborations entre chercheurs et entreprises.



 Découvrez le Carnot TSN en vidéo
→ <https://bit.ly/3xZHtuD>

Nos domaines d'expertise scientifique et technique

pour accompagner les entreprises de toute taille sur tous les enjeux de la transition numérique

Retrouvez nos expertises en détails sur <https://bit.ly/3Cm8afz>



Réseaux & internet des objets



Big Data & IA



Cybersécurité



Industrie du futur



Smart City



Mobilité intelligente



Environnement



Système Énergétique



Santé numérique

Chiffres clés 2021

NOS FORCES VIVES



LABORATOIRES DES COMPOSANTES

- 12 entités composantes
- 24 laboratoires communs avec les entreprises
- 58 chaires industrielles
- 73 plateformes technologiques



PRODUCTION SCIENTIFIQUE



INNOVATION ET TRANSFERT

- 107 nouveaux brevets prioritaires et logiciels déposés en 2021
- 107 inventions déclarées
- 45 sociétés créées dans l'année

DONNÉES ÉCONOMIQUES

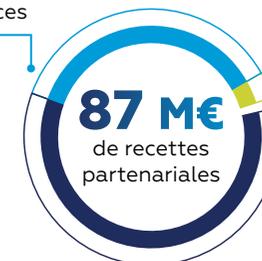
Budget consolidé recherche

106 M€

Recettes recherche partenariale

30 M€
de recettes sur contrats financés pour les agences

3 M€
de transfert technologique



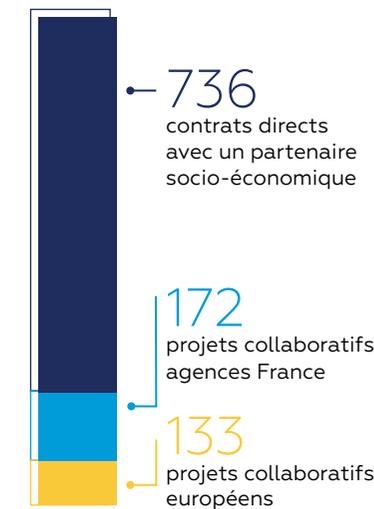
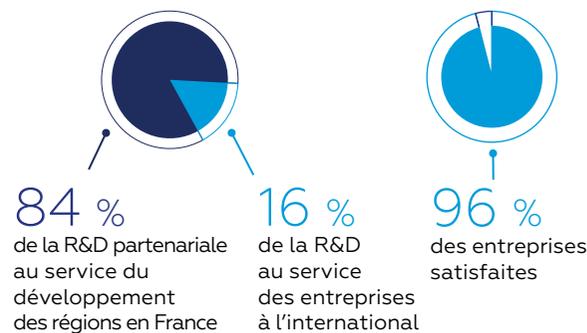
54 M€
de recettes sur contrats directs avec les entreprises

PROJETS ET PARTENARIATS

Plus de 1 075 entreprises accompagnées dans leurs projets de recherche et d'innovation.

Le Carnot Télécom & Société numérique s'investit dans une activité intense de recherche contractuelle bilatérale avec l'industrie et initie un nombre de contrats de R&D en croissance chaque année.

1 041 contrats ont été signés



365 j

au cœur du Carnot TSN

2021

UPSIZING : micro-fabrication et valorisation industrielle

Mené en 2021 au sein de la plateforme MIMENTO (Microfabrication pour la Mécanique, les Nanosciences, la Thermique et l'Optique) de l'institut FEMTO-ST, ce projet de recherche technologique a permis de développer des procédés de micro-fabrication (photolithographie, gravure, métallisation et collage). Ces travaux menés sur les briques technologiques essentielles à la fabrication de microsystèmes opto-électromécaniques (MEMS/MOEMS) ont déjà porté leurs fruits. Une démonstration de faisabilité comprenant la réalisation d'un premier prototype a ainsi été réalisée pour un industriel du domaine de l'analyse de l'eau (montant total du contrat 48 k€).



JUILLET 2021

Bubblerran

La startup BubbleRan, est créée pour répondre au développement du marché du déploiement de réseaux privés 5G en OAI Open Software. Installée à Nice/Sophia-Antipolis, elle est lauréate du trophée innovation 2021 du Pôle SCS, et lauréate d'un projet Geo 5G du plan d'accélération 5G.



JUILLET 2021

lCube et les collectivités au service de la ville durable

L'urbanisation croissante et le changement climatique conduisent à l'émergence de microclimats urbains. Dans ce contexte, la thèse CIFRE réalisée par Nathalia Philipps au sein du laboratoire lCube (Université de Strasbourg), de la ville de Strasbourg et de l'Eurométropole, exploite la modélisation numérique et l'instrumentation pour identifier la façon dont la géométrie urbaine et la végétation permettent de réduire les îlots de chaleur à Strasbourg. Cette thèse s'inscrit pleinement dans l'action menée par le Carnot TSN dans le domaine de la durabilité des environnements urbains.



MAI 2021

FireCell, une offre de réseaux privés 5G Open Source pour l'industrie 4.0

Instigateur d'Open Air Interface (OAI), la première communauté open source dédiée aux réseaux 4 et 5 G, EURECOM est partenaire de la startup Firecell, qui aide les PMI à se doter de réseaux privés 5G afin de bénéficier des apports de l'industrie 4.0. La société née sous les auspices du Raisin Startup Studio intègre également le programme d'accélération Alchemist Accelerator (US).



JUILLET 2021

Chercheuses à l'honneur

Deux chercheuses affiliées à l'IMT ont été nommées au grade de chevalier de la Légion d'Honneur. Pr. Catherine Douillard, pour l'ensemble de ses travaux sur les systèmes de télécommunications sans fil menés depuis 30 ans chez IMT Atlantique et au Lab-STICC (Laboratoire des sciences et techniques de l'information, de la communication et de la connaissance). Elle a notamment contribué au Turbo Code, nom générique d'un code correcteur imaginé dans les années 90. Intégré aujourd'hui à de multiples standards, il est implémenté dans des milliards d'appareils mobiles ainsi que dans les sondes spatiales de la NASA et de l'ESA. Son équipe et elle travaillent également sur la TNT de deuxième génération.

Pr. Isabelle Bloch travaille au sein du LTCI (équipe IMAGES) sur la modélisation mathématique des relations spatiales, avec pour objectif d'aider à l'interprétation des images. Ce raisonnement spatial, développé à l'aide de méthodes algébriques essentiellement, a de nombreuses applications, principalement dans l'imagerie médicale, avec notamment l'aide au diagnostic et à la planification chirurgicale, mais également dans le champ expérimental de la visualisation de la musique, qu'elle explore avec l'IRCAM.

2021/2022

FEMTO Engineering : innovation et usinage du verre

La collaboration entre FEMTO Engineering et un industriel américain sur l'interaction laser-matière se poursuit avec le développement d'une nouvelle technique de microscopie permettant de comprendre la formation de vides à l'intérieur du verre après illumination par des impulsions de faisceaux de Bessel (contrat annuel de 200 k€).



OCTOBRE 2021

Poladerme, l'innovation pour la dermatologie

Issue de travaux portant sur la spectropolarimétrie, le traitement et l'analyse d'images réalisés par les professeurs Jihad Zallat et Christian Heinrich au sein du laboratoire Icube, la société Poladerme est créée par Medical Devices Venture, filiale d'Archos. Forte de ses collaborations avec l'Inserm et le service de dermatologie des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, la nouvelle société développe une solution non invasive d'aide au diagnostic, fondée sur un système optique innovant et des algorithmes d'intelligence artificielle permettant d'analyser en profondeur les tissus et d'évaluer l'état de santé de la peau.

NOVEMBRE 2021

IMT-BS : financement de PROPEOS

Nicolas Soulié et Grazia Cecere de l'Institut Mines-Télécom Business School (IMT-BS) remportent un financement ANR pour le Projet PROPEOS, en coopération avec le CEA-LIST, ACC ACCOR, IND INDENOI SAS / Siège et le LIG (Laboratoire d'Informatique de Grenoble). PROPEOS proposera des algorithmes de personnalisation innovants donnant un rôle central à la vie privée, la transparence et la confiance. Le projet exploite une forte expertise en économie du numérique, apprentissage automatique, protection de la vie privée, analyse des médias sociaux et applications de recherche d'information et recommandation. Les résultats scientifiques seront validés dans deux scénarios applicatifs liés au tourisme et à l'e-commerce durable.



2022

FÉVRIER 2022

Lancement du Campus cyber

Situé à Puteaux, l'établissement rassemble industriels, startups, services de l'État, associations et acteurs de la recherche autour de la cybersécurité. L'objectif est double, d'une part créer une vitrine des solutions françaises ; d'autre part favoriser les échanges et la coopération afin d'innover. Acteur de la première heure du domaine, aussi bien en formation qu'en recherche et innovation, l'Institut Mines-Télécom est appelé à y jouer un rôle actif avec ses 120 enseignants-chercheurs experts regroupés au sein de la thématique de recherche « risque & cybersécurité » animée par H. Debar, Télécom SudParis.

JUN 2022

Une série de podcasts sur le bitcoin

L'Institut Mines-Télécom Business School (IMT-BS) a réalisé une série de 5 podcasts sur le Bitcoin et ses enjeux économiques. D'autres podcasts seront réalisés pour mettre en avant les recherches des équipes de l'école.

JUN 2022

U2IS : un post-doc en robotique

L'U2IS a recruté Louis Annabi en post-doctorat, pour développer un système de tutorat intelligent par apprentissage actif pour la robotique d'assistance, en particulier pour un robot coach de rééducation physique. L'objectif est de proposer un algorithme capable de choisir un programme d'apprentissage à travers une succession d'exercices. Avec l'enseignante-chercheuse Sao Mai Nguye, il a réuni l'état de l'art des méthodes d'imitation de poses du corps en utilisant des réseaux de neurones et commencé l'implémentation de la nouvelle méthode.



JUN 2022

JUN 2022

PSE avec Eсарis Industries

Le salon Eurosatory, a été l'occasion de la signature d'un Partenariat Stratégique Entreprise (PSE) entre l'Institut Mines-Télécom (Odile Gauthier, Directrice générale de l'Institut Mines-Télécom) et l'ETI Esaris Industries (Bruno Russo, Président d'Esaris Industries). Spécialiste reconnu du composant électrique dans l'aérospatiale, l'aéronautique et le ferroviaire, le groupe familial français s'appuie sur une longue expérience dans la

connectique pour environnements sévères, la transformation et l'assemblage de métaux, d'ensembles mécano-soudés, des pièces découpées, pliées ou embouties.

La collaborations va porter sur des sujets clés pour l'industrie du futur : 5G, génie électrique et électromécanique, matériaux avancés, procédés industriels et Internet des objets.

**Une publication sur les données privées des enfants**

Vincent Lefrere, maître de conférences en économie numérique à l'IMT-BS, a présenté un article à la CNIL Privacy day, la conférence académique de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés). Cet article intitulé *Privacy, Data and Competition: The Case of Apps For Young Children* (« Vie privée, données et compétition : le cas des applications pour jeunes enfants »), co-écrit avec Grazia Cecere, Pai Ling Yin, Catherine Tucker et Fabrice Le Guel, étudie le marché des données personnelles au sein des applications mobiles pour enfants.



2021/2022

ULISS : développement d'oscillateurs cryogéniques ultra-stables

La valorisation des oscillateurs cryogéniques ultra-stables du laboratoire FEMTO-ST s'est poursuivie en 2021/2022 avec la livraison de deux CSO (*Cryogenic Sapphire Oscillator*) ULISS à des laboratoires nationaux de métrologie au Royaume-Uni (mars 2022) et en Chine (septembre 2021), pour un montant total de 548 k€.

[FOCUS]

Une année au cœur de la 5G et des télécommunications du futur

Carnot TSN : un acteur incontournable

L'Institut Carnot Télécom & Société numérique (TSN) est un acteur académique majeur de l'écosystème national des télécommunications, en lien étroit avec les acteurs socio-économiques, industriels, institutionnels et académiques, par les nombreux projets de recherche partenariale qu'il mène, mais également par sa mission d'expertise, d'appui aux politiques publiques ainsi que sa mission de formation d'ingénieurs en télécommunication et numérique.

Dans ce contexte, le Carnot TSN contribue au pilotage et/ou participe activement aux initiatives nationales et de filière suivantes :

- **Stratégie nationale d'accélération 5G & Réseaux du Futur**, qui constitue une brique importante du plan France Relance et du Programme d'investissements d'avenir. Le Carnot TSN a fortement contribué à sa définition et à sa mise en œuvre aux côtés du Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique ;

- Membre du **Comité Stratégique de Filière « infrastructures numériques »**, créé pour répondre aux défis majeurs de la généralisation de la connectivité et du déploiement du très haut débit (THD) fixes et mobiles (qui constitue le plus grand chantier d'infrastructure pour les 15 ans à venir, de la 5G-6G, de l'Internet des Objets (IoT) et des réseaux intelligents notamment. Ces différents défis impactent et structurent de manière significative la société dans son ensemble, à court, moyen et long terme ;

- Membre de la **task force OSE 6G**, dont l'objectif est de développer la présence française dans les Comités de normalisation (3GPP, ETSI, IUT, ...) en vue de soutenir une norme « Télécom-mobile » compatible avec les intérêts de souveraineté européenne ;

- Contributeur principal du **PEPR 5G** en collaboration avec le CNRS, le CEA ;

- Contributeur du rapport de la **mission « 5G Industrielle »** menée par Philippe Herbert, qui a permis de recommander et d'aider à la mise en œuvre des actions structurantes suivantes :

- **FACILITER** l'accès aux fréquences pour le stimuler le développement de projets d'usage de la 5G dans l'industrie. Le décret relatif aux redevances pour l'utilisation des fréquences dans la bande 2,6 GHz sera modifié pour simplifier l'accès à ces fréquences, et des réflexions seront menées à court terme sur l'accès à la bande 3,8 GHz-4GHz pour des expérimentations d'usages de la 5G.

- **LANCER** prochainement un appel à manifestation d'intérêt « Campus Fablab 5G industrielle ». Ces Campus devront rassembler en un même lieu tous les acteurs pertinents (industriels, opérateurs télécoms, équipementiers, intégrateurs, fournisseurs, experts, etc.) pour proposer une offre de service et d'accompagnement des industriels vers la numérisation de leurs processus de production grâce à la 5G.

- **FAIRE ÉMERGER** des projets sur les réseaux privés 5G pour l'industrie grâce à un appel à projets franco-allemand. Il répondra aux besoins de connectivité des industries françaises et allemandes, par le renforcement d'un écosystème 5G souverain.



Retrouvez notre podcast :
«Que nous réserve encore la 5G?»



LA 5G DANS LE MONDE

À l'international, des écosystèmes public-privés de recherche partenariale se consacrent au développement de la 5G.

CHINE

Huawei et ZTE / Shenzhen University, South China University of Technology ;

US

NextGAlliance (42 industriels, 33 universités et R&D centers), ainsi que l'Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) avec l'U.S. Department of Defense, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, North Carolina State University ;

UK

Financement d'état avec University of Surrey, UCL, University of East Anglia, NPL, University of Glasgow ;

ALLEMAGNE

6G-Research & Innovation Cluster, 6G-Life consortium, 6G-EM consortium ou encore l'Open 6G Hub, réunissant des acteurs privés autour des principales universités et universités techniques allemandes, le réseau Fraunhofer et la société Max Planck ;

JAPON

Beyond 5G Consortium (NICT, NTT Docomo, University of Tokyo, Soft Bank Group, KDDI, Rakuten) , alliance NTT-Fujitsu, Kyushu University, Japan Business Federation ;

CORÉE DU SUD

consortium 6G piloté par le MIST (KAIST, ETRI, Sungkyunkwan University), Korea University,

Les projets de recherche partenariale

Le Carnot TSN est impliqué dans de nombreux projets de recherche industrielle, notamment par le biais de projets collaboratifs pluriannuels soumis aux différentes vagues d'appels à projets mis en œuvre par le Ministère de l'Économie et des Finances et BPI France.



Beyond5G

(IMT, EURECOM, Thalès, Ericsson) cible des avancées spécifiques sur le plan des performances, de la résilience, de la qualité des services de communication (débits, latence, gestion de réseaux) et de solutions pour garantir la fiabilité, la sécurisation du réseau et de son accès pour les utilisateurs et systèmes connectés. Il s'agit de préparer des perspectives industrielles réelles, souveraines et « capacitantes » pour la France par un dialogue fructueux entre recherche et essais tests sur des plateformes.

5GMetaverse

(IMT, Orange, Airbus Group, Shift89, Immersive Factory, Boa Concept) ambitionne d'évaluer, d'innover puis d'adapter le réseau 5G, le SI associé, les API et les normes, la gestion des identités, des objets et des données pour couvrir les nouveaux besoins induits par l'arrivée des métavers. Les cas d'usage génériques envisagés, grand public et industriels, conduiront les équipes à faire bénéficier aux outils de l'usine 4.0 tels que le jumeau numérique et la réalité mixte des possibilités du métavers.

5G-MetroCom

(IMT, RATP, Thalès, AW2S) vise une première mondiale : développer des solutions de communication innovantes utilisant les technologies mobiles 5G pour les usages spécifiques des transports urbains de type métro : automatisation, sécurité, informations voyageurs, confort, etc. Il permettra au métro parisien d'être le leader mondial sur ces technologies et usages, puis aux membres du consortium de conquérir des marchés à l'international (environ 1 000 lignes de métro dans le monde) grâce aux avantages concurrentiels résultant du projet.

5GFedeX

(IMT) est un programme qui couvre deux volets fortement liés, celui des solutions souveraines pour les réseaux de télécommunications et celui de la fédération multisectorielle, qui représente la prochaine phase de la transformation numérique, génératrice de services hautement créateurs de valeur. Sans la disponibilité fiable des fonctionnalités et propriétés identifiées dans le cadre de ce projet, il ne sera pas possible de passer à une nouvelle génération.

PIEEC-MECT 5G Orange

(IMT, EURECOM, Orange, Ekinops, CEA List, b<>com) contribue à soutenir l'initiative d'Orange SA, qui vise à développer des solutions concrètes pour la prochaine décennie, en créant et déployant des infrastructures numériques sécurisées et durables à travers la « 5G partout ». Les solutions proposées contribuent à la transformation numérique des entreprises grâce aux infrastructures et services véhiculaires (vehicle-to-X) ainsi qu'aux réseaux privés 5G. La collaboration avec le secteur microélectronique doit permettre un alignement de la recherche tout au long de la chaîne de valeur numérique.

5GSovereign4Health

(IMT, Thalès, UPEC, AP-HP, Bioserenity, Cetir, DeGaulle Fleurance & Associés, Aésio santé, Astus, Conscious Lab, Scalian, TIB, Transatel, Vitec, WeAccess, CHU Saint-Étienne) se focalise sur les ruptures que la 5G peut amener dans l'offre de soins en termes d'efficacité, de sécurité et d'égalité d'accès. Grâce à ses expertises académiques et industrielles ainsi qu'à ses approches métiers et techniques, 5GS4H aborde trois cas d'usages, aussi bien sur les plans technique, qu'organisationnel, juridique et éthique, autour d'une plateforme technique 5G commune. Ce projet préfigure l'émergence d'un champion français du service réseau en santé.

FRAMExG

(IMT, EURECOM, SATT françaises, b<>com, INRIA) est un projet piloté par le Carnot TSN et la SATT Ouest Valorisation, qui vise à mobiliser une Équipe de France académique de la 5xG ayant pour objectif de faire mûrir des technologies 5G-6G de rupture et d'accélérer leur transfert dans le monde socio-économique et industriel. Constitué de la majorité des laboratoires de recherche, des offices de transfert technologique et des instituts de recherche technologique compétents du territoire national, il est soutenu par des industriels français et européens majeurs. FRAMExG propose une approche de rupture dans les pratiques de valorisation de la recherche et de transfert technologique : un dispositif de fabrique à brevets (patent factory), développé depuis de nombreuses années par le Carnot TSN, permet de générer efficacement une masse critique de brevets, qui peuvent être alors transférés directement chez des industriels et/ou être portés en comités de standardisation internationaux, dans lesquels se jouent d'importants enjeux de compétition internationale et de souveraineté télécom, tous deux cruciaux à l'heure actuelle.

En parallèle de ces projets collaboratifs réunissant des consortia académiques et industriels de grande envergure, TSN mène de multiples collaborations directes avec des industriels français, européens et internationaux, via des accords-cadres, des laboratoires communs, des thèses cife, des actions de maturation et d'incubation ou encore des chaires d'enseignement et industrielles. TSN est ainsi un partenaire 5.xG important d'Ericsson, Qualcomm, Nokia, Orange, Airbus, Thalès, ainsi que d'autres grands groupes, PME et startups.



Les plateformes dédiées

OpenAirInterface

(EURECOM) est une plateforme logicielle open source, au service des systèmes de télécommunication mobile tels que la 5G. En permettant de reproduire un environnement 5G complet, avec tous les composants clés d'un tel système, elle offre un terrain d'expérimentation pour concevoir et tester des innovations dans le domaine des réseaux d'accès radio. La plateforme réunit également une communauté de développeurs logiciels, appelée OpenAirInterface Software Alliance, qui regroupe des partenaires académiques et industriels et qui contribue à faire avancer la recherche scientifique autour des réseaux mobiles.



[La plateforme OpenAirInterface en vidéo](#)

Free5G

(Télécom Paris) met à disposition une infrastructure d'expérimentation, de recherche et de développement accessible à distance. Les expérimentations peuvent porter à la fois sur l'accès radio 5G et sur le réseau cœur. Des systèmes embarqués programmables sont également disponibles pour développer et tester des fonctionnalités protocolaires au niveau des terminaux/capteurs.

La plateforme comprend deux salles. Une première salle en environnement confiné permet de procéder à des expérimentations sur des bandes opérées. Un réseau complet 4G/5G est disponible ainsi qu'une infrastructure de serveurs placés en datacenter. Une seconde salle permet d'effectuer des développements sur des bandes ISM avec un réseau de capteurs programmables ouverts.

Europ

(Télécom Saint-Étienne) permet de recréer au sein d'une pièce l'ensemble de l'architecture réseau (ADSL, fibre optique, etc...) et des services (accès Internet, téléphone, TV) d'un grand opérateur de télécom, en liaison avec un réseau mobile. EUROP est à la fois un outil destiné à nos entreprises partenaires et aussi un outil de formation pour nos étudiants. EUROP permet d'essayer des matériels, services ou équipements en simulant le cheminement des données depuis un client final à bas débit (type particulier à la campagne) jusqu'à une connexion professionnelle rapide (fibre optique d'entreprise en centre ville).

En parallèle de ces 3 plateformes « cœur de réseaux mobiles », le Carnot TSN propose à ses partenaires socio-économiques de nombreuses plateformes complémentaires, expérimentales et numériques, en cybersécurité, intelligence artificielle, IoT, edge computing, simulation, réseaux, ou encore en usages.

Ainsi, ces actions illustrent l'engagement de Carnot TSN dans la mise en œuvre de la stratégie nationale d'accélération sur la 5G et les futurs réseaux de télécommunications.



[Plus d'information sur nos plateformes](#)



Accélérer l'industrie du futur par la recherche et l'innovation

La mission des instituts Carnot est de développer la recherche partenariale et d'aller à la rencontre des entreprises. Le Carnot Télécom et Société numérique s'appuie sur son expertise scientifique et ses savoir-faire pour développer des solutions numériques de rupture, dans une démarche collaborative de transfert vers l'industrie. Ses innovations contribuent au développement et à la compétitivité de ses partenaires industriels tout en préparant les réponses aux grands défis scientifiques, économiques et sociétaux de demain : industrie du futur, réseaux et objets communicants, cybersécurité, big data et intelligence artificielle, smart city, santé numérique.

- 1 **Une politique scientifique pro-active**
p.12
- 2 **Des projets d'innovation et de transformation**
p.15
- 3 **Des plateformes technologiques au service de l'innovation des entreprises**
p.18



1

Une politique scientifique pro-active

Le maintien de l'excellence scientifique de l'établissement, reconnue par la labellisation Carnot, passe par des recherches sur des sujets amont, avec une possible rupture scientifique ou technologique à la clé, à un horizon potentiellement éloigné, mais toujours avec un potentiel applicatif économiquement viable. Cela va de pair avec une anticipation des demandes des industriels et des marchés ou de l'évolution des normes. Brevets, créations de startups, partenariats de recherche, cette recette porte ses fruits au Carnot TSN.

Robotics by Design Lab



« Un robot social a la particularité de posséder des capacités cognitives et de pouvoir interagir avec les êtres humains. Il doit donc être capable de percevoir son environnement, de le comprendre et d'adapter son comportement de manière adéquate. Autre spécificité : il dispose d'une enveloppe corporelle et possède la capacité de se mouvoir » explique Adriana Tapus, professeure et chercheuse à l'ENSTA Paris. Avec Ioana Ocnareanu, directrice de la recherche et chercheuse à Strate École de Design, elles ont contribué à la création de Robotics by Design Lab, un laboratoire commun labellisé Carnot Télécom et Société numérique. D'ici quelques années, les robots pourraient faire partie de notre vie quotidienne, par exemple pour accompagner les patients pendant les programmes de rééducation, calmer

les crises d'anxiété, jouer le rôle de médiateurs entre des pensionnaires de maisons de retraite, etc. Dans ce champ de la robotique sociale, le laboratoire Robotics by Design Lab se positionne sur l'élaboration de machines pouvant aider les individus à retrouver un lien social avec leurs proches, les aides-soignants, etc.. Les défis sont nombreux, notamment pour éviter les rejets dus à des comportements jugés inadaptés du système robotique, ou la dépendance entraînant une perte d'autonomie. Robotics by Design Lab appréhende ces questions en pensant l'expérience avec des robots sociaux, non seulement en répondant aux besoins, mais aussi aux envies des utilisateurs, en tenant compte de leur contexte personnel. À cet effet, le laboratoire commun s'appuie sur des expertises en design, robotique, informatique, sciences sociales, etc. La collaboration avec les entreprises se matérialise par la mise à disposition de lieux d'expérimentation, ou par la réalisation de thèses CIFRE portant notamment sur l'épanouissement professionnel des collaborateurs, et plus généralement sur l'apport potentiellement bénéfique de la robotique sociale aux activités économiques.

Mechanics, renforcer la protection des casques de moto

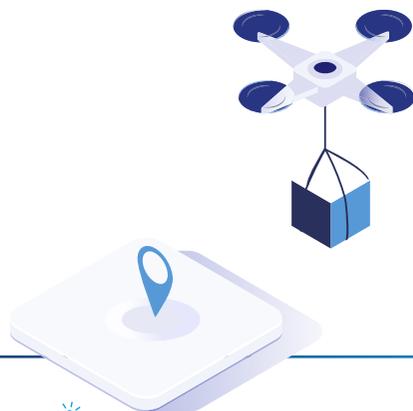


Les normes de protection en vigueur confiées par les casques datent des années 1970 et n'intègrent donc pas les connaissances accumulées ces dernières décennies en mécanique des solides ou des fluides, en biomécanique ou en médecine. Par exemple, les essais ne prennent en compte que des impacts résultant d'une chute perpendiculaire à la surface impactée. Or, lorsqu'un motocycliste est projeté sur la route suite à une collision, sa trajectoire comporte une composante verticale, mais aussi horizontale, au moment de l'impact.



Ces chocs obliques induisent des forces de translation et de rotation sur la boîte crânienne, qui aboutissent notamment à des effets de cisaillement dans la matière cérébrale. Les casques actuels protègent plutôt correctement des fractures crâniennes, mais ne sont pas optimisés pour ce type de traumatismes cérébraux.

Afin de mieux comprendre l'effet des chocs en conditions réelles, l'équipe de Rémy Willinger, professeur en biomécanique au laboratoire lCube de l'université de Strasbourg, a participé à l'analyse de 125 traumatismes crâniens. Elle en a déduit des limites de tolérance associées aux lésions cérébrales. Des protocoles d'essai tenant compte des chocs obliques ont été développés par la plateforme MechaniCS (Mécanique des fluides, matériaux, biomécanique, Conception et Simulation) du laboratoire lCube. Les six courbes d'accélération (linéaire et angulaire) recueillies pendant ces essais sont introduites dans un modèle numérique de la tête pour calculer la réponse du cerveau aux chocs et la comparer aux limites de tolérance définies antérieurement. Cette approche donne une estimation de la protection apportée par les différents modèles de casques face aux différents chocs. Ces travaux ouvrent la voie à une meilleure information des consommateurs et à une optimisation de la conception des casques.



Robots 4 IoT

Les infrastructures fixes des réseaux de télécommunications assurent la connectivité avec les utilisateurs, mais leur absence dans certaines zones peut conduire à des signaux de télécommunication faibles ou inexistant. Afin d'améliorer la couverture réseau sur l'ensemble du territoire, l'équipe de David Gesbert, chercheur en communications et directeur d'EURECOM a élaboré une approche innovante : utiliser des robots volants qui servent de relais du signal en se positionnant de manière autonome et intelligente.

L'approche privilégiée par l'équipe est l'apprentissage par renforcement, qui consiste à fournir un minimum d'informations de départ au robot et à laisser l'algorithme apprendre en fonction des mesures de l'environnement effectuées au cours des trajectoires du drone.

Des modèles suffisamment proches de la réalité sont également injectés afin de réduire le nombre d'hypothèses à tester. Dans un deuxième temps, le cadre d'application de ce type de robots pourrait dépasser celui de l'optimisation du réseau de télécommunications. Par exemple, ils pourraient participer à la cartographie des lieux de manière

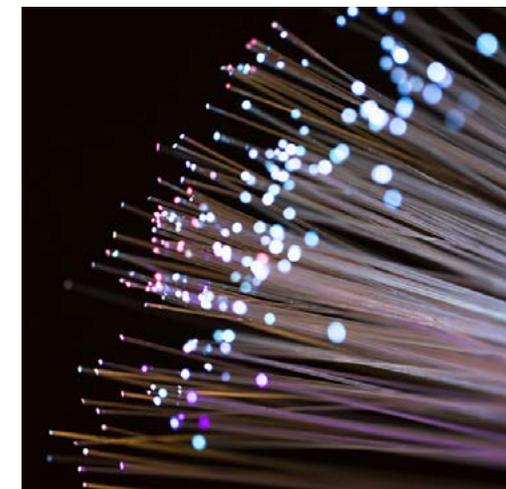
détaillée en utilisant des modèles affinés de propagation des ondes, où la puissance des ondes réfléchies par les objets au sol reflète les différents obstacles et leur composition. À terme, il est aussi envisageable que la fusion des données de différents types de capteurs embarqués tels des radars, des lidars ou des caméras améliore encore le niveau de détail obtenu. Ces robots pourraient également être utilisés dans le déploiement d'un réseau d'Internet des Objets (IoT) en collectant différents types de données issus de capteurs. Ce type d'applications, appelé le sensing, fait partie des champs d'investigation pour la sixième génération de télécommunications mobiles.



Norme TNT DVB-T2

Le Carnot TSN est activement engagé au sein de comités de normalisation et de standardisation internationaux, notamment sur la 5G/6G par son entité EURECOM et la Télévision Numérique Terrestre (TNT) par son entité IMT-Atlantique. L'enjeu est l'intégration de technologies de rupture du Carnot TSN dans ces normes et standards et leur adoption à l'échelle mondiale. Ainsi, les équipes d'IMT Atlantique, dirigées par Pr. Catherine Douillard, co-développent depuis 2008 la norme DVB-T2 pour la TNT de deuxième génération, dont le gain en bande passante de plus de 40 % par rapport à la première génération va permettre la diffusion optimisée de chaînes haute définition (HD) et ultra haute définition (UHD ou 4K), ainsi que la réception TV en mobilité. L'équipe d'IMT Atlantique impliquée dans la normalisation DVB-T2 a contribué à cette évolution des performances. Elle a développé une solution simple, baptisée « les constellations tournées », permettant de contrer les phénomènes d'interférences destructives qui peuvent se produire au cours de la réception du signal TV. Avant d'être émises par voie hertzienne, les deux composantes des signaux TV sont séparées dans le modulateur après avoir subi une rotation, puis sont transmises sur des ressources temps/fréquence différentes avant d'être recombinaées en réception.

Cela limite le risque de perte de la totalité du signal et permet ainsi de lutter plus efficacement contre les interférences et par conséquent d'accroître la couverture du réseau. Le brevet décrivant l'application de la technique de constellation tournée au signal DVB-T2 a été déclaré essentiel pour ce standard. Les produits de ce brevet s'élèvent à ce stade à 1,5 M€ pour IMT Atlantique et le Carnot TSN.



La naissance de MIMOPT

Professeur et chercheuse à Télécom Paris, Ghaya Rekaya-Ben Othman a fondé en avril 2021 MIMOPT Technology, avec le soutien du pôle Propriété Intellectuelle et Valorisation de Télécom Paris. La startup développe et licencie des solutions innovantes de traitement numérique du signal pour les communications sur fibre optique, sujets sur lesquels Ghaya Rekaya travaille avec son collègue opticien, le Professeur Yves Jaouen, depuis déjà quelques années. Cette collaboration porte sur l'exploitation des degrés de liberté dans la fibre, en polarisation, en longueur d'onde ou encore spatiaux. L'objectif est de réduire les interférences entre les canaux parallèles.

Notamment, certaines techniques de codage, protégées par de nombreux brevets, permettent d'augmenter les débits dans les infrastructures actuelles menacées de saturation. L'équipe de MIMOPT travaille également sur les fibres multi-modes et multi-cœurs, qui à terme devraient résoudre les problèmes de débit, à condition de ne pas engendrer de surcoût énergétique rédhibitoire. MIMOPT propose de répondre à cette problématique par des solutions de codage permettant d'économiser l'énergie injectée dans les fibres.

La microscopie augmentée au service du diagnostic médical

Marier optique et intelligence artificielle, c'est le défi que relève l'équipe de Yaneck Gottesman, du laboratoire SAMOVAR de Télécom SudParis. Avec la PME TRIBVN et l'AP-HP, elle a monté le projet TAMIS, qui exploite les travaux réalisés dans le cadre de sa plateforme Plenimage de « microscopie à ouverture synthétique ». TAMIS fait partie des dix projets lauréats de l'appel à projets du Health Data Hub de la BPI, qui promeut et finance des projets de e-santé s'inscrivant dans une logique de transparence et de partage des données médicales. Avec TAMIS, il s'agit de combiner l'holographie à la microscopie afin d'analyser les tissus biologiques, en particulier les frottis sanguins. Le catalogue d'images en cours de production va alimenter le Health Data Hub et sera exploitable par la communauté scientifique pour des travaux de recherche visant des approches algorithmiques innovantes de détection et classification de cellules à partir de données de qualité améliorée. Des perspectives sont notamment ouvertes pour le diagnostic et le suivi des patients leucémiques ou à risque, grâce à une caractérisation performante des lignées cellulaires : leucocytes, hématies et plaquettes sanguines. De même, la haute résolution devrait permettre le diagnostic complet du paludisme à partir d'un simple frottis sanguin, là où les techniques actuelles mobilisent plusieurs techniques de préparation et des personnels qualifiés, ce qui représente un frein en termes de coût et de passage à l'échelle.

Cette activité de microscopie augmentée va être développée par Tribvn afin de fournir des marqueurs numériques et multimodaux alimentant des outils d'intelligence artificielle pour une simplification considérable du diagnostic et du suivi des traitements en parasitologie et cyto-hématologie.



Labcom Technofuslab fusionner robotique, imagerie, instrumentation et ultrasons focalisés

Le laboratoire lCube a lancé dès 2015 un programme de recherche académique dans le domaine des ultrasons focalisés. La maîtrise de cette technique non invasive est rapidement apparue prometteuse pour apporter des solutions au cas du traitement des tumeurs musculaires et osseuses. Un travail exploratoire a donc été mené en s'appuyant notamment sur les moyens expérimentaux du laboratoire avec la plateforme IRIS soutenue par le Carnot TSN. La recherche partenariale lancée alors avec l'entreprise Image Guided Therapies, prend aujourd'hui une nouvelle dimension avec le lancement du laboratoire commun Technofuslab. Ce laboratoire commun s'appuie sur les résultats du projet Ufoguide conduit avec Image Guided

Therapies et Axilum Robotics, spin off du laboratoire dans le domaine de la robotique médicale. Il débute après deux jalons très importants : le dispositif Ufoguide a reçu l'agrément de l'ANSM en 2020, et en 2021 un premier patient a été traité avec succès pour la réduction de douleurs liées à des tumeurs osseuses, dans le cadre d'une étude clinique portée par les hôpitaux universitaires de Strasbourg.

Le travail conjoint entre laboratoire et entreprise qui débute va permettre de préparer la prochaine génération de dispositifs de thérapie par ultrasons focalisés en développant les protocoles d'imagerie par résonance magnétique, l'instrumentation électronique dédiée, et les dispositifs robotiques permettant un contrôle sûr, précis et efficace en routine clinique.

2

Des projets d'innovation et de transformation

Depuis 2006, le Carnot Télécom & Société numérique s'engage en faveur de l'innovation des entreprises et du soutien de l'économie.

À l'écoute des exigences du monde industriel, nos équipes de recherche font preuve d'agilité et de créativité pour répondre aux enjeux scientifiques et technologiques de notre société, et contribuer à l'émergence des solutions opérationnelles de demain. Focus sur plusieurs projets d'innovation et de transformation qui ont marqué 2021.



Partenariat Stratégique Entreprise avec shift89

Le Carnot TSN et la startup shift89 ont signé en 2021 un accord-cadre de recherche, innovation et formation consacré à la transformation numérique de l'industrie. Jeune entreprise innovante, shift89 est spécialisée dans la réalité augmentée et les solutions numériques dans le contexte de la transformation vers l'industrie du futur. La société s'est rapprochée du Carnot TSN afin de bénéficier de son expertise scientifique et technique en matière de réalité augmentée et de solutions digitales de pointe d'une part, et de la capacité de l'Institut à accompagner ses partenaires dans le continuum vertueux entre formation-recherche et innovation d'autre part. Dès le lancement de ce partenariat, plusieurs projets ont été initiés et mis en œuvre avec les entités TSN, Télécom SudParis et l'Institut Mines-Télécom Business School (IMT-BS) Business School : incubation et accompagnement au développement de la jeune entreprise au sein d'IMT Starter, collaborations de recherche autour de la réalité augmentée et de cas d'usage industriels avec le laboratoire Artemis (Advanced Research and TEchniques for Multidimensional Imaging Systems), plusieurs stages de fin d'études et un apprentissage avec l'Institut Mines-Télécom Business School (IMT-BS). D'une durée totale de 5 ans, ce partenariat se développera également avec d'autres entités du Carnot TSN, au fil des besoins de la startup et des spécifications issus des projets.



Partenariat Stratégique Entreprise Bosch Thermotechnology



Suite à cinq années de partenariat stratégique de recherche dans les domaines de l'industrie du futur (systèmes productifs, matériaux, robotique, réalité virtuelle, etc.), la collaboration entre l'IMT et [elm. leblanc](#), se poursuit désormais avec Bosch Thermotechnology, la maison-mère d'elm.leblanc.

Ce partenariat se concrétise par plusieurs thèses Cifre et une chaire industrielle, avec à la clé, de nombreuses publications académiques et plusieurs prix scientifiques. Plusieurs collaborations de recherche bilatérales ont également été menées, dont les résultats ont pu être exploités au fil de l'eau par l'industriel. Les deux projets emblématiques suivants illustrent cette dynamique.

Le projet IRON-MEN met la réalité augmentée au service des opérateurs de production, avec pour objectif d'aider l'entreprise à développer la flexibilité, l'efficacité et la qualité de la production, tout en renforçant la communication des équipes et le travail collaboratif.

La chaire Corenstock (Conception orientée cycle de vie et approche systémique pour l'efficacité énergétique du stockage de systèmes de chauffage) s'intéresse à la transformation de l'industrie du chauffage, par nature énergivore et dont le potentiel en matière d'innovations est important. Elle vise à rendre le stockage de l'eau sanitaire plus performant au niveau énergétique et moins coûteux en matières premières, en redéfinissant totalement la conception, le cycle de vie, l'usage du produit et son exploitation économique.

L'accès à une recherche académique de pointe et à des compétences pluridisciplinaires permet à l'industriel de faire émerger des thématiques de travail pour les années à venir et participe ainsi à sa capacité d'adaptation et à sa compétitivité.

SEIDO Lab

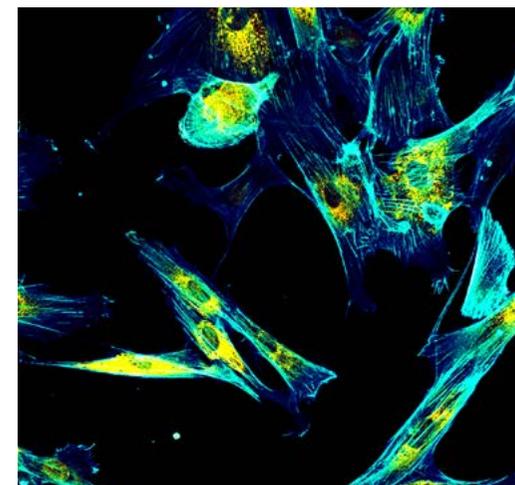
la connexion entre Télécom Paris
et la R&D d'EDF



Créé en 2012, SEIDO Lab est un laboratoire commun de Télécom Paris et de la R&D d'EDF, dédié à l'internet des objets et à la cybersécurité dans les systèmes électriques. Son objectif est de contribuer au déploiement de services de gestion de la demande énergétique en s'appuyant sur l'interopérabilité de différents types d'objets connectés, tout en assurant la cohérence et la sécurité du système.

SEIDO Lab a vocation à développer des prototypes répliqués par EDF avant leur passage à l'échelle et leur transfert vers les direction métiers. La réussite du laboratoire commun se mesure notamment à l'aune de la valeur créée via de nouveaux services. Citons par exemple une plateforme locale de transaction de l'énergie, qui permet de détecter les besoins, de les agréger, d'effectuer les choix d'affectation de l'énergie et d'assurer la traçabilité des échanges.

Au fil des années, les thématiques de recherche se sont diversifiées pour tenir compte des évolutions technologiques et du changement d'échelle des applications envisagées en gestion intelligente de l'énergie, du logement individuel à la ville connectée, en passant par le bâtiment, le quartier. Les défis actuels sont liés par exemple à la prise en compte de la demande de puissance liée à l'intégration des bornes de charge des véhicules électriques dans le parc de logements collectifs et à la prévision des flux bidirectionnels sécurisés et tracés qui permettront le stockage transitoire sur les batteries (approche V2G ou véhicule-to-grid). La phase 3 de SEIDO Lab prépare l'avènement de réseaux en rupture en termes de temps et de capacité de transport. Il inclut ainsi les thématiques de la 5G et de la blockchain.



4 MOD

4MOD est un bureau d'études et d'ingénierie à la pointe des technologies de contrôle à distance et de l'Internet des Objets. L'entreprise investit fortement en R&D pour générer des innovations à forte valeur ajoutée, tout en réduisant l'impact environnemental de ses technologies.

La collaboration entre IMT Atlantique-Département d'optique et 4MOD a pour objectif de concevoir un capteur compact pouvant détecter des agents infectieux (virus) transmis par voie aérienne. Ce capteur utilise les nanofitines fournies par la société de biotechnologie Nantaise Afflogic. Ces molécules sont des protéines qui ont la même activité biologique que les anticorps. La technologie retenue est la fluorescence polarisée qui permet de mettre en évidence la complexification antigène – nanofitine par une simple analyse du degré de la polarisation de la lumière émise par les nanofitines en fluorescence.

IDEMIA

une chaire à Télécom Paris en biométrie, intelligence artificielle, confiance & éthique



La sécurisation des identités est essentielle pour le respect de la vie privée et la garantie de transactions sécurisées, authentifiées et vérifiables. IDEMIA est un leader mondial qui fournit cette « Identité Augmentée » à des clients de secteurs très variés. Le Carnot TSN et ses entités développent de multiples collaborations avec la société. Ainsi, lancée en 2018 pour une période de 5 ans avec le soutien de la Fondation Mines-Télécom et le mécénat d'IDEMIA, d'Airbus Defence & Space, d'Engie, de Safran et de Valeo, la chaire de recherche et d'enseignement Data Science & Artificial Intelligence for Digitalized Industry & Services est pilotée par la Professeure Florence d'Alché-Buc, enseignante et chercheuse à Télécom Paris en informatique et mathématiques appliquées. La chaire a pour objectifs de mutualiser et d'enrichir les expériences industrielles et académiques, de faire émerger de nouvelles innovations, de permettre un financement pérenne des activités de recherche en intelligence artificielle et en science des données, sur des sujets méthodologiques cruciaux pour les applications, de préparer les collaborations contractuelles éventuelles bilatérales ou multilatérales (thèses CIFRE, post-doctorats, expertise, etc.) et de proposer des formations.

Issu des synergies développées au sein de cette chaire, le programme de recherche interdisciplinaire Trustworthy Image Recognition System (LIMPID) réunit IDEMIA et Télécom Paris. Initié en 2021 et soutenu par l'agence Nationale de la Recherche, il consiste à concevoir une IA de confiance dans le domaine de la reconnaissance d'images et de la reconnaissance faciale, en suivant les préconisations de la Commission européenne en matière d'intelligence artificielle et d'éthique.



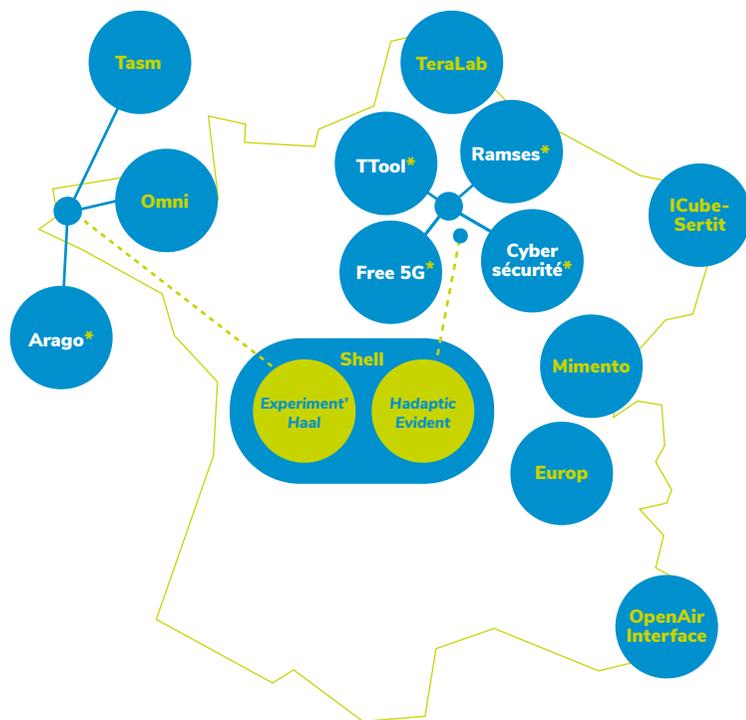
LAMCID

Depuis 2016, HID et le laboratoire Hubert Curien (Université Jean Monnet, CNRS, IOGS) travaillent ensemble pour répondre à un besoin sociétal et économique majeur, celui de protéger l'authenticité de documents officiels par la création de nouveaux éléments de sécurité grâce à la technologie laser. Les deux partenaires poursuivent aujourd'hui leur collaboration fructueuse dans le cadre du laboratoire commun LAMCID, qui vise à faciliter l'émergence de nouveaux projets de recherche conjoints et le partage de ressources. Le LAMCID vient enrichir l'écosystème du Campus Manufacture en associant étroitement monde académique et monde économique. Basé à Austin aux États-Unis, HID Global gère les identités sécurisées des personnes et fournit plus de deux milliards d'objets connectés partout dans le monde. Ce laboratoire commun va permettre à HID d'accélérer l'innovation et de se rapprocher d'étudiants de grande qualité.

3

Des plateformes technologiques au service de l'innovation des entreprises

Le Carnot TSN réunit près de 80 plateformes technologiques de R&D réparties sur tout le territoire. Situées au coeur de nos composantes, elles sont au plus proche des chercheurs et des dynamiques scientifiques régionales d'excellence (nanotechnologies, santé, imagerie pour l'environnement, ...).



Les plateformes, point d'entrée pour les entreprises

Le Carnot TSN propose une large offre de plateformes, expérimentales ou numériques, associant une expertise de haut niveau et des équipements à l'état de l'art dans des domaines applicatifs ciblés. Elles sont ouvertes aux partenaires publics et privés pour développer leurs activités en recherche, développement, transfert de résultats (preuves de concept, prototypage, essais, etc.), ou encore en formation.

Des plateformes d'excellence

13 plateformes sont plus particulièrement distinguées au travers d'un label d'excellence « Plateforme Carnot TSN » garant d'une offre formalisée de services et de leur ouverture aux entreprises.

5 d'entre-elles (*) bénéficient en sus du label « Plateforme IMT 2022 » et du soutien du programme stratégique éponyme de l'Institut Mines-Télécom visant à renforcer leur offre de service sur toute la gamme de l'échelle de maturité technologique (TRL).

13 plateformes labellisées



Accédez à nos plateformes

RÉSEAUX ET OBJETS COMMUNICANTS

OpenAirInterface, EURECOM
Open source hardware/software pour les communications sans-fil

EUROP, Télécom Saint-Étienne
Réseau fixe et transfert industriel de technologies de communication très haut débit

RAMSES*, Télécom Paris
Code d'analyse et de production de systèmes temps réel embarqués

TTool*, Télécom Paris
Simulation et expérimentation de configuration de réseaux

Free5G*, Télécom Paris
Conception, développement et évaluation de nouvelles fonctionnalités réseaux dans un environnement de radio logicielle

DONNÉES ET SERVICES

TeraLab, IMT
Big data et cloud computing

OMNI, IMT Atlantique
Transfert des sciences humaines et sociales vers la société numérique

SANTÉ ET AUTONOMIE

SHELL
Réseau de living labs santé, autonomie et qualité de vie

SÉCURITÉ

Cybersécurité*, Télécom SudParis
Conception, évaluation et démonstration des mécanismes de sécurité et de défense

MATÉRIAUX INTELLIGENTS

Arago*, IMT Atlantique
Technologies optiques et matériaux intelligents pour l'industrie du futur

MIMENTO, FEMTO Engineering
Micro et nanotechnologies pour microsystèmes mécaniques, acoustiques et optiques

ENVIRONNEMENT

ICube-SERTIT, Télécom Physique Strasbourg
Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection

TASM, IMT Atlantique
Communication numérique par lien acoustique sous-marin



[FOCUS]


[Découvrez la vidéo](#)

Plateforme SERTIT

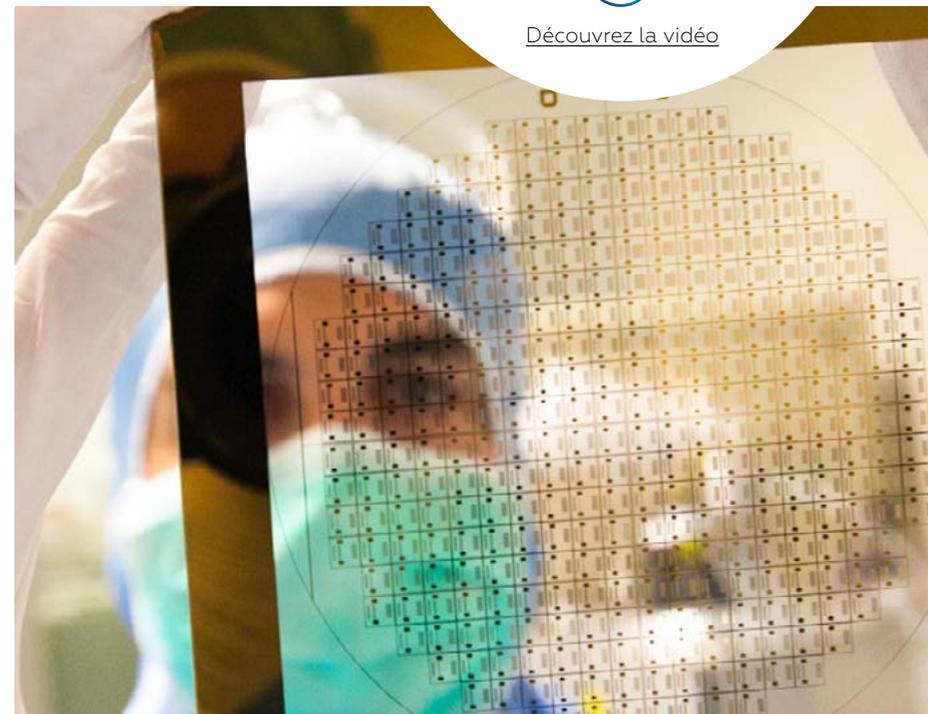
La plateforme SERTIT (Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection) du laboratoire ICube exploite et analyse les images spatiales, afin de produire de l'information géographique. Elle propose ainsi à ses partenaires de la géoinformation dérivée de l'imagerie spatiale et des supports d'aide à la décision autour de grands enjeux sociétaux : développement durable, gestion des risques et suivi post-catastrophe, sécurité, suivi de la biodiversité, gestion des ressources naturelles, ou encore aménagement des territoires.

La plateforme est notamment reconnue au niveau mondial pour son service de cartographie rapide, opérationnel 24/7/365 et certifié ISO 9001 dédié à la gestion de crise et des catastrophes naturelles et industrielles. SERTIT est opérateur de gestion et de production dans le dispositif européen Copernicus Emergency Management Service (Rapid Mapping et Risk & Recovery Mapping), dans la Charte Internationale Espace et Catastrophes Majeures et travaille également aux côtés des acteurs locaux et régionaux, ainsi qu'avec le monde de l'assurance. À son offre de services s'ajoutent des prestations de formation personnalisables.

Plateforme MIMENTO

Située sur le technopôle TEMIS à Besançon, la centrale de technologie MIMENTO de l'Institut Femto ST est une plateforme de micro-nano-technologies pour la fabrication de microsystèmes mécaniques, acoustiques et optiques. Outre son rôle de référence en micro-nano-optique, micro-nano-acoustique, microsystèmes opto-electro-mécaniques (MOEMS) et microrobotique dans le

cadre du réseau Renatech, elle propose ses services de R&D sur mesure et accueille entreprises et chercheurs externes. Constituée d'une équipe de 15 ingénieurs et techniciens, elle dispose de 865 m² de salles blanches de classe ISO 5 à 7, et d'un parc d'équipements de haute technologie permettant de réaliser des opérations de micro- et nanofabrication telles que photolithographie, gravure sèche & humide ou encore de dépôt de couches mince / épaisse.


[Découvrez la vidéo](#)


Le réseau Carnot, la plus puissante offre de recherche pour l'innovation des entreprises

Les Carnot sont des structures de recherche publique, labélisées par le ministère de la recherche, engagées à développer et mener leur activité de recherche partenariale au service de l'innovation des entreprises – de la PME au grand Groupe – et des acteurs socio-économiques.

Les Instituts Carnot forment un réseau unique de 39 structures de recherche publique française reconnues pour leur capacité à répondre aux besoins de R&D de toutes les entreprises. Ils constituent la première force de recherche publique capable de se mobiliser sur tous les fronts de la R&D pour accompagner la relance et la souveraineté économique de la France par l'innovation.



“

Depuis 16 ans, les Instituts Carnot sont devenus les acteurs incontournables du rapprochement public-privé et du transfert scientifique et technologique pour l'innovation des entreprises. Leurs résultats remarquables et leur engagement sans faille pour soutenir nos industriels les placent en première ligne de la relance industrielle.

Jean-Denis Muller
Directeur Général de l'AiCarnot

Une réponse forte aux enjeux industriels

Avec 20 % des effectifs de la recherche publique française, les Instituts Carnot réalisent plus de 55 % de la R&D externalisée par les entreprises aux laboratoires de recherche publique. Chaque année, plus de 10 000 contrats directs de R&D sont signés entre les Carnot et les entreprises de tous les secteurs industriels.

La recherche



pour l'innovation
des entreprises

Le label Carnot

Créé en 2006, le label Carnot a pour vocation de développer la recherche partenariale, c'est-à-dire la conduite de travaux de recherche menés par des laboratoires publics en partenariat avec des acteurs socio-économiques, principalement des entreprises (de la PME aux grands Groupes), en réponse à leurs besoins.

Les chiffres clés 2021 du réseau



20 %

des moyens humains
de la recherche publique



55 %

des contrats de R&D financée par les
entreprises à la recherche publique
française est confiée au réseau Carnot



10 000

contrats annuels de R&D
avec les entreprises



+ de 800 M€

de recettes contractuelles
directes avec les partenaires



2^e rang

des déposants français
de brevets.

L'équipe Carnot TSN



Christian Picory-Donné

Directeur de l'Institut Carnot Télécom et Société numérique
Directeur de la Recherche Partenariale et de la Valorisation de l'IMT

christian.picory@imt.fr
01 75 31 41 61



François Pineau

Directeur adjoint

francois.pineau@imt.fr
01 75 31 41 62



Laurent Ebner

Chargé de partenariats industriels et marketing stratégique

laurent.ebner@imt.fr
01 75 31 41 47



École Polytechnique

Route de Saclay
91120 Palaiseau

Fabio Roda

Chargé d'affaires SR2PI
fabio.roda@polytechnique.edu
01 69 33 40 11

ENSTA Paris

828 bd des Maréchaux
91120 Palaiseau

Sylvain Ferrari

Adjoint au directeur de l'ENTSA Paris en charge des relations extérieures
sylvain.ferrari@ensta-paris.fr
01 81 87 17 60

EURECOM

Campus SophiaTech
450 route des Chappes
06410 Biot

Pascal Gros

Secrétaire général
pascal.gros@eurecom.fr
04 93 00 81 22

FEMTO Engineering

15B avenue des Montboucons
25030 Besançon

Tatiana Locatelli

Directrice
tatiana.locatelli@femto-st.fr
03 63 08 24 14

Christophe Fluhr

Chargé de mission valorisation
christophe.fluhr@femto-st.fr
03 81 40 29 48

IMT Atlantique

Technopôle Brest-Iroise
CS 83818 – 29238 Brest cedex 03

Guillaume Moreau

Directeur-adjoint recherche et innovation
guillaume.moreau@imt-atlantique.fr
02 29 00 10 88

Institut Mines-Télécom Business School

9 rue Charles Fourier
91000 Évry-Courcouronnes

Grazia Cecere

Professeure
grazia.cecere@imt-bs.eu
01 60 76 47 84

Télécom Paris

19 place Marguerite Perey
91120 Palaiseau

Talel Abdessalem

Directeur de la recherche
talel.abdessalem@telecom-paris.fr
01 75 31 98 47

Sylvain Lamblot

Directeur du développement et des partenariats
sylvain.lamblot@telecom-paris.fr
01 75 31 93 97

Télécom Physique Strasbourg

Laboratoire ICube
300 bd Sébastien Brant
67400 Illkirch-Graffenstaden

Pierre Renaud

Chargé de mission valorisation et plateformes
pierre.renaud@unistra.fr

Télécom Saint-Étienne

25 rue du Docteur Rémy Annino
42000 Saint-Étienne, France

Christophe Gravier

Directeur du développement et de l'innovation
christophe.gravier@telecom-st-etienne.fr
04 77 91 58 50

Télécom SudParis

9 rue Charles Fourier
91000 Évry-Courcouronnes

Olivier Martinot

Directeur innovation et relations entreprises
olivier.martinot@telecom-sudparis.eu
01 60 76 41 88

Strate, École de Design

27 avenue de la Division Leclerc
92310 Sèvres

Ioana Ocnarescu

Directrice de la recherche
i.ocnarescu@strate.design
01 75 60 37 80



19 place Marguerite Pery - CS 20031
91123 Palaiseau



www.carnot-tsn.fr