

# Une unité compacte de perçage vibratoire automatique destinée aux lignes d'assemblage aéronautiques

> **INSTITUT CARNOT ARTS**

Le perçage est une des opérations de fabrication les plus courantes pour l'usinage et l'assemblage de pièces.

Dans l'industrie aéronautique, il présente des difficultés nouvelles liées à l'utilisation de plus en plus courante d'empilages multi-matériaux, associant des composites aux parties métalliques. Le perçage de tels multi-matériaux nécessite, pour répondre aux exigences de qualité sur la chaîne de production, une évacuation efficace des copeaux afin d'éviter tout risque de bourrage, qui entraînerait des dommages dans la partie composite ainsi qu'un risque de casse des outils. Les techniques couramment utilisées (intégration d'une géométrie brise-copeaux sur l'outil, de cycles de déburrage ou de lubrification) peuvent manquer de performances sur certains de ces matériaux et ne permettent pas de réels gains de productivité.



© A.E.I

## Les partenaires

**Institut Carnot ARTS** ([www.ic-arts.eu](http://www.ic-arts.eu)) / LSIS/ INSM : équipe Ingénierie Numérique des Systèmes Mécaniques du Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes.

**Advanced Engineering & Innovation (A.E.I)** ([www.aei-aero.com](http://www.aei-aero.com)): PME espagnole, implantée à Malaga, spécialisée dans la conception et la réalisation d'outillages et process destinés aux opérations d'assemblage et production dans l'industrie aéronautique.

## L'avancée scientifique / technologique

Le **perçage vibratoire**, qui est une oscillation axiale de faible amplitude, ajoutée au mouvement d'avance du foret, permet un fractionnement régulier et maîtrisé des copeaux. Cette nouvelle technologie est aujourd'hui adaptable aux lignes d'assemblage aéronautiques et la gamme Satellite, proposée par A.E.I, présente le plus avantageux rapport puissance/masse de cette famille de produits. De par leur conception (brevet déposé conjointement A.E.I / ARTS) ces machines intègrent les deux axes numériques (rotation & avance) nécessaires pour une opération de perçage. L'actionnement (y compris la génération des oscillations) est réalisé à l'aide de moteurs électriques à rapport puissance / masse optimisé intégrés dans la conception de la machine. Tous ces atouts en font la plus avancée des UPA (Unités de Perçage Automatique). Le concept peut se décliner en effecteur destiné aux plateformes robotiques utilisées de plus en plus dans l'industrie aéronautique. Un projet ARTS / A.E.I est en cours pour réaliser cette adaptation.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

La **technologie Satellite** permet un gain très important en productivité (jusqu'à 10 fois par rapport aux solutions actuelles), ainsi qu'une très forte diminution des coûts récurrents. Du fait des carnets de commande conséquents sur environ 10 ans pour les deux majeurs Airbus et Boeing, l'ensemble du secteur aéronautique mondial est à la recherche de telles solutions et l'objectif d'A.E.I est de se positionner comme futur leader mondial dans le domaine du perçage aéronautique.

# Therapixel – Fluid : la reconnaissance gestuelle au service de l’informatisation des blocs opératoires

> **INSTITUT CARNOT** Inria



© THERAPIXEL

Le chirurgien peut avoir besoin d’accéder au dossier radiologique du patient pendant l’opération, c’est le cas notamment en chirurgie orthopédique. Avec une interface standard, le respect des contraintes d’asepsie lui impose d’ôter ses gants ou de faire appel à un assistant pour un contrôle indirect. Permettre au chirurgien de manipuler directement et sans contact les images médicales du patient en environnement stérile apporte un gain important de temps et d’hygiène.

## Les partenaires

**Institut Carnot Inria** ([www.inria.fr](http://www.inria.fr)) / équipes-projet Parietal (Inria Saclay) et Asclepios (Inria Sophia Antipolis Méditerranée).

**Therapixel** ([www.therapixel.com](http://www.therapixel.com)) : start-up éditeur de logiciel, issue de l’institut Carnot Inria et créée en 2013.

## L’avancée scientifique / technologique

Le système **Fluid** repose sur la technologie des capteurs de mouvements. Therapixel exploite un algorithme innovant de reconnaissance de geste capable d’apprendre automatiquement sur une base de données les caractéristiques des mains et des gestes des utilisateurs (algorithme d’apprentissage). Cet algorithme a la particularité de pouvoir fonctionner sur des ordinateurs ordinaires, en moins de 10 ms pour un contrôle en temps réel du système. Fluid est un dispositif médical marqué CE en classe IIa et destiné aux établissements de santé.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

La technologie unique de **Fluid** a permis à Therapixel de se positionner dès sa création comme leader des nouvelles interfaces pour la médecine.

L’interface de Fluid, intégralement conçue pour l’usage sans contact, permet au chirurgien de manipuler les images médicales du patient, apportant ainsi un gain d’hygiène et de temps important par rapport à l’existant. Le pilotage direct par le chirurgien apporte un gain de temps d’un facteur 5 par rapport à un contrôle indirect via un assistant.

# Un capteur innovant à fibres optiques pour la surveillance du CO<sub>2</sub>

➤ INSTITUT CARNOT BRGM



**D**ans le contexte du changement climatique, le captage du CO<sub>2</sub> et sa séquestration dans des réservoirs souterrains est une technique qui vise à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais elle impose de pouvoir assurer l'intégrité et la sécurité de ce stockage géologique du dioxyde de carbone grâce à des processus de surveillance précis et fiables, qui permettent de quantifier le CO<sub>2</sub> injecté et de détecter de façon précoce une fuite potentiellement dangereuse. La principale difficulté de cette surveillance est liée au fait que, pour une mesure précise, il faut pouvoir détecter un signal faible profond. Si la mesure par l'infrarouge permet de détecter de très faibles concentrations de CO<sub>2</sub>, la limite des instruments actuels est qu'ils nécessitent un pompage préalable vers la surface, susceptible d'entraîner une modification du milieu.

## Les partenaires

Le développement du produit est réalisé au sein d'un consortium impliquant notamment l'**institut Carnot BRGM** ([www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)), l'institut des sciences chimiques de Rennes (ISCR) et la PME IDIL Fibres Optiques, spécialisée dans les domaines de la fibre optique, de l'optoélectronique, des lasers à fibre et des capteurs.

## L'avancée scientifique / technologique

L'**originalité de la démarche** scientifique et technologique est de développer une méthode optique d'analyse du CO<sub>2</sub> in situ et dans une gamme étendue de concentrations (de 500 ppm à 100%). La réalisation de ce capteur a été possible grâce au développement préalable de fibres innovantes en verre de chalcogénures, ayant une fenêtre optique dans le moyen infra-rouge (car le CO<sub>2</sub> a une bande d'absorption intense à 4,3 μm) et présentant le meilleur rapport signal/bruit possible. Une source de fluorescence émettant à 4,3 μm a alors été conçue : elle est constituée d'une fibre de chalcogénure dopée par des ions de terres rares, pompée via une fibre silice standard. Cette source présente l'avantage d'une brillance nettement plus importante que des sources de type corps noirs utilisés couramment dans les capteurs commerciaux ou les spectromètres dans ces gammes de longueurs d'ondes. Elle constitue une brique élémentaire du capteur.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Grâce à ce capteur innovant à fibre optique, il devient possible de réaliser une surveillance en temps réel et en continu des fuites potentielles de CO<sub>2</sub>. Un premier prototype industriel a été mis au point et la PME IDIL Fibres Optiques en prévoit la commercialisation à l'horizon 2017. D'autre part, la source de fluorescence qui a été conçue fera également l'objet d'un conditionnement et d'une commercialisation spécifique. Cette spécificité permettra à l'entreprise de se démarquer.

# Capteurs InfraRouge : la température en images

> **INSTITUT CARNOT CEA LETI**

Jusqu'à récemment, les détecteurs infrarouge (IR) hautes performances étaient à base de photodiodes (tels que le CdHgTe ou l'InSb), qui nécessitent des systèmes de refroidissement à des températures cryogéniques (jusqu'à -200°C) et donc très coûteux. Depuis les années 90, une nouvelle technologie a été développée en parallèle : celle des bolomètres, qui sont des capteurs IR fonctionnant à température ambiante. Le principe d'un bolomètre est de traduire sous forme de chaleur les rayonnements IR reçus, avant de les convertir en signal électrique. Cette technologie, plus abordable, a ouvert le marché des systèmes infrarouge aux professionnels et demain peut-être au grand public.



## Les partenaires

**Institut Carnot CEA LETI** ([www.leti.fr](http://www.leti.fr)).

**ULIS** ([www.ulis-ir.com](http://www.ulis-ir.com)) : filiale de la société Sofradir, ULIS développe et produit à l'échelle industrielle des détecteurs infrarouge pour caméras de faible coût.

## L'avancée scientifique / technologique

Depuis 1992, l'institut Carnot CEA LETI développe des imageurs bolométriques. Dans un tel imageur, chaque pixel comprend une couche thermomètre qui s'échauffe quand elle absorbe un rayonnement infrarouge, et un circuit de lecture qui détecte cet échauffement et reconstitue des images à cadence vidéo. À la différence de ses concurrents, le CEA LETI a choisi le silicium amorphe – plutôt que l'oxyde de vanadium – comme matériau thermomètre. L'uniformité en fabrication est meilleure, le comportement thermique homogène, les rendements de production plus élevés grâce à l'utilisation uniquement de procédés standards de la micro-électronique.

Cette technologie a été transférée en 2002 à une start-up, ULIS, qui poursuit de manière continue sa R&D avec le CEA LETI pour améliorer ses produits : division par trois de la taille des pixels (45 à 17 µm), amélioration des circuits de lecture, ou encore réduction des coûts. Ainsi par exemple, un nouveau procédé de packaging sous vide au niveau du pixel est en cours de transfert à ULIS et devrait contribuer à une réduction significative du coût de ces capteurs et les rendre plus accessibles au grand public.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

La société **ULIS** est maintenant le deuxième fabricant mondial d'imageurs IR bolométriques avec 21% du marché, l'essentiel de son chiffre d'affaires étant réalisé à l'export. Les projets de R&D successifs ont permis de rendre les caméras infrarouges plus performantes alors que leur taille et leur prix diminuent, ouvrant l'accès à un nombre croissant d'applications. Initialement dédiée à des applications de défense et de sécurité (vision de nuit par exemple), cette technologie a été très vite adoptée par le domaine industriel de la thermographie, comme les opérations de maintenance des équipements électriques ou le contrôle de pertes énergétiques d'un bâtiment. Les progrès récents ont abouti à une telle réduction des coûts qu'il est désormais possible d'acheter un imageur bolométrique connecté à son téléphone et qu'un déploiement à de nouvelles applications, comme la domotique (aide au maintien à domicile des personnes âgées, gestion de l'éclairage...) ou la santé (surveillance des hospitalisations à domicile...), est en cours. Les développements actuels de l'institut Carnot CEA LETI répondent tout à fait à ces tendances économiques.

# Mycosensor, un dispositif novateur de détection de contamination fongique pour l'hygiène de l'habitat

> **INSTITUT CARNOT CSTB**

En raison de la biodégradation des matériaux et de la survenue chez l'homme de diverses pathologies, notamment respiratoires telles que des allergies, des infections ou des toxi-infections, la maîtrise de la contamination fongique constitue une préoccupation majeure pour divers secteurs tels que les établissements recevant du public (ERP), le patrimoine ou l'agroalimentaire.

## L'avancée scientifique / technologique

L'institut Carnot CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (<http://institut-carnot.cstb.fr>), réalise des travaux de R&D dans le domaine des microcapteurs chimiques et biologiques applicables à la surveillance et au diagnostic des aérocontaminants de l'air intérieur, notamment des moisissures. Fort d'un investissement de recherche de plus de dix ans dans le domaine de la microbiologie environnementale, il a mis au point un premier outil novateur dédié à la détection précoce du développement fongique. Afin de prévenir les effets de la prolifération de moisissures, il a développé, puis breveté, un indice de contamination fongique (ICF) basé sur la détection de Composés Organiques Volatils (COV) spécifiques émis dès le début de cette croissance microbienne et avant même l'émission dans l'air de particules délétères.

Le CSTB a également élaboré une balise de surveillance intégrant cet indice. Elle est constituée de modules miniaturisés de chromatographie gazeuse et d'un module de détection des COV comprenant des microcapteurs polymères. Une grappe de 6 brevets vient protéger cette approche innovante qui, outre les publications et communications, a reçu le Prix des Techniques Innovantes pour l'Environnement du salon Pollutec 2014.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

La mise en œuvre de l'ICF (indice de contamination fongique) a établi que, en France, 37% des logements présentaient des contaminations fongiques actives, 10% de ces contaminations étant détectées par examen visuel. Les techniques usuelles, basées sur l'inspection visuelle (qui n'est possible qu'après apparition de signes visibles) ou des méthodes culturales, ne permettent pas la détection d'une contamination récente ou cachée (derrière un revêtement par exemple). Cette balise de surveillance permet de détecter ces contaminations. Elle est en cours d'industrialisation et constitue une avancée majeure par rapport aux produits commerciaux standards reposant uniquement sur l'hygrométrie d'une pièce, facteur démontré comme non corrélé au développement fongique.

# POLYMAP, un outil de mesure rapide de micro-géométrie de surface

> INSTITUT CARNOT MICA

**S**i tous les polymères ont des comportements viscoélastiques, certains ont une propriété d'auto-cicatrisation après un endommagement de surface, de type rayure ou indentation. L'étude de cette caractéristique nécessite un suivi temporel de la micro-géométrie de surface, afin de pouvoir analyser les phénomènes en jeu. Ce type de mesure était jusqu'à présent réalisé par le procédé micro-visio-scratch. Cette technique se limite cependant à l'étude des matériaux transparents. Elle présente également de très fortes contraintes de mise en œuvre.



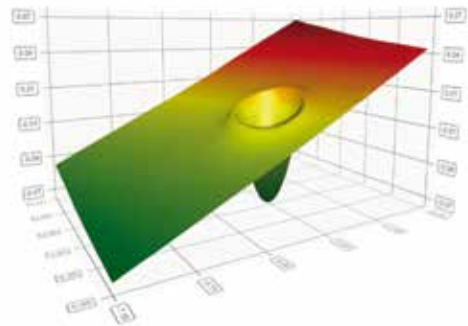
© INSTITUT CARNOT MICA

## L'avancée scientifique / technologique

**Spécialiste des matériaux et interfaces fonctionnels**, l'Institut Carnot MICA ([www.carnot-mica.com](http://www.carnot-mica.com)) a mis au point un capteur totalement innovant, POLYMAP, qui permet de lever ces contraintes. Non seulement les mesures peuvent être réalisées sur des matériaux opaques, mais il est possible, grâce à ce dispositif, de suivre la cinétique du phénomène en un temps de mesure très court.

Cet instrument utilise le principe de la déflectométrie à petite échelle, ce qui constitue une approche originale pour accéder à la micro-géométrie de surface et à sa topographie. A une échelle macroscopique, ce principe de mesure, basé sur l'analyse du reflet d'un motif périodique, n'est opérant que sur des surfaces spéculaires (miroir, vitrage, etc.). L'association d'un montage optique adapté et d'un traitement d'image spécifique permet d'effectuer des mesures à l'échelle microscopique sur tout type de surface (surfaces rugueuses, usinées, etc.).

Ce nouvel outil de mesure lève un verrou technologique dans l'étude du comportement viscoélastique de polymères soumis à des chargements localisés (indentations, rayures). Un brevet a été déposé.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Le capteur POLYMAP présente des caractéristiques inédites sur le marché des capteurs** : la rapidité de mesure (temps d'acquisition d'une seconde), la richesse de l'information obtenue (cartographies complètes avec reliefs, pentes) et l'avantage d'être un procédé sans contact.

Au-delà de l'utilisation du capteur dans le secteur de la recherche, ces caractéristiques uniques ouvrent la voie à des applications industrielles de contrôle qualité en ligne (rugosité, géométrie de petites pièces, défauts d'aspect). Les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique et de l'horlogerie sont plus particulièrement visés. Voilà qui ouvre de belles perspectives de commercialisation !

# GEKKO, nouveau système portable pour le contrôle non destructif

> INSTITUT CARNOT CEA LIST

Le développement de nouvelles techniques de Contrôle Non Destructif (CND) est aujourd'hui associé aux exigences de nos sociétés : moyens de transport plus sûrs, meilleure qualité de fabrication des produits, amélioration de la sûreté des installations industrielles. Les CND par ultrasons, dont l'utilisation est en constante augmentation, sont un élément important de cette tendance. Mais pour répondre aux besoins de terrain il faut proposer aux opérateurs chargés du contrôle des appareils portables très performants, faciles d'utilisation et conviviaux.



## Les partenaires

**Institut Carnot CEA LIST** ([www-list.cea.fr](http://www-list.cea.fr)).

**M2M** ([www.m2m-ndt.com](http://www.m2m-ndt.com)) : start-up créée en 2003 M2M est maintenant une PME de 45 personnes qui développe, conçoit et commercialise des systèmes multiéléments pour le contrôle non destructif (CND) par ultrasons.

## L'avancée scientifique / technologique

L'institut Carnot CEA LIST a permis à M2M de développer Gekko premier appareil échographique multiéléments, utilisable en mode expert ou opérateur, capable de piloter à la fois des sondes matricielles et d'appliquer des techniques d'imagerie optimisée en temps réel (Total Focusing Techniques). La méthode Total Focusing Method (TFM) déjà intégrée comme outil d'imagerie en post-traitement dans le logiciel CIVA - plateforme d'expertise pour le contrôle non destructif, composée de modules de simulation, d'imagerie et d'analyse - développé par le CEA LIST, a été adaptée pour permettre son utilisation temps réel dans Gekko.

Autre innovation issue des travaux du CEA LIST, un nouveau mode de contrôle réalise un apprentissage automatique de la surface des pièces à géométrie complexe afin d'adapter la génération du faisceau ultrasonore. Ce mode adaptatif préserve ainsi les performances du contrôle et la qualité des images échographiques.

Clé de ces avancées : des algorithmes optimisés et portés dans une électronique embarquée et temps réel.



© M2M

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Gekko est le seul appareil du marché** permettant de combiner une approche multiéléments classique avec des fonctionnalités avancées d'imagerie. Gekko bénéficie également des dernières fonctionnalités du logiciel CIVA, dont certains modules ont été directement intégrés dans l'appareil.

Conçu pour une utilisation terrain associée à une interface simplifiée, Gekko permet à tous les opérateurs de réaliser un contrôle par étape. Gekko intègre des outils de gestion d'indications ultrasonores et de reporting personnalisables. Dans un marché très concurrentiel, M2M lance ainsi un produit innovant répondant aux besoins de terrain à un prix compétitif.

# Turbo-génératrice pour système ORC

> **INSTITUT CARNOT IFPEN Transports Énergie**

Les systèmes ORC (Organic Rankine Cycle) permettent de récupérer des flux de chaleur perdus et de les valoriser sous forme d'électricité, via un fluide caloporteur. Cette électricité peut ensuite être revendue au réseau national ou être consommée localement. Les systèmes ORC sont aujourd'hui utilisés sur des grosses installations industrielles (flux de chaleur supérieurs typiquement à 10 MW). En revanche, il existe très peu de technologies disponibles pour valoriser les petits flux de chaleur de 100 kW à 2 MW. L'amélioration des performances de tels systèmes ORC passe, entre autres, par l'optimisation du fluide organique de synthèse utilisé comme caloporteur.



## Les partenaires

**Institut Carnot IFPEN Transports Energie** ([www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr)).

**ENOGIA** ([www.enogia.com](http://www.enogia.com)) : PME marseillaise dont le cœur de métier est la conception et la fabrication de turbo-génératrices de petite puissance et l'assemblage et la commercialisation de systèmes ORC complets.

## L'avancée scientifique / technologique

Sur plus d'une centaine de fluides candidats testés par l'institut Carnot IFPEN Transports Energie au moyen de ses outils de simulation numérique, deux ont été retenus dont l'un est particulièrement respectueux de l'environnement, tout en offrant de bonnes performances thermodynamiques.

Pour la campagne d'essais expérimentaux, ENOGIA a alors spécialement conçu un nouveau système ORC, dont le cœur est constitué par une petite turbo-génératrice à haut rendement, couplage d'une turbine et d'une génératrice électrique où s'opère la transformation de la chaleur en énergie électrique. Là encore, IFPEN a apporté son soutien en concevant et en mettant au point, grâce à ses outils de calculs et ses moyens d'essais, une génératrice précisément adaptée aux besoins de l'ORC, puis en testant le système ORC complet dans ses bancs d'essais moteur. Ce co-développement s'est accompagné du dépôt de plusieurs brevets, copropriété d'ENOGIA et d'IFPEN.



© ENOGIA

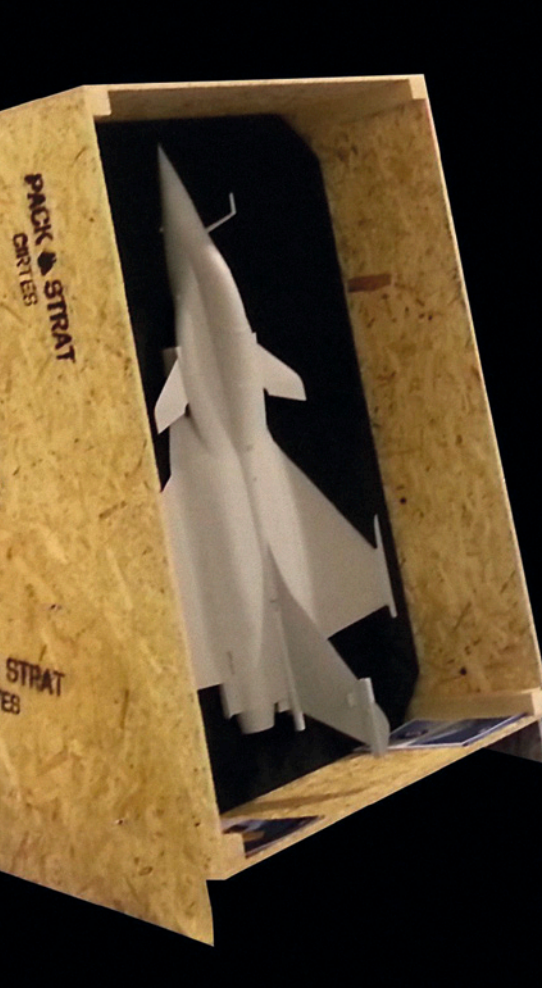
## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

En partant d'un premier produit ORC commercialisé par la PME, l'alliance conclue entre ENOGIA et l'institut Carnot IFPEN Transports Energie a permis à la PME de développer rapidement sa gamme de produits pour couvrir un panel plus large d'applications et de puissances thermiques valorisables : cogénération biogaz agricole, valorisation de la chaleur des chaudières et des incinérateurs (UIOM, STEP), groupes électrogènes, centrales solaires thermodynamiques, valorisation des eaux de refroidissement des fours industriels... Plusieurs ORC d'ENOGIA sont d'ores et déjà exploités dans des installations agricoles ou industrielles et le partenariat ENOGIA - IFPEN se poursuit pour adapter la technologie au secteur du transport, avec des tests de prototypes pour des trains régionaux Diesel-électriques pour le compte d'ALSTOM et sur un navire de pêche.



# Pack&Strat® : L'Emballage Rapide par Stratoconception®

> INSTITUT CARNOT ICÉEL



**P**ermettre la fabrication d'emballages épousant parfaitement la forme de la pièce emballée pour offrir une protection maximale à des produits à forte valeur ajoutée et cela pour un coût faible même dans le cas de petite série. C'est la performance qu'offre le procédé breveté Pack&Strat®

## L'avancée scientifique / technologique

L'institut Carnot ICÉEL ([www.iceel.eu](http://www.iceel.eu)) a, au travers sa composante CIRTES (Centre Français de Développement Rapide de Produit en Europe – [www.cirtes.com](http://www.cirtes.com)), de fortes compétences en fabrication additive par Stratoconception®, permettant la fabrication, couche par couche, d'un objet dessiné en CAO, sans aucune rupture de la chaîne numérique. A partir de ce procédé a été développé Pack&Strat® qui permet la conception et la réalisation directe d'emballages en couche pour la protection et le transport d'un produit.

Pack&Strat® permet, à partir d'un modèle CAO ou d'un nuage de points issu de la numérisation du produit :

- la conception automatique de la contre-forme virtuelle destinée à loger ou à caler le produit,
- le tranchage de cette contre-forme,
- la génération automatique des parcours de découpe 2D ou 3D de chacune de ces tranches dans le matériau retenu.

Les différentes couches ainsi réalisées sont positionnées et assemblées entre elles grâce à des inserts, ou alors directement, grâce à un conditionnement extérieur (boîte américaine).

© CIRTES

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Pack&Strat® permet de réaliser des emballages à faible coût**, sans frais d'outillage et avec une très grande réactivité. Ce procédé offre aux entreprises des solutions industrielles sous forme de logiciels à intégrer sur des machines de découpe existantes ou sous forme de stations complètes ou de solutions dédiées sur mesure. Pack&Strat® est particulièrement adapté pour l'emballage et le conditionnement de produits à forte valeur ajoutée, uniques ou fabriqués en petite quantité comme par exemple dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, du médical, de l'art, de la cristallerie...

Actuellement un pilote d'une cellule d'emballage rapide est installé sur quatre sites de La Poste à Paris (Mouffettard, Boulogne-Billancourt, La Boétie, Bonne Nouvelle) proposant aux particuliers et aux professionnels de réaliser un emballage sur mesure pour l'envoi de leurs colis. De belles perspectives en vue pour la diffusion de Pack&Strat®.

# Un robot collaboratif personnalisable

> **INSTITUT CARNOT** Cetim



La robotique industrielle s'est largement développée pour l'exploitation des lignes automatisées, la mécanisation et le contrôle des procédés, ainsi que pour l'amélioration des conditions de travail. Elle a considérablement évolué récemment avec la robotique collaborative, basée sur de nouveaux concepts qui permettent une collaboration plus fluide entre l'homme et le robot, par exemple en facilitant les paramétrages et les réglages. Grâce à l'interaction directe de l'homme avec le robot, il devient aussi possible de réaliser des opérations pénibles ou complexes difficilement automatisables jusque-là. Et l'évolution des technologies, la réduction de leurs coûts, mais également les normes encadrant leur utilisation, rendent aujourd'hui ces robots collaboratifs accessibles aux PME et ETI.

## L'avancée scientifique / technologique



© CETIM / G. GABILLOT

L'institut Carnot Cetim ([www.cetim.fr](http://www.cetim.fr)) a fait réaliser un robot à deux bras pour servir de démonstrateur de robotique collaborative\*. Il se compose de deux bras munis d'une pince, l'un pouvant déplacer des pièces de 5 kg sur un rayon d'action de 850 mm, le second allant jusqu'à 10 kg de charge avec un rayon de travail de 1300 mm. Ils peuvent être programmés par simple enregistrement de déplacements effectués manuellement. Grâce à sa structure allégée, ce démonstrateur peut être facilement déplacé à l'intérieur des ateliers. Il est raccordable à toute installation par une simple prise de courant et chaque bras est démontable pour s'adapter à d'autres supports, en fonction notamment des besoins de la production industrielle.

\*Ce démonstrateur robotique a été développé dans le cadre du consortium Capme'up, constitué par l'association des trois instituts Carnot CEA LIST, IFPEN Transports Energie et Cetim.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Adapté à toute application mécanique**, telle que la manipulation de pièces, l'assemblage, le parachèvement, le contrôle, etc..., ce robot collaboratif présente le gros avantage de pouvoir s'intégrer facilement dans une PME : ses fonctions collaboratives autorisent la présence d'opérateurs à proximité et la réalisation de tâches qui ne peuvent pas être assurées par un seul bras, son interface est facile à utiliser, il est léger et de faible encombrement et, surtout, il est personnalisable selon les besoins de l'entreprise, ce qui en accroît encore la rentabilité. Il est maintenant à la disposition des entreprises suivant leur projet robotique, et cela après une simple formation de deux jours.

# COMPRESSPORT WEARABLE, le textile connecté pour le monitoring du sportif

> **INSTITUT CARNOT LAAS CNRS**

La compression dans le textile est une technique utilisée dans le milieu médical, mais également aujourd'hui par les plus grands athlètes au monde, car elle contribue à optimiser la performance, la récupération ou la rééducation. Pour aller encore plus loin au niveau de cette utilisation dans le sport, il faut pouvoir mesurer l'action physiologique apportée par l'usage de la compression. Mesurer et analyser la performance, sans dénaturer le geste sportif, doit permettre de mieux évaluer la progression et d'aider l'athlète dans celle-ci. D'où l'idée d'associer des capteurs et des systèmes embarqués aux textiles compressifs.



© LAAS-CNRS

## Les partenaires

**Institut Carnot LAAS CNRS** ([www.laas.fr](http://www.laas.fr)) / Equipe Nano-Ingénierie et Intégration des Systèmes (NzIS).

**COMPRESSPORT INTERNATIONAL** ([www.compressport.com](http://www.compressport.com)) : société suisse, leader dans la technique de compression dans le textile adaptée aux besoins du sportif.

## L'avancée scientifique / technologique

Grâce à son partenariat avec l'institut Carnot LAAS CNRS, la société COMPRESSPORT INTERNATIONAL a pu développer COMPRESSPORT WEARABLE, un textile compressif connecté totalement innovant.

L'association du textile compressif et de l'analyse multi-sensorielle d'un athlète (positions des segments corporels couplées aux données physiologiques) permet à la fois un monitoring détaillé de son effort, mais également une interaction optimale avec sa dynamique posturale. La plupart des sports, et notamment les sports d'endurance, sont en effet dépendants d'un geste précis et de la capacité de le conserver tout au long d'une épreuve.

Par ailleurs, l'intégration électronique, dans un textile compressif, d'un système embarqué distribué avec architecture reconfigurable multi-capteurs souple permet le suivi de la phase de récupération du sportif et l'optimisation de la technologie de compression (mieux localisée par rapport à l'athlète), pendant et après effort.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Le développement de « wearable devices » avec un feedback athlète/entraîneur permet à COMPRESSPORT de lancer une gamme de nouveaux produits dédiés à des athlètes professionnels qui visent la performance maximale. Mais ces produits innovants permettent aussi d'accompagner au quotidien des athlètes amateurs, qui souhaitent progresser dans leur activité et atteindre leurs objectifs sportifs, tout en diminuant des risques de blessures liés à un geste mal adapté ou à une récupération insuffisante.

# LoRA FABIAN : une architecture de réseau open source au service de la ville intelligente

> **INSTITUT CARNOT** Télécom et Société numérique

**I**l n'existe pas encore d'infrastructure standardisée pour que les villes puissent mettre en place un réseau de smartcity incluant des objets connectés. Beaucoup de réseaux privés commencent à émerger, mais ils ne sont pas compatibles entre eux ni avec les autres réseaux, et en particulier le réseau internet. Or, la grande différence entre l'internet des objets et les réseaux classiques, c'est que beaucoup d'objets seront encore en service dans 20 ans. Ils doivent donc continuer à fonctionner malgré les évolutions. Une architecture open source au service de la ville intelligente doit prendre en compte cette contrainte.

## L'avancée scientifique / technologique

**LoRA FABIAN** – pour Long range for a beautiful internet advanced network – est un dispositif connecté, sans fil et open source qui assure une connexion radio haute-portée, mais aussi une plateforme qui permet facilement d'expérimenter à faible coût sur les objets connectés. Le prototype de la plateforme LoRA FABIAN est issu d'un partenariat entre l'établissement rennais de l'institut Carnot Télécom & Société numérique qui a développé l'architecture de réseau, et plusieurs partenaires locaux dont la société Kerlink qui met à disposition des bornes radio LoRA, la start-up Wi6Labs qui fournit des modules d'extension arduino spécialement adaptés, et le Labfab de Rennes qui héberge les expérimentations des utilisateurs pour créer des objets connectés.

L'architecture de réseau permet de revenir aux principes fondamentaux qui ont fait le succès de l'Internet : la neutralité du réseau, les standards ouverts, qui ont été optimisés pour fonctionner dans cet environnement. Le tout avec une approche évolutive grâce à l'utilisation du protocole COAP, standardisé l'année dernière et dédié à l'internet des objets : en construisant quelques principes cadres, il est possible de remplacer des mécanismes par d'autres sans changer les objets. C'est la seule architecture qui permet la coexistence d'autant de réseaux décentralisés ou centralisés, nécessaires au déploiement de l'internet des objets, tout en étant pleinement intégrée de manière sûre à l'internet.



© TÉLÉCOM BRETAGNE

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**L'architecture proposée est ouverte** et permet d'être l'opérateur de son propre réseau, ce qui est particulièrement intéressant pour les villes et les métropoles qui veulent mettre en place un réseau de smartcity qui leur appartienne. En proposant une technologie open source, elle favorise aussi le développement de nouveaux services pour l'internet des objets comme des ruches connectées pour l'agriculture, ou des poubelles intelligentes qui envoient un message quand elles sont pleines. Les utilisateurs ont affaire à un système clé en main, où il ne reste plus qu'à équiper n'importe quel objet avec un module arduino et à le programmer grâce aux tutoriaux mis à disposition. Un investissement limité permet de couvrir la ville avec un réseau LoRA, qui peut ensuite être utilisé par les entreprises, tout en gardant le contrôle sur l'information qui y transite et sur l'infrastructure. Cela évite par exemple d'avoir à changer d'équipements à chaque nouveau prestataire ou pour mettre en place de nouveaux services. LoRA FABIAN pourrait également être une technologie candidate pour la 5G. Ce qui promet un fort potentiel de développement à la start-up en cours d'essai pour diffuser ce nouveau produit.

# Une cellule calorimétrique innovante pour mieux étudier les hydrates de gaz

> **INSTITUT CARNOT ISIFoR**

Les hydrates de gaz sont des structures solides constituées de molécules d'eau formant des « cages » qui peuvent emprisonner des molécules de gaz tel que le gaz carbonique, le méthane, le propane... Leur capacité à stocker de grandes quantités de gaz en fait un système potentiellement intéressant pour réaliser le captage du CO<sub>2</sub> dans la lutte contre les émissions de gaz à effets de serre. On les rencontre également dans le domaine pétrolier mais avec cette fois des incidences négatives car, se formant à basse température et sous haute pression, ils peuvent boucher les canalisations de transport d'hydrocarbures lors des forages off-shore. Dans les 2 cas, il est nécessaire de mieux connaître leurs propriétés. Mais les techniques de calorimétrie, couramment utilisées pour étudier par exemple les changements de phase, peuvent présenter certaines limitations pour l'étude de ces systèmes complexes (le manque d'agitation notamment).

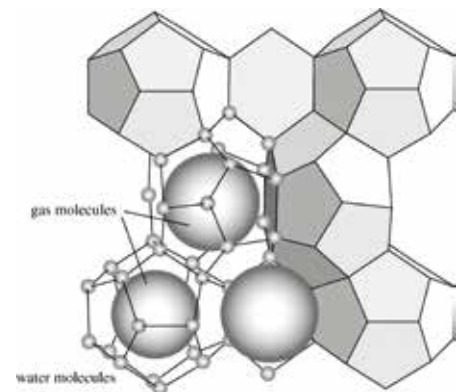
## L'équipe de recherche

**Institut Carnot ISIFoR** ([www.carnot-isifor.eu](http://www.carnot-isifor.eu)) / LFC-R : Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs.

## L'avancée scientifique / technologique

Les chercheurs de l'institut Carnot ISIFoR ont inventé une cellule calorimétrique spécialement adaptée à l'étude des systèmes polyphasiques (liquide/gaz/solide) tels que les hydrates de gaz. Elle permet de travailler à basse température et sous pression (jusqu'à 200 bar), mais surtout elle possède une agitation mécanique in situ qui maintient le système sous agitation pendant toute la mesure, ainsi qu'un contrôle dynamique de pression avec circulation de gaz entre l'entrée et la sortie de la cellule. Ces dispositifs rendent possible l'analyse des hydrates de gaz qui peuvent ainsi être traités de manière homogène sous haute pression contrôlée. Cette nouvelle cellule est en outre adaptée aux contraintes géométriques liées à l'utilisation d'un calorimètre commercial de type Calvet. Deux types de prototypes\* ont été développés : l'un pour travailler sous pression modérée avec des gaz non inflammables et des produits peu agressifs, le second pour réaliser des mesures dans des conditions de pression plus élevées et avec des fluides inflammables.

*\*Le développement de ces prototypes a bénéficié du soutien d'Aquitaine Science Transfert*



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Cette invention, qui constitue un prototype unique au monde de cellule calorimétrique sous pression, a été brevetée en 2012. Elle représente une réelle avancée pour les industriels et les laboratoires de recherche utilisant la calorimétrie et souhaitant obtenir des données thermophysiques de fluides complexes, tels que des émulsions, des suspensions... Les principales industries concernées sont les industries pétrolières et gazières, chimiques et pharmaceutiques, agroalimentaires, ainsi que celles travaillant dans le secteur de la sécurité des procédés et de l'environnement.

# « Hydrogène : Vecteur énergétique » : de la production à l'utilisation

➤ **INSTITUT CARNOT** Énergies du futur

Le déploiement des énergies renouvelables, par nature intermittentes, nécessite le développement d'une infrastructure de stockage de l'énergie adaptée en taille et en flexibilité. Une des voies envisagées est la conversion de l'électricité d'origine solaire ou éolienne en hydrogène. En effet, l'hydrogène est un vecteur d'énergie à fort potentiel, autant pour le stockage stationnaire avec notamment la production de gaz de synthèse, que pour l'alimentation des véhicules électriques de grande autonomie. La maîtrise technologique de sa production avec une faible empreinte carbone fait donc l'objet d'un effort de R&D renforcé, tout comme son stockage et sa conversion.

## L'avancée scientifique / technologique

Les laboratoires de l'**institut Carnot Énergies du futur** ([www.energiesdufutur.fr](http://www.energiesdufutur.fr)) – LEPMI, Institut Néel, SIMAP, CEA Liten/DEHT et DTBH – sont fortement impliqués sur l'ensemble de la chaîne hydrogène. Leurs compétences complémentaires leur ont permis de développer des matériaux et des composants puis de les intégrer avec succès dans des systèmes innovants pour la conversion de l'hydrogène en électricité dans des piles à combustibles, pour le stockage solide de l'hydrogène ou, tout récemment, pour la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau.

Les différents procédés d'électrolyse se distinguent essentiellement par leur température de fonctionnement qui conditionne la quantité d'électricité à apporter pour dissocier la molécule d'eau et donc le coût énergétique de l'hydrogène produit. Une étape importante a été franchie par un laboratoire de l'institut Carnot avec la démonstration d'un système électrolyseur prototype fonctionnant avec un rendement supérieur à 90%. La production d'hydrogène y est réalisée à 700°C à partir de vapeur d'eau à 150°C avec une consommation électrique réduite à 3,9 kWh par m<sup>3</sup> d'hydrogène produit. Ce résultat inégalé est notamment le fruit d'une intégration thermique adaptée au système.



© P. JAYET / PROPRIÉTÉ CEA

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

La chaîne hydrogène ouvre donc de nouvelles perspectives technologiques pour le stockage d'électricité intermittente et sa valorisation notamment pour l'alimentation des véhicules électriques hybrides. Citons à titre d'illustration trois entreprises partenaires de l'institut Carnot Énergies du futur dont le modèle économique s'inscrit dans le déploiement de la chaîne hydrogène : Sylfen, start-up qui prépare la commercialisation de systèmes de production et de conversion réversible d'hydrogène, McPhy Energy qui commercialise des systèmes innovants de stockage solide de l'hydrogène, facilement manipulables et sûrs, et SymbioFCell qui est spécialisé dans la conception et l'industrialisation de systèmes piles à hydrogène.

# Le PPS Stack mesure en temps réel les émissions de particules des cheminées industrielles

## > INSTITUT CARNOT ESP

**C**imenteries, incinérateurs de déchets, mais aussi papeteries ou verreries sont concernées par la problématique des rejets dans l'atmosphère. Les particules en suspension, notamment ultrafines, ont des effets aujourd'hui reconnus néfastes sur la santé, principalement au niveau cardio-vasculaire et respiratoire. De fait, la limitation des niveaux admissibles pour les rejets industriels est de plus en plus sévère, allant à remettre en cause les procédés métrologiques utilisés jusqu'à présent. Il est donc nécessaire d'améliorer la mesure des émissions de particules à la sortie des cheminées des usines en disposant d'analyses en temps réel pour prévenir les dépassements.



### Les partenaires

**L'Institut Carnot ESP** ([www.carnot-esp.fr](http://www.carnot-esp.fr)) / Certam - Centre de recherche technologique en aérothermique et moteurs.

**Addair** ([www.addair.fr](http://www.addair.fr)) : start-up spécialisée en solutions de mesure de la qualité de l'air et métrologie des aérosols, chargée de distribuer le produit.

### L'avancée scientifique / technologique

**Dérivé d'une technologie développée à l'origine pour l'industrie automobile** (PPS Pegasor), ce nouveau boîtier d'analyse des particules à l'émission pour les cheminées industrielles a été mis au point par l'institut Carnot ESP. Il a fait ses preuves sur le terrain, testé en conditions réelles de fonctionnement depuis 2011 chez deux de ses partenaires industriels : une usine du groupe Syngenta, fabricant de produits phytosanitaires, puis SARP Industrie, branche de traitement des déchets spéciaux de Veolia.

Outre sa faible taille et sa facilité d'installation, ce boîtier qui se place en haut des cheminées est d'une grande fiabilité et demande peu de maintenance. Mais surtout, ses capacités de mesures sont sans égales : il analyse en continu, avec un temps de réponse très rapide de 0,1 seconde (10 Hz), les rejets de toutes tailles (de 10 µg/m<sup>3</sup> à 500 µg/m<sup>3</sup>) et fonctionne quelles que soient les conditions de température (jusqu'à 800°C), de pression ou d'hygrométrie. Enfin, il s'agit à ce jour du seul système sensible aux particules ultrafines.



© CERTAM

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Ce nouveau système de mesure** des émissions de particules des cheminées d'usines permet d'anticiper toute dérive par une intervention très en amont, ce qui constitue, pour les industriels, un réel atout afin d'optimiser la maintenance des installations de production et d'en réduire le coût.

La société Addair, qui distribue le boîtier, étoffe ainsi sa gamme d'équipements et se démarque en proposant à ses clients une solution innovante permettant d'anticiper les normes environnementales de plus en plus nombreuses et contraignantes des industries concernées.

# CoreSLAM : Localisation et Cartographie Simultanées pour robot autonome

> INSTITUT CARNOT M.I.N.E.S

La plupart des robots industriels sont fixes et effectuent des tâches définies dans un environnement bien identifié. Mais de plus en plus d'applications robotiques autonomes se développent : exploration, assistance à la personne, véhicule intelligent pour le transport de marchandises et/ou de personnes. Pour accomplir sa mission, le robot a alors besoin d'une analyse cohérente de son environnement afin de pouvoir se localiser et y évoluer en toute sécurité. Les algorithmes de SLAM (Localisation et Cartographie Simultanées) permettent à un robot mobile de se déplacer de manière autonome dans un environnement au préalable inconnu, en construisant une carte du lieu de manière incrémentale. Le robot peut ainsi se déplacer librement dans l'espace découvert, en identifiant et évitant les objets mobiles rencontrés sur son passage.



© MINES PARISTECH

## L'avancée scientifique / technologique

**CoreSLAM, l'algorithme de SLAM développé au Centre de Robotique de l'institut Carnot M.I.N.E.S** ([www.carnot-mines.eu](http://www.carnot-mines.eu)), présente l'avantage d'être rapide, économe en ressources et de ne nécessiter qu'un télémètre laser pour fonctionner. En effet, plusieurs méthodes de SLAM ont vu le jour depuis les années 1980, mais elles mettent en œuvre des algorithmes en général assez compliqués et au comportement incertain, nécessitant un retour du robot à des endroits déjà visités pour affiner ses estimations, bouclage qui entraîne une perte de temps. CoreSLAM se base sur une estimation itérative de la localisation et de la cartographie, ce qui a permis de développer un algorithme simple, rapide, léger et limitant les erreurs au maximum, avec une qualité comparable à celle obtenue avec des algorithmes utilisant une fermeture de boucle. Les travaux de l'institut Carnot M.I.N.E.S ont permis de poursuivre la recherche visant à étendre le domaine de fonctionnement de l'algorithme aux espaces urbains, à développer des axes applicatifs innovants, ainsi qu'à initier le processus d'industrialisation.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

L'algorithme **CoreSLAM** participe de manière essentielle au processus d'autonomisation des machines en permettant à toute plateforme mobile équipée d'un capteur de distance, de type télémètre laser, de se localiser et donc de se déplacer dans un environnement déterminé. Il est aujourd'hui valorisé auprès des partenaires industriels par l'intermédiaire notamment de la société Intempora qui le commercialise sous forme d'une brique logicielle intégrable aux applications tiers.



# NOVA, des innovations pour une aéronautique plus verte

> INSTITUT CARNOT ONERA

Le schéma des avions actuels, tant au niveau du fuselage, des ailes, que des moteurs positionnés sous les ailes, date de plus de 50 ans. Pour aller plus loin en économie de carburant, bruit et émissions polluantes, il est aujourd'hui nécessaire d'imaginer de nouveaux concepts et d'envisager des configurations d'avions commerciaux en rupture avec les avions actuels.

## L'avancée scientifique / technologique

L'institut Carnot ONERA ([www.onera.fr](http://www.onera.fr)) a développé NOVA (NextGen Onera Versatile Aircraft), un concept d'avion civil moyen-courrier totalement innovant, capable de transporter 180 passagers à une vitesse allant jusqu'à 900 km/heure. Son design est totalement réinventé afin de réduire la traînée aérodynamique et d'améliorer la propulsion : la cellule avion et le moteur sont pensés simultanément.

Actuellement les dernières évolutions des Boeing 737 et Airbus A 320 – les Boeing 737 Max et A 320 Neo – sont équipés de moteurs ayant un taux de dilution de 12. Quatre configurations intégrant un moteur innovant sont étudiées dans NOVA. Celle présentée ici, à l'échelle 1/35ème, est la plus innovante : les moteurs ont un diamètre plus important et sont à très fort taux de dilution de l'ordre de 16, ce qui apporte un gain au niveau des nuisances sonores et de la consommation de carburant. De plus, ils sont placés à l'arrière du fuselage de façon « semi-enterrée », de sorte que l'injection de la couche limite dans le moteur augmente le rendement propulsif de l'ensemble et en diminue encore la consommation.

Le fuselage est adapté pour pouvoir porter ces moteurs

plus lourds : de section ovoïde et en matériaux composites, il est plus léger et sa forme est plus courte et plus large que sur les avions actuels. La voilure est fortement allongée et les ailettes sont dirigées vers le bas, ce qui permet de réduire la traînée induite, donc les tourbillons et les efforts à l'emplanture.



*Vue d'artiste 3D de la configuration NOVA BLI (ingestion de la couche limite)*

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Ce nouveau concept, issu des travaux de recherche menés depuis 4 ans à l'institut Carnot ONERA, devrait permettre une diminution de 15 à 20% de la consommation de carburant par rapport aux derniers modèles actuels d'avions moyen-courriers et intéresse à terme toutes les compagnies aériennes. Ces innovations pourraient être portées sur le marché par les constructeurs à l'horizon 2025.

# Glass'in<sup>®</sup>, une technique innovante de marquage sur verre

> **INSTITUT CARNOT Chimie Balard**

**P**our garantir la traçabilité des produits, la lutte contre les contrefaçons et la protection des marques, il devient indispensable d'intégrer, dans le procédé de fabrication du produit, un système de marquage adapté. Sur le marché pharmaceutique ou celui des vins et spiritueux par exemple, les exigences en termes de traçabilité imposent un marquage ayant un contenu d'informations élevé et aisément lisible. Sur le marché du luxe, le marquage doit s'inscrire de manière indélébile et être difficilement détectable par un fraudeur. Le marquage du verre par les techniques industrielles de marquage laser pourrait répondre à ces besoins, mais présente l'inconvénient de provoquer des microfissures à l'intérieur du matériau.

## Les partenaires

**Institut Carnot Chimie Balard** ([www.carnot-chimie-balard.fr](http://www.carnot-chimie-balard.fr)) / ICGM AM2N : Equipe Architectures Moléculaires et Matériaux Nanostructurés.

**ATHEOR** ([www.atheor.com](http://www.atheor.com)) : start-up spécialisée en solutions d'authentification et de traçabilité. Créée en 2010, elle bénéficie du statut de Jeune Entreprise Innovante.

## L'avancée scientifique / technologique

La technologie brevetée **Glass'in<sup>®</sup>** développée par ATHEOR permet de greffer et d'encapsuler des composés optiquement actifs directement sur des supports verre. Elle consiste en un marquage par jet d'encre associé à une activation sous rayonnement UV, auquel s'ajoute un équipement de contrôle par lecteur optique.

Elle résulte d'une collaboration étroite avec l'institut Carnot Chimie Balard qui a permis de réaliser une encre brevetée, issue des nanosciences. Elle incorpore des colorants et des composés optoélectroniques permettant de constituer des codes DataMatrix, identifiants uniques adaptés à la traçabilité des emballages en verre. Le marqueur est déposé et greffé sur le verre et, selon les composants utilisés, il est visible ou non à l'œil nu. Accroché en surface, sur une épaisseur nanométrique, il n'altère pas le verre, ne provoque pas de microfissure et reste indélébile à tous les solvants. Grâce à sa capacité à se transformer lui-même en verre, le marquage est infalsifiable, et grâce à ses composés optiquement actifs, sa lecture est opérationnelle quelle que soit la couleur du contenant ou du contenu.



© ATHEOR

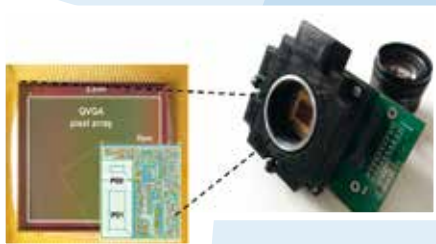
## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

ATHEOR propose, avec cette technologie, un marquage sur verre indélébile, posé à froid sans étiquette, visible ou invisible. D'autres technologies sont à même de concurrencer le Glass'in<sup>®</sup>, comme le marquage par laser femtoseconde. Cependant à l'heure actuelle, le coût reste élevé et la lecture des codes à une échelle industrielle est problématique. A contrario, l'utilisation d'imprimantes jet d'encre industrielles et de lecteurs optiques rend la technologie d'Atheor facilement utilisable sur une ligne de production, de conditionnement, d'embouteillage... Elle répond aux besoins de traçabilité des industries du secteur pharmaceutique (seringues, flacons, ampoules), cosmétique (flacons, pots), agroalimentaire (bouteilles) et automobile, et apporte des moyens de lutte contre la contrefaçon.

# ATIS, rétine artificielle et caméra biomimétique

> **INSTITUT CARNOT** Voir et Entendre

Certains personnes qui ont perdu la vue suite à la dégénérescence de leurs cellules photoréceptrices peuvent recourir à une rétine artificielle, implant fixé sous la rétine et doté d'électrodes qui stimulent les neurones rétinien. Une caméra transmet les images à un processeur qui convertit les signaux lumineux en signaux électriques, les traite, puis les transmet par ondes radio à un récepteur qui est placé sur l'œil et les communique à l'implant. Les caméras utilisées aujourd'hui reposent sur le principe d'acquérir des images. Mais aller au-delà des images pour encoder l'information visuelle dans le domaine temporel constitue une avancée majeure, car cela permet de provoquer des sensations visuelles les plus proches possibles des sensations naturelles.



© INSTITUT DE LA VISION

## Les partenaires

**Institut Carnot Voir et Entendre** ([www.fondave.org](http://www.fondave.org)) / équipe Vision and Natural Computation – Institut de la Vision.

**Chronocam** ([www.chrono-cam.com](http://www.chrono-cam.com)) : start-up, spin-off de l'Institut de la Vision, visant les marchés de la vision et de l'imagerie type automobile, téléphonie portable, métrologie...

## L'avancée scientifique / technologique

Le système **ATIS**, issu de la recherche de l'institut Carnot Voir et Entendre et développé en partenariat avec Chronocam, a un fonctionnement très similaire à celui d'une rétine naturelle. Contrairement aux autres systèmes qui travaillent à partir d'images de caméras classiques acquises à intervalles réguliers, sa caméra biomimétique utilise un nouveau capteur asynchrone, dont chaque détecteur est sensible à une variation de lumière et non à son intensité absolue. Il est alors possible de fonctionner avec une dynamique de plus de 120 dB (bien supérieure à celle des caméras classiques), ce qui permet de faire des mesures dans des conditions extrêmes sans problème (par exemple en intérieur et en extérieur en même temps). De plus, la résolution temporelle de la caméra est de l'ordre de la microseconde, permettant ainsi de détecter la très grande majorité des phénomènes naturels.

Le développement de cette caméra asynchrone s'appuie sur une suite complète de méthodes mathématiques et la mise en place d'un réseau de neurones artificiels permettant l'utilisation de la technologie.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Conçu par l'institut Carnot Voir et Entendre - à l'Institut de la Vision, un des plus importants centres internationaux de recherche neurosensorielle - ce système est le seul principe de caméra asynchrone existant dans le monde. La résolution temporelle et la sensibilité de la caméra, ainsi que son principe de fonctionnement asynchrone, donnent un net avantage compétitif au prototype développé au regard de ce qui est disponible sur le marché. En effet, le traitement des données nécessite très peu de puissance de calcul et la caméra peut fonctionner dans des environnements très variés, ce qui laisse entrevoir pour Chronocam des applications dans de nombreux domaines : santé, imagerie, automobile, aéronautique, téléphonie, métrologie, jeux-vidéos...

# Des vis à transmission très haute performance

> **INSTITUT CARNOT** Ingénierie@Lyon

Les systèmes de transmission linéaire à vis à billes (VAB) ou vis à rouleaux satellites (VARs) permettent aujourd'hui de réaliser des vérins électromécaniques qui, du fait de leurs nombreux avantages, tendent à se substituer aux actionneurs hydrauliques : systèmes compacts et à haut rendement, à longue durée de vie et maintenance minimale, propres et silencieux. La vis à rouleaux satellites présente notamment l'intérêt d'une grande capacité de charges, de vitesses élevées, et d'une haute précision de positionnement. Mais étant d'un développement plus récent, elle est moins bien connue que la VAB et pose des problèmes de modélisation.

## Les partenaires

**Institut Carnot Ingénierie@Lyon** ([www.ingenierie-at-lyon.org](http://www.ingenierie-at-lyon.org)) / LaMCoS : Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures.

**ELBI** ([www.elbi-france.com](http://www.elbi-france.com)) : PME créée en 1976 (12 salariés), expert dans les systèmes de transmission linéaires (VAB, VARs) sur mesure, particulièrement pour le secteur de la pièce de rechange de machines-outils ou de machines spéciales. Elle propose des activités de fabrication, de modélisation et de dimensionnement.

## L'avancée scientifique / technologique

L'utilisation d'un vérin à vis à rouleaux satellites dans une application embarquée nécessite qu'il dispose d'une autonomie suffisante, donc que la VARs soit parfaitement optimisée en termes de rendement. Par son expertise en tribologie, l'institut Carnot Ingénierie@Lyon apporte les connaissances scientifiques en analyse et modélisation liées aux contacts multiples, afin que les pertes soient minimales et autorisent l'usage d'une motorisation électrique embarquée. Les travaux sont menés dans le cadre d'une thèse CIFRE\* et les avancées scientifiques et techniques concernent plus particulièrement la minimisation des pertes statiques et dynamiques du réducteur et de la VARs. Elles ont d'ores et déjà permis de réduire ces pertes d'un facteur 3 pour les vitesses et charges maximales, et une réduction d'au moins un facteur 2 supplémentaire est encore possible par le bon choix de certains composants.

*\*Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet FUI ELEXC porté par Volvo Compact Equipment visant au développement d'une mini pelle de chantier 100% électrique, optimisée pour une consommation d'énergie minimale.*



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Ces avancées technologiques sur la vis à rouleaux satellites permettent à ELBI de développer un système de transmission linéaire sur mesure de très haute performance : rendement élevé, maintenance faible, compacité des solutions, des lois et des possibilités de pilotage.

Ils permettent à la PME de s'ouvrir à de nouveaux marchés en proposant des actionneurs pour le secteur du BTP (mini-pelles), pour le levage (chariots), pour l'aéronautique (gouvernes à actionneurs électriques), ou encore pour la récupération d'énergie renouvelable (houle,...).

# Des chaussettes intelligentes pour les diabétiques

> INSTITUT CARNOT LSI

Le diabète est une maladie chronique grave qui touche 6,6% de la population adulte mondiale. Les ulcères du pied font partie des principales complications du diabète. On estime qu'environ 15% des personnes diabétiques seront touchées par une grave plaie du pied au cours de leur vie et qu'une personne sur quinze sera amputée. Pour prévenir ces pathologies, les textiles intelligents comportant des capteurs de pression sont capables de fournir des informations précises sur les zones d'appui prolongé du pied. Dans le cas du diabétique, il devient essentiel de prendre également en compte les contraintes internes du pied, à l'origine des ulcères les plus graves.



© TEXISENSE

## Les partenaires

**Institut Carnot LSI** ([www.carnot-lsi.com](http://www.carnot-lsi.com)) / TIMC-IMAG : Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité - Informatique, Mathématiques et Applications, Grenoble et AGIM : Age – Imagerie – Modélisation.

**TexiSense** ([www.texisense.com](http://www.texisense.com)) : start-up créée en 2010 spécialisée en modélisation biomécanique et dans les dispositifs médicaux de prévention des escarres et de l'ulcère plantaire du pied diabétique.

**IFTH** - Institut Français du Textile et de l'Habillement (membre de l'institut Carnot MICA)

**Les Hôpitaux de l'AP-HP** Raymond Poincaré de Garches et la Pitié-Salpêtrière.

## L'avancée scientifique / technologique

Les chercheurs du laboratoire TIMC-IMAG de l'institut Carnot LSI et la société TexiSense ont développé un modèle biomécanique du pied, un ensemble particulièrement complexe. Ce modèle original et sans précédent prend en compte les tissus mous, les os et leurs points de contact, l'ensemble des ligaments et une douzaine des muscles les plus importants ainsi que leur possible activation. Il s'appuie également sur une représentation fidèle de la morphologie de chaque patient ce qui permet un diagnostic individuel performant.

La détection des zones de pression, grâce à la chaussette-capteur, couplée à la modélisation des contraintes et déformations à l'intérieur du pied pendant un appui bipodal permet d'évaluer avec précision le risque de formation de plaie de pression pour chaque patient.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

TexiSense propose la première chaussette intelligente entièrement lavable, froissable et extensible grâce à ses capteurs de pression 100% textile. Son électronique embarquée en fait un objet autonome et permet, via une communication sans fil, de contrôler en temps réel et sur de longues durées, divers points de pression sur le pied. Le patient est ainsi alerté sur sa montre connectée ou son smartphone dès qu'un risque de plaie de pression est détecté ou lorsque la quantité de contrainte accumulée au cours de la journée est excessive. Le prototype de ce dispositif médical d'aide à la prévention des ulcères plantaires est en cours de validation clinique.

En plus de ces fonctionnalités novatrices, il peut être industrialisé sans modifier fondamentalement les modes de production textile. Une prouesse technique et de bons atouts pour un positionnement pertinent sur le marché des dispositifs médicaux !

# SID4Bio, une caméra pour l'imagerie de cellules vivantes

> INSTITUT CARNOT STAR

**Q**ue ce soit dans le domaine de la biologie fondamentale ou dans celui du diagnostic médical, il est important de pouvoir identifier finement les différentes cellules et composés cellulaires. La localisation précise de ces objets et leur quantification sont souvent nécessaires et les techniques de microscopie optique doivent aujourd'hui pouvoir répondre à l'ensemble de ces besoins d'observation, d'identification, de localisation et de quantification. Mais avec les méthodes de coloration ou d'imagerie par fluorescence, utilisées pour contrebalancer le caractère semi-transparent des cellules, la quantification et le suivi de l'évolution temporelle des échantillons biologiques vivants restent difficiles du fait de problèmes de fiabilité dans le temps ou de toxicité des marqueurs utilisés.

© PHASICS



## Les partenaires

**Institut Carnot STAR** ([www.icstar.fr](http://www.icstar.fr)) / équipe MOSAIC de l'Institut Fresnel.

**PHASICS** ([www.phasicscorp.com](http://www.phasicscorp.com)) : PME créée en 2003, qui a développé son activité à partir d'une technique brevetée d'interférométrie à décalage, permettant l'analyse haute résolution de front d'onde en optique. Ses analyseurs ont des applications dans les domaines de la métrologie laser, la métrologie optique et, maintenant, l'imagerie de phase quantitative pour la microscopie.

## L'avancée scientifique / technologique

**Une nouvelle méthode d'analyse en biologie cellulaire**, la microscopie de phase quantitative, a été mise au point grâce à la collaboration entre PHASICS et l'équipe de recherche spécialisée en biophotonique de l'institut Carnot STAR. Exploitant les propriétés de l'interaction entre la lumière et l'échantillon biologique avec la technique d'interférométrie développée par l'entreprise, elle permet d'observer très simplement des échantillons sans marquage préalable, avec un excellent contraste, et de réaliser des analyses d'images quantitatives. La masse sèche des cellules individuelles est par exemple évaluée, ce qui permet de suivre précisément le cycle cellulaire, donnée importante dans l'étude des cancers. Des domaines très éloignés du précédent, comme les phénomènes thermiques à l'échelle microscopique, sont maintenant concernés par cette technologie, ce qui engendre de nouveaux liens avec la biologie car les cellules sont sensibles au stress thermique. Les techniques développées permettent de doser très précisément et très localement ce stress et ouvrent de nouvelles voies en biologie cellulaire et en médecine.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Cette technique de microscopie** de phase quantitative commercialisée par PHASICS permet d'obtenir des images dont la résolution en phase est meilleure que celle de l'holographie numérique, avec une mise en œuvre beaucoup plus simple et un coût compatible avec une diffusion importante dans les laboratoires de biologie et de pathologie. Le produit SID4BIO permet à PHASICS d'être présent sur un nouveau marché à fort potentiel dont la croissance est supérieure à 10% par an.

# Le Spectron™, pour un suivi de maturité en toute liberté

> **INSTITUT CARNOT** Irstea

**F**ace à l'évolution des marchés, une des priorités du monde viticole est aujourd'hui d'assurer une qualité de production afin d'accroître la compétitivité des exploitations. La qualité des vendanges dépend étroitement du choix de leur date et différents critères de qualité du raisin doivent donc être suivis au cours de sa maturation, comme le sucre, l'acidité et les anthocyanes, qui permettent aux viticulteurs de décider de la date de récolte la plus optimale. Mais jusqu'à présent, il fallait au moins 24 heures pour obtenir les résultats des analyses, réalisées en laboratoire, des baies prélevées au champ.



© PELLENC

## Les partenaires

**Institut Carnot Irstea** ([www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)) : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

**PELLENC** ([www.pellenc.com](http://www.pellenc.com)) : groupe de près de 1200 salariés, créé en 1973. Fort de 16 filiales, 8 sites industriels en France et en Europe, et plus de 800 distributeurs dans le monde, PELLENC s'est imposé comme acteur majeur dans le domaine de l'agriculture spécialisée.

## L'avancée scientifique / technologique

L'expertise en spectrométrie de l'institut Carnot Irstea a permis à la société PELLENC de créer une innovation en proposant pour la première fois une technologie maniable et précise, adaptée à une application pour le raisin. C'est en effet grâce à ce partenariat qu'a été élaboré le Spectron™, à partir d'une sélection des longueurs d'onde utiles pour mesurer les 3 paramètres importants. L'appareil mesure à la fois le sucre, l'acidité et les anthocyanes et permet d'établir une mesure complète du stade de maturation des raisins. Pré-étalonné, le Spectron™ est un outil prêt-à-l'emploi et évite l'étape de l'étalonnage, autrefois obligatoire avant toute mesure. C'est un spectromètre autonome, compact, léger, portable et géolocalisé, qui permet donc de suivre la maturité du raisin à la parcelle.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Le Spectron™ répond aux besoins des viticulteurs** en fournissant instantanément des données sur le stade de maturation des raisins et en leur permettant d'estimer la date de récolte optimale.

Il facilite également la tâche des viticulteurs en proposant des mesures non-destructives alors que les autres protocoles exigent le prélèvement de raisin. Les mesures sont géoréférencées et permettent de réaliser des vendanges sélectives par parcelle.

*Le Spectron™ a été primé par une médaille d'Or au palmarès de l'Innovation 2009 du SITEVI.*

Il agrandit la gamme de PELLENC et renforce une fois encore sa position d'acteur incontournable dans le secteur du machinisme de la viticulture.

# Le jeu thérapeutique TOAP Run

> INSTITUT CARNOT ICM

**A**vec le vieillissement de la population et l'évolution des maladies chroniques, la société a besoin aujourd'hui de solutions cliniquement validées pour la rééducation physique et l'entraînement cognitif de patients atteints de troubles neurologiques (maladie de Parkinson, maladie d'Alzheimer, AVC, lésions cérébrales...). Dans ce contexte il existe un vrai besoin d'applications nouvelles en e-santé, notamment de serious games thérapeutiques à l'efficacité clinique validée et étalonnée.

## Les partenaires

**Institut Carnot ICM** (<http://icm-institute.org>) : Institut du Cerveau et de la Moelle épinière.

**Groupe GENIOUS** ([www.genious-healthcare.com](http://www.genious-healthcare.com)) : cette PME, de 200 personnes, est une SSII spécialisée dans les systèmes d'information, logiciels libres, solutions télécoms, e-learning, serious gaming, sites web, applications mobiles et R&D e-santé.

## L'avancée scientifique / technologique

Le partenariat entre le Groupe GENIOUS et l'ICM a conduit à la création du laboratoire commun BRAIN e-NOVATION, qui permet de bénéficier des expertises médicales de l'institut et de l'expertise en Technologie de l'Information et de la Communication (TIC) e-santé de la SSII. Issu de ce laboratoire, le serious game thérapeutique TOAP Run est destiné aux personnes atteintes de troubles de la marche et de l'équilibre (maladie de Parkinson). Immergé dans un univers 3D coloré, le patient travaille les postures de déséquilibre, d'ordinaire compliquées pour lui du fait de la maladie. Des sollicitations visuelles, sonores et cognitives l'incitent à se dépasser et les exercices lui permettent de gagner en amplitude, vitesse d'exécution, accélération du mouvement, et ainsi d'améliorer le mouvement de la marche. Les phases sont courtes (2 minutes environ) et constituent des tests d'évaluation scientifique : les données issues du jeu sont récupérées et servent de repère pour quantifier l'évolution du joueur et sa progression au fil des séances. Au-delà des avancées scientifiques et technologiques, les travaux de BRAIN e-NOVATION ont permis d'asseoir en France une révolution conceptuelle et culturelle par l'établissement et le développement des serious games thérapeutiques.



© GENIOUS HEALTHCARE

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**BRAIN e-NOVATION** est la première structure de serious games en France ayant une expérience conséquente dans le domaine de santé avec une validation clinique solide. Ainsi ses agents thérapeutiques peuvent prétendre au remboursement par les organismes d'assurance maladie et les démarches en ce sens sont actuellement en cours. Les résultats préliminaires montrent l'adhésion et une bonne réaction des patients à la thérapie proposée. Et les solutions développées vont permettre de diminuer les coûts de santé pour la société. La versatilité de la technique est un grand avantage qui lui permet d'être adaptable à plusieurs pathologies, y compris au-delà du seul domaine neurologique. Enfin, l'implantation du laboratoire BRAIN e-NOVATION dans un réseau de cliniciens-experts garantit un meilleur accès à l'utilisateur final, qu'il s'agisse de patients ou de professionnels de santé. De bons atouts pour développer le marché des thérapies numériques !



# Un procédé de traitement de surface écologique qualifié pour l'aéronautique

> INSTITUT CARNOT CIRIMAT



La protection de l'environnement est devenue un véritable enjeu pour l'industrie et le domaine des traitements de surface est particulièrement concerné, car il met en œuvre des substances chimiques de plus en plus réglementées, en particulier par l'Union Européenne. C'est notamment le cas du cadmium et du chrome, classiquement utilisés pour réaliser des revêtements anticorrosion de pièces métalliques. L'industrie automobile tend à remplacer le cadmiage par le dépôt électrolytique d'un alliage zinc-nickel, mais l'utilisation de ce type de traitement pour le secteur aéronautique se heurte à de nouvelles contraintes, tant sur la formulation de l'alliage que sur le procédé en lui-même, car il peut être à l'origine d'une fragilisation des pièces par occlusion d'hydrogène.

## Les partenaires

**Institut Carnot CIRIMAT** ([www.cirimat.cnrs.fr](http://www.cirimat.cnrs.fr)).



**MÉCAPROTEC Industries** ([www.mecaprotec.fr](http://www.mecaprotec.fr)) : ETI de 400 salariés, forte de 30 ans d'expérience dans le traitement de surface et activités connexes, telles que le contrôle non-destructif, les peintures ou encore l'usinage chimique, pour le marché aéronautique.

## L'avancée scientifique / technologique

Une collaboration avec l'institut Carnot CIRIMAT a permis à MÉCAPROTEC de répondre à ces problématiques industrielles. Les travaux, réalisés essentiellement dans le cadre d'une thèse CIFRE et de projets de Master Professionnel, ont mis en évidence les meilleures performances anticorrosion pour des alliages ZnNi monophasés à teneur élevée en nickel, et ont défini les conditions de mise en œuvre permettant de limiter les risques de fragilisation par l'hydrogène produit lors de la réaction d'électrolyse. De plus, le développement d'un procédé de finition par voie sol-gel permet de remplacer l'étape de finition par conversion chromique utilisée traditionnellement après une opération de cadmiage.



© MECAPROTEC INDUSTRIES

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

MÉCAPROTEC Industries a pu, grâce à son partenariat avec l'institut Carnot CIRIMAT, proposer un nouveau procédé de co-déposition zinc-nickel qui est plus respectueux de l'environnement et a obtenu une qualification transnationale par plusieurs constructeurs (Airbus, Boeing, Bombardier, Dassault, Safran, UTC, Embraer,...) ainsi que par de nombreux équipementiers aéronautiques.

MÉCAPROTEC Industries s'est affirmée comme une société majeure dans le secteur des traitements de surface pour l'aéronautique et jouit aujourd'hui d'une croissance exceptionnelle de 40% en 5 ans.

# Zelfo® un matériau biosourcé à base de fibres cellulosiques

➤ INSTITUT CARNOT 3BCAR

Les matériaux biosourcés sont à ce jour souvent utilisés pour des usages éphémères (emballages...) car leurs propriétés, tant mécaniques qu'esthétiques, sont souvent trop limitées pour d'autres applications. Ils sont également de plus en plus utilisés dans des matériaux composites, mais ceux-ci ne sont alors pas toujours entièrement biodégradables. Le Zelfo® est un matériau 100% naturel et biodégradable, qui présente le gros avantage de devenir dur comme de l'acier en séchant, offrant un large spectre de propriétés et d'usages. Mais s'il a fait la joie des designers dès le départ, il a longtemps été difficilement industrialisable.



© Zelfo Technology / Bio-Lutions

## Les partenaires

**Institut Carnot 3BCAR** ([www.3bcar.fr](http://www.3bcar.fr)) / LCA : Laboratoire de Chimie Agroindustrielle.

**TheGreenFactory** : PME fondée en 2008, ayant le statut de Jeune Entreprise Innovante. Elle est aujourd'hui l'un des membres fondateurs de **Zelfo Technology GmbH**, ([www.zelfo-technology.com](http://www.zelfo-technology.com)) qui exploite et continue à développer les nombreuses applications de ce matériau.

## L'avancée scientifique / technologique

Le **Zelfo®**, développé dans les années 1990, utilise les capacités auto-agglomérantes de la cellulose, sans nécessiter d'agent liant ni de colle. Mélangé avec de l'eau, il devient dur en séchant, mais réduit alors de 70% et de manière aléatoire, ce qui a rendu son procédé de transformation longtemps très artisanal. Afin de pouvoir industrialiser ce matériau, TheGreenFactory a alors lancé un programme de R&D en partenariat avec l'institut Carnot 3BCAR, particulièrement avec le LCA, spécialisé dans les transformations et les valorisations industrielles non alimentaires de la biomasse. Par son expertise sur les agro-matériaux, le LCA a pu accompagner la R&D de la PME, notamment dans le cadre d'une thèse CIFRE. Le travail en commun des deux partenaires a permis de développer un procédé de compression uniaxiale, qui a été breveté (brevet en co-dépôt). Ce procédé permet de mettre en forme tout matériau ligno-cellulosique, sans colle ni additif, pour en faire un matériau solide, léger et 100% biodégradable. Et il est transférable à l'échelle industrielle !

Un travail sur les propriétés du matériau a également été mené afin de pouvoir assouplir le Zelfo®, ou encore de l'hydrophober.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Les travaux de R&D menés en collaboration entre TheGreenFactory et l'institut Carnot 3BCAR permettent de transférer l'utilisation du Zelfo® d'une échelle artisanale (meuble design) à l'échelle industrielle, par le développement de procédés innovants de mise en forme. Ces procédés de transformation industrielle ouvrent à ce matériau prometteur les portes vers de nouveaux marchés – le Zelfo® a ainsi été désigné "Bio-material of the year 2011" par le Nova Institute. Et aujourd'hui, l'élargissement du spectre des propriétés du matériau (liants, flexibilité...) renforce encore cette ouverture à de nouveaux marchés !

# L'Electrospinning : un procédé sobre et souple de production de nanofibres de cellulose

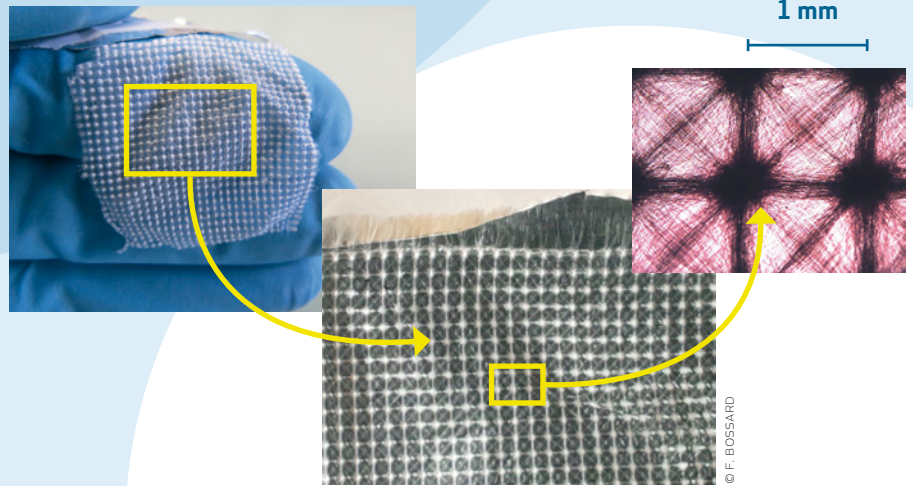
> **INSTITUT CARNOT PolyNat**

Les matériaux nanofibreux biosourcés ont démontré leur caractère innovant dans les domaines de l'ingénierie tissulaire, de l'énergie ou de la vectorisation dans des formulations composites, notamment grâce à leurs surfaces spécifiques considérables (100 m<sup>2</sup>/g). Cependant leur coût et leur hétérogénéité ont jusqu'à présent limité leur commercialisation.

L'électrospinning est un procédé de production permettant de produire, sous champ électrique intense, des nanofibres continues de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres de diamètre, s'organisant en réseaux tridimensionnels. Peu onéreux, il permet d'obtenir une large gamme de produits finaux en termes de diamètre, de capacité de surface, de forme (sphères ou fibres) en jouant sur la nature des polymères, des solvants ou sur les paramètres du procédé. Mais utiliser l'électrospinning pour des polymères biosourcés n'avait été jusqu'à que rarement envisagé, car la spécificité technologique de ces matériaux nécessite de fortes expertises pour les intégrer dans un procédé industriel : caractérisation du biopolymère, optimisation des conditions industrielles ou mise en forme du matériau final.

## L'avancée scientifique / technologique

L'institut Carnot PolyNat ([www.polynat.eu](http://www.polynat.eu)) rassemble cinq laboratoires aux activités complémentaires pour la R&D sur l'électrospinning : synthèse du polymère biosourcé, fonctionnalisation, mécanique des membranes, procédé et rhéologie. Grâce à cet ensemble de compétences, il a pu développer ce procédé sur des matériaux biosourcés pour les rendre industrialisables, économiquement réalistes, et améliorer leurs performances. Ces travaux ont permis de multiplier le nombre de polymères utilisables (hydrophiles, fonctionnalisés...) et leurs mises en forme (sphères, fibres, fibres cœur/peau, réseaux) pour une grande diversité d'applications, depuis le matériau de renfort jusqu'à l'ingénierie de tissu neurologique. Un effort particulier a été porté sur le contrôle de la morphologie du réseau de fibre, permettant de moduler efficacement la porosité et les propriétés mécaniques du matériau.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Les produits obtenus peuvent trouver des applications dans de nombreux marchés tels que la catalyse, l'ingénierie tissulaire (pansements, reconstruction de tissu mou...), la filtration, ou encore le stockage d'énergie. Dans le domaine des membranes par exemple, ces nouveaux matériaux présentent une déformation à la rupture 10 fois supérieure aux membranes obtenues par extrusion, procédé très largement utilisé en industrie.

Plusieurs contacts sont en cours, notamment avec un EPIC du domaine de l'énergie et, au niveau industriel, avec une entreprise pharmaceutique française d'envergure internationale et un groupe international de la chimie.

# Cancérologie : des chambres implantables avec risque réduit d'infections

> **INSTITUT CARNOT** Curie Cancer



Les chimiothérapies contre le cancer sont souvent chimiquement très agressives pour les vaisseaux sanguins. De ce fait le traitement est administré via des chambres implantables pour déverser les médicaments dans un vaisseau sanguin profond à débit très important ce qui permet une dilution rapide. Une chambre implantable est un petit réservoir métallique recouvert de silicone, implanté chirurgicalement sous la peau. Ce réservoir dispose d'un opercule, qu'il est possible de transpercer à l'aide d'une seringue pour le remplir régulièrement. Les chambres sont posées en début de traitement, et peuvent rester en place pendant de nombreux mois. Malheureusement, il arrive que des bactéries présentes sur la peau pénètrent dans les chambres lors des rechargements, provoquant des infections potentiellement dramatiques chez des sujets au système immunitaire souvent très affaibli.

## Les partenaires

**Institut Carnot Curie Cancer** (<http://curie.fr/curie-cancer>).

**Vygon** ([www.vygon.com](http://www.vygon.com)) : ETI de 1800 salariés, qui conçoit, produit et commercialise des dispositifs médicaux stériles à usage unique.

## L'avancée scientifique / technologique

Une équipe de l'institut Carnot Curie Cancer du domaine de la chimie a breveté un procédé permettant de greffer des molécules hydrophiles sur du silicone, pourtant réputé inerte.

Vygon s'est adressé à Curie Cancer pour tester ce procédé afin de développer des chambres implantables sur lesquelles les bactéries ne pourront plus adhérer et se développer, ce qui limite fortement le risque d'infection.

Le travail en commun des deux parties a permis de développer un produit qui permet de limiter les infections potentiellement dramatiques chez des sujets au système immunitaire souvent très affaibli.



© VYGN

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Ce développement réalisé avec l'institut Carnot Curie Cancer permet à Vygon de lancer un produit sans équivalent sur le marché. Doté d'un avantage compétitif très fort, il fera de l'entreprise un acteur international majeur sur le marché des chambres implantables.

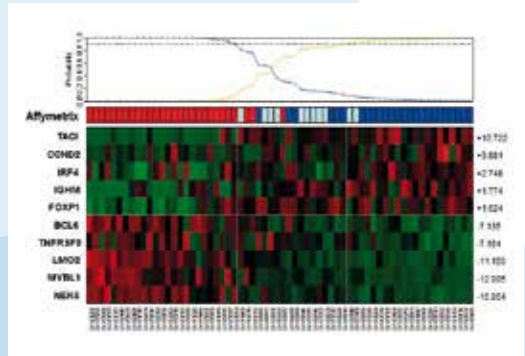
# Un nouveau test rapide et de faible coût pour diagnostiquer les sous-types de lymphomes et cibler le traitement

➤ INSTITUT CARNOT CALYM



© CHB - UMR U918

Il existe plus de trente sous-types de lymphomes. Les plus fréquents sont les lymphomes diffus à grandes cellules (DLBCL) qui touchent entre 3000 et 4000 patients chaque année en France. Les DLBCL peuvent être classés en deux sous-types majeurs: ABC et GCB de pronostic différent. Il est pourtant essentiel de savoir distinguer ces tumeurs pour améliorer la prise en charge des patients DLBCL. A l'heure actuelle, ces sous-types ne peuvent pas être différenciés sur des critères morphologiques classiques au moment du diagnostic. Les techniques d'analyse globale des profils d'expression génique de type microarray, méthode de référence pour les différencier, est difficilement transposable au diagnostic de routine et les approches alternatives de type immunohistochimie sont peu fiables.



## L'avancée scientifique / technologique

La classification des lymphomes diffus à grandes cellules en ABC et GCB a été établie par un laboratoire américain du National Institute of Health (NIH). Le laboratoire INSERM U918 (Centre Henri Becquerel à Rouen) de l'institut Carnot CALYM ([www.calym.org](http://www.calym.org)) a développé une méthode robuste, simple et peu coûteuse de classification qui permet de transposer la méthode américaine en un produit compétitif sur le marché des tests compagnons. Ce test diagnostique innovant est breveté. Il est basé sur une méthode de génétique moléculaire et permet de diagnostiquer les sous-types de lymphomes et de cibler le traitement.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

Ce test est simple et rapide dans sa mise en œuvre et il fait appel à des réactifs et équipements standard, ce qui le rend utilisable dans de nombreux laboratoires. Son grand intérêt pour le diagnostic de routine est que le résultat peut être obtenu en moins de 24h, et pour moins de 5 euros par patient.

Ce test pourrait également être appliqué à la stratification des patients inclus dans les essais cliniques afin d'orienter le choix des traitements et permettre la généralisation des thérapies ciblées, notamment pour les patients DLBCL.

# De nouvelles cibles thérapeutiques pour un nouveau médicament contre le paludisme

➤ **INSTITUT CARNOT Pasteur MI**

**D'**une importance cruciale en termes de santé publique, le paludisme touchait encore plus de 200 millions de personnes en 2013. Beaucoup de progrès ont été accomplis ces dernières années dans le traitement de cette maladie, mais l'arsenal prometteur de médicaments et les mesures de contrôle renforcées se heurtent à la sélection constante de parasites multi-résistants aux traitements utilisés, y compris les plus récents comme les dérivés de l'artémisinine. Pour maintenir l'efficacité du contrôle et relever le défi de l'élimination, de nouveaux anti-paludiques sont constamment nécessaires.

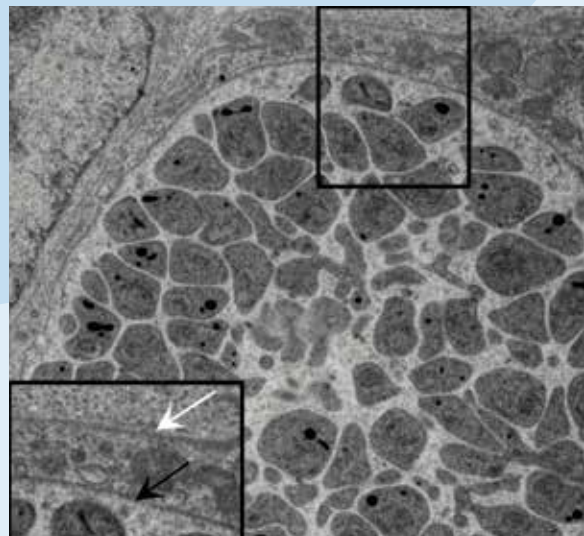
*Microscopie électronique d'un schizonte hépatique de Plasmodium berghei génétiquement déficient pour une des protéases.*

## L'avancée scientifique / technologique

**Les anti-paludiques ciblent en général les stades intra-cellulaires du parasite Plasmodium**, agent du paludisme. Mais l'Unité de Biologie et génétique du paludisme de l'institut Carnot Pasteur Maladies Infectieuses ([www.pasteur.fr/fr/recherche/institut-carnot-pasteur-mi](http://www.pasteur.fr/fr/recherche/institut-carnot-pasteur-mi)) a ouvert une autre voie. Elle a mis en évidence le rôle essentiel joué par deux protéases parasitaires lors de la sortie du parasite des hépatocytes et des globules rouges de l'hôte, puis de son entrée dans des globules rouges sains.

Cette nouvelle approche a fortement intéressé un industriel français de la pharmacie, qui a alors engagé une collaboration avec le laboratoire et les deux instituts membres du Réseau International des Instituts Pasteur au Cambodge et en Guyane. Ce partenariat vise à développer une première série d'inhibiteurs de ces protéases, identifiée grâce

notamment à des tests de criblage à haut débit et validée par des protocoles d'évaluation biologique qui ont montré leur capacité à bloquer la multiplication parasitaire. De ces avancées scientifiques découlent alors des applications potentielles en réponse à un des grands problèmes actuels de santé publique.



© INSTITUT PASTEUR - CNRS

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

En reprenant les résultats obtenus sur des composés chimiques originaux découverts par l'institut Carnot Pasteur MI, l'entreprise pharmaceutique travaille à en faire un nouveau candidat anti-paludique. Les recherches entamées en 2008 sur le paludisme au sein de l'institut sont en effet engagées aujourd'hui dans la phase translationnelle visant à donner naissance à un candidat médicament.

Comme dans tout projet de développement mené par l'industrie pharmaceutique, le chemin est long jusqu'au marché, mais le processus est bien engagé et un candidat médicament devrait être évalué à l'horizon 2020.

# RSV-NanoViaSkin, un vaccin innovant contre la bronchiolite du nourrisson

> INSTITUT CARNOT ICSA

Le virus respiratoire syncytial (VRS) est le principal agent responsable de la bronchiolite chez le nourrisson (VRS humain) et de la pneumonie chez le veau (VRS bovin). A l'heure actuelle, il n'existe aucun vaccin chez l'homme, et ceux destinés aux bovins sont peu efficaces. C'est la première cause d'hospitalisation avant 2 ans et la principale cause de bronchiolite et de pneumopathie chez l'enfant.

## Les partenaires

**Institut Carnot Santé Animale – ICSA** ([www.ic-sante-animale.com](http://www.ic-sante-animale.com)) / Unité de recherche Virologie et Immunologie Moléculaires (VIM).

**DBV Technologies** ([www.dbv-technologies.com](http://www.dbv-technologies.com)) : société biopharmaceutique française, fondée en 2002 pour développer une nouvelle voie d'immunothérapie utilisant pour la première fois la voie épicutanée. Elle est basée sur une plateforme technologique innovante, le patch Viaskin®, et son premier champ d'application est le traitement de l'allergie sévère, en particulier alimentaire, et cela dès le plus jeune âge. Elle est la première société de biotechnologies française à s'être introduite en Bourse à New York, en octobre 2014.

## L'avancée scientifique / technologique

L'unité VIM de l'ICSA étudie les agents pathogènes qui affectent les animaux et les mécanismes de défense mis en œuvre par l'hôte afin de développer, en collaboration avec les entreprises, des stratégies innovantes de lutte par de nouvelles approches vaccinales et thérapeutiques. Grâce à leur expertise importante sur le RSV et les vaccins, ses chercheurs ont développé des assemblages moléculaires à partir de la protéine virale la plus conservée entre les virus bovins et humains. Ces particules se présentent sous la forme d'anneaux d'une dizaine de nanomètres de diamètre. Chez la souris et le veau, l'exposition à ces entités induit des défenses immunitaires conférant une protection vaccinale contre le virus. Plusieurs études menées ces dernières années leur ont permis d'aboutir à une structure améliorée des anneaux portant d'autres éléments du virus qui augmentent l'efficacité du vaccin. Face à ces résultats, DBV Technologies a noué un partenariat avec l'ICSA afin d'utiliser une voie d'administration originale, la voie épicutanée (patch Viaskin®) en mesure de surmonter les obstacles de l'interférence des anticorps maternels et l'immaturité du système immunitaire du nourrisson. Cette technologie a l'avantage de ne nécessiter aucune préparation de la peau ni d'adjuvant pour faciliter le passage de l'antigène à travers les couches superficielles de la peau.



DBV TECHNOLOGIE ©

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

La mise en commun des résultats scientifiques et des technologies novatrices développées par DBV Technologies et l'ICSA permet ainsi d'aboutir au développement du premier vaccin pédiatrique contre la bronchiolite qui soit non invasif et sans adjuvant, et surtout efficace par voie cutanée. DBV Technologies ouvre ainsi le champ d'application de sa nouvelle méthode d'immunothérapie par voie épicutanée au domaine des maladies immunitaires et inflammatoires. Une belle entrée sur le marché de la vaccination !

# Des glaces végétales riches en protéines

> **INSTITUT CARNOT** Qualiment

**D**u fait de l'augmentation de la population de la planète, la production de protéines pour l'alimentation des populations et l'évaluation de la qualité de ces protéines pour satisfaire les besoins de l'Homme vont devenir des questions majeures dans les décennies à venir pour l'ensemble du monde. Le développement de nouveaux aliments optimisant l'apport protéique d'origine végétale paraît également important dans certaines situations (personnes âgées, sportifs...) où les besoins nutritionnels sont modifiés au plan quantitatif et qualitatif.



## L'avancée scientifique / technologique

**De nombreux problèmes ont été identifiés** suite à l'incorporation de protéines végétales dans nos aliments. En particulier, des défauts d'arôme, de saveur ou de texture ont été mis en évidence et sont un réel frein à l'acceptabilité des produits par les consommateurs. Dans ce contexte et afin de tendre vers un système alimentaire plus durable et de proposer une offre alimentaire plus riche en produits végétaux, facilement utilisables par les consommateurs, les chercheurs de l'institut Carnot Qualiment travaillent actuellement sur l'amélioration des qualités sensorielles (arômes, off flavor, amertume, texture...) et nutritionnelles (digestibilité, bio-disponibilité des nutriments, bénéfices santé) des protéines de légumineuses.



## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Peu d'aliments riches en protéines végétales** et satisfaisant les attentes gustatives des consommateurs sont développés par les entreprises agro-alimentaires. Les résultats obtenus pour ces glaces végétales offrent des promesses en termes de développements d'aliments de ce type, ce qui intéresse déjà quelques entreprises agro-alimentaires et une start-up est en cours de création. En outre, ce produit convient également aux personnes intolérantes aux produits laitiers.



# Vers les huiles et lipides à haute valeur nutritionnelle de demain pour les aliments de tous les jours

> INSTITUT CARNOT LISA

**A**u cours des 30 dernières années, l'évolution de notre alimentation a conduit à une réduction forte de la consommation des produits de la mer qui constituaient la source privilégiée d'acides gras polyinsaturés de notre organisme. Ceci a entraîné, afin de compenser, le développement de la consommation d'huiles riches en ces acides gras (DHA et EPA). Ces dernières sont issues des huiles de poisson, donc de la pêche industrielle, et proposées essentiellement sous forme de suppléments nutritionnels. Les microalgues, qui sont à l'origine de la chaîne alimentaire, constituent une source de choix, durable et sûre, de ces acides gras.



© FERMENTALG

## Les partenaires

**Institut Carnot LISA** ([www.lisa-carnot.eu](http://www.lisa-carnot.eu)) / ITERG : Institut des Corps Gras.

**Fermentalg** ([www.fermentalg.com](http://www.fermentalg.com)) : Biotech fondée en 2009 sur une technologie et un savoir-faire unique dans la production de microalgues, et notamment les microalgues capables de produire des lipides.

## L'avancée scientifique / technologique

**Fermentalg développe la production de ces acides gras « nouvelle génération »** à partir des microalgues produites sur son site de Libourne, avec le soutien de l'ITERG, une des équipes de l'institut Carnot LISA, Lipides pour l'Industrie et la Santé.

Ces nouvelles huiles nécessitent en effet la mise en place d'une technologie spécifique. La biodiversité et les nombreuses applications industrielles des microalgues imposent notamment d'optimiser leurs conditions de culture, comme la technologie d'extraction de la molécule d'intérêt produite par les microalgues, et cela jusqu'au stade de production industrielle.

La vocation de l'institut Carnot LISA est de répondre aux besoins des entreprises dans le domaine des huiles, corps gras et lipides, notamment sur les secteurs de l'alimentation et de la santé. Ainsi, l'ITERG apporte à Fermentalg son expertise dans l'analyse, l'extraction, le raffinage, la purification et la désodorisation de ces huiles, dont le profil est sensiblement amélioré par rapport aux huiles de poisson. Cette collaboration va permettre à Fermentalg d'aller encore au-delà en proposant des huiles encore plus innovantes.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Fermentalg a investi à Libourne** pour répondre à cette problématique et l'unité industrielle se met en place (pose de la première pierre le 12 février 2015).

Au-delà du marché traditionnel des suppléments nutritionnels, produits vendus sous forme de gélules ou capsules, les huiles de microalgues sont incorporables dans les aliments classiques, ce qui permettra l'amélioration du profil nutritionnel et des bénéfices santé des aliments disponibles pour tous. Ceci rend accessible un marché de plusieurs dizaines de milliers de tonnes. D'ailleurs, au-delà de l'unité de Libourne qui emploie maintenant plus de 60 personnes, cette technologie s'exporte et d'importants projets d'investissement sur les autres continents sont en cours de lancement.

# Deep Arvor, une instrumentation océanographique pour traquer le réchauffement climatique des océans jusqu'à 4000 m de fond !

➤ **INSTITUT CARNOT Ifremer EDROME**

Les océans stockent, transportent via les courants marins et échangent avec l'atmosphère d'énormes quantités de chaleur, d'eau et de gaz. Caractériser les effets du changement climatique, comprendre et prévoir l'évolution du climat de la planète nécessitent une connaissance précise de l'océan, avec des moyens d'observation globale sur le long terme. Lancé en 2000, le programme international Argo a pour objectif de développer et de maintenir un réseau global de 3000 flotteurs profilants, d'une durée de vie moyenne de 4 ans, autonomes et mesurant, en temps réel et tous les 10 jours, la température et la salinité des 2000 premiers mètres de l'océan. Mais ces mesures montrent que la variabilité saisonnière peut-être significative au-delà de 2000 mètres, rendant nécessaire le développement d'un flotteur capable d'atteindre 4000 mètres pour le suivi des masses d'eau profondes.

## Les partenaires

**Institut Carnot Ifremer EDROME** ([www.ifremer.fr/institut\\_carnot](http://www.ifremer.fr/institut_carnot)) / Unité Recherches et Développement Technologiques (RDT) et les partenaires de l'Equipex Naos (Novel Argo observing system).

**nke SA** ([www.nke-corporate.fr](http://www.nke-corporate.fr)) : PME créée en 1984, qui conçoit, fabrique et installe des instruments électroniques de mesure pour les domaines environnementaux et la sécurité. Elle est en charge de l'industrialisation et de la commercialisation des flotteurs français Argo et se situe sur ce marché au 3<sup>ème</sup> rang, derrière les 2 principaux concurrents américains.

## L'avancée scientifique / technologique

**Deep Arvor** repousse, pour la première fois, les limites de l'observation des eaux marines jusqu'à 4000 mètres de profondeur. La principale innovation technologique réside dans l'utilisation d'un tube en matériau composite, développé grâce aux compétences sur le comportement des matériaux composites en milieu marin et sous pression de l'Unité RDT de l'institut Carnot Ifremer EDROME, A cela s'ajoute une motorisation hydraulique performante auto-adaptable. Le flotteur



©IFREMER

est ainsi plus résistant à haute pression et plus léger (seulement 26 kg) et sa fabrication et son déploiement sont simplifiés. Deep Arvor intègre également de nouvelles fonctionnalités : la télécommande à distance, la haute résolution pour un échantillonnage vertical mètre par mètre, une durée de vie nominale de 4 ans, ainsi que la possibilité d'effectuer 150 cycles pour recueillir 150 profils de température, salinité et oxygène.

## + AVANTAGE CONCURRENTIEL APPORTÉ AUX ACTEURS ÉCONOMIQUES

**Deep Arvor** amorce une nouvelle génération très compétitive de flotteurs profilants profonds possédant des performances accrues pour un coût raisonnable. Il permet non seulement d'améliorer la contribution française à Argo, mais également de préparer les prochains défis scientifiques pour ce programme. Pour nke SA, ce partenariat a conduit à une baisse des coûts et à l'augmentation de son chiffre d'affaires, avec la perspective de remporter de nouveaux succès à l'exportation en Europe, en Chine, au Japon, en Inde...