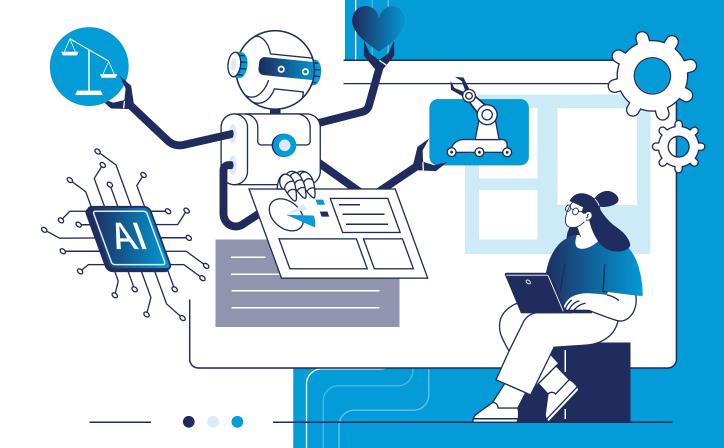




Liberté Égalité Fraternité

Accompagner la transformation numérique AU SERVICE DE L'INDUSTRIE DU FUTUR



RAPPORT D'ACTIVITÉ 2023-2024

Découvrir Carnot TSN



02	Qui sommes-nous ?
03	Chiffres clés 2023
04	Faits marquants
06	Focus 5G/6G
9	Accélérer l'industrie du futur par la recherche et l'innovation
10	Une politique scientifique pro-active
13	Des projets d'innovation et de transformation
16	Des plateformes technologiques au service de l'innovation des entreprises
19	Le réseau Carnot
20	L'équipe Carnot TSN



et veille technologique de l'Institut Mines-Télécom

MOBILISÉS POUR L'AVENIR DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

À l'occasion de notre rapport d'activité 2023, nous avions dressé un bilan en demi-teinte de la situation économique et géostratégique de notre pays.

Depuis, malgré de nombreux discours volontaristes sur la réindustrialisation de la France et sur la redynamisation de son tissu d'entreprises, la croissance économique n'a pas été au rendezvous, loin de là. Certes, on peut avancer que le PIB a crû de 0,2 % au premier trimestre 2024⁽¹⁾. Pourtant, ce chiffre est à relativiser fortement lorsque que l'on sait que, par ailleurs, la dette publique de l'État français a elle progressé de 0,73 % sur la même période pour s'établir à 110,7 % du produit intérieur brut⁽²⁾. La France est d'ailleurs depuis juillet 2024 sous le coup d'une procédure initiée par l'Union Européenne pour déficit excessif répété (>3 % du PIB/an). Si l'on ajoute à ce tableau peu flatteur une crise politique de 3 mois suite à la dissolution du 9 juin dernier, la France semble bel et bien en panne.

Dans une telle situation, sans la maîtrise de notre destin énergétique et avec un accès restreint aux matières premières, il ne nous reste factuellement que peu de leviers à mobiliser pour relancer la machine économique nationale. Un axe semble s'imposer: la création de valeur et de compétitivité par l'innovation.

En plus de 20 ans, force est de constater que la volonté d'innover n'a pas infusé suffisamment au cœur de notre société, puisque la France n'a jamais réussi à dépasser l'objectif des 3 % du PIB consacré à la R&D, consacré en 2000 dans la stratégie de Lisbonne.

La culture de nos entreprises nationales doit changer et leurs dirigeants doivent désormais prendre conscience que l'innovation n'est pas la cerise sur le gâteau d'une entreprise bien gérée, mais bien son **outil principal de croissance à moyen et à long terme,** dans un contexte devenu extrêmement contraint

Il n'est pas ici question de traiter une fois de plus le cas des PME et des ETI nationales, qui luttent au jour le jour pour leur survie, mais de se focaliser, une fois n'est pas coutume, sur nos grands groupes. Ces locomotives de l'industrie française pèsent de tout leur poids auprès des institutions de notre pays. Qu'ils le veuillent ou non, nos grands groupes sont l'avenir économique de la France et ils doivent désormais montrer l'exemple. Un shift culturel doit s'opérer pour leurs dirigeants: il ne faut plus voir la R&D comme un poste de coût, mais bien traiter la démarche d'innovation comme LA source principale des chiffres d'affaires futur. Il est nécessaire pour cela de sortir de cette optique « comptable » qui vise à ajuster le niveau de R&D au plafond du CIR, à capter de la subvention de manière systématique dans les appels à projets des différents quichets de financement et à faire de la recherche la variable d'aiustement en cas de baisse du chiffre d'affaires ou du bénéfice net de la structure. Charge désormais à

nos capitaines d'industrie de mettre à profit les centaines d'exercices de prospective technologique réalisés en interne pour basculer sur des programmes de R&D pluriannuels structurés, financés sur fonds propres. Il leur faudra également apprendre à valoriser cela auprès de l'actionnariat pour ce que c'est réellement, c'est-àdire de l'investissement. C'est en étant offensif que nos groupes industriels pourront construire des avantages compétitifs durables, permettant par la même de structurer un écosystème de sous-traitants de toute taille, qui auront alors, de fait, bénéficier par la bande de l'innovation des grands groupes. C'est aussi cela qui permettra de ralentir la fuite de nos cerveaux vers l'étranger et de recréer petit à petit un sentiment d'optimisme chez les jeunes diplômés.

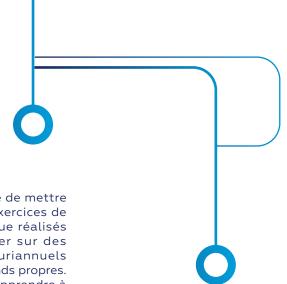
L'institut Carnot Télécom & Société numérique, labellisé pour la première fois en 2006, a historiquement agi dans cette optique en privilégiant les collaborations de long terme avec ses partenaires industriels. Nous avons su modifier nos process internes pour nous adapter au contexte industriel, tout comme nous sommes graduellement intervenus de plus en plus sur les aspects stratégiques liés à la mise en œuvre du cycle de l'innovation chez nos clients. Malgré tous ces efforts, le volume d'activité directe des instituts Carnot avec les grands groupes

stagne depuis la crise COVID, au profit notamment des projets financés dans le cadre de « France Relance » puis de « France 2030 ». Il ne s'agit pas de critiquer ici le recours des industriels à ce type de dispositifs. Pour autant, l'utilisation de ces derniers ne devrait pas entrainer un phénomène de vases communicants, mais bel et bien une croissance de l'activité globale de recherche des entreprises du CAC40, ce qui n'est clairement pas le cas.

Il est désormais indispensable que nos grands groupes s'inscrivent dans un projet collectif de redressement de la France et acceptent cette responsabilité en mettant en œuvre des **politiques d'innovation de long terme.** L'écosystème des 39 Instituts Carnot, qui représente à lui seul 60 % du milliard d'Euros de R&D publique financée par les entreprises , est à ce titre suffisamment mature et structuré pour les y aider.

(1) Source : Banque de France

(2) Source : INSEE



CARNOT TÉLÉCOM & SOCIÉTÉ NUMÉRIQUE

PREMIER PARTENAIRE PUBLIC R&D SPÉCIALISÉ DANS LE NUMÉRIQUE EN FRANCE

Les instituts Carnot sont des regroupements d'équipes de recherches travaillant sur une même thématique et issues de plusieurs établissements publics.

Le label Carnot, créé en 2006, est un label d'excellence décerné par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et de l'Innovation qui encourage la recherche partenariale, c'est-à-dire la conduite de travaux de recherche menés par des laboratoires publics en partenariat avec des acteurs socioéconomiques, notamment avec des entreprises.



En savoir plus

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.

Accélérateur de la transformation numérique

Le Carnot Télécom & Société numérique fédère les laboratoires et les éguipes 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 plus de 1 900 chercheurs, soit plus de 200 chercheurs supplémentaires par rapport à l'année précédente, l'institut Carnot TSN se concentre sur les implications techniques, économiques et sociales de la transition numérique. En 2020, le label était renouvelé pour la quatrième fois consécutive, démontrant ainsi la qualité des recherches et innovations produites par les collaborations entre chercheurs et entreprises.



L'Institut Carnot Télécom & Société Numérique rassemble 11 établissements de recherche d'excellence. Il constitue le premier Carnot en sciences et technologies du numérique au niveau national.



Découvrez le Carnot TSN

Nos domaines d'expertise scientifique et technique pour accompagner les entreprises de toute taille sur tous les enjeux de la transition numérique

















Système Énergétique



Santé numérique

NOS FORCES VIVES

146 post-docs



Budget consolidé recherche

115 M€

chiffres clés 2023

RECETTES
RECHERCHE PARTENARIALE

91 M€
de recettes sur
contrats financés
pour les agences

47 M€

de recettes sur
contrats directs
avec les entreprises

41 M€
de recettes sur
contrats financés
pour les agences

47 M€
de transfert
technologique

LABORATOIRES DES COMPOSANTES

11

entités composantes

30

laboratoires communs avec les entreprises

38

chaires industrielles

77

plateformes technologiques PRODUCTION SCIENTIFIQUE

INNOVATION ETTRANSFERT

69

nouveaux brevets prioritaires et logiciels déposés en 2021

88

inventions déclarées

41

sociétés créées dans l'année

PROJETS ET PARTENARIATS

Plus de 1 046 entreprises accompagnées dans leurs projets de recherche et d'innovation. Le Carnot Telecom & 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.



de la R&D partenariale au service du développement des régions en France **16**%

de la R&D au service des entreprises à l'international



des entreprises satisfaites 1085

contrats ont été signés

764

contrats directs avec un partenaire socio-économique

178

projets collaboratifs agences France

143

projets collaboratifs européens

faits marquants

DÉCEMBRE 2023

Prix Innovation Bercy-IMT

Ce prestigieux prix soutenu par le Carnot TSN vise à récompenser chaque année l'excellence et l'innovation au sein de la communauté des startups accompagnées par le réseau d'incubateurs de l'institut Mines-Télécom. Les lauréats de cette édition 2023, sont DeepHawk, et en partenariat avec le groupe Caisse des Dépôts, uMotion (catégorie transition écologique et solidaire) et Carbon Blue (catégorie Impact territoire).

SEPTEMBRE 2023

Evénement 5G à Sophia Antipolis

La journée « 5G Advanced for the Industry of the Future », soutenue par l'institut Carnot TSN, s'est tenue à EURECOM. Les échanges et ateliers réunissant les spécialistes européens du domaine ont porté sur les défis industriels et sociétaux de la 5G et sur les dernières innovations en matière de réseaux mobiles et de normalisation, avec une attention particulière portée aux questions de durabilité et aux nouveaux cas d'usage.

Retour sur « 5G- Advanced for the Industry of the Future », à EURECOM

En savoir plus



OCTOBRE 2023

Rendez-vous Carnot 2023

La 16e édition de ces Rendez-vous a été l'occasion pour l'institut Carnot TSN de mettre à l'honneur l'une de ses composantes, Strate Ecole de Design, dont les étudiants ont notamment conçu le trophée du Prix de la recherche partenariale PME/ETI, remis au cours de cet événement. Dans le cadre des premières Rencontres Carnot - France Biotech, le Carnot TSN a également pu mettre en avant le Projet Health Data Hub TAMIS au cours d'une table ronde consacrée aux enjeux liés à la gestion des données dans le domaine de la e-santé.

NOVEMBRE 2023

Prix PI

Le prix du séminaire Propriété Intellectuelle 2023, catégorie « deeptech », a été attribué à Ghava Rekava, chercheuse et professeure à Télécom Paris, l'une des composantes de l'institut Carnot TSN, pour la création de MIMOPT Technology. Cette startup développe une solution innovante de traitement numérique du signal permettant d'améliorer les débits et les performances des systèmes de communication optique.

Le Carnot TSN félicite Ghaya Rekaya (Télécom Paris) chercheuse et fondatrice de MIMOPT Technology, pour son prix Séminaire PI 2023!



Web Summit

L'institut Carnot TSN participe à cet événement d'envergure mondiale qui attire startups, entreprises établies et personnalités influentes du numérique pour imaginer le futur du numérique. Sur le stand de l'institut, les fondateurs de la startup Runblind, issue de recherches menées à l'École Polytechnique, composante de l'institut Carnot TSN, ont pu présenter leur système de guidage par spatialisation du son.

Retour sur la participation du Carnot TSN au Web Summit à Lisbonne, première conférence technologique au monde!









MAI 2024

Journée « Souveraineté Numérique »

Persuadé du rôle crucial de la collaboration entre les acteurs publics, privés et académiques pour l'autonomie numérique de l'Europe, l'IMT a participé activement à cet événement organisé à Bruxelles par Business France, la Chambre de Commerce et d'Industrie France Belgique et la French Tech Brussels.

Retour sur la journée « Souveraineté numérique » à Bruxelles

En savoir plus

Viva Technology

L'institut Carnot TSN était présent à ce grand rendez-vous de l'innovation sur le stand du Réseau des Carnot, avec deux startups partenaires, Runblind et Shift89. Startup issue de l'École Polytechnique, composante de l'institut Carnot TSN, Runblind développe une technologie de guidage fondée sur la perception tridimensionnelle du son. Shift89, startup spécialisée dans la réalité augmentée et les solutions numériques pour l'industrie du futur, a signé en 2021 avec l'institut Carnot TSN un accord-cadre de recherche, innovation et formation.

Retour sur la participation des startups de l'institut Carnot TSN

En savoir plus

à Viva Technology 2024

2024

26 JUIN 2024

Matinée XG Innovation day

L'institut Mines-Télécom (IMT), pilote de l'institut Carnot Télécom & Société numérique (TSN) et la SATT Ouest Valorisation ont organisé une matinée dédiée au programme FRAMExG, pilier de la Stratégie Nationale d'Accélération (SNA) "5G et réseaux du futur". Cet événement accueilli par le pôle de compétivité Cap Digital vise à fédérer la communauté scientifique et à renforcer la position de la France dans les réseaux de communication de demain.

Revivez la matinée « XG Innovation Day : vers la souveraineté numérique », avec l'IMT et la SATT Ouest Valorisation

En savoir plus



MARS 2024

Hub France Gaia-X

L'IMT prend les rênes de la communauté Gaia-X Hub France et lance le DataSpaceLab, une initiative destinée à structurer les différents écosystèmes de données. Ce laboratoire offrira un espace sécurisé d'expérimentations aux entreprises de toutes tailles, grâce à TeraLab, sa plateforme de data et d'IA labellisée institut Carnot TSN.

Sixième plénière du Hub France Gaia-X : un réseau cloud européen interopérable et souverain

En savoir plus

World Mobile Congress

EURECOM a participé au WMC, congrès mondial de la téléphonie mobile, avec le soutien du Carnot TSN dont elle est une composante. Elle a présenté sur son stand la communauté OpenAirInterface Software Alliance et la startup BubbleRAN.

EURECOM - Innovation and technology transfer for the future generation networks

En savoir plus

Salon Global Industrie

La présence de l'Institut Mines-Télécom (IMT) sur le stand de Bpifrance a été l'occasion de mettre en avant la chaire Corenstock (Conception orientée cycle de vie et approche systémique pour l'efficacité énergétique du stockage de systèmes de chauffage). Cette chaire industrielle soutenue par Bosch Thermotechnology vise à développer les ballons d'eau chaude du futur, plus performants au niveau énergétique et moins coûteux en matières premières.

Retour sur l'édition 2024 du salon Global Industrie



Colloque Visions

L'institut Carnot TSN a soutenu et participé au colloque Visions, deux journées d'échanges consacrés à l'apport du design à l'industrie, à la transformation des organisations humaines ou encore aux communautés et territoires.

JUIN 2024

ESARIS

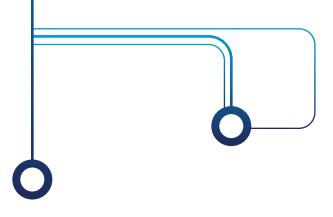
Eurosatory

Participation commune à Eurosatory 2024, le salon mondial de la Défense et de la sécurité, de l'IMT et d'ESARIS INDUSTRIES, pour présenter notamment leurs projets de recherche communs au service du secteur.

L'IMT et Esaris Industries ensemble à Eurosatory, le salon mondial de la Défense et de la Sécurité

En savoir plus





5G/6G ET RÉSEAUX DE COMMUNICATION DU FUTUR

PRÉPARER LA SOCIÉTÉ NUMÉRIQUE DE DEMAIN

L'institut Carnot Télécom & Société numérique (TSN) est au cœur des enjeux de souveraineté et de compétitivité liés à la 5G/6G et aux réseaux du futur. Acteur de référence de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, en lien étroit avec les acteurs socio-économiques, industriels, institutionnels et académiques, il mène de nombreux projets de recherche partenariale afin de développer les usages innovants de ces technologies. Grâce à son expertise, il intervient également comme appui aux politiques publiques.

Fruit du fort investissement ces dernières années dans ses initiatives étatiques, tant sur l'intensité des forces de recherche engagées que sur ses actions structurantes au niveau politique, l'institut Carnot TSN, ses écoles de l'IMT (l'IMT est labellisé institut Carnot TSN) et hors IMT ont atteint une très forte visibilité et se positionnent désormais en « chef d'orchestre académique » de cet écosystème national, au cœur de la Stratégie Nationale d'Accélération 50 & réseaux télécom du futur.

focus 5G/6G





Beyond5G

Ce projet soutenu par l'Institut Carnot TSN et financé par le gouvernement dans le cadre du Plan de relance et du Programme d'investissements d'avenir réunit l'IMT, EURECOM, Thales et Ericsson. Son objectif est d'apporter des avancées spécifiques sur le plan des performances, de la résilience, de la qualité des services de communication (débits, latence, gestion de réseaux) et des solutions permettant de 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 la recherche et les essais sur des plateformes. Le projet a d'ores et déjà conduit à la publication de nombreux articles scientifiques et au dépôt de plusieurs brevets.



5GMetaverse

Pour couvrir les nouveaux besoins induits par l'arrivée des métavers, ce projet ayant pour chef de file Airbus Group et pour partenaires l'IMT, Orange, Shift 89, Immersive Factory Kalray et Boa Concept ambitionne d'évaluer les technologies et normes de la 5G/6G, notamment pour la gestion des identités des objets et des données, et de les faire évoluer. L'un des objectifs est de faire bénéficier des possibilités du métavers aux outils de l'usine 4.0 tels que le jumeau numérique et la réalité mixte. L'approche, pragmatique, s'appuie sur des cas d'usage génériques, issus d'applications grand public et industrielles.



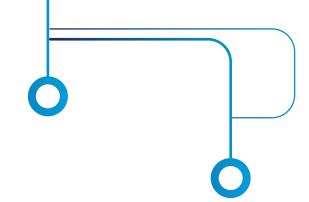
5G NTN mmWave

Ce projet financé dans le cadre de l'appel à projets Solutions innovantes pour les réseaux du futur 5G & 6G (France 2030) réunit un consortium piloté par Constellation Technologies, comprenant GreenerWave, l'ONERA et l'IMT via Télécom Paris.

Constellation Technologies développe une infrastructure satellitaire innovante pour fournir un service internet à haut débit et faible latence, là où les réseaux terrestres ne sont pas disponibles.

Pour satisfaire les attentes du marché, notamment en termes de prix, la solution se démarque par l'utilisation du spectre 5G mmWave et par une architecture multi-orbites VLEO et MEO. L'un des défis à relever est la mise en œuvre des bandes millimétriques en contexte satellitaire. Une démonstration en orbite est prévue avec des opérateurs d'infrastructures 5G mmWave terrestres pour valider les différents sous-systèmes de la solution dans un environnement représentatif.

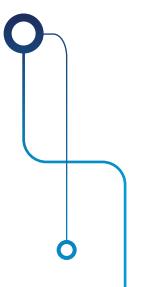




PIEEC-MECT 5G Orange

IMT, EURECOM, Ekinops, CEA List et b<>com collaborent avec Orange SA autour de ce projet, 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/6G 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/6G. Un effort particulier est dédié à l'évolution d'Open RAN avec toutes ses ramifications aussi bien pour les antennes, les processeurs réseau, la qualité de service que pour le management du réseau d'accès. La collaboration avec le secteur microélectronique doit permettre un alignement de la recherche tout au long de la chaîne de valeur numérique.





FRAMExG

Piloté par le Carnot TSN et la SATT Ouest Valorisation, ce projet réunit l'IMT, EURECOM, les SATT françaises, b<>com et l'INRIA afin de mobiliser une équipe de France académique de la 5xG. L'objectif est de faire maturer 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 s'appuie sur 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.

ACCÉLÉRER L'INDUSTRIE DU FUTUR PAR LA RECHERCHE ET L'INNOVATION

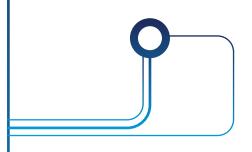
La mission des instituts Carnot est de développer la recherche partenariale et d'aller à la rencontre des entreprises. Le Carnot Télécom et Société numérique s'appuie sur son expertise scientifique et ses savoir-faire pour développer des solutions numériques de rupture, dans une démarche collaborative 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.

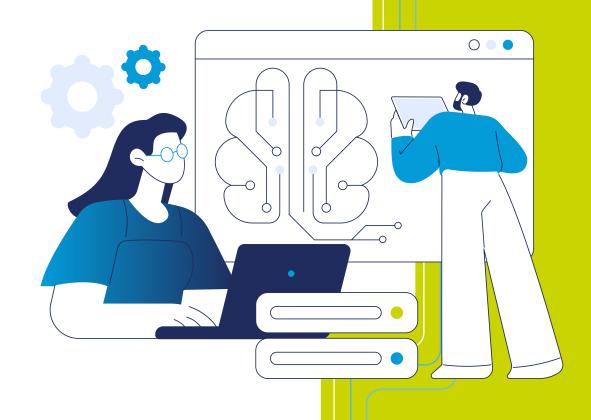


recher^che & innovation

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.







Projet ANR BOOM: « dégonfler » les bulles d'opinion politique en ligne

Le projet ANR BOOM (« Modéliser et Ouvrir les Bulles d'Opinion »), mené par l'institut Mines-Télécom Business School (IMT-BS), composante du Carnot TSN, en collaboration avec le laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications (LORIA), le CEALIST, le laboratoire Biens, Normes et Contrats (LBNC) et l'entreprise Syllabs, vise à contrer l'effet des algorithmes de recommandation des réseaux sociaux, qui enferment les utilisateurs dans des bulles d'opinions similaires.

Les plateformes retiennent en effet l'attention de leurs utilisateurs en leur proposant des contenus ciblant leurs centres d'intérêt et points de vue. Ces mécanismes ne favorisent par la diversité d'opinion, bien au contraire. Ils augmentent la polarisation politique et exacerbent les tensions sociales, comme l'opposition entre les partisans de la vaccination et les « antivax », observée durant la crise sanitaire du Covid-19. Ils peuvent également conduire à influencer les décisions des citoyens, en particulier lors des élections.

Face à ces problèmes, le projet BOOM développe un système de recommandation qui expose les utilisateurs à une variété d'opinions, sans les confronter directement à des points de vue opposés aux leurs, mais en les amenant progressivement à envisager des perspectives différentes.

Il mobilise des expertises en collecte et analyse de données, développement informatique, expérience utilisateur, économie numérique ou en sciences politiques, en particulier pour analyser les mécanismes de polarisation de l'opinion. Des métriques ont été développées pour évaluer le niveau de polarisation de chacun et adapter les recommandations en conséquence, afin d'encourager l'ouverture d'esprit. Le projet a été soumis à des exigences éthiques formulées notamment par le comité d'éthique de l'Université de Lorraine.

Projet ANR BOOM : « dégonfler » les bulles d'opinion politique en ligne

En savoir plus



Accord OSA-O-RAN : pour des réseaux d'accès radio plus ouverts

En savoir plus

Accord OSA / O-RAN: pour des réseaux d'accès radio plus ouverts

Les réseaux d'accès radio (RAN) sont essentiels pour les opérateurs de télécommunication. Ils assurent la transmission des données et de la voix entre les utilisateurs et le cœur de réseau, ce qui permet de déployer toute la gamme des applications des réseaux mobiles.

Pour s'affranchir des contraintes imposées par un petit nombre d'équipementiers et disposer de réseaux RAN plus ouverts et interopérables, l'O-RAN ALLIANCE, a été créée en 2018 par AT&T, China Mobile, Deutsche Telekom, NTT DOCOMO, et Orange, afin d'établir des standards communs. L'objectif est également de rendre les réseaux plus adaptables et plus sobres grâce au RIC (RAN Intelligent Controller), un composant logiciel capable d'ajuster automatiquement le réseau en fonction de son état et des besoins des utilisateurs.

Dans cette optique d'ouverture et d'innovation, l'O-RAN ALLIANCE et OpenAirInterface Software Alliance (OSA) ont récemment signé un accord de coopération. Labellisée Carnot TSN, OpenAirInterface (OAI), est une plateforme logicielle open source permettant de reproduire un environnement réseau mobile complet, en 4G ou en 5G/6G. Pilotée par EURECOM et enrichie par toute une communauté, elle permet aux chercheurs et industriels de tester en temps réel des services combinant logiciels libres et systèmes propriétaires, comme l'ont fait Orange et Airbus pour divers projets.

L'O-RAN ALLIANCE et l'OSA prévoient de mutualiser leurs efforts pour intégrer davantage les spécifications O-RAN dans les solutions d'OAI et pour expérimenter les futures générations de réseaux, y compris potentiellement pour la 6G.

La Chaire Innovation « Acquisition 3D et IA »

La Chaire Innovation « Acquisition 3D et IA », signée entre Télécom Saint-Étienne et l'entreprise SICK, vise à former les élèves ingénieurs aux enieux de l'industrie 4.0. Ciblée sur la science des données et l'intelligence artificielle (IA), elle complète leur cursus en informatique, télécoms, électronique, image, réseaux et photonique. Soutenue par le Carnot TSN, cette collaboration répond aux mutations actuelles du secteur industriel. L'industrie 4.0, ou industrie du futur, implique en effet l'utilisation de solutions automatisées à l'aide de l'IA et de la science des données pour améliorer divers aspects des processus industriels tels que la production, la logistique et la maintenance. En particulier, les systèmes de vision industrielle assistée par l'IA permettent de développer des contrôles qualité aux performances sans égales. L'acquisition des données et l'IA sont des domaines complémentaires, les capteurs fournissant des données aux algorithmes, qui à leur tour optimisent

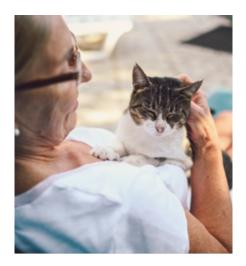


Les étudiants de Télécom Saint-Étienne vont bénéficier d'une approche théorique et pratique, avec des immersions industrielles à la SICK Academy en Allemagne et des projets d'innovation menés en collaboration avec l'entreprise. Pour SICK, la chaire offre des perspectives de recrutement d'ingénieurs qualifiés. De plus, cette initiative pourrait évoluer vers des collaborations de recherche partenariale, renforcant encore les synergies entre les mondes académique et industriel.

Une chaire pour former les élèves ingénieurs aux enjeux de l'industrie 4.0

En savoir plus





les dispositifs de captation.

La technologie au service de la relation entre les personnes âgées et leur animal de compagnie

Solitude, perte d'autonomie des personnes âgées, le vieillissement de la population confronte la société à de nombreux défis. Or, si la présence au quotidien d'un animal de compagnie peut avoir des effets bénéfiques, le taux de possession d'un tel compagnon diminue malheureusement après 65 ans, en raison de contraintes financières ou de santé. Une thèse CIFRE explore l'utilisation de la technologie pour inverser cette tendance. Menée par Hazar Zilelioglu et codirigée par Yacine Amirat, Abdelghani Chibani et Ghazaleh Khobadandelou - du LISSI (Laboratoire Images, Signaux et Systèmes Intelligents) ainsi que par Ioana Ocnarescu de Strate École de Design, elle est réalisée en partenariat avec la startup frog de Capgemini Invent, BNP Paribas Cardif et le Robotics by Design Lab (Strate).

La thèse a débuté par l'étude des besoins des personnes âgées, révélant que, bien que familière avec les smartphones et ordinateurs, cette population est réticente à l'utilisation de la robotique pour gérer la relation avec leurs animaux de compagnie. Une solution moins intrusive a été adoptée pour suivre l'activité de l'animal : un collier muni d'accéléromètres et de gyromètres permettant de connaître ses déplacements. Cette information est complétée par les données recueillies via une application mobile dédiée, développée grâce au soutien du Carnot TSN, ainsi que par des vidéos, chaque participant ayant été filmé pendant une heure, au début de l'expérience. Ces données alimentent des modèles d'intelligence artificielle visant à prédire les comportements de l'animal.

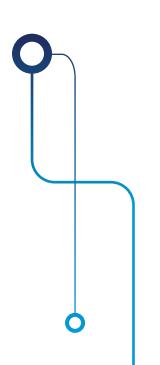
L'expérimentation a montré une baisse de l'activité des animaux avec l'âge. De plus, elle suggère une corrélation entre l'activité de l'animal de compagnie et le bien-être de l'individu. ces résultats obtenus sur un échantillon encore limité devant être confirmés. Les chercheurs prévoient donc de poursuivre l'étude avec plus de participants pour approfondir ces résultats, en se concentrant non seulement sur l'activité mais aussi sur le comportement et les interactions entre l'animal et son propriétaire. Ces travaux de recherche illustrent le fait que des technologies simples peuvent être suffisantes pour suivre et améliorer la relation entre une personne âgée et son animal.



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 2023.





MiMédi: pour une démocratisation des médicaments de thérapie innovante

Le projet MiMédi, soutenu par l'école Femto Engineering et l'institut Carnot TSN, vise à rendre les thérapies innovantes plus accessibles en rationalisant leur production, soumise à des contraintes sanitaires très strictes. Utilisées pour traiter des maladies telles que le cancer et les maladies auto-immunes, ces thérapies reposent sur la modification de cellules améliorant leur capacité à combattre la maladie. Cependant leur coût élevé en limite l'accès.

Pour remédier à ce problème, MiMédi réunit l'Établissement Français du Sang, l'université de Franche-Comté à travers deux laboratoires (UMR RIGHT

et FEMTO-ST), le CHRU de Besançon et FEMTO Engineering, composante du Carnot TSN, ainsi que six partenaires industriels : iLsa, Smaltis, AUREA Technology, Diaclone, MED'INN'Pharma et Bioexigence.

Composée de biologistes et d'ingénieurs, l'équipe a conçu, pour sélectionner les cellules, une alternative à la centrifugation, fondée sur la réponse de ces cellules à des champs électrostatiques, grâce à des puces microfluidiques fabriquées par des robots à précision nanométrique. Pour limiter les risques de contamination, les chercheurs ont opté pour des connexions stériles entre les différents composants. Ils ont également développé des méthodes de contrôle par spectroscopie ou encore utilisant la vision par ordinateur assistée par l'IA.

Achevé en décembre 2022, le projet MiMédi a conduit à la création de la start-up CellQuest, qui vise à réduire les coûts de production des cellules CAR-T utilisées en immunothérapie. En attendant les essais cliniques, l'équipe travaille sur de nouvelles initiatives pour améliorer la compatibilité des donneurs et cibler les patients pour maximiser les chances de succès de ces thérapies innovantes.

MiMédi : pour une démocratisation des médicaments de thérapie innovante

En savoir plus







Un observatoire de l'intelligence digitale au sein du groupe Michelin

Depuis plusieurs années, Michelin encourage ses équipes à adopter de nouveaux outils digitaux via le programme « Collaborative Move » initié en septembre 2019. Cette transition, accélérée par la crise du Covid, a révélé divers enjeux d'intégration des technologies, liés à la diversité des métiers du groupe.

Dans ce contexte, une thèse CIFRE, soutenue par l'institut Carnot TSN, a été lancée, suite à des discussions avec Aurélie Dudezert, enseignante-chercheuse à IMT-Business School. De la mise en place d'une méthode favorisant l'adoption des technologies émergentes dans les pratiques de travail, l'objectif de cette thèse, conduite par Harry Ramadasse, a évolué vers la création d'un observatoire de l'« intelligence digitale ». Pour caractériser cette appétence, de nouveaux indicateurs seront co-construits avec les équipes de Michelin, afin d'évaluer l'usage des outils de travail collaboratif, mais aussi leur efficacité, en veillant à ce que la collecte de données reste acceptable pour les employés. Une sursollicitation pourrait freiner la transition digitale, que Michelin cherche à faciliter pour l'ensemble de ses équipes.

Le diagnostic initial a en outre révélé des différences de rapport au digital, par exemple entre les collaborateurs travaillant au bureau et ceux travaillant en usine, ces derniers bénéficiant moins du télétravail. Pour éviter les frustrations et réussir sa transformation digitale, il ressort que Michelin doit prendre en compte les attentes spécifiques de ses quelque 100 000 collaborateurs dans le monde, avec leur diversité de métiers et de cultures. Autre défi : concilier les processus métiers très structurants pour l'industriel, mais qui peuvent parfois compliquer l'adoption d'une culture digitale plus flexible, essentielle pour des activités de service que le groupe souhaite développer.

Un observatoire de l'intelligence digitale au sein du groupe Michelin

En savoir plus





La thèse CIFRE sur la robotique ikigaï, menée par la SNCF, Strate École de Design, composante de l'Institut Carnot TSN et le CESI, explore la façon dont les robots peuvent contribuer au bien-être au travail. Au-delà de l'acceptation des outils robotiques et de la simple amélioration de la performance, la SNCF souhaite que les robots améliorent aussi le bien-être au travail, en particulier pour les agents de maintenance ferroviaire.

Les chercheurs, notamment Ioana Ocnarescu de Strate et Stéphanie Buisine du CESI, ont développé un modèle scientifique permettant d'évaluer dans un contexte professionnel l'ikigaï, concept japonais signifiant « raison d'être », souvent représenté par quatre cercles se chevauchant : ce que j'aime, ce pour quoi je suis compétent, ce pour quoi je suis payé et ce dont le monde a besoin. Mégane Sartore, la doctorante en charge de la thèse, a créé un questionnaire fondé sur des échelles psychométriques validées pour mesurer l'ikigaï. Ce questionnaire a été renseigné par 321 actifs français et une cinquantaine d'opérateurs de maintenance ferroviaire, validant le modèle initial et révélant des différences selon les populations.

L'étude a mis en évidence la prépondérance du sentiment d'appartenance collective comme facteur prédictif de l'ikigaï pour les agents de maintenance ferroviaire. Parmi les autres leviers clés figurent la « pleine conscience », le travail par passion et le sentiment d'autonomie, d'impacts variables selon les populations étudiées.



Le premier cas pratique est PICAUTO, l'outil d'inspection des toitures de trains. Un premier prototype a été amélioré en collaboration avec les opérateurs pour mieux intégrer leur confort d'utilisation. Une perche capable de parler et de se présenter a été imaginée avec une douzaine d'autres nouvelles fonctionnalités favorisant l'ikigaï, qui seront prochainement implémentées et évaluées. Si cette approche est concluante, la robotique ikigaï pourrait être déployée auprès d'autres équipes de la SNCF, favorisant l'épanouissement professionnel des employés.

En savoir plus



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 cœur de nos composantes, elles sont au plus proche des chercheurs et des dynamiques scientifiques régionales d'excellence dans les secteurs tels que les nanotechnologies, la santé, l'imagerie pour l'environnement, etc.

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 2023 » 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

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

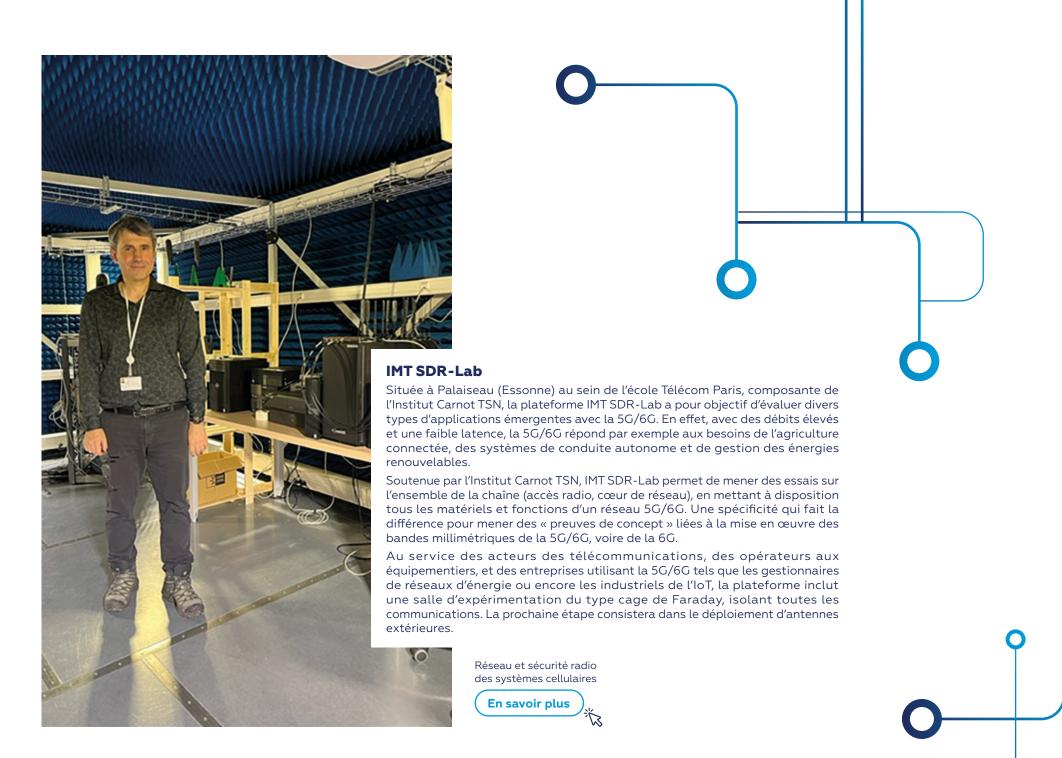
ENVIRONNEMENT

ICube-SERTIT, Télécom Physique Strasbourg

Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection

TASM, IMT Atlantique

Communication numérique par lien acoustique sous-marin





TASM (Transmission Acoustique Sous-Marine)

Labellisée institut Carnot TSN, la plateforme TASM du département MEE (Mathematical and Electrical Engineering) d'IMT Atlantique a pour but d'étudier et d'évaluer des systèmes de communications acoustiques sousmarins. Ces systèmes permettent à des navires, des sous-marins et des drones sous-marins de communiquer sans fil sur des distances pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres.

Créée en 2010, la plateforme TASM a pour objectif de rendre ces systèmes les plus robustes possibles grâce à un traitement du signal adapté au contexte océanique.

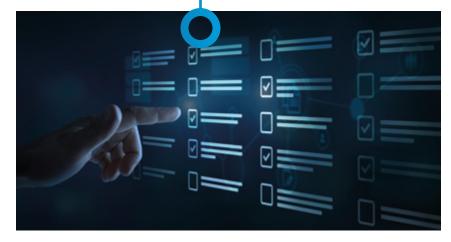
L'expérimentation joue un rôle clé pour valider les solutions techniques en conditions réelles, la propagation sous-marine et les distorsions qui en découlent étant très difficiles à modéliser fidèlement. En retour, les données collectées améliorent la compréhension de ce milieu de propagation et le réalisme des outils de simulation.

Ouverte aux industriels ou aux institutions, la plateforme TASM dispose ainsi de moyens d'essais en mer et d'une cuve équipée en transducteurs, hydrophones et logiciels de traitement du signal.

Plateforme TASM: communication acoustique sous marine

En savoir plus





OMNI, l'Observatoire MARSOUIN sur le Numérique et l'Innovation

L'Observatoire MARSOUIN sur le Numérique et l'Innovation (OMNI) est situé sur le campus de Brest de l'IMT Atlantique. Soutenue par l'institut Carnot TSN, cette plateforme est rattachée au groupement d'intérêt scientifique (GIS) Marsouin, qui regroupe les universités et grandes écoles bretonnes et se concentre sur les transformations numériques et leurs implications sociales, économiques et professionnelles.

OMNI aide industriels et collectivités territoriales à identifier les enjeux auxquels ils sont confrontés et à y répondre. Pour cela, elle réalise des enquêtes quantitatives (questionnaires) et qualitatives (entretiens, observations) dont les résultats sont analysés statistiquement pour produire des résultats scientifiquement valides.

Les données brutes collectées sont publiées en respectant les normes de l'open data pour favoriser leur utilisation dans la recherche et la formation.

Afin de suivre les changements rapides des usages numériques, OMNI maintient un dialogue constant avec ses partenaires pour définir les problématiques pertinentes et améliorer ses méthodes de collecte et d'analyse de données.

Mesure et analyse de l'impact des usages du numérique et de l'innovation



le réseau Carnot

LA PLUS PUISSANTE OFFRE DE RECHERCHE POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

Les instituts Carnot sont des structures labellisées par le ministère de la recherche, pour leur capacité reconnue à développer des partenariats de recherche et favoriser les transferts de technologies avec les acteurs socio-économiques, notamment les entreprises, de la PME au grand groupe. Forts de leur très haut niveau scientifique et de leur professionnalisme, les Carnot forment un réseau unique de 39 structures de recherche publique française engagées en faveur de la recherche partenariale. Leur action répond aux besoins en R&D des différents secteurs d'activité, favorisant ainsi la relance et la souveraineté économique de la France par l'innovation.



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.

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. En outre, les Carnot participent, conjointement avec leurs partenaires du monde socio-économique, à de nombreux projets de R&D collaborative dans le cadre des programmes européens ou des programmes thématiques de l'ANR, des pôles de compétitivité, etc.

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

l'équipe Carnot TSN

INSTITUT MINES-TÉLÉCOM



François Pineau
Directeur de l'institut Carnot TSN
Directeur de projet marketing
stratégique et veille technologique
IMT
francois.pineau@imt.fr

01 75 31 41 62



Laurent Ebner Chargé de partenariats industriels et marketing stratégiquelaurent.ebner@imt.fr

O1 75 31 41 47

India Senouci
Responsable communication
india.senouci@imt.fr
01 75 31 40 10

Stéphanie Aubin Responsable gestion stephanie.aubin@imt.fr 0175 31 40 08

ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Route de Saclay 91120 Palaiseau

Séverine Pillet Cheffe de service Valorisation de la recherche severine.pillet@polytechnique.edu 01 69 33 40 11

ENSTA PARIS

828 bd des Maréchaux 91120 Palaiseau

Laurent El Kaïm Directeur adjoint de la formation et de la recherche laurent.kaim@ensta-paris.fr 01 81 87 20 20

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 Professeur

grazia.cecere@imt-bs.eu 0160764784

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

chritophe.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

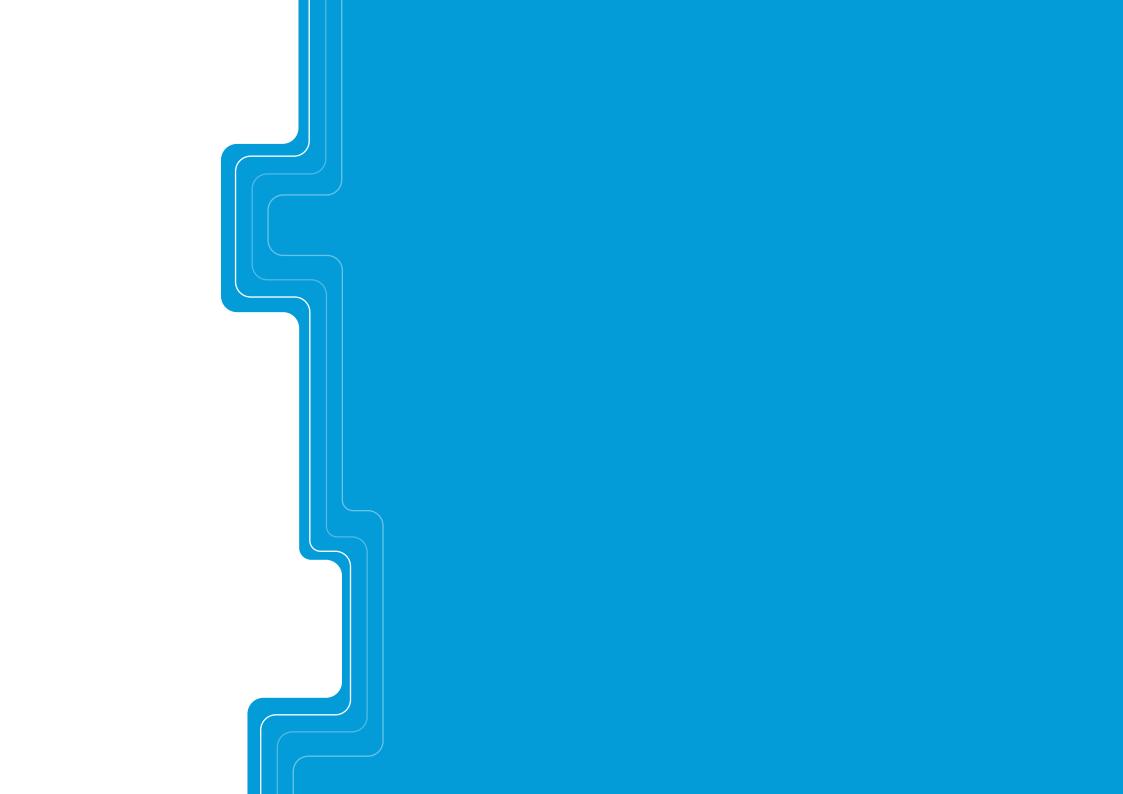
STRATE, ÉCOLE DE DESIGN

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 Perey CS 20031 91123 Palaiseau

www.carnot-tsn.fr