SHOWROOM 15 ANS CARNOT

59 ILLUSTRATIONS

D'OFFRES R&D

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

CARNOT

La recherche pour l'innovation des entreprises

SANTÉ

HEPCAR - L'identification de biomarqueurs dans l'hépatocarcinome cellulaire via l'IA

LDH - Lymphoma Data Hub

SONOCLOUD® - Des ultrasons pour perméabiliser les vaisseaux

NEURONAUTE®

COVIDISC - Un test rapide et fiable de la Covid-19

ABILYCARE - Une solution de détection des risques de fragilité

MACRILEN™ - Molécule pour le dosage de l'hormone de croissance

GETBACK - Vêtements de protection pour le sport et les mobilités

FLUDARABINE - Nouvel outil pour l'imagerie TEP des lymphomes

CINESTEAM® - Le pansement absorbant anti-odeur

ASIDNA™ - Une nouvelle classe de médicaments pour répondre aux dommages de l'ADN

LENSFREE - L'imagerie sans lentille

TECHNOLOGIE DES «ORGANES-SUR-PUCE» - La technologie des «organes-sur-puce» au service de la recherche biomédicale

ALTUS - Diagnostic de pathologies pulmonaires via imagerie ultrasons et IA

KIT SCIPIO BIOSCIENCES - Un kit de séquençage d'ARN à la résolution single-cell pour toutes les paillasses

IPC-3D - Une plateforme R&D de pointe dans la leucémie

MANUFACTURING

MBJ - Le Metal Binder Jetting

GLAM - Glass Laser Additive Manufacturing

DES FOILS NOUVELLE GENERATION IMPRIMÉS EN 3D

BLAXTAIR - Système embarqué de reconnaissance morphologique 3D

POLYMERES INTELLIGENTS - Polymères «intelligents» pour impression 4D

CRISTALLISATION CONTINUE - Cristallisation continue avec un réacteur de type Couette-Taylor

COTRA - Une nouvelle voie à l'introduction des contrôles non destructifs sur les lignes de production

TRANSPORT

VÉHICULE AUTONOME SOCIALEMENT INTELLIGENT

Robots en interactions et réalité mixte

INNOVATION DE CONCEPTS ATTÉNUATEURS

Solutionspour réduire les ambiances vibratoires

REAL-E - L'analyseur de gaz d'échappement embarqué, intelligent, connecté

MOTORISATIONS ÉLECTRIQUES- Pour petites séries et rétrofit de véhicules thermiques

RÉCUPÉRER LA CHALEUR PERDUE SUR LES POIDS LOURDS

AGRI-AGRO

FROILOC - Diffusion de froid ultra-propre localisé sur une ligne de production agroalimentaire

PERTE DE VITAMINES DES FRUITS ET LÉGUMES

SNAC - Système de titration pour la mesure des concentrations en ammoniaque et acides gras volatils

MONDIN - Matériau biosourcé d'origine non animale pour l'industrie du luxe à partir de coproduits de la viniculture

BIRDe -La mangeoire connectée

XTRALYZ -Technologie microfluidique d'extraction ADN rapide pour la sécurité alimentaire

PHE-B -Barre de phénotypage à haut-débit pour les cultures haute

BCGrape -Une plateforme expérimentale pour l'évaluation de nouveaux produits de biocontrôle et de biostimulation de la vigne

CHAUFFAGE OHMIQUE - Une solution innovante pour traiter en continu les produits alimentaires

ENVIRONNEMENT

TOXMATE - Micropolluants sous vidéo-surveillance

TEQOYA - Purificateur d'air français et éco-responsable

LA CHROMATOGÉNIE - Une technologie innovante pour rendre les matériaux hydrophobes

ÉNERGIES

THEMIS - La genèse d'un Building Operating System - BOS

VERS LA PRODUCTION MASSIVE D'HYDROGÈNE DÉCARBONNÉ

WAVYX - Échangeurs thermiques et réacteurs

REFHYB - Production de froid sans givre et à haute efficacité énergétique

LAYER® - Modules OPV (photovoltaique organique) pour alimenter les objets connectés

SUPPORT FLOTTANT POUR ÉOLIENNE EN MER

KIWEE - Véhicules électriques d'autopartage emboitables

STOCKAGE DE LA CHALEUR - Démonstrateur pour le stockage thermochimique de la chaleur fatale

MODE & LUXE

BIOFILUX - Biorevêtements et films minces biodégradables autosupportés et colorés à façon pour l'industrie du luxe

COMPOSITE - Valoriser nos ressources françaises en alliant lin et plastiques recyclés

COSLIFE - Convergence des savoirs de quatre laboratoires rhodaniens dédiés au produit cosmétique

MATLUX - Nouveaux multi-MATériaux imprimables pour le LUXe

POLLUX - Créer une nouvelle méthode scientifique qui relie la caractérisation de la transparence et la perception sensorielle

TEXTULASER - Sublimer la matière grâce au laser tout en préservant les propriétés du substrat

CRYSTALITE - La filière française des cristaux, fournisseur de l'excellence des métiers du luxe

SONDE TRIBO-ACOUSTIQUE® - Dispositif d'objectivation du toucher

NUMÉRIQUE

CELL-INSIDE - Smartphones : les technologies d'aujourd'hui et de demain

IRON-MEN - L'opérateur augmenté au coeur de l'usine de demain

SOUND - Surfaces émettrices de sons pour contrôler les vibrations par filtrage inverse spatio-temporel

SANTÉ

HEPCAR - Insitut Carnot AP-HP et l'entrepris OWKIN

LDH - Institut Carnot CALYM

SONOCLOUD® - Carnot Insrtitut du Cerveau et l'entreprise CarThera

NEURONAUTE® - Carnot Insrtitut du Cerveau et l'entreprise BioSerenity

COVIDISC - Institut Carnot IPGG Microfluidique

ABILYCARE - Institut Carnot Cognition et l'entreprise Engie Ineo

MACRILEN™ - Institut Carnot Chimie Balard Cirimat et l'entreprise AETERNA ZENTARIS

GETBACK - Institut Carnot STAR et l'entreprise GetBack Sports

FLUDARABINE - Institut Carnot I2C

CINESTEAM - Institut Carnot Curie Cancer et l'entreprise Cemag Care

ASIDNA™ - Institut Carnot Curie Cancer et l'entreprise ONXEO

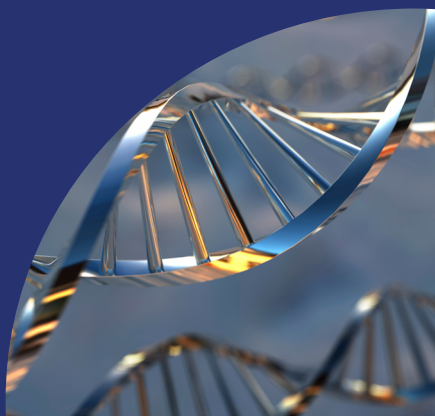
LENSFREE - Institut Carnot CEA LETI

TECHNOLOGIE DES «ORGANES-SUR-PUCE»_
Institut Carnot Pasteur MS et l'entreprise Emulate

ALTUS - Institut Carnot LSI

KIT SCIPIO BIOSCIENCES - Carnot Insrtitut du Cerveau

TECHNOLOGIE DES «ORGANES-SUR-PUCE»_
Institut Carnot OPALE et l'entreprise Imcheck Therapeutics



15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

HEPCAR

L'identification de biomarqueurs dans l'hépatocarcinome cellulaire via l'IA

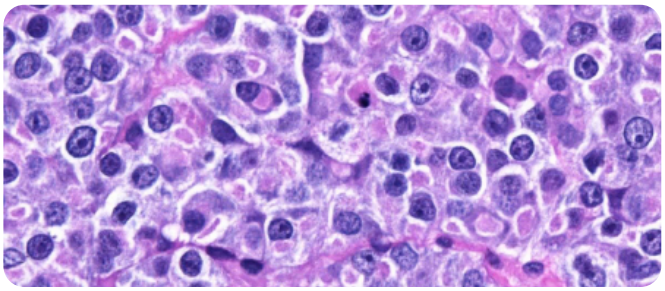
Ce projet avait pour objectif d'étudier les caractéristiques cliniques de patients atteints de cancer du foie. Cette collaboration entre l'AP-HP et Owkin a permis de publier les résultats dans le journal Hepatology : "Predicting survival after hepatocellular carcinoma resection using deep-learning on histological slides"

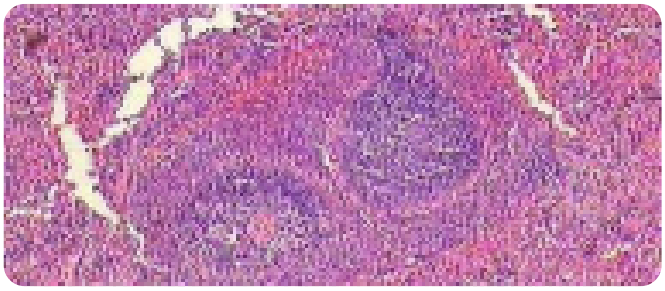
https://doi.org/10.1002/hep.31207

Institut Carnot AP-HP

L'avancée scientifique / technologique

Ce partenariat a permis aux chercheurs de l'institut Carnot AP-HP d'utiliser des données issues d'activités de soin ou de recherche pour entraîner des modèles interprétables de « machine learning ».
Ces modèles permettent de mieux prédire le pronostic des patients et leurs réponses aux traitements, créant ainsi des nouvelles générations de biomarqueurs. Owkin valorise ensuite, en partenariat avec l'institut Carnot AP-HP, ces découvertes auprès des laboratoires pharmaceutiques en appliquant ces recherches aux essais médicamenteux.





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

L'innovation thérapeutique dérivée du projet HEPCAR a permis de publier dans le journal Hepatology (Saillard et al., 2020).
A travers la commercialisation du modèle généré à des partenaires pharmaceutiques, cette innovation thérapeutique va permettre l'identification de nouvelles cibles, une meilleure compréhension des biomarqueurs pronostiques, et ainsi orienter les thérapies disponibles en appliquant le modèle d'IA à des essais médicamenteux. Les revenus générés par la valorisation de ces recherches seront partagés entre l'AP-HP et Owkin.
L'AP-HP et Owkin ont également poursuivi leurs recherches en HCC, notamment pour les grades B et C, afin d'améliorer la prise en charge d'un plus grand nombre de patients et d'améliorer les connaissances scientifiques dans l'un des cancers les plus meurtrier au monde.

Le partenaire

- **OKWIN,** une startup qui veut accélérer et améliorer la découverte de médicaments grâce à l'intelligence artificielle.

Contact
Institut Carnot AP-HP - Pauline CREPEL - pauline.crepel@aphp.fr
Owkin - Amandine LAGORCE - amandine.lagorce@owkin.com

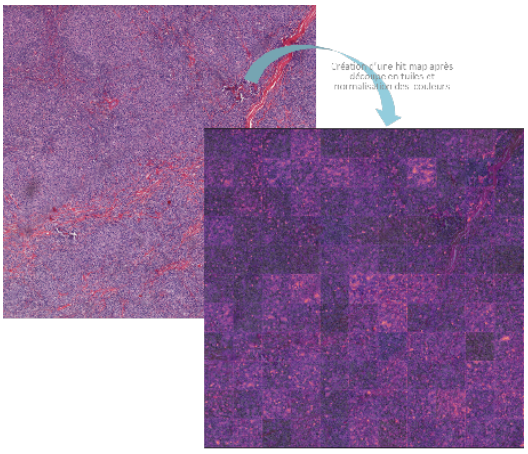
LDH
Lymphoma Data Hub

Souvent fragmentées, les données massives de santé sont de qualité variable, de formats non compatibles et régies par des règles disparates. Cette situation rend plus difficile leur valorisation et restreint les opportunités offertes par l'IA, entrainant une perte de chance en terme de compétitivité de la recherche partenariale. Le Lymphoma Data Hub veut apporter une réponse aux problématiques rencontrées par les projets de R&D dans le lymphome.

Institut Carnot CALYM

L'avancée scientifique / technologique

Le Lymphoma Data Hub permet le stockage centralisé et organisé de données issues de 30 ans de recherche clinique et leur valorisation. Cet outil vise à garantir leur utilisation sécurisée et leur décloisonnement dans le cadre de recherches académiques et partenariales, et à développer des outils d'IA destinés à la prise en charge des patients atteints de lymphome (depuis leur diagnostic jusqu'à leur suivi post-traitement). Le projet «AI Against Lymphoma» réalisé en collaboration avec Artefact illustre la faisabilité de l'approche de l'Institut Carnot CALYM vis-à-vis de l'utilisation de l'intelligence artificielle pour mener des projets collaboratifs visant au développement de solutions d'aide à la compréhension, au diagnostic et au traitement des lymphomes.



«AI Against Lymphoma»
Illustration d'étape de traitement des lames virtuelles

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Le Lymphoma Data Hub offre un cadre garantissant la sécurité, l'accès et l'interopérabilité à des données massives pour augmenter le nombre et la qualité de projets de recherche partenariale. Cet outil va permettre de : 1/ Ouvrir de nouvelles voies de recherche grâce à des approches différenciantes centrées sur l'IA ; 2/ Accélérer la R&D dans les entreprises grâce à un accès facilité à des données de qualité issues de plus de 25 000 patients d'essais cliniques ; 3/ Diminuer les coûts via la consolidation de données et la comparaison de données historiques.

Contact
Carnot CALYM - Emmanuel GOMEZ - partnering@calym.org

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

SONOCLOUD®

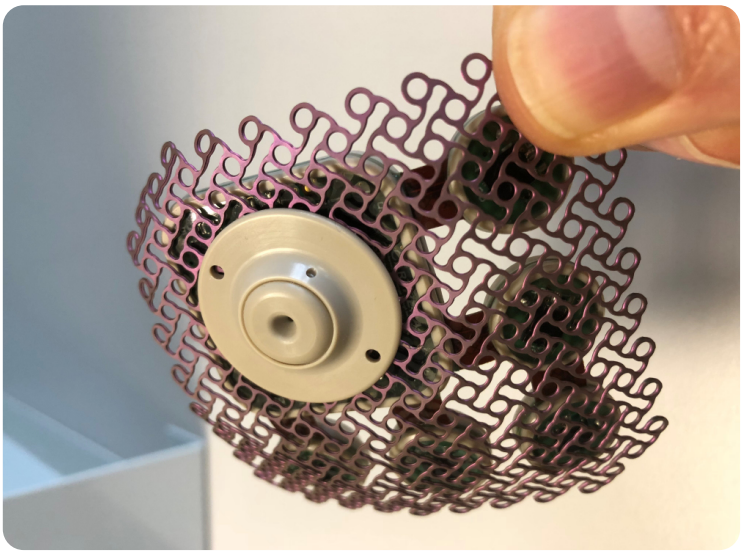
Des ultrasons pour perméabiliser les vaisseaux

SonoCloud® est un dispositif médical implantable imaginé par le Professeur Alexandre Carpentier, neurochirurgien à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière. Fixé dans l'épaisseur même du crâne, il est activé de façon itérative lors des séances de chimiothérapie à l'aide d'une aiguille d'alimentation transdermique et reliée ensuite à un générateur externe programmable. Les ultrasons sont émis à l'intérieur du cerveau, sans obstacle osseux, pour permettre l'ouverture temporaire de la Barrière Hémato-Encéphalique.

Carnot Institut du Cerveau

L'avancée scientifique / technologique

L'innovation majeure a été de travailler sur une émission d'ultrasons non focalisés émis dans l'épaisseur même du crâne afin d'éviter tout phénomène de distorsion et de simplifier l'utilisation de cette technique pour les applications médicales répétées. De nombreuses études sont réalisées en collaboration avec le laboratoire d'anatomopathologie du Carnot Institut du Cerveau. L'Institut du Cerveau héberge également le siège de la société CarThera au sein de son incubateur d'entreprises iPEPS – The HealthtechHub.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

SonoCloud permet à tout développeur de nouveau composé thérapeutique d'atteindre plus facilement le tissu cérébral et donc de diminuer les doses nécessaires à l'atteinte de l'efficacité ainsi que les effets secondaires sur les organes périphériques.

Le partenaire

- **CARTHERA, spécialisée dans les ultrasons thérapeutiques, conçoit et développe des dispositifs médicau innovants destinés au traitement de pathologies cérébrales.**

Institut du Cerveau

CARTHERA Advanced Brain Therapy Through Innovation

Contact

Carnot Institut du Cerveau - Alexis GENIN - partnership@icm-institute.org
CarThera - Frédéric SOTTILINI - contact@carthera.eu

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

NEURONAUTE®

La mission de BioSerenity est de mettre à disposition des médecins et des patients des soins continus, 24h/24 et 7j/7. Les services de soins sont basés sur l'acquisition et l'interprétation d'examens électrophysiologiques tels que l'EEG (électroencéphalogramme), l'ECG (électrocardiogramme) et la PSG (polysomnographie) à l'aide de vêtements connectés que les patients peuvent porter à la maison sur des durées longues. Les données sont chargées sur une plateforme d'hébergement sécurisée accessible par le médecin à tout moment.

Carnot Institut du Cerveau

L'avancée scientifique / technologique

Certains modèles mathématiques traditionnels n'offrent pas la précision et sensibilité requise pour des enregistrements multimodaux complexes. Grâce au laboratoire commun à BioSerenity et au Carnot Institut du Cerveau, un système utilisant l'intelligence artificielle est en cours de finalisation pour aider les médecins à interpréter les signaux des patients.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les solutions créées par BioSerenity sont mobilisables pour informer les protocoles de recherche cliniques afin de faciliter la lecture précoce d'efficacité de nouveaux médicaments. Elles sont aussi utilisables pour le suivi de parcours de soin individualisé entre la ville et l'hôpital.

Le partenaire

- **BIOSERENITY,** fondée en 2014 au sein de l'ICM, est une start-up française qui développe des solutions médicales innovantes pour le suivi, le diagnostic et la prise en charge des patients atteints de pathologies chroniques autour d'une expertise sur la réalisation d'examens d'électrophysiologie à distance. BioSerenity emploie aujourd'hui 650 personnes en France et aux États-Unis. Elle a été sélectionnée par le gouvernement pour faire partie du Next 40.

Contact
Carnot Institut du Cerveau - Alexis GENIN - partnership@icm-institute.org
BioSerenity - Marc FROUIN

COVIDISC

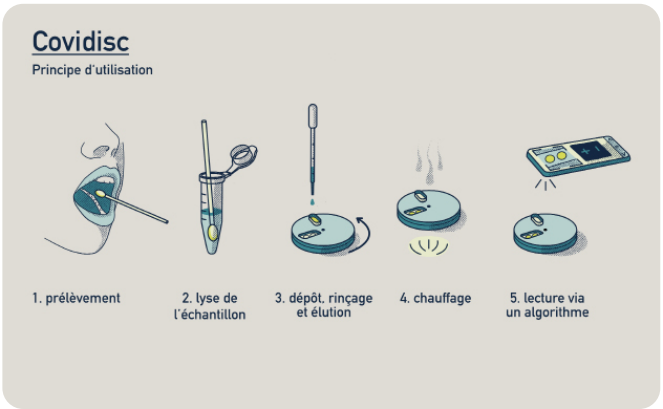
Un test rapide et fiable de la Covid-19

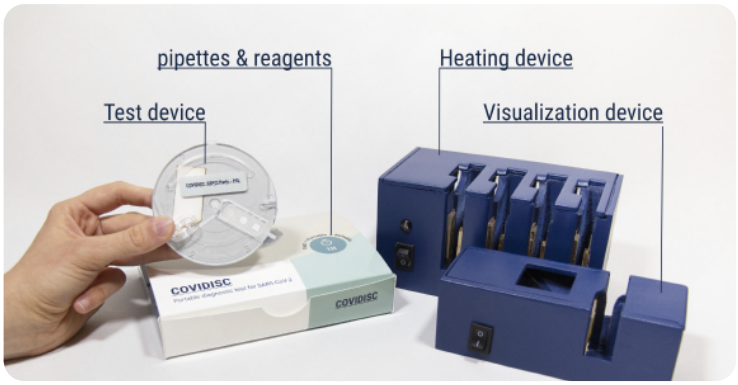
Imaginez un test covid portable, coûtant à peine 10 dollars, donnant un résultat en moins d'une heure avec une sensibilité équivalente à celle des techniques PCR. Cette technologie, capable de secouer le monde du diagnostic, n'a rien d'un mirage. Elle existe déjà sur le sol français. Son efficacité a été constatée récemment et fait désormais l'objet de multiples vérifications avant une possible mise en production très prochainement.

Institut Carnot IPGG Microfluidique

L'avancée scientifique / technologique

Le COVIDSIC est issu du mariage de deux technologies : la microfluidique papier et l'amplification isotherme LAMP. La microfluidique papier permet l'extraction de l'ARN viral en jouant sur les forces capillaires d'une membrane papier, tandis que la LAMP permet d'améliorer la phase d'amplification des techniques PCR, une étape servant à réaliser des copies de ces ARN.
Là où la PCR nécessite une machinerie complexe et encombrante avec une phase de centrifugation pour l'extraction et des cycles de température très précis pour l'amplification, le COVIDISC est un dispositif beaucoup plus simple avec une étape de chauffe unique. Il permet l'analyse délocalisée d'un échantillon beaucoup plus rapidement, en moins d'une heure, avec moins de réactif, et dans un équipement de la taille d'un DVD. C'est le seul test rapide avec une sensibilité équivalente à la PCR.





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Le COVIDISC est un outil puissant qui pourrait être facilement déployé dans les collectivités, les entreprises et les lieux publiques afin d'avoir une réponse fiable, rapide et à faible coût. Contrairement aux tests antigéniques qui entraînent un risque non négligeable de faux négatifs, le COVIDISC avec sa sensibilité comparable à la PCR permettrait le meilleur suivi épidémiologique possible.
La ville de Paris a d'ores et déjà passée une commande de 1000 COVIDISC suite à un partenariat avec la société Bertin Technologies.
La technologie est prête pour être licenciée et commercialisée à plus grande échelle. Il est temps que les grandes sociétés du diagnostic s'intéressent à ces innovations, pour cette crise ou la suivante.

Contact
Carnot IPGG Microfluidique - Rémi WACHE - remi.wache@psl.eu

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

ABILYCARE

Une solution de détection des risques de fragilité

Développée en partenariat avec le Centre Borelli (fusion des laboratoires Cognac-G et CMLA) du Carnot Cognition, cette solution permet d'évaluer la robustesse des individus grâce à des questionnaires et à des tests de l'équilibre, de la marche et de la force. Elle contribue à l'évaluation de la fragilité dans le cadre d'une aide au diagnostic. Les algorithmes développés permettent de factualiser des éléments cliniques pour aider un professionnel de santé à évaluer la fragilité d'un individu.

Institut Carnot Cognition

L'avancée scientifique / technologique

Le bilan de la marche en rééducation renseigne sur l'état de la progression des maladies neurologiques ou encore le risque de chute chez la personne âgée.
Cependant, cette évaluation reste subjective et uniquement qualitative. L'avancée scientifique issue de la technologie AbilyCare réside dans sa capacité à allier expertise clinique et traitement automatique des données.
Elle permet d'objectiver des éléments cliniques et permet un suivi longitudinal et interindividuel. L'analyse de la marche peut alors se faire en ambulatoire de manière simple et rapide, et permet de ce fait la démédicalisation de la détection de la fragilité.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Cette méthode est applicable dans de nombreux cas d'usage - dans les villes et territoires (CNAV, CCAS, Départements) pour éviter la dépendance et évaluer les besoins en termes de prévention et de services à la personne. Elle est également utilisée dans les hôpitaux pour la sortie d'hospitalisation (neurologie, rhumatologie, orthopédie, gérontologie, etc.), pour évaluer les progrès de rééducation mais aussi en médecine du travail pour évaluer les risques de maladies professionnelles (troubles musculo-squelettiques, vieillissement prématuré) et introduire le caractère physiologique dans la sécurité au travail. Outre sa méthode d'analyse innovante, les avantages concurrentiels sont sa facilité d'utilisation et son faible coût.

Le partenaire

- **ABILYCARE,** créée en 2021, elle pune solution digitale de mesure de la marche et de l'équilibre, pour prévenir les risques de fragilité à tout moment de la vie.

Contact
Institut Carnot Cognition - Célestin SEDOGBO - direction@institut-cognition.com
Abilycare - Marc VAN DER CRUYSSEN - contact@abilycare.com

MACRILEN™

Molécule pour le dosage de l'hormone de croissance

Le déficit en hormone de croissance (GH) est attribuable à un dysfonctionnement de l'axe hypothalamo-hypophysaire pouvant être caractérisé par une atteinte de l'hypothalamus ou de l'hypophyse. Jusqu'à présent, il n'existait aucun moyen direct et peu contraignant de doser l'hormone de croissance sécrétée par l'hypophyse. L'entreprise Aeterna Zentaris y remédie avec la mise au point de MacrilenTM, ingérable par voie orale.

Institut Carnot Chimie Balard Cirimat

L'avancée scientifique / technologique

Améliorer le quotidien des patients souffrant de déficit en hormone de croissance. Jusque-là le dosage de l'hormone de croissance faisait appel à des traitements lourds et douloureux : injections, surveillance en hôpital, etc.
Des méthodes surtout invasives pour les patients. Désormais, grâce au Macrilen™ mis au point par Aeterna Zentaris avec l'appui de l'équipe Acides Aminés Hétérocycles, Peptides & Protéines de l'Institut des Biomolécules Max Mousseron (IBMM), composante de l'Institut Carnot Chimie Balard Cirimat, les patients voient leur quotidien entièrement modifié. Une simple ingestion par voie orale d'un agoniste du récepteur de la ghréline provoque la sécrétion de GH qui peut alors être dosée par simple prise de sang.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Une commercialisation aux Etats-Unis depuis 2018. Ce composé pseudo-peptidique, le JMV 1843 issu des travaux menés à l'Institut des Biomolécules Max Mousseron (IBMM), membre de l'institut Carnot Chimie Balard Cirimat, est commercialisé depuis le premier trimestre 2018 aux Etats-Unis sous le nom de MacrilenTM et par la société Æterna Zentaris. Il a reçu l'autorisation de la FDA de mise sur le marché (AMM) pour le diagnostic de la déficience en hormone de croissance chez l'adulte. Ce projet, démarré en 1997 avec la société Europeptides (projet européen Euréka n° 1923) a abouti grâce au succès d'une collaboration entre public et privé.

Le partenaire

- **AETERNA ZENTARIS,** une société biopharmaceutique spécialisée dans le développement et la commercialisation de traitements en oncologie, endocrinologie et santé des femmes.

Contact
Carnot Chimie Balard Cirimat - direction@carnot-chimie-balard-cirimat.fr
Aeterna Zentaris

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

GetBack

Vêtements de protection pour le sport et les mobilités

Aucune protection passive n'a été développée spécifiquement pour les cyclistes et les skieurs. Les solutions existantes sont extrêmement contraignantes et peu portées. Face aux nouveaux enjeux de mobilités et de place du sport dans la société, GetBack Sports s'est rapproché du Laboratoire de Biomécanique Appliquée (institut Carnot STAR) pour renforcer le caractère scientifique dans son développement produit.

Institut Carnot STAR

L'avancée scientifique / technologique

Les données d'accidents (mécanismes de chute) et les bilans lésionnels sont des données indispensables pour développer de meilleurs produits. L'expertise du LBA (institut Carnot STAR), centrée sur l'Homme Virtuel, permet de comprendre les traumatismes et de mieux les prévenir. Les bancs d'essai et les outils de simulation numérique permettent une optimisation du choix des matériaux d'absorption des chocs, de leurs formes et épaisseurs.
Tous ces moyens à disposition permettent de développer des produits beaucoup mieux adaptés aux pratiques visées, à savoir les sports et les mobilités non ou faiblement motorisés.
C'est la conversion de l'intuition de départ sur les premiers prototypes en preuve scientifique sur les produits commercialisés.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

« Le partenariat scientifique et technique entre GetBack Sports et le LBA positionne les produits dans le haut de gamme des solutions de protection sur les marchés du vélo et du ski. Il est un gage de qualité, de sérieux et de performance, qui se traduit par des produits légers, protecteurs et adaptés.
Ils sont adaptés aux fragilités naturelles du corps humain comme aux attentes des clients, pratiquants débutants ou confirmés.
Nous sommes convaincus de disposer de la meilleure solution de protection », Benjamin Tardieu – Président fondateur GetBack Sports.

Le partenaire

- **GETBACK SPORTS,** start-up basée à Marseille développe un vêtement de protection pour protéger les épaules et la clavicule lors de la pratique sportive.

Contact
Carnot STAR - Pierre-Jean ARNOUX - pierre-jean.arnoux@univ-eiffel.fr
GetBack Sports - Benjamin TARDIEU - btardieu@getback-sports.com

FLUDARABINE

Nouvel outil pour l'imagerie TEP des lymphomes

La [18F] Fludarabine présente un fort potentiel pour l'imagerie TEP dans l'évaluation des hémopathies malignes, notamment les lymphomes. Ce radiopharmaceutique permettra de visualiser les cellules lymphoïdes tumorales là où d'autres techniques de diagnostic présentent des limites en termes de spécificité et de sensibilité.

Institut Carnot I2C

L'avancée scientifique / technologique

Les études précliniques et cliniques réalisées avec la [18F] Fludarabine, un radiopharmaceutique innovant pour l'imagerie TEP des lymphomes, ont prouvé sa meilleure efficacité en termes de spécificité et de sensibilité que son homologue utilisé en pratique courante, le [18F] FDG. La radiosynthèse de la [18F]Fludarabine a fait l'objet d'un dépôt de brevet par le laboratoire de radiochimie LDM-TEP du Carnot I2C.

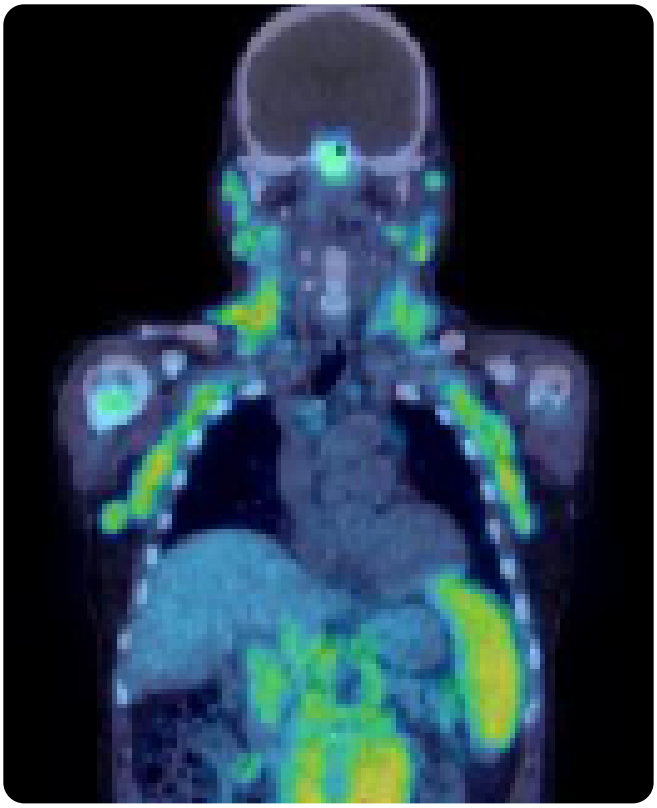


Image TEP de la Fludarabine chez un patient

Automate pour la radiosynthèse de la Fludarabine

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

L'intérêt pour cette molécule dans la communauté de la médecine nucléaire a conduit à des études cliniques multicentriques nationales.
L'objectif est d'apporter de nouvelles informations aux hématologues afin d'améliorer la prise en charge et le suivi des patients atteints de maladies lymphoprolifératives.

Contact
Carnot I2C - Cécile PERRIO - perrio@cyceron.fr et Fabienne GOURAND - gourand@cyceron.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

Cinesteam®

Le pansement absorbant anti-odeur

Cinesteam® est un pansement anti-odeur qui permet une prise en charge efficace des plaies malodorantes par l'adsorption des mauvaises odeurs, l'absorption des exsudats, et l'émission d'une odeur agréable de cannelle afin d'améliorer le quotidien des patients, de leur entourage et du personnel soignant. Ce dispositif médical innovant a été mis au point par Cemag Care, sur la base des travaux d'Isabelle Fromantin, infirmière et chercheuse à l'Institut Carnot Curie Cancer.

Institut Carnot Curie Cancer

L'avancée scientifique / technologique

Cinesteam® est un pansement absorbant anti-odeur qui a été développé pour améliorer le confort des patients, de leur entourage et des soignants. En effet, de tous les symptômes liés aux plaies, l'odeur est citée par les patients et les soignants comme le plus pénible, conduisant à l'isolement social et au dégoût.
Ce dispositif médical innovant permet une prise en charge efficace des plaies malodorantes en éliminant les mauvaises odeurs par un double mécanisme. Le pansement non-adhésif est composé d'un sachet contenant de la poudre de cannelle et d'une couche absorbante permettant d'absorber les excès d'exsudats provenant du pansement primaire.
La cannelle retient les composés volatils malodorants issus des plaies tout en masquant les mauvaises odeurs résiduelles par l'émission d'une odeur agréable d'épice.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Cinesteam® est le fruit des recherches menées par Isabelle Fromantin, infirmière et chercheuse, responsable de l'Unité Plaies et Cicatrisation de l'Institut Carnot Curie Cancer, en partenariat avec l'ESPCI Paris, Chimie-ParisTech et Cemag Care, ayant abouti au dépôt d'un brevet et au développement de ce pansement.
Ce dispositif médical complètement pionnier est un produit de santé réglementé qui porte, depuis 2020, le marquage CE.

Le partenaire

- **CEMAG CARE** est une PME qui répond aux besoins médicaux des patients en développant et en commercialisant des dispositifs médicaux et des médicaments innovants en permettant l'accès à ces traitements.

Contact
Carnot Curie Cancer - Amaury MARTIN - amaury.martin@curie.fr
Cemag Care - André ULMANN - a.ulmann@cemagcare.com

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

AsiDNA™

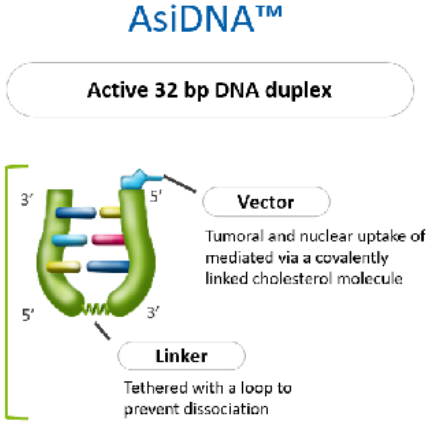
Une nouvelle classe de médicaments pour répondre aux dommages de l'ADN

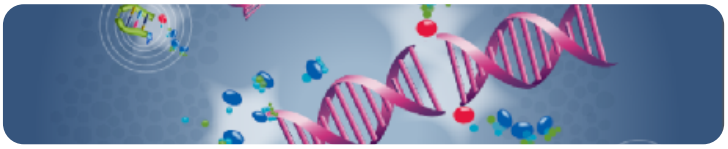
AsiDNA™ représente une innovation potentielle forte pour les patients atteints de différents types de cancer. Son mécanisme d'action ? AsiDNA™ perturbe et épuise la capacité des cellules tumorales à réparer leur ADN en les détournant de leur cible, dès la signalisation des dommages.

Institut Carnot Curie Cancer

L'avancée scientifique / technologique

En 2016, le Carnot Curie Cancer collabore avec la société de biotechnologie Onxeo pour le développement de la technologie AsiDNA™ issue des travaux de DNA Therapeutics, spin-off du Carnot Curie Cancer, du CNRS et du Muséum national d'histoire naturelle, créée en 2006. AsiDNA™ est un fragment d'ADN double brin qui agit comme un leurre, imitant une cassure double brin d'ADN dans la cellule tumorale. AsiDNA™ envoie un faux signal de dommage qui mobilise les enzymes de détection et de réparation des cassures d'ADN et empêche la réparation des vraies lésions de l'ADN. Les cellules cancéreuses continuent à se diviser malgré ces cassures, ce qui induit in fine leur mort cellulaire. Les cellules saines, par opposition, ne se divisent plus en attendant de pouvoir réparer leur ADN une fois le produit évacué par l'organisme.





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

L'approche d'AsiDNA™ se démarque de celle des autres produits ciblant la réparation de l'ADN tumoral, car il n'inhibe pas l'action d'une enzyme spécifique mais vise l'ensemble de la cascade d'événements cellulaires qui constitue la réponse de la tumeur aux dommages de son ADN, en agissant en amont par un mécanisme de leurre avec un effet agoniste. Du fait de son mécanisme d'action original, de données précliniques robustes et de données cliniques prometteuses obtenues, AsiDNA™ se positionne idéalement pour jouer un rôle clé en association avec des agents cytotoxiques comme la radio ou la chimiothérapie, ou avec des thérapies ciblées dans le traitement des cancers pour lesquels les besoins médicaux restent très importants.

Le partenaire

- **ONXEO** est une société de biotechnologie au stade clinique qui conçoit et développe de nouveaux médicaments contre le cancer en ciblant les fonctions de réparation de l'ADN des tumeurs.

Contacts
Carnot Curie Cancer - Amaury MARTIN - amaury.martin@curie.fr
Onxeo, Judith GRECIET, j.greciet@onxeo.com

LENSFREE

L' imagerie sans lentille

Grâce à son champ de vision extra large et sa compacité, l'imageur sans lentille de l'institut Carnot CEA-Leti donne aux professionnels de santé la possibilité de pratiquer des analyses au chevet du patient plutôt qu'en laboratoire. De plus, cette technologie est au moins dix fois moins chère qu'un microscope optique et peut analyser jusqu'à 10 000 objets biologiques à la fois. Cette innovation est protégée par 25 brevets.

Institut Carnot CEA LETI

L'avancée scientifique / technologique

La lumière émise par une LED dans le proche infrarouge est diffractée par l'objet biologique analysé et produit un motif holographique enregistré par un capteur d'image CMOS. Des algorithmes de reconstruction holographique reconstituent l'image de l'objet sur un écran. Les logiciels de traitement d'image issus de l'intelligence artificielle peuvent alors détecter, analyser et même classifier les objets biologiques observés grâce au suivi d'indicateurs spécifiques. Ces opérations sont automatisées et non dépendantes d'un opérateur.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Ces nouveaux laboratoires compacts, portables, à prix bas et automatisés, seront utilisés par des médecins spécialistes à l'hôpital, par des médecins généralistes, par des infirmiers et des aides-soignants en maisons de retraite ou en visite à domicile. Le diagnostic au chevet du patient permettra d'administrer les traitements appropriés plus rapidement.

Perspectives :

- Miniaturisation et développement d'un kit d'autodiagnostic utilisable par le patient
- Microscopie 3D pour le diagnostic in vitro et le criblage de médicaments : organisation spatiale des cellules, migration des cellules, imagerie d'objets complexes (embryons ou d'organes sur puces)
- Couplage avec la microfluidique pour l'imagerie d'organes sur puce

Contact
Carnot CEA LETI - Nadège NIEF - Nadege.NIEF@cea.fr / Sophie MORALES - Sophie.MORALES@cea.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

La technologie des «organes-sur-puce»
au service de la recherche biomédicale

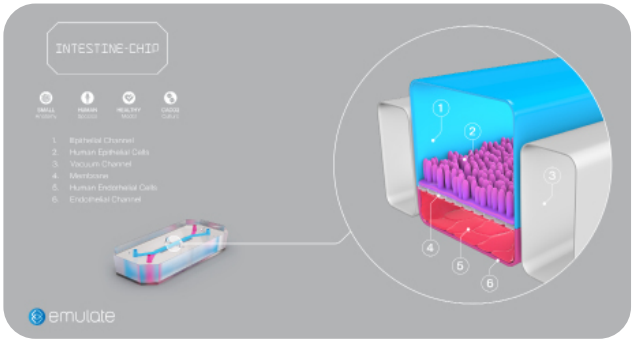
Considérée comme révolutionnaire pour la recherche biomédicale, la technologie des organes-sur-puce consiste à recréer la fonction des tissus et des organes in vitro dans un système miniaturisé. Ces dispositifs offrent des modèles pertinents pour l'étude de mécanismes fondamentaux et de processus physiopathologiques tout en réduisant le recours à l'expérimentation animale. Les applications industrielles sont nombreuses : recherche de candidats médicaments, développement de produits thérapeutiques, médecine régénérative, étude des voies métaboliques et nutrition...

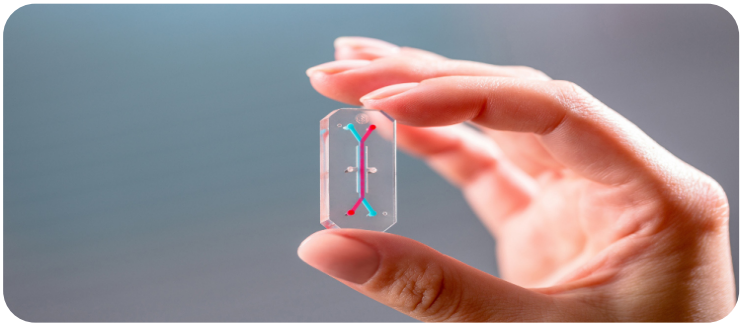
Institut Carnot Pasteur MS

L'avancée scientifique / technologique

La plateforme Biomatériaux et microfluidique du Carnot Pasteur MS, s'est associée à la société Emulate (Boston, Etats-Unis) pour offrir à la communauté scientifique un accès privilégié à la technologie Organes-sur-puce (Organs-On-Chips en anglais) et ainsi implémenter cette technologie dans plusieurs projets de recherche en infectieux, cancérologie, biophysique.

Pour reproduire fidèlement les caractéristiques physiologiques des différents organes cibles étudiés (intestins, alvéoles pulmonaires, foie...), la plateforme Biomatériaux et microfluidique a acquis un savoir-faire unique pour adapter les puces microfluidiques à chaque problématique scientifique. Les scientifiques sont capables de recréer des microenvironnements cellulaires avec des priorités mécaniques et biochimiques spécifiques pour mimer les fonctions physiologiques d'un organe donné.





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les organes-sur-puces offrent d'abord l'avantage de disposer de modèles pertinents pour l'étude de certaines infections qui n'affectent que les cellules humaines et pour lesquelles il n'existe donc pas de modèle animal. Cette technologie permet également de réduire l'emploi des animaux dans la recherche biomédicale, en particulier pour valider des médicaments ou tester leur efficacité. Enfin c'est un outil puissant pour comprendre la mécano biologie. Avec les puces microfluidiques, il est possible d'appliquer sur les cellules des tests biologiques et d'obtenir une réponse directe, au plus proche de la réponse physiologique de l'organe.

Le partenaire

- **EMULATE - www.emulatebio.com**

Contact
Carnot Pasteur MS - Héloïse MARY - heloise.mary@pasteur.fr
Emulate - support@emulatebio.com

ALTUS

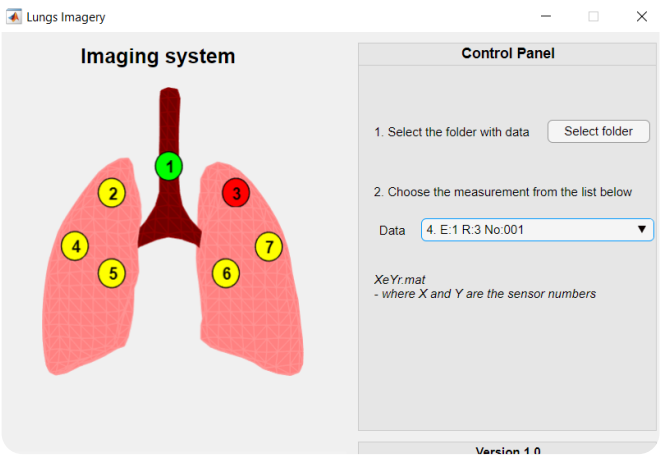
Diagnostic de pathologies pulmonaires via imagerie ultrasons et IA

ALTUS est un dispositif développé par les chercheurs du Carnot LSI dans le contexte de la crise sanitaire, afin de réaliser un diagnostic pulmonaire original mariant analyse d'images par ultrasons et IA. Il repose sur une matrice de capteurs ultrasoniques couvrant la zone d'intérêt pour la tomographie et le traitement automatique des signaux. Il offre un cadre personnalisé et rapide pour la détection de pathologies pulmonaires, dont la Covid-19.

Institut Carnot LSI

L'avancée scientifique / technologique

ALTUS visait à l'origine l'étude d'étanchéité en milieu industriel par imagerie ultrason, il a ensuite été étendu au diagnostic pulmonaire. Le caractère innovant majeur réside dans la matrice de capteurs ultrasoniques qui peut être montée facilement sur la poitrine du patient. Ensuite, chaque transducteur de la matrice joue successivement le rôle d'émetteur et les autres transducteurs deviennent des récepteurs. Pour chaque patient, l'image est générée automatiquement, en exploitant les temps de propagation, mais surtout les déformations relatives entre les signaux reçus.
Ainsi il permet de s'affranchir des limites physiques de l'imagerie ultrasonore.
Les images sont générées de manière globale sur l'ensemble des poumons sans avoir besoin de déplacer manuellement les transducteurs.



Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

L'innovation apporte une aide à l'accélération de diagnostic pulmonaire, notamment à domicile ou dans des cabinets médicaux.
Elle permet de suivre l'évolution de l'état du patient par imagerie de manière autonome et en sécurité tant pour le patient (non intrusif, sans radiation) que pour le personnel médical (sans risque de contamination).
Ce dispositif d'imagerie rend plus efficace le suivi des patients car il peut être installé à demeure et signaler en temps réel toute évolution de la pathologie pulmonaire.
L'imagerie étant réalisée par des moyens acoustiques, cela permet d'avoir un moyen d'investigation plus économique que les produits actuels. ALTUS fait l'objet d'un partenariat avec des radiologues et sera commercialisé par des startup partenaires.

Contact
Carnot LSI - Cornel IOANA - contact@carnot-lsi.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

KIT SCIPIO BIOSCIENCES

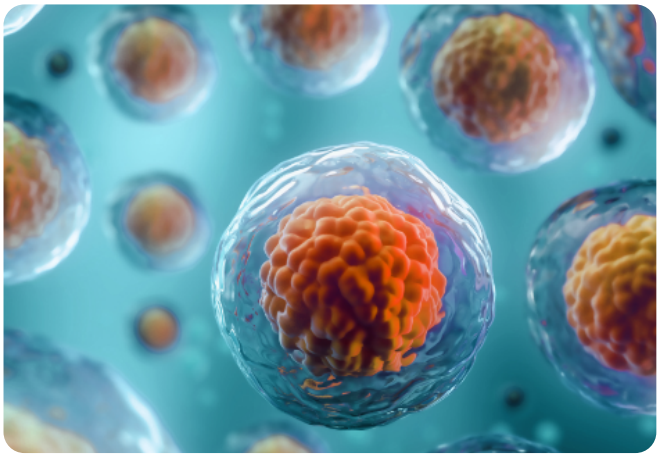
Un kit de séquençage d'ARN à la résolution single-cell pour toutes les paillasses

Le séquençage de l'ARN à l'échelle de la cellule individuelle permet de caractériser une cellule, d'en éclaircir ses fonctions ou encore de détecter l'avancement d'une maladie. Aujourd'hui, ce séquençage repose sur des instruments complexes, couteux et peu accessibles aux chercheurs. Scipio bioscience développe un kit révolutionnaire qui permet d'obtenir des données similaires mais à la portée de tout scientifique.

Carnot Institut du Cerveau

L'avancée scientifique / technologique

Scipio bioscience s'est établie dans les locaux du Carnot Institut du Cerveau il y a 4 ans pour développer son kit. L'accès privilégié à une plateforme de génomique de haut niveau ainsi que des collaborations étroites avec des chercheurs a permis à Scipio de développer un kit commercialisable moins de 4 ans après sa conceptualisation théorique et répondant aux besoins précis des scientifiques.
Un usage ingénieux d'un hydrogel permet à un chercheur d'extraire et d'étiqueter tous les ARN d'un échantillon de plusieurs milliers de cellules et de les attribuer à chaque cellule d'origine après séquençage. Le kit, ne nécessitant pas de formation, est utilisable sur n'importe quelle paillasse à toute heure, s'affranchissant ainsi de la logistique liée aux instruments partagés sur des plateformes.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Malgré de récents progrès, les technologies les plus abouties pour la préparation d'échantillons de séquençage d'ARN à la résolution de la cellule individuelle (scRNA-seq) restent le domaine de spécialistes - trop peu nombreux - formés à l'utilisation d'équipements sophistiqués.
Ces expériences restent trop complexes et couteuses pour les biologistes et les cliniciens, et son potentiel encore inutilisé par la recherche médicale.
La communauté recherche un kit flexible, facile à utiliser et accessible, une analyse de données intuitive et une solution peu coûteuse pour répondre aux grandes questions de la recherche scientifique actuelle.
Avec un marché évalué à 4,2M$ en 2024, il existe un réel besoin dans les laboratoires de recherche et cliniques pour une solution révolutionnaire comme la nôtre.

Le partenaire

- **SCIPIO BIOSCIENCE,** développe une nouvelle génération de solutions de séquençage à la résolution de la cellule pour répondre aux besoins croissants des laboratoires de recherche clinique et fondamentale.

Contact
Carnot Institut du Cerveau - Athanasia LIABOTIS - athanasia.liabotis@icm-institute.org
Scipio bioscience - Wilko DUPREZ - wilko.duprez@scipio.bio

IPC-3D

Une plateforme R&D de pointe dans la leucémie

Au sein du Carnot OPALE, le programme IPC-Drug Discovery and Development (IPC-3D) offre une plateforme unique pour répondre aux besoins des acteurs de la biopharmacie. En une unité de temps, de lieu et d'action, IPC-3D couvre les enjeux clefs du développement de leur pipeline, de l'identification de nouvelles cibles thérapeutiques jusqu'à l'évaluation précoce de candidat-médicaments chez l'homme.

Institut Carnot OPALE

L'avancée scientifique / technologique

L'avancée scientifique et technologique couvre :

- **La découverte d'une nouvelle classe d'anticorps thérapeutiques** dans des modèles précliniques de leucémie aiguë myéloïde (LAM), puis d'autres modèles tumoraux, entraînant la création d'ImCheck Therapeutics par des chercheurs du Centre de recherche en cancérologie de Marseille (CRCM) et de l'Institut Paoli Calmettes (IPC) composantes de l'institut Carnot OPALE
- **L'initiation des essais précoces** (notamment dans la LAM) qui illustre le potentiel du programme IPC-3D et l'opportunité de son développement à grande échelle avec l'institut Carnot OPALE.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

IPC-3D propose une offre de ressources intégrée incluant :

- une cohorte de patients atteints de leucémie,
- des collections d'échantillons biologiques avec annotations cliniques et biologiques,
- des modèles expérimentaux ad hoc (xénobanque de PDX annotés),
- des expertises en recherche fondamentale, translationnelle et clinique et des technologies organisées autour de la prise en charge des leucémies,
- des infrastructures et des réseaux coopérateurs accrédités,
- une expérience éprouvée des partenariats industriels.

Cette offre vient compléter celle des entreprises pharmaceutiques en matière de développement de candidats-médicaments.

Le partenaire

ImCheck Therapeutics, conçoit et développe une nouvelle génération d'anticorps d'immunothérapie capables de moduler simultanément l'immunité innée et adaptative.
Ces anticorps pourraient être complémentaires voire supérieurs à la première génération des inhibiteurs de points de contrôle dans le cancer et être potentiellement développés dans des maladies auto-immunes et infectieuses.

Contact
Institut Carnot OPALE - Thomas IVANOFF - thomas.ivanoff@opale.org
Imcheck Therapeutics - Pierre DEPENOUX - pierre.depenoux@imcheck.fr

MANUFACTURING

MBJ - Institut Carnot Cetim

GLAM - Institut Carnot ICÉEL

DES FOILS NOUVELLE GENERATION IMPRIMÉS EN 3D - Institut Carnot MICA

BLAXTAIR - Institut Carnot CEA LIST et l'entreprise ARCURE

POLYMERES INTELLIGENTS - Institut Carnot Chimie Balard Cirimat

CRISTALLISATION CONTINUE - Institut Carnot I2C

COTRA - Institut Carnot Cetim

MBJ

Le Metal Binder Jetting

Ce procédé de fabrication additive métal offre de nouvelles opportunités pour la production de petits composants complexes en petite et moyenne série. Il se décompose en deux grandes étapes : la première vise à donner sa forme à la pièce en produisant une pièce « à vert » par impression d'un liant sur un lit de poudre. La seconde vise à consolider cette pièce par frittage.

Institut Carnot Cetim

L'avancée scientifique / technologique

L'Institut Carnot Cetim travaille à la maîtrise et au développement du MBJ depuis plusieurs années. Les projets de R&D menés sous-forme de plateformes collaboratives permettent de capitaliser les règles métier et sécuriser les investissements des industriels. L'ensemble de ces travaux permettent aujourd'hui le développement d'applications dans différents domaines industriels. Parmi les applications développées : un élément de verrouillage pour l'industrie mécanique fabriqué à plusieurs milliers d'exemplaires intégrant un élément mobile imprimé et fritté comme une seule pièce tout ceci sans assemblage (cf. photo). Cette application ouvre la voie à la démocratisation de l'usage de la fabrication additive dans de nombreux domaines.

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Les avantages du Metal Binder Jetting sont liés aux gains de productivité par rapport à d'autres procédés de fabrication additive et à la bonne qualité des pièces à l'issue du process qui limite les opérations de reprises. L'avantage donné est ainsi économique.

En outre, le MBJ ouvre la possibilité d'accéder à des nuances matériaux habituellement utilisés en métallurgie des poudres et notamment en MIM (Metal Injection Molding) ainsi qu'à des matériaux durs (carbures, céramiques, etc.). Des matériaux à mauvaise soudabilité pourront donc être ainsi frittés.

Contact
Carnot Cetim - Maxime FAYOLLE - sqr@cetim.fr

GLAM

Glass Laser Additive Manufacturing

Une nouvelle technologie de fabrication additive reposant sur l'interaction laser-matière permet l'impression 3D d'objets directement en verre sans aucun ajout d'additif. Différents secteurs comme la microfluidique, la connectique ou le biomédical pourront bénéficier de prototypages en verre sur-mesure, avec une composition adaptée à leurs besoins. Un brevet Cerfav-Université de Lorraine a été publié en septembre 2020, et un projet de maturation Sayens est en cours.

Institut Carnot ICÉEL

L'avancée scientifique / technologique

Les procédés de fabrication additive sont encore très peu développés pour le matériau verre.
La nouvelle technologie GLAM repose sur l'interaction laser-verre entre un laser de longueur d'onde définie au préalable dans l'infrarouge (IR) ou dans l'ultraviolet (UV) et un lit de poudre de matériau vitreux. La composition chimique du verre et la morphologie de la poudre sont choisies selon l'application voulue ainsi que la forme et la précision de la pièce à imprimer.
Par rapport à d'autres procédés d'impression 3D, aucun additif n'est ajouté à la poudre de verre.
Le chauffage du lit de poudre et le maintien de la température du verre imprimé à des températures avoisinant la température de transition vitreuse du verre permettent d'accroître la qualité de la pièce imprimée.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Le premier avantage de cette technologie est qu'elle permet la fabrication directe d'objets en verre sans ajout d'additifs, tels que des liants ou des encres (déjà utilisés pour les céramiques), et sans avoir besoin d'un four de fusion à proximité. Elle permet l'accès de l'impression 3D au secteur du verre et résout la plupart des problèmes de mise en forme du verre sur de petits volumes et selon des géométries complexes, avec une reproductibilité et une flexibilité propres aux procédés de fabrication additive. Le second avantage concerne la matière première utilisée : la composition de verre est adaptée à l'application voulue (verre à propriété optique particulière, verre technique, ou verre de recyclage par exemple).
La maturation du projet est en cours et s'appuie, en partie, sur les compétences du Carnot ICÉEL.

Contact
Carnot ICÉEL - Marie-Alice SKAPER - marie-alice.skaper@cerfav.fr

DES FOILS NOUVELLE GENERATION IMPRIMÉS EN 3D

Amélioration des performances dans le nautisme

Développement de foils basé sur la fabrication additive de composites associée à une nouvelle approche de fonctionnalisation et de texturation de surface par laser afin d'optimiser les performances des embarcations, tout en sécurisant leur pilotage.

Institut Carnot MICA

L'avancée scientifique / technologique

Ces dernières années ont vu l'émergence et la démocratisation des foils (ou hydrofoils) dans les sports nautiques. Le principe : la vitesse de déplacement génère sur le foil une portance hydrodynamique capable de soulever partiellement ou totalement son support hors de l'eau, ce qui réduit la traînée (le frottement) de la coque et diminue la puissance nécessaire à la vitesse.

Grâce au soutien supplémentaire de l'action Carnot filières Fast Spor'In, l'IRMA, membre de l'institut Carnot MICA a développé des démonstrateurs de foils pour étudier l'effet de l'état de surface de ces foils sur leurs traînées. Imprimés en matériau composite carbone sur des imprimantes 3D nouvelles générations, ils ont été recouverts d'une peau en résine.

IREPA LASER, composante de l'institut Carnot MICA a ensuite réalisé une texturation de la surface des foils via micro-ablations laser dans le but de modifier l'hydrodynamique des foils.

Les objectifs attendus sont de sortir plus rapidement de l'eau et de diminuer la traînée pour aller toujours plus vite. Des essais en bassin de carène ont été réalisés par l'école Navale - IRENAV (Carnot ARTS) et vont permettre de comparer les performances entre des foils texturés et des foils non texturés.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

IRMA, est un centre de recherche technique spécialisé dans les procédés de fabrication additive plastique / composite qui accompagne les entreprises innovantes sur des thématiques liées à la fabrication additive : du début de la chaîne, la formulation des matières sur mesure, à la mise en œuvre via des procédés de fabrication innovants et jusqu'aux étapes de caractérisations et d'études de fin vie des matériaux.

Avec l'écosystème du Carnot MICA, IRMA et IREPA Laser peuvent développer des pièces fonctionnelles via des nouveaux procédés de fabrication additive de composites et associer des approches de fonctionnalisation de surface par texturation laser pour conférer aux pièces de nouvelles propriétés (physiques, esthétiques, optiques, mécaniques...).

Contact
Carnot MICA - Nicolas MINARD - nicolas.minard@uha.fr

BLAXTAIR

Système embarqué de reconnaissance morphologique 3D pour la sécurité des piétons en environnement industriel

La société ARCURE et le CEA LIST collaborent depuis 2009 dans le cadre d'un laboratoire commun, portant sur le développement de solutions destinées à renforcer l'autonomie des véhicules industriels. Ce partenariat a donné naissance au Blaxtair, solution de protection périmétrique qui intègre des technologies exclusives de détection et de localisation en temps réel de piétons et d'obstacles par vision.

Institut Carnot CEA LIST

L'avancée scientifique / technologique

Des technologies innovantes et uniques de reconnaissance de formes 3D à partir d'une caméra stéréoscopique et d'un calculateur embarqué ont pu être mises au point grâce aux travaux de l'institut Carnot CEA LIST.
Ces innovations sont issues de l'expertise et des savoirs faires des équipes de l'institut dans les domaines de la vision par ordinateur, de l'apprentissage automatique, et de l'adéquation entre les algorithmes et les architectures de calcul pour l'embarqué. Protégées par plusieurs brevets, les technologies développées permettent d'analyser, dans des contextes variés, l'environnement en temps réel pour détecter les piétons et les obstacles avec une très grande fiabilité, et les localiser précisément en 3D.
Leurs performances les placent au plus haut niveau de l'état de l'art.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Depuis 2011, Arcure commercialise Blaxtair, caméra 3D embarquée intégrant des briques algorithmiques d'IA. Equipant les engins industriels, Blaxtair différencie par reconnaissance morphologique les personnes et les obstacles pour éviter les accidents.
Cette solution pionnière permet à l'entreprise d'être leader sur le marché de la détection de piétons dans l'industrie. Entièrement conçu et fabriqué en France, Blaxtair a déjà été vendu à près de 9000 exemplaires dans 30 pays, avec un déploiement récent sur les marchés américain et asiatique. Arcure innove encore avec Blaxtair Connect, sa nouvelle solution connectée unique au monde, renforçant encore la sécurité des sites industriels.
Les perspectives sont prometteuses avec un marché mondial de plusieurs centaines de milliers d'engins industriels par an.

Le partenaire

- **ARCURE,** acteur du smart manufacturing, se positionne aujourd'hui comme un des leaders des capteurs intelligents permettant de renforcer l'autonomie des véhicules industriels et de rendre possible la collaboration physique entre hommes et robots.

Contact
Institut Carnot CEA LIST - Patrick SAYD - patrick.sayd@cea.fr
ARCURE - Patrick MANSUY - patrick.mansuy@arcure.net

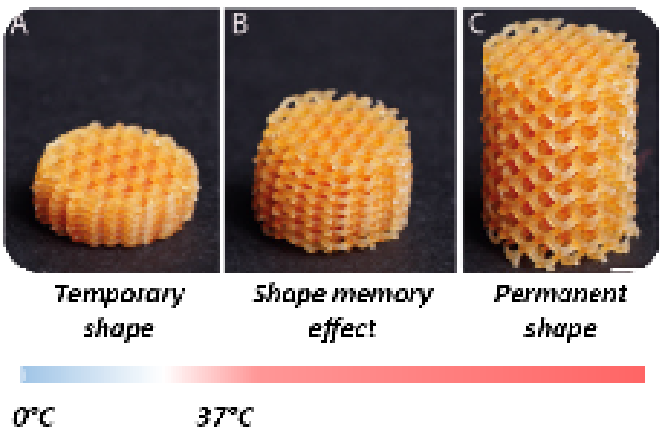
POLYMERES «INTELLIGENTS»
pour l'impression 4D

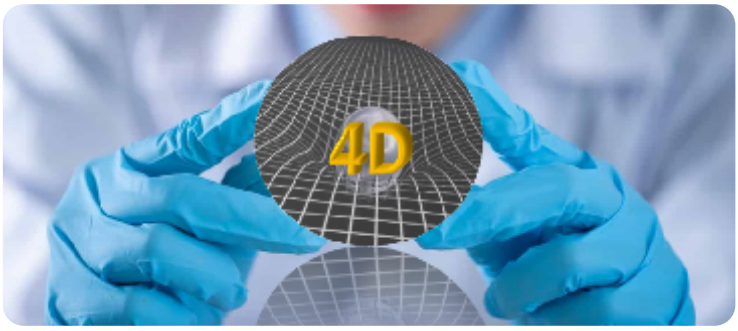
La fabrication additive est considérée comme une réelle révolution industrielle. L'évolution constante des techniques de fabrication ainsi que des types de matériaux avec notamment les polymères stimulables a permis de donner naissance à la technologie d'impression 4D. Cette nouvelle approche permet de donner à un objet imprimé en 3D la capacité de se transformer dans le temps de façon contrôlée et en réponse à une stimulation externe.

Institut Carnot Chimie Balard Cirimat

L'avancée scientifique / technologique

L'institut Carnot Chimie Balard Cirimat (ICGM-D2), travaille sur l'élaboration de polymères dit « intelligents » utilisés en fabrication additive. Leur développement a rendu la fabrication additive 3D vivante, permettant ainsi l'orientation des travaux de recherche vers l'impression 4D. Cependant, cette technologie reste très récente et une demande considérable est en train de croitre pour développer des objets 3D en polymères intelligents, stimulables et fabriqués par impression 4D. Pour répondre à cette demande, le Carnot développe des matériaux polymères (hydrogel ; élastomère ; biodégradable ; origine biosourcée…) capables de générer sous stimulation des effets de mémoire de forme, de cicatrisation, d'actionneur, de gonflement…





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Le développement de l'impression 4D constitue un pas en avant considérable pour la fabrication additive et jouera un rôle clef pour l'industrie de demain et tout particulièrement en santé. Des études sur le marché mondial de l'impression 4D ont montré une croissance significative pour le biomédical. Elle devrait atteindre 29,8% du marché biomédical, ce qui représente une progression de l'investissement de 4,7 millions $ en 2019 jusqu'à 39,3 millions $ en 2027.

La fabrication additive ayant très largement dépassé les frontières de la médecine, l'impression 4D a également un destin extrêmement prometteur dans les secteurs de l'énergie, l'aérospatial ou encore l'environnement.

Contact
Carnot Chimie Balard Cirimat - Sébastien BLANQUER - contact@carnot-chimie-balard-cirimat.fr

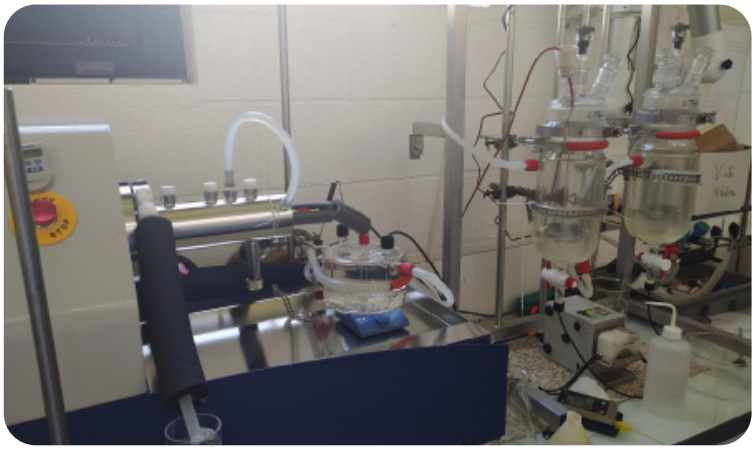
CRISTALLISATION CONTINUE
avec un réacteur de type Couette-Taylor

Traditionnellement, la production d'ingrédients pharmaceutiques actifs (IPA) est effectuée par des processus en batch. Néanmoins, au fil des ans, le mode de production par lots a montré quelques faiblesses, en particulier la variation de la qualité du produit d'un lot à l'autre. À l'inverse, le mode continu assure, avec une bonne productivité, une qualité de produit plus constante.

Institut Carnot I2C

L'avancée scientifique / technologique

Pour réaliser la cristallisation en continu, le Carnot I2C a opté pour un réacteur de type Couette – Taylor. Le nouveau réacteur dont il a fait le design offre de meilleures capacités d'adaptation avec un contrôle plus strict de la température et la possibilité d'ajuster l'espace entre les deux cylindres concentriques.
Des cylindres internes de différents diamètres le rendent modulable, ce qui accroît l'adaptabilité de la technologie par une gamme variable d'effet de cisaillement sur la suspension. La régulation à des températures différentes des deux cylindres permet des effets de maturation de la population de cristaux qui rendent la cinétique d'homogénéisation rapide pour ce qui concerne la pureté chimique, la pureté structurale, une morphologie et une taille constante.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Certains composés peuvent être purifiés par cristallisation mais au prix de plusieurs étapes. De plus, lors d'opérations en batch, le contrôle des attributs de la population de particules n'est pas aisé et il arrive que des lots soient non conformes pour : (i) la présence de plusieurs variétés polymorphiques (ii) une taille de particules inadéquate (ii) une morphologie de particules impropre à une bonne filtration et/ou coulabilité de la poudre pour les opérations de mise en forme suivantes. Le réacteur de cristallisation Couette-Taylor offre, avec une productivité accrue, une amélioration sensible des points ci-dessus pour une gamme de production comprenant les échelles : laboratoire, pilote et industrielle.

Contact
Carnot I2C - Pr Gérard COQUEREL - gerard.coquerel@univ-rouen.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

COTRA

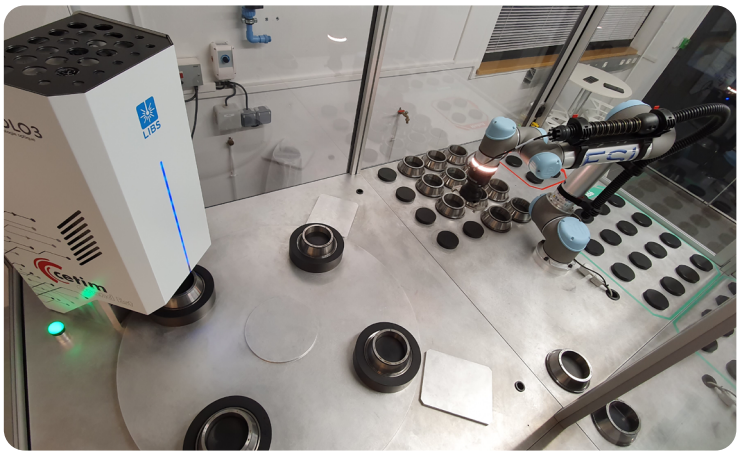
Une nouvelle voie à l'introduction des contrôles non destructifs sur les lignes de production

Cotra met en œuvre deux technologies émergentes dont la démonstration est faite dans un environnement opérationnel. Les contrôles sont effectués en temps réel et permettent de passer d'un contrôle habituellement destructif par prélèvement, à un contrôle non destructif à 100%, le tout en cadence avec la ligne de production amont.

Instituts Carnot Cetim & MICA

L'avancée scientifique / technologique

Les équipes de l'Institut Carnot Cetim et de son centre associé Cetim Grand-Est, membre du Carnot MICA, ont mis en œuvre deux technologies émergentes dont la démonstration a été faite dans un environnement opérationnel : le **3MA**, une combinaison de contrôles magnétiques qui permet de contrôler la profondeur de traitement thermochimique d'une pièce ainsi que sa dureté, et la **technologie de spectroscopie sur plasma induit par laser** (Libs) de Holo3, qui permet de contrôler la composition chimique du matériau.



Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Avec le démonstrateur Cotra, il est désormais possible de contrôler toutes les pièces sortant d'une ligne de traitement thermochimique, en temps réel et sans les détruire ! Outre la performance technique, avec ce démonstrateur les équipes de l'Institut Carnot Cetim et de son centre associé Cetim Grand-Est, membre du Carnot MICA, démontrent leur capacité à proposer aux industriels des solutions innovantes et digitales, et ce à chaque étape de leurs développements dans ce domaine (faisabilité, prototype, présérie, ...).
Les industriels disposent ainsi d'un service unique et à la carte, au plus près de leurs besoins, en lien avec la digitalisation de leur entreprise.

Contact
Carnot Cetim - Hélène DETERME - helene.determe@cetim.fr
Carnot Cetim - Jérémy VIALE - jeremy.viale@cetim.fr

TRANSPORTS

VÉHICULE AUTONOME SOCIALEMENT INTELLIGENT - Institut Carnot ARTS

INNOVATION DE CONCEPTS ATTÉNUATEURS
Institut Carnot Ingénierie@Lyon et l'entreprise AVNIR Engineering

REAL-E - Institut Carnot IFPEN Transports Energie et l'entreprise Capelec

MOTORISATIONS ÉLECTRIQUES
Institut Carnot IFPEN Transports Energie et l'entreprise EREM

RÉCUPÉRER LA CHALEUR PERDUE SUR LES POIDS LOURDS
Institut Carnot IFPEN Transports Energie et l'entreprise Enogia

VÉHICULE AUTONOME SOCIALEMENT INTELLIGENT

Robots en interactions et réalité mixte

Comment permettre au véhicule autonome et connecté d'être performant ? Une partie importante de la réponse réside dans sa manière de partager l'espace avec les autres. Pour ce faire, il doit communiquer non seulement à l'aide du réseau sans-fil mais aussi en exhibant un comportement perceptible par des usagers humains. La démonstration présente ces deux approches d'interaction via des minirobots et la réalité mixte.

Institut Carnot ARTS

L'avancée scientifique / technologique

Le véhicule autonome et connecté (VAC) partage l'espace avec d'autres usagers de la route.
La littérature scientifique montre qu'un comportement basé sur l'évitement des obstacles et l'exploitation des espaces vides n'est pas optimale. Ainsi, nous considérons que l'espace conflictuel se négocie grâce à des interactions complexes impliquant la signalisation, la communication 5G/G5 et le comportement communicatif. Aux intersections, la communication inter-VAC permet aux VAC de décider conjointement de la meilleure manière de traverser l'espace conflictuel pour générer des gains de temps et d'énergie. De même, les VAC et piétons optimisent leurs trajectoires respectives, grâce à un comportement communicatif.
La sécurité des solutions originales proposées est mise à l'épreuve grâce à la réalité mixte.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

La technologie proposée par le Carnot ARTS permet des gains de temps et de consommation d'énergie non négligeables de l'exploitation des AGVs (Automated Guided Vehicles). Les AGVs connectés sont capables de s'autoorganiser aux croisements pour prévenir collectivement les situations d'interblocage, réduire leurs temps de traversée et respecter les délais. Ils sont aussi capables d'optimiser intelligemment leur interaction avec l'opérateur humain lorsqu'il doit croiser leur chemin. Les AGVs affichent leur intention et peuvent se montrer courtois et sécurisant, ce qui améliore sensiblement les conditions de travail. Les simulations immersives montrent un gain de 2 à 3 secondes à chaque traversée piétonne.

Contact
Carnot ARTS - Abdeljalil ABBAS-TURKI - abdeljalil.abbas-turki@utbm.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

INNOVATION DE CONCEPTS ATTÉNUATEURS

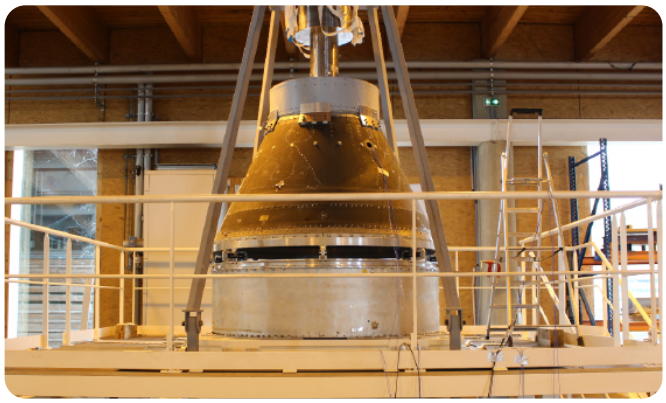
Solutions pour réduire les ambiances vibratoires

Des solutions technologiques permettant d'atténuer les ambiances vibratoires basses fréquences [0-100Hz] d'équipements embarqués sensibles intégrés sur des assemblages mécaniques complexes (ex : véhicules aéronautiques et spatiaux), ont été développés dans le cadre du projet FUI INCAS.
Ce projet d'envergure, a notamment bénéficié de la collaboration étroite d'un laboratoire de l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon (MATEIS INSA Lyon CNRS) et d'une PME innovante (AVNIR ENGINEERING), membre de son cercle de transfert .

Institut Carnot Ingénierie@Lyon

L'avancée scientifique / technologique

Les travaux ont permis de concevoir, prototyper et valider sur démonstrateur opérationnel TRL6 des technologies d'isolateurs de vibrations et d'amortisseurs innovantes, l'une à base d'élastomère et l'autre à base de câbles métalliques, en travaillant sur l'optimisation des non-linéarités, dispersion et masse.
Ces technologies ont été développées spécifiquement pour une problématique ArianeGroup (sécurisation des ambiances vibratoires des satellites sur les futurs lanceurs) et pour une problématique Safran Helicopter Engines (amortissement des tuyauteries de turbines d'hélicoptères). Un autre axe de travail du projet a permis le développement, par le biais d'une thèse, de composites hybrides co-continus multi-échelles légers, raides et amortissants pour l'amélioration du confort vibratoire des étages supérieurs de lanceurs futurs.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les produits développés s'avèrent très prometteurs pour les industriels du projet. Un atout pour permettre à ArianeGroup de maintenir sa position de maître d'œuvre des futurs lanceurs spatiaux européens avec un avantage indéniable vis-à-vis de ses concurrents. La dernière campagne d'essais durcis réalisée par AVNIR Engineering a convaincu les programmes d'Ariane Group de la pertinence et de la maturité des solutions. De même, la réduction des cycles et des coûts de développement est un enjeu crucial pour Safran pour le lancement de ses nouvelles gammes de turbomachines. Le concept d'absorbeur dynamique s'est avéré très prometteur et les développements seront très certainement poursuivis pour une implémentation sur turbines d'hélicoptères. Dans le sens d'une innovation à plus long terme, l'intégration d'une fonction d'amortissement des vibrations dans les matériaux constituant les structures porteuses de satellites relève d'un challenge important et la faisabilité industrielle est à étudier.

Le partenaire

- **AVNIR ENGINEERING,** une entreprise spécialisée dans les domaines de l'ingénierie mécanique aéronautique et énergétique.

Contact
Carnot Ingénierie@Lyon - Lilian MARTINEZ - lilian.martinez@ingenierie-at-lyon.org
AVNIR Engineering - Nathalie VOISIN - n.voisin@avnir.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

REAL-E

L'analyseur de gaz d'échappement embarqué, intelligent, connecté

REAL-e est le résultat d'une synergie entre les compétences en analyse de gaz de Capelec et les modèles d'émissions de polluants du Carnot IFPEN Transports Energie dans le cadre de l'action Carnot filières Carnauto. REAL-e permet de faciliter et de rendre massive la quantification des polluants émis sur des flottes de véhicules avec des mesures exhaustives, fiables et indépendantes des constructeurs.

Action Carnot Filières Carnauto

L'avancée scientifique / technologique

Le contrôle technique des véhicules particuliers en France s'appuie sur des analyseurs de gaz d'échappement qui mesurent une partie minime des émissions de gaz sur un véhicule à l'arrêt. Ces systèmes ne permettent pas d'évaluer les émissions réelles de polluants en fonction des conditions de circulation, du type de conduite ou du type d'itinéraire. Le dispositif REAL-e se présente sous la forme d'une mallette contenant un analyseur de gaz d'échappement (CO, CO2, NOx, PN, NH3) connecté à un dongle EOBD qui recueille les paramètres du véhicule, géolocalise, centralise les données et les envoie sur un cloud. Les mesures envoyées sont ensuite fusionnées avec les modèles numériques d'émissions. Les données obtenues sont enrichies, contextualisées et comparées avec les émissions d'un jumeau digital nominal du véhicule. Le véhicule évalué peut être déclaré conforme ou faire l'objet d'analyses complémentaires.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

REAL-e peut se positionner avantageusement entre une mesure issue d'un radar de polluant (rapide, simple mais ponctuelle et de précision médiocre) et la mesure utilisée pour l'homologation (PEMS : Portable Emissions Measurement System). REAL-e propose une solution économique de mesure des émissions des véhicules en conditions réelles, pour la mise au point des véhicules, la surveillance de marché ou la conformité en service définie dans la réglementation RDE (Real Driving Emissions). Ces trois axes correspondent à de nouveaux marchés pour CAPELEC, acteur historique du contrôle technique.

Le partenaire

- **CAPELEC,** PME implantée à Montpellier depuis 1989, conçoit et fabrique des équipements électroniques pour les centres de contrôle technique, les ateliers, les constructeurs et les transporteurs.

Contact

Action Carnot Filières Carnauto - Arnaud FROBERT - jarnaud.frobert@ifpen.fr
CAPELEC - Georges PETELET - georges.petelet@capelec.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

Motorisations électriques

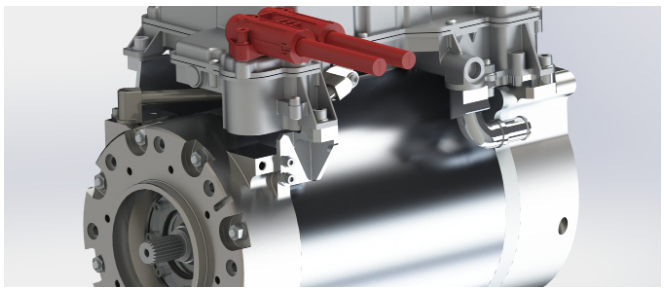
Pour petites séries et rétrofit de véhicules thermiques

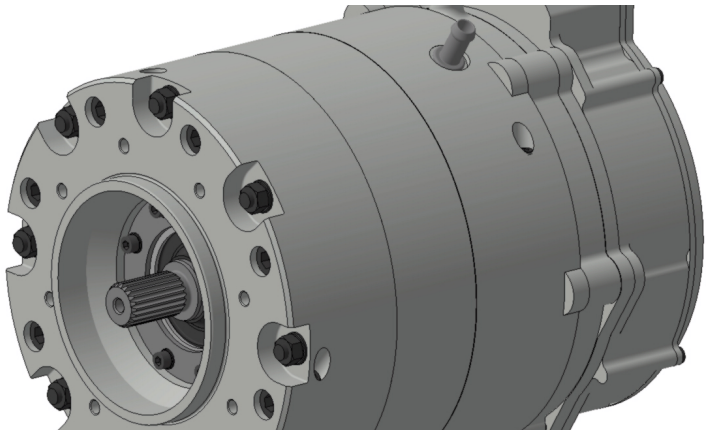
La demande d'électrification des véhicules ne cesse de croitre pour répondre à un fort enjeu environnemental. Cette électrification concerne de nombreuses applications de transport et nécessite donc une offre de motorisations électriques capables de s'adapter à différents cahiers des charge, et présentant un caractère versatile permettant de mutualiser un maximum de composants afin de réduire les coûts.

Institut Carnot IFPEN Transports Energie

L'avancée scientifique / technologique

Issus des travaux du Carnot IFPEN TE sur des topologies de moteurs électriques innovantes et brevetées, les développements menés avec EREM ont permis des avancées selon deux axes. Tout d'abord, une intégration forte entre le moteur électrique et son électronique de pilotage permet d'accroitre la densité de performance (couple et puissance) et donc de réduire l'encombrement par rapport aux solutions existantes. Ensuite, une solution innovante de refroidissement de l'ensemble moteur et électronique offre une simplicité de mise en œuvre. Elle peut ainsi se décliner sur un large spectre d'applications, telles que celles à basse tension et niveau de puissance élevé (30 kW à 48 V), d'autres nécessitant un fort couple à haute tension (jusqu'à 400 Nm et 200 kW à 400 V), ou encore les applications de très haute tension (800 V), très forts couple et puissance (1500 Nm et >300 kW) nécessitant des composants électroniques. spécifiques de type WBG (Wide Band Gap) pour le pilotage





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les motorisations développées avec le Carnot IFPEN TE, présentant un encombrement réduit et une large gamme d'applications, n'ont actuellement pas d'équivalent sur le marché. Ces solutions innovantes apporteront à EREM un avantage concurrentiel indéniable, ce que confirme la prospection réalisée par l'entreprise auprès de son écosystème. EREM mettra en œuvre un schéma industriel de petites séries pour produire en France ces motorisations électriques innovantes.

Le partenaire

- **EREM** est une PME spécialisée depuis près de 30 ans dans la fabrication et la maintenance de moteurs spéciaux pour des clients en France et à l'étranger.

Contact
Carnot IFPEN Transport Energie - Adlène BENKENIDA - adlene.benkenida@ifpen.fr
EREM - Paul MAIER - paul.maier@erem.fr

Récupérer la chaleur perdue sur les poids lourds

Le Carnot IFPEN Transports Energie est partenaire depuis 2014 d'Enogia, PME spécialisée dans la récupération de chaleur et qui commercialise depuis plusieurs années des systèmes ORC (Organic Rankine Cycle) pour des moteurs stationnaires. Cette technologie, basée sur la récupération de l'énergie perdue dans l'eau de refroidissement des moteurs thermiques, a été adaptée au transport pour une application poids lourd long routier.

Institut Carnot IFPEN Transports Energie

L'avancée scientifique / technologique

Les travaux s'appuient sur la complémentarité entre expérimentations et simulations numériques, afin de valoriser l'énergie thermique perdue pour un coût maitrisé.
Outre la récupération d'énergie, ont été pris en compte :

- l'encombrement du système,
- les procédés de fabrication pour obtenir un coût de production de grande série,
- l'intégration dans le système de refroidissement du véhicule,
- la compatibilité des chaines de traction actuelles et futures avec un produit ORC disposant d'une réinjection mécanique de l'énergie valorisée mais également d'un composant à sortie électrique.

Le système mis au point grâce aux travaux du Carnot IFPEN Transports Energie permet une réduction de consommation de l'ordre de 2 % sur le cycle VECTO ACEA long haul.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Enogia conçoit et fabrique des systèmes ORC stationnaires et a cherché à se positionner sur de nouveaux marchés, comme celui des transports. Un premier partenariat avec le Carnot IFPEN Transports Energie a abouti à une gamme de machines adaptées aux véhicules poids lourd, permettant à Enogia d'accéder au marché du transport routier.
Cette collaboration s'est concrétisée par une évolution de l'effectif de la PME de 10 à 37 salariés en 2019. Convaincue de l'intérêt de cette technologie pour exploiter de faibles flux de chaleurs à moyenne température pour le marché du transport non routier, l'entreprise vise également l'adaptation de cette technologie pour les bateaux et les trains. Le partenariat se poursuit afin de réaliser des systèmes toujours plus performants et à coûts maitrisés.

Le partenaire

- **ENOGIA,** PME marseillaise, conçoit et produit des systèmes de conversion de chaleur en électricité, basés sur la combinaison du Cycle Organique de Rankine (ORC) et d'une technologie unique et brevetée de micro-turbine.

Contact
Carnot IFPEN Transports Energie - Gaetan MONNIER - gaetan.monnier@ifpen.fr
Enogia - Arthur LEROUX - arthur.leroux@enogia.com

AGRI-AGRO

FROILOC - Institut Carnot AgriFood Transition

PERTE DE VITAMINES DES FRUITS ET LÉGUMES - Institut Carnot Qualiment

SNAC - Institut Carnot 3BCAR et l' entrerprise BioEntech

MONDIN - Institut Carnot 3BCAR et l' entrerprise Mondin

BIRDe - Institut Carnot France Futur Elevage

XTRALYZ - Institut Carnot CEA LETI

PHE-B - Institut Carnot Plant2Pro

BCGrape - Institut Carnot Plant2Pro

CHAUFFAGE OHMIQUE - Institut Carnot Qualiment

FROILOC

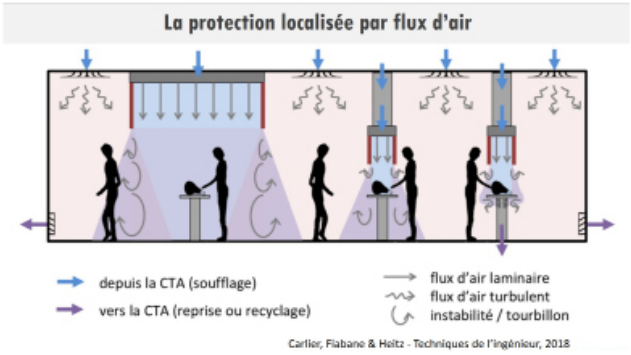
Diffusion de froid ultra-propre localisé sur une ligne de production agroalimentaire

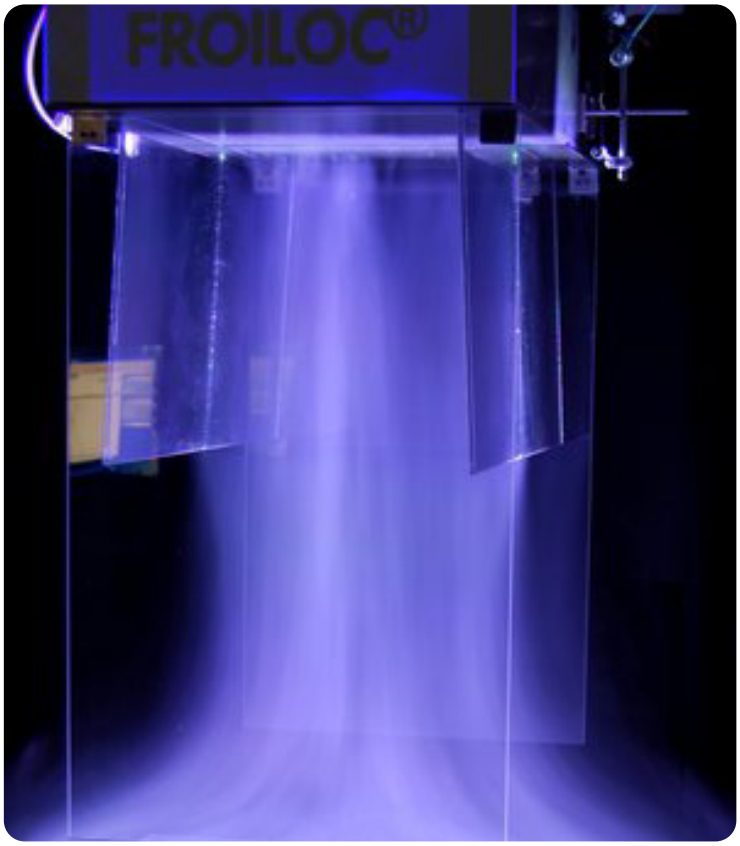
FROILOC est un projet de froid ultra-propre localisé intégré sur les lignes de production agroalimentaire. L'objectif est d'offrir aux industriels une solution pour garantir la sécurité sanitaire des aliments, améliorer le confort des opérateurs et économiser de l'énergie.

Institut Carnot AgriFood Transition

L'avancée scientifique / technologique

Des alternatives à la réfrigération totale de l'atelier de production existaient avant que les chercheurs du projet FROILOC se penchent sur le sujet du froid localisé ultra-propre : flux laminaire, plafond soufflant ou salle propre... Mais ces technologies nécessitent une adaptation contraignante de l'opérateur qui doit s'équiper. Après questionnement des industriels sur leurs besoins, plusieurs phases de recherche théorique et de simulations se sont succédé en alternance pour identifier les paramètres à prendre en compte. Deux composantes de l'Institut Carnot AgriFood Transition sont intervenues. OPAALE a travaillé sur la mécanique des flux d'air et la propreté de la zone de travail et le Pôle Cristal a conçu l'équipement.
Le résultat des travaux de R&D a permis la création d'un prototype à l'échelle 1 qui supprime toute séparation physique entre la zone de travail et l'opérateur qui reste libre de ses mouvements.





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Pour la propreté, l'objectif de classe 1000 est largement assuré sur la zone produit. Pour ce qui est du froid, une température de 1°C est bel et bien maintenue dans la zone produit.
Enfin, l'énergie déployée est également intéressante puisque FROILOC permet de réduire notablement la puissance frigorifique.

Contact
Carnot AgriFood Transition - Léa DULOS - lea.dulos@agrifood-transition.fr

Perte de vitamines des fruits et légumes

Les fruits et légumes sont une source importante de vitamines dans notre alimentation. Il existe néanmoins plusieurs sources de variabilité qui vont impacter la teneur en vitamines des fruits et légumes que nous consommons. Les variations biologiques d'ordre physiologique, génétique, agronomique et environnemental, puis les étapes de transformation et/ou de conservation vont ainsi être décisives quant à la qualité nutritionnelle des produits consommés.

Institut Carnot Qualiment

L'avancée scientifique / technologique

Pour aider les entreprises agroalimentaires à mieux préserver la teneur en vitamines dans les fruits et légumes, plusieurs des entités du Carnot Qualiment® travaillent à mieux comprendre l'impact des différents procédés en vue d'optimiser la préservation des qualités nutritionnelles dans les produits finis.
En effet, il existe un certain nombre d'idées préconçues qui méritent d'être revisitées, et un procédé bien conçu va permettre d'avoir des vitamines beaucoup plus résistantes que ce qui est couramment admis.
Des travaux sont donc conduits au sein du Carnot Qualiment® pour mieux comprendre l'effet des procédés, optimiser les procédés existants et valider l'effet des procédés nouveaux comme les hautes pressions dont on sait qu'elles permettent de bien préserver les petites molécules que sont les vitamines, ou encore des technologies moins développées comme les champs électriques pulsés.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

La qualité nutritionnelle des aliments est une préoccupation croissante des consommateurs, et les travaux du Carnot Qualiment® permettent aux entreprises agroalimentaires d'avoir de meilleurs arguments et des produits plus nutritionnels pour communiquer auprès des consommateurs.
Mieux comprendre ce qui se passe au cours des procédés permet également d'optimiser les produits sur les aspects organoleptiques ou sur la sécurité, tout en permettant l'obtention de données sur les teneurs nutritionnelles réelles dans les produits tels qu'ils vont pouvoir être vendus. Enfin, cela permet aux entreprises de donner aux consommateurs de meilleurs indications sur les conditions d'usage des produits, comme les modalités de cuisson par exemple, et ainsi d'enrichir l'expérience consommateur.

Contact
Carnot Qualiment - Anne NAHANT - qualiment@inrae.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

SNAC

Système de titration pour la mesure des concentrations en ammoniaque et acides gras volatils

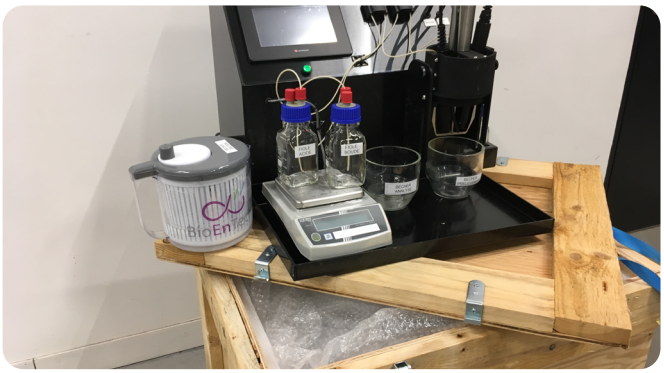
La méthanisation est un procédé vertueux permettant le traitement des déchets organiques et la production d'énergie. Il est toutefois très sensible à la présence d'ammoniaque et d'acides gras volatils. Les performances épuratoires, et de fait économiques, dépendent étroitement de la gestion dynamique de ces composés. Aucune solution satisfaisante ne permettait un suivi adapté aux conditions industrielles.

Institut Carnot 3BCAR

L'avancée scientifique / technologique

De 2013 à 2016, lors d'une thèse CIFRE entre le LBE au sein du Carnot 3BCAR et la startup BioEnTech, une méthode d'analyse simple a été développée puis couplée à une modélisation poussée des processus chimiques intervenant lors de la titration. Ce développement a abouti au dépôt d'un brevet européen et d'une publication internationale. Deux prototypes ont ensuite été réalisés en partenariat et leur succès sur sites industriels a permis de démarrer la production d'une vingtaine d'unités.

La collaboration LBE-BioEnTech a donc permis la mise sur le marché de SNAC, un capteur disruptif, après trois phases clés de développement : la recherche, le prototypage et l'industrialisation.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

SNAC est un véritable micro-laboratoire dédié au pilotage des digesteurs et permet à BioEnTech de proposer une solution unique de suivi de digesteurs combinant (i) flexibilité et simplicité d'utilisation, (ii) réactivité et (iii) précision.

Aujourd'hui une quarantaine d'unités de l'analyseur SNAC ont été commercialisées. En complément, BioEnTech a bâti une offre de service et d'aide au pilotage basée sur l'interprétation des données de l'analyseur. Pour BioEnTech, cette innovation permet l'ouverture d'un pan de marché inaccessible auparavant, le pilotage des unités de méthanisation de taille modeste (<500 KW), et de renforcer son offre technique sur le secteur global.

Le partenaire

- **BioEnTech** est une entreprise innovante spécialisée dans les procédés de méthanisation et les systèmes d'information, avec une forte expertise métier dans le suivi, la supervision et la modélisation des bioprocédés afin d'améliorer les performances économiques des unités de méthanisation.

Contact

Carnot 3BCAR - Coraline CAULLET - 3bcar@instituts-carnot.fr
BioEnTech - Cyrille CHARNIER - cyrille.charnier@bioentech.eu

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

MONDIN

matériau biosourcé d'origine non animale pour l'industrie du luxe à partir de coproduits de la viniculture

Le cuir animal est aujourd'hui source de nombreuses polémiques liées aux risques sanitaires induits par l'usage du chrome III dans les procédés de tannage et une demande croissante des consommateurs tournés vers un développement durable et plus respectueux (militantisme éthique, véganisme…). Face à ce constat, de récentes alternatives ont vu le jour : les cuirs végétaux (ananas, champignon, hévéa, thé, algue, pomme, raisin).

Institut Carnot 3BCAR

L'avancée scientifique / technologique

Le CRT CATAR de l'institut Carnot 3BCAR, a accompagné la start-up Mondin dans le développement et l'optimisation d'une nouvelle matière issue de la biomasse vinicole locale empreinte d'une image à haute valeur ajoutée du patrimoine français.
La biomasse est transformée et travaillée en amont puis incorporée à un bioplastique pour produire par extrusion un matériau déclinable en feuilles ou en films d'épaisseurs variables. Ces travaux ont permis de cibler le bioplastique répondant aux différentes qualités mécaniques et sensorielles attendues.
La dernière phase d'optimisation sera axée sur un travail de couleur et de texturation de surface afin d'offrir aux industriels une large gamme de produits en fonction des utilisations (maroquinerie, joaillerie, horlogerie, automobile…).

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

La matière proposée ne nécessite pas d'être appliquée sur un tissu et peut être travaillée directement : coupée, collée, cousue, rivetée. La préparation de la charge végétale confère au matériau fini un aspect de surface déjà très abouti, qui nécessite que peu de finitions, limitant par là-même les intrants chimiques (résines PU, PA). Résolument moderne, elle trouve déjà naturellement sa place dans les industries du luxe, chez qui des prototypes sont déjà en cours d'évaluation. Elle ne se présente pas comme une alternative au cuir animal, mais plutôt comme une nouvelle option en répondant à des normes mécaniques et sensorielles définies et aux critères environnementaux (valorisation biomasse locale, taux biosourcé optimum) et éthiques actuels (exploitation animale).

Le partenaire

- **La société MONDIN se spécialise dans la valorisation du marc de raisin des vignobles français dan sle but de proposer une alternative locale et plus responsable à des matières comme le cuir et d'autres textiles.**

Contact
Institut Carnot 3BCAR - Christine RAYNAUD - christine.raynaud@toulouse-inp.fr
MONDIN - Rodolphe MONDIN - rodolphe@mondin.io

BIRDe

La mangeoire connectée

L'évolution de l'élevage avicole vers des systèmes plus agro-écologiques dépend notamment de l'amélioration de l'efficacité alimentaire des volailles. Afin de mesurer en continu le poids et la consommation alimentaire individuels de poulets élevés en groupe et évoluant librement au sol, une mangeoire électronique a été mise au point par plusieurs entités du carnot France Futur Elevage.

Institut Carnot France Futur Elevage

L'avancée scientifique / technologique

L'efficacité alimentaire est généralement évaluée par l'indice de consommation qui est le ratio entre la quantité d'aliment consommée et la quantité de viande produite. Pour la mesurer, il est impératif de disposer des données individuelles de croissance et de consommation alimentaire des animaux.
Pour réaliser ces mesures en condition d'élevage, les chercheurs du carnot France Futur Elevage (UMR BOA, ITAVI) et leurs partenaires de l'UMT BIRD ont développé une mangeoire électronique permettant ces mesures dès l'âge de 3 jours.
Un automate comprend 8 accès indépendants à l'aliment et permet d'enregistrer les données sur 100 à 120 animaux. L'animal est détecté par l'automate au moyen d'une puce électronique.
A chaque visite, la consommation, le poids de l'animal, l'heure et la durée de la visite sont enregistrés, permettant non seulement des études d'efficacité alimentaire, mais également de comportement alimentaire.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

L'efficacité alimentaire a un fort impact économique, environnemental et social.
En effet, la transition vers des systèmes avicoles plus agro-écologiques implique d'une part de mettre au point des régimes limitant la concurrence entre homme et animal et intégrant plus de matières premières locales, et d'autre part d'améliorer par la sélection génétique la capacité des animaux à valoriser les aliments formulés pour répondre à ces exigences.
Cette mangeoire ouvre donc de vastes perspectives pour les études de nutrition animale et permettra de revisiter les méthodes de sélection de l'efficacité alimentaire, pour améliorer la durabilité de la production avicole.

Contact
Carnot France Futur Elevage - Sandrine GRASTEAU - sandrine.grasteau@inrae.fr et Eva PAMPOUILLE

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

XTRALYZ®

Technologie microfluidique d'extraction ADN rapide pour la sécurité alimentaire

Un outil et des protocoles de test pour la détection rapide de bactéries pathogènes pour les industriels de l'agro-alimentaire et également dans d'autres secteurs tels que l'eau et l'environnement, ont été développés dans le cadre du projet Direct du Carnot CEA - Leti/DTBS (Département des Technologies pour la Biologie et Santé).

Institut Carnot CEA LETI

L'avancée scientifique / technologique

Le projet Direct propose un consommable microfluidique d'extraction rapide de l'ADN afin d'accélérer la détection de bactéries.
Cette solution va être déployée sur le marché des tests de sécurité alimentaire, pour la détection de bactéries dont les pathogènes : Listeria, Salmonella et E. coli (90% des tests), en collaboration avec les entreprises agro-alimentaires. Cette solution en rupture d'extraction d'ADN se différencie des dispositifs commerciaux des grands fabricants d'équipement PCR par sa rapidité et sa simplicité.
En effet, le test de Direct Analysis permet de détecter la présence d'une contamination en 6h avec une sensibilité d'une bactérie dans 25g d'échantillon (norme AFNOR), là où les tests actuels nécessitent de 22 à 48h.

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Avec la solution Direct Analysis, les industriels agro-alimentaires ont les résultats en temps réel, localisent l'origine de la contamination plus rapidement et gagnent une journée de DLC, ce qui représente un gain financier important (coûts de stockage, logistique, rappel des produits et productivité).
Facile d'utilisation, la méthode ne trouve pas d'obstacle à son installation chez les utilisateurs, comme démontré par les premières preuves de concept en situation réelle (sur ligne de production agro-alimentaire).

Le partenaire

- **DIRECT ANALYSIS SAS,** ambitionne de devenir un leader mondial dans la mise au point, et la distribution, de solutions d'extraction d'ADN.

Contact
Carnot CEA LETI - Valérie ROUX-JALLET - valerie.roux@cea.fr
Direct Analysis - Thomas BORDY - thomas.bordy@direct-analysis.com

Carnot prépare l'avenir

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

PHE-B

Barre de phénotypage à haut-débit pour les cultures hautes

L'arrivée de techniques de phénotypage haut-débit en plein champ ouvre des possibilités de caractérisation d'un grand volume de matériel végétal. Ces techniques contribuent à l'amélioration des capacités des plantes de rente, notamment les « cultures hautes », à résister aux stress.

Institut Carnot Plant2Pro

L'avancée scientifique / technologique

Les changements climatiques et les contextes de production associés ont des impacts importants sur le développement des grandes cultures. Ainsi le froid, le manque d'eau ou la présence de ravageurs peuvent impacter fortement les « cultures hautes » comme le maïs ou le sorgho. Les caractérisations de la capacité de ces plantes à résister à ces stress intéressent particulièrement les filières, mais les industriels manquent de technologie permettant l'acquisition facile et au champ de ces indicateurs. Le démonstrateur PHE-B d'Arvalis, Carnot Plant2Pro®, est une barre de phénotypage pour les cultures hautes adaptée à un enjambeur professionnel. Le suivi des variables (surface de la plante, architecture ou composition biochimique) améliorera l'aide au choix variétal et l'optimisation du peuplement et donc la compétitivité des entreprises partenaires.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les outils de phénotypage à haut-débit sont apparus il y a quelques années, sur les céréales à paille. Un gros travail de choix et d'adaptation du matériel a pu être réalisé.
Aujourd'hui les premières retombées apparaissent sur ces cultures. Il s'est avéré indispensable d'adapter ce type de matériel au maïs ou au sorgho, pour fournir aux acteurs de ces filières les moyens de conserver des niveaux élevés de compétitivité.
Le démonstrateur PHE – B est un système léger et facilement accessible aux semenciers et aux industries de la protection des plantes.
Les nouvelles mesures permises par ce dispositif innovant permettront l'amélioration du conseil aux agriculteurs et une meilleure caractérisation des effets des produits de protection des plantes ou de la biostimulation par des mesures « haut-débit » du couvert végétal.

Plant2Pro

Contact
Carnot Plant2Pro® - Maeva BAUMONT - maeva.baumont@arvalis.fr

Carnot prépare l'avenir

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

BCGrape

Une plateforme expérimentale pour l'évaluation de nouveaux produits de biocontrôle et de biostimulation de la vigne

La France se mobilise pour accélérer la construction et le développement **de systèmes et équipements agricoles durables**. Sur vigne, le développement des biointrants génère des besoins importants en R&D. Pour répondre à cette demande et favoriser les collaborations avec les industriels du secteur, le Carnot Plant2Pro® (INRAE et IFV), a créé une plateforme unique.

Institut Carnot Plant2Pro

L'avancée scientifique / technologique

Pour accompagner les entreprises des filières vitivinicole travaillant sur la gestion des stress biotiques (maladies, insectes ravageurs…) et/ou abiotiques (stress hydrique, azoté…) de la vigne, le Carnot Plant2Pro®(INRAE et IFV) a fédéré ses compétences et ses installations pour créer une plateforme expérimentale dédiée à l'évaluation des produits de biocontrôle et de biostimulation de la vigne, la plateforme BC2GRAPE.
Cette infrastructure attractive propose notamment une offre complète pour l'étude des solutions de biocontrôle contre les maladies aériennes (oïdium, mildiou et botrytis).
Elle vise à déterminer avec précision les conditions optimales des produits candidats.
La plateforme s'articule autour de trois dispositifs complémentaires : i) un dispositif pour explorer les mécanismes et conditions d'efficacité des produits en laboratoire ; ii) un dispositif permettant le contrôle des épidémies par inoculations artificielles ; iii) un dispositif en conditions de production.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Motivé par des attentes nationales, le marché des biointrants est en pleine croissance.
Il se caractérise par des entreprises très dynamiques et innovantes. Du fait de la diversité des mécanismes et process biologiques mis en jeux, le développement de stratégies de biocontrôle et de biostimulation génère des besoins importants en R&D. Dans ce contexte, la plateforme BC2GRAPE est un outil unique et original pour les acteurs de la vigne, en offrant notamment la possibilité de travailler sur des variétés résistantes en cours de déploiement. Agréé BPE (Bonnes Pratiques Expérimentales), la plateforme est en mesure de conduire des essais pour l'homologation de nouvelles molécules. De plus, BC2GRAPE propose des connaissances et compétences clés concernant l'épidémiologie des bio-agresseurs, la maîtrise des contaminations artificielles, la caractérisation des interactions entre les êtres vivants et la vigne ou encore la maîtrise des techniques de caractérisation de l'état physiologique de la plante.

Plant2Pro

Contact
Carnot Plant2Pro® - Marie-Cécile DUFOUR - marie-cecile.dufour@inrae.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

CHAUFFAGE OHMIQUE

Une solution innovante pour traiter en continu les produits alimentaires

Le CTCPA, centre technique agroalimentaire, a développé une forte expertise depuis plusieurs années autour de la technologie du chauffage ohmique. Celle-ci permet de stériliser ou pasteuriser des produits avec ou sans morceaux, acides ou basiques, conditionnés après traitement.

Institut Carnot Qualiment

L'avancée scientifique / technologique

Le chauffage ohmique permet de traiter thermiquement des matrices alimentaires (composées de phases liquides et/ou de morceaux) de manière homogène et volumique. La technologie repose sur les propriétés conductrices des matrices alimentaires et sur le principe de l'effet Joule, qui correspond au dégagement de chaleur qui accompagne le passage de courant dans les aliments. Les aliments circulent dans un tuyau, équipé de deux électrodes séparées par un isolant, aux bornes desquelles une tension alternative est appliquée. Le courant va ainsi circuler dans la matrice, et l'échauffer de manière homogène et volumique. Au fil des années, les applications du chauffage ohmique s'élargissent à des produits de plus en plus complexes et variés, avec un intérêt toujours observé sur la qualité.

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Le chauffage ohmique constitue un gain de performance pour les industries agro-alimentaires, en permettant de générer de la chaleur au sein même du produit, y compris dans les particules, et cela de manière rapide et avec une forte puissance thermique. Il permet d'appliquer des traitements de stérilisation ou de pasteurisation aux matrices alimentaires, tout en limitant de manière significative l'effet de cuisson et en préservant les qualités organoleptiques et nutritionnelles des produits. Ses applications les plus significatives concernent les produits stabilisés thermiquement avec une date de durabilité minimale à température ambiante, de plusieurs mois après conditionnement aseptique.

Qualiment® Réseau de recherche pour l'innovation alimentaire

Contact
Carnot Qualiment - Anne NAHANT - qualiment@inrae.fr

ENVIRONNEMENT

TOXMATE - Institut Carnot Eau & Environnement et l'entreprise ViewPoint

TEQOYA - Institut Carnot ESP et l'entreprise TEQOYA

LA CHROMATOGÉNIE - Institut Carnot Polynat

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

TOXMATE

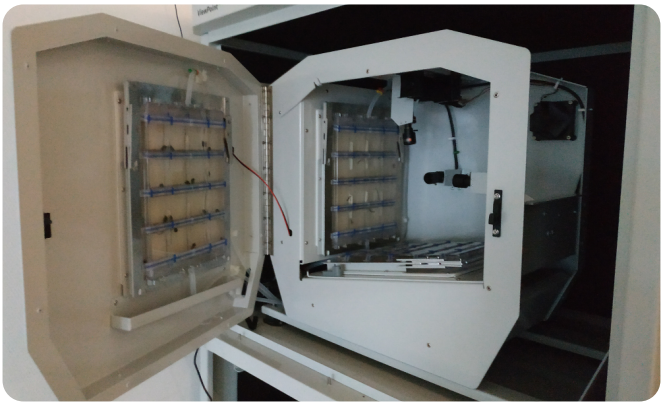
Micropolluants sous vidéo-surveillance

ViewPoint est spécialisée dans l'analyse du comportement d'animaux de laboratoire et diversifie ses activités vers la biosurveillance en temps-réel des eaux. C'est dans ce cadre que la société s'est rapprochée du laboratoire d'écotoxicologie (INRAE) du Carnot Eau & Environnement pour bénéficier de son expertise. Cette collaboration a permis le développement d'une station de mesure en continu de la qualité des eaux par l'analyse du comportement de trois invertébrés aquatiques : ToxMate.

Institut Carnot Eau & Environnement

L'avancée scientifique / technologique

L'Institut Carnot Eau & Environnement est venu soutenir cette solution, positionnée sur un de ses axes stratégiques de développement : la surveillance de la qualité de l'eau.
Cela a permis de finaliser la méthode d'évaluation en ligne de la qualité toxique d'une eau sur le crustacé Gammarus fossarum et de l'élargir sur deux autres espèces naturellement présentes dans les milieux aquatiques d'eau douce à savoir un annelide (Erpobdella testacea) et un mollusque (Radix auricularia) pour augmenter la sensibilité de la méthode à une large gamme de polluants. Cette étude s'est conclue par une mise en oeuvre et une validation sur deux sites d'étude en condition réelle de type station d'épuration urbaine.
L'institut Carnot Eau & Environnement a également contribué à la protection industrielle par le dépôt de deux brevets en copropriété.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Ce travail a permis à la société ViewPoint de développer un produit de rupture sur un marché nouveau. Le partenariat avec l'institut Carnot Eau & Environnement répond à un besoin des gestionnaires des eaux et à leurs perspectives de performance environnementale. De plus, cette relation public / privé facilite l'acceptabilité de l'outil auprès de grands groupes industriels.
ViewPoint commence à commercialiser le ToxMate. Les premiers retours de clients potentiels sont très positifs et la société se prépare à gérer une croissance importante. Dans les prochaines années, le nombre de personnes qui travaillent sur ce projet (actuellement 6) va doubler et générer un chiffre d'affaire en croissance à la fois sur le territoire français mais aussi en Europe et au grand export.

Le partenaire

- **VIEWPOINT** est une société Lyonnaise qui développe et commercialise à l'international des outils destinés à l'étude du comportement d'animaux de laboratoire. Son site de production et l'équipe de développement est situé aux portes de Lyon.

Contact
Carnot Eau & Environnement - Arnaud CHAUMOT - arnaud.chaumot@inrae.fr
ViewPoint - Alexandre DECAMPS - adecamps@viewpoint.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

TEQOYA

Purificateur d'air français et éco-responsable Teqoya

TEQOYA est une entreprise française qui fabrique et qui commercialise des purificateurs d'air utilisant le principe d'ionisation de l'air. Issus d'une technologie brevetée, développée et améliorée pendant plus de 15 ans, les ioniseurs d'air TEQOYA 100% sans ozone neutralisent les particules de toutes tailles, même les plus toxiques. Ils sont conçus et fabriqués en France pour une purification de l'air éco-responsable : sans-filtre, économes en énergie, totalement silencieux.

Institut Carnot Énergie et Systèmes de Propulsion

L'avancée scientifique / technologique

Le partenariat entre la société TEQOYA et le CERTAM (Centre d'Etudes et de Recherche en Aérothermique et Moteur), composante de l'Institut Carnot, est a porté sur deux points essentiels : d'une part, sur la caractérisation de l'effet du système TEQOYA sur les particules fines et extra-fines en milieu confiné, d'autre part sur l'innocuité de la technologie d'ionisation de TEQOYA pour l'utilisateur même s'il est très proche de l'appareil. Ces deux points sont cruciaux car de tels résultats n'existaient auparavant pas pour les technologies d'ionisation de l'air ayant précédé celle de TEQOYA. De plus, l'Institut Carnot a exploré les synergies entre différentes technologies qui ont aidé TEQOYA à définir ses produits futurs.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

TEQOYA dispose désormais d'une gamme de produits (des purificateurs d'air pour des pièces jusqu'à 50 m² et pour les véhicules) en plein développement commercial dans de nombreuses régions du monde, et d'un portefeuille de technologies en cours d'intégration dans plusieurs produits en partenariat avec divers industriels. L'entreprise se positionne comme un leader des technologies de purification de l'air éco-responsables, robustes et à longue durée de vie.

Le partenaire

- **TEQOYA,** une société française d'origine bordelaise qui crée des purificateurs d'air ioniseurs pour assainir et gérer la qualité de l'air intérieur.

Contact

Carnot ESP - Nelson DE OLIVEIRA - nelson.deoliveira@carnot-esp.fr
Teqoya - Pierre GUITTON - contact@teqoya.com

LA CHROMATOGÉNIE

Une technologie innovante pour rendre les matériaux hydrophobes

L'hydrophobisation représente un enjeu technologique majeur pour l'avenir des papiers-cartons et autres matériaux de substitution du plastique. Un enjeu auquel la chromatogénie, procédé de rupture, répond parfaitement ! Grâce à l'expertise développée lors de nombreux essais pilotes, on peut aujourd'hui créer des papiers hydrophobes qui s'intègrent dans le cycle de vie des papiers conventionnels. Ce procédé s'accompagne de la mise au point de méthodes d'analyse qui valident et optimisent son efficacité.

Institut Carnot PolyNat

L'avancée scientifique / technologique

Des essais pilotes ont confirmés que les papiers / cartons traités peuvent être imprimés, transformés, désancrés, recyclés et biodégradés ! Il a été également démontré que la chromatogénie n'avait pas d'incidence sur les caractéristiques mécaniques et optiques du papier. Ainsi, un papier pour ondulé soumis au greffage absorbe trois fois moins d'eau, tout en restant transformable et recyclable !
Une analyse technico-économique approfondie a permis de déterminer que l'investissement pour une machine industrielle en regard des critères économiques de la filière est rentable. Enfin, vu les faibles quantités de réactif déposées, les taux minimes d'impuretés présentes permettent de rester sous le seuil critique de migration. Des analyses toxicologiques ont également montré que l'extrait aqueux d'un papier buvard traité est exempt d'activités. Un point positif pour une future validation de l'aptitude au contact alimentaire !

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les marchés potentiels visés par cette technologie « verte » sans solvant sont nombreux. A titre d'exemple elle permet d'obtenir à faible coût : un carton ondulé résistant à la pluie, des papiers pour applications médicales, des papiers techniques pour l'industrie ou l'agriculture, des filtres des nappes… et bien d'autres encore.
Cette technologie permet de rendre insensible à l'eau ou à l'humidité tout matériau cellulosique ou qui comporte des liaisons hydroxyles (verre…). Utilisée seule elle ne modifie par la porosité des matériaux, mais combinée à un traitement de surface elle permet d'obtenir des matériaux naturels barrière à l'eau, à la graisse, au gaz !!

Contact
Institut Carnot PolyNat - Julie PERRIN - julie.perrin@cermav.cnrs.fr

ÉNERGIES

THEMIS - Institut Carnot Clim'adapt

VERS LA PRODUCTION MASSIVE D'HYDROGÈNE DÉCARBONNÉ
Institut Carnot Energies du Futur

WAVYX - Institut Carnot ISIFor

REFHYB - Institut Carnot M.I.N.E.S et les entreprises Dalkia et Bonduelle

LAYER® - Insitut Carnot STAR

SUPPORT FLOTTANT POUR ÉOLIENNE EN MER
Institut Carnot IFPEN Ressources Énergetiques

KIWEE - Institut Carnot Energies du futur

STOCKAGE DE LA CHALEUR - Institut Carnot MICA

THEMIS

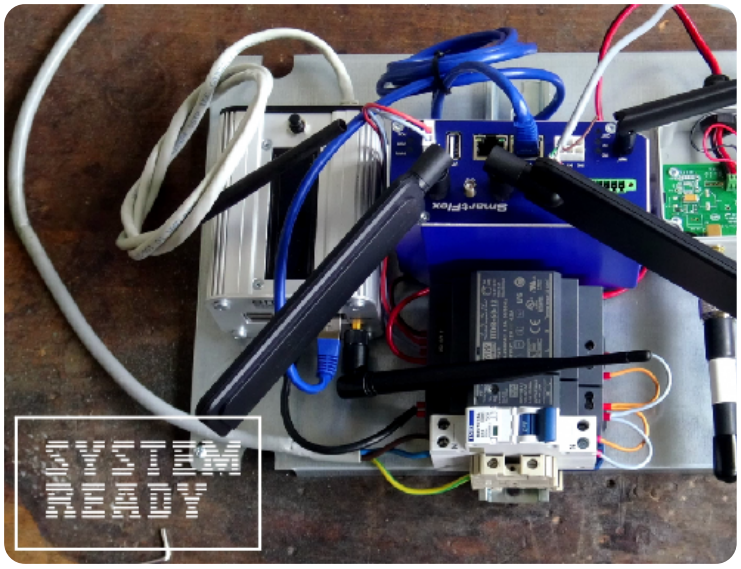
La genèse d'un Building Operating System – BOS

L'antenne clermontoise du Cerema a conçu un dispositif d'instrumentation temps réel permettant d'analyser le comportement énergétique de bâtiments, pour optimiser les consommations. Ce dispositif embarque plusieurs technologies open source. Le système, baptisé THEMIS (THermic and Energetic MonItoring System), a été développé dans le cadre d'une étude expérimentale que le Cerema a menée pour le bailleur social Allier Habitat.

Institut Carnot Clim'adapt

L'avancée scientifique / technologique

Le projet THEMIS cherche à injecter toujours plus d'interopérabilité entre les systèmes, se focalisant sur le monitoring et le pilotage de la performance énergétique des bâtiments, préoccupations majeures de l'institut Carnot Clim'adapt. THEMIS est fort utile au data scientist confronté aux difficultés d'agrégation de données provenant de sources hétérogènes. Embarquant sa propre base de données chronologiques, une brique météo prévisionnelle et des algorithmes de modélisation physique et/ou statistique, THEMIS est totalement interfacée aux outils modernes de calcul numérique, en particulier Python.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

À l'heure où la donnée numérique est en passe de devenir un « fluide », au même titre que l'électricité, l'eau ou l'énergie, THEMIS propose une plateforme idéale pour constituer le système d'exploitation d'un bâtiment, s'inspirant des architectures et des designs qui ont fait le succès d'Internet. Son approche est innovante dans le sens où elle est totalement décentralisée. Les machines THEMIS sont des objets connectés autonomes, disposant de leur propre intelligence. Mises en réseau, elles peuvent échanger des données entre elles, sans passer par un quelconque stockage sur le cloud.

Contact
Institut Carnot Clim'adapt - Fanny TOMASZEK - fanny.tomaszek@cerema.fr

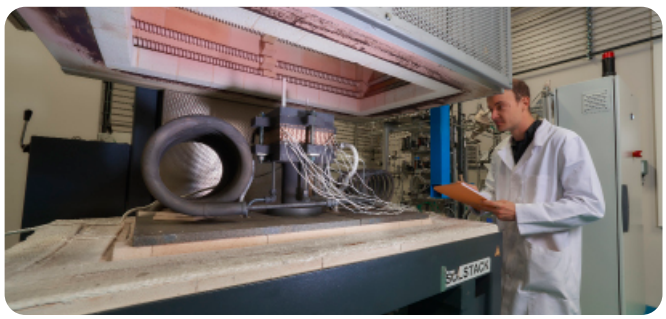
Vers la production massive d'hydrogène décarboné

Production d'hydrogène décarboné - réalisation d'un démonstrateur préindustriel : empilement (stack) de cellules d'électrolyse. Un cœur de technologie unique pour produire de l'hydrogène par électrolyse à haute température (EHT) à haut rendement et à bas coût, qui a pour particularité d'être réversible, donc de fonctionner en mode pile à combustible (SOFC), pour produire de l'électricité et de la chaleur.

Institut Carnot Energies du Futur

L'avancée scientifique / technologique

Un électrolyseur à haute température (EHT) est constitué d'un empilement (stack) de cellules électrochimiques en céramique, sièges de la réaction de production de l'hydrogène, et de l'oxygène, à partir de la vapeur d'eau, et fonctionnant à 700°C. Avec un rendement de conversion bien supérieur aux technologies conventionnelles d'électrolyse, cette technologie permettra à un horizon de quelques années d'atteindre des coûts de production de l'hydrogène compétitifs et contribuera au déploiement massif de l'hydrogène décarboné.
La technologie d'électrolyse haute température développée dans les laboratoires du Carnot Énergies du futur est réversible, elle peut donc fonctionner en mode pile à combustible, produisant alors de l'électricité et de la chaleur, à partir d'un combustible qui peut être de l'hydrogène, mais également du gaz naturel, du biogaz, de l'ammoniac, ou un reformat de tous types de combustibles, y compris liquides.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Avec un rendement élevé, l'électrolyse à haute température est la solution privilégiée des systèmes de production massive d'hydrogène décarboné et à bas coût. C'est un élément essentiel du développement industriel du vecteur hydrogène. Présentant la possibilité d'un fonctionnement réversible, il permet de stocker et déstocker efficacement les énergies renouvelables, à moindre coût par rapport aux autres solutions hydrogène puisqu'il remplace deux objets (un électrolyseur et une pile à combustible) par un seul.

Contact
Carnot Energies du Futur - Christian SCHAEFFER - christian.schaeffer@grenoble-inp.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

WAVYX

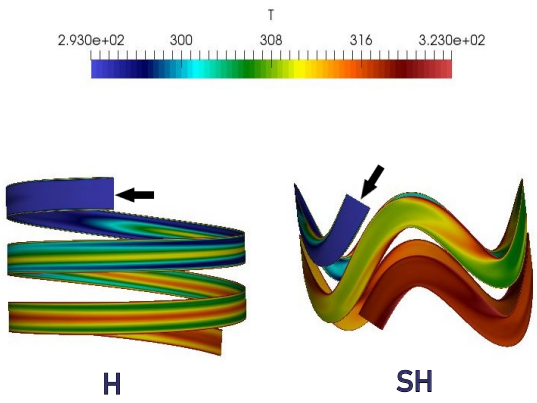
Échangeurs thermiques et réacteurs

Si vous souhaitez chauffer ou refroidir un fluide efficacement, il faut avoir un bon échange de chaleur avec la paroi solide avec laquelle il est en contact. Si l'écoulement ne fluctue pas le long de la paroi, votre système sera peu efficace. WAVYX propose d'utiliser les trajectoires complexes générées dans un canal de forme sinus-hélicoïdale pour obtenir un transfert de chaleur important. Bien mélanger c'est la solution pour bien échanger !

Institut Carnot ISIFoR

L'avancée scientifique / technologique

Les échangeurs innovants de forme sinus-hélicoïdale sont issus de travaux de recherche menés au Laboratoire SIAME à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Ils sont protégés par un Brevet International déposé en 2020. La recherche conduite dans le cadre de l'Institut Carnot ISIFoR a permis d'étendre les applications de l'invention à un domaine d'avenir, celui de la production des microalgues qui présentent un fort intérêt pour le captage du CO_2, la dépollution des effluents, la nutrition, la cosmétique ou encore la production de biocarburants. Nous développons des photobioréacteurs tubulaires pour la production intensifiée de ces microalgues en utilisant les bonnes propriétés de mélange de la technologie WAVYX.



Meilleur mélange thermique dans le canal sinus-hélicoïdal SH

Canaux de l'échangeur sinus-hélicoïdal

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les échangeurs WAVYX apportent un gain de transfert de chaleur de 20 à 30% par rapport à des échangeurs plus classiques. Ils sont compacts et leurs dimensions peuvent être optimisées pour l'application de chaque client, dans l'agroalimentaire, le domaine viticole, l'énergie ou encore pour les industries des transports : automobile, ferroviaire et aéronautique. Différentes solutions de mise en forme des échangeurs sinus-hélicoïdaux peuvent être envisagées selon le matériau utilisé. Les formes douces limitent les possibilités d'encrassement, ce qui est un atout supplémentaire pour la technologie WAVYX.

INSTITUT CARNOT ISIFoR

Contact

Carnot ISIFoR - Yves LE GUER - yves.leguer@univ-pau.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

REFHYB

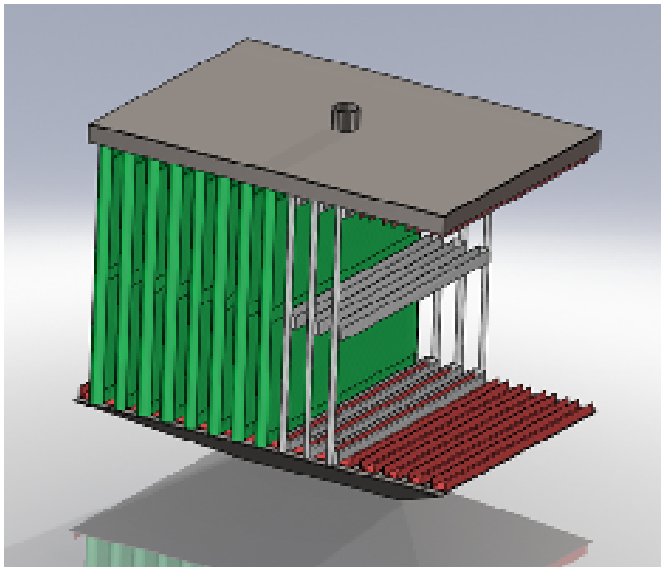
Production de froid sans givre et à haute efficacité énergétique

Les systèmes de climatisation à compression de vapeur peuvent gérer efficacement la température, mais ils présentent certaines lacunes lorsqu'il s'agit de contrôler l'humidité intérieure. Les systèmes hybrides basés sur des dessiccants liquides sont des systèmes de réfrigération économes en énergie. L'utilisation de la technique de dessiccation permet de réaliser la déshumidification avant le refroidissement de l'air d'alimentation, séparant ainsi le contrôle de l'humidité de celui de la température.

Institut Carnot M.I.N.E.S

L'avancée scientifique / technologique

La maîtrise des transferts couplés de chaleur et de masse constitue un enjeu majeur pour les systèmes hybrides permettant d'améliorer significativement leur compacité, simplicité et disponibilité. Les échangeurs à membrane associés aux phénomènes d'absorption ou désorption liquide constituent une réponse technologique à ces enjeux.
Les travaux soutenus par le Carnot M.I.N.E.S ont permis de concevoir et de réaliser un prototype d'échangeur membranaire qui a servi à prouver la faisabilité de la technologie et à apporter des données pour la validation des modèles de conception. Un brevet a été déposé pour protéger la technologie développée.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Suite à la réalisation du prototype en laboratoire, une collaboration a été initiée avec deux acteurs industriels - Bonduelle et Dalkia Froid Solutions - afin de développer un prototype à échelle industrielle. Le premier partenaire est un futur utilisateur de la technologie. Elle lui permet de maitriser l'humidité dans ses usines et ce, à coût énergétique maîtrisé.
Le second est un intégrateur de technologies et futur installateur du nouveau système. Grâce à cette nouvelle technologie, il peut proposer à ses clients une solution technique à faible coût énergétique. L'entreprise STEM est en cours de création. Cette start-up bénéficiera du Label MINES ParisTech Spin Off. Ce futur partenaire industrialisera la technologie et continuera le développement et la maturation en partenariat avec le Centre Efficacité énergétique des Systèmes (CES) de MINES ParisTech.

Les partenaires

- **BONDUELLE,** une entreprise familiale française - Leader mondial du légume prêt à l'emploi.
- **DALKIA FROID SOLUTIONS,** filiale de spécialité de Dalkia, leader des services énergétiques au sein du groupe EDF, propose des solutions énergétiques pour les process industriels et tertiaires.

Contact
Carnot M.I.N.E.S - Assaad ZOUGHAIB - assaad.zoughaib@mines-paristech.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

LAYER®

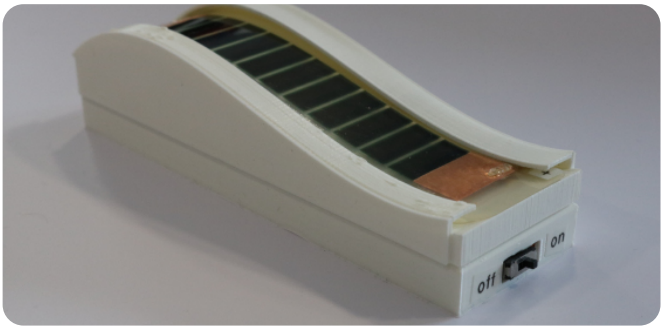
Modules OPV (photovoltaique organique) pour alimenter les objets connectés

L'autonomie énergétique des objets connectés est un enjeu pour le développement de l'Internet des Objets. C'est pourquoi, l'équipe FUN-PV commune aux laboratoires IM2NP (institut Carnot STAR) et CINAM et la société DRACULA TECHNOLOGIES (DT) collaborent pour concevoir et optimiser des cellules et des modules photovoltaïques organiques obtenus par impression numérique en s'appuyant sur leurs compétences respectives en matière d'électronique organique.

Institut Carnot STAR

L'avancée scientifique / technologique

L'objet commun de FUN-PV et de la société Dracula Technologies est d'optimiser le rendement de conversion photovoltaïque de cellules et de modules soumis à un éclairage artificiel. L'expertise des laboratoires IM2NP (institut Carnot STAR) et CINAM a permis d'accéler les différents développements. Grâce à ce travail collaboratif, Dracula Technologies est en mesure de produire des cellules solaires avec un rendement de laboratoire jusqu'à 12% dans des conditions d'éclairage standard (AM1.5). Dans des conditions particulières d'éclairage en Indoor, un rendement supérieur à 20% a même été obtenu. Plus important encore, ces hautes performances s'accompagnent d'une stabilité à long terme même dans des conditions de vieillissement extrêmes, conduisant à une durée de vie estimée entre 7 et 8 ans. Le prototype présenté est un capteur environnemental (température, pression, humidité) autonome et communicant.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

La technologie LAYER® de la société DRACULA TECHNOLOGIES (DT) se distingue par ses bonnes performances dans des conditions de faible luminosité, sa légèreté, sa flexibilité et son faible impact environnemental. De plus, l'impression jet d'encre permet de réaliser des « designs » sur-mesure en fonction des contraintes produits et des besoins électriques.

Le partenaire

- **DRACULA TECHNOLOGIES,** une start-up basée à Valence conceptrice d'une technologie destinée à alimenter en énergie les objets connectés grâce au photovoltaïque organique.

Contact

Institut Carnot STAR - Jean-Jacques SIMON - jean-jacques.simon@univ-amu.fr
Dracula Technologies - Brice CRUCHON - b.cruchon@dracula-technologies.com

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

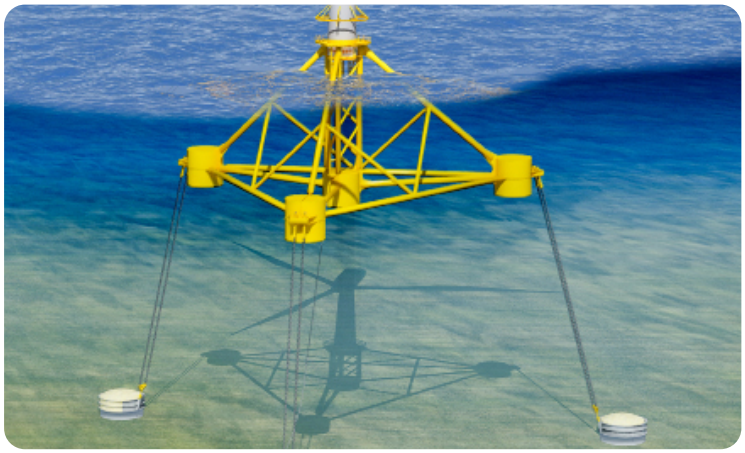
Support flottant pour éolienne en mer

Le Carnot IFPEN Ressources Energétiques et son partenaire SBM offshore, spécialiste des marchés de l'énergie en offshore, accompagnent le développement industriel de l'éolien offshore flottant, avec la mise au point d'une solution de flotteur en rupture. Après une phase de démonstration, il s'agit de préparer celle d'industrialisation, avec un enjeu majeur : la baisse des coûts, indispensable à la compétitivité de la filière de l'éolien flottant.

Institut Carnot IFPEN Ressources Energétiques

L'avancée scientifique / technologique

Le support flottant développé pour éolienne offshore développé présente de nombreux avantages : compact et modulaire, il est d'une grande fiabilité grâce à l'utilisation de composants éprouvés ; les coûts d'investissement sont réduits du fait de sa stabilité exceptionnelle à la nacelle, qui diminue les contraintes et la fatigue mécanique de l'ensemble des composants ; enfin, il peut être installé à partir de zones à faible profondeur d'eau et ne nécessite pas d'infrastructures de construction et de mise à l'eau spécifiques. Les outils de simulation avancée développés par le Carnot ont permis la mise au point de cette solution qui a été sélectionnée par EDF Energies Nouvelles pour le projet de ferme pilote Provence Grand Large, soutenu par l'Ademe. L'objectif est de démontrer la pertinence technique et économique de la solution.



Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Le support flottant développé permet à SBM Offshore de se positionner sur la filière en devenir de l'éolien offshore flottant, ainsi que de maintenir sa compétitivité par la diversification des segments de marché adressés. Il s'agira maintenant de préparer l'industrialisation de cette technologie pour en accélérer la baisse des coûts, élément indispensable pour répondre aux appels d'offres 2021-2022 prévus dans la Programmation pluriannuelle de l'Énergie (PPE).

Le partenaire

- **SBM OFFSHORE,** spécialisé dans la conception, la fabrication et la commercialisation de systèmes et d'équipements maritimes à destination de l'industrie pétrolière et gazière.

Contact

Carnot IFPEN Ressources Energétiques - Eric HEINTZE - eric.heintze@ifpen.fr
SBM Offshore - Antoine LE COTTY - antoine.lecotty@sbmoffshore.com

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

KIWEE

Véhicules électriques d'autopartage emboitables

Ce concept résulte d'une réflexion sur les besoins de mobilité des usagers dans le domaine périurbain, qui est aujourd'hui un espace captif de la voiture particulière. Le système de recharge et de contrôle est entièrement développé et breveté par l'institut Carnot Energies du futur (CEA-Liten).

Institut Carnot Energies du futur

L'avancée scientifique / technologique

Ce système d'autopartage développé par le Carnot Energies du futur propose des véhicules électriques compacts disponibles en stations dédiées ou en libre-service.
Ces véhicules peuvent être rangés comme des chariots de supermarché et ce « train » entier peut être rechargé depuis un point unique.
Kiwee est idéal pour les utilisateurs en centre-ville ou en banlieue qui recherchent une solution non polluante « premier/dernier kilomètre » en relai des transports en commun ou du covoiturage.
Le concept Kiwee est issu du projet européen ESPRIT coordonné par le CEA, réalisé dans le cadre du programme Horizon 2020.

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

L'aptitude des véhicules à se combiner et à être conduits en train routier permet à un seul opérateur dédié de redistribuer une grappe de véhicules (un opérateur peut redistribuer 8 véhicules à la fois), en fonction des besoins en station.
Ceci garantit un taux de disponibilité de 90% pour assurer un système à forte qualité de service. Kiwee peut aussi répondre à d'autres besoins de mobilité comme pour les aéroports ou des sites industriels.
Une start-up est créée avec l'objectif de réaliser un premier démonstrateur à échelle représentative en 2022.

INSTITUT CARNOT Energies du Futur

Contact
Carnot Energies du Futur - Valery CERVANTES - Valery.CERVANTES@cea.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

STOCKAGE DE LA CHALEUR

Démonstrateur pour le stockage thermochimique de la chaleur fatale

Un outil expérimental à double approche, numérique et expérimentale, de développement d'un système de stockage de la chaleur fatale à basse température. Le but : acquérir les données nécessaires à la conception et au dimensionnement de systèmes pilotes à l'échelle industrielle. Cette démarche s'inscrit dans le contexte d'efficacité énergétique en matière de couverture en énergie renouvelable et en récupération de chaleur fatale.

Institut Carnot MICA

L'avancée scientifique / technologique

La problématique industrielle est d'intégrer au sein d'une installation existante un système de stockage tampon d'énergie pour déplacer dans le temps l'utilisation de la chaleur et ainsi pallier aux pics de demande. La solution proposée par les travaux de l'Institut Carnot MICA est de stocker la chaleur inutilisée par voie thermochimique dans un système à sorption.
Une première formulation de la problématique industrielle renvoie naturellement au stockage thermochimique de chaleur basse température. Un vaste pan de la recherche répond à ce sujet, mais se consacre en majorité au stockage d'énergie solaire pour le bâtiment, donc à une échelle et avec des sources d'énergie différentes de la solution ici proposée.

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Les avantages dans la mise en place de cette technologie sont multiples. Politique : ce système représente un moyen de contribuer à l'indépendance énergétique et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre afin de répondre à la loi de transition énergétique pour la croissance verte (juillet 2015). Opérationnel : la demande énergétique est souvent fluctuante et dépasse à certains moments la capacité de production maximale des sources de chaleur renouvelables et de récupération (EnR : biomasse, pompes à chaleur, chaleur fatale…), le stockage thermochimique permet de pallier ces fluctuations. Economique : la récupération/ stockage de la chaleur non utilisée minimise les pertes énergétiques sur la durée d'exploitation des installations.

INSTITUT CARNOT MICA

Contact
Carnot MICA - Simona BENNICI - simona.bennici@uha.fr

MODE & LUXE

BIOFILUX - Institut Carnot Ingénierie@Lyon

COMPOSITE - Institut Carnot MICA

COSLIFE - Institut Carnot Ingénierie@Lyon

MATLUX - Institut Carnot M.I.N.E.S

POLLUX - Institut Carnot M.I.N.E.S

TEXTULASER - Institut Carnot MICA

CRYSTALITE - Institut Carnot Ingénierie@Lyon

SONDE TRIBO-ACOUSTIQUE® - Institut Carnot Ingénierie@Lyon

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

BIOFILUX

Biorevêtements et films minces biodégradables autosupportés et colorés à façon pour l'industrie du luxe

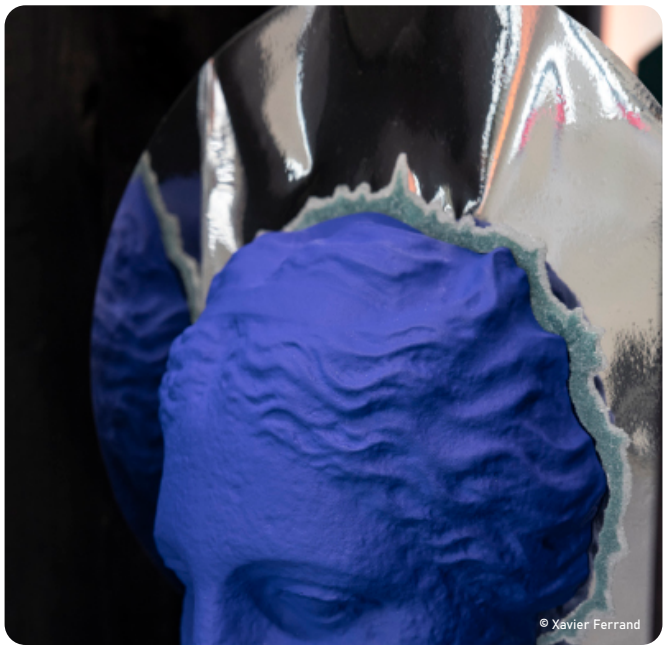
Les chercheurs du LMI et de l'IMP emploient leurs expertises en matière de conception et de synthèse de films et d'emballages biodégradables dédiés au secteur mode et luxe.

Institut Carnot Ingénierie@Lyon

L'avancée scientifique / technologique

Le Laboratoire Multimatériaux et Interface (LMI) et l'autre Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Polymères (IMP) de l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon ont développé des films d'emballage à destination du domaine du luxe. Transparents, ces films sont entièrement hydrosolubles et biodégradables.

Ils peuvent aussi être colorés via l'utilisation de nanoparticules de métaux précieux développées par le Laboratoire. Ainsi, des films de polymère (PVA) intégrant des nanoparticules d'or et d'argent alliant finesse et résistance mécanique ont été produits via des procédés peu énergivores.


© Xavier Ferrand

© Léonard de Serres

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

L'ambition de BIOFILUX est d'offrir aux entreprises la possibilité d'utiliser des matériaux nobles au cœur même de leurs packagings tout en conservant un coût raisonnable et en étant également plus respectueux de l'environnement. Ces matériaux offrent en outre une réelle fonctionnalité en étant à l'origine même de la couleur de l'emballage.

L'utilisation de métaux précieux est également un argument pouvant être mis en avant par les utilisateurs, afin de sublimer la qualité perçue du produit par le consommateur final.

INSTITUT CARNOT Ingénierie@Lyon

Contact

Carnot Ingénierie@Lyon - Eric STURM - eric.sturm@lip-lyon1.fr
Carnot Ingénierie@Lyon - Lilian MARTINEZ - lilian.martinez@ingenierie-at-lyon.org

Carnot prépare l'avenir

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

COMPOSITE

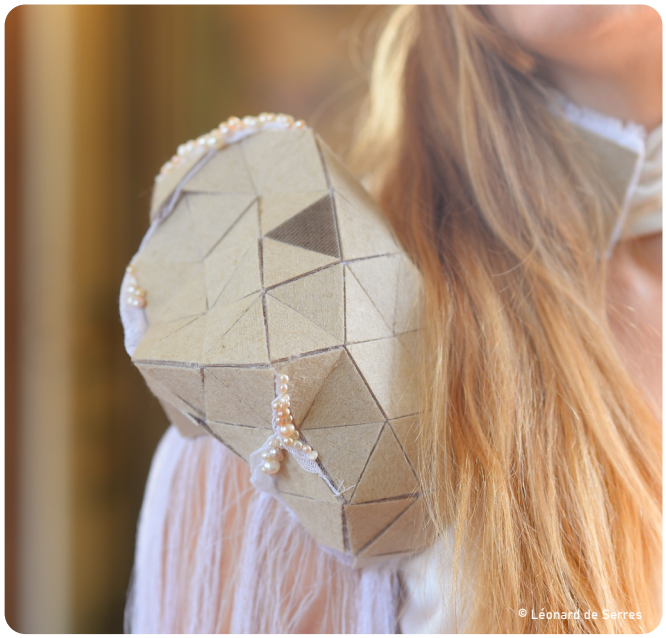
Valoriser nos ressources françaises en alliant lin et plastiques recyclés

A travers les technologies ThermoPRIME® et Thermosaïc®, développés par le CETIM Grand Est, nos experts reformulent des thermoplastiques, pour former des films ou des plaques de composites auxquelles sont ajoutés des renforts en carbone, en verre ou fibres végétales, pour des utilisations infinies.

Institut Carnot MICA

L'avancée scientifique / technologique

La technologie ThermoPRIME® fusionne fibres et thermoplastiques recyclés.
La ligne pilote utilise les thermoplastiques recyclés transformés sous forme de films en bobine ou en plaque. La fibre de lin est ensuite intercalée entre un ou plusieurs films polymères. La température s'élève favorisant la fusion entre matière végétale et polymère. Après plusieurs pressages en production continue, la plaque composite ou semi-produit obtenu peut, selon les envies, être thermoformée en se glissant dans un moule, découpée, collée... Les fibres jouent le rôle de renfort en s'insérant dans la matrice ou liant de polymères.


© Léonard de Serres

© Léonard de Serres

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Les plaques composites assemblant un polymère central pris en sandwich entre les fibres de lin en finition extérieure donnent naissance à un matériau unique et sensoriellement inédit. Les choix sont infinis : mat, brillant, satiné, lisse, reliéfé, glissant, accrochant... La seule limite est notre imagination.
Lin naturel, coloré, fibres non tissées, fibres tissées de mille et une façons...
Ce procédé à faible impact environnemental (paramètres de chauffe, composants éco-responsables) s'engage dans la voie de l'émergence d'un nouveau matériau aux finitions multiples.

INSTITUT CARNOT MICA

Contact
Carnot MICA - Nicolas MINARD - nicolas.minard@uha.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

COSLIFE

Convergence des savoirs de quatre laboratoires rhodaniens dédiés au produit cosmétique

COSLIFE se déploie dans la conception, le développement de produits et l'évaluation bio-pharmaceutique cutanée des propriétés des actifs formulés en intégrant des matériaux allégés, biodégradables, biosourcés et en utilisant des procédés verts. Ces nouvelles réalisations cosmétiques sont ensuite testées via des outils de métrologie sensorielle.

Institut Carnot Ingénierie@Lyon

L'avancée scientifique / technologique

- **Synthèse d'ingrédients intelligents biosourcés :** choisir des smart ingrédients et extraire, purifier, analyser les polymères biosourcés.
- **Formulation innovantes, Procédés, pénétration cutanée :** limiter les ingrédients au sein des formules et leur concentration.
  Cibler efficacement et designer des formulations innovantes. Rationaliser les procédés (frugal et maîtrisé) et analyser les interactions contenu/contenant.
- **Création de matériaux et caractérisation :** concevoir et caractériser de nouveaux matériaux et mise en forme (ex : fabrication additive).
- **Evaluer sur la peau la sensorialité :** moduler le passage cutané et évaluer l'efficacité des solutions. Modifier les propriétés perçues par le consommateur et les propriétés de surface de la peau.

© Léonard de Serres

© DR

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

La plateforme COSLIFE offre des services transversaux dans la chaîne de valeur du produit cosmétique, allant de la synthèse d'ingrédients à leur mise en formulation jusqu'à leur rôle dans la modulation de libération des actifs grâce à une validation biopharmaceutique sur la peau.
La maîtrise des propriétés des matières premières, du procédé et de la qualité-reproductibilité du produit fini par une approche de caractérisation et d'adaptation du procédé permet d'aboutir à une augmentation significative de la reproductibilité des lots, et ainsi à une meilleure maitrise des coûts en conditions industrielles.
Ces compacts de poudres cosmétiques sont ensuite caractérisés par un dispositif innovant, Touchy Finger développé par le laboratoire LTDS, qui objective le toucher dans les phases de R&D et/ou lors de contrôle qualité.

INSTITUT CARNOT Ingénierie@Lyon

Contact

Carnot Ingénierie@Lyon - Eric STURM - eric.sturm@lip-lyon1.fr
Carnot Ingénierie@Lyon - Lilian MARTINEZ - lilian.martinez@ingenierie-at-lyon.org

MATLUX

Nouveaux multi-MATériaux imprimables pour le LUXe

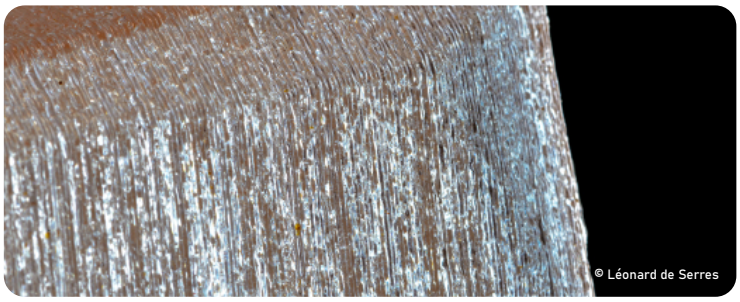
Un biopolymère saupoudré d'une poignée d'or, une mise en forme de la matière par impression 3D pour jouer avec la lumière et, ainsi, servir les créations de la mode et du luxe.

Institut Carnot M.I.N.E.S

L'avancée scientifique / technologique

Une des forces de l'impression 3D est d'offrir la possibilité de personnaliser quasiment tous les articles et produits. L'impression 3D est encore soumise à des limitations techniques comme le nombre relativement faible de matériaux imprimables sur le marché, notamment en ce qui concerne la gamme des matériaux permettant d'obtenir une bonne qualité de surface, alliant flexibilité et résistance tout en proposant des effets esthétiques originaux. L'équipe a formulé des matériaux innovants à base de biopolymères recyclables (PLA notamment) intégrant une phase métallique (or, par exemple) sous forme de nanoparticules dont la quantité est ajustable selon l'effet recherché. L'expertise des chercheurs permet de maitriser les propriétés rhéologiques, les propriétés de surface, la tenue d'interface entre les constituants (poudres/polymères) pour offrir les propriétés architecturales et fonctionnelles recherchées.

© Xavier Ferrand


© Léonard de Serres

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Cette nouvelle matière à imprimer permet aux entreprises de démultiplier leur potentiel de création en s'appropriant non seulement la possibilité de réaliser des formes complexes, en petites séries mais aussi en maitrisant les effets visuels, jouant sur la lumière et les effets dichroïques, par exemple. L'intérêt d'utiliser un polymère biodégradable comme le PLA est le recyclage possible des particules de métal précieux en fin de vie de la forme. De plus, l'utilisation de l'impression 3D permet une utilisation optimale des particules précieuses seulement dans les zones nécessaires (par exemple en surface).
Ce nouveau biopolymère imprimable permet aux entreprises de packaging, de design ou aux stylistes de proposer des solutions innovantes conciliant matières précieuses, originalité et recyclabilité.

Contact
Carnot M.I.N.E.S - Martial SAUCEAU - martial.sauceau@mines-albi.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

POLLUX

Créer une nouvelle méthode scientifique qui relie la caractérisation de la transparence et la perception sensorielle

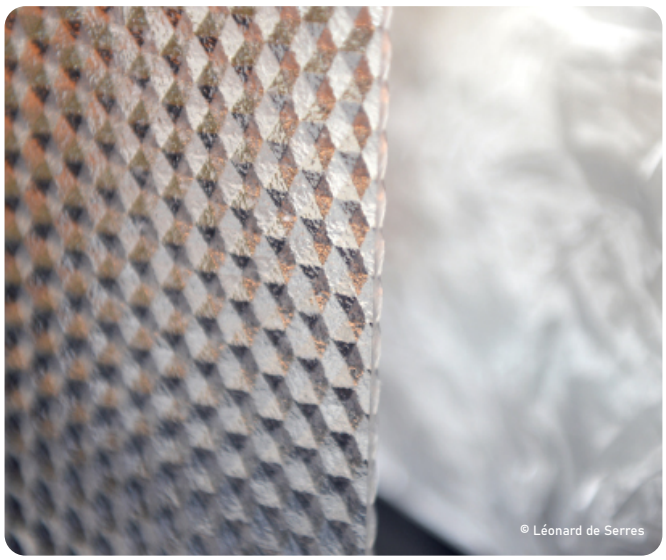
Cette étude au cœur de la matière a mis en jeu les propriétés des matériaux, l'interaction avec la lumière et les besoins attendus afin de développer des polymères de luxe translucides et transparents.

Institut Carnot M.I.N.E.S

L'avancée scientifique / technologique

Il est possible d'intégrer des nanoparticules pour modifier les propriétés des polymères (protection UV, par exemple), mais cette manipulation modifie la diffusion de la lumière, donc leur transparence. La transparence de ces polymères est souvent annoncée parce qu'on voit au travers des échantillons ou vaguement mesurée à un spectre UV-visible avec, parfois, des variations importantes en fonction de la longueur d'onde. POLLUX propose un ensemble de données instrumentales qui permettent de rendre compte de la manière dont on perçoit la propriété sensorielle de translucidité de la matière. Grâce à POLLUX, il est alors possible de maîtriser la transparence du polymère même lorsqu'on modifie ses propriétés.

© Léonard de Serres


© Léonard de Serres

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

L'outil créé est totalement pertinent dans le monde du cosmétique, du packaging et de la flaconnerie. Ainsi, il devient techniquement possible d'allier protection par des UV ou des infrarouges et préservation de la transparence du contenant.

INSTITUT CARNOT M.I.N.E.S

Contact

Carnot M.I.N.E.S - Hélène GARAY - hélène.garay@mines-alès.fr

TEXTULASER

Sublimer la matière grâce au laser tout en préservant les propriétés du substrat

Grâce à la maîtrise des lasers à impulsions courtes, nos experts subliment les matières avec précision tout en préservant les propriétés du substrat. Le laser vient chauffer de façon dirigée la matière pour créer des couleurs issues de la génération d'oxyde ou en créant des formes qui permettent à la lumière d'interagir avec la surface.

Institut Carnot MICA

L'avancée scientifique / technologique

Le savoir-faire d'IREPA LASER s'étend à l'infiniment petit, à l'échelle submicronique. La justesse et la finesse du laser permettent de donner de nouvelles propriétés à la matière sans en changer son aspect visuel.
Il sait par exemple la rendre super hydrophobe comme les feuilles de lotus sur lesquelles l'eau ruisselle. Le laser possède la formule bien gardée du noir profond au cœur du scintillement du métal en usinant des reliefs uniques qui piégeront la lumière à jamais.
Une seule limite à la texturation laser…
L'imagination ! La matière micro-usinée avec précision et perfection offre tout ce qu'on pourrait imaginer, des gammes de couleurs, des effets d'irisation, des polissages, des textures, des intégrations de matières précieuses…
Les possibilités pour les créateurs sont infinies.

© Léonard de Serres

© Léonard de Serres

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

C'est grâce à la maîtrise des lasers à impulsions courtes, nanoseconde et femtoseconde, que les experts garantissent la précision du marquage tout en préservant les propriétés du substrat.
Le matériau n'est pas fondu mais sublimé.
La quantité d'énergie mise en œuvre permet de passer d'un état solide à l'état gazeux sans passer par l'état liquide, dans un temps très bref, ce qui permet d'obtenir une interaction quasi athermique. De la connaissance fondamentale de la matière à la signature d'exception des créations des industries de la mode et du luxe, la magie opère par étapes maîtrisées. Les matières sont choisies, testées. Le souhait et les exigences du design prennent forme. Le laser paramétré vient danser sur la matière afin d'y laisser son empreinte unique, précise et créative.

Contact
Carnot MICA - Nicolas MINARD - nicolas.minard@uha.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

CRYSTALITE

La filière française des cristaux, fournisseur de l'excellence des métiers du luxe

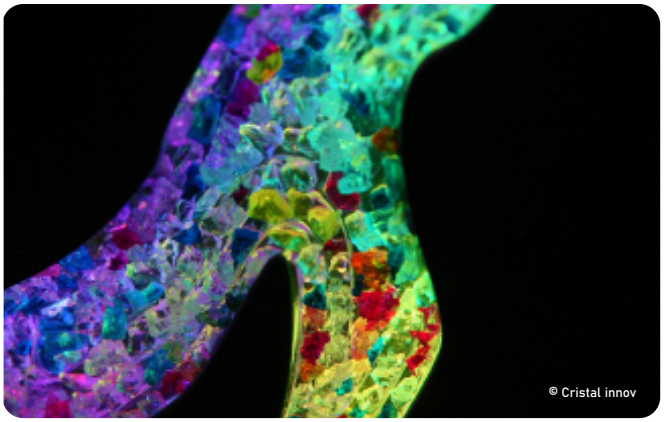
Autour de Cristal Innov - plateforme technologique de l'Université Claude Bernard Lyon 1 -, les laboratoires iLM et LMI, le Carnot Ingénierie@Lyon, les sociétés RSA le Rubis, Diam Concept et Arnano développent et produisent une large palette de cristaux : saphirs, rubis, diamants et quartz, ainsi que d'autres matériaux innovants.

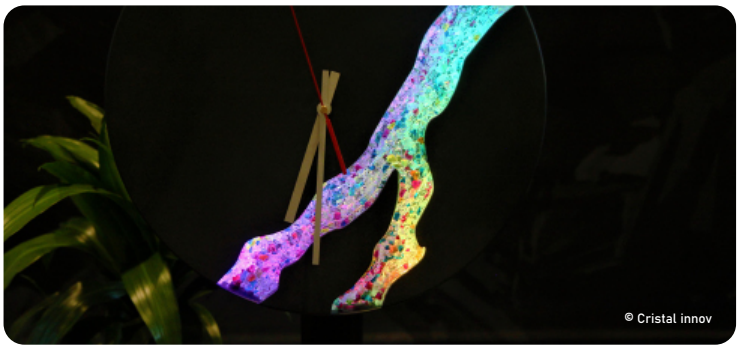
Institut Carnot Ingénierie@Lyon

L'avancée scientifique / technologique

Positionnés sur des applications de haute technologie, tels que : les lasers, les horloges à quartz pour le spatial ou encore les semi-conducteurs, les acteurs de CRYSTALITE mettent en commun leurs technologies et leurs produits pour construire une offre inédite aux secteurs du design, de la mode et du luxe.
À la diversité des couleurs, des dimensions, des formes proposées aux professionnels, l'enjeu de développement durable fait partie intégrante de cette filière CRYSTALITE :

- Eviter l'exploitation des mines de cristaux naturels, polluantes
- Limiter l'empreinte carbone du transport avec des pierres produites en France
- Proposer un cycle de vie maitrisé au client : il achète ses pierres, qui pourront être reprises dans de nouveaux designs


© Cristal innov


© Cristal innov

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Une offre différenciante pour les entreprises ciblées : l'alternative des cristaux de synthèse permet de réaliser des designs plus créatifs, des produits plus respectueux de l'environnement et à des coûts maitrisés, tout en gardant le prestige et l'éclat des pierres précieuses.
Une offre qui va développer l'activité des industriels de la filière CRYSTALITE.
En s'appuyant sur les laboratoires membres, les industriels peuvent proposer une panoplie de produits élargie par rapport à leur production de cristaux.
Cette maîtrise de plusieurs technologies au sein de CRYSTALITE ouvre un large champ d'innovation, sur les procédés, les produits et l'intégration de nouvelles fonctions, pour les industriels membres autant que pour les clients de ces derniers.

INSTITUT CARNOT Ingénierie@Lyon

Contact
Carnot Ingénierie@Lyon - Eric STURM - eric.sturm@lip-lyon1.fr

SONDE TRIBO-ACOUSTIQUE®

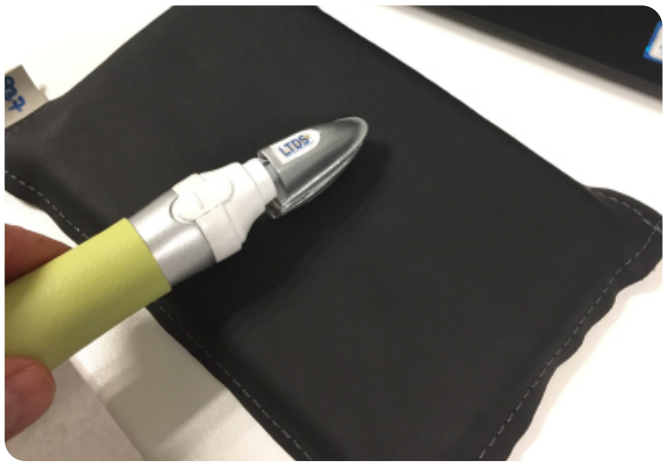
Dispositif d'objectivation du toucher

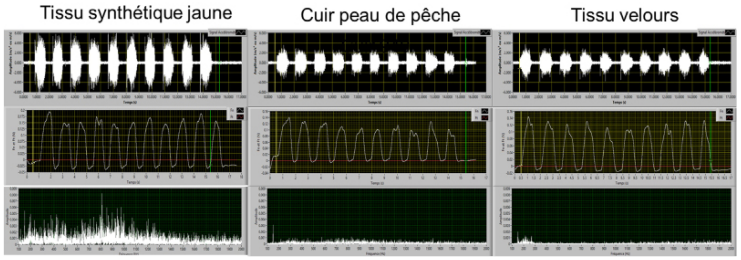
Aujourd'hui les propriétés sensorielles jouent un rôle majeur dans la conception et le design des objets en contact direct avec l'Homme : tablettes, téléphones, automobiles, textiles, cosmétique, cuir, packaging… En effet, à qualité technique égale, la décision d'achat se portera sur les objets procurant confort et agrément au client. Afin de répondre à ce nouveau besoin des industriels visant à objectiver le toucher, des chercheurs du LTDS ont développé une sonde Tribo-Acoustique® capable de mesure le toucher.

Institut Carnot Ingénierie@Lyon

L'avancée scientifique / technologique

En s'inspirant du rôle des récepteurs sensoriels cutanés se trouvant dans la pulpe des doigts, la sonde Tribo-Acoustique® utilise l'information vibro-acoustique issue du frottement avec la peau comme une signature importante du toucher. Conçue sur le modèle de la pulpe d'un doigt humain, cette sonde mesure les vibrations de frottement lors d'un geste de toucher. Ce dispositif a été testé et validé sur différents types de matériaux : peaux humaines, cheveux, textiles, cuirs, plastique…. Les mesures obtenues ont montré une corrélation avec les résultats subjectifs obtenus par les experts. Dans ce projet, l'implication d'Ingénierie@Lyon a permis de lever des verrous technologiques et scientifiques qui ont abouti au développement de la sonde Tribo-Acoustique® pour son application dans le monde industriel.





Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Aujourd'hui, dans le contexte mondial de concurrence exacerbée, la sollicitation des sens revêt un caractère essentiel dans la chaîne de valeur des matériaux et produits.
La métrologie de la perception tactile par la sonde Tribo-Acoustique® permet de suivre, d'évaluer et d'apporter des solutions pour corriger les dérives de fabrication évitant ainsi un gaspillage économique et écologique.
De plus, ce dispositif permet d'établir une référence unique et constante de contrôle qualité, qu'il est possible d'appliquer de façon strictement identique sur différents sites géographiques de production.
Il est alors possible de suivre et de comparer rigoureusement les différentes sensations tactiles de manière objective.

Contact
Carnot Ingénierie@Lyon - Lilian MARTINEZ - lilian.martinez@ingenierie-at-lyon.org

NUMÉRIQUE

CELL-INSIDE - Institut Carnot CEA LETI

IRON-MEN - Institut Carnot Télécom & Société numérique et l' entreprise elm.leblanc

SOUND - Institut Carnot CEA LIST

CELL-INSIDE

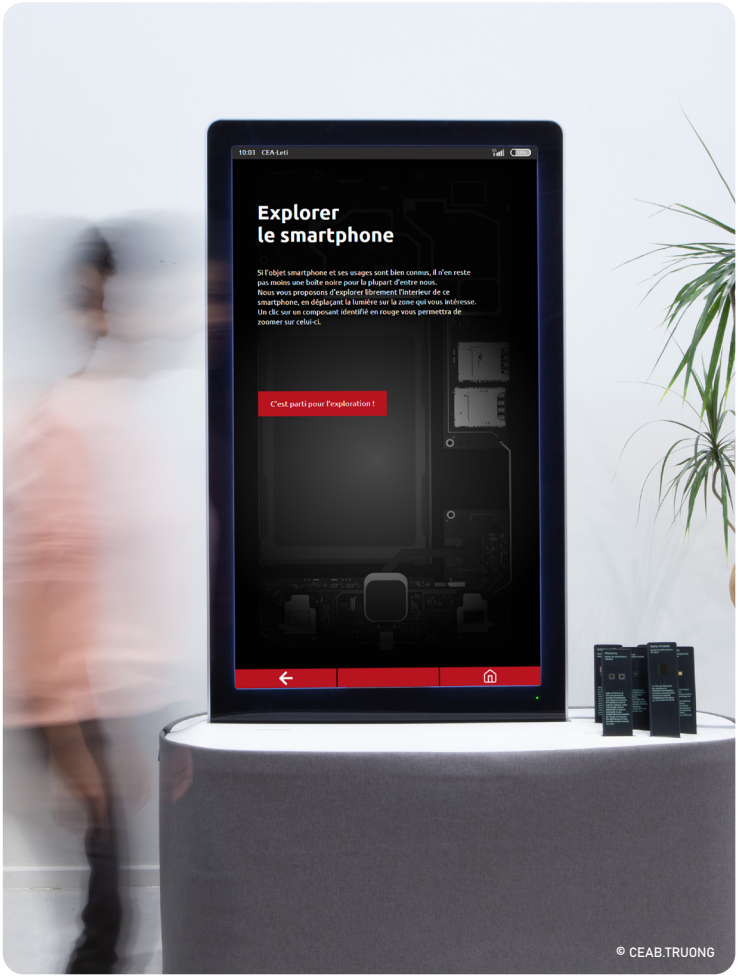
Smartphones : les technologies de l'institut Carnot CEA LETI d'aujourd'hui et de demain

L'institut Carnot CEA LETI s'appuie sur son expertise en nanotechnologies et en usages pour proposer un panel de technologies innovantes pour les smartphones d'aujourd'hui et de demain. Du gyroscope pour la rotation des écrans en passant par les futures antennes 6G, ce démonstrateur regroupe l'ensemble des technologies CEA LETI utilisées actuellement ou dans un avenir proche par les acteurs télécom.

Institut Carnot CEA LETI

L'avancée scientifique / technologique

- **Télécommunications :** antennes 5G/ 6G, technologie Ultra wide Band
- **Calcul :** intégration 3D, mémoires non-volatiles, transistors FD-SOI, IA embarquée
- **Capteurs :** capteurs M&NEMS intelligents, composants piézoélectriques, systèmes optiques miniaturisés sur puce
- **Affichage :** écrans à base de microleds GaN
- **Sécurité :** gestion des risques d'intrusion et du vol de données à l'aide de capteurs de reconnaissance
- **RadioFréquence :** composants (filtres, amplificateurs, switch) dédiés aux transmissions sans fil



© CEAB.TRUONG

© CEAB.TRUONG

Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Plus de 1 milliard de smartphones en circulation contiennent au moins une technologie issue du CEA LETI. Près de 20 années d'innovation soutenues par l'institut Carnot CEA LETI.

Contact
Carnot CEA LETI - Thomas SIGNAMARCHEIX - thomas.signamarcheix@cea.fr

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

IRON-MEN

L'opérateur augmenté au cœur de l'usine de demain

Dans un monde devenu imprévisible, l'industrie fait face à une complexité au quotidien d'une ampleur inédite. Cette situation se retranscrit dans les usines par des besoins en formation qui explosent pour accroître la polyvalence des équipes. La solution IRON-MEN utilise la réalité augmentée (RA) de manière unique pour répondre à cet impératif d'adaptabilité. Transmettre son savoir et apprendre n'a jamais été aussi efficace sur le terrain.

Institut Carnot Télécom & Société Numérique

L'avancée scientifique / technologique

Le projet IRON-MEN repose sur une co-construction entre elm.leblanc (Bosch), industriel leader sur les solutions de chauffage et de climatisation, et trois laboratoires de recherche du Carnot TSN (les laboratoires d'Optique et d'Interactions d'IMT Atlantique et le département Artémis de Télécom SudParis). Les expertises et capacités R&D de ces acteurs rassemblées autour de 5 thèses CIFRE ont permis de valider l'usage de la réalité augmentée pour des processus de formation en milieu industriel. Une originalité du projet vient du fait que cette application se fait au poste de travail, au cœur de la chaine de production ; aussi bien pour créer les instructions de formation que pour les utiliser pour apprendre, directement depuis le casque.

Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Le projet contribue aux performances des sites industriels d'elm.leblanc de Drancy (Seine-Saint-Denis) et Saint-Thégonnec (Finistère), ce qui soutient l'emploi local et le développement de ces usines.
En outre, les collaborations au travers du projet IRON-MEN et les publications scientifiques réalisées permettent de partager et transmettre cette vision de la réalité augmentée comme technologie montante pour une toute nouvelle génération d'outil de formation dans l'industrie.
La formation de nouveaux opérateurs a été ramenée à Drancy à une durée de 3 jours maximum contre 2 semaines auparavant, avec une capacité à identifier en quelques minutes le niveau d'adéquation entre le profil d'un candidat et un poste de travail donné.

Le partenaire

- **elm.leblanc** conçoit, fabrique, commercialise et assure la maintenance de solutions de chauffage, de production d'eau chaude et de rafraîchissement sur le territoire français. L'entreprise opère sur le marché français avec deux marques fortes et complémentaires Bosch et elm.leblanc, et produit au sein de deux usines à Drancy (93) et à Saint-Thégonnec (29). www.elmleblanc.fr

Contact
Carnot TSN - Laurent EBNER - laurent.ebner@imt.fr
elm.leblanc - Emmanuel BRICARD - emmanuel.bricard@fr.bosch.com

15 ANS DE R&D POUR L'INNOVATION DES ENTREPRISES

SOUND

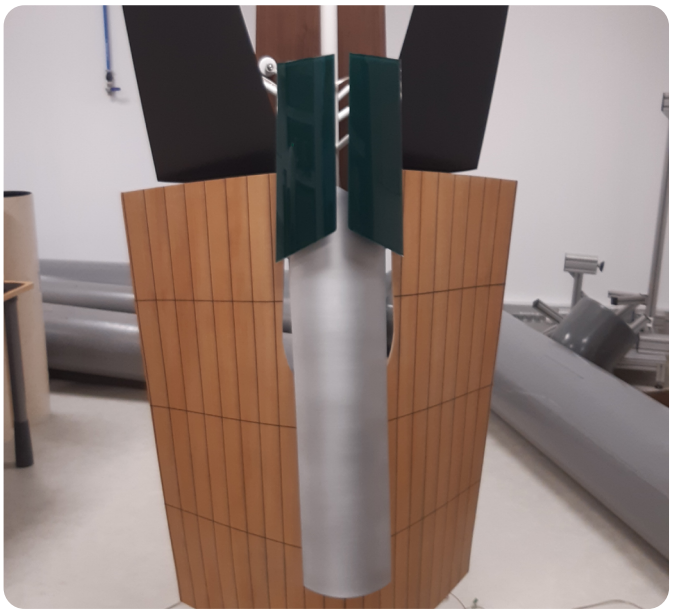
Le filtrage inverse spatio-temporel transforme les surfaces en haut-parleurs

Rendre multifonctionnelles tous types de surfaces telles qu'un écran, une table, une cloison, un pare-brise de véhicule, composés de matériaux passifs comme le bois, la fibre de carbone, l'aluminium, ou encore le verre ? Grâce à un retour haptique localisé, les chercheurs du Carnot CEA-List ont développé le système Sound, qui permet d'intégrer du son à n'importe quelle surface. De quoi envisager des cas d'usages très créatifs et prometteurs.

Institut Carnot CEA LIST

L'avancée scientifique / technologique

Les chercheurs du CEA-List ont développé dès 2016 une technologie de retour vibro-tactile sur les écrans de smartphone. Basée sur le filtrage inverse spatio-temporel, elle rend possible la localisation d'ondes acoustiques dans un matériau non-homogène inconnu en utilisant un ensemble d'actionneurs de type céramique piézoélectrique ou excitateur électrodynamique.
A la clé : un retour haptique localisé.
La méthode a ensuite été transposée pour concevoir des surfaces émettrices de sons.
La technologie permet de localiser et contrôler précisément des vibrations, donc de produire, où souhaité, un son : il devient aisé de transformer une surface quelconque en haut-parleur.



Avantages concurrentiels apportés aux acteurs économiques

Au-delà de sa capacité à fonctionnaliser une surface en haut-parleur, les atouts de SOUND résident dans la réduction du poids, du volume et du nombre des dispositifs utilisés mais aussi dans sa facilité de mise en œuvre et d'entretien. Enceintes de voiture intégrées ou tableaux de bord aux boutons invisibles, le dispositif SOUND libère les équipementiers de nombreuses contraintes techniques Nos hauts parleurs font économiser entre 80 et 95 % de volume, et sont 50 à 90% plus légers que ceux utilisés aujourd'hui.
Si SOUND s'est d'abord focalisé sur la restitution sonore, ses surfaces fonctionnelles épurées ouvrent un monde d'opportunités créatives pour de nouvelles applications : dispositifs médicaux, domotique, interfaces dans les lieux publics, transports ou musées.

INSTITUT CARNOT CEA LIST

Contact
Carnot CEA LIST - Christian BOLZMACHER - christian.bolzmacher@cea.fr

ASSOCIATION DES INSTITUTS
CARNOT
120 avenue du Général Leclerc
75014 Paris – France
T. +33(0)1 44 06 09 00
F. +33(0)1 44 06 09 09
M. contact@aicarnot.fr
www.instituts-carnot.eu

© Céline Audy