

The CEA logo, consisting of the lowercase letters 'cea' in white on a red square background.The Leti logo, consisting of the lowercase letters 'leti' in red, followed by a red L-shaped graphic element.

Micro et nano-technologies pour la santé

Santé humaine, animale
et environnementale



© ADOBESTOCK: DEAGREEZ, THIERRY RYO, CANDYBIZ, DETSHANA, VITSTUDIO

Contact communication :

Aude Alix

04 38 78 07 46

aude.alix@cea.fr

Contact partenarial :

Nadège Nief

Responsable programme Santé

04 38 78 21 37

nadege.nief@cea.fr

CEA-Leti, technology research institute

17 avenue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France

cea-leti.com



La santé de demain : technologies et innovations partout, pour tous

Face à l'évolution des besoins de santé liés au vieillissement de la population, aux impacts sanitaires du changement climatique et plus généralement à la pression sur les systèmes de soins, une nouvelle approche s'impose. Au CEA-Leti, nous sommes convaincus que les microtechnologies et le numérique peuvent apporter beaucoup et servir l'humain. Chaque jour, nos équipes développent des solutions concrètes : capteurs intelligents, dispositifs pour le diagnostic assisté par l'intelligence artificielle, médecine personnalisée, neurotechnologies... Autant d'innovations conçues pour améliorer la qualité de vie, anticiper les pathologies et renforcer l'autonomie.

Notre démarche *lab to market* transforme les avancées scientifiques en technologies robustes et accessibles. En créant un lien fort entre la recherche, l'industrie et les professionnels de la santé, nous accélérons leur déploiement à grande échelle, au bénéfice de tous. Nous inscrivons aussi notre action dans une vision durable de la santé.

L'approche *One Health*, qui relie santé humaine, animale et environnementale, guide notre réflexion pour une innovation globale, responsable et pérenne.

Avec nos partenaires industriels, académiques et cliniques, nous bâtissons un écosystème unique pour relever les défis de demain. Nous pensons que la technologie a particulièrement de la valeur quand elle est mise au service de la santé.

L'édition de ce second numéro, illustre notre engagement à construire une santé plus humaine, préventive, inclusive, et résolument tournée vers l'avenir.

Sébastien Dauvé
Directeur du CEA-Leti



© C.MOREL/CEA

01

Technologies pour l'imagerie médicale

- 08_ Imagerie médicale
- 10_ Radiologie interventionnelle

03

Outils pour la pharmacutique et les biotechnologies

- 22_ Organes et organoïdes sur puce
- 23_ Bioproduction
- 24_ Délivrance de médicaments
- 25_ Micro-aiguilles instrumentées

Annexes

- 34_ Les plateformes technologiques du CEA-Leti
- 38_ L'écosystème CEA pour la recherche en Santé
- 40_ Soutenir la création d'entreprises
- 42_ Pourquoi travailler avec le CEA-Leti

02

Technologies pour les dispositifs médicaux innovants

- 14_ Dispositifs implantés
- 16_ Microbatterie
- 17_ Dispositif médical porté
- 19_ Diagnostics *in vitro*

04

Prévention et bien-être

- 28_ Détection rapide de pathogènes aéroportés
- 29_ Surveillance biologique
- 30_ Prévention : qualité de l'eau

-
- 31_ Monitoring multi-usage
 - 32_ Insémination artificielle animale

À la pointe des technologies pour la médecine du futur

Le secteur de la santé s'appuie sur des technologies innovantes pour prévenir et prédire les maladies, améliorer le diagnostic médical, mieux produire les biothérapies, mieux suivre et traiter les patients. Grâce à ses compétences pluridisciplinaires : microélectronique, biologie, physique, chimie, intelligence artificielle... le CEA-Leti accompagne cette évolution avec des solutions industrialisables, dont certaines sont des premières mondiales.

Le rythme de ces innovations s'est accéléré ces dernières années. En 2023, le CEA-Leti annonce avec l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne une première mondiale : un « pont numérique » permet à une personne paraplégique de marcher avec un déambulateur, en pilotant ses gestes par la pensée.

En 2024, nouvelle première : il publie dans la revue *Nature Communications* des travaux sur la culture et la vascularisation d'organoïdes sur une puce microfluidique.

D'autres recherches de premier plan ont pour ambition de ralentir l'évolution de la maladie de Parkinson, grâce à un implant intracérébral qui émet de la lumière infrarouge. Enfin, le CEA-Leti soutient les industriels de la bioproduction, avec des innovations technologiques visant à optimiser la fabrication et le contrôle qualité des médicaments et à faciliter leur accès au plus grand nombre de patients.

4 domaines applicatifs

Les technologies pour la médecine du futur sont l'un des quatre axes majeurs de recherche des 20 000 ingénieurs et chercheurs CEA.

Au CEA-Leti, les travaux couvrent quatre domaines :

Technologies pour l'imagerie médicale



Vers des imageurs X et gamma plus précis et « nomades », pour un déploiement au chevet du patient

Outils pour la pharmaceutique et les biotechnologies

Une priorité : développer des outils pour optimiser le développement, la production et l'analyse des biomédicaments



Technologies pour les dispositifs médicaux innovants

Mieux diagnostiquer, suivre et traiter les pathologies, avec des dispositifs miniaturisés portés ou implantés



Prévention et bien-être

Des systèmes de surveillance et de suivi qui améliorent la qualité de vie et le bien-être





→ Associer santé humaine, animale et environnementale

Le CEA-Leti est aligné avec l'initiative *One Health* lancée en 2010, notamment par l'OMS et le PNUE*. Il travaille de manière coordonnée sur trois sujets interdépendants : santé humaine, santé animale et santé environnementale.

60 % des pathologies infectieuses humaines ont une origine animale. Pandémies humaines et zoonoses résonnent l'une avec l'autre et ne peuvent être traitées séparément.

→ Plus de 350 brevets actifs

Le socle technologique des innovations en santé du CEA-Leti regroupe la microélectronique, l'optique, la photonique, l'algorithmie, l'IA, les capteurs, actionneurs et imageurs, les systèmes électroniques, la communication et l'efficacité énergétique des dispositifs. Ces expertises sont à l'interface avec le vivant via d'autres types d'expertises : biomatériaux, microfluidique, prépa-

ration d'échantillons, etc. Des avancées protégées par plus de 350 brevets actifs.

La recherche en santé représente plus de 10 % des activités du CEA-Leti. Elle est portée à parts égales par un département applicatif (le Département des technologies pour l'innovation en santé) et par quatre départements experts en technologies silicium, optique, composants électroniques et approches systèmes, télécommunication et gestion de l'énergie.

De plus, le CEA-Leti dispose avec Clinattec** d'un centre de recherche biomédicale unique au monde : secteur clinique avec six chambres, bloc opératoire, IRM intraopératoire, magnétoencéphalographe (MEG), scanner, etc.

→ Favoriser la création de start-up

Pour avoir un impact sociétal fort, créer des emplois et contribuer à la souveraineté française et européenne en santé,

le CEA-Leti multiplie les partenariats industriels et transfère ses technologies à des entreprises de biotechnologies, des laboratoires pharmaceutiques ou des équipementiers pour le médical. Il collabore avec de grands industriels du domaine : Sanofi, Ceva, Onward Medical, Thales, Trixell, etc.

La diffusion des technologies passe aussi par la création de start-up issues de ses travaux et souvent, dirigées par d'anciens ingénieurs-chercheurs. Quelques exemples : Fluoptics (aide à la chirurgie), Avalun (analyses délocalisées), Mag4Health (magnétoencéphalographie), Admir (diagnostic du cancer), Injectpower (microbatteries pour implants médicaux), Remedee Labs (traitement de la douleur), Nawu Diagnostics (diagnostic vétérinaire), etc.

*PNUE : Programme des Nations unies pour l'environnement

**En partenariat avec le CHU Grenoble-Alpes

Technologies pour l'imagerie médicale

08 _ Imagerie médicale

10 _ Radiologie interventionnelle



leti

Réinventer le parcours de soins

Vers des examens d'imagerie par rayonnement X plus accessibles et plus efficaces

De nombreux systèmes de santé font face à deux défis majeurs qui peuvent sembler contradictoires. D'une part, les difficultés d'accès aux soins dans les zones de déserts médicaux, qui nécessitent le développement de solutions diagnostiques mobiles et agiles. D'autre part, la demande croissante de médecine de précision qui requiert des approches diagnostiques et thérapeutiques de pointe, personnalisées pour chaque patient.

L'imagerie médicale, source d'innovations majeures, présente un potentiel remarquable pour relever ces défis, d'une part en développant l'imagerie nomade ; d'autre part en développant l'imagerie de précision reposant sur les technologies avancées et la théranostique.

L'époque où les examens d'imagerie se déroulaient forcément à l'hôpital ou dans un centre spécialisé sera bientôt révolue : les sources de rayons X se miniaturisent, les systèmes d'imagerie deviennent légers et compacts pour être mobiles ; ils ambitionnent de se déplacer dans les maisons de santé, les déserts médicaux,

les Ehpad, pour établir des diagnostics plus précoces prendre en charge les patients plus vite, renforcer les démarches de prévention et réduire la saturation des services de radiologie.

Ces appareils d'imagerie ambulatoires souhaitent transformer les parcours de soins, et offrent une image en profondeur par reconstruction de grande qualité sans déplacer des patients fragiles jusqu'à un scanner. Le CEA-Leti joue un rôle clé dans le déploiement de ces technologies de rupture : il développe la technologie silicium permettant la miniaturisation des sources de rayons X, il réinvente la radiologie interventionnelle avec le développement de nouveaux détecteurs spectraux qui permettront d'améliorer la précision du diagnostic tout en réduisant la dose patient et il prépare la future génération du scanner à comptage de photons. En parallèle, il améliore les performances en sensibilité de l'imagerie gamma positrons pour un meilleur confort du patient. Celle-ci ouvre des perspectives dans l'imagerie multi-isotopique simultanée (diagnostic et théranostique).



Nous collaborons avec des industriels des systèmes à rayons gamma pour développer des capacités de prototypage, en tenant compte des contraintes de fabrication de masse des futurs produits. Le CEA-Leti est en mesure d'assurer des transferts de technologie rapides et des délais de mise sur le marché réduits, notamment grâce à sa politique de brevets rigoureuse et claire. »

Loïck Verger,
Expert sénior en imagerie
médicale au CEA-Leti

→ À voir aussi :

NuVISION: a portable multimode
gamma camera based on HiSPECT
imaging module
youtu.be/uilyQMktAUA

Imagerie médicale



Médecine nucléaire : des matériaux semi- conducteurs innovants pour des examens optimisés

Grâce à un module de détection innovant, compact et bas coût, il devient possible de réaliser des imageries gamma SPECT, aussi vite qu'avec un tomographe par émission de positrons, mais avec une qualité d'image et une offre de radiotraceurs supérieures. Du confort pour les patients et de nouvelles applications en perspective.

→ Comment ça marche ?

Pour concurrencer la tomographie par émission de positrons (TEP), l'imagerie SPECT (*single photon computed tomography*) doit combler son déficit de sensibilité. Le CEA-Leti y est parvenu avec un module de détection à base de semi-conducteur CdZnTe qui concilie deux incompatibles : une haute résolution spatiale qui exige des pixels de petite taille, et une haute résolution en énergie qui implique des grands pixels.

Cette prouesse est permise par une innovation de rupture en traitement du signal, issue d'un circuit de lecture très bas bruit : chaque photon détecté et mesuré en énergie est localisé en 3D dans le module. Un transfert industriel est prévu. Des perspectives s'ouvrent ainsi en imagerie multi-isotopique simultanée, en particulier en théranostique, qui consiste à identifier et traiter simultanément des lésions cancéreuses.

→ Quels atouts ?

La compacité, la modularité et le niveau de performance du module de détection ouvrent le champ à des systèmes d'imagerie SPECT avec des collimateurs à très haute sensibilité (deux ordres de grandeur supérieurs aux caméras commerciales). De plus, ils réduisent considérablement la durée du scan médical, pour un meilleur confort du patient, et ouvrent des perspectives dans l'imagerie multi-isotopique simultanée (diagnostic et théranostique).

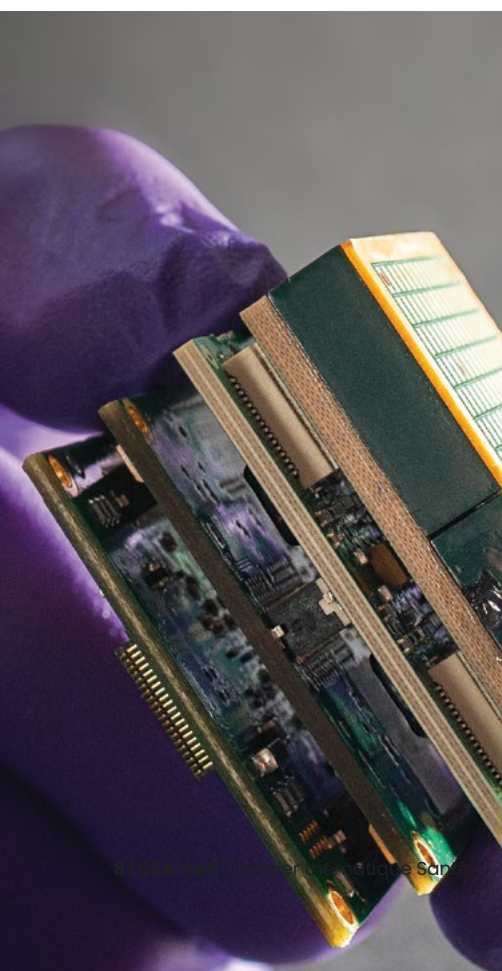
Cette technologie est protégée par neuf brevets.

→ Nos axes de recherche :

- développement d'un module de détection en semi-conducteur CdZnTe de $40 \times 40 \times 6$ mm³ à quatre côtés aboutables ;
- circuit de lecture bas bruit associé à un traitement du signal innovant pour un gain sans compromis en résolution spatiale et énergie ;
- nouvelles architectures systèmes.

→ Quelles applications ?

- diagnostic : oncologie, neurologie, cardiologie ;
- théranostique : oncologie, traitement de l'hypertthyroïdie.



Imagerie médicale

Vers l'imagerie radiologique en profondeur par reconstruction de haute qualité au chevet du patient

Le CEA-Leti prépare une révolution avec Thales : l'imagerie radiologique en profondeur par reconstruction de haute qualité au chevet du patient. Ceci grâce à un équipement mobile multisources de rayons X en cours de développement.

→ Comment ça marche ?

Thales met au point de nouvelles sources de rayons X miniaturisées, basées sur les nanotubes de carbone, qui ouvrent des possibilités inédites en imagerie médicale. Le principe consiste à générer des images 2D stéréoscopiques grâce aux multisources permettant d'obtenir, après reconstruction algorithmique, une image radiographique en profondeur.

À l'aide de son outil de simulation, le CEA-Leti a dimensionné l'architecture du système radiologique en y intégrant toute la chaîne image, des caractéristiques des multisources jusqu'aux développements des algorithmiques de reconstruction et de correction d'image. Ceci pour obtenir une qualité d'image radiologique en profondeur optimale, basée sur un nombre de vues limité, avec les contraintes de précision géométrique propres à ce système mobile.

Grâce à sa maîtrise des technologies silicium, le CEA-Leti a aussi élaboré les substrats silicium sur lesquels Thales fera croître les nanotubes de carbone nécessaires à cette innovation de rupture.

→ Quels atouts ?

Le système d'imagerie radiographique en profondeur par reconstruction permettra de voir ce que « une radiographie classique cache par superposition », sans déplacer des patients fragiles jusqu'à un scanner. Il réduira ainsi la saturation des services de radiologie.

→ Nos axes de recherche :

- simulation de la chaîne image et dimensionnement du système d'imagerie ;
- algorithmes de reconstruction et de correction d'image ;
- procédé silicium pour la croissance des nanotubes de carbone.

→ Quelles applications ?

- Imagerie en profondeur par reconstruction algorithmique pour le diagnostic.



Le système d'imagerie radiologique en profondeur par reconstruction, en cours de développement, ouvre la voie à de nouvelles stratégies de prise en charge à l'hôpital. Nous avons transféré à Thales des éléments clés de cette technologie, qui contribuera à la relance d'une filière française souveraine d'imagerie médicale. »

Loïck Verger,
Expert sénior en imagerie médicale au CEA-Leti

→ Avec le soutien de :

THALES

Radiologie interventionnelle

Des images 3D en couleur et en temps réel pour la radiologie interventionnelle

Le consortium ImaSpiR-X, dont fait partie le CEA, a pour objectif de fournir aux cliniciens des informations sur la densité et la nature des tissus, pour la prise en charge en urgence des accidents vasculaires cérébraux (AVC) ou la chirurgie de cancers. Clé de cette avancée : de nouvelles générations de capteurs plans à rayons X et d'algorithmes avancés.

→ Comment ça marche ?

Le consortium ImaSpiR-X réunit cinq partenaires français. Ils se donnent pour objectif de développer en cinq ans (2025-2030) des capteurs plans spectraux de nouvelle génération, qui fourniront une image radiologique numérique enrichie et des algorithmes d'analyse avancés. Ils s'appuient sur une équipe internationale d'experts médicaux et mobilisent des compétences complémentaires en matériaux, semi-conducteurs, électronique et algorithmes, avec des technologies de rupture mises au service du corps médical.

Le CEA est chargé de développer cette nouvelle génération de détecteurs pour :

- une meilleure qualité d'image et une haute sensibilité afin de réduire la dose patient ;
- améliorer la précision du diagnostic et ouvrir la voie à l'imagerie multi-agents de contrastes pour un traitement plus personnalisé.

→ Quels atouts ?

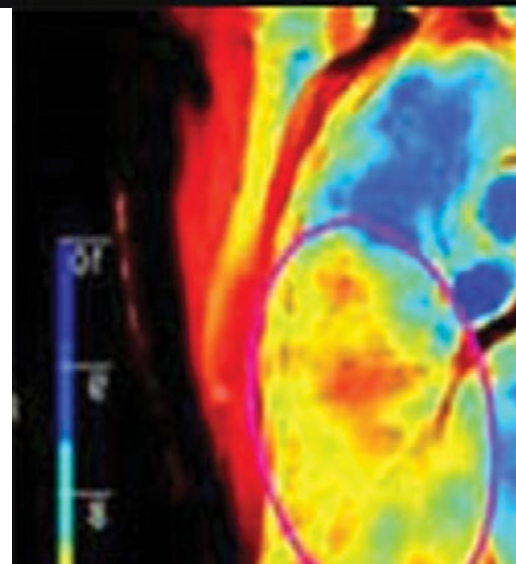
Alors que l'imagerie médicale noir et blanc d'aujourd'hui ne renseigne que sur la densité des tissus, l'imagerie spectrale en couleur identifiera aussi leur nature au service du chirurgien durant son intervention. De quoi gagner de précieuses minutes dans la prise en charge des AVC (2 millions de neurones sont perdus chaque minute), ou mieux guider le geste du chirurgien qui opère un cancer.

→ Nos axes de recherche :

- développement de capteurs plans spectraux à haute sensibilité ;
- algorithmes de traitement associés.

→ Quelles applications ?

- AVC : diagnostic plus rapide et plus précis, guidage des gestes du clinicien ;
- chirurgie des cancers : meilleure discrimination des zones malignes, jusqu'au cœur des organes.

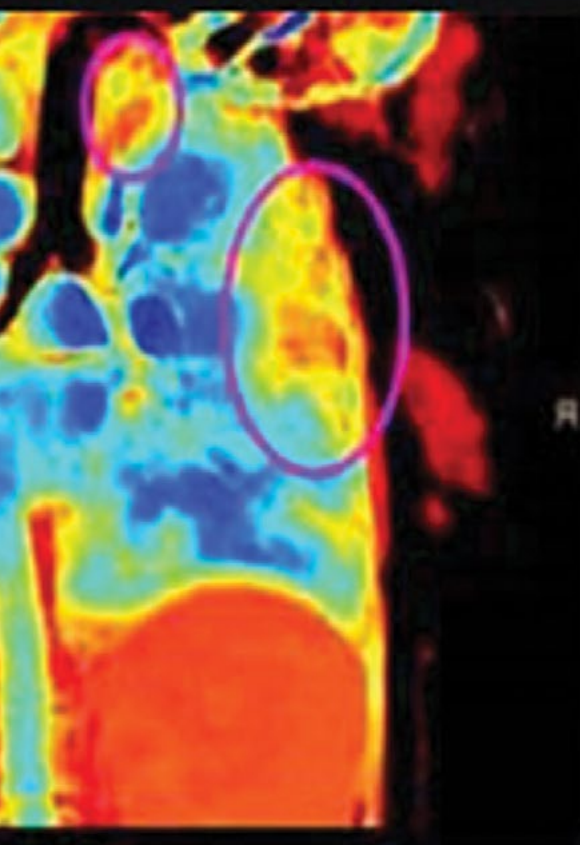


Ce projet va renforcer l'écosystème français, leader mondial dans la radiologie interventionnelle et la chirurgie assistée par l'image en temps réel, tout en améliorant la qualité des soins offerts aux patients. Les capteurs plans issus de cette collaboration seront fabriqués en France. La majorité des approvisionnements seront effectués auprès de plus de 200 fournisseurs français. »

Loïc Verger,
Expert sénior en imagerie médicale au CEA-Leti

→ Avec le soutien de :







Technologies pour les dispositifs médicaux innovants



- 14 _ Dispositifs implantés
- 16 _ Microbatteries
- 17 _ Dispositifs médicaux portés
- 19 _ Diagnostics *in vitro*

ORITHMS



body mass index 18,5

Vers un bouleversement du diagnostic et de la prise en charge des pathologies

**Les microtechnologies et l'intelligence artificielle
bouleversent la prévention des pathologies,
leur traitement, leur suivi, voire leur évolution**

Le CEA-Leti propose des technologies pour trois types de dispositifs médicaux : dispositifs *in vitro*, portés (*wearable*) et implantés, ainsi que des logiciels d'aide à la décision, et contribue à la transformation du modèle de soin. Objectifs : s'appuyer sur les technologies semi-conducteurs et sur ses équipes pluridisciplinaires pour développer des dispositifs industrialisables avec performance et robustesse, et réaliser de la R&D conforme aux réglementations propres aux dispositifs médicaux.

En fournissant des données exploitables directement par les soignants et/ou les patients, l'arrivée de capteurs innovants intégrés dans des systèmes ouvre des possibilités inédites :

- **diagnostiquer et suivre** en continu des pathologies au chevet du patient, alerter sur l'évolution de paramètres physiologiques critiques ;
- **restaurer** des fonctions motrices grâce à des interfaces cerveau-machine innovantes ;
- **ralentir** l'évolution de la maladie de Parkinson en éclairant la partie du cerveau touchée par la dégénérescence. Un essai clinique unique au monde est en cours pour évaluer cette voie thérapeutique révolutionnaire.

Dispositifs implantés

La technologie WIMAGINE® BCI confirme son potentiel en neuroréhabilitation

À travers plusieurs essais cliniques, le CEA-Leti et ses partenaires explorent le potentiel de la technologie d'interface cerveau-machine en suppléance motrice et en thérapie.

RÉALISATION MARQUANTE : ONWARD MEDICAL

Cette technologie a été transférée à la société ONWARD Medical pour développer et commercialiser à terme le pont numérique ARC^{BCI}. Cet accord offre à ONWARD Medical l'opportunité d'être le premier sur le marché avec un système activé par BCI pour restaurer les mouvements guidés par la pensée après une paralysie.

→ À lire aussi :

Walking naturally after spinal cord injury using a brain-spine interface.
Lorach, H., et al. (2023). *Nature* 618
doi: [10.1038/s41586-023-06094-5](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06094-5)

An exoskeleton controlled by an epidural wireless brain-machine interface in a tetraplegic patient: a proof-of-concept demonstration.
Benabid, A.-L., et al. (2019).
The Lancet Neurology 18.12

→ Comment ça marche ?

WIMAGINE® est une technologie unique d'interface cerveau-machine basée sur un implant d'enregistrement de l'activité cérébrale à la surface du cortex moteur et des algorithmes d'intelligence artificielle dédiés au décodage des intentions de mouvements de patients en situation de handicap moteur. Elle permet de contrôler des effecteurs de substitution fonctionnelle dédiés et de retrouver ainsi une meilleure mobilité pour accomplir des tâches de la vie quotidienne.

→ Quels atouts ?

WIMAGINE® a déjà contribué à deux premières mondiales publiées dans *The Lancet Neurology* et *Nature*. En 2019, un patient tétraplégique a pu utiliser son activité cérébrale pour contrôler un exosquelette quatre membres. En 2023, un patient paraplégique incomplet a réussi à retrouver le contrôle naturel de sa marche grâce au couplage de la technologie WIMAGINE® du CEA avec une thérapie de stimulation de la moelle épinière de EPFL/CHUV/UNIL/ONWARD Medical (Lausanne, Suisse). Grâce à un pont numérique entre le cerveau et la moelle épinière, le patient a pu contrôler l'amplitude du mouvement de ses pas directement à partir de son activité cérébrale, lui permettant de marcher sur des terrains complexes et même monter des marches d'escaliers.

La technologie WIMAGINE® est couverte par 25 brevets.

→ Nos axes de recherche :

- miniaturiser la technologie WIMAGINE® pour en faciliter l'usage au quotidien, grâce à des avancées ciblées sur la portabilité, l'autonomie et l'ergonomie ;
- concevoir des algorithmes de décodage BCI embarqués, précis et robustes, en vue de leur implémentation sur circuits intégrés ;
- développer une nouvelle génération de neuroprothèse ouvrant la voie à de nouvelles perspectives thérapeutiques.

→ Quelles applications ?

- **compensation fonctionnelle** d'un déficit moteur sévère ;
- **outils de communication** (clavier virtuel par exemple) pour les patients souffrant de troubles de la communication résultant d'affections neurologiques comme le *locked-in syndrome*, l'aphasie, etc. ;
- **thérapies de neurorehabilitation**, en complément des méthodes de rééducation classiques pour les patients souffrant de déficits neurologiques tels que ceux causés par un AVC.

* Ces travaux ont été soutenus par le Fonds Clinatéc et ses mécènes (implant WIMAGINE®), l'institut Carnot CEA-Leti, le CEA (financement récurrent), Horizon Europe—European Innovation Council (EIC), Leenaards Foundation, l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR), la Swiss National Science Foundation (SNF) et le ministère de la Santé.

Dispositifs implantés

Freiner la progression de la maladie de Parkinson grâce à la lumière

Il n'existe que des traitements symptomatiques pour les 10 millions de personnes dans le monde atteintes de la maladie de Parkinson. Le CHU de Grenoble-Alpes en collaboration étroite avec le CEA-Leti* mène un essai clinique pour évaluer une solution susceptible de la ralentir : il s'agit d'un implant intracérébral dont l'émission lumineuse protégerait les neurones.

→ Comment ça marche ?

L'émission lumineuse d'une diode laser émettant à 670 nm (dans la gamme de couleur rouge) est guidée via une fibre optique jusqu'aux substances noires du cerveau, dont les cellules neuronales dégénèrent pendant la maladie de Parkinson. La diode est positionnée dans un boîtier électronique de 2,5 cm de diamètre logé dans la boîte crânienne, à la place de l'os, lors d'une intervention chirurgicale. La fibre optique est ensuite chirurgicalement introduite via les cavités naturelles du cerveau rendant l'implantation très faiblement lésionnelle.

→ Quels atouts ?

L'effet thérapeutique de la lumière a été démontré par plusieurs études sur des modèles parkinsoniens de rongeurs et de primates non humains**.

Suite à ces études précliniques, le CEA-Leti* a réalisé le développement technologique de l'implant et déposé 15 brevets. Il est à l'initiative du tout premier essai clinique au monde, coordonné par Clinattec, avec 14 patients inclus (7 patients implantés et 7 patients contrôlés). Quatre ans après la première implantation, les premiers résultats cliniques sont encourageants.

→ Nos axes de recherche :

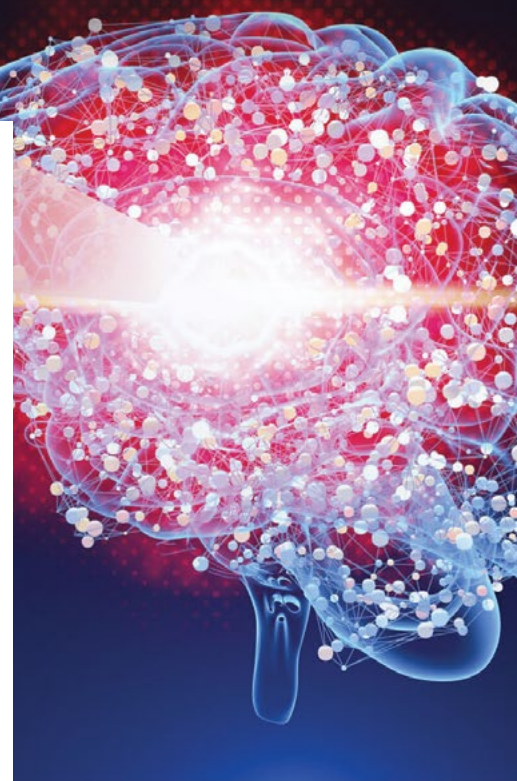
- compréhension du mécanisme d'action de la lumière sur les neurones ;
- design d'un nouvel implant qui facilitera une future étude clinique à plus large échelle.

→ Quelles applications ?

- traitement de la maladie de Parkinson ;
- évaluation de l'adaptation pour d'autres pathologies telles que la maladie d'Alzheimer et la maladie de Huntington : un projet de recherche préclinique ANR a débuté en 2024.

*En collaboration la société Boston Scientific.

**Ces travaux ont été soutenus par l'institut Carnot CEA-Leti, le CEA (financement récurrent), le Fonds Clinattec et ses mécènes, FranceParkinson, la Fondation de l'Avenir et la Michael J. Fox Foundation.



Les résultats préliminaires de l'essai clinique nous incitent à poursuivre le développement de cette technologie.

Nous cherchons notamment à faciliter la chirurgie et à réduire la consommation de l'implant, pour augmenter l'autonomie de la batterie et permettre aux patients d'oublier la présence de ce dispositif intracérébral. »

Mathieu Perriollat,
Responsable du projet LEDI
au CEA-Leti

→ À lire aussi :

Near-infrared light is neuroprotective in a monkey model of Parkinson's disease. Darlot, F. et al. (2016)
Ann Neurol. 79. doi:10.1002/ana.24542

Intracranial photobiomodulation in de novo Parkinson's patients: preliminary data of an ongoing randomized controlled trial. Chabardès, S. et al. (2025). Article en pré-print.
doi.org/10.1101/2025.01.23.25320819

Une microbatterie rechargeable pour le suivi en continu de la pression intraoculaire

Chez les patients menacés par un glaucome, il est bien plus efficace de suivre la pression intraoculaire en continu que de se limiter aux contrôles périodiques du médecin. InjectPower a développé une microbatterie rechargeable assez miniaturisée pour être insérée dans l'œil et alimenter un capteur de pression MEMS associé.

RÉALISATION MARQUANTE : INJECTPOWER

La start-up Injectpower a été créée en 2020 pour industrialiser et commercialiser les microbatteries rechargeables. Elle possède sa propre usine, située à quelques kilomètres du CEA-Leti, équipée de 1 500 m² de salles blanches 200 mm. D'ici 2029, elle pourra fabriquer des millions de produits par an.

En tant que partenaire associé du projet IPCEI santé Tech4Cure, Injectpower participera à une initiative européenne qui place l'énergie au centre de la révolution du dispositif médical implanté.

→ Comment ça marche ?

La microbatterie utilise une technologie lithium-ion tout solide. Elle est fabriquée avec des équipements de microélectronique 200 mm, par dépôt successif de couches. Sa densité de puissance élevée (cinq fois celle des produits concurrents) lui confère une autonomie d'une semaine en usage courant ; la recharge s'effectue par couplage inductif.

Elle mesure 1,8 mm × 0,85 mm, pour 0,1 mm d'épaisseur. Elle est associée à un capteur de pression MEMS et à une électronique de pilotage, ainsi qu'à un système de communication sans fil pour transférer les données. L'ensemble est installé dans l'œil en pratiquant une minuscule incision.

→ Quels atouts ?

La création de la start-up Injectpower est le fruit de plus de 18 années de développement au sein du CEA dans le domaine des microbatteries. Une longue aventure scientifique qui a donné lieu au dépôt de plus de 40 familles de brevets, dont une licence exclusive pour le domaine médical. Elle est la première qui soit à la fois assez petite pour être insérée dans l'œil et assez dense en énergie pour assurer plusieurs jours d'autonomie. Cette densité pourra encore être améliorée.

D'un encombrement de l'ordre du mm³, elle permet de monitorer en continu des paramètres biologiques pertinents, sans intervention du patient. Le suivi est bien plus précis qu'avec des contrôles périodiques chez le médecin.

La fabrication avec les procédés collectifs de la microélectronique garantit une production en volume à des coûts unitaires réduits.

→ Nos axes de recherche :

- amélioration du cyclage et de la durée de vie des microbatteries ;
- optimisation des étapes de dépôt de couches ;
- optimisation du ratio surface active/surface totale ;
- empilements 3D de microbatteries pour des besoins en énergie plus élevés.

→ Quelles applications ?

- suivi de la pression intraoculaire (prévention du glaucome) ;
- suivi de la pression intracrânienne (hydrocéphalie, suivi post-AVC, etc.) ;
- cardiologie (pression artérielle pulmonaire typiquement).

Dispositifs médicaux portés

Un « laboratoire sur peau » pour le monitoring des marqueurs physiologiques

L'analyse de notre transpiration livre des informations sur notre état de santé, comme par exemple notre niveau d'hydratation, notre stress, le fonctionnement de nos reins. Grâce à un dispositif positionné sur la peau, le CEA-Leti et STMicroelectronics proposent de suivre en continu des paramètres clés tels que le pH et les concentrations de potassium et de sodium dans la sueur.

→ Comment ça marche ?

Le prototype SweatPatch comprend des interfaces microfluidiques, six capteurs électrochimiques fonctionnalisés et une électronique de pilotage. D'un niveau de maturité TRL 4, il fait environ 3 cm de diamètre et moins de 1 cm d'épaisseur. Il est suffisamment fin pour se conformer à la courbe du corps et à l'emplacement qu'il occupe.

Les différentes interfaces microfluidiques permettent la collecte de la transpiration et son transport jusqu'aux capteurs, installés chacun dans une chambre. Selon l'application, les capteurs peuvent être fonctionnalisés soit de manière identique pour plus de fiabilité (reproductibilité des mesures), soit différemment pour permettre une analyse multiparamétrique de la composition de la sueur. Les résultats sont transmis en continu et en temps réel par communication sans fil. La sueur collectée est évacuée une fois mesurée.

→ Quels atouts ?

Des essais en enceinte climatique et sur le terrain, pendant plusieurs heures d'activité physique, ont démontré que SweatPatch adhère bien à la peau en gardant sa position initiale et ne provoquait ni irritation, ni gêne lors d'une activité sportive soutenue. Le dispositif est jugé léger et peu encombrant. Les mesures électrochimiques sont sensibles, stables et reproductibles et le flux de sueur est géré de manière précise et contrôlée.

Cette technologie est protégée par 4 brevets.

→ Nos axes de recherche :

- maturation du prototype actuel : procédés d'interfaces microfluidiques, capteurs électrochimiques, électroniques, intégration système, pré-industrialisation, télécommunication ;
- design, fabrication, fonctionnalisation des capteurs électrochimiques ;
- ajout de nouveaux capteurs et paramètres ;
- essais de terrain et études cliniques avec des partenaires.

→ Quelles applications ?

- diagnostic et monitoring physio-pathologique via la mesure de paramètres biologiques : pH, calcium, lactate, glucose, cortisol, etc.
- suivi du niveau d'hydratation : personnes à risque, professions à risque, entraînements sportifs ou professionnels, etc.



Outre notre ambition d'obtenir des mesures physiologiques représentatives, notre dispositif se révèle très adaptable pouvant adresser la mesure sensible et reproductible d'une large gamme de biomarqueurs tout en étant non invasif et facilement positionnable sur n'importe quelle partie du corps : deux atouts majeurs pour ce dispositif médical. »

Yohann Thomas,
Ingénieur-chercheur et expert
en capteurs électrochimiques
au CEA-Leti

→ À lire aussi :

Communiqué de presse : CEA-Leti
Worked with STMicroelectronics on
Health & Wellness Breakthrough:
A Wearable System For Continuous
Sweat Monitoring

→ En partenariat avec :





La performances des lasers QCL est établie mais le coût des composants est actuellement un frein à leur démocratisation. Nous mettons en place une nouvelle approche technologique ouvrant la voie à l'utilisation à grande échelle des QCL pour des applications de suivi non invasif du glucose et d'autres paramètres physiologiques. »

Vincent Destefanis,
Responsable partenariats
au département Optique
et photonique du CEA-Leti

Dispositif de mesure transcutané
de la glycémie



Dispositifs médicaux portés

Dispositif QCL miniaturisé et bas coût

Suivre sa glycémie et d'autres biomarqueurs sans devoir se piquer le doigt régulièrement ou porter un patch de micro-aiguilles : c'est ce que propose le dispositif de mesure transcutané de la glycémie basé sur les technologies lasers à cascade quantique (QCL, excitation) et photo-acoustique (PA, détection) du CEA-Leti.

→ Comment ça marche ?

Le capteur comprend le laser QCL, une cellule et un microphone miniaturisés. Il est intégré dans un bracelet porté au poignet. Le laser émet une onde lumineuse dans le moyen infrarouge, à une longueur d'onde spécifique, qui traverse la peau et excite les molécules associées au biomarqueur à mesurer. Quand ces molécules se relaxent après excitation, la relaxation produit un échauffement qui se traduit ensuite par un signal acoustique qui est enregistré et analysé ; l'intensité du signal est liée à la concentration en biomarqueur.

La mesure est sensible et sélective car les émissions lumineuses du laser QCL, particulièrement ciblées en longueur d'onde et absorbées de manière importante par les molécules, peuvent par ailleurs être calibrées avec une grande précision.

→ Quels atouts ?

Deux essais cliniques de validation, menés avec le CHU Grenoble-Alpes, ont montré des performances très prometteuses sur le volet du suivi non invasif de la glycémie. Elles sont proches du niveau de précision des méthodes invasives de référence.

Les lasers QCL coûtent aujourd'hui de plusieurs centaines à plusieurs milliers d'euros l'unité, car ils sont fabriqués avec des procédés à faible rendement. Le CEA-Leti développe un procédé alternatif de fabrication de ces lasers par filière microélectronique sur silicium qui vise à diviser ce coût par 100 et à démocratiser l'usage de la technologie. Ses recherches sur les lasers QCL sont protégées par une quinzaine de brevets.

→ Nos axes de recherche :

- filière de fabrication des lasers QCL par report sur silicium d'une structure III-V ;
- technologies MEMS permettant la capture et l'enregistrement des ondes acoustiques ;
- intégration système ;
- algorithmes de prédiction et *machine learning* ;
- réduction de la variabilité de mesure.

→ Quelles applications ?

- bien-être et prévention : suivi du glucose (chez les personnes diabétiques par exemple), et d'autres bio-marqueurs pour le monde du sport ;
- diagnostic rapide d'échantillons médicaux : micro-bactériologie, analyse de tissus potentiellement cancéreux ;
- analyse de l'eau et suivi des procédés.

Diagnostic in-vitro

Vers un automate d'hématologie miniaturisé

Après 10 années de co-développement fructueux, le CEA-Leti accompagne maintenant la société Horiba pour l'industrialisation d'un automate d'hématologie. La commercialisation de cet automate plus compact et aussi précis que les appareils actuels, mais moins cher à l'achat et à l'usage, est prévue en 2027.

→ Comment ça marche ?

L'analyse est menée à partir d'un prélèvement de très faible volume, équivalent à une goutte de sang. Le liquide biologique est guidé dans les canaux d'une carte plastique microfluidique pour les opérations réactionnelles de préparation de l'échantillon. La dilution s'effectue grâce à une micro-pompe constituée d'une membrane hyper-élastique intégrée à une carte microfluidique en thermoplastique. Puis un dispositif d'imagerie sans lentille ultra-compact réalise le comptage. Le système, entièrement automatisé, peut être utilisé par un laborantin après une formation simple.

→ Quels atouts ?

Grâce à la microfluidique et l'imagerie sans lentille, l'automate est beaucoup moins volumineux que les appareils de laboratoire actuels : son encombrement est à peu près celui d'une boîte à chaussures. Il effectue une mesure rapide, précise, de faible coût et non opérateur-dépendante.

La technologie FlowStretch de membrane hyperélastique garantit des opérations de dilution sur puce avec le taux requis pour un comptage fiable des globules rouges et blancs et des plaquettes, dans un échantillon sanguin. Le CEA-Leti a, par ailleurs, mis en place une filière d'industrialisation de cartes microfluidiques, dont celles intégrant FlowStretch, avec le plasturgiste Infiplast*. Objectif : passer d'un process R&D par usinage, à une fabrication de petites et moyennes séries par injection plastique, compatible avec les volumes attendus sur le marché de la micro-fluidique en santé.

Cette technologie est protégée par 4 brevets impliquant le CEA-Leti.

→ Nos axes de recherche :

- imagerie sans lentille ultra-compacte ;
- membrane hyperélastique (élongation : 300 %) pour la dilution du sang ;
- industrialisation de la carte microfluidique en vue d'un transfert.

→ Quelles applications ?

- numération globulaire : globules rouges, globules blancs et plaquettes.

** Cette industrialisation bénéficie du support de la Filière FRAMES, financée par le programme France2030 Filière en région Auvergne-Rhône-Alpes, et pilotée par le plasturgiste Infiplast avec le soutien expert du CEA-Leti. FRAMES (Filière régionale en région Auvergne-Rhône-Alpes pour la microfluidique en santé) dé-risque et accélère l'industrialisation de consommables microfluidiques thermoplastiques.*



L'automate assure la dilution du sang via une carte microfluidique équipée d'un film hyper-élastique, ainsi que la détection et le comptage de cellules sanguines par imagerie sans lentille.



L'association de deux technologies clés du CEA-Leti, l'imagerie sans lentille et la technologie microfluidique FlowStretch, permet d'adresser les enjeux du marché point-of-care à un haut degré de maturité. »

Yann De boysson,
Responsable de partenariats
au département Santé
du CEA-Leti

→ En partenariat avec :

HORIBA



Outils pour la pharmacutique et les biotechnologies



leti

- 22 _ Organes et organoïdes sur puce
- 23 _ Bioproduction
- 24 _ Délivrance de médicaments
- 25 _ Micro-aiguilles instrumentées

Mieux développer, produire et administrer les (bio)médicaments

Une transformation technologique de l'industrie pharmaceutique est en cours

L'optimisation des étapes de développement pharmaceutique, souvent longues, complexes et coûteuses, est un enjeu clé. L'utilisation des organes et organoïdes sur puce est un axe prometteur sur lequel le CEA-Leti est particulièrement actif. Ces objets biologiques nouveaux servent notamment à comprendre les mécanismes d'action des principes actifs, à fiabiliser les essais (pré)cliniques et à choisir la molécule thérapeutique la plus adaptée à chaque patient.

Les faibles rendements de (bio)production sont aussi un problème en passe d'être résolu grâce à l'apport de technologies de rupture telles que l'intelligence artificielle, le suivi en ligne et en temps réel des paramètres critiques, et l'optimisation des plateformes analytiques. Grâce à ses outils, à son implication dans la stratégie nationale d'accélération mise en place dans ce domaine, à sa participation au PIIEC Santé et à l'association France Biolead (www.france-biolead.fr), le CEA-Leti œuvre pour une ambition de l'État et des industriels de la pharmaceutique : optimiser drastiquement le rendement de certaines étapes des procédés de (bio)production pour renforcer l'attractivité et la souveraineté industrielle française et européenne dans ce domaine.

Enfin, le mode d'administration des médicaments évolue avec des technologies comme les Lipidots®, qui contribuent à optimiser la délivrance de vaccins et de thérapies à ARN messenger, ou encore les patchs de micro-aiguilles appliqués sur la peau pour la délivrance alternative de vaccins ou pour traiter des cancers cutanés.

Valider des candidats-médicaments avec plus de fiabilité et à moindre coût

Aujourd'hui, le développement d'un candidat-médicament prend environ 10 ans, coûte jusqu'à 1 milliard d'euros et se conclut par un échec dans 90 % des cas. Avec les organoïdes sur puce instrumentés, il serait possible d'avoir des modèles plus représentatifs, plus fiables, moins coûteux et de limiter l'expérimentation animale.

→ À lire aussi :

A microfluidic platform integrating functional vascularized organoids-on-chip. Quintard, C., Tubbs, E., Jonsson, G., et al. (2024) Nat Commun 15, 1452
doi.org/10.1038/s41467-024-45710-4.

Real-time monitoring of oxygen levels within thermoplastic organ-on-chip devices. Tubbs, E., Revol-Cavalier, F., et al. (2022) Biosensors and Bioelectronics: X, Vol. 11. doi: 10.1016/j.biosx.2022.100198.

→ En collaboration avec :



→ Comment ça marche ?

Des cellules issues de tissus humains ou de cellules souches sont « cultivées » dans une puce microfluidique qui assure une perfusion optimisée des nutriments nécessaires à leur survie et accompagne leur croissance et maturation de façon dynamique par le biais de forces de cisaillement. La microstructure en 3D ainsi obtenue reproduit plus fidèlement la structure et les fonctions du tissu vivant d'origine.

→ Quels atouts ?

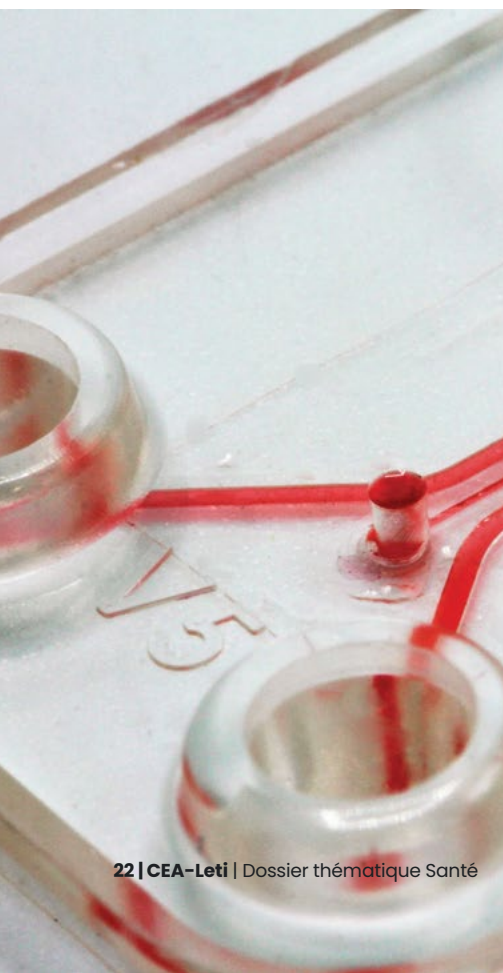
Les résultats de premier plan mondial publiés en 2024 par le CEA montrent qu'on peut maintenir durablement en culture un organoïde sur une puce microfluidique, le vasculariser et être plus représentatifs du tissu vivant d'origine, comparé aux cultures cellulaires traditionnelles. Ils sont aussi plus prédictifs de la toxicité et de l'efficacité de candidats-médicaments que les modèles animaux, en accord avec les récentes évolutions réglementaires. Les puces microfluidiques du CEA-Leti, conçues selon de nouvelles normes ISO avec des matériaux et des procédés industrialisables, optimisent les écoulements, apportent des fonctions de perfusion et de piégeage, tout en préparant l'intégration future de capteurs miniaturisés. Cela permettrait une maturation fonctionnelle et un suivi optimisé des objets biologiques sur puce.

→ Nos axes de recherche :

- intégration microfluidique d'organoïdes sur puce et de capteurs de suivi de l'environnement et de fonctionnalité ;
- fabrication de composants microfluidiques industrialisables ;
- croissance, vascularisation et immuno-compétence d'organoïdes sur composants microfluidiques ;
- études de fonctionnalité des organoïdes sur puce par capteurs miniaturisés et dédiés ;
- suivi par imagerie et algorithmes d'interprétation associés.

→ Quelles applications ?

- études précliniques et évaluation de candidats-médicaments ;
- médecine personnalisée : sélection de molécules thérapeutiques en oncologie, suivi de greffes (pancréas, rein, foie, cornée, etc.) ;
- médecine régénératrice : thérapie cellulaire et tissulaire ;
- compréhension optimisée des mécanismes physiopathologie.



Bioproduction

Des impuretés quantifiées au µg/ml en temps réel

Utilisés pour la vaccination ou le traitement de cancer, les maladies inflammatoires ou d'infections virales sévères, les biomédicaments font l'objet d'un contrôle strict, en particulier concernant les impuretés. Dans le cadre du projet CALIPSO, le CEA-Leti développe un instrument à base d'interféromètres de Mach Zehnder (MZI) et de microfluidique capable de détecter *at line* et en temps réel de faibles concentrations d'impuretés et de contaminants.

→ Comment ça marche ?

Durant la phase de purification, les MZI sont mis en contact avec le produit contenant les biomédicaments. Celui-ci est traversé par une onde lumineuse dont le signal en sortie est mesuré. Certains MZI sont fonctionnalisés avec des sondes, telles que des anticorps, qui réagissent en présence d'impuretés et modifient ainsi le trajet de la lumière, permettant d'en déduire la concentration en impuretés. Le CEA-Leti a développé des puces photoniques optimisées de 512 MZI organisés en 16 canaux, assemblées dans une carte microfluidique insérée dans un automate d'analyse rapide. Celui-ci permet la détection du déphasage ainsi que le pilotage fluide pour l'injection automatique des échantillons. Le temps de réponse est de l'ordre de la minute. Chaque puce peut faire 16 mesures.

→ Quels atouts ?

La détection d'impuretés s'effectue en temps quasi réel, directement pendant la phase de purification de la bioproduction. Elle peut compléter une approche de PAT (*process analytical technology*) en complément des contrôles réalisés en fin de procédé. Les anomalies sont ainsi détectées rapidement, et des actions correctives peuvent être mises en place afin d'optimiser les rendements et les coûts de production. La sensibilité de l'ordre du µg/ml et la cadence d'échantillonnage et de rendu du résultat sont particulièrement adaptés à un usage de contrôle de terrain sur site.

Cette technologie est protégée par une dizaine de brevets.

→ Nos axes de recherche :

- optimisation des temps de traitement et de la sensibilité des mesures ;
- pré-industrialisation de la carte microfluidique ;
- montée en maturité technologique de l'instrument ;
- développement d'un second instrument pour le prélèvement et l'acheminement des échantillons depuis les équipements de bioproduction (du *at line* vers un contrôle *in line*) ;
- déploiement de la mesure sur de nouveaux couples cible/sonde.

→ Quelles applications ?

- bioproduction : détection en continu d'impuretés en très faible concentration ;
- agroalimentaire : détection d'allergènes (ex : gluten) et de contaminants ;
- diagnostic médical ;
- analyses de l'eau.



→ À lire aussi :

A silicon photonics platform based on Mach Zehnder interferometers for real-time bioprocess monitoring. Laplatine, L., et al. (2024). Proceedings SPIE 2024. doi.org/10.1117/12.3001513.

RÉALISATION MARQUANTE : LE PROJET CALIPSO

Le CEA participe depuis 2021 au projet de recherche collaboratif français, Calipso, avec cinq partenaires : Sanofi, GapGemini, Ypso-Facto, GPC bio, Centrale Supélec. Leur objectif : élaborer une nouvelle génération d'outils, pour révolutionner les méthodes de développement et de pilotage de procédés industriels de bioproduction. Ce projet a donné lieu à la création de la start-up Calipso Sensor, filiale de GPC Bio, qui assurera l'industrialisation et la commercialisation des capteurs développés dans le projet.

→ Avec le soutien de :



bpifrance



Les Lipidots® ouvrent des perspectives inédites en matière de coût, d'efficacité et de facilité de stockage des vaccins à ARN messager. Nous travaillons avec plusieurs partenaires académiques et industriels, de la start-up aux grands groupes pharmaceutiques. »

Marie-Line Cosnier,
Ingénieure et cheffe de projet
au CEA-Leti

→ **À lire aussi :**

Nanostructured Lipid Carriers Overcome the Low Immunogenicity of M2e Peptide via Surface Click Chemistry Conjugation, Improving the Anti-M2e Antibody Response.
Bourlon, L., Fournier, C., Hoang, A., et al. (2026). *Advanced Nanobiomed Research*. doi.org/10.1002/anbr.202500236

→ **Avec le soutien de :**



Délivrance de médicaments

Les Lipidots®, un vecteur d'administration des vaccins et thérapies à ARN

Les Lipidots® sont des nanogouttelettes d'huile dans l'eau, biocompatibles, capables de transporter des principes actifs, des agents de contraste ou des adjuvants jusqu'à un organe cible. Ils ouvrent notamment des perspectives prometteuses aux vaccins et thérapies à ARN en termes de stabilité et d'efficacité.

→ **Comment ça marche ?**

Les Lipidots® mesurent de 50 et 120 nanomètres de diamètre. Ils peuvent vectoriser de l'ARN messager (ARNm) greffé sur leur surface externe de manière stable et présentent une forte affinité avec les ganglions lymphatiques, très impliqués dans la réponse immunitaire.

→ **Quels atouts ?**

Les nanoparticules lipidiques, dans lesquelles l'ARNm est encapsulé dès la fabrication, exigent une chaîne du froid à -80 °C. À l'inverse, avec les Lipidots®, le greffage en surface de l'ARNm est effectué juste avant l'utilisation. Ils peuvent donc se conserver au moins deux ans à +4 °C et sont plus faciles à produire et à stocker. Ils présentent également une toxicité plus réduite que de nombreuses solutions concurrentes. Capables de cibler un organe ou une zone précise du corps, ils obtiennent la même efficacité thérapeutique avec une quantité plus faible de principe actif, donc à un coût réduit et en limitant les effets secondaires.

Les travaux menés depuis 2022 avaient établi la preuve de concept *in-vitro* chez la souris de la délivrance d'ARNm de large taille par les Lipidots®. Depuis, deux campagnes de vaccination sur d'autres modèles animaux ont été réalisées, notamment en collaboration avec l'industriel CEVA santé animale dans le cadre d'un projet France 2030, révélant notamment une sécrétion d'anticorps au-delà du seuil requis et une protection aussi efficace que la solution de référence. Un procédé industriel de fabrication sans éthanol a été développé et transféré. Il permet une production en volume avec un niveau de sécurité accru et moins d'impact environnemental.

Cette technologie est protégée par 15 brevets.

→ **Nos axes de recherche :**

- passage à l'échelle du procédé de fabrication sans éthanol ;
- ajout d'un immunostimulant pour la conformité aux contraintes réglementaires (sécrétion d'anticorps dès l'injection) ;
- élargissement à des nouvelles cibles et espèces.

→ **Quelles applications ?**

- vaccins et thérapies à base d'ARN ;
- outils pour les nouvelles biothérapies (thérapie génique et/ou cellulaire) ;
- libération d'adjuvants, en complément de vaccins et d'immunothérapies.

Micro-aiguilles instrumentées

Les micro-aiguilles : du suivi des paramètres biologiques à la thérapie

Indolores et très peu invasives, les micro-aiguilles développées au CEA-Leti se prêtent à de multiples usages. Leur couplage avec une microfluidique de précision, des biocapteurs ou des capteurs optiques de nouvelle génération, permet le suivi en continu de marqueurs biologiques et le traitement par thérapie photo-dynamique de cancers de la peau (essai clinique en 2026).

→ Comment ça marche ?

Moins invasives qu'une aiguille classique, les micro-aiguilles polymériques biocompatibles du CEA-Leti atteignent le derme sans provoquer de douleur avec des objectifs variés : prélever du liquide interstitiel, délivrer un principe actif ou de la lumière, mesurer des caractéristiques physiologiques, doser des biomarqueurs. Ces micro-aiguilles sont intégrées dans un système complet incluant des composants microfluidiques, optiques ou électrochimiques, comme cela a été réalisé en 2025 par le CEA-Leti dans le cadre d'un projet portant sur une approche innovante pour le traitement des cancers cutanés. Le dispositif complet se présente sous forme de patch directement applicable sur la peau.

→ Quels atouts ?

Une intégration complète et miniaturisée des micro-aiguilles avec une instrumentation de pointe assure une perforation adaptée à chaque partie du corps et une mesure *in situ*, minimalement invasive et performante. Les propriétés optiques permettent de maîtriser la propagation de la lumière dans les tissus et, couplées à un principe actif dont la vitesse de libération peut être contrôlée, rendent la thérapie photodynamique plus efficace et moins douloureuse. L'intégration de capteurs *in situ* permet de mesurer et suivre l'évolution de biomarqueurs dans le liquide interstitiel.

Les micro-aiguilles du CEA-Leti sont protégées par plus de 10 brevets.

→ Nos axes de recherche :

- patches de micro-aiguilles bimodales ;
- intégration de micro-aiguilles sur des dispositifs complets de mesure ou de délivrance ;
- fabrication en volume dans le respect des exigences réglementaires avec des partenaires industriels.

→ Quelles applications ?

- traitement par thérapie photodynamique ;
- délivrance transdermique de principes actifs de quelques minutes à plusieurs jours ;
- diagnostic et médecine personnalisée.



→ Chiffres clés :

- Taille et géométrie des micro-aiguilles adaptables de 400 à 1400 μm de hauteur, diamètre de 300 à 400 μm , pleines ou creuses, forme conique ou crayon, avec 1 ou plusieurs biseaux en pointe pour maîtriser la perforation de l'épiderme
- Taille d'un patch adaptable : forme ronde ou carrée, de 1 à 6 cm^2 , avec 4 à 140 micro-aiguilles par patch.

→ À lire aussi :

Biodegradable microneedle-based electrodes for electrophysiological measurements. Juillard, S., Planat-Chrétien, E., Texier, I., (2025). *Journal of Materials Chemistry B*, 13, 10009-10019. DOI: 10.1039/d5tb00727e.

Prévention et bien-être

cea

leti

- 28 _ Détection rapide de pathogènes aéroportés
- 29 _ Surveillance biologique
- 30 _ Prévention : qualité de l'eau
- 31 _ Monitoring multi-usage
- 32 _ Insémination artificielle animal

Des outils technologiques pour une prévention renforcée

La prévention monte en puissance notamment dans les politiques de santé des états

La prévention couvre tous les déterminants du maintien d'une bonne santé tout au long de la vie : comportements individuels, alimentation, activité physique, sécurité sanitaire, sensibilisation aux risques du quotidien, contrôle de l'environnement (eau, air, sols, etc.), de la santé animale, etc.

Dans les faits, ces politiques de prévention s'appuient sur des outils, des services et des technologies avancées. Celles-ci servent en particulier à mesurer en continu des paramètres pertinents, à transmettre des alertes et à éclairer les prises de décision des acteurs de terrain.

Pour adresser ce type de besoins, le CEA-Leti développe des solutions portables permettant de livrer des résultats rapides, aussi précis et robustes que les technologies de référence des laboratoires, et à bas coût, ce qui favorise leur déploiement à grande échelle.

Exemples d'application : la détection de virus respiratoires dans l'air, qu'ils soient dangereux pour l'Homme ou pour les animaux d'élevage ; le contrôle bactériologique de l'eau de mer ; la détection haute sensibilité et haute spécificité des chutes, dans le cadre du maintien à domicile de personnes âgées.

RÉALISATION MARQUANTE : NAWU

Créée en 2025, la société nawu diagnostics, va exploiter la technologie AirCheck en s'appuyant sur les brevets du CEA. Elle ciblera dans un premier temps le monde de l'élevage, et des produits commerciaux fin 2027 pour les bovins, nawu diagnostics étendra ensuite son offre aux filières aviaire et porcine, et ambitionne d'élargir ses activités à la santé humaine.

Le projet CATMOS (Balise de surveillance continue des menaces biologiques aéroportées) porté par le CEA est lauréat de l'appel à projet 2025 du Programme et équipements prioritaires de recherche sur les Maladies infectieuses émergentes (PEPR MIE) financé dans le cadre du plan France 2030 et piloté par l'INSERM à travers l'ANRS MIE. En collaboration avec l'université Lyon 1, l'université de Bordeaux et l'Institut Pasteur de Paris. Ce projet vise à proposer le développement d'une technologie de rupture qui permettra de surveiller la présence de pathogènes dans l'air.

→ Avec le soutien de :



Détection rapide de pathogènes aéroportés

30 minutes pour détecter des pathogènes dans l'air

Face aux risques d'émergence et de réémergence d'infections respiratoires se propageant via des gouttelettes ou des aérosols, le CEA-Leti a développé un système unique : AirCheck, capable de contrôler la « qualité » de l'air dans les environnements confinés. Tout en un, il permet d'automatiser le prélèvement des aérosols biologiques, la préparation de l'échantillon et son analyse en seulement 30 min.

→ Comment ça marche ?

Un système miniaturisé et portable, facilement utilisable pour différents cas d'usage (hôpitaux, élevages, espaces publics, etc.). Il effectue de manière automatique la détection simultanée de plus d'une dizaine de pathogènes : collecte des (bio)aérosols dans l'air ambiant par précipitation électrostatique ; préparation de l'échantillon sur une carte microfluidique embarquée ; détection biomoléculaire par amplification isotherme (LAMP).

→ Quels atouts ?

Toutes les solutions fiables et robustes existantes requièrent des étapes manuelles pour préparer l'échantillon collecté et le transférer à un module d'analyse. Le fait de réaliser l'analyse *in situ* et en une demi-heure donne une réactivité record pour prendre les bonnes décisions à la fois précoces et préventives. Une preuve de concept a été réalisée en laboratoire sur virus respiratoire humain (Covid-19) en collaboration avec l'Institut Pasteur (financement ANR flash Covid-19), puis des campagnes d'essais ont été menées dans des fermes expérimentales et des élevages bovins en collaboration avec l'INRAE (UMR BIOEPAR, INRAE/Oniris, UMR IHAP, INRAE/ENVIT) et l'IDELE (financement inter-Carnot). L'utilisation de l'appareil ne nécessite pas de formation ou de compétences en instrumentation de laboratoire. La précision des résultats est voisine de celle d'une PCR.

La technologie AirCheck, protégée par 8 brevets, est déclinable pour différents pathogènes respiratoires d'origine humaine ou animale.

→ Nos axes de recherche :

- augmentation de la généricité et la versatilité du système : de la prévention au diagnostic non-invasif ;
- adaptation à la détection de bactéries aéroportées pathogènes pour l'humain : tuberculose, méningite, bronchite, pneumonie, coqueluche, etc. ;
- enchainement de collectes et analyses successives pour un fonctionnement autonome ;
- extension de la technologie à l'analyse d'autres contaminants aéroportés.

→ Quelles applications ?

- surveillance de l'exposition à des pathogènes respiratoire présents dans l'air (hôpitaux, élevages, espaces publics, etc.) ;
- diagnostic rapide et non invasif de maladies respiratoires à partir de l'air exhalé.



Surveillance biologique

Contrôler la qualité biologique de l'eau de mer en 1 heure

Certains professionnels comme les ostréiculteurs ont besoin d'une eau de mer de bonne qualité biologique, par exemple pour rincer les huîtres exposées à diverses formes de pollution. Avec plusieurs partenaires, le CEA-Leti développe une solution portable et innovante de détection bactérienne sur le terrain, pensée pour offrir des résultats rapides et à faible coût.

→ Comment ça marche ?

À partir d'un échantillon d'eau de mer de 4 litres, un système de mesure automatisé réalise une étape de préconcentration, pour obtenir un volume à analyser de 10 ml, puis la détection directe de coliformes fécaux (comme E. coli) et, à terme, d'autres agents pathogènes sans étape d'amplification génétique. La détection est assurée par des capteurs à base de graphène ou de silicium et fonctionnalisés avec des anticorps.

Le prélèvement aquatique est effectué par un drone qui embarque le système de mesure. Les résultats sont télétransmis à un serveur sécurisé. L'ensemble du processus nécessite une heure.

→ Quels atouts ?

Cette solution remplace l'envoi de l'échantillon à un laboratoire et ses 8 à 16 heures d'attente pour obtenir des résultats. Le délai d'une heure permet aux professionnels de terrain d'optimiser leur travail, par exemple, en ce qui concerne les ostréiculteurs, en sachant très vite s'ils peuvent rincer leurs huîtres sans risque sanitaire. Le système devrait atteindre à terme la sensibilité de détection requise, soit 200 à 1000 bactéries/100 ml. Il utilise des capteurs du commerce, ce qui rend les contrôles peu coûteux. Le projet s'inscrit dans une logique de durabilité : réduction de l'impact environnemental, consommation minimale d'énergie et compatibilité avec les écosystèmes marins sensibles.

Le développement de ce système a déjà donné lieu au dépôt de 3 brevets.

→ Nos axes de recherche :

- fonctionnalisation de capteurs graphène ou silicium pour la détection de bactéries ;
- préconcentration des échantillons d'eau de mer par filtration tangentielle, couplée à une détection directe via capteurs sans recours à l'amplification génétique ;
- amélioration de la sensibilité de détection ;
- intégration système.

→ Quelles applications ?

- ostréiculture : contrôle de l'eau de mer utilisée en rinçage et purification des huîtres ;
- contrôle des eaux de transport des fruits et légumes ;
- culture des algues en bassin ;
- surveillance des réserves d'eau potable des navires.



Nous développons une solution de détection microbiologique de terrain rapide et robuste, pour permettre aux acteurs de l'eau de réagir en moins d'une heure face aux contaminations bactériennes. »

Thomas Alava,
Chef de projet au CEA-Leti



La demande sur le suivi en temps réel de la qualité de l'eau et les enjeux associés sont croissants. Le CEA-Leti avec le projet BioSensei, relève de nombreux challenges pour développer la technologie adéquate. La diversité et la complémentarité des partenaires sont un des atouts pour relever ce défi. »

Elise Saoutieff,
Cheffe de projet au département
Santé du CEA-Leti

→ **Avec le soutien de :**



European Union's Horizon Europe
Framework Programme (HORIZON) under
grant agreement 101135241 — BIOSENSEI

Prévention : qualité de l'eau

Vers une surveillance en temps réel des polluants existants et émergents

La pollution environnementale constitue une menace majeure pour la santé et la biodiversité. Dans le cadre du projet européen BioSensei, le CEA-Leti développe un biocapteur hybride innovant, multiplexé et déployable sur site, capable de détecter en temps réel des polluants grâce à des micro-organismes génétiquement modifiés.

→ **Comment ça marche ?**

Lancé en janvier 2024, le projet européen BioSensei (3 ans, 9 partenaires) met au point un biocapteur hybride innovant, multiplexé et déployable sur site, capable de détecter en temps réel des polluants abiotiques (nutriments, perturbateurs endocriniens œstrogéniques et PFAS*) et biotiques (microcystines) grâce à des micro-organismes génétiquement modifiés.

Le CEA-Leti intègre des capteurs électrochimiques et optiques au sein d'un système IoT** complet. Il assure l'architecture électronique, le pilotage des capteurs et l'intégration dans les réseaux LTE (réseau mobile). En parallèle, il développe un procédé d'encapsulation des bactéries modifiées pour éviter tout relargage, tout en préservant leur viabilité et les performances du capteur.

→ **Quels atouts ?**

Le CEA-Leti, dans le respect des principes d'écoconception *Safe and Sustainable by Design*, développe des procédés de fonctionnalisation chimique de surface et de mise en forme de biomatériaux biocompatibles. Grâce à son approche multidisciplinaire, le CEA-Leti conçoit des procédés d'encapsulation cellulaire performants, compatibles avec les systèmes miniaturisés et industrialisables, tout en assurant la viabilité et la performance analytique des dispositifs. Il maîtrise l'intégration de systèmes complets, incluant le pilotage de capteurs hybrides optiques et électrochimiques et le développement de nœuds IoT avec communication sans fil NB-IoT.

→ **Nos axes de recherche :**

- encapsulations biocompatibles, non toxiques et économiques ;
- électronique basse consommation ;
- intégration de nouveaux capteurs électrochimiques et optiques.

→ **Quelles applications ?**

- prévention des risques environnementaux et qualité des sols et des eaux environnementales : effluents industriels, exploitations agroalimentaires ;
- surveillance et alertes temps réel ;
- bioproduction chimique.

*PFAS : substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées

**IoT : Internet of Things (Internet des objets en français). Appellation désignant l'ensemble des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capables de communiquer les uns avec les autres.

Monitoring multi-usage

Sense-VNA : la détection diélectrique RF intégrée

Sense-VNA est un dispositif de rupture du CEA-Leti, basé sur la technologie de VNA qui permet la détection de propriétés diélectriques de matériaux ou de tissus biologiques de manière non invasive, grâce à l'analyse des ondes de radiofréquence intégrée dans des analyseurs ultra-miniaturisés, à faible coût et à faible consommation.

→ Comment ça marche ?

Sense-VNA exploite la permittivité diélectrique des matériaux, une propriété, qui décrit la manière dont un courant électrique se propage à travers la matière. Des ondes radiofréquences sont utilisées pour mesurer les signaux incidents, transmis et réfléchis, qui sont ensuite décodés à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel (VNA) miniaturisé sur silicium afin d'en extraire les paramètres diélectriques et de cartographier les signatures invisibles des cellules ou des matériaux.

→ Quels atouts ?

Par rapport aux analyseurs de réseau vectoriels conventionnels, Sense-VNA offre une approche adaptée aux systèmes embarqués. Ultra-miniaturisée, peu énergivore et à faible coût unitaire, cette technologie ouvre la voie à de nombreuses opportunités pour la détection et la surveillance non invasives, de manière délocalisée voire portable.

→ Nos axes de recherche :

- validation des cas d'usage identifiés avec une première plateforme non intégrée ;
- développement d'une version plus intégrée dans une technologie silicium avancée ;
- co-développement intégrant la partie antennaire pour optimiser les performances et la miniaturisation.

→ Quelles applications ?

- mesure de l'hydratation de la peau, tests d'efficacité des produits pour la R&D cosmétique ;
- bien-être : surveillance de la déshydratation intégrée dans une montre connectée ;
- contrôle de procédés : suivi des processus de fermentation ;
- détection de proximité dans le champ proche d'une antenne (20 cm à 1 m) ;
- médicale : différenciation entre des tissus sains et pathologiques (oncologie, analyse embarquée dans une sonde, analyse de tissus prélevés par biopsie), identification de biomarqueurs, suivi des paramètres physiologiques.

→ À lire aussi :

Direct Magnitude and Phase Measurement in an Inductorless Integrated Vector Network Analyzer for Wideband Ambient Environment Sensing. Yaakoubi, G., et al. (2024). Proc. IEEE NEWCAS Conference (NEWCAS), pp. 420-424. 2025. doi: [10.1109/NewCAS64648.2025.11107094](https://doi.org/10.1109/NewCAS64648.2025.11107094)

EM-Wave Biosensors: A Review of RF, Microwave, mm-Wave and Optical Sensing. Mehrotra, P., et al. (2019). Sensors, Feb. 2019. doi.org/10.3390/s19051013



L'imagerie holographique permet le développement de solutions miniaturisées, automatisées et simples d'utilisation, dont les algorithmes exploitent le potentiel de l'intelligence artificielle. Une forte valeur ajoutée pour l'insémination animale. »

Caroline Paulus,
Cheffe du Laboratoire
instrumentation optique
et traitement de l'information
pour l'imagerie *in vitro*
au CEA-Leti

→ **À lire aussi :**

Phase and fluorescence imaging with a surprisingly simple microscope based on chromatic aberration. Mandula, O., et al. (2020) Opt. Express. doi:10.1364/OE.28.002079.

Spermatozoïdes de bovins observés au microscope



Insémination artificielle animale

Un prototype avancé pour l'analyse de sperme animal

En insémination animale, assurer la qualité des analyses et optimiser le nombre de doses produites sont des priorités. Le CEA-Leti accompagne un industriel leader du domaine sur ces sujets avec une technologie d'imagerie holographique miniaturisée, robuste et à un coût maîtrisé, pour l'analyse de la qualité du sperme. Cette technologie devrait être déclinée très prochainement sur une gamme d'instruments d'analyse automatisée de terrain.

→ **Comment ça marche ?**

Avec l'imagerie holographique, on s'affranchit d'une focalisation mécanique. L'image est focalisée et reconstruite par traitement mathématique, et analysée à l'aide d'algorithmes d'intelligence artificielle. L'appareil est utilisable sans formation approfondie, soit en environnement industriel, soit sur le terrain dans un local attenant à l'élevage.

→ **Quels atouts ?**

Un imageur holographique coûte dix fois moins cher qu'un microscope classique et dispose d'un champ de vision bien plus large lui permettant d'imager des milliers d'objets biologiques à la fois. Sa capacité d'analyse repose sur ses algorithmes et non sur le matériel. Appliquée à l'insémination animale, la technologie du CEA-Leti donne accès à la concentration de la semence ainsi qu'à des anomalies, par exemple des déplacements trop lents des spermatozoïdes. Elle s'intègre dans un dispositif très compact, facile à installer.

Suite à un vaste programme de développement, une gamme d'équipements est en phase d'industrialisation avec un partenaire industriel, pour couvrir différents usages à différents niveaux de prix. Dès 2026, une pré-série fonctionnelle sera mise entre les mains d'utilisateurs finaux en Europe avant le lancement commercial officiel.

Cette technologie est protégée par 5 brevets.

→ **Nos axes de recherche :**

- caractérisation de la viabilité et de la morphologie des spermatozoïdes ;
- caractérisation de leur capacité à se déplacer (mobilité) ;
- algorithmes de reconstruction d'images ;
- apprentissage profond et intelligence artificielle ;
- optimisation du rapport performances/coût de revient système.

→ **Quelles applications ?**

- Analyse qualitative de sperme pour l'insémination animale : bovins, équins, caprins, poissons d'élevage, etc.

Annexes



- 34**_Les plateformes technologiques du CEA-Leti
- 38**_L'écosystème CEA pour la technologie en Santé
- 40**_Soutenir la création d'entreprises
- 42**_Pourquoi travailler avec le CEA-Leti

Les plateformes technologiques du CEA-Leti

Plateforme salles blanches

Dotée d'un parc d'équipements microélectroniques de classe mondiale, la plateforme Salles blanches réalise, pour les applications en santé, des dispositifs ultra-miniaturisés, extrêmement performants et peu gourmands en énergie.

→ Quand faut-il recourir au silicium ?

Développer des composants sur silicium représente un investissement initial conséquent en raison des coûts de R&D élevés de la microélectronique. Pour l'amortir, il faut produire des millions d'unités ou réaliser des dispositifs à très forte valeur ajoutée. C'est donc dès le début de la conception que les experts Santé du CEA-Leti évaluent la pertinence d'un recours au silicium. Les projets les plus fréquents : capteurs avancés, parties réutilisables de circuits microfluidiques, capteurs pour la bioproduction.

→ Des fonctionnalités exceptionnelles

Les technologies silicium offrent des performances exceptionnelles. Elles donnent par exemple naissance à des micro-résonateurs capables de détecter des masses d'un cent millième de milliardième de gramme (10^{-14}), pour comparer en quelques heures l'efficacité de différents anticancéreux. Autre exemple : des capteurs de suivi de procédés de bioproduction qui permettront à terme de découpler le rendement de certaines étapes de production de médicaments et de les fiabiliser.

→ Concevoir des objets simples à fabriquer

La plateforme dispose d'un parc d'équipements pré-industriels, très proches de ceux utilisés par les fondeurs dans leurs usines. Pour chaque développement destiné à la santé, elle valide un procédé de fabrication complet qui sera transféré au sous-traitant final : le partenaire industriel a ainsi l'assurance, de pouvoir produire rapidement des volumes, à un niveau de qualité élevé et à un coût maîtrisé (modèle *lab to market*).

→ Principaux équipements :

- lignes CMOS 200 et 300 mm ;
- lignes MEMS 200 et 300 mm ;
- lignes de co-intégration MEMS et CMOS 200 et 300 mm ;
- plateforme photonique 100 mm ;
- plateforme de nano-caractérisation.

Chiffres clés

- 14 000 m² de surface
- 600 ingénieurs-chercheurs
- plus de 350 brevets actifs



Plateforme de micro et nano technologies pour la santé

Forte de 150 chercheurs et dotée d'équipements de pointe, la plateforme Micro-nanotechnologies pour la santé du CEA-Leti conçoit et fabrique des systèmes microfluidiques, des systèmes optiques et des dispositifs médicaux portés. Elle développe également des algorithmes dédiés aux applications de santé.

→ Conformité *by design*

La plateforme a pour objectif de transférer des capteurs, des systèmes et des algorithmes à ses partenaires industriels, pour qu'ils soient certifiés et mis sur le marché dans les meilleurs délais. Elle intègre les contraintes réglementaires, dans toutes les étapes de développement pour rendre ses technologies conformes *by design* aux exigences d'une utilisation chez l'Homme.

→ Technologies microfluidiques

La microfluidique est une source majeure d'innovations en santé pour des diagnostics au chevet du patient ou des travaux de recherche sur les organoïdes sur puce. Grâce à plus de vingt ans de R&D et 46 familles de brevets sur ce sujet, la plateforme conçoit des solutions adaptées à chaque cas applicatif, à partir d'une technologie microfluidique générique pouvant intégrer des composants microélectroniques spécifiques. Elle fabrique des cartes de niveau semi-industriel dans des salles blanches au degré de propreté adapté au domaine médical.

→ Dispositifs médicaux portés

Les dispositifs médicaux portés, conçus et intégrés par la plateforme, s'appuient sur des technologies pré-certifiées pour l'investigation clinique, afin de sécuriser les développements et de réduire le délai de mise sur le marché. Compte tenu de leur interfaçage avec le corps humain, ils respectent des critères stricts de sécurité dont la biocompatibilité.

→ Imagerie sans lentille

La plateforme dispose d'une forte expertise en imagerie sans lentille. Par rapport à la microscopie traditionnelle, celle-ci permet d'imager rapidement de très larges champs et de multiplier les prises de vues. Une technologie idéale pour le développement d'outils d'intelligence artificielle permettant l'analyse de ces bases d'images de très grande taille.

Chiffres clés

- 1 700 m² de salles blanches et de laboratoires
- 150 ingénieurs-chercheurs
- 25 nouveaux brevets par an
- 15 M€ d'investissements cumulés

→ Principaux équipements :

- microfabrication : micro-usinage, découpe laser et formage à chaud, packaging capteurs et systèmes ;
- chimie de surface : plasma de fonctionnalisation de surfaces ;
- plateforme de dispositifs médicaux de référence : EEG, ECG, fNIR, pression artérielle, onde de pouls, échographie, etc. ;
- bancs optiques : spectroscopies Brillouin et Raman, microscopie de phase, microscopie sans lentille.





Plateforme Clinatec, Centre de recherche biomédicale Edmond J. Safra

Clinatec est une infrastructure de recherche biomédicale qui réunit sur le site du CEA Grenoble la recherche médicale, les technologies de pointe et l'hôpital. Ce centre quadripartite est le fruit d'une collaboration entre le CEA, le CHU Grenoble Alpes, l'Université Grenoble Alpes et le Fonds Clinatec.

→ Une équipe pluridisciplinaire

La mission de Clinatec : concevoir, développer et valider des dispositifs médicaux innovants, fondés sur les besoins cliniques et les avancées technologiques. Les projets sont menés par des équipes pluridisciplinaires rassemblant médecins, biologistes, physiciens, électroniciens, mathématiciens, informaticiens, roboticiens et soignants.

→ Un modèle d'innovation au service des patients

Clinatec accélère le passage de l'idée à la mise en œuvre clinique, en proposant une médecine plus précise, moins invasive et accessible au plus grand nombre. Ses équipes œuvrent en particulier dans la lutte contre les maladies neurodégénératives et les handicaps.

Implanté sur près de 6 000 m², Clinatec dispose d'un environnement hospitalier complet (six chambres, un bloc opératoire, une plateforme d'imagerie) et d'équipements technologiques à la pointe. Cette synergie entre disciplines permet un circuit court entre la recherche fondamentale, le développement technologique, l'évaluation préclinique et les essais cliniques.

→ Une organisation unique pour un impact concret

Clinatec est structuré autour de quatre pôles de compétences clés, qui permettent d'accélérer le transfert de technologie :

- conception et fabrication : développement de dispositifs médicaux innovants jusqu'aux premières preuves de concept ;
- biologie : évaluation de la biocompatibilité et développement de solutions diagnostiques et thérapeutiques ;
- évaluation préclinique : validation de l'efficacité et de la sécurité sur modèles animaux avant essais cliniques ;
- évaluation clinique : conduite d'études cliniques dans un environnement hospitalier, sous la coordination du CHU Grenoble Alpes.

Cette organisation intégrée, couplée à un accès direct aux expertises du CEA et à des partenariats académiques et industriels, fait de Clinatec un accélérateur de l'innovation médicale.





Chiffres clés

- 6 000 m² de laboratoires et milieu hospitalier
- 70 médecins et ingénieurs-chercheurs
- 65 brevets
- 28 M€ d'investissement cumulés

L'écosystème CEA pour la recherche en santé

Le CEA est aujourd'hui un acteur central en France pour la conception et l'intégration de technologies innovantes dans le domaine de la santé. Cette mission est portée par ses directions de la recherche fondamentale et de la recherche technologique.

RECHERCHE TECHNOLOGIQUE



Le CEA-Leti, implanté sur le centre du CEA-Grenoble, est un institut de recherche technologique du CEA, fondé en 1967 et pionnier dans les domaines des micro et nano-technologies. Il développe des solutions applicatives innovantes et compétitives pour répondre aux défis mondiaux actuels, notamment les énergies propres et sûres, la santé, le transport durable et la transition numérique. S'appuyant sur des infrastructures préindustrielles, ses équipes multidisciplinaires proposent leur expertise au travers d'applications variées, des capteurs au calcul intensif, en passant par le traitement des données ou encore la puissance. Le CEA-Leti développe des relations de long terme avec ses partenaires industriels et essaime des start-up technologiques avec plus de 80 créations. Il rassemble 2 000 talents, un portefeuille de 3 200 brevets et 14 000 m² de salles blanches et possède des bureaux à San Francisco (USA), Bruxelles (Belgique), Tokyo (Japon), Séoul (Corée du sud) et Taipei (Taiwan). Il est membre du réseau des Instituts Carnot et de l'IRT Nanoelec.

RECHERCHE FONDAMENTALE



L'Institut de recherche interdisciplinaire de Grenoble (CEA-Irig), implanté sur le site du CEA-Grenoble, mène des recherches en biologie, santé, nanosciences, cryotechnologies et nouvelles technologies pour l'énergie et l'environnement.





L'Institut de biologie François Jacob (CEA-Jacob), implanté sur les sites du CEA-Paris-Saclay de Fontenay-aux-Roses, d'Evry et de l'hôpital Saint Louis, mène des recherches en radiobiologie et radiotoxicologie, sur la santé humaine (affections neurodégénératives, infectieuses et immunohématologiques) et en génomique médicale et environnementale.



Le CEA-List, implanté sur les centres CEA-Paris-Saclay et CEA-Grenoble, est un institut de recherche technologique du CEA qui focalise ses recherches sur les systèmes numériques intelligents. Porteurs d'enjeux économiques et sociétaux majeurs, ses programmes de R&D concernent l'intelligence artificielle, l'usine du futur, les systèmes cyberphysiques et la santé numérique. Le CEA-List est membre du réseau des Instituts Carnot.

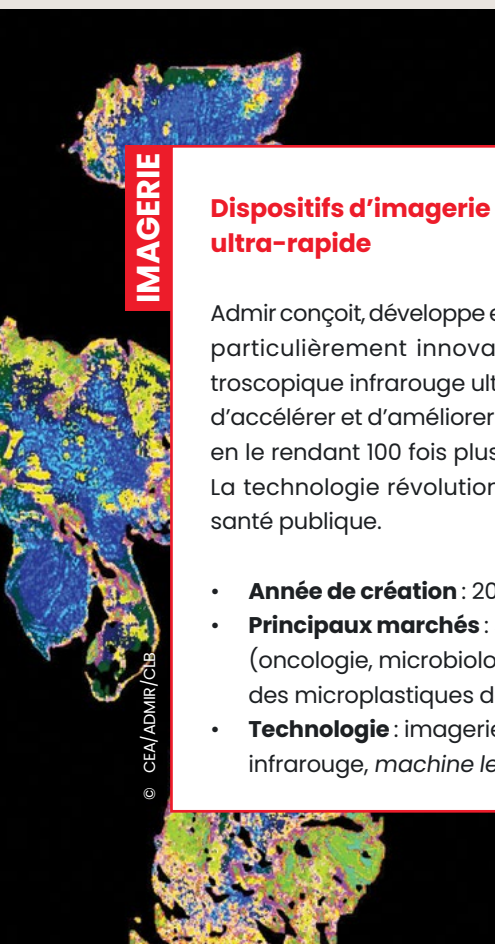


L'Institut des sciences du vivant Frédéric-Joliot (CEA-Joliot) étudie les mécanismes du vivant à toutes les échelles, « de la molécule à l'humain ». Les travaux fondamentaux reposent sur des développements méthodologiques et technologiques et répondent à trois enjeux sociétaux : la santé et la médecine du futur, le numérique et la transition énergétique. Les collaborateurs du CEA-Joliot sont pour moitié impliqués dans des unités mixtes de recherche (UMR), en partenariat avec le CNRS, l'INRAE, l'INRIA, l'Inserm, l'Université Paris-Saclay et l'Université de Paris. Le CEA-Joliot est implanté principalement sur le centre CEA-Paris-Saclay. Des équipes travaillent également à Orsay, Marcoule, Caen, Nice et Bordeaux.



Soutenir la création d'entreprises

Quelques exemples de réalisations



IMAGERIE



Dispositifs d'imagerie spectroscopique ultra-rapide

Admir conçoit, développe et fabrique un système particulièrement innovant d'imagerie spectroscopique infrarouge ultra-rapide qui permet d'accélérer et d'améliorer le flux de bioanalyses en le rendant 100 fois plus rapide et plus fiable. La technologie révolutionne le domaine de la santé publique.

- **Année de création** : 2022
- **Principaux marchés** : santé (oncologie, microbiologie et analyse des microplastiques dans l'organisme)
- **Technologie** : imagerie spectroscopique infrarouge, *machine learning*.

© CEA/ADMIR/CIB

BIEN-ÊTRE

Soulager la douleur chronique par stimulation des endorphines

Remedee Labs a développé le premier bracelet émetteur d'ondes millimétriques qui stimule la production d'endorphines, des analgésiques naturels de l'organisme. Elle propose également une plateforme digitale de services, pour un accompagnement personnalisé et une prise en charge multidisciplinaire de la douleur.

12 millions de français souffrent de douleurs chroniques et 70 % d'entre eux ne reçoivent pas un traitement approprié.

- **Année de création** : 2016
- **Indication envisagées** (études cliniques en cours) : fibromyalgie, arthrose, migraine chronique.
- **Technologie** : émission d'ondes millimétriques 60 GHz par une puce silicium



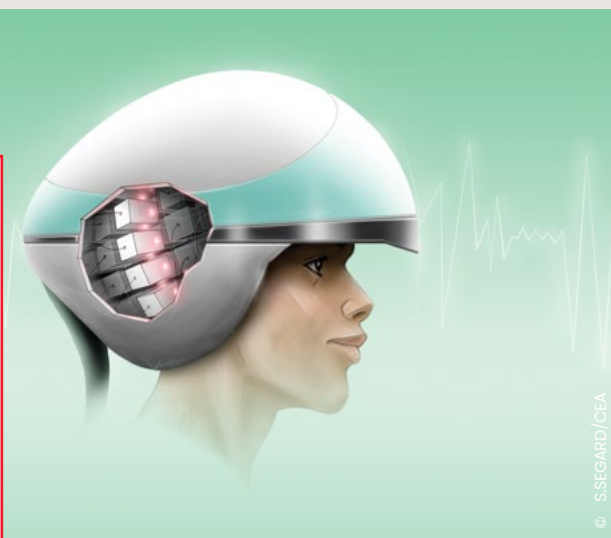
© CASTILLEALMA/REMEDEE


Remedee
Labs

La magnétoencéphalographie enfin accessible

Technique d'imagerie cérébrale puissante, mais très coûteuse, la magnétoencéphalographie tarde à se développer. Mag4Health démocratise son usage avec un appareil trois fois moins cher, plus polyvalent et tout aussi performant. Les dispositifs MEG de Mag4Health ont, un blindage magnétique 10 fois plus léger que les systèmes actuels, soit 1 tonne au lieu de 10.

- **Année de création** : 2021
- **Principaux marchés** : préparation des chirurgies de l'épilepsie ; préparation des chirurgies de tumeurs cérébrales ; diagnostic des commotions cérébrales ; diagnostic précoce de la maladie d'Alzheimer.
- **Technologie** : capteurs quantiques hélium 4 fonctionnant à température ambiante, casque système d'acquisition intégrant 48 capteurs.



Des solutions auto-apprenantes et interopérables pour la gestion du diabète

La première solution pour le traitement automatisé du diabète de type 1 de Diabeloop calcule tout au long de la journée les doses d'insuline nécessaires aux patients et les administre de manière automatisée et personnalisée. Une solution déjà utilisée dans sept pays européens : un an après le lancement commercial, plus de 10 000 personnes en Europe ont été équipées du DBLGI SYSTEM de Diabeloop.

- **Année de création** : 2015
- **Indication** : traitement du diabète de type 1
- **Technologie** : capteur de glucose Dexcom, technologie Diabeloop compatible avec plusieurs pompes à insuline, algorithme d'intelligence artificielle pour la gestion de la glycémie : prévention des hypoglycémies, adaptation à l'apport en glucides et graisses des repas, activité physique, bolus de correction en cas d'hyperglycémie.



Pourquoi travailler avec le CEA-Leti

Grand groupe, start-up, PME, ETI... nombreuses sont les entreprises à avoir engagé un partenariat de longue date avec le CEA-Leti.

De la preuve de concept à la production industrielle (*lab to market*), le CEA-Leti accompagne ses partenaires à toutes les étapes clés de leurs projets d'innovation. S'appuyant sur une expertise reconnue, il contribue à la diffusion de nouvelles technologies au travers d'une politique de transfert industriel qui limite la prise de risque et le délai de mise sur le marché.

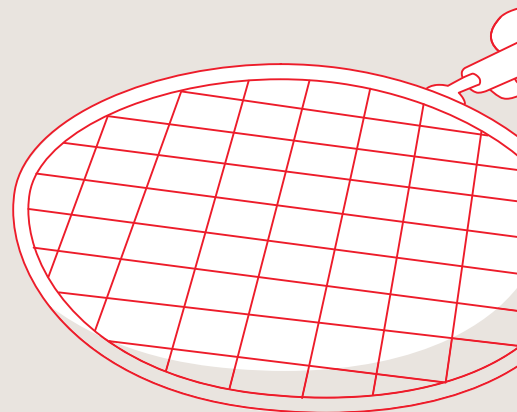
Accompagner les industriels dans leurs projets d'innovation

Être partenaire industriel du CEA-Leti permet d'accéder à :

- **des infrastructures de recherche pré-industrielles**, dont 14 000 m² de salles blanches permettant la réalisation de tests, prototypes et la validation de lots sur des lignes pilotes ;
- **des équipes multidisciplinaires** fortes de plus de 2000 talents dotés d'une double culture « ingénieurs-chercheurs » ;
- **un portefeuille de 3 200 brevets et une démarche de protection et de sécurisation des innovations**, dans la perspective d'une exploitation différenciante et sécurisée par ses partenaires industriels ;
- **une culture de la confidentialité et de la protection de données** durant toute la durée du partenariat, et au-delà ;
- **des compétences et des dispositifs de transfert technologique reconnus**, notamment par la création de start-up ;
- **un écosystème de partenaires sur l'ensemble de la chaîne de valeur**, de la recherche académique aux start-up et acteurs industriels majeurs.

Des plateformes technologiques de pointe

- | | |
|--|-----------------------------------|
| → Salles blanches | → Télécommunications |
| → Nano-caractérisation | → Systèmes cyber-physiques |
| → Photonique | → Électronique de puissance |
| → Cybersécurité | → Microsystèmes 200 mm et 300 mm |
| → Micro-nanotechnologies pour la santé | → Conception de circuits intégrés |
| → Clinathec | → Intégration de capteurs |







Remerciements

Les résultats de recherche présentés dans ce document ont été obtenus grâce à un grand nombre de projets, dont beaucoup ont été financés par des organismes publics au niveau local, national et européen. Par conséquent, nous tenons à exprimer notre reconnaissance et notre profonde gratitude pour le soutien de la région Auvergne Rhône-Alpes, de la Métropole de Grenoble Alpes, du département de l'Isère, de l'État français (France 2030, Agence Nationale de la Recherche, Plan de relance, Bpifrance) et de la Commission européenne (Horizon Europe, Unité Mixte KDT).

À propos du CEA-Leti

Le CEA-Leti, implanté sur le centre du CEA-Grenoble, est un institut de recherche technologique du CEA, pionnier dans les domaines des micro et nano-technologies.

Il développe des solutions applicatives innovantes et compétitives pour répondre aux défis mondiaux actuels, notamment les énergies propres et sûres, la santé, le transport durable et la transition numérique. S'appuyant sur des infrastructures préindustrielles, ses équipes multidisciplinaires proposent leur expertise au travers d'applications variées, des capteurs au calcul intensif, en passant par le traitement des données ou encore la puissance. Le CEA-Leti développe des relations de long terme avec ses partenaires industriels et essaime des start-up technologiques avec plus de 80 créations. Le CEA-Leti rassemble 2000 chercheurs, un portefeuille de 3 200 brevets et 14 000 m² de salles blanches et possède des bureaux à San Francisco (USA), Bruxelles (Belgique), Tokyo (Japon), Séoul (Corée du sud) et Taipei (Taiwan).

Il est membre du réseau des Instituts Carnot et de l'IRT Nanoelec.

Plus d'infos sur cea-leti.com

CEA-Leti, technology research institute

17 avenue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France
cea-leti.com

in  @CEA-Leti

© CEA-Leti - 2026/07