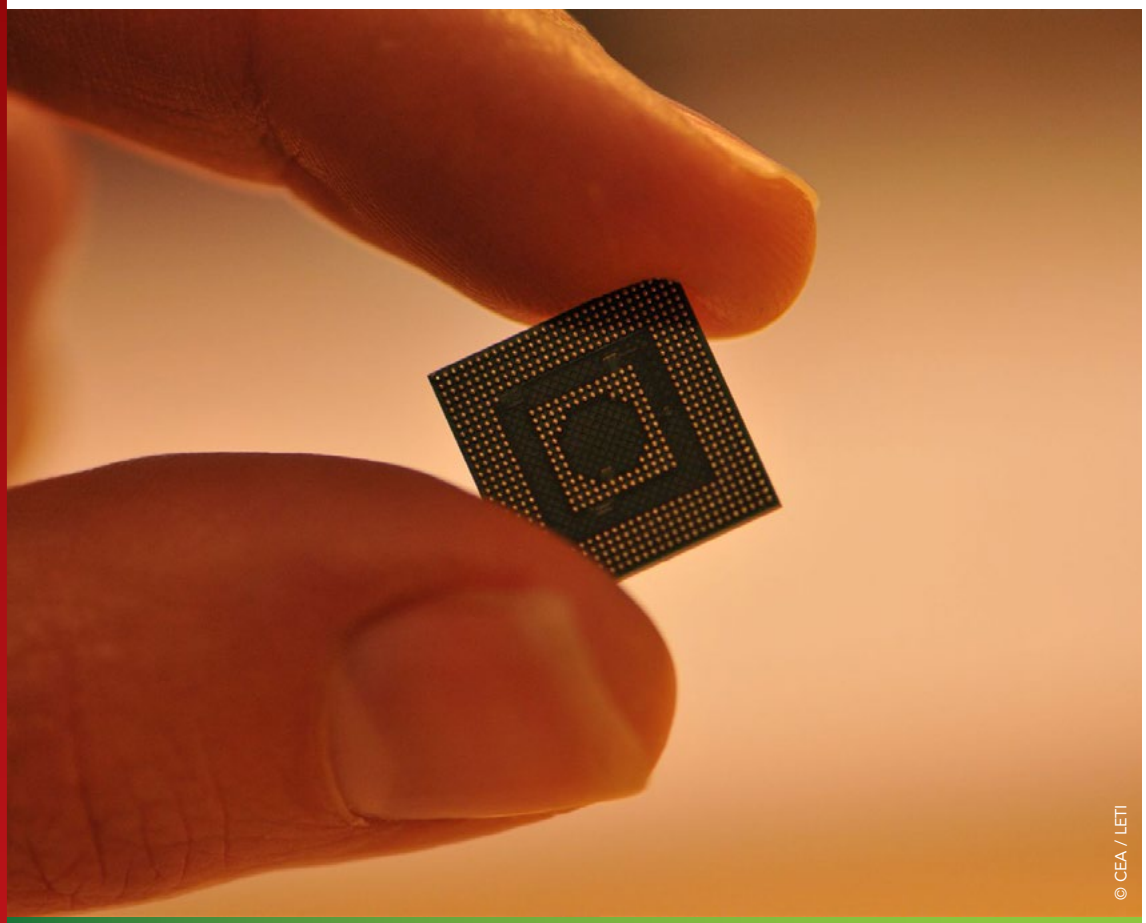
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

SANTÉ, ENVIRONNEMENT, INTERNET DES OBJETS : LES ENJEUX DE LA MICROÉLECTRONIQUE



© CEA / LETI

DOSSIER DE PRESSE

Contact presse :
François Legrand | T. +33 (0)1 64 50 20 11
francois.legrand@cea.fr

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Direction de la communication | Centre d'études de Saclay | 91191 Gif sur Yvette Cedex

Établissement public à caractère industriel et commercial

www.cea.fr

Le CEA Leti à Grenoble, au cœur de Minatec, un campus regroupant sur 20 hectares :
3000 chercheurs
1200 étudiants
600 industriels et spécialistes du transfert technologique

© P.JAYET / CEA

LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE 05
Les enjeux de la R&D 06
Des objets sans fil connectés en haut débit et autonomes en énergie 06
Des objets sans fil fiables et cybersécurisés 07
Des objets sans fil performants, économes en énergie et en coût de production 08
La microélectronique au service du patient 09
Imagerie infrarouge et microsystèmes 10
LE CEA LETI, UN INSTITUT AU CŒUR DES FILIÈRES INDUSTRIELLES ÉLECTRONIQUE ET NUMÉRIQUE 11
La Loi de Moore : des composants de plus en plus petits, de moins en moins chers 11
Miniaturisation et performance au service de l'industrie 12
LE FDSOI « MADE IN FRANCE » PREND LE RELAI DE LA LOI DE MOORE 13
L'histoire d'une réussite française 13
Le FDSOI, une technologie bientôt standard mondial 13
Le CEA Leti contribue à maintenir l'UE dans la course mondiale de l'innovation 14
ACCOMPAGNER L'INNOVATION DE LA RUPTURE À LA LIGNE DE PRODUCTION 15
Le CEA : un contributeur original pour l'innovation industrielle 15
Une gestion des brevets précise et rigoureuse 15
Un accompagnement spécifique des start-up 17
Start-up au CEA Leti 17
DE L'ÉLECTRONIQUE NUCLÉAIRE AUX TRANSITIONS POUR L'AVENIR 19
Technologies pionnières 19
50 ans de R&D pour l'innovation industrielle 20

ANNEXES

- Le CEA Leti en chiffres 21
- Des installations aux meilleurs standards mondiaux 22

La transformation numérique.

La santé, l'environnement et l'énergie constituent de nouveaux horizons pour l'électronique. Les systèmes numériques, leurs composants et leurs logiciels s'imposent progressivement pour apporter des solutions connectées, économes en énergie et sécurisées.

La communication est l'un des premiers enjeux de la microélectronique. Après avoir largement structuré les secteurs de l'informatique, des télécommunications et des applications multimédia, les systèmes numériques s'imposent dans de nombreux secteurs applicatifs : transports, loisirs, etc. La diminution des coûts et l'augmentation continue des performances de ces systèmes leur permettent de révolutionner en profondeur de nouveaux domaines comme la santé, l'environnement et l'énergie.

Les chercheurs du CEA Leti sont depuis longtemps parmi les principaux acteurs de cette révolution silencieuse. Le laboratoire constitue aujourd'hui une référence mondiale en R&D pour l'électronique et il étend son expertise à différents domaines en s'appuyant sur des plateformes technologiques uniques et des équipes pluridisciplinaires, de l'ingénieur au chirurgien.

Dès les années 50, le CEA s'est doté de laboratoires de recherche pour répondre au besoin du développement de l'industrie électronucléaire et du nucléaire de défense, en électronique notamment avec la création du CEA Leti en 1967, mais aussi en robotique pour la télémanipulation et les domaines des matériaux[1].

QU'EST-CE QUE LA CONVERGENCE NUMÉRIQUE ?

Grâce à la numérisation des contenus et des communications, de nouveaux appareils multifonctions ont émergé. Par exemple, il est dorénavant possible de téléphoner, de regarder la télévision ou encore d'envoyer des images depuis son smartphone via un même réseau.

[1] *Le CEA Leti partage les activités de robotique et matériaux avec deux autres instituts de CEA Tech (la direction du CEA chargée de la recherche technologique) : le CEA List et le CEA Liten.*

Les enjeux de la R&D

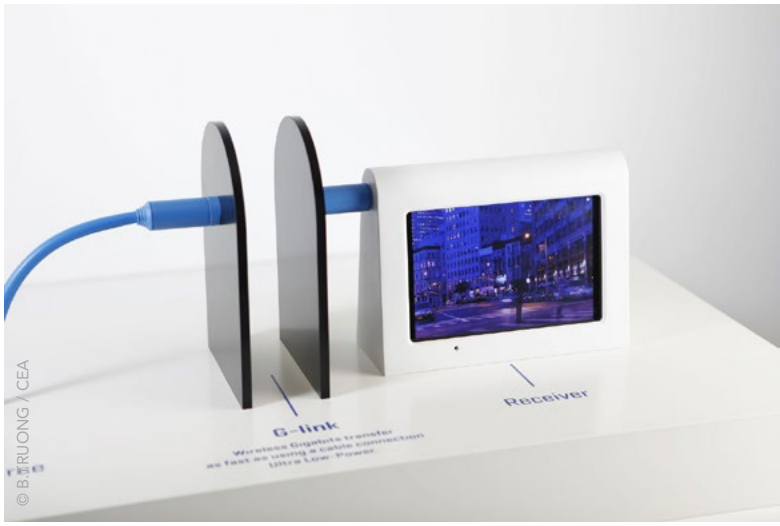
Connectivité, autonomie énergétique et sécurité des données et des calculs constituent aujourd'hui les principaux enjeux de la recherche en électronique. Ce sont les principales pistes d'investigation que suivent les chercheurs du CEA Leti pour continuer à innover et poursuivre la miniaturisation, la densification, la vitesse et l'augmentation des capacités de stockage et de traitement des informations.
Pour l'Internet des objets (IoT), comme pour l'automobile ou la médecine connectée, les chercheurs du CEA Leti associent des circuits logiques, mémoires et photoniques, pour créer des systèmes performants, à faible consommation électrique et enrichis de fonctions de communication, de stockage des informations et de sécurité.
En particulier, le déploiement de l'Internet des objets (appelé également objets connectés ou encore *Internet of Things* : IoT) exige des liaisons numériques sans fil à très haut débit et des systèmes économes en énergie pour en assurer l'autonomie.

Des objets sans fil connectés en haut débit et autonomes en énergie

Le CEA Leti développe des réseaux 5G pour assurer l'échange de données et l'hyperconnectivité. Ainsi, il a récemment mis au point la connexion G-Link, qui permet de transférer entre deux périphériques une vidéo HD de plusieurs Mo en quelques secondes, sans câble ni réseau Wifi. Cette technologie de communication est actuellement en industrialisation.

TRANSFÉRER DES VIDÉOS HD SANS CÂBLE NI RÉSEAU SANS FIL

Capable de transférer des données à plusieurs GB/s entre deux appareils (ex : écrans, tablette) à courte distance et à haut débit, G-Link requiert 10 à 20 fois moins de puissance que les standards actuels de la connectivité sans fil (notamment WiGig). Dès le départ du projet G-Link, les ingénieurs du CEA Leti ont intégré les impératifs de production de masse et d'utilisation finale : ils ont conçu un appareil très compact et peu coûteux à produire, intégrant l'ensemble du système, y compris les antennes. L'interface est fiable et pratique à utiliser car elle n'exige pas de ports, ce qui la rend imperméable à l'eau et étanche à la poussière.



CYBER-SÉCURITÉ

Des objets sans fil fiables et cyber-sécurisés

Le CEA Leti développe et teste des briques technologiques qui lui permettent d'assurer, de bout en bout, la sécurité intrinsèque d'un système numérique, depuis le circuit intégré jusqu'aux systèmes complexes applicatifs.

Depuis près de vingt ans, l'institut a en effet développé une expertise approfondie des différents types d'attaques physiques auxquels peuvent être confrontés des circuits intégrés et des composants électroniques. Ces connaissances lui permettent d'effectuer des évaluations en analysant et validant la résistance des objets, et même de délivrer des certifications officielles, dans le cadre du schéma français de certification par son laboratoire accrédité Cesti[2], ou en partenariat avec des opérateurs privés, par exemple pour développer des méthodologies et des outils ciblant l'Internet des objets.

À titre d'exemple, P-Scan, développé avec Bureau Veritas, est capable d'évaluer et de détecter les failles de sécurité d'un système numérique en quelques jours, contre quelques mois auparavant.

L'institut développe également des protections innovantes couplant la technologie, le design et le logiciel embarqué, telles que des écrans de protections contrant les attaques physiques (action de récupérer des informations à l'intérieur des circuits intégrés) et les attaques laser (injection de fautes). Il met aussi au point des architectures mixant ultra-basse consommation et résistance aux attaques, des capteurs permettant à un circuit intégré de détecter une attaque ou de vérifier qu'il n'a pas été modifié, ou encore des technologies permettant une traçabilité complète de chaque circuit à partir d'empreintes physiques imprédictibles et infalsifiables.

Le CEA Leti est aujourd'hui impliqué dans de nombreuses collaborations pour évaluer la sécurité de produits particuliers, notamment dans les domaines de l'automobile (antivol, intégrité moteur), des systèmes industriels, de la domotique et des dispositifs médicaux.

LA SÉCURITÉ DES AÉROPORTS *MADE BY* CEA LETI

MultiX, une PME iséroise, a été retenue par l'agence fédérale américaine de sécurité (TSA) pour équiper les aéroports américains de détecteurs d'explosifs avec une technologie issue du CEA Leti dans les 2400 scanners de contrôle de bagages répartis aux États-Unis pour 2018. Sur le principe de la radiographie médicale, l'institut a mis au point un détecteur capable de mieux identifier les matériaux des produits contenus dans les bagages. L'analyse est tellement fine qu'elle permet, par exemple, de discriminer le contenu d'une boisson gazeuse « light » d'une boisson gazeuse « classique ».

[2] *Le Centre d'évaluation de la sécurité des technologies de l'information (Cesti) du CEA Leti est un laboratoire d'évaluation sécuritaire agréé par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (Anssi). Le centre conçoit, développe et fait évoluer ses propres bancs d'attaques matériels ou logiciels. Il bénéficie aussi des moyens d'analyse et d'investigation de la plateforme de nano-caractérisation du CEA Leti. Il assure essentiellement des évaluations sécuritaires requises dans le cadre de la certification de produits industriels, principalement les composants sécurisés et les différentes déclinaisons de cartes à puce.*

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Des objets sans fil performants, économes en énergie et en coût de production

Pour mieux répondre aux besoins de l'hyperconnectivité[3], gourmande en énergie, et réduire l'impact des systèmes numériques sur l'environnement, le CEA Leti travaille non seulement sur les technologies et les architectures de composants de basse consommation mais aussi sur la récupération d'énergie grâce à une exploitation approfondie des lois de la physique et des matériaux.

L'une des pistes de recherche consiste à exploiter chaque micro joule disponible dans l'environnement direct du composant électronique, qu'il soit issu des rayonnements (solaire, radiofréquence ou infrarouge), d'origine thermique (flux, variation de température) ou mécanique (déformation, vibration, chocs, hydraulique).

Au-delà des besoins de la microélectronique, les chercheurs du CEA Leti ont utilisé leurs connaissances et leur savoir-faire pour développer de nouvelles générations de Leds 3D, plus efficaces et moins chères que les Leds « classiques » actuellement commercialisées.

Les Leds présentent de nombreux avantages par rapport aux sources lumineuses traditionnelles : elles sont plus efficaces, émettent plus de lumière tout en consommant moins d'énergie et disposent d'une plus grande durée de vie. Cependant, leur prix d'achat élevé demeure encore un obstacle important.

Les chercheurs du CEA Leti ont donc étudié une nouvelle technologie qui devrait être environ quatre fois moins chère à produire que les Leds classiques. En utilisant un substrat plus grand et plus économique que pour les Leds actuelles, ils réduisent le coût de production individuel par puce Led. Ils utilisent des matériaux dont le coût est trois fois moins élevé que celui des Leds actuelles. En outre, alors que les Leds actuelles (2D) ont besoin d'usines de fabrication spécifiques, cette nouvelle technologie est entièrement compatible avec une fabrication à grand volume dans les fonderies de silicium déjà existantes, sans investissement supplémentaire nécessaire.

Enfin, ces Leds 3D produisent trois fois plus de lumière avec moins de risques de défauts et sont faciles à intégrer avec l'électronique existante. Alors que les Leds d'aujourd'hui exigent du phosphore, coûteux, pour obtenir une lumière blanche, les Leds 3D n'en ont pas besoin. De plus, elles sont capables de produire une lumière colorée et différents types de lumière blanche en utilisant le même matériau.

DES LEDS PUISSANTES ET BON MARCHÉ

Créée en 2011, la start-up Aledia, issue du CEA Leti, développe des Leds 3D environ quatre fois moins cher à produire que les Leds classiques tout en améliorant le rendement lumineux par trois. La start-up industrialise une technologie issue de cinq ans de travaux du CEA Leti et travaille avec le Japonais Hiroshi Amano, prix Nobel de physique. Elle compte le soutien des industriels Ikea et Valeo depuis fin 2016.

[3] *Utilisation de multiples moyens de communication : emails, messagerie instantanée, téléphone, etc.*

SANTÉ ET BIEN-ÊTRE CONNECTÉS

La microélectronique au service du patient

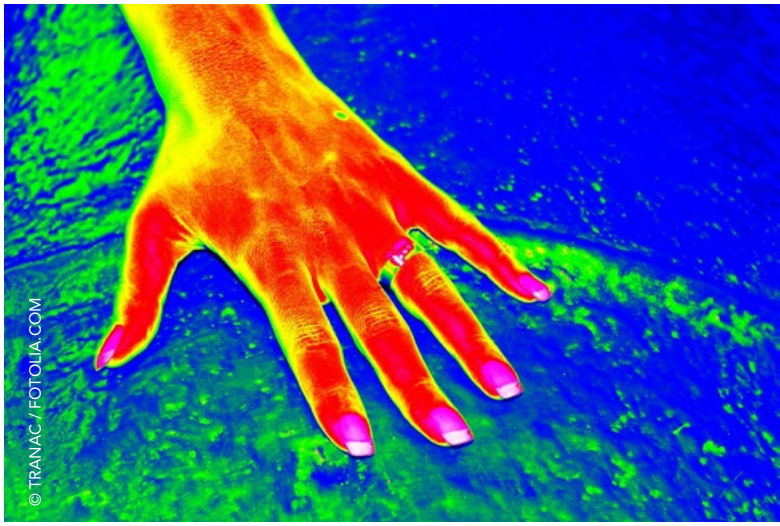
Dans le domaine de la santé, les scientifiques du CEA Leti préparent la convergence numérique depuis de nombreuses années.
Ainsi, dès 1976, ils contribuent à l'installation du premier scanner à rayons X pour le corps entier au CHU de Grenoble. Ils mettent au point et construisent le premier tomographe à émission de position en 1980, la première biopuce en 1997 et poursuivent aujourd'hui ces travaux de convergence du numérique dans les domaines de la santé, en milieu clinique à Clinatec (voir encadré ci-dessous).
Aujourd'hui, l'hyperconnectivité ouvre la voie à de nouveaux services en matière de santé personnalisée. L'institut travaille notamment sur l'administration ciblée de médicaments, les systèmes de mesure résorbables et les matériaux biocompatibles : implants sous-cutanés, patchs médicaux, etc.
Ces systèmes de thérapies innovantes incluront des techniques (comme des ultrasons pulsés, des systèmes photonique et photo-acoustique) capables d'activer ou d'inhiber une action ciblée et la médecine régénérative, avec la culture 3D de cellules et d'organoïdes[4] sur une puce.
La prochaine génération de laboratoires sur puce portatifs ou implantables du CEA Leti sera plus facile à utiliser et répondra aux défis d'efficacité énergétique, de sécurité et de connectivité. À titre d'exemple, le laboratoire sur puce développé par Avalun, une start-up du CEA Leti, permet de réaliser les analyses biologiques les plus courantes à la maison. Ces analyses sont ensuite transmises par Bluetooth via un smartphone au médecin. (Voir p. 17)

© A. AUBERT / CEA

CLINATEC

Clinatec, le centre de recherches biomédicales du CEA Leti, dispose d'infrastructures médicales de pointe (lits, blocs opératoires, etc.) et réunit ingénieurs, biologistes et personnel de santé. Trois projets phares sont en cours : le projet BCI (*Brain-Computer Interface*), destiné à donner de la mobilité aux personnes tétraplégiques grâce à un exosquelette ; le projet NIR (*Near InfraRed*), qui a pour but de valider l'effet sur l'évolution de la maladie de Parkinson, de la mise en place intra crânienne d'une sonde capable d'émettre une lumière infrarouge ; et le projet Epicool, un système de refroidissement implanté au niveau cérébral qui permet de bloquer les crises d'épilepsie.

[4] *Mini-organes obtenus in vitro à partir de cellules souches sur lesquels les chercheurs testent des médicaments, par exemple.*



Imagerie infrarouge et microsystèmes

Au CEA Leti, les techniques de la microélectronique et de l'imagerie se combinent avec celles du logiciel embarqué. L'institut est une référence dans les détecteurs infrarouge, et ses recherches sont à l'origine de la création de la société Sofradir, leader mondial dont on retrouve les produits dans les systèmes de sécurité et dans les systèmes d'observation de l'Univers.

Les systèmes d'imagerie infrarouge, développés dans le laboratoire commun CEA Leti-Sofradir, équipent le grand télescope du Chili et offrent une alternative européenne aux grands programmes du spatial et de l'astronomie.

Le CEA Leti développe aussi des compétences fortes dans les MEMS[5] depuis plus de 30 ans, ce qui le place au cœur de l'Internet des objets. Parmi les brevets fondateurs, outre celui du SOI et des accéléromètres, le brevet sur les écrans plats à cristaux liquides a eu un impact mondial. Il est orchestré dans nos écrans dont il améliore l'ouverture de champ.

[5] *Microsystème électromécanique*

Filières industrielles

LE CEA LETI, UN INSTITUT AU CŒUR DES FILIÈRES INDUSTRIELLES ÉLECTRONIQUE ET NUMÉRIQUE

© CHANPIPAT / SCHUTTERSTOCK

À la base de toutes les applications des technologies numériques (industrie 4.0, l'Internet des objets, l'intelligence artificielle, la réalité augmentée), les composants microélectroniques sont des dispositifs physiques de plus en plus complexes, nécessitant des équipements onéreux pour leur fabrication et des matériaux dont nous n'avons de cesse de découvrir de nouvelles propriétés.

© CEA / LETI

La Loi de Moore : des composants de plus en plus petits, de moins en moins chers

Durant les années 70, Gordon Moore, fondateur de la société américaine Intel et inventeur du premier microprocesseur (Intel 4004, en 1971), prédit le doublement de la densité des puces électroniques tous les deux ans. Depuis cette époque, les chercheurs et les industriels de la microélectronique suivent donc scrupuleusement une « feuille de route » (*roadmap*) qui établit avec précision des objectifs de réduction de taille des transistors. Les progrès constants qu'ils ont réalisés, associés à une production massive de ces composants, ont permis de réduire radicalement les coûts des composants microélectroniques et donc de tous les produits ayant recours à ces composants : ordinateurs, smartphone, téléviseurs, caméras, appareils photos, etc.
Cette loi, qui prévoyait une miniaturisation continue touche néanmoins bientôt à sa fin et laisse place au « More than Moore », une approche axée sur les fonctions (comme les fonctions electrooptiques, electromécaniques), et au « beyond CMOS » qui explore les propriétés de nouveaux matériaux, de nouvelles structures de transistor, d'architecture de circuit, ou mode de fabrication.

Miniaturisation et performance au service de l'industrie

Les équipes du CEA Leti maîtrisent une très large palette de technologies : CMOS, capteurs, communications, packaging et intégration 3D, puissance, imagerie, circuits intégrés, etc.

En particulier, la technologie FDSOI[6], développée par le Leti et STMicroelectronics sur des substrats de Soitec, trouve sa place dans les téléphones mobiles, les prochains produits GPS grand public et les applications de l'Internet des objets, de l'automobile, du médical, de la défense, de la sécurité, du spatial et des télécommunications. Elle permet de concilier miniaturisation, vitesse élevée, basse consommation et flexibilité, tout en étant compatible avec les fonctions de communication radiofréquence. Un cocktail inédit.

Si les puces FDSOI équipent déjà des millions de smartphones et autres objets connectés à travers le monde, l'institut continue à développer des technologies pionnières et à se confronter aux meilleurs. Ainsi, le CEA Leti travaille aujourd'hui avec un large ensemble d'industriels de premier plan : industrie intégrative, fonderies, fabless, EDA, etc. Parmi les partenaires internationaux de l'institut, on peut citer Globalfounderies, IBM, Intel, Qualcomm, Applied Materials, entre autres. Le CEA Leti participe, avec ses partenaires industriels et académiques, et ses start-up, à la visibilité internationale de la vallée grenobloise, y compris son creuset de technologies, et ses capacités de fabrication aux stades de la R&D, aux stades préindustriels et industriels. En effet, son niveau d'expertise et son ouverture attirent les plus grands. Les entreprises internationales ne s'y trompent pas en ouvrant des centres à Grenoble : Intel, Apple, Invensense sont devenus Grenoblois ces dernières années.

Le CEA Leti sait aussi être fidèle à ses partenaires stratégiques : STMicroelectronics, Soitec, Sofradir, Ulis et, plus récemment, le III-V Lab. Ils comptent sur l'institut pour soutenir leurs développements, enrichir et diversifier leurs offres et préparer le futur.

2016 : ACCORD DE COLLABORATION AVEC INTEL POUR L'IOT

Le CEA Leti et Intel renforcent leur collaboration au travers d'un nouvel accord de R&D signé en mai 2016. Cette collaboration, étendue à plusieurs domaines clés du numérique, permet au CEA Leti et à Intel de développer un programme de R&D commun, et de répondre conjointement aux appels à projet dans le domaine de la recherche et de l'innovation au niveau européen, particulièrement pour le calcul haute performance (HPC) dans le cadre du programme H2020. En particulier pour ce qui concerne le CEA Leti, cette collaboration marque la reconnaissance de l'institut comme l'un des acteurs les plus innovants d'Europe dans le domaine de l'IoT et dans les technologies à la base du *Cloud computing* et des *Big Data*. Il renforce également l'attractivité de la vallée grenobloise autour de la microélectronique.

Daniel Verwaerde (CEA), Raj Hazra (Intel) et Marie-Noelle Semeria (CEA Leti)

[6] *Fully Depleted Silicon-On-Insulator*

Le FDSOI

LE FDSOI « MADE IN FRANCE » PREND LE RELAIS DE LA LOI DE MOORE

L'histoire d'une réussite française

Le SOI est la technologie développée par le CEA Leti, initialement pour des besoins de durcissement de l'électronique (résistance aux rayonnements ionisants). Tout a commencé il y a 40 ans à Grenoble avec pour tout une poignée d'ingénieurs convaincus, quelques industriels prêts à prendre un risque et un brevet révolutionnaire. Depuis, la mise en place d'un écosystème technologique, universitaire et industriel unique a attiré nombre de partenariats internationaux (Philips devenu NXP, Motorola devenu Freescale, IBM, etc). De l'électronique nomade à l'automobile en passant par l'Internet des objets, la technologie FDSOI est en passe de devenir la plateforme de référence pour allier performance et fonctionnalités tout en maitrisant la consommation électrique et le coût.

Le FDSOI, une technologie bientôt standard mondial

Au milieu des années 2000, les ingénieurs du semi-conducteur constatent d'importantes fuites électriques dans les transistors, en raison de leur miniaturisation. Pour perpétuer la loi de Moore, de nouvelles technologies doivent émerger. Deux technologies clés répondent à ce défi :

- Le procédé FinFet du géant américain Intel à partir de 2011. Relativement coûteux et complexe, il utilise des substrats silicium conventionnels. Même s'il reste très performant au niveau du calcul, il est gourmand en énergie ;
- Le procédé FDSOI, simple et très flexible permettant l'optimisation du rapport vitesse/consommation. Il utilise, lui, une technologie de substrats spécifiques, développée au CEA Leti. Sa faible consommation d'électricité en fait un procédé bien adapté pour assurer l'autonomie des objets connectés, sans fil. De plus, il sait délivrer la performance au moment nécessaire pour des applications où le coût et la consommation énergétique prédominent. Le deuxième avantage du FDSOI est la possibilité d'implémenter des fonctions de communication radiofréquence, d'où l'intérêt, aujourd'hui, des opérateurs de la 5G pour cette technologie française.

COMPOSANTS
L'accord signé en 2015 sur le FDSOI avec GlobalFoundries a pour objectif de lancer la production industrielle dès cette année à Dresde (Allemagne). NXP, pour sa nouvelle plateforme automotive, et Sony, pour ses prochains produits GPS avec une consommation divisée par six, ont choisi le FDSOI.

GPS
Le premier GPS embarquant une technologie FDSOI développée par le CEA Leti et STMicroelectronics sur des matériaux de Soitec est sorti sur le marché fin 2016 avec une autonomie record de 35 heures. Par ailleurs, les systèmes de mesure de distance co-inventés par le CEA Leti et ST, fabriqués en France (à Crolles), se multiplient dans les téléphones portables.

Techniquement, le FDSOI a pour intérêt d'optimiser le fonctionnement du transistor, le plus petit composant de l'unité de calcul, placée au cœur de tout processeur. Le procédé est basé sur une technologie dite « Smart Cut™ », développée au CEA Leti, consistant à placer le transistor sur une couche de silicium ultramince de moins de 10 nm. Sur ce substrat, une fine couche de silicium est « collée » sur une fine couche de matériau électriquement isolant d'environ 25 nm et composé de dioxyde de silicium, ce qui permet de limiter les pertes et d'améliorer in fine les performances des transistors. Le procédé a fait l'objet de la création de la start-up Soitec, fondée en 1992, qui emploie aujourd'hui plus de 900 personnes.

Le CEA Leti contribue à maintenir l'Union Européenne dans la course mondiale de l'innovation

Sur cette base, les chercheurs du CEA ont développé puis industrialisé avec leurs partenaires STMicrolectronics et Soitec :

- Un premier procédé, dit PDSOI, disponible depuis 2010 environ, qui, après avoir connu un très fort succès dans les processeurs qui équipent les consoles de jeux vidéo, connaît un très fort développement à partir de 2013 dans les alimentations des antennes de téléphones portables 4G et 5G ;
- Un deuxième procédé, dit FDSOI, aujourd'hui en passe de s'imposer comme une solution incontournable pour répondre notamment au défi de la 5G et des applications numériques mobiles.

De l'électronique nomade à l'automobile en passant par l'Internet des objets, la technologie FDSOI est en passe de devenir un incontournable pour continuer la course à la miniaturisation et à la performance. Cette technologie est en production depuis 2015 chez STMicrolectronics, premier fabricant de semi-conducteurs en Europe et depuis 2016 chez GlobalFoundries, deuxième fondeur mondial.
STMicrolectronics exploite la technologie FDSOI, tout comme Samsung et GlobalFoundries, pour des circuits principalement digitaux. Cette technologie est arrivée sur le marché en 2013, avec un petit retard sur l'alternative FinFET, développée par Intel. Son exploitation extensive n'a commencé qu'en 2015. Depuis lors, les nouveaux produits se multiplient. Ainsi, NXP a présenté l'an dernier un processeur d'application générique et un processeur d'application dédié à l'automobile et à l'industrie, réalisé en FDSOI.

Production

ACCOMPAGNER L'INNOVATION DE LA RUPTURE À LA LIGNE DE PRODUCTION

Le CEA : un contributeur original pour l'innovation industrielle

Au Leti, comme dans les autres instituts du CEA, le modèle porté vers l'innovation des entreprises françaises et européennes exige une propriété industrielle sécurisée. En effet, elle est le socle de la recherche partenariale que le CEA propose aux industriels, en s'adressant à la fois aux grands groupes, aux PME et aux jeunes pousses. Ce modèle repose avant tout sur une recherche scientifique au meilleur niveau capable de s'adapter aux besoins des industriels, menée par des équipes reconnues pour leur excellence et des plateformes performantes et uniques au monde.

Une gestion des brevets précise et rigoureuse

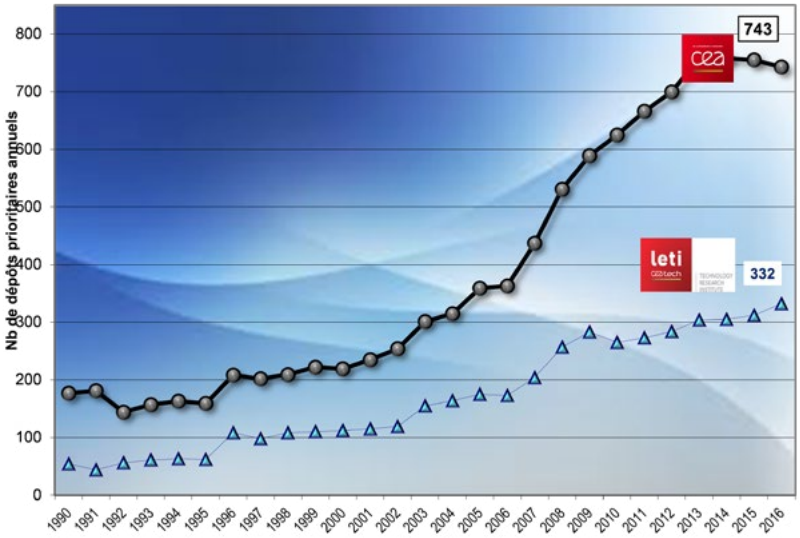
L'innovation technologique est l'un des points centraux de la stratégie concurrentielle d'une entreprise, qu'elle soit petite ou grande, de pointe ou de faible technicité. Le transfert de technologie permet à une entreprise de gagner du temps et d'optimiser sa croissance, tout en réduisant les risques liés à l'incertitude inhérente au développement de l'innovation en interne.

Pour la sixième année consécutive, le « TOP 100 des entreprises les plus innovantes » publié en début d'année par Clarivate (ex Thomson Reuters) montre que le CEA figure parmi les 100 premiers acteurs mondiaux de l'innovation grâce à sa politique volontariste en matière de propriété intellectuelle. Le nombre de brevets détenus est un des principaux critères employés par la société pour établir ce palmarès. Mais ce n'est pas le seul : il prend en compte également leur qualité, mesurée à travers leur taux de succès, leur portée internationale et leur influence.

1ER MARS 2017 : Le CEA, organisme public de recherche le plus innovant en Europe, selon Reuters/Clarivate

Le CEA a été classé organisme public de recherche le plus innovant en Europe et deuxième au Monde dans le classement « Top 25 Global Innovators - Government », qui évalue les organisations publiques en fonction de l'impact de leur production scientifique et de leurs brevets.

Son exceptionnel positionnement a été conforté par un deuxième classement de Clarivate (ex Thomson Reuters) publié en mars 2017 : le « Top 25 Global Innovators - Government », qui évalue les organisations publiques en fonction de l'impact de leur production scientifique et de leurs brevets. Le CEA est cité dans ce classement comme étant l'organisme public de recherche le plus innovant en Europe et le deuxième au Monde. Ce nouveau prix récompense tous les efforts du CEA qui poursuit une stratégie volontaire dans le domaine de la Propriété Intellectuelle, mais aussi, toutes les contributions des inventeurs et inventrices qui consolident au fil des années la position de l'organisme.



Chaque année, l'organisme dépose près de 750 brevets et maintient un portefeuille actif qui dépasse les 6 000 familles de brevets (voir encadré ci-dessous), le CEA Leti étant le premier contributeur au portefeuille de brevets.

Si le CEA est orienté vers une stratégie de dépôts massifs, c'est qu'il considère qu'il s'agit d'un investissement sur le long terme, indispensable pour consolider ses partenariats industriels. Pour consolider durablement ses positions, il a intégré dans ses équipes une vingtaine d'ingénieurs brevets, dont la moitié est mandataire européen. Ils accompagnent au quotidien les chercheurs lors de toutes les étapes de la création et de la gestion de la propriété intellectuelle (PI) assurant ainsi une grande qualité et une efficacité accrue dans l'ensemble du processus.
Le CEA a ainsi professionnalisé l'accompagnement de la valorisation non seulement en se dotant d'ingénieurs spécialisés dans le dépôt à la gestion des brevets mais aussi par des moyens d'étude « marketing » (analysant les besoins des secteurs visés par les technologies que l'organisme développe), des programmes d'essaimage, mais aussi différents modes de financement pour accompagner les jeunes entreprises technologiques à chaque étape de leur développement.

27 MARS 2017 : LE CEA, PREMIER ORGANISME DE RECHERCHE DÉPOSANT DE BREVETS EN FRANCE DEPUIS 100 ANS

Dans le classement 2016 des déposants de brevets auprès de l'INPI, le CEA conforte sa quatrième place avec 684 demandes publiées, derrière les industriels Valéo, PSA et Safran. Il est ainsi le premier organisme de recherche français en nombre de brevets publiés en 2016, place qu'il occupe depuis plus d'une dizaine d'années. Avec 684 brevets déposés (contre 658 l'an dernier), le CEA conforte sa position, avec des dépôts réalisés en priorité dans les champs de la microélectronique et des nouvelles technologies de l'énergie (NTE). Au niveau international (Palmarès établi en fonction du nombre de demandes de brevets publiés en 2015 auprès de l'INPI ou des principaux autres offices internationaux, le CEA est classé au sixième rang des principaux déposants français avec 707 demandes publiées (contre 687 demandes répertoriées l'an dernier). Le CEA Leti a contribué avec 338 brevets déposés en 2016.

© OLIVIER LE MOAL / FOTOLIA.COM

Un accompagnement spécifique des start-up

Cette année, le CEA célèbrera la 200e entreprise créée (depuis 1972) à partir des technologies mises au point dans ses laboratoires. Les entreprises essaimées apportent au CEA 12 % de ses revenus industriels, essentiellement parce qu'elles entretiennent des partenariats forts, via la signature de contrats de recherche ou à travers la création de laboratoires communs.
La stratégie du CEA pour les jeunes pousses consiste à veiller à la maturité technologique et à la professionnalisation du projet d'entreprise, en particulier quand il est issu de recherches du CEA et/ou porté par un salarié du CEA en essaimage.

Start-up au CEA Leti

STMicroelectronics, Soitec et Sofradir, issues de recherches menées au Leti, font aujourd'hui partie des fleurons français et sont classées dans le top 10 des entreprises européennes. En ne considérant que Soitec et Sofradir qui ont la taille d'ETI, elles emploient plus d'un millier de salariés, et travaillent sur des technologies de pointe et concurrentielles à l'international. Le CEA Leti crée jusqu'à 5 start-up par an. Il compte dans son réseau d'alumni de start-up des entreprises telles que Soitec, Sofradir, Ulis, Tronics, Movea - pour les plus anciennes - Aledia, Avalun, ISKN, eLichens et Morphosense, pour les plus récentes. Certaines sont portées conjointement avec des partenaires comme Aryballe Technologies, Mirsense ou encore Exagan.

Voici quelques exemples de succès récents issus du CEA Leti.

© AVALUN

APPLICATION SANTÉ

AVALUN : DIAGNOSTIC IN VITRO

Avalun, une start-up du CEA Leti, développe un dispositif portable de diagnostic in vitro, le LabPad®, pour réaliser de nombreuses analyses biologiques sur le même lecteur à partir d'une simple goutte de sang au doigt du patient. Le cœur du système est un microscope miniature et automatisé, constitué d'un capteur CMOS qui permet de réaliser de multiples mesures (dynamiques cellulaires, colorimétrie ou microscopie) avec une précision équivalente aux analyses de laboratoire. Des réactifs développés spécifiquement et intégrés dans des micro-cuvettes consommables complètent le dispositif. Après la mesure du temps de coagulation sanguine pour le suivi des patients sous anticoagulants, le dispositif permettra de réaliser de nouvelles mesures sur le même lecteur : glycémie, cholestérol, triglycérides, etc. Assurant un résultat et une prise en charge rapides, le LabPad® est destiné à un usage en milieu hospitalier ou ambulatoire, mais aussi en cabinet médical et à domicile. Le dispositif communique via bluetooth vers un smartphone ou une tablette pour assurer le lien entre le patient et l'équipe soignante qui assure la prise en charge et le suivi du patient.

APPLICATION MONITORING DE STRUCTURE

MORPHOSENSE, LE MONITORING DE STRUCTURES HAUTE PRÉCISION

Ponts, barrages, tunnels, voies ferrées, paquebots, tours aéro-réfrigérantes, mâts d'éoliennes… Ces grandes structures pourront être instrumentées demain avec les réseaux d'accéléromètres MEMS de Morphosense, une start-up issue de travaux du CEA Leti et créée mi-2016. Son système de mesure haute précision, issu de dix ans de R&D, mesure en temps réel des déformations de 100 microns par mètre. Ses équipements sont installés en réseau aux points stratégiques de la structure. Ils enregistrent à la fois la déformée et les vibrations qui signent l'état de santé de la structure.

Morphosense a signé un contrat de R&D avec le CEA Leti, autour d'une méthode de calibration automatique. Elle prospecte déjà au Canada et en Asie et vise une première levée de fonds d'ici un an.

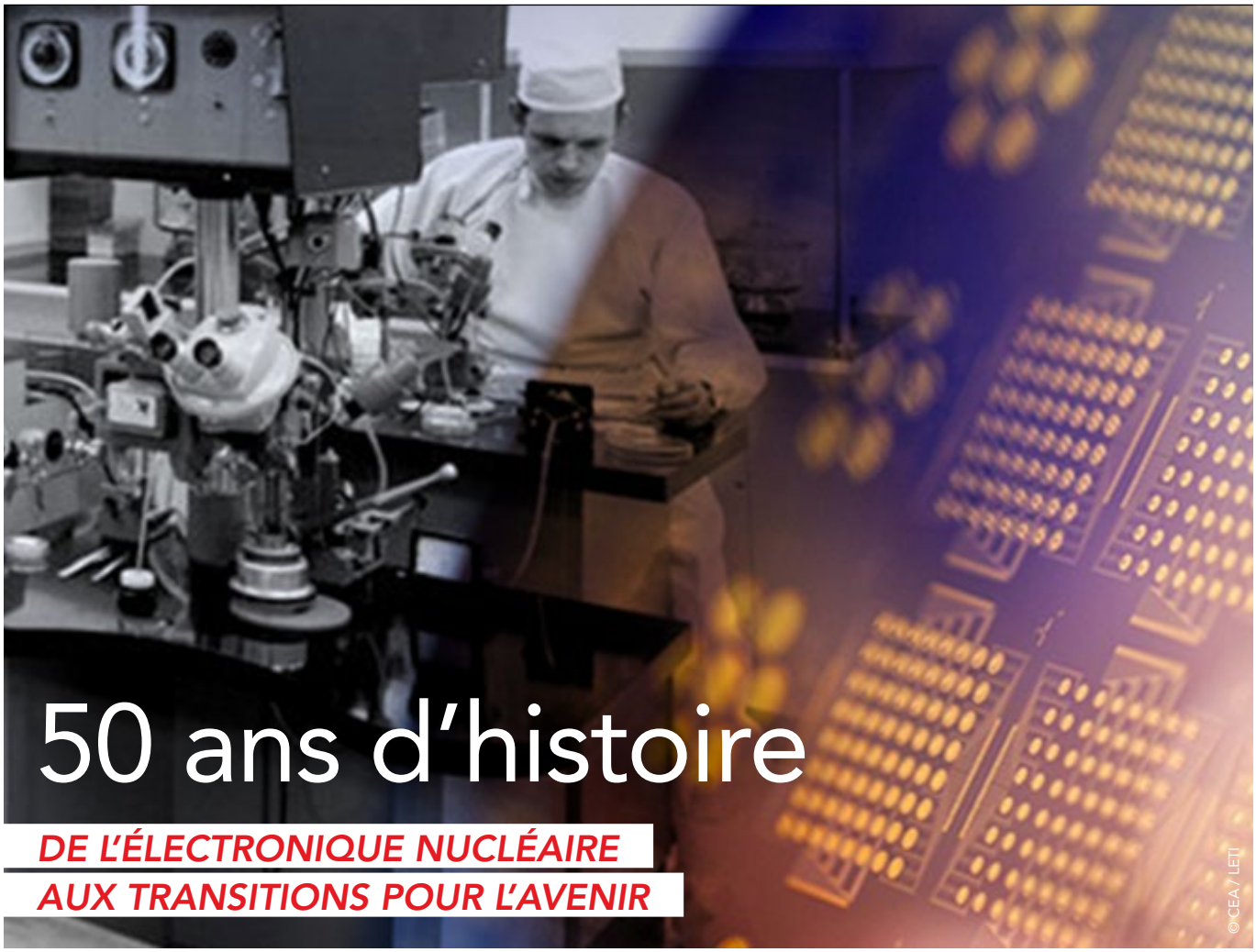
© 3D / FOTOLIA.COM

© PJAYET / CEA

APPLICATION GRAND PUBLIC

ISKN : ARDOISE INTELLIGENTE

ISKN révolutionne la relation entre les objets physiques et le monde digital grâce à une « ardoise intelligente » qui numérise en temps réel les dessins, notes et croquis. La technologie ISKN tranche avec les solutions existantes par sa simplicité et son immense champ d'applications. L'utilisateur écrit sur une feuille de papier, avec un stylo ordinaire simplement doté d'un anneau magnétique. Le champ magnétique généré est mesuré en temps réel par les 32 magnétomètres tri-axe de la « Slate » (ardoise intelligente). Celle-ci génère une copie numérique de précision millimétrique sur tablette, PC ou Mac. Avec une progression annuelle de 400 % de son chiffre d'affaires depuis sa création en 2014, ISKN affiche une réussite fulgurante ! À ce jour, la start-up issue des travaux du CEA Leti a vendu plus de 30000 exemplaires de la Slate. Lancée en septembre 2016, la Slate2 a rencontré un succès tel que les magasins ont été en rupture de stock début décembre ! En 2018, la Slate3 proposera un nouveau format (A4) et de fonctionnalités inédites dans les domaines de la 3D et de l'interactivité.
Pour ISKN, l'essor concerne aussi les effectifs qui doubleront en 2017.



Technologies pionnières

Fondé en 1967 initialement pour répondre aux besoins d'équipements électroniques de l'industrie nucléaire et du nucléaire de défense, le CEA Leti célèbre ses 50 ans cette année. Aujourd'hui, des capteurs à l'électronique de puissance, les différentes technologies développées au CEA Leti sont au cœur des transformations de la société dans le numérique, la santé et l'énergie/environnement.

LE CEA LETI POUR LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

1966 : 1er MOS
1986 : brevet sur la technologie des cristaux liquides
1979 : premier composant optique intégré sur silicium
1991 : SmartCut™ SOI qui donnera naissance à Soitec en 1992
2002 : première ligne Mems 200 mm
2010 : premiers transistors empilés en 3D
2015 : première plaque Mems 300 mm

LE CEA LETI ET LES TECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ

1976 : premier scanner à rayons X pour le corps entier installé au CHU de Grenoble
1980 : mise au point et construction du premier tomographe à émission de positon
1997 : première biopuce (Micam)
2014 : premier test clinique à Clinatec

LE CEA LETI ET LES TECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉNERGIE

Création des start-up suivantes :

2010 : Ethera, surveillance et dépollution de l'air intérieur.
2011 : Aledia développe des Leds environ quatre fois moins chères à produire que les Leds classiques tout en améliorant le rendement lumineux par trois.
2014 : E-Lichens, capteurs miniaturisés et connectés pour services associés à la qualité de l'air.
2014 : EnerBee récupère de l'ernergie à partir de n'importe quel type de mouvement grâce à des micro-générateurs.

DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES IMPACTANTES AU NIVEAU MONDIAL

En 2016-2017, les partenaires industriels du CEA Leti ont sorti de produits nouveaux combinant les techniques de la microélectronique et de l'imagerie avec celles du logiciel embarqué, développées dans des laboratoires communs. Voici quelques exemples :

- Le premier GPS avec une autonomie de plus d'une journée est commercialisé (il embarque une technologie FDSOI développée avec STMicroelectronics sur des matériaux de Soitec) ;
- Les systèmes d'imagerie (co-inventés avec STMicroelectronics et fabriqués à Crolles) ;
- Les systèmes d'imagerie infrarouge, développés dans le laboratoire commun CEA Leti-Sofradir équipent les grands télescopes du Chili et offrent une alternative européenne aux grands programmes du spatial et de l'astronomie.

50 ans de R&D pour l'innovation industrielle

En 1957, un groupe « électronique intégré » chargé de l'élaboration et de la maintenance de l'électronique des réacteurs nucléaires et, à différents besoins pour le nucléaire civil et militaire, est créé au CEA Grenoble. À cette période, beaucoup de circuits intégrés sont produits dans des usines américaines, ce qui pousse le groupe « électronique intégré » du CEA Leti à créer sa propre technologie de transistors. En 1963, l'institut produit son premier circuit intégré et en 1966, il présente la réalisation du tout premier transistor MOS.

Le 10 octobre 1967, le groupe « électronique intégré » devient le Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (Leti). Très rapidement, le CEA Leti s'organise pour travailler et créer des partenariats avec l'industrie privée. La filiale Étude et fabrication de circuits intégrés spéciaux, connue sous l'appellation d'Efcis est créée en 1972, puis intégrée, en 1982, dans Thomson semiconducteurs qui fusionnera en 1987 avec l'italien SGS pour donner STMicroelectronics.

En 1976, le Leti réalise le premier scanner français au CHU de Grenoble.

Six ans plus tard, en 1982, l'institut achève la construction de 6000 m² de bâtiments dont notamment 2000 m² de salles blanches pour répondre aux demandes de développement en microélectronique, technologies infrarouge, et magnétométrie. À cette époque, débutent les premiers développements des technologies micro electromechanical systems (Mems) incluant les accéléromètres notamment. Le CEA Leti dépose le premier brevet générique sur les micro-accéléromètres latéraux à peigne capacitif sur silicium.

En 2006, autour de l'activité du CEA Leti, Minatec est créée dans le but de rapprocher la recherche académique, les laboratoires de R&D et l'industrie. Il est centré sur les micro et nanotechnologies et constitue un nouveau modèle pour le « triangle de la connaissance » : recherche-enseignement-innovation. Ce modèle structure aujourd'hui la constitution des grands campus universitaires français tels que Paris-Saclay et Giant (Grenoble).

ANNEXE

LE CEA LETI EN BREF

Fondé en
1967

Création de
60
start-up

Certifié
ISO 9001
depuis 2000

330
partenaires industriels (40 % de PME et TPE)

1900
chercheurs

700
publications par an

250
thésards et post-docs

Budget annuel
315
millions d'euros

2760
brevets dans son portefeuille

8 500 m²
de salle blanche, tranches de semi-conducteurs de 200 et 300 mm

Basé en **France** (Grenoble) avec des bureaux aux **États-Unis** (Silicon Valley) et au **Japon** (Tokyo)

ANNEXE

DES INSTALLATIONS AUX MEILLEURS STANDARDS MONDIAUX

Les recherches menées par le CEA Leti requièrent des laboratoires et des plateformes complexes et très spécifiques.

À Grenoble, le CEA Leti dispose entre autres de :

- près de 8000 m² de salles blanches pour la nanoélectronique et les microsystèmes. Dans ces installations, les équipes du CEA Leti ont développé la technologie FDSOI, désormais industrialisée mondialement. Elles travaillent plus largement sur l'intégration 3D. Elles y mènent en permanence près de 25 collaborations avec des fabricants de composants, des systémiers et des *end-users* ;
- une plateforme de nanocaractérisation avec une quarantaine d'équipements lourds d'analyse, n'existant qu'à quelques exemplaires dans le monde. C'est le cas, par exemple, pour le Titan Ultimate, un microscope électronique en transmission dont la résolution est de 50 picomètres ;
- le plus important centre de R&D français de développement, de caractérisation et de simulation de composants et systèmes optoélectroniques. Il est dédié à la conception des dispositifs, aux technologies des semi-conducteurs III-V et II-VI, à la réalisation de composants, à l'intégration système et au packaging ;
- des chambres anéchoiques et de caractérisation magnétique pour le test et la qualification des antennes et des systèmes de communication ;
- le centre de recherche biomédical Clinatec, opéré en collaboration avec le CHU de Grenoble ainsi qu'une plateforme en Nanobiotechnologies sur 5 500 m² dédiée à la mise au point de dispositifs médicaux plus performants, moins invasifs et à basse consommation énergétique.
- une plateforme de cybersécurité ;
- une trentaine d'équipement pré-industriels en salles blanches pour développer et caractériser toutes les solutions d'alimentation autonome pour cartes à puce, capteurs, ordinateurs portables (microbatteries, micro piles à combustible, etc).

© P.JAYET / CEA

DES ÉQUIPEMENTS DE POINTE, RÉGULIÈREMENT RENOUVELÉS

Les salles blanches du CEA Leti vont accueillir en 2017 plusieurs équipements qui n'existent qu'à deux ou trois exemplaires dans le monde :

- un équipement d'épitaxie à basse température, en partenariat avec Applied Materials pour réaliser des circuits 3D monolithiques ;
- un équipement de recuit laser en partenariat avec la société japonaise Screen Semiconductor Solutions ;
- un procédé de collage doté d'une grande précision d'alignement avec EVG (technologie clé, quand on a besoin de reporter une puce sur une autre, ou un dispositif sur un autre).