

**list**  
cea tech



# ESSENTIEL 2018



université  
PARIS-SACLAY

Basé à Saclay en Essonne, le CEA LIST 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 annuellement à la compétitivité de plus de 200 partenaires industriels de toutes tailles et de tous secteurs, sur des thématiques à forts enjeux économiques et sociétaux : usine du futur, intelligence artificielle, systèmes cyberphysiques et santé numérique.

Le LIST est labellisé Institut Carnot Technologies Numériques@UPSaclay (TN@UPSaclay).



[www-list.cea.fr](http://www-list.cea.fr)

**03**

Édito : entretien avec Jean-Noël Patillon

**04**

Le LIST, accélérateur de futur numérique

**05**

Label Carnot, un gage d'excellence

**06**

Les partenariats, cœur d'innovation

**08**

Ça s'est passé en 2018

**10 > 19**

4 programmes pour réinventer l'innovation

**20**

Les start-up, des facilitateurs de transferts industriels

**22**

3 grands projets, une ambition internationale

“ Le foisonnement et la diversité des thématiques explorées par nos équipes constituent un écosystème unique.

**2018** fut une année de confirmation pour le LIST. Confirmation de la qualité de nos travaux, par l'évaluation HCERES venue récompenser cinq ans de travaux de recherche technologique. Confirmation de la pertinence de notre positionnement à l'interface entre fournisseurs de technologies et industriels, qui se traduit par un nombre croissant de partenariats visant à accélérer l'innovation numérique en France. Avec cette année une tendance accrue à la co-localisation des développements sur nos sites: projets à court terme, au sein du Digital Experience Center de Siemens dédié au *manufacturing* d'applications, ou à plus long terme, via notre partenariat avec le groupe Total sur son volet Intelligence Artificielle.



**JEAN-NOËL PATILLON**  
Directeur de l'institut CEA LIST

**L'Intelligence Artificielle est, de fait, au cœur des enjeux d'évolution sociétale**, comme l'a démontré le lancement par le Président de la République de la stratégie nationale *AI for Humanity*, le 29 mars 2018. À cette ambition de faire de la France un leader du domaine, le LIST apporte sa montée en compétences dans l'Intelligence Artificielle pour l'industrie et ses spécificités de précision, de fiabilité et de sécurité. S'appuyant sur les partenariats et programmes initiés par ses membres, et notamment le CEA LIST, DigiHall a été labellisé en 2018 Centre de compétences en Intelligence Artificielle pour la robotique. Une étape prometteuse pour la sélection de DIGIHALL comme Digital Innovation Hub (DIH) en Intelligence Artificielle.

**La dynamique internationale de numérisation de l'industrie, illustrée par le nouveau programme Digital Europe**, assure au LIST une visibilité croissante aux côtés des PME françaises. Notre offre de R&D

contribue à renforcer leur capacité de réponse aux besoins des grands donneurs d'ordre. Au niveau international, comme en matière de cybersécurité, le LIST affirme son expertise avec en particulier la coordination de SPARTA, réseau de plus de 50 centres de compétences européens unis par une volonté commune de sécurisation des données numériques.

**La diversité de nos projets technologiques et de nos programmes scientifiques constitue un cadre attractif pour les chercheurs**, qui peuvent mener des projets stimulants de l'émergence d'une idée jusqu'à sa concrétisation matérielle.

Une approche holistique augmentée par notre complémentarité avec les autres instituts du CEA, comme le Leti dédié aux micro et nanotechnologies. Cette forte transversalité, couplée à la culture industrielle de ses ingénieurs-chercheurs, confère au LIST une capacité unique à relever les enjeux des années à venir. De la conception d'une nouvelle génération d'Intelligence Artificielle bio-inspirées à l'intégration de systèmes robotiques collaboratifs au cœur des usines, les innovations présentées au fil des pages de cet Essentiel 2018 sont à l'image de l'investissement du LIST, au service de la transformation numérique et des hommes qui la concrétisent.



# LE LIST

## accélérateur du futur numérique

Le CEA LIST développe des solutions numériques de rupture, adaptées aux besoins des acteurs industriels, dans une approche d'écosystème.

### L'innovation ouverte

Fer de lance du CEA pour la transition numérique, le Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies (LIST) se dédie exclusivement à la R&D sur les systèmes numériques intelligents. Notre ambition : réaliser des innovations de rupture en vue de moderniser la production industrielle et de développer les applications de l'Intelligence Artificielle au service de l'humain, en toute sécurité.

### Cultiver l'excellence

Labellisé Institut Carnot TN@UPSaclay, le LIST développe des expertises et savoir-faire reconnus à l'échelle mondiale. Forts de leur connaissance de l'état de l'art et de leurs travaux régulièrement publiés dans des revues internationales de premier plan, nos 850 ingénieurs-chercheurs sont à même d'anticiper les besoins en matière d'innovation numérique et de breveter des technologies de rupture dans une large diversité de secteurs d'activités : manufacturing, mobilité, énergie, santé, cybersécurité...



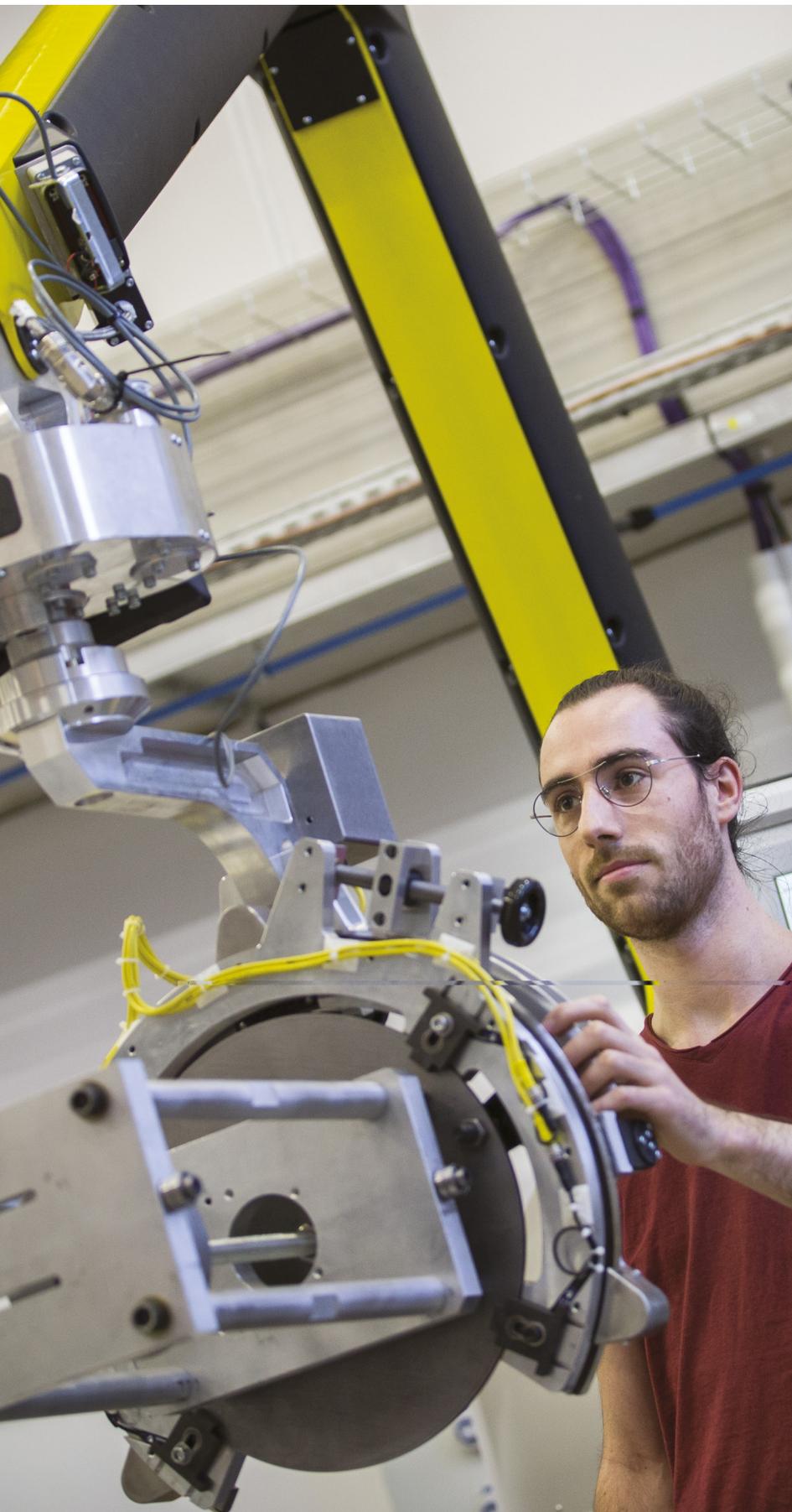
“ Le LIST lève des verrous technologiques afin de concevoir des technologies de rupture, améliorer des produits existants et perfectionner des procédés industriels.

### Créer de la valeur

Notre offre de R&D s'adresse aux entreprises de toute taille, de la PME au groupe international, dans une dynamique d'échanges et de transfert de technologies à forte valeur ajoutée. Nous accompagnons ainsi chaque année plus de 200 partenaires industriels sur des programmes à enjeux économiques et sociétaux majeurs.

### Inspirer des écosystèmes d'innovation

Notre philosophie de développement se matérialise par un écosystème en innovation ouverte, privilégiant les interactions entre partenaires, depuis les coopérations de recherche amont jusqu'aux projets finaux. Au niveau national, nous multiplions les partenariats stratégiques académique, collaboratif et industriel. À l'échelle internationale, nous sommes engagés dans plus de 200 projets européens de premier plan et renforçons notre présence hors CEE, en particulier aux États-Unis, via des programmes de grande envergure.



## LABEL CARNOT, UN GAGE D'EXCELLENCE

Le LIST est l'un des 29 instituts de recherche publique labellisés Carnot par le ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation : la garantie d'une excellence professionnelle, au service des industriels et de leur compétitivité.

Créé en 2006, le réseau des instituts Carnot a pour vocation de faciliter la recherche partenariale entre les laboratoires publics et les entreprises ou acteurs sociaux-économiques. Ces derniers peuvent ainsi innover, ouvrir de nouveaux marchés nationaux ou internationaux et créer de l'emploi.

Attribué selon un processus rigoureux et reconductible tous les 4 ans, cette reconnaissance nationale a été attribuée trois fois au LIST (2006, 2011, 2016), labellisé Institut Carnot Technologies Numériques @ Université Paris-Saclay (TN@UPSaclay).





# LES PARTENARIATS

## cœur d'innovation

**Le LIST développe et déploie des technologies conçues pour apporter de la valeur ajoutée aux entreprises de toutes tailles et de tous secteurs.**

**N**otre stratégie repose sur la mise au point de briques technologiques génériques, servant de support au déploiement de solutions personnalisées, adaptées aux besoins spécifiques de chacun de nos partenaires.

L'identification de ces briques est favorisée par nos rapports de proximité avec les systémiers intégrateurs et les fournisseurs de technologie, incluant les start-ups issues du LIST. À la clé : une vision privilégiée des besoins industriels, guidant l'adaptation des feuilles de routes sur lesquelles reposent nos programmes pour répondre précisément aux attentes actuelles et futures en matière d'innovation numérique.

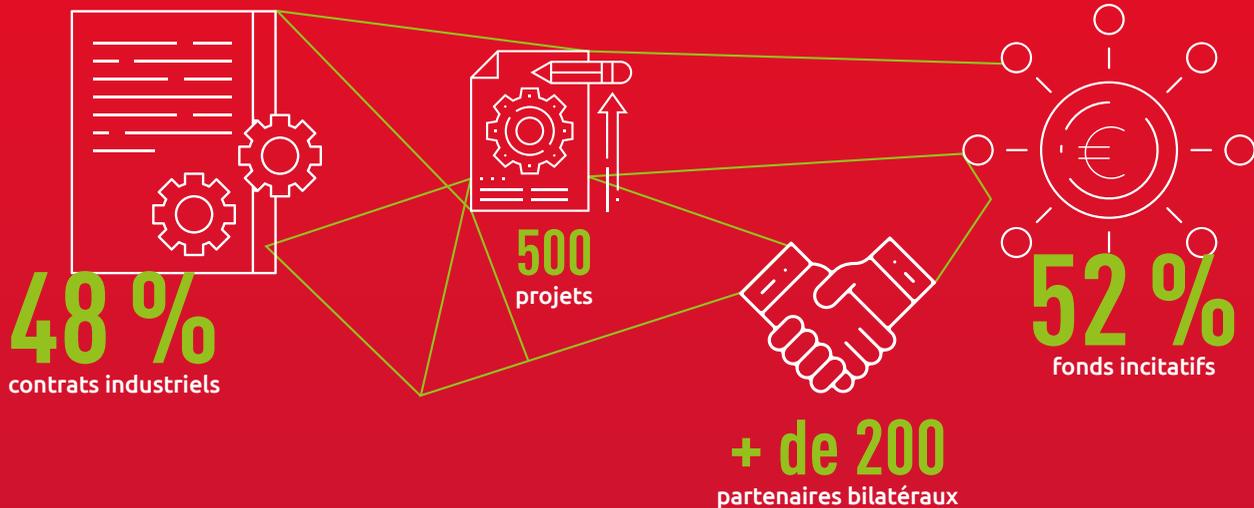
Les briques génériques ainsi développées sont alors déclinées dans les domaines applicatifs par nos partenaires industriels, qui bénéficient du retour d'expérience des intégrateurs pour une efficacité optimale de leurs solutions.



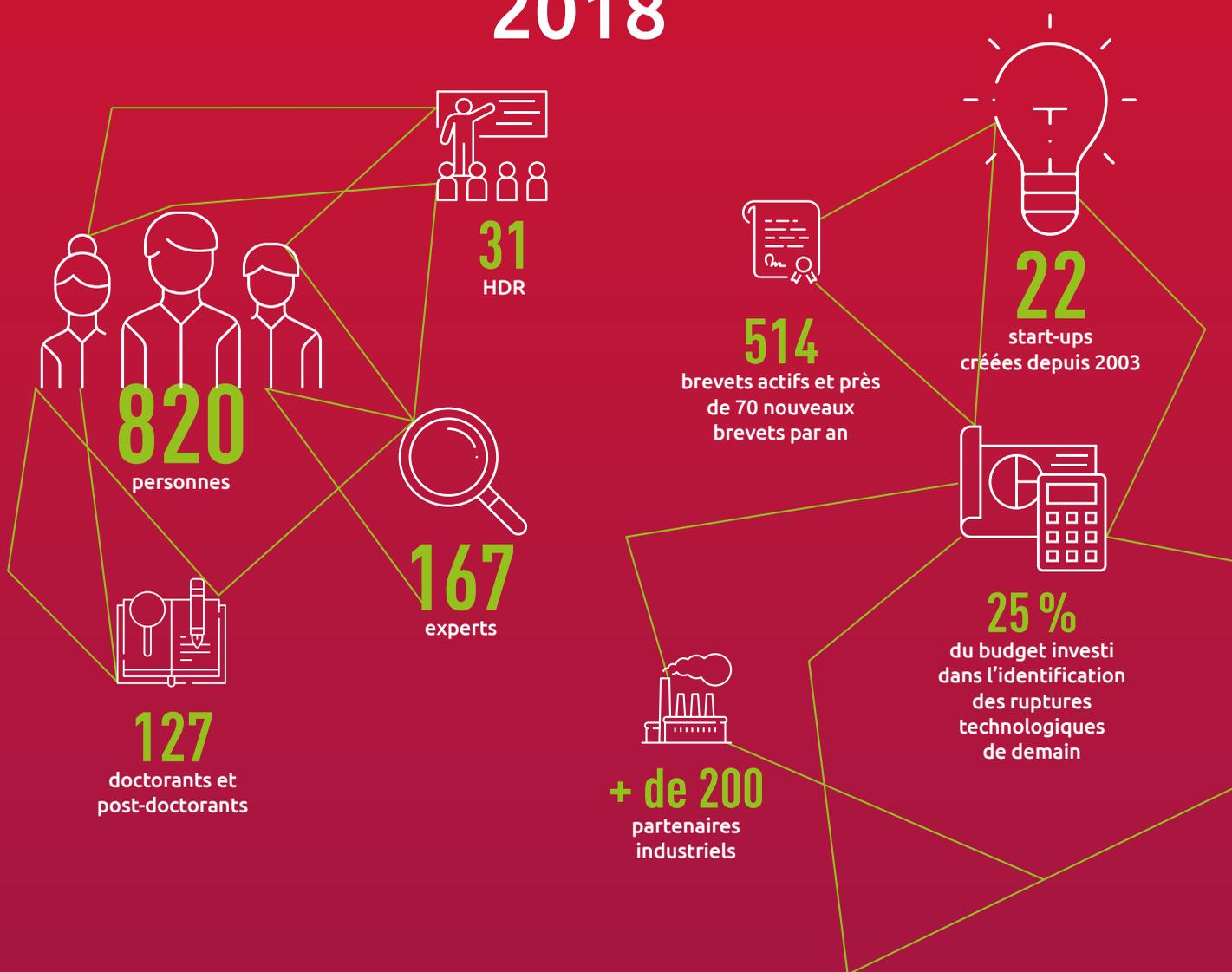
## NOS FORCES

- Un portefeuille de technologies génériques, protégées par des brevets et applicables à de nombreux domaines.
- Une approche intégrative, avec des solutions complètes, cohérentes et optimisées pour les entreprises partenaires.
- 20 plateformes technologiques dotées d'équipements de pointe et capitalisant l'expertise autour des 4 programmes : l'usine du futur, l'intelligence artificielle, les systèmes cyberphysiques et la santé numérique.

“ Les start-ups, créées par les équipes du LIST ou ses partenaires, occupent une place de premier plan et en constante croissance dans la stratégie du LIST.



# CHIFFRES CLÉS 2018



ÇA S'EST PASSÉ EN

# 2018

Retour sur 10 événements marquants, qui ont fait entrer le futur dans notre quotidien.

19 FÉVRIER

## Exegis, accélérateur d'ingénierie des transports

Egis et le CEA annoncent le déploiement d'Exegis, un outil de management des contraintes de grands projets d'ingénierie des transports publics et ferroviaires, telle l'implantation d'une nouvelle ligne de métro. S'appuyant sur l'outil Papyrus du LIST, Exegis interface les outils de gestion usuels, de façon à fournir une maquette numérique globale du projet.



03 JANVIER

## Un labo sur l'Intelligence Artificielle pour analyser les vibrations des véhicules



CARFIT et le LIST créent un laboratoire commun pour développer des méthodes d'intelligence artificielle capables d'identifier les signes de défaillances mécaniques à partir des vibrations des voitures.

23 FÉVRIER

## La blockchain pour la confiance alimentaire

La start-up Connecting Food, en partenariat avec le LIST, lance une solution d'audit en temps réel des produits alimentaires, basée sur la blockchain. Objectif : renforcer la confiance des consommateurs grâce à cette technologie collaborative, transparente et sécurisée. L'utilisation de modèles d'incitation encourage les agriculteurs, premiers maillons de la chaîne, à renseigner au mieux le système.



15 MARS

## Une journée nationale pour la filière émergente du SHM

Digiteo Saclay accueille un événement dédié au *Structural Health Monitoring* (contrôle santé des structures) qui vise à rendre les structures « intelligentes » à l'aide de capteurs intégrés. Cette approche multidisciplinaire impacte tous les secteurs industriels (aéronautique, génie civil, énergie, ...) et participe aux enjeux actuels liés à la numérisation des process et à l'Intelligence Artificielle. La journée a permis d'initier la structuration d'une filière nationale, pour transformer les solutions innovantes déjà développées en succès industriels.



**27 MARS**

## Le MindSphere Center, fabrique d'IIoT

Siemens et le LIST célèbrent l'arrivée du MindSphere Center à Nano-INNOV, sur le campus Paris-Saclay. Cette plateforme d'innovation favorisera l'émergence d'un écosystème de partenaires développant des solutions numériques industrielles basées sur le système d'exploitation IIoT MindSphere de Siemens.

**16 AVRIL**

## L'Intelligence Artificielle optimise le parcours de santé personnalisé

L'entreprise ALICANTE s'associe aux équipes de recherche en Intelligence Artificielle du LIST pour renforcer l'offre de sa plate-forme Inquia de valorisation des données hospitalières en santé humaine et animale. La solution optimisée permettra aux praticiens de gérer des prises en charge personnalisées dans le cadre de parcours de santé, même complexes.

**12 JUILLET**

## Une base de données nationale sur le diabète

Le consortium M4P lance Diatabase, projet national de constitution d'une base de données cliniques sur le diabète dans le cadre des Investissements d'Avenir. Objectif: améliorer la prise en charge et les recherches menées sur cette pathologie qui concerne 3,7 millions de personnes en France. Le LIST y contribue via ses compétences en analyse sémantique des données non structurées et leur exploitation.

**30 MARS**

## Un bus pionnier pour le garage intelligent

Première en Europe: le groupe RATP, le LIST et IVECO Bus réalisent une démonstration de garage pleinement autonome d'un bus en « situation réelle ». Cette expérimentation s'inscrit dans le programme de recherche European Bus System of the Future 2 (EBSF\_2) lancé en 2015 et co-financé par l'Union européenne.

Plus d'informations en page 13.

**22 MAI**

## DigiHall Day au rendez-vous de l'innovation numérique

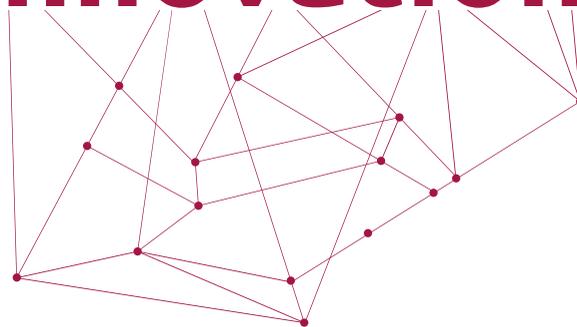
Rassemblant pour la première fois tous les partenaires de DigiHall, les DigiHall Days organisés par le LIST ont attiré plus de 1200 décideurs, industriels et académiques autour de 130 démonstrateurs technologiques répartis sur 2000 m<sup>2</sup> d'exposition. À la clé: l'opportunité de découvrir les dernières innovations numériques à Paris-Saclay et notamment les nouveaux espaces dédiés à l'innovation ouverte, tels que TheDesignSpot, FactoryLab et Additive Factory Hub.

**24-25-26 OCTOBRE**

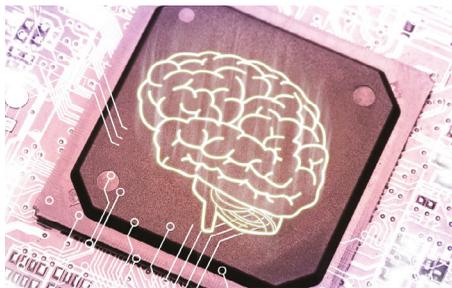
## Hcéres: une évaluation très favorable

Le List a été évalué par le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur. Son rapport, particulièrement élogieux, souligne la réussite du List dans ses projets au service de l'industrie (transport, santé, sécurité, défense...). L'évaluation atteste également de sa performance contractuelle sur les projets nationaux et européens, à l'interface des mondes académique et industriel.

# programmes pour réinventer l'innovation



## L'intelligence artificielle



**Analyser et traiter en temps réel les données numériques et offrir des services novateurs, couvrant l'ensemble des domaines industriels.**

Nos solutions d'Intelligence Artificielle reposent entre autre sur des algorithmes de *deep learning*, visant le déploiement de technologies allant des capteurs innovants à l'interaction Homme-Système, en passant par les outils de gestion du big data. Les interactions multimodales mises en place par nos équipes favorisent une affinité « naturelle » entre l'individu et le système, pour mieux harmoniser le triptyque Homme-Information-Environnement.



## Les systèmes cyberphysiques



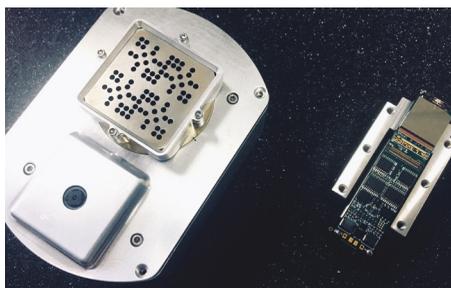
**Anticiper les besoins en matière de systèmes embarqués intelligents, d'architectures numériques dédiées et de cybersécurité.**

Les systèmes cyberphysiques se caractérisent par la capture d'un flux de données et des niveaux de connectivité interne et externe toujours plus performants. Distribuées, communicantes et évolutives, les technologies développées par le LIST répondent aux grands enjeux de sécurisation des données et d'efficacité économique imposés par un domaine en perpétuel mouvement.

**La stratégie du LIST repose sur sa capacité à offrir des solutions innovantes, adaptées aux besoins de chacun de ses partenaires. Une ambition qui s'appuie sur 20 plateformes technologiques qui capitalisent compétences et savoir-faire, et 4 grands programmes : Usine du futur, Intelligence artificielle, Systèmes cyberphysiques et Santé numérique.**



## Usine du futur

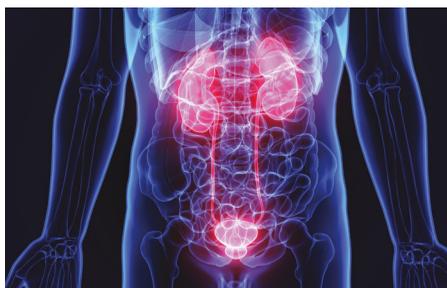


### **Aider les industriels à produire avec plus d'agilité, de performance et de qualité.**

L'optimisation de la production, sous toutes ses formes, permet de répondre aux impératifs industriels de compétitivité dans un environnement mondial toujours plus concurrentiel. Notre recherche se structure autour de technologies d'assistance physique et cognitive aux phases de conception/production des industriels, de simulation et d'optimisation de la production – le jumeau numérique – mais également de sécurisation et d'ergonomie de l'environnement de travail.

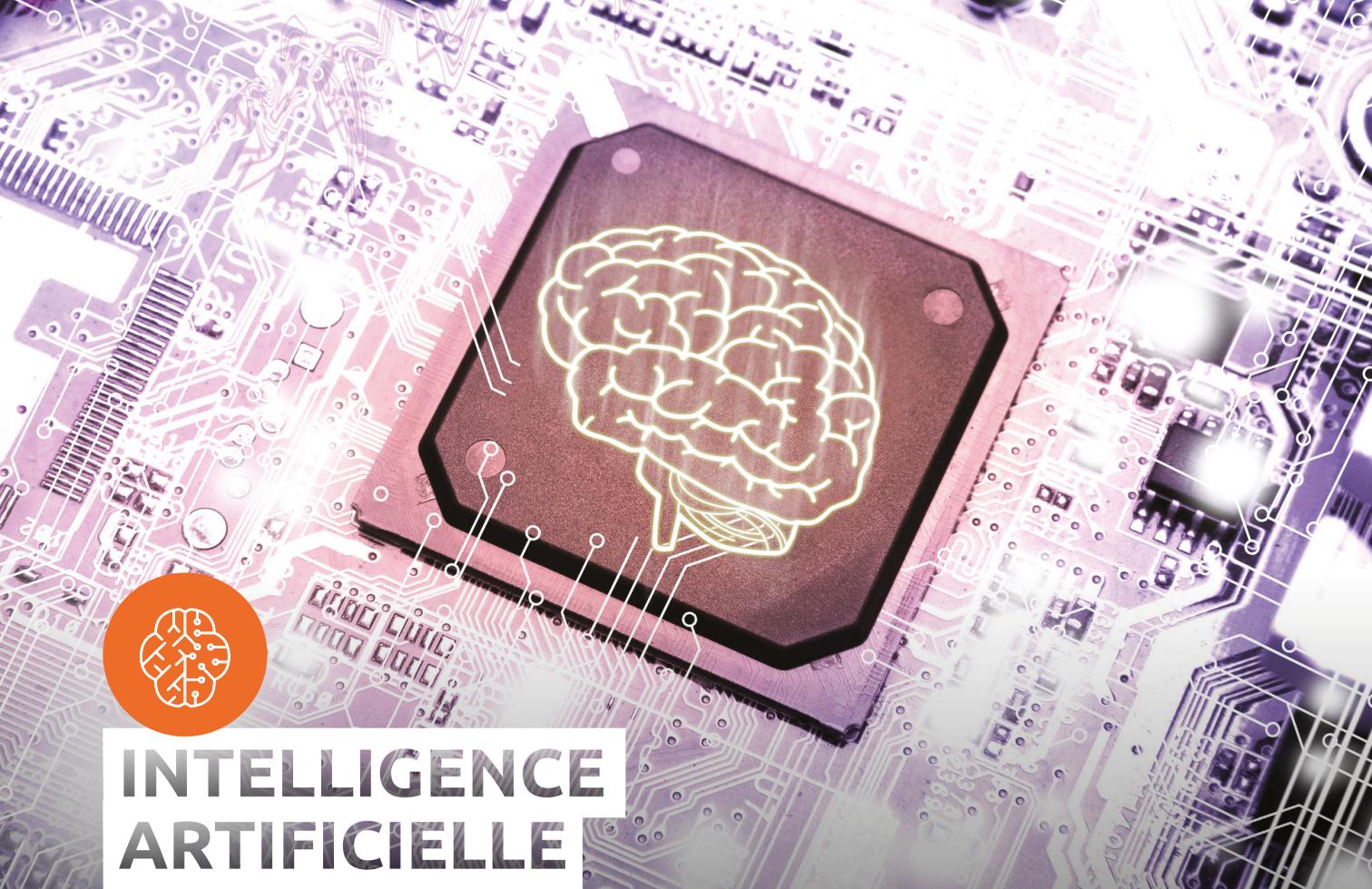


## La santé numérique



### **Personnaliser et optimiser les parcours de santé.**

Le LIST met ses expertises et savoir-faire au service de la santé numérique, au travers de l'intelligence artificielle, des systèmes interactifs et des technologies de simulation et de modélisation de dose en imagerie et radiothérapie. L'exigence de maîtrise des dispositifs médicaux et les innovations récentes dans le domaine de la radiothérapie ont notamment mené à la création d'une plateforme R&D dédiée : DOSEO.



# INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

## ➔ À LA UNE

### DEEP MANTA : UN REGARD ÉCLAIRÉ POUR LES VÉHICULES AUTONOMES

« *Deep Manta s'inscrit dans l'une des promesses de l'Intelligence Artificielle : développer des véhicules totalement autonomes, par délégation de perception visuelle du conducteur* » explique Stéphane David, ingénieur-chercheur. Algorithme breveté d'apprentissage profond multi-tâche, Deep Manta est capable d'identifier et localiser en temps réel les objets présents sur une scène (voitures, camions, 2 roues, piétons, signalisation...), de façon à anticiper l'espace de manœuvrabilité et la trajectoire sécurisée la plus fluide possible – comme en taxi. « *Ses principaux atouts ? Rapidité, fiabilité et frugalité ! Son architecture « tout-en-un » nécessite beaucoup moins de puissance de traitement que les solutions utilisant un algorithme par tâche. De quoi répondre aux impératifs d'optimisation de taille et de consommation des systèmes embarqués pour véhicules autonomes.* » Au-delà de son partenariat phare avec l'équipementier Valeo, les performances de Deep Manta intéressent de nombreux acteurs de la mobilité : des transports ferroviaires et urbains jusqu'à la smart city, avec ses besoins de captage/comptage pour alimenter les métriques de la ville et l'optimisation de ses flux. —

“ Deep Manta s'inscrit dans l'une des promesses de l'Intelligence Artificielle : développer des véhicules totalement autonomes, par délégation de perception visuelle du conducteur.



RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ  
DES FAITS MARQUANTS 2018  
SUR [WWW-LIST.CEA.FR](http://WWW-LIST.CEA.FR)



**LE GROUPE RATP,  
LE CEA ET IVECO BUS**

En partenariat avec la RATP et IVECO, le LIST a développé un système de navigation autonome permettant à un bus de se garer sans la moindre intervention humaine dans un environnement non protégé. La localisation du véhicule se fait par SLAM visuel et reconnaissance de marquages s'appuyant sur un algorithme d'apprentissage profond. La navigation « intelligente » est assurée par commande prédictive avec fusion de données multi-capteurs, afin de garantir la précision des trajectoires au centimètre près. Une démonstration a été réalisée devant des professionnels et la presse en mars 2018, mettant en exergue la capacité du LIST à créer l'innovation dans le manufacturing avancé et le transport. —



**NEUROSPIKE, OPTIMISATEUR  
DE NEURONES IMPULSIONNELS**

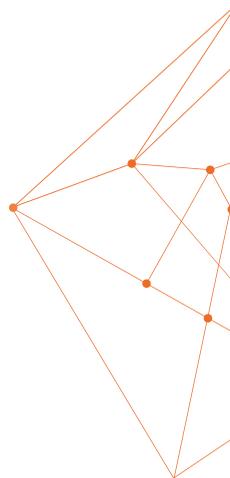
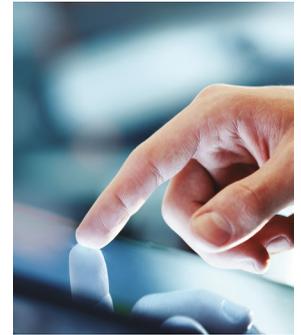
Les réseaux de neurones conventionnels (CNN) sont au cœur des nouvelles méthodes de traitement des images en deux dimensions. Les neurones codés selon un modèle formel se révélant énergivores, le LIST en collaboration avec le Leti s'est tourné vers une méthode plus frugale : le codage impulsionnel. Une chaîne matérielle de transposition du formel vers l'impulsionnel a ainsi été créée, ainsi qu'une architecture dédiée : Neurospike, premier calculateur capable d'implémenter un CNN impulsionnel dans son intégralité. 4 fois plus rapide et consommant 11 fois moins d'énergie que les architectures à impulsion actuelles, Neurospike ouvre la voie à des alternatives compétitives aux CNN standards. —

—

 Pour plus d'informations rendez-vous sur [www-list.cea.fr](http://www-list.cea.fr)

**RETOUR HAPTIQUE LOCALISÉ  
POUR ÉCRANS HAUTE  
SENSIBILITÉ**

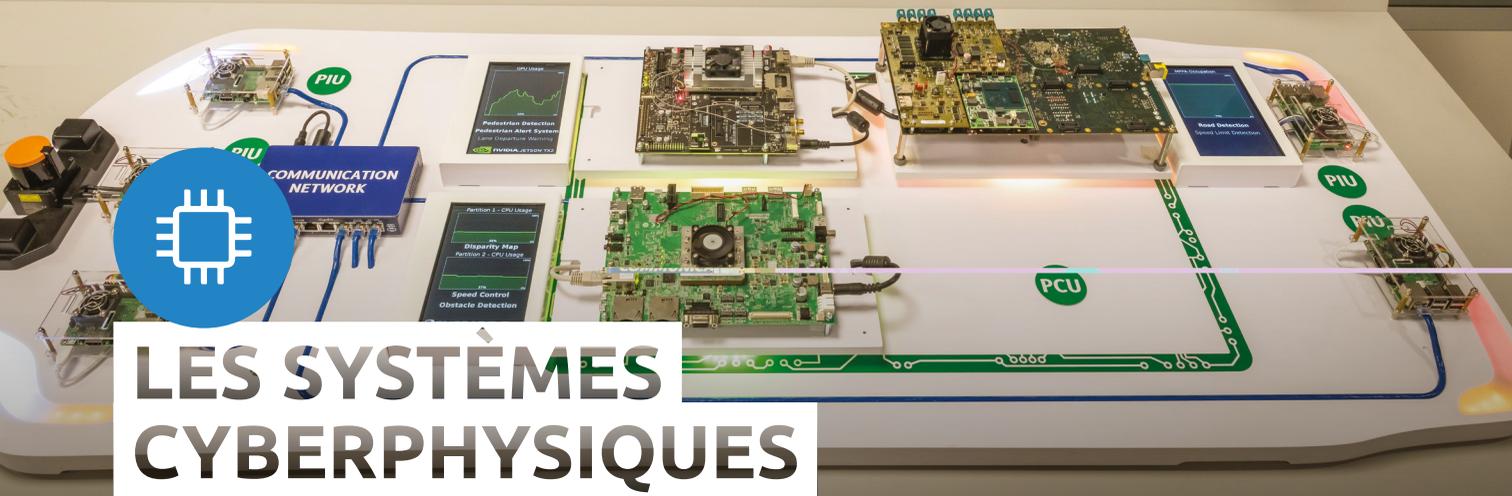
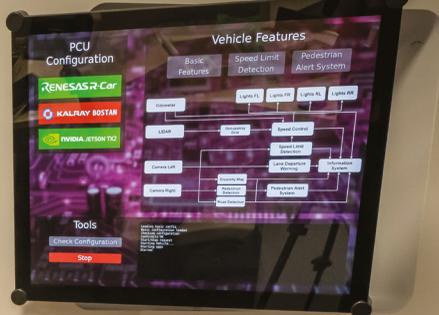
Les écrans tactiles actuels procurent un retour sensitif « global », sous forme de vibrations diffuses. Un manque de finesse que le LIST a surmonté en utilisant le principe de focalisation des ondes par retournement temporel pour générer des signaux sensitifs localisés d'une grande précision. Le retour sensoriel, fin, précis et modulable, offre des sensations tactiles capables de simuler, par exemple, un bouton virtuel sans nécessiter de regarder l'écran. Ce concept innovant repose sur des actionneurs piézo-électriques positionnés autour de l'écran et capables de produire des impulsions se déplaçant rapidement et en continu, à chaque point de contact. —



**UN RÉSEAU SANS FIL MULTIMODAL  
« TOUT TERRAIN »**

“ Comment assurer une télécommunication haut débit performante sur un chantier de très grande taille, évolutif et peu adapté à la connectivité cellulaire ?

Cette interrogation de l'un de ses partenaires industriels a incité le LIST à concevoir un réseau sans fil multimodal flexible et évolutif. Les routeurs multi-protocoles sont positionnés à des emplacements stratégiques et Néon, la solution logicielle embarquée, crée les interconnexions entre boîtiers et optimise l'acheminement du trafic en déterminant la connectivité la plus adaptée à chaque instant : 4G, WiFi, Li-Fi, Ethernet... Première réalisation du LIST en matière de maillage multimodal, le projet pourra s'appliquer à d'autres secteurs industriels. —



## ➔ À LA UNE

### AUTOMOBILE : FAIRE RIMER ESPACE ET AUTONOMIE

Problème récurrent des prototypes de voitures autonomes actuelles : une prolifération de capteurs et de calculateurs non-interopérables, créant un système très complexe. « Implanter un tel système sur des véhicules de tourisme n'est pas envisageable sans une refonte de l'architecture électronique, à l'origine du projet Face », explique Maroun Ojail, ingénieur-chercheur. « Conçu en partenariat avec Renault-Nissan-Mitsubishi, Face a pour objectif d'équiper l'ensemble de leurs véhicules d'une nouvelle architecture électrique/électronique (E/E) d'ici 2020. » Le principe technologique consiste à simplifier le système embarqué en créant une nouvelle plateforme adaptée à l'existant, mais également modulaire afin

d'assurer la compatibilité avec les futurs services à la carte et des fonctionnalités innovantes. « Le projet repose sur les savoir-faire du LIST en matière de logiciels critiques, de processeurs et de réseaux, qui ont permis de concevoir une nouvelle architecture E/E basée sur un ordinateur central relié à des ordinateurs secondaires collectant les informations depuis les capteurs (caméras, lidars, radars...) et les actionneurs (moteur, airbag, freins...) ». Cette architecture originale réduit significativement la quantité de calculateurs embarqués, facilite la conception et la mise en œuvre électronique des véhicules autonomes et prépare une mutation profonde de l'industrie automobile. —

“ Le projet repose sur les savoir-faire du LIST en matière de logiciels critiques, de processeurs et de réseaux.



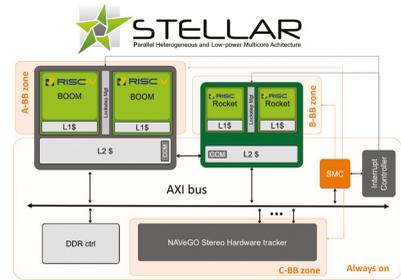
RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ DES FAITS MARQUANTS 2018 SUR [WWW-LIST.CEA.FR](http://WWW-LIST.CEA.FR)



## RÉVOLUTION DIAGNOSTIC POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

De la collaboration LIST-Nexans est né Cable-Diag, une solution de détection des défauts sur les réseaux électriques moyenne tension (20 kV). Le principe: adapter la technique de retournement temporel à l'écoute passive des câbles électriques, afin d'identifier et localiser les perturbations significatives. Un prototype, composé de capteurs spécifiques couplés à un algorithme accélérant le traitement des données, a été testé en « grande nature ». La précision (0,1 %) et la rapidité (< 1 mn vs plusieurs heures auparavant)

des analyses confirment l'efficacité d'une technologie susceptible de révolutionner la maintenance des réseaux d'énergie via la caractérisation et la prise en charge précoce des défauts. —



## PLATEFORME HIGH-TECH POUR NAVIGATION PIÉTONNE EMBARQUÉE

Les futures applications embarquées innovantes, tel que le positionnement d'un utilisateur par analyse d'image, requièrent un traitement des données à la fois rapide et peu énergivore. Un double impératif auquel répond l'architecture de calcul STELLAR développée par le LIST dans le cadre du projet européen Things2DO.

L'utilisation de cœurs de processeurs hétérogènes open source RISC-V permet d'alterner entre « haute performance » et « basse consommation d'énergie » selon les besoins du système. Une solution conçue au LIST surveille la plateforme et gère en ligne la bascule des tâches ainsi que les tensions/fréquences des différentes zones du circuit, assurant une efficacité optimale. Des accélérateurs matériels spécifiques peuvent être ajoutés pour optimiser l'efficacité énergétique de certains traitements. Une première application intégrée à des lunettes intelligentes a été réalisée en collaboration avec l'IGN, confirmant le potentiel du dispositif pour la navigation piétonne. —

## DES CPE À BASE DE BLOCKCHAIN

Les Contrats de Performance Énergétique (CPE) liés à l'efficacité énergétique des bâtiments peinent à convaincre les utilisateurs, en raison de la complexité des algorithmes d'estimation de performance et du manque de visibilité sur les données utilisées et leur traitement.

L'enjeu socio-économique a poussé Veolia à requérir l'expertise numérique du LIST, qui a développé une solution originale basée sur la technologie Blockchain pour offrir des garanties de confiance aux utilisateurs: les données originales et qualifiées ainsi que les contrats sont immuables, et sont également consultables et auditables par des intervenants externes. Le prototype est en cours de validation sur un « site témoin » Veolia, avant potentiel déploiement à plus vaste échelle. —



[www-list.cea.fr](http://www-list.cea.fr) Pour plus d'informations rendez-vous sur [www-list.cea.fr](http://www-list.cea.fr)

## RAISONNEMENTS AUTOMATISÉS POUR LES VÉRIFICATIONS DE CYBERSÉCURITÉ LOGICIELLE

Élément clé de la certification de cybersécurité, l'évaluation de la résistance aux attaques demande un travail toujours plus complexe et minutieux pour les experts. Afin de faciliter leur tâche, le LIST prototype une méthodologie d'automatisation des phases d'analyse des logiciels, reposant sur le raisonnement logique automatisé et des formes d'IA symboliques. Capable de caractériser exhaustivement des classes entières de vulnérabilités de codes, ce qui lui a valu deux récompenses par le NIST, la plateforme d'analyse Frama-C a fait la

preuve de son adaptabilité aux exigences métiers d'un secteur de haute technicité. Exploitée par le CEA pour ses besoins propres, elle a permis d'instaurer des échanges scientifiques avec l'ANSSI et de créer un laboratoire commun avec Thales. Son ambition à terme: accompagner au quotidien les équipes de pré-certification ou de certification. —





## USINE DU FUTUR

### ➔ À LA UNE

## NANOPIX, LA PLUS PETITE CAMÉRA GAMMA DU MONDE

Son partenariat avec ORANO a mené le LIST à développer un nouvel outil technologique de pointe : une version miniaturisée de sa caméra gamma GAMPPIX, destinée à la visualisation à distance de points de contamination radiologique. « Deux fois plus petite (8x5 cm) et dix fois moins lourde (268 g) que sa "grande sœur", Nanopix est la plus petite caméra gamma du monde. Elle va notamment équiper des endoscopes capables de passer dans des trous inférieurs à 8 centimètres et ainsi faciliter la cartographie à distance de cellules blindées fortement contaminées, situées sur le site de La Hague » explique Vincent Schoepff, ingénieur-chercheur.

La diminution de moitié des dimensions de l'électronique de mesure a été rendue possible grâce à la collaboration avec l'Institut de

Physique Expérimentale et Appliquée de l'Université Technique Tchèque et la société X-Ray Imaging Europe. « Des expérimentations *in situ* ont confirmé des performances similaires au modèle de format supérieur, assurant la localisation d'une gamme de radioéléments émetteurs de rayonnements gamma couvrant la plupart des besoins de l'industrie nucléaire. » Des améliorations du système (intelligence embarquée, automatisation des mesures, alimentation autonome...) permettront à terme une intégration facilitée sur d'autres outils des équipes ORANO, notamment les robots et les drones. —

**2x**  
plus petite  
que GAMPPIX  
(8x5 cm)

**10x**  
moins lourde  
que GAMPPIX  
(268 g)



RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ DES FAITS  
MARQUANTS 2018 SUR [WWW-LIST.CEA.FR](http://WWW-LIST.CEA.FR)

## + D'ACTUS

### MODÉLISATION ÉLECTROMAGNÉTIQUE POUR ÉVALUATION DES ACIERS



Le suivi de l'état de la microstructure des aciers est indispensable dans de nombreux domaines industriels (énergie, production...) où l'altération de leurs propriétés mécaniques peut avoir des conséquences lourdes. Des méthodes électromagnétiques non destructives permettent de détecter, à l'échelle macroscopique, des modifications de l'état du matériau. Afin d'évaluer la sensibilité de ces méthodes et de les optimiser, le LIST a développé des outils de simulation s'appuyant sur une résolution numérique classique et une formulation semi-analytique originale permettant de calculer l'impact d'une modification de la loi de comportement d'un acier sur la mesure électromagnétique. Leur intégration future à la plateforme logicielle CIVA favorisera le transfert vers l'industrie de ces solutions innovantes. —

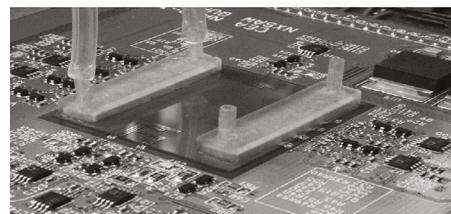


### SIMULATION NUCLÉAIRE EN RÉALITÉ VIRTUELLE

Outil pédagogique unique au monde, EVOC (Enhanced Virtual Open Core) reproduit le fonctionnement d'un réacteur nucléaire en réalité virtuelle. Présenté en juin 2018 à la World Nuclear Exposition, le dispositif repose sur un nouveau simulateur cinétique du fonctionnement d'un réacteur, couplé au simulateur multi-physique de réalité virtuelle du LIST, déjà utilisé par l'industrie. L'ensemble des phénomènes physiques d'un réacteur est restitué en temps réel dans le casque et sur les interfaces du pupitre de commande, pour une simulation d'un réalisme exceptionnel malgré la complexité de la scène. Une prouesse technologique qui ouvre la voie à des applications dans d'autres secteurs, tels l'aéronautique et la médecine. —



Retrouvez la vidéo complète sur : [https://www.youtube.com/watch?v=RoZL\\_OKBuE4&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=RoZL_OKBuE4&feature=youtu.be)



### CLOONEZ, «WHAT ELSE» DE LA DÉTECTION CHIMIQUE

Le projet transverse Essaim du LIST vise à développer un système complet pour la reconnaissance d'empreintes chimiques d'espèces volatiles via une approche multi-capteurs à ondes acoustiques de surface (SAWs). Ce contexte a notamment mené au développement d'une solution reposant sur des algorithmes novateurs : la suite logicielle ClooNEZ, implémentée sur PACT (Plateforme d'Accès aux Capteurs et Traitements). Un premier logiciel permet à ClooNEZ d'acquérir les données du réseau de SAWs et un second d'entraîner par *machine learning* différents modèles de reconnaissance des composés chimiques toxiques, afin d'optimiser leurs performances et de choisir le plus adapté à chaque situation. L'utilisation en temps réel du modèle sélectionné est gérée par un troisième et dernier logiciel. —

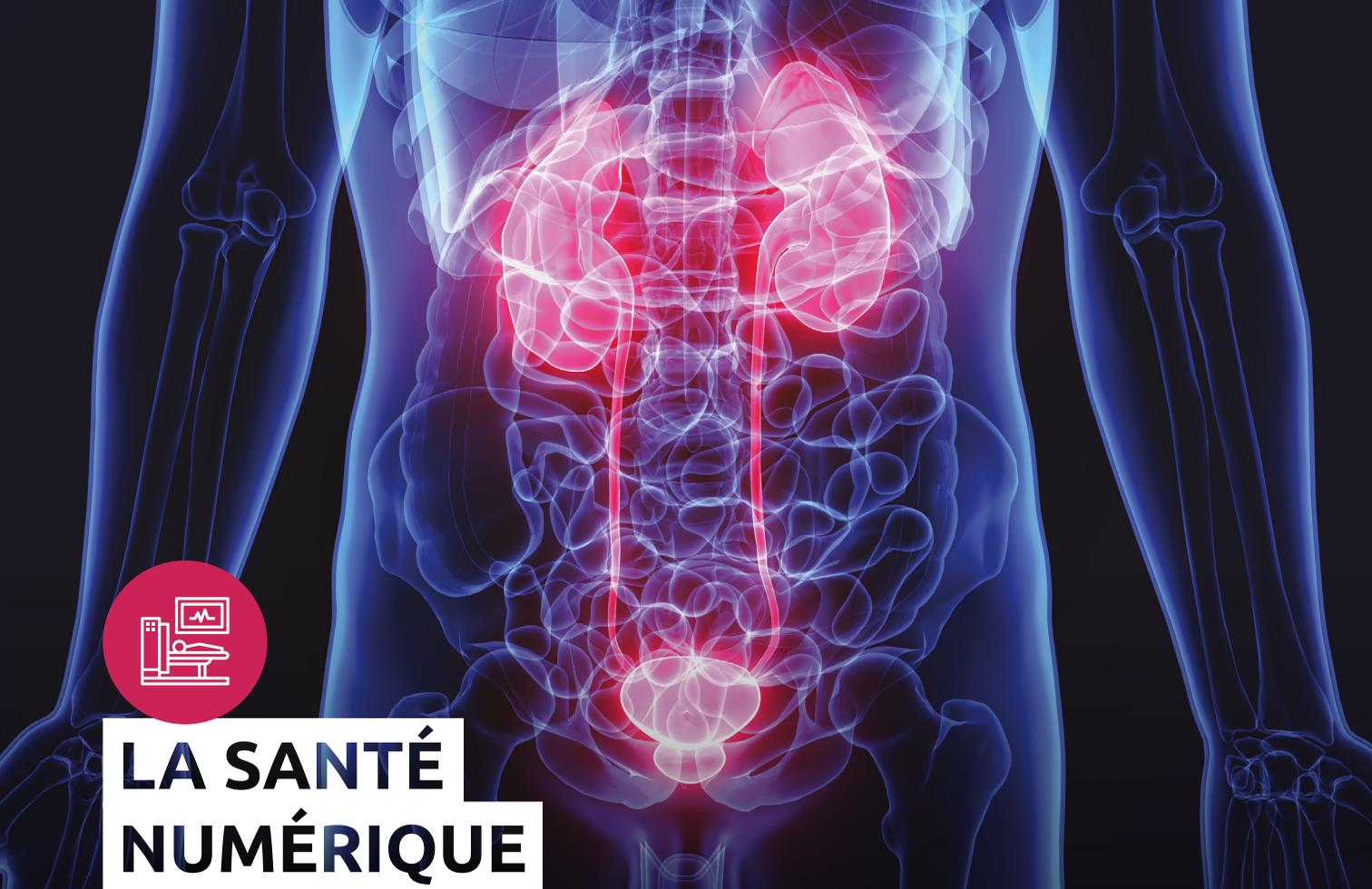
### ÉCOUTER LE BRUIT POUR INSPECTER LES TUYAUTERIES

En collaboration avec EDF, le LIST a initié un projet sur 3 ans visant à valider une méthode de monitoring de tuyauterie : la tomographie passive par ondes élastiques guidées. Deux couronnes de capteurs entourent la zone à contrôler, permettant de mesurer les ondes élastiques guidées qui se propagent naturellement dans la tuyauterie en raison de l'écoulement de fluide. À partir des signaux obtenus, une reconstruction 3D de la cartographie d'épaisseur des tubes par imagerie tomographique est alors réalisée. À terme, EDF et le LIST envisagent une instrumentation par réseau de Bragg sur fibre optique : un dispositif passif léger, peu intrusif et capable d'opérer en conditions extrêmes (température > 900°C, radiations...). —



Retrouvez l'article complet sur : [www.cea-tech.fr/cea-tech/Pages/cr\\_2019/ecouter-les-ecoulements-pour-surveiller-les-tuyauteries-manufacturing-avance.aspx](http://www.cea-tech.fr/cea-tech/Pages/cr_2019/ecouter-les-ecoulements-pour-surveiller-les-tuyauteries-manufacturing-avance.aspx)





# LA SANTÉ NUMÉRIQUE

## ➔ À LA UNE

### PRÉDIRE LE RISQUE DE REJET DE GREFFE RÉNALE PAR MACHINE LEARNING

La transplantation est le traitement « idéal » pour les patients atteints d'insuffisance rénale au stade terminal. Problème : le taux de rejet de greffon reste important et son diagnostic repose sur des biopsies invasives. « *Projet collaboratif international, BIOMARGIN apporte une alternative diagnostique non-invasive, via l'identification de signatures moléculaires spécifiques pour 3 types de rejets de greffe rénale : humorale, cellulaire ou liée à une fibrose interstitielle* » explique Stéphane Gazut, ingénieur-chercheur.

L'implication du LIST s'est matérialisée à travers ses technologies logicielles et statistiques : « *Nous avons développé une chaîne de traitement complète, intégrant une partie de machine learning, qui a permis de sélectionner les principaux marqueurs d'intérêt à partir de l'analyse des nombreuses bases de données multiomiques (ARN, protéines, métabolites...) fournies par nos partenaires.* »

Le LIST a également conçu et validé des modèles prédictifs de rejet de greffon, reposant sur l'identification des signatures caractéristiques depuis des échantillons collectés via le sang ou les urines. —

“ Actuellement en cours d'évaluation clinique, ces modèles représentent des outils innovants d'aide au diagnostic qui pourraient dans un futur proche participer à améliorer la survie des patients transplantés.



RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ  
DES FAITS MARQUANTS 2018  
SUR [WWW-LIST.CEA.FR](http://WWW-LIST.CEA.FR)



## + D'ACTUS



### HIFU : BIEN SIMULER POUR MIEUX TRAITER

Approche mini-invasive novatrice, la thérapie par ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU) consiste à utiliser l'énergie d'un faisceau ultrasonore pour détruire des cellules ciblées sans endommager les tissus avoisinants.

En collaboration avec l'INSERM,

le LIST a mis au point CIVA-Healthcare, une plateforme de simulation capable d'estimer précisément la dose délivrée, et ainsi la lésion réalisée, en fonction du matériel, du protocole employé et des caractéristiques biologiques du patient.

Cette solution générique a été déclinée sous forme d'outil intégrable à FocalOne®, dispositif développé par EDAP-TMS pour le traitement du cancer de la prostate. Sa validation, en cours, assurera, à terme, des thérapies HIFU personnalisées en temps réel pour soigner le premier cancer de l'homme. —

### TOTALE CONFIDENTIALITÉ POUR LE DOSSIER SANTÉ EUROPÉEN

Projet international d'envergure, Kofindo a notamment pour objectif de sécuriser les mouvements de données médicales à travers l'Europe. Le LIST a dans ce contexte proposé une approche s'appuyant sur la cryptologie homomorphe, gage d'inviolabilité des informations durant les échanges comme le traitement. Un prototype de traduction en aveugle tournant sur Cingulata, environnement open source dédié au traitement des données chiffrées en homomorphe, a démontré la faisabilité, la rapidité et l'efficacité du concept. Ce prototype pourra servir de support au design et à l'implémentation d'autres cas d'usage. —

 Pour plus d'informations rendez-vous sur <https://github.com/CEA-LIST/Cingulata>



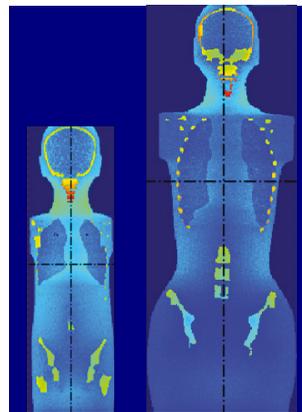
### MIEUX CONTRÔLER LA DOSE EN CURIETHÉRAPIE ÉLECTRONIQUE

Employée dans le traitement du cancer du sein, la Curiethérapie électronique peropératoire (insertion de tube à rayons X miniaturisé *in situ*) présente des avantages en termes de précision, de confort et de coût. En réponse aux recommandations HAS visant à garantir une meilleure précision des doses délivrées, le LIST a établi une référence dosimétrique indépendante pour le seul générateur disponible en France: Intrabeam®, de la société Zeiss. La méthodologie mise au point assure la reproduction à l'identique et la caractérisation du rayonnement photonique émis par l'applicateur. Transposable à tout appareil de radiothérapie peropératoire, le dispositif permettra aux services médicaux d'assurer eux-mêmes la traçabilité et la fiabilité des mesures, sans avoir à se reposer sur les seules données constructeurs. —



### NOUVEAUX INDICATEURS DE LA DOSIMÉTRIE PATIENT ET DE LA QUALITÉ IMAGE POUR OPTIMISER LES EXAMENS SCANNER

Les examens scanner à répétition peuvent exposer le patient à un risque futur, notamment de cancer radio-induit. La volonté de parvenir à réduire les doses sans nuire à la qualité diagnostique a mené le LIST à concevoir une approche innovante, autour de deux métriques performantes tirant parti des capacités des algorithmes modernes. La première est la distribution 3D de la dose reçue par le patient obtenue par une modélisation Monte-Carlo complète du scanner de la plateforme DOSEO. La seconde est la qualité image calculée à l'aide d'un modèle mathématique « observateur » de détection. L'emploi conjoint de ces deux métriques constitue les premiers éléments d'une méthodologie pour l'évaluation et l'optimisation des protocoles scanner. —



 Pour plus d'informations rendez-vous sur <http://www-list.cea.fr/medias/toute-l-actualite/2019/416-23-mai-2019-scanner-reduire-la-dose-sans-alterer-la-qualite-du-diagnostic>

# LES START-UP, des facilitateurs de transferts industriels

22 start-ups sont nées des travaux de recherches menés par le LIST.  
Portées pour la plupart par des chercheurs de l'Institut, elles ont créé plus de 300 emplois. Ces start-ups développent et commercialisent des solutions et services basés sur les technologies génériques du LIST. Elles facilitent ainsi le transfert des innovations et savoir-faire de l'Institut vers les entreprises.



Lauréate du Réseau Entreprendre Essonne 2018, Sport Quantum est spécialisée dans la conception de cibles électroniques. Sa technologie reposant sur des capteurs piézoélectriques permet de localiser un impact de projectile avec une précision de 100 microns. Emblème de la transformation numérique des sports de tir, Sport Quantum poursuit son développement à l'international et lance sa première campagne d'investissement participatif sur la plateforme Sowefund et auprès de *business angels*.



Connecting Food est une jeune pousse de 9 personnes dédiée à l'audit de la conformité alimentaire. Les étapes définies dans le cahier des charges client sont suivies en temps réel grâce à la blockchain, gage de confiance pour le consommateur. Après validation d'un prototype chez un géant de l'agroalimentaire, la solution « Live audit » est entrée en phase de commercialisation début 2018.



Tridimeo propose des solutions de vision 3D industrielle ultra-rapides afin d'automatiser des processus d'inspection qualité ou de guidage complexes. En 2018, Tridimeo a été lauréate du concours EIT Health « HeadStart/Proof of Concept » dans le cadre d'applications en dermatologie et télé-dermatologie et a remporté l'appel à projet Innov'Up Leader PIA financées par l'Etat et la Région Île-de-France, catégorie « industrie du futur » en septembre. La start-up a également reçu le trophée Incuballiance 2018 de la meilleure valorisation de la recherche publique.



WiseBIM propose des solutions d'Intelligence Artificielle pour la génération automatique de BIM (*Building Information Model*) 3D à partir de plans architecturaux, fédérant les acteurs du bâtiment autour de maquettes interopérables.

En 2018, WiseBIM a été Lauréat du concours NETVA (New Technology Venture Accelerator) organisé par Le Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, du Challenge RATP de Vivatech ainsi que d'un appel à projet EDF sur le démantèlement nucléaire.



Isybot conçoit des robots collaboratifs issus de la recherche du CEA. Ces cobots apportent compétitivité et attractivité sur des opérations manuelles réputées non automatisables, sans modification de l'environnement de travail. Partenaire de FactoryLab, Isybot a levé près d'un million d'euros en février 2018 auprès des fonds Calao Finance, CEA Investissement et Scientipole Capital. Ses premières commercialisations ont été réalisées auprès de Dassault Aviation et de la SNCF, équipée depuis fin 2018 de 2 bras cobots de ponçage.



Pionnier des processeurs dédiés aux nouveaux systèmes intelligents, Kalray a réalisé début 2018 une introduction en bourse récompensée par le prix Euronext, permettant une levée de fonds de près de 48 millions d'euros. La phase d'accélération commerciale se poursuit avec notamment un fort intérêt du marché automobile : en mai 2018, les solutions de Kalray sont intégrées dans le concept-car électrique autonome Symbioz® de Renault ; en septembre, la start-up accueille sur sa plateforme MPPA (« *Massively Parallel Processor Array* ») la solution Apollo développée par Baidu et destinée à la conduite autonome ; en décembre, elle rejoint la Fondation Autoware, visant à faciliter le déploiement des technologies pour véhicules autonomes.



Arcure est spécialisée dans le développement de capteurs intelligents, destinés à renforcer l'autonomie des engins industriels. Dix ans après le lancement de son premier prototype, la société a fêté la production de son 4000<sup>e</sup> Blaxtair, système embarqué de stéréovision pour la détection des piétons. 2018 a également vu le lancement d'Omega, sa nouvelle caméra stéréoscopique intelligente à destination des intégrateurs, capable de reconstruire en 3D et en temps réel l'environnement du capteur.

## ZOOM SUR CARFIT



Carfit développe une technologie de suivi en temps réel dans les voitures, afin de proposer un système de maintenance intelligent. La start-up a créé en 2018 un laboratoire commun avec le LIST, dédié au développement de méthodes d'intelligence artificielle pour identifier les signes de défaillances mécaniques révélées par les vibrations des voitures.

# 3 GRANDS PROJETS, une ambition internationale

Le LIST est partie prenante de projets de grande envergure.  
Des collaborations destinées à transformer les grands domaines industriels  
en profondeur et à déployer de nouvelles filières, sources d'expertise et de valorisation  
pour les partenaires, tant au niveau national qu'international.



## LE POUVOIR DE L'IMPRESSION 3D

**Inaugurée fin 2017**, la plateforme de recherche collaborative Additive Factory Hub (AFH), dédiée à la fabrication additive, développe, évalue et intègre les technologies portées par ses partenaires: chaîne numérique, matériaux, procédés (SLM et WAAM), IA, monitoring, CND et certification.

Située sur le plateau de Paris-Saclay, AFH rassemble en un lieu unique les moyens et les compétences requis pour mener une R&D plurisectorielle de pointe en fabrication additive. La plateforme favorise ainsi la recherche, la diffusion et la formation au service du développement de l'industrie française.

Une vingtaine d'acteurs industriels et académiques, dont ses 10 membres fondateurs, sont regroupés autour de 3 principales missions:

- ▶ franchir les jalons scientifiques et technologiques nécessaires à la compétitivité des partenaires industriels et au rayonnement scientifique et académique,
- ▶ démontrer la faisabilité et l'intérêt de la FA pour l'industrie,
- ▶ accompagner les PME franciliennes pour l'intégration de ces technologies.

15 équipements de fabrication additive sont prévus à terme, pour un investissement de 20 millions d'euros, avec le soutien de la région Île-de-France.

“ AFH permet au LIST de transposer ses technologies de contrôle non destructif et d'inspection en ligne à la fabrication additive, en lien étroit avec les autres instituts du CEA, notamment le Liten, dédié aux nouvelles technologies de l'énergie et aux nanomatériaux.



### Accélération en 3 dimensions

**Fin 2017:**  
soutien financier de la  
Région Île-de-France

**Septembre 2018:**  
Réception de la première  
imprimante 3D et réalisation  
du premier plateau

**Juillet 2018:**  
Signature de l'Accord  
de Consortium  
par 10 membres

**Octobre/novembre 2018:**  
Lancement des premiers  
projets, dont 2 pilotés  
par le LIST

**3 M€**  
de projets  
initiés

**20**  
partenaires

**5**  
études de faisabilité  
lancées

**9**  
nouveaux  
entrants

**5**  
projets  
d'innovation lancés



**FactoryLab**  
La communauté pour  
l'industrie du futur

## CATALYSEUR DE TRANSFORMATION INDUSTRIELLE

**Communauté d'acteurs industriels et académiques opéré par le LIST**, FactoryLab est un modèle d'échange et de mutualisation de ressources inter-filières, offrant à ses membres les moyens de répondre aux défis de l'industrie du futur.

Situé sur le plateau de Saclay, FactoryLab est un lieu de rencontres entre les utilisateurs finaux et l'écosystème de R&D représenté par les fournisseurs de technologies, grands groupes et PME, et les acteurs académiques. Sa vocation : le développement et l'intégration de solutions technologiques matures, répondant aux enjeux de transformation des industriels, dans des délais inférieurs à 18 mois.



Membre fondateur, le LIST engage ses équipes en tant que partenaire de recherche et pilote le consortium au quotidien, en tant que maître d'œuvre.

### FOCUS SUR... LE PROJET TELEMAN

Teleman a pour objectif de démontrer l'intérêt de la télé opération pour des tâches robotisées complexes à forte valeur ajoutée. Le projet a notamment évalué des prototypes de télémanipulation avec des bras maîtres pilotés par des intervenants humains pour des opérations complexes ou en environnements difficilement accessibles. La collaboration avec TechnipFMC a ainsi permis de valider un dispositif capable de changer en haute mer des patins montés sur mâchoires sous-marines, sans intervention humaine directe.

# DIGIHALL

## PÔLE D'EXCELLENCE NUMÉRIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE



**Communauté vivante interdisciplinaire**, DigiHall dédie ses recherches à l'intelligence artificielle, les systèmes cyber-physiques et l'usine du futur.

L'intelligence artificielle (IA), thématique cœur de DIGIHALL, ouvre la porte à de nouveaux modèles d'innovation basés sur les données. Elle offre des perspectives d'amélioration de l'efficacité des produits, processus et services dans tous les domaines industriels, et contribue particulièrement à la compétitivité des petites et moyennes entreprises.

### 3 PILIERS

- Des plateformes technologiques d'envergure, dans le domaine du manufacturing avancé, de l'intelligence artificielle, des systèmes cyberphysiques et de la confiance numérique.
- Une approche par le design et les usages, au travers du Design Spot de Paris-Saclay.
- Une très grande proximité d'équipes de recherche et d'innovation, publiques et privées, de l'amont à l'aval.

3

approches: recherche et technologie, design et expérience utilisateur, PME et grands groupes

1 500

chercheurs et ingénieurs pour développer ensemble les outils numériques de demain

50 000 M<sup>2</sup>

sur le site de Nano-INNOV



## CONTACT

Institut LIST | CEA Saclay Nano-INNOV  
F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex

info-list@cea.fr | 01 69 08 05 14  
<http://www-list.cea.fr>