



OUEST  
**VALORISATION**  
Ressources d'innovation

## **MATÉRIAUX & PROCÉDÉS AU SERVICE DE L' INDUSTRIE 4.0**

Mai 2021

# **DOSSIER THÉMATIQUE**

INDUSTRIE 4.0 :  
MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS

EN PARTENARIAT AVEC

**IRT  
JULES  
VERNE**

**LE FUTUR  
DE VOS USINES**

**In Extenso**  
Innovation Croissance



Le 15 juillet dernier, Jean Castex fléchait 40 milliards d'euros vers l'industrie dans le cadre du plan de relance.

Avec une ambition : « transformer notre appareil productif ». Cette décision doit accélérer la nouvelle révolution industrielle déjà en marche mais également d'anticiper d'éventuelles crises à venir. Ces réflexions stratégiques autour de l'industrie 4.0 ne concernent pas uniquement la transformation numérique, les objets connectés ou les robots. Les matériaux et les procédés sont eux aussi au cœur de cette mutation.

Ces nouveaux matériaux offrent de multiples opportunités pour l'usine du futur. Baisse des coûts, augmentation des performances, préservation de l'environnement, la recherche et l'ingénierie des matériaux avancés jouent un rôle clé dans l'industrie de demain. Du côté des procédés, les usages évoluent également et nous assistons à un vrai changement de paradigme des méthodes et des process.

L'un des enjeux de l'industrie du futur, c'est de produire propre, mieux et plus rapidement mais également de prendre en compte l'humain au cœur de cette révolution qui aura des impacts majeurs sur les procédures et les méthodes de travail. Des changements nécessitent de repenser l'ergonomie des postes dès la conception des lignes de production. Les industriels tentent donc de s'approprier les nouvelles technologies tout en offrant à leurs équipes une montée en compétence et une qualité de vie au travail.

Ouest Valorisation entretient des liens forts avec l'IRT Jules Verne afin de développer des initiatives d'excellence autour de projets structurants dans le domaine du manufacturing. Au cœur de l'innovation et ancré sur le territoire, l'IRT Jules Verne est un centre de recherche industriel mutualisé dédié au manufacturing. Sa vocation : améliorer la compétitivité de filières industrielles stratégiques en France en proposant des ruptures technologiques sur les procédés de fabrication. Sa mission : accélérer l'innovation et le transfert technologique vers les usines.

En connexion avec les besoins du marché, Ouest Valorisation sélectionne et accompagne des projets ambitieux qui participeront à l'industrie de demain. C'est donc avec un très grand plaisir que nous vous présentons ce dossier thématique, une lecture qui vous permettra de cerner les enjeux de ce marché.

Très bonne lecture.

**Bruno Westeel**  
**Directeur Marketing & Communication**  
**SATT Ouest Valorisation**

Rédacteurs :



**Nathalie Gréal**  
 Chargée de marketing  
 SATT Ouest Valorisation  
 nathalie.greal@ouest-valorisation.fr  
 Tél : +33 (0)2 99 87 46 55



**Arnaud Trochet**  
 Chargé de marketing de la donnée recherche  
 SATT Ouest Valorisation  
 arnaud.trochet@ouest-valorisation.fr  
 Tél : +33 (0)2 99 87 56 23



**David Afriat**  
 Associé  
 In Extenso Innovation Croissance  
 david.afriat@inextenso-innovation.fr  
 Tél : +33 (0)6 50 21 19 25



**Simon MAIRE**  
 Ingénieur Conseil confirmé  
 simon.maire@inextenso-innovation.fr  
 Tél : 04 97 21 41 10 | Mob : 06 83 09 15 37

# SOMMAIRE

#1

Le marché  
 Page 4

#2

Cartographie Brevets  
 Page 10

#3

Focus partenaires  
 Page 12

#4

Focus Start-up  
 Page 14

#5

Les offres de technologie  
 Page 18

#6

Les plates-formes technologiques  
 Page 25

#7

Qui sommes-nous ?  
 Page 32

#8

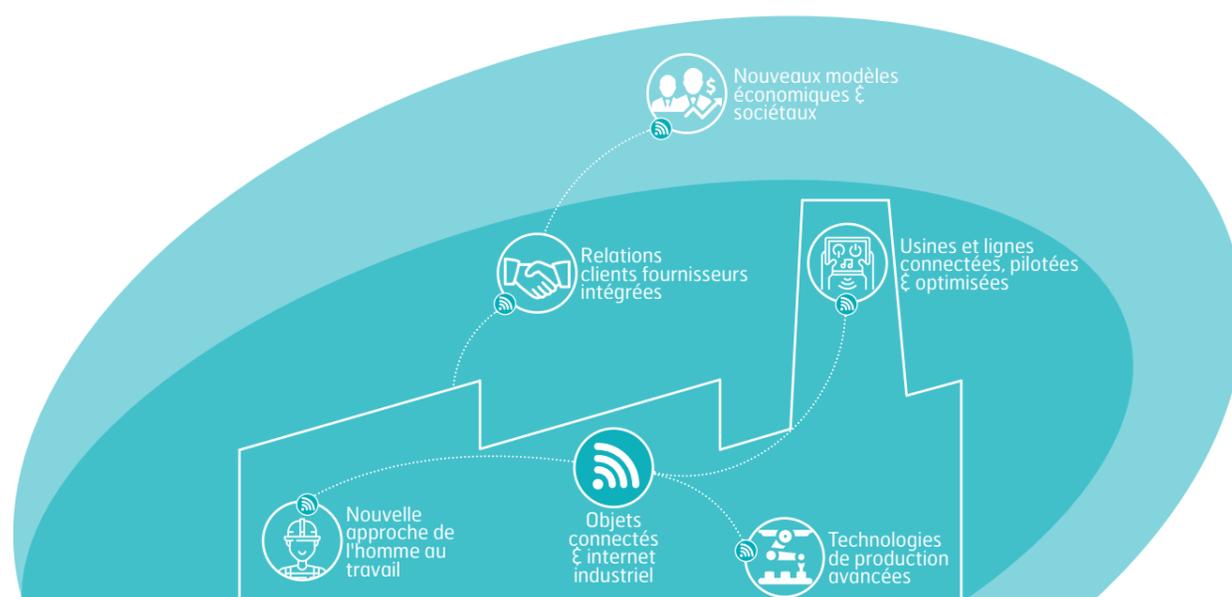
Vos contacts  
 Page 36

# MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS

## DOMAINE CLÉ DE L'USINE 4.0

### Un domaine clé de l'usine 4.0 du fait de son caractère pervasif à toutes les filières industrielles

Grâce à l'essor des nouvelles technologies et des objets connectés, les entreprises ont entamé leur transformation vers l'industrie du futur.



PRÉSENTATION DES POSSIBILITÉS OFFERTES PAR L'INDUSTRIE DU FUTUR<sup>01</sup>

Ces différentes avancées technologiques ont aussi élargi le champ des possibles en matière de produits. Ces derniers, de plus en plus complexes, offrent de nombreuses fonctionnalités encore inaccessibles il y a quelques décennies : connectivité, interopérabilité, transportabilité, résistance, etc.

Cette révolution a principalement été rendue possible grâce à l'avènement de nouveaux modes de production plus évolués (fabrication additive, impression 3D, intelligence artificielle, robots collaboratifs, cobotique, etc.) et des nouveaux matériaux avancés (aciers à très hautes performances, superalliages, silicones, polymères, composites thermoplastiques, etc.).<sup>02</sup>

Cependant, considérer séparément matériaux et procédés serait une erreur. En effet, le matériau étant à la base de tout produit, il lui confère ses principales

caractéristiques telles que sa couleur chimique, la plupart de ses propriétés physiques ou sa forme. Il est l'un des premiers maillons de la chaîne de production. Ainsi, dans de nombreux secteurs industriels (automobile, BTP, électronique, etc.), l'utilisation d'un matériau dépend énormément du produit final souhaité<sup>03</sup>. Une connaissance approfondie des matériaux est dès lors cruciale pour le développement de nouveaux dispositifs.

En outre, de plus en plus de procédés innovants n'exploitent plus simplement les matériaux comme une base à travailler pour obtenir un produit mais nécessitent l'emploi de matériaux durant certaines étapes des **procédés de fabrication**. Par exemple, des poudres métalliques ou céramiques peuvent servir pour le moulage de pièces. Ce moulage par injection

de poudre peut être utilisé pour les procédés « **near net shape** ». Par conséquent, dans cette nouvelle ère industrielle, il devient indispensable de considérer le couple procédés-matériaux pour répondre à trois principaux besoins :

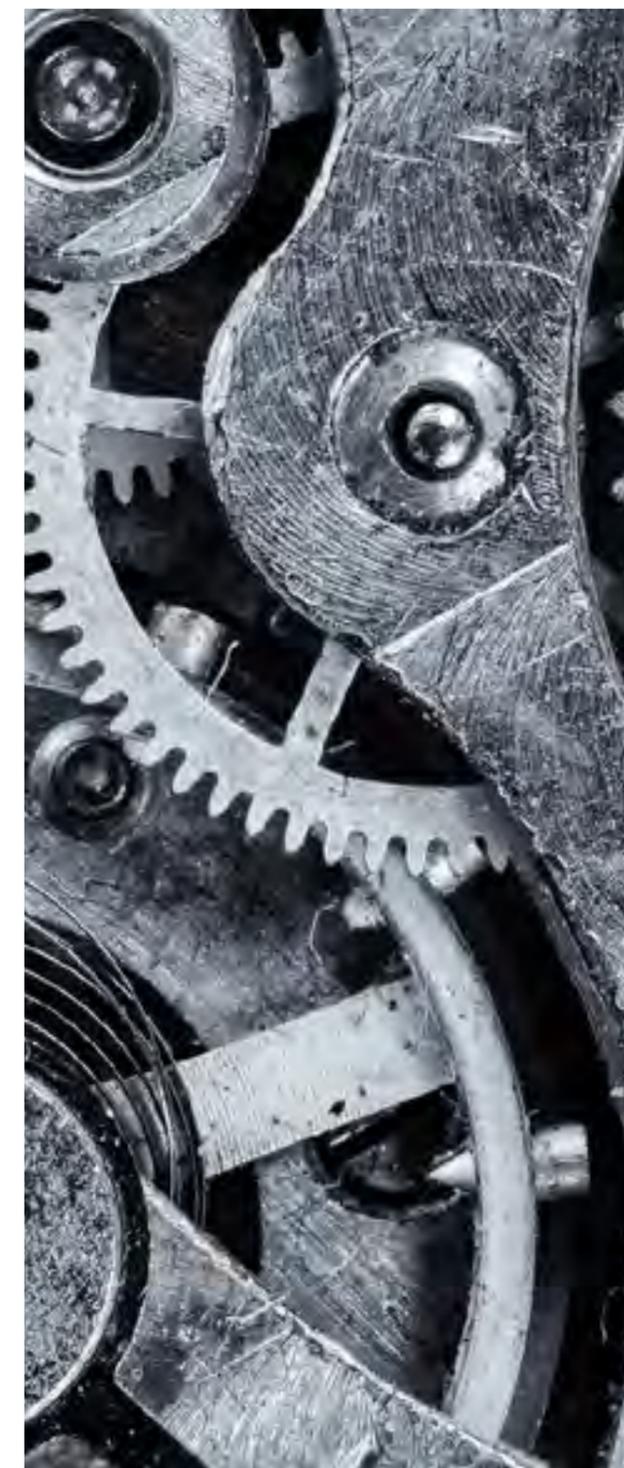
1. Augmenter non seulement la valeur ajoutée d'un produit mais également développer sa polyvalence<sup>04</sup>;
2. Améliorer la productivité et la qualité des pièces produites afin d'accroître la performance économique des entreprises ;
3. Appréhender et maîtriser les évolutions sociétales et réglementaires afin de proposer des produits plus durables, moins polluants et plus respectueux de l'environnement<sup>05</sup>.

### Un marché à plus de 2 000 milliards de dollars en 2025, tiré par le secteur du transport...

Le marché des matériaux avancés, incluant les procédés, est estimé à environ **1 700 milliards de dollars en 2020, avec un taux de croissance annuel moyen de 4.5%<sup>06</sup> pour atteindre 2 100 milliards de dollars en 2025.**

Du fait du caractère pervasif des matériaux, cette croissance est intimement liée aux tendances des marchés desservis en aval tels que l'environnement, les TIC, la santé, l'énergie et les transports (notamment l'automobile et l'aéronautique).

En effet, de nos jours l'industrie aérospatiale utilise pour chaque nouvel avion, une quantité de polymère renforcé par des fibres de carbone (CFRP) qui n'est que légèrement inférieure aux métaux et alliages. Par ailleurs l'industrie automobile fait actuellement face à des demandes croissantes en termes de rendement énergétique et de réduction des émissions. A ce titre les matériaux avancés tels que les aciers à haute résistance, les alliages non ferreux (aluminium et titane) et divers composites (fibres de carbone et matrice métallique) suscitent un grand intérêt notamment pour produire des véhicules légers plus écologiques.<sup>07</sup>



01 - <http://www.referentiel-idf.org/cetim/fr-FR>

02 - [http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies\\_2018\\_V3.pdf](http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies_2018_V3.pdf)

03 - <https://www.sopropofame.fr/materiaux-futur-perspectives-avenir-industrie/>

04 - <https://technologies-cles-2020.entreprises.gouv.fr/assets/pdf/technologies/technologie-01.pdf>

05 - [http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies\\_2018\\_V3.pdf](http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies_2018_V3.pdf)

06 - Advanced Materials Market - Forecast(2020 - 2025). Publié par IndustryARC et disponible à l'adresse : <https://www.industryarc.com/Report/15380/advanced-materials-market.html>.

07 - Advanced Materials Market - Forecast(2020 - 2025). Publié par IndustryARC et disponible à l'adresse : <https://www.industryarc.com/Report/15380/advanced-materials-market.html>.

**...porté par les enjeux sous-jacents aux autres filières industrielles mais qui fait encore face à de nombreux obstacles.**

De la même façon que présenté précédemment, les enjeux du marché des matériaux avancés sont intrinsèquement liés à ceux des marchés applicatifs finaux. On peut ainsi identifier quatre familles principales d'enjeux :

- économiques (possibilité de différenciation d'un produit par rapport à la concurrence),
- sociétaux (réduction de la pollution sonore),
- technologiques (possibilité de répondre à un cahier des charges complexe)
- et environnementaux (réduction de l'utilisation de matières plastiques).

Comme le prouvent les tendances liées au secteur de l'environnement présentées ci-dessous, **l'écoresponsabilité** est un des principaux moteurs des matériaux et procédés innovants. En effet, compte tenu des politiques gouvernementales de plus en plus strictes face aux enjeux du changement climatique (cf. accord de Paris pour le climat signé en novembre 2015), et de son positionnement transverse à de nombreux marchés applicatifs, les matériaux et procédés innovants<sup>01</sup> ont un rôle clé à jouer vis-à-vis de l'impact de l'industrie manufacturière sur

l'écosystème. Ils peuvent en effet permettre de répondre aux enjeux du développement durable de l'industrie 4.0 tout en visant des performances technologiques et économiques accrues.

Face à ces enjeux, plusieurs obstacles restent à surmonter. Le premier d'entre eux est de nature financière. Selon une étude réalisée en 2017 par E&B DATA et Deloitte sur l'écosystème des matériaux avancés<sup>02</sup>, **l'accès à des financements représente le principal frein à la croissance des entreprises, notamment pour les petites et très petites entreprises.** A titre d'exemple, les polymères renforcés par des fibres de carbone, largement utilisés dans les secteurs de l'aérospatial, du sport et de l'énergie, en raison de leurs propriétés mécaniques et thermiques exceptionnelles, sont cinq à sept fois plus onéreux que leurs équivalents traditionnels (aluminium). Ce coût élevé limite non seulement le développement des entreprises mais également leur capacité à réaliser des projets de R&D intégrant des matériaux avancés. De plus, la rareté de main d'œuvre suffisamment qualifiée due au niveau de compétences/connaissances requis rend difficile le recrutement et donc la diffusion du savoir-faire au sein de la filière. Les **réglementations** encore peu formalisées à ce jour limitent elles aussi l'évangélisation et la pénétration de ces innovations sur le marché.

**Panorama des grandes familles de solutions clés dans les domaines de matériaux et procédés innovants**

Le couple procédés/matériaux peut être divisé en plusieurs grandes familles de solutions : métalliques, composites/céramiques et biosourcés du côté des matériaux et fabrication simulation, contrôle et robotisation pour les procédés.

Concernant les matériaux métalliques, les **aciers à très hautes performances (HPS)**<sup>03</sup>, représentent une alternative pertinente. A titre d'exemple, on utilise les alliages d'aluminium ou de titane pour produire des métaux allégés alors que l'ajout de cobalt ou de nickel dans la production de superalliage (à l'image de l'Hastelloy ou l'Inconel) augmente les capacités de résistance à la fatigue thermique, à la torsion ou à la corrosion par rapport aux aciers standard.

Les HPS répondent à des contraintes et des cahiers des charges de plus en plus complexes, à l'image des alliages intermétalliques à base de TiAl qui affichent des propriétés physiques intéressantes par rapport au titane en termes de rigidité spécifique et de résistance au feu. De plus, ses propriétés statiques et cycliques s'avèrent au moins équivalentes à celles des superalliage à base de nickel. Les récents développements de ces nouveaux intermétalliques

sont très prometteurs avec une capacité en température allant jusqu'à 850 °C.<sup>04</sup>

A l'instar des aciers hautes performances, les **nouveaux matériaux composites** constituent aussi une alternative intéressante aux matériaux traditionnels car ils sont plus légers que les pièces mécaniques et plus résistants que les pièces plastiques. La recherche se concentre actuellement sur les composites hybrides, le but étant l'ajout de charges fonctionnelles dans la matrice polymère. Récemment une équipe de chercheurs de la Texas A&M University a quant à elle utilisé des nanocristaux de cellulose pour répartir uniformément des nanotubes de carbone dans des composites à fibres de carbone, permettant ainsi une augmentation de 33 % de la résistance à la flexion du composite et un gain de 40 % de la résistance au cisaillement interlaminaire.

**PRINCIPAUX ENJEUX DU MARCHÉ DES MATÉRIAUX AVANCÉS**



**Enjeux économiques**

- Possibilité de proposer de nouvelles fonctionnalités et donc de pénétrer de nouveaux marchés
- Augmentation de la cadence de production
- Diminution du time to market
- Electrification des modes de transport



**Enjeux sociétaux**

- Demande de produits et traitements moins nocifs
- Réduction de la pollution sonore
- Réduction des consommables



**Enjeux technologiques**

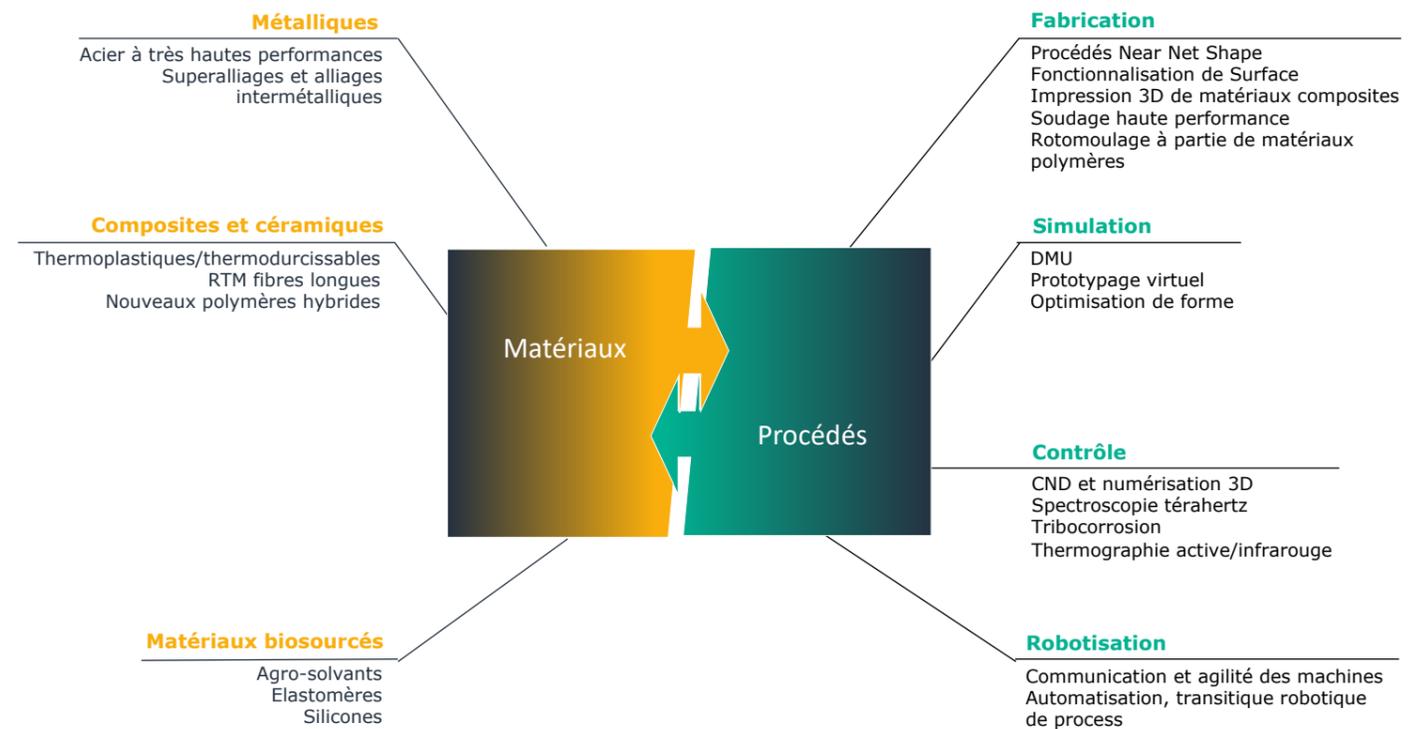
- Fabrication de pièces ayant un cahier des charges complexe (forme, taille, état de surface, résistance aux températures extrêmes, à la corrosion ou à l'usure, etc.)
- Nouvelles possibilités offertes grâce à l'accélération numérique
- Matériaux ayant de nouvelles propriétés



**Enjeux environnementaux**

- Demande accrue pour l'utilisation de ressources naturelles
- Lutte contre les changements climatiques
- Réduction des déchets industriels
- Ecoresponsabilité et économie circulaire

**CARTOGRAPHIE DES GRANDES CATÉGORIES DES MATÉRIAUX ET DES PROCÉDÉS INNOVANTS<sup>05</sup>**



03 - [http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies\\_2018\\_V3.pdf](http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies_2018_V3.pdf)

04 - <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/metaux-et-alliages-non-ferreux-42357210/alliages-intermetalliques-a-base-de-tial-m4782/>

05 - A noter que ce panorama est donné à titre indicatif sans être exhaustif sur l'ensemble des matériaux et procédés innovants

01 - On peut par exemple citer l'utilisation de matériaux innovants comme la pérovskite pour des panneaux solaires de nouvelle génération.

02 - Les matériaux avancés : un secteur stratégique pour Le Québec [https://www.prima.ca/wp-content/uploads/2020/03/master\\_prima\\_68p-justifie-web\\_1.pdf](https://www.prima.ca/wp-content/uploads/2020/03/master_prima_68p-justifie-web_1.pdf)

En parallèle de ces matériaux avancés, de nouveaux procédés de fabrication, de simulation, de contrôle et de robotisation se développent. Parmi les **procédés innovants de fabrication**<sup>01</sup>, on peut notamment citer : **les procédés « near net shape » (NNS), le soudage haute performance des céramiques, la fonctionnalisation de surface**<sup>02</sup> **des tissus ou encore la fabrication additive de polymères.**

- Les procédés **near net shape** (moulage par injection de poudre, procédé de forgeage et de moulage intégré, frittage micro-onde, frittage flash, compression isostatique à chaud, etc.) sont notamment développés dans les secteurs de l'aéronautique, l'automobile, le biomédical et le luxe afin de produire des pièces plastiques ou métalliques complexes et dont la conception/simulation est très proche du résultat final. Les opérations de finition, généralement effectuées par usinage s'en trouvent par conséquent grandement réduites et facilitées. Parmi ces gains, ils visent à limiter les pertes de matières premières, réduire les coûts et les délais de production. Les procédés NNS, tels que le frittage micro-onde, facilitent la réalisation et la mise en forme de matériaux difficilement usinables, de fabriquer des pièces de géométrie complexe ou encore de réduire les traitements thermiques nécessaires.
- Grâce aux processus de **soudage haute performance**, on peut obtenir des soudures avec une forte tenue mécanique, fusionner des assemblages hétérogènes (comme des matériaux ayant des points de fusion très différents) ou encore réduire la durée nécessaire pour effectuer la soudure. A titre d'exemple, des chercheurs de

l'Université de Californie ont publié en août 2019, un nouveau procédé de soudure reposant sur des impulsions laser ciblées et ultra-rapides. Cette nouvelle technologie, destinée aux matériaux céramiques, améliore et simplifie les procédés actuels de soudage-diffusion et ouvre des perspectives intéressantes dans le domaine de l'électronique biocompatible.

- La **fonctionnalisation de surface** vise à altérer la nature d'un matériau en surface sans modifier ses propriétés à cœur grâce à l'utilisation de revêtements ou de traitements. Sur le plan économique, ce procédé accroît le potentiel différenciant des produits et rend possible leur reconversion en leur conférant de nouvelles propriétés. D'un point de vue technologique, la fonctionnalisation de surface de multiples propriétés permet d'obtenir des matériaux multifonctions.
- En parallèle la **fabrication additive** tend à se diversifier sur différents matériaux tels que les polymères thermoplastiques (l'acrylonitrile butadiène styrène, l'acide polylactique, le polyamide et le polycarbonate ou les résines époxy). En fonction du choix des matériaux, l'impression 3D de polymères a trouvé des applications possibles dans l'industrie aérospatiale pour la création de structures légères complexes, l'architecture pour la réalisation de maquettes, les secteurs de l'art ou de l'éducation, et les domaines médicaux pour l'impression de tissus, d'organes ou de prothèses.



01 - <https://www.industrie-techno.com/article/des-ceramiques-soudees-sous-l-action-de-la-lumiere.56850>

02 - [http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies\\_2018\\_V3.pdf](http://www.industrie-dufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies_2018_V3.pdf)

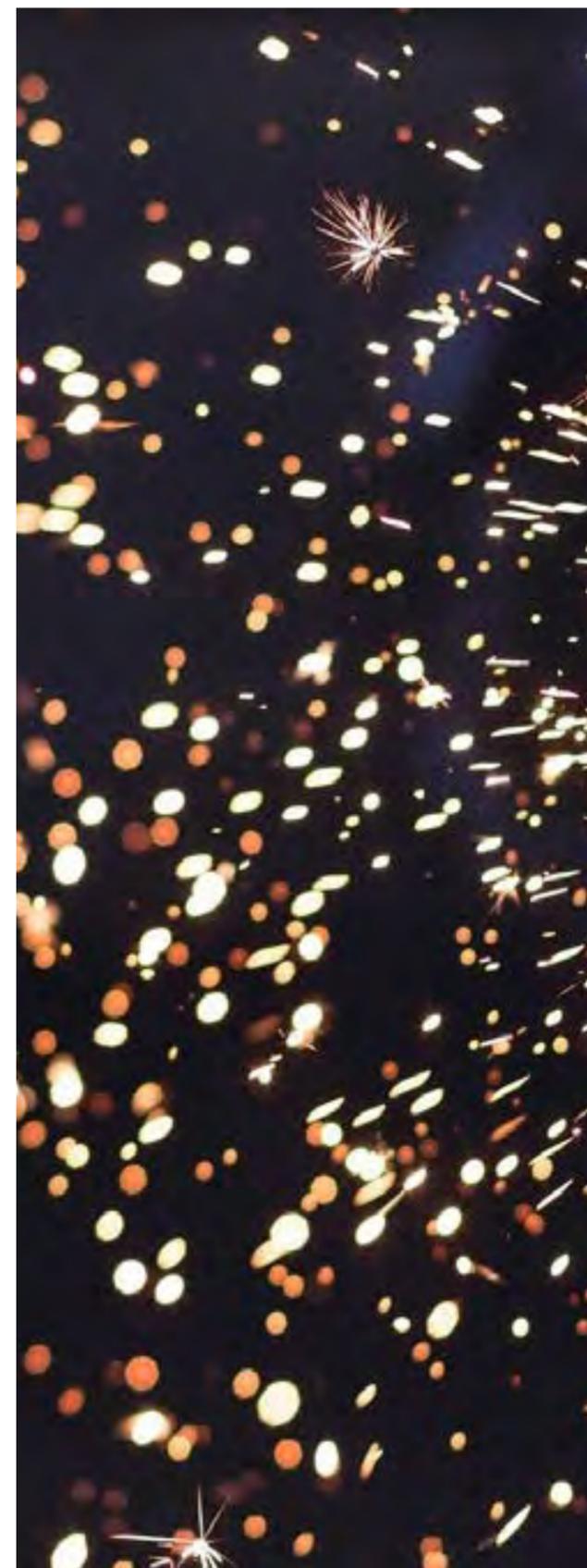
Une grande maîtrise des propriétés des matériaux et des procédés est néanmoins nécessaire pour générer des produits conformes aux performances escomptées. Afin de limiter les risques d'erreurs et les pertes associées (de matières premières ou financières), on peut notamment cibler les **infrastructures de simulation, les systèmes de contrôle non destructif ou encore l'automatisation de certains procédés.**

Concernant la simulation numérique, il existe à la fois des logiciels de simulation des procédés et produits (simulation des procédés de fabrication, simulation des processus et optimisation des procédés). Ces logiciels ont spécifiquement pour but de tester, d'optimiser et d'améliorer les performances des procédés industriels et des produits existants. Des sociétés comme CEVOTEC et leur technologie SAMBA, permettent la mise en œuvre de plateformes automatisées personnalisables pour les pièces 3D aux géométries exigeantes en fibres stratifiées multi-matériaux et orientations complexes. Couplé à ARTIST STUDIO, SAMBA facilite la création des pièces stratifiées par bandes fibrées, ainsi que la programmation des robots associés<sup>03</sup>.

Cependant, afin que les prédictions obtenues par simulation soient aussi proches que possible des performances du produit ou du processus attendus, de nouvelles techniques de traitement du signal, d'imagerie ou de modèles de capteurs se développent afin d'offrir des modes de **Contrôle Non-Destructif (CND)**. Ces technologies de CND (faisceau laser, thermographie infrarouge, spectroscopie, capteurs IR, etc.) permettent notamment :

- De vérifier en temps réel et à distance l'état d'une machine ou d'un procédé dangereux ;
- D'accéder en continu aux propriétés d'un matériau ou d'une structure tout au long de son cycle de vie;
- De contrôler la qualité des pièces produites.

Pour finir, ces multiples dispositifs de contrôle des procédés et des matériaux facilitent l'**automatisation des procédés**. Cette automatisation d'une partie des tâches de production (préparation des commandes, machines de tri, fabrication de certaines pièces, etc.) résulte en une diminution de la durée des cycles de production, une productivité accrue et une amélioration de la qualité des produits et des procédés finaux.



03 - <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/cevotec-creer-des-pieces-complexes-avec-des-bandes-de-fibres-composites-66329/>

# MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS INNOVANTS

## LA CARTOGRAPHIE DES BREVETS

Cette cartographie brevets, réalisée par Ouest Valorisation, permet d'appréhender la dynamique de l'innovation et d'identifier les acteurs « clefs » au niveau mondial et en France sur le domaine des matériaux et procédés innovants.

Cet outil d'aide à la décision permet notamment d'identifier des experts du domaine et de repérer des opportunités commerciales ou partenariales.

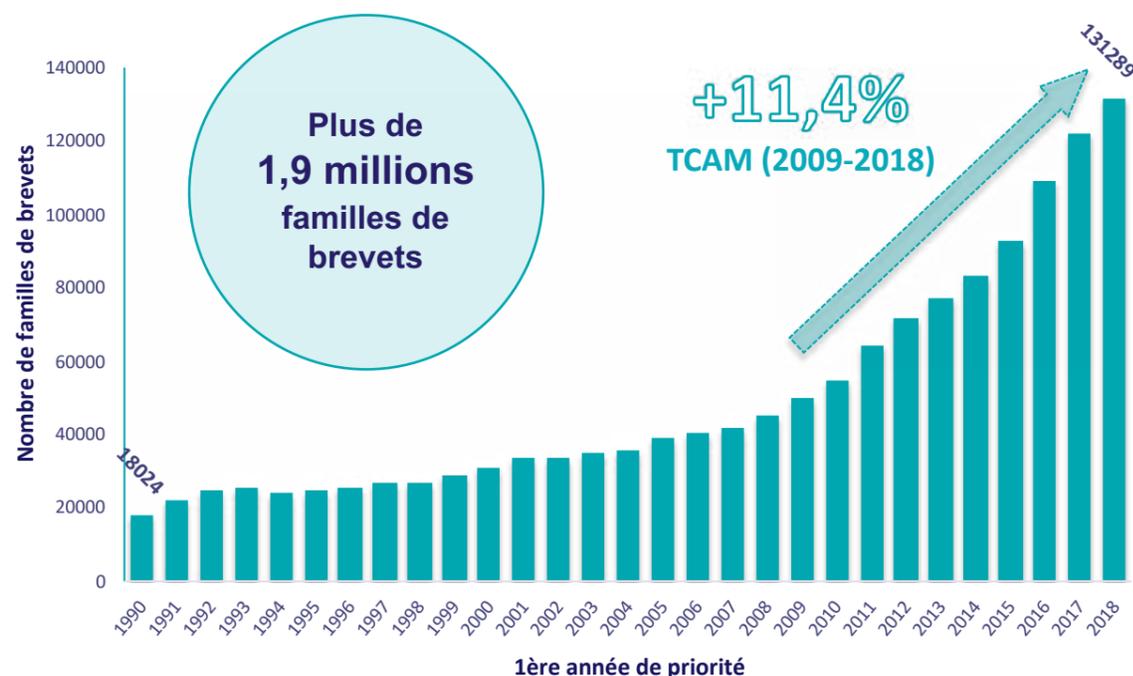
Le graphique ci-dessous illustre l'évolution temporelle des dépôts de familles de brevets dans le monde depuis 1990. Avec plus de 1,9 millions de familles de brevets constatées au niveau mondial, ce domaine connaît un accroissement significatif de l'investissement technologique sur cette dernière décennie.

Deux périodes d'intérêt se démarquent :

- De 1990 à 2009, nous constatons une accélération du nombre de dépôts de familles de brevets sur la thématique, avec une croissance de 5,5% par an sur la période.

De 2009 à 2018, cette période témoigne d'une nette accélération des dépôts et connaît une croissance remarquable de 11,4% par an sur la période. Plus de la moitié des familles de brevets (55%) sur le domaine ont été déposés depuis 2009 ! Cette croissance de dépôts sur ces dix dernières années est révélatrice de l'appétence des parties prenantes de conserver leur avantage compétitif sur leurs marchés en protégeant leurs innovations entres autres par le biais du dépôt de brevets.

### MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS - EVOLUTION TEMPORELLE DES FAMILLES DE BREVETS DANS LE MONDE



Une famille de brevets se définit comme un ensemble de brevets (dépôt prioritaire + extensions) déposés dans divers pays pour protéger une même invention. La 1ère année de priorité correspond à l'année du premier dépôt de la famille, i.e. le dépôt prioritaire.

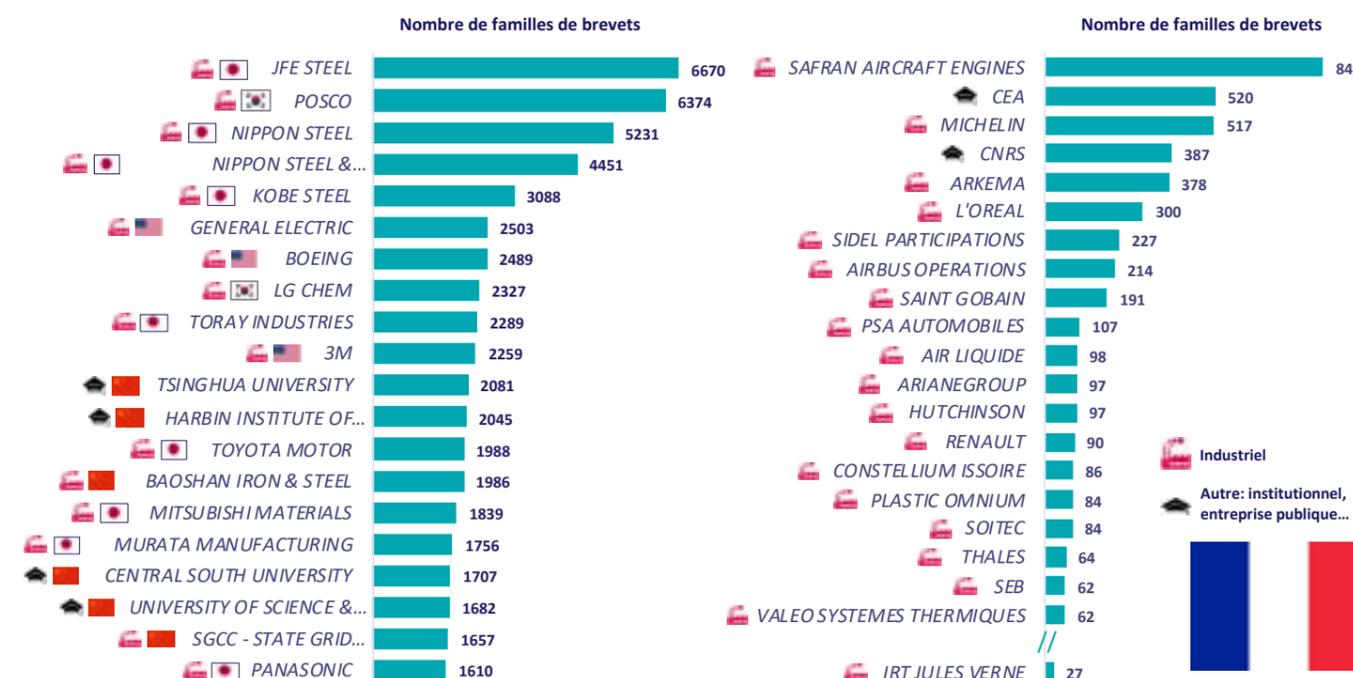
Source : SATT Ouest Valorisation

Les activités de R&D suivant le nombre de familles de brevets sont principalement localisées en Chine et au Japon. En effet, la Chine est le plus gros déposant de brevets couvrant 44% des dépôts de familles sur la thématique, suivi par le Japon avec 22% des dépôts, des Etats-Unis (14%) et de la Corée du Sud (7%). En Europe, l'Allemagne est le premier déposant avec 7% des dépôts devant la France avec 3% des dépôts et le Royaume-Uni (3%).

Les principaux pays/procédures de protection des inventions (sur la base des familles composées de

brevets en vigueur) sont principalement localisés en Chine (représentant 31% des dépôts), au Japon (8%), aux Etats-Unis (8%), via la procédure européenne-EP (6%), en Corée du Sud (6%), en Allemagne (5%), en France (3%), au Royaume-Uni (3%) et à Taiwan (3%), indiquant que ces pays suscitent un intérêt notamment commercial pour de nombreux déposants. En effet, les pays de protection visés témoignent des territoires où sont localisés les marchés et où les détenteurs espèrent donc obtenir un avantage concurrentiel (fabrication, production, importation et commercialisation).

### MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS - CLASSEMENT DES PRINCIPAUX DÉPOSANTS MONDIAUX ET EN FRANCE (sur la base des familles de brevets composées EN VIGUEUR)



Source : SATT Ouest Valorisation (Outil ORBIT-QUESTEL)

Les 5 principaux déposants mondiaux (suivant nombre de familles de brevets EN VIGUEUR) sur la thématique sont: JFE STEEL (6 670 Familles de Brevets - FdB), POSCO (6 374 FdB), NIPPON STEEL (5 231 FdB), KOBE STEEL (3 088 FdB) et GENERAL ELECTRIC (2 503 FdB).

Parmi le top des déposants en France on remarque la présence des acteurs suivants : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, MICHELIN, ARKEMA, L'OREAL, SIDEL PARTICIPATIONS, AIRBUS OPERATIONS, SAINT GOBAIN, PSA AUTOMOBILES, AIR LIQUIDE, ARIANEGROUP, HUTCHINSON, RENAULT, CONSTELLIUM ISSOIRE, PLASTIC OMNIUM, SOITEC, THALES, SEB et VALEO SYSTEMES THERMIQUES.

L'IRT JULES VERNE détient 27 familles de brevets en vigueur sur le sujet.

Vous voulez en savoir plus ? L'étude complète et détaillée de cartographie brevets en France est disponible ici : <https://www.orbit.com/reportviewer/B7FCB622-E751-49A1-877B-99D6D924C430/#1>



## LE FUTUR DE VOS USINES

Ouest Valorisation entretient des liens forts avec l'IRT Jules Verne afin de développer des initiatives d'excellence autour de projets structurants dans le domaine du manufacturing. Cette collaboration permet notamment de mesurer la maturité des technologies et d'accélérer leur mise sur le marché.

L'IRT Jules Verne est un centre de recherche industriel mutualisé dédié au manufacturing. Centré sur les besoins de filières industrielles stratégiques – aéronautique, automobile, énergie, navale et équipements de production – il opère la recherche en mode collaboratif en s'alliant aux meilleures ressources industrielles et académiques dans le domaine du manufacturing. Conjointement, ils travaillent à l'élaboration de technologies innovantes sur cinq thématiques majeures : procédés de formage et de préformage, technologies d'assemblage et de soudage, procédés de fabrication additive, mobilité dans l'espace industriel et flexibilité de la production. Les résultats de ces travaux de recherche ont ensuite vocation à être déployés dans les usines à court et moyen termes. Pour proposer des solutions globales allant jusqu'à des démonstrateurs à l'échelle 1, l'IRT Jules Verne s'appuie sur un ensemble d'équipements exclusifs de pointe parmi lesquels on peut citer un banc d'essai multiaxial, un ilot d'injection robotisé pour matériaux composites ou encore un ilot de fabrication additive métal.

Depuis 2012, l'IRT Jules Verne s'inscrit au cœur d'un écosystème d'innovation d'excellence et déploie une stratégie coordonnée avec le Pôle de compétitivité EMC2.

### Offre de services

L'IRT Jules Verne dispose d'équipements de pointe et de compétences de haut niveau dans plusieurs domaines d'expertises.

La mise à disposition de ses ressources co-localisées se déploie au travers de 2 typologies de collaboration :

- Des projets de recherche industrielle collaboratifs (TRL 3 à 7) coordonnés par l'IRT Jules Verne et mêlant des acteurs industriels de toutes tailles, multi-filières, des acteurs académiques et des centres techniques.
- La recherche sous contrat (prestations intellectuelles et sur équipements) pour tous les acteurs industriels, de la start-up au grand groupe.

En parallèle, l'IRT Jules Verne développe des dispositifs spécifiques, accélérateurs de l'innovation dans le domaine du manufacturing pour intensifier la recherche amont, faciliter le transfert technologique ou encore booster l'attractivité des métiers industriels.

L'IRT Jules Verne a également pris un tournant résolument international et déploie désormais son expertise dans le cadre de projets européens s'inscrivant dans sa feuille de route technologique.

### Domaines d'expertises

#### • Robotique et cobotique



La pluridisciplinarité de l'équipe robotique et cobotique permet de développer des technologies innovantes et d'offrir une large gamme d'outils d'aide à la production rapidement déployables en usine. Les chercheurs s'appuient sur un plateau de recherche robotique et cobotique, le Robotics Lab, et son réseau de partenaires stratégiques (INRIA, CNRS, Europe Technologies, Clarté).

#### • Procédés matériaux composites



L'équipe dédiée aux procédés composites s'appuie sur une culture industrielle forte et mêle des profils industriels, issus notamment d'entreprises aéronautiques et automobiles, et des profils académiques. Cette complémentarité et cette pluridisciplinarité permettent à l'IRT Jules Verne de proposer une gamme de solutions complète, de la matière première à la pièce ou la structure dans son ensemble, jusqu'au recyclage.

#### • Procédés matériaux métalliques et additifs



L'équipe dédiée aux procédés métalliques est focalisée sur les procédés de formage, de soudage en phase solide ou liquide et de fabrication additive. Les objectifs sont à la fois de développer de nouveaux procédés de mise en forme des matériaux métalliques et d'adapter les procédés pour des matériaux métalliques innovants (aciers à haute limite d'élasticité (HLE), alliages de titane, alliage d'aluminium) en étroite collaboration avec des industriels, grands groupes et PME et des partenaires académiques.

#### • Modélisation et simulation



Les spécialistes de l'IRT Jules Verne de la modélisation et de la simulation travaillent notamment sur la modélisation du comportement des matériaux qu'ils soient métalliques ou composites. L'équipe s'intéresse également aux différentes approches numériques telles que l'optimisation, les méthodes de réduction de modèles ou bien encore les approches probabilistes afin de prendre en compte les incertitudes liées aux procédés.

#### • Caractérisation, surveillance et contrôle



L'équipe Caractérisation, surveillance et contrôle de l'IRT Jules Verne a pour objectif de développer des méthodes et moyens destinés à améliorer la performance des procédés et le suivi des structures en environnement opérationnel. En s'appuyant sur des technologies existantes ou en développement avancé, elle intègre les moyens de mesure les plus adaptés aux réalités industrielles et aux procédés concernés et réalise l'analyse des données.

### L'IRT Jules Verne en chiffres (à fin 2020) :

PORTEFEUILLE DE PROJETS	ACTIVITÉS EUROPÉENNES	PLUS FORTS ENSEMBLE	CHIFFRE D'AFFAIRES ET ACTIFS
<b>96</b> projets R&D	<b>12</b> projets H2020	<b>133</b> collaborateurs	<b>25M€</b> de chiffre d'affaires
<b>203 M€</b>	<b>4,4 M€</b>	<b>47</b> industriels	<b>20M€</b> investis en équipements
		<b>17</b> académiques et centres techniques	<b>49</b> brevets déposés dont <b>5</b> en 2020
		<b>17</b> PME	<b>9</b> projets R&D accompagnés vers l'industrialisation
			<b>10</b> licences d'exploitation/termsheet signées



### Moovency, préserver l'homme en mouvement

Alors que l'industrie française est rentrée dans l'ère 4.0 de la robotisation et de la digitalisation, 88% des arrêts maladies sont encore dus à des problématiques d'ergonomie et de pénibilité sur les postes de travail. « L'émergence des technologies au service de l'optimisation de la production industrielle est une opportunité pour l'entreprise de gagner en compétitivité, elle peut cependant engendrer l'apparition de nouveaux risques sur la santé des travailleurs » **constate Pierre Plantard, CTO de Moovency.**

Une évidence : **la quantification des risques de TMS (Troubles Musculo-Squelettiques) sur les postes de travail joue un rôle clé dans l'efficace.**

Moovency, créée en 2018, a mis au point un outil permettant d'évaluer l'ergonomie des postes de travail dans l'industrie : KIMEA (Kinematics Measurement for Ergonomie Assessment). Celui-ci est issu du Laboratoire Mouvement, Sport Santé (M2S) de l'Université Rennes 2 et Faurecia, l'équipementier automobile.

Quest Valorisation a participé à ce projet prometteur en investissant dans un programme de maturation sur ses fonds propres. Ainsi, elle a pu donner aux chercheurs les moyens nécessaires pour développer la technologie, pour passer du prototype à la preuve de concept dans un milieu opérationnel. « La SATT nous a permis de déverrouiller les risques technologiques du projet. Sans l'appui de la SATT, de l'Université de Rennes 2 et de l'INRIA, nous serions beaucoup moins matures qu'aujourd'hui. La prise de participation au sein de Moovency permet de s'assurer d'être toujours à la pointe des technologies disponibles à intégrer à Kimea pour conserver notre longueur d'avance ! » **souligne Francois Morin, CEO de Moovency**



### Kimea, fonctionnement et ambition

Kimea est une solution logicielle qui permet de quantifier le risque de Troubles Musculo-Squelettiques à partir d'une seule caméra de profondeur, ne nécessitant ni de devoir porter des capteurs, ni d'avoir des compétences techniques spécifiques. « Nos équipes travaillent sur des problématiques liées à l'industrie du futur car nos solutions technologiques permettent d'analyser objectivement et facilement l'activité réelle de l'opérateur afin de proposer la solution la plus efficace pour préserver sa santé et celle de son entreprise. » explique Pierre Plantard.

Moovency et son innovation KIMEA souhaitent ainsi proposer une solution de mesure objective et standardisée de la posture du travailleur directement sur ligne de production. Le passage d'une estimation subjective de quelques images clés à une mesure objective au cours du temps va permettre d'obtenir des informations supplémentaires à l'évaluation ergonomique, comme le pourcentage de temps passé à tel ou tel score de risque.

La technologie KIMEA se distingue donc par sa discrétion, sa simplicité, sa rapidité et sa fiabilité.

« Avec des premiers clients importants, mondialement connus, il nous faut maintenant assurer la couverture de nos industries françaises. Notre position de leader sur notre marché doit nous permettre la reconnaissance sur l'ensemble du territoire. Ceci fait, il restera à dupliquer le modèle en l'adaptant à nos cibles pays, comme nous venons de le faire avec le Canada. » **conclut Francois Morin.**

<https://moovency.com/>





## Une solution moderne de soudage par friction malaxage démocratisée pour les PME et ETI

StirWeld, jeune pousse innovante, créée en 2017, commercialise une technologie brevetée sur les têtes FSW pour centre d'usinage, issue de longues années de recherche au sein de l'ENS Rennes et l'Institut Maupertuis. La société affiche un chiffre d'affaires de 1 million d'euros en 2021 et ambitionne de le doubler en 2022.

StirWeld a développé une tête de soudage qui s'adapte sur un centre d'usinage dont la plupart des entreprises sont déjà équipées ce qui favorise l'adoption du FSW par les PME. Son utilisation en tant qu'outil de soudage ne nécessite que quelques heures de formation et devient un véritable outil hybride combinant soudage et usinage. Cette technique permet un gain de temps ; en effet, les pièces peuvent être soudées et usinées au même endroit, avec la même machine. Ce système convient aux pièces de petites ou de grandes dimensions, pour des épaisseurs de soudure inférieure à 15 mm en une seule passe, ce qui est suffisant pour de nombreuses applications réalisées au sein d'une PME.

Cette tête FSW à destination des MOCN (Machine-Outil à Commande Numérique) permet de baisser drastiquement le coût de la technologie FSW tout en proposant des performances identiques à une machine spéciale FSW (contrôle d'effort, enregistrement qualité...). L'innovation de StirWeld offre aux entreprises une optimisation de leur parc machines et l'intégration d'un nouveau savoir-faire à proposer à leurs clients.

### StirWeld ambitionne de démocratiser le FSW auprès des entreprises françaises et européennes.

L'entreprise Cap Profilé propose cette technologie à ses clients des marchés aéronautique et spatial. "Ce qui est important pour nos soudures, c'est d'abord de trouver les bons paramètres. Nous avons réalisé plusieurs séries de centaines de pièces avec les outils StirWeld FSW. Les soudures sont propres, fiables et reproductibles." Témoigne Alain LOZACH, R&D Manager Cap Profilé chez CALIP GROUP. L'automobile s'intéresse aussi à cette innovation : PSA et Saint Jean Industries ont testé cette tête FSW sur leur MOCN pour des campagnes d'essais.

<https://stirweld.com/>



### Laurent Dubourg, CEO StirWeld témoigne de l'apport de Ouest Valorisation dans son projet de création de start-up :

*Ouest Valorisation nous a énormément aidé sur la maturation de la technologie. Au sein, d'un laboratoire, nous sommes bons pour faire des prototypes. La SATT nous a permis de passer du prototype au produit fini. Grâce au fonds de maturation, nous avons pu également tester le produit chez deux bêta-testeurs et ainsi bénéficier des retours utilisateurs pour améliorer le produit et répondre au mieux aux futurs clients. De plus, l'expertise des équipes de la SATT nous a orienté vers la création de start-up pour permettre l'exploitation commerciale de la technologie de la manière la plus pertinente et rapide possible. Elle nous a accompagné dans cette création et nous maintenons toujours des relations étroites.*

### Quel est le chemin parcouru pour StirWeld depuis 2017 ?

*En un peu plus de 3 ans, Stirweld a installé 15 têtes FSW dans le monde entier. L'entreprise emploie actuellement 13 personnes et compte une quarantaine de clients (pour la plupart internationaux) dans les domaines de l'automobile, de l'aéronautique, du spatial, du militaire et du travail des métaux. En 2020, 80 000 pièces ont été soudées grâce à ces têtes de soudage FSW.*

### Quels secteurs vous sollicitent le plus ? Quelles sont les attentes des industriels ?

*Dans les secteurs d'activité avec lesquels nous travaillons, nous trouvons une grande variété. Nous pourrions les répartir comme suit : 30% pour l'automobile (e-mobilité), 30% pour l'aéronautique, 30% pour le spatial et 10% pour le militaire. Nous avons constaté une demande croissante pour notre produit pour des moyennes séries pour lesquelles notre produit est tout à fait adapté.*

### Quels sont vos prochains challenges ?

*Notre défi quotidien est de continuer à développer l'innovation et travailler à l'amélioration constante de nos produits. Nous avons développé une nouvelle tête à pion rétractable qui évite le trou à la fin de la soudure FSW. Notre objectif - ambitieux - est d'être présents dans 20 pays dans le monde, et de démocratiser la technologie de la soudure par friction-malaxage.*

### LA FRENCH FAB & L'USINE EXTRAORDINAIRE

Du 22 au 25 novembre 2018, l'Usine Extraordinaire a accueilli petits et grands au Grand Palais avec un but : mettre en lumière le savoir-faire des entreprises industrielles de l'Hexagone. Plus de 40 000 visiteurs sont venus « changer d'idée sur l'usine ».

Retour sur cet événement durant lequel Ouest Valorisation et la jeune start-up STIRWELD étaient les ambassadeurs de la FrenchFab.

En 2017, pour la première fois depuis 10 ans, la France a ouvert plus d'usines qu'elle n'en a fermées. Le secteur retrouve du souffle, se booste aux innovations et cherche de nouveaux talents. L'Usine Extraordinaire, véritable usine vivante transplantée au cœur de Paris, s'est donnée pour mission de faire découvrir les métiers de l'industrie. Le coq bleu, emblème de La French Fab, accueillait les visiteurs à l'entrée du Grand Palais.

Sur le stand French Fab, les innovations des industriels français s'exposaient pour le plus grand plaisir du public et notamment le procédé de friction malaxage de StirWeld qui démocratise la soudure. En rupture avec le marché, certaines technologies nécessitent, pour devenir des innovations, la création d'une start-up. Après diverses études sur le marché et sur la viabilité d'une start-up dans un domaine particulier, si les voyants sont aux verts, Ouest Valorisation encourage et soutient les chercheurs à se lancer dans l'aventure de l'entrepreneuriat. StirWeld fait partie de ces start-up.



## LES OFFRES DE TECHNOLOGIES

Quest Valorisation investit dans la détection, la protection et la maturation de projets qui peuvent répondre aux besoins du marché. Voici quelques technologies issues de son portefeuille liées aux matériaux et procédés de l'industrie 4.0.

### PROCÉDÉ POUR L'ASSEMBLAGE PIÈCE MÉTALLIQUE & PIÈCE COMPOSITE À MATRICE ORGANIQUE

L'invention consiste à intégrer un insert métallique au composite et à réaliser un soudage par implusion magnétique entre la pièce métallique à assembler et l'insert métallique.

La préparation du composite peut se faire lors de la fabrication de la pièce composite ou en post traitement.

Le soudage est ensuite réalisé entre l'insert et la pièce composite par impulsion magnétique.

Ce procédé de soudage à froid n'endommage pas le composite et permet de réaliser des points ou des lignes de soudage. Ce procédé permet de réaliser des assemblages hétérogènes.

L'épaisseur de la pièce métallique doit être inférieure à 2mm.

#### INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

**STADE DE DEVELOPPEMENT :**  
TRL7 - Pré-Production du prototype industriel

**LABORATOIRE DE RECHERCHE :**  
UMR 6183 - GEM

**EQUIPE DE RECHERCHE :**  
Équipe E3M – État Mécanique et Microstructure des Matériaux

**PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ASSOCIÉE :**  
FR : FR1462943 - déposé le 19/12/2014  
WO

#### SES APPLICATIONS

Applications d'assemblage aluminium/composites à matrice thermoplastique dans le cadre de l'allègement des structures.

#### SES BÉNÉFICES

- Facilité de mise en œuvre
- Bonne tenue mécanique
- Peu onéreux
- Non polluant
- Rapide
- Robotisable

## STRUCTURES COMPOSITES FONCTIONNALISÉES POUR LES SYSTÈMES ANTENNAIRES

Cette grappe de technologies porte sur des structures composites complexes conférant de nouvelles fonctions à des éléments antennaires :

### - Antenne transparente optiquement

La structure multicouche inventée ici permet de combiner sur la même surface une conductivité assez élevée pour l'exploiter comme antenne, et une transparence optique excellente. Une variante de cette technologie ajoute une fonction d'agilité en fréquence de l'antenne en conservant la transparence optique.

### - Paroi active reconfigurable

Cette technologie consiste en une structure composite de grande taille dont les propriétés diélectriques sont pilotables. Elle repose sur des charges actives, dispersées dans un matériau composite, et commandables (électriquement, thermiquement, etc.). La reconfigurabilité d'un système hyperfréquence est alors assurée non plus seulement par l'antenne elle-même mais aussi par la paroi active.

### - Surface sélective en fréquence commandable multifonctionnelle

Cette invention est une surface composite active, qui d'une part peut passer d'un mode passe-bande à un mode coupe-bande sur demande, et d'autre part reste commandable en fréquence. La surface est notamment composée d'un réseau de motifs conducteurs et d'éléments de couplage commandables (ex : capacités) qui permettent ce pilotage.

### - Substrat en nid d'abeille pour structure composite commandable

Ce matériau alvéolaire entre dans la composition de structures composites "sandwich" hyperfréquence de grande taille. L'originalité est de lui intégrer un motif conducteur formant un circuit hyperfréquence, et des charges actives conférant à une paroi une fonction active commandable.

### - Système antenne à faible intermodulation

Cette technologie consiste en une structure composite limitant les phénomènes délétères d'intermodulation, par un couplage intelligent avec un câble coaxial d'alimentation.

Ces technologies ont toutes fait l'objet de demandes de brevet distinctes et en vigueur.

### INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

#### STADE DE DEVELOPPEMENT :

TRL4 - Validation de la preuve de concept  
Prototype

#### LABORATOIRE DE RECHERCHE :

UMR 6164 - IETR

#### EQUIPE DE RECHERCHE :

Institut d'électronique et de télécommunication de Rennes, Équipe FUNMAT

#### PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ASSOCIÉE :

FR : FR1601099 - déposé le 13/07/2016  
WO - EP

### SES BÉNÉFICES

- Ajout de nouvelles fonctions à des éléments antennaires.
- Flexibilité et polyvalence des systèmes obtenus.
- Composition des structures paramétrable.
- Finesse du pilotage des fonctions actives.
- Support scientifique du laboratoire (expertise).

### SES APPLICATIONS

- Télécommunications pour les transports et l'énergie.
- Structures Hyperfréquences : antennes et lignes d'alimentation transparentes.
- Parois de systèmes antennaires, radômes, panneaux structuraux de grande taille.
- Éléments antennaires finement commandables.

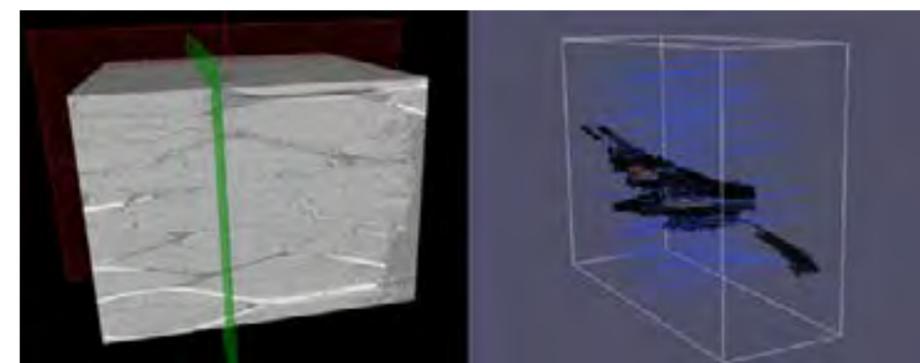
## LOGICIEL DE PRÉDICTION DE LA PERMÉABILITÉ DANS LES MATÉRIAUX POREUX

La conception et l'optimisation des procédés de fabrication de matériaux poreux et notamment des composites nécessitent d'avoir une connaissance approfondie des paramètres des matériaux. La perméabilité est une caractéristique clef puisque la tenue mécanique des pièces fabriquées dépend significativement de la qualité du procédé d'imprégnation des renforts poreux par la résine.

L'intérêt d'un outil numérique de prédiction de la perméabilité est de remplacer la voie expérimentale et par une voie numérique rapide et robuste permettant en plus d'établir des relations structures-propriétés simplifiant la conception industrielle de renforts de composites avec des propriétés définies.

Basé sur la résolution de l'équation de Brinkman (caractère multi-échelle de l'écoulement) par la méthode de réduction de modèle, GeMAGE Flow3D permet de :

- évaluer la perméabilité macroscopique du matériau tenant compte de sa microstructure complexe issue d'images réelles ou numériques ;
- fournir des valeurs de la perméabilité en tant que données d'entrée pour les simulations des procédés où intervient l'imprégnation des renforts ;
- connaître des temps de cycle de la fabrication des pièces composites ;
- définir des stratégies d'injection de la résine pour les pièces du grand volume ;
- identifier des porosités résiduelles après l'imprégnation => défauts potentiels dans les pièces composites finales ;
- concevoir des nouveaux matériaux avec des propriétés prédéfinies.



### INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

#### STADE DE DEVELOPPEMENT :

TRL5 - Montage expérimental

#### LABORATOIRE DE RECHERCHE :

UMR 6183 - GEM

#### EQUIPE DE RECHERCHE :

Équipe Matériaux, Procédés et Technologie des composites

#### PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ASSOCIÉE :

FR : IDDN.FR.001.530040.000.S.P.2017.000.20600  
- déposé le 29/12/2017

### SES BÉNÉFICES

- Temps et coûts de calculs réduits
- Pas de limite d'échelle
- Précision de la prédiction de la perméabilité
- Accès à la visualisation des champs des écoulements calculés

### SES APPLICATIONS

- Développement de matériaux composites pour l'aéronautique, l'automobile...
- Analyse de réservoir pour les domaines des énergies, du génie civil
- Filtration membranaire pour les domaines de l'industrie, des énergies

## FONCTIONNALISATION DES MATÉRIAUX COMPOSITES ET TEXTILES

Les matériaux intelligents, i.e. ajoutant des fonctions électroniques aux matériaux, sont une des grandes tendances de la recherche actuelle.

Ainsi, en plus des fonctions premières du matériau (mécanique, esthétique, etc.), ceux-ci sont à même d'interagir avec leur environnement via : i) une interface homme/machine, ii) des capteurs, iii) des antennes, iv) de l'affichage, etc.

Cependant, l'ajout de cette « intelligence » ne doit pas se faire au détriment de la fonction première du matériau (e.g. mécanique, esthétique, etc.).

Malheureusement, la plupart des solutions existantes sont trop intrusives et influencent la qualité structurale ou esthétique des matériaux.

Notre technologie d'électronique infusée permet l'ajout de fonctions électroniques moins intrusives (quasi négligeables, inférieures à l'épaisseur d'un pli de composite) que les solutions existantes et ne se fera pas au détriment de la fonction première du matériau (composite, textile, PCB...).

En effet, seules les couches minces réalisant les fonctions électroniques sont intégrées au matériau, que ce soit à l'échelle d'un pli unique ou d'un empilement de plis.

Les matériaux et procédés utilisés pour la réalisation d'électronique infusée sont issus des procédés classiques de fabrication en microtechnologie (photolithographie, gravure chimique, etc.) et en fabrication additive (impression jet d'encre, sérigraphie, etc.).

Notre invention permet d'intégrer une plus grande diversité de matériaux fonctionnels que ceux utilisés dans les solutions existantes, ouvrant le champ des applications possibles.

Ainsi, l'utilisateur final bénéficie d'un matériau fonctionnalisé avec « l'électronique » de son choix (capteur, interface homme machine, antenne, etc.) qu'il pourra placer où il le souhaite (dans le matériau ou en surface), mais aussi quand il le souhaite au cours de son procédé de fabrication.



### INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

#### STADE DE DEVELOPPEMENT :

TRL4 - Validation de la preuve de concept

#### LABORATOIRE DE RECHERCHE :

UMR 6164 - IETR

#### EQUIPE DE RECHERCHE :

EQUIPE MM (Microélectronique et Microcapteurs)

#### PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ASSOCIÉE :

EP : EP21166779.5 - déposé le 01/04/2021

### SES BÉNÉFICES

- Fonctionnalisation de matériaux composites et textiles
- Epaisseur de la couche fonctionnelle intégrée inférieure à celle du pli
- Electronique intégrée de manière robuste
- Possibilité d'utiliser des composants électroniques
- Matériaux à dispositions pour les couches minces fonctionnelles : métalliques, isolants, conducteurs...

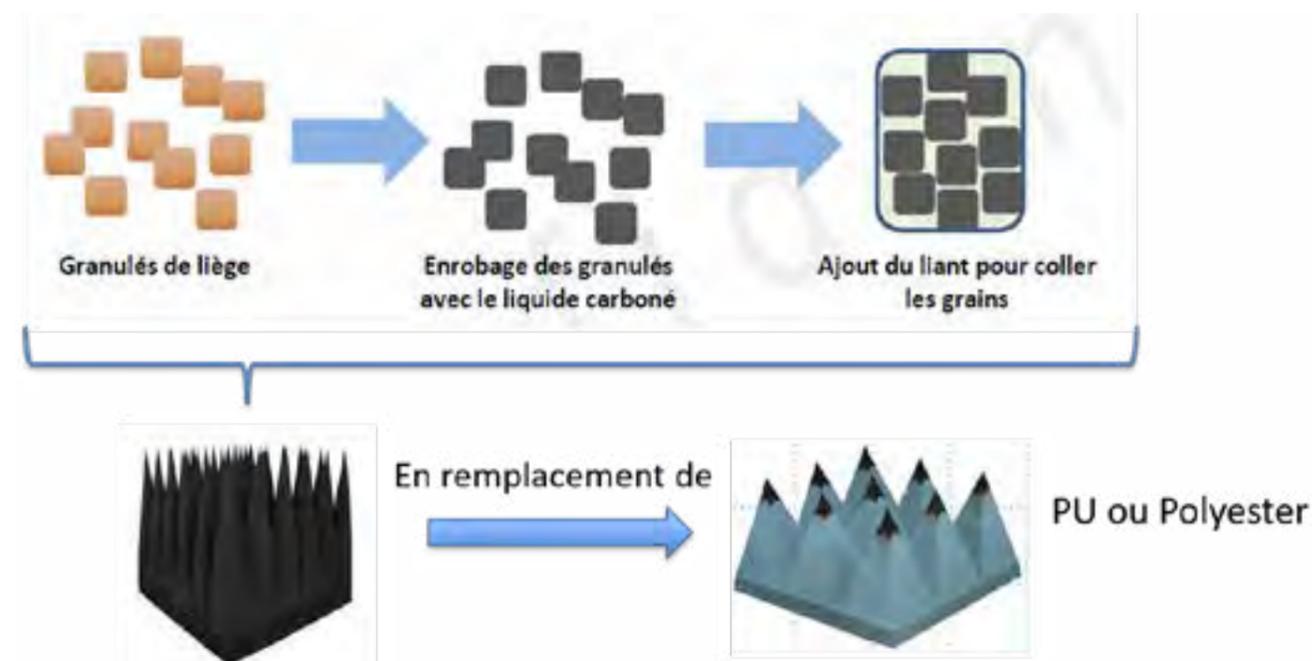
### SES APPLICATIONS

- Smart composites
- Textiles intelligents
- Capteurs intégrés (température, humidité, chimique, biologique...)
- Structural Health Monitoring
- PCB 3D

## NOUVEAUX ABSORBANTS D'ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES À BASE DE LIÈGE

Les matériaux absorbants utilisés actuellement, notamment dans les chambres anéchoïques, sont composés d'une formulation polyuréthane, découpés en forme pyramidale et imprégnés dans une solution de carbone.

Considérant les inconvénients liés à ce type de matériaux (pertes d'usinage, composant pétrosourcé, ...), un nouveau matériau absorbant a été développé pour y répondre. Sa matrice étant basée sur du liège, il présente l'avantage d'être résistant au feu et à l'humidité. Concernant ses performances électromagnétiques, les premières mesures obtenues par comparaison avec des matériaux commerciaux, ont montré des valeurs comparables voire supérieures. En outre, le processus de fabrication offre la possibilité de réaliser des pièces de formes diverses par moulage.



### INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

#### STADE DE DEVELOPPEMENT :

TRL4 - Validation de la preuve de concept

#### LABORATOIRE DE RECHERCHE :

UMR 6164 - IETR

#### EQUIPE DE RECHERCHE :

ANTENNES ET DISPOSITIFS HYPERFREQUENCES (ADH)

#### PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ASSOCIÉE :

FR : FR1652428 - déposé le 21/03/2016  
WO - CN, EP, JP, US

### SES BÉNÉFICES

- Conformité REACH
- Diminution des pertes de matière : moulage vs. usinage
- Matériau « green », eco-friendly
- Capacités intrasèques de tenue au feu

### SES APPLICATIONS

- Absorbants hyperfréquences
- Chambres anéchoïques
- Data Centers
- Isolation CEM

# SIDEFFECT

## SOUDAGE INDUCTION DÉMONSTRATEUR AVEC DES EFFECTEURS



Le projet SIDEFFECT vise à développer et évaluer le SOUDAGE DYNAMIQUE PAR INDUCTION destiné au FUSELAGE THERMOPLASTIQUE dans un contexte de faible coût et de forte cadence.

### Contexte industriel

Dans le cadre de l'évolution constante du marché aéronautique, la filière doit répondre aux objectifs de forte cadence et de maîtrise des coûts. Les composites thermoplastiques présentent de réels atouts : performances mécaniques, excellente tenue environnementale (feu, fluides, température), et des perspectives industrielles d'automatisation notamment par l'introduction du soudage. Le projet SIDEFFECT s'inscrit dans la démarche de renforcement de la filière thermoplastique française initiée par le GIFAS.

### Caractères innovants

Développer un outil de modélisation du soudage inductif, qui s'appuie notamment sur la caractérisation du comportement thermique, électrique, les phénomènes d'adhésion et de dégradation du composite. Concevoir des effecteurs qui assurent une parfaite maîtrise du soudage et de bonnes performances mécaniques à l'interface. Développer des inducteurs, outillages et paramètres de soudage adaptés aux complexités des panneaux de fuselage, y compris à la présence de protection foudre. Démontrer la validité du soudage par induction sur un panneau raidi représentatif de l'application visée.

### Applications industrielles

Les résultats du projet permettront d'élever la maturité du soudage par induction et de contribuer à l'émergence de cette brique technologique. Cette technologie est destinée à l'assemblage de panneaux raidis thermoplastiques en général (fuselage, porte, case de train, voiture).

### Impacts techniques et économiques

- Augmentation des cadences de production de structures thermoplastiques
- Réduction du coût de revient de panneaux raidis composites
- Optimisation du design et réduction de la masse des structures raidies

### Partenaires

- IRT JULES VERNE
- LATECOERE
- AIRBUS Opérations
- STELIA Aerospace
- AVIACOMP
- IREENA (Univ Nantes)
- CETIM
- LTEN (Univ Nantes)
- EUROPE Technologies
- HUTCHINSON

### Équipement

- Cellule de soudage #1 IRT JV

### Budget

- 5023 K€

# LES PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES



Une plate-forme est un ensemble d'équipements et/ou expertises scientifiques mutualisés au sein d'établissements publics de recherche dont les moyens sont organisés sous forme d'une offre qualifiée à destination d'acteurs socio-économiques. Ainsi, les entreprises peuvent avoir recours à des grands équipements d'excellence et des compétences humaines pour une prestation de R&D à forte valeur ajoutée. Ouest Valorisation vous propose des ressources d'innovation issues de plus de 20 plates-formes à l'échelle de la Bretagne et des Pays de la Loire.

Nous vous accompagnons dans la construction de votre projet de R&D :

- Exprimez-nous vos besoins industriels : interlocuteur unique, nous conduisons la recherche des compétences, expertises ou moyens correspondants auprès des plates-formes;
- Osez sous-traiter ou co-traiter votre R&D : une réponse aussi bien à des besoins proches du marché que plus en amont, formalisant les moyens, le prix et les échéances dans une confidentialité totale et réciproque;
- Sécurisez la propriété intellectuelle des résultats obtenus et des évolutions ultérieures de la technologie et gagnez l'avance concurrentielle essentielle à votre compétitivité en vous réservant l'exclusivité d'exploitation sur les résultats.

## VIBROMÈTRE LASER 3D ROBOTISÉ

3DVIB c'est l'association originale de 3 vibromètres laser à balayage, montés sur un bras robotisé pour des mesures répétées, de haute résolution et précision, avec les compétences d'experts en vibro-acoustique de l'IRT Jules Verne et du LAUM, le laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans. Installé au cœur de la halle technique de l'École d'ingénieurs du Mans ENSIM, cet équipement est unique en France.

### Offre de services

La plate-forme 3DVIB vous accompagne de la réalisation de cartographies vibratoires 3D complètes au développement de nouvelles méthodes de caractérisation, elle permet toutes les analyses vibratoires et de dynamiques des structures :

- Analyse de déformé opérationnel
- Analyse modale
- Étude de la propagation des ondes
- Corrélation simulation essai
- Recherche de problème vibratoire
- Caractérisation de matériau
- Localisation de défaut

Ces mesures de vibrations sont possibles pour tout type d'échantillon, de la petite pièce de quelques centimètres carrés à la structure complexe d'une dizaine de mètres cubes. Elles s'appliquent dans tous les domaines d'activités : transport, génie civil, environnement, industrie...

Ainsi, 3DVIB est au service des industriels et des académiques autour de projets de R&D et de prestations de service, de la mesure répétée et rapide de champs vibratoire 3D au post-traitement et à l'interprétation des données.

### Les avantages

- des mesures vibratoires 3D rapides sur de petites et grandes structures,
- des analyses vibratoires 3D de structures complexes,
- des mesures répétées,
- une grande résolution d'image.

**3DVIB**  
Vibromètre laser 3D robotisé



## SCAP

SCAP (Systèmes Cyber-physiques Adaptatifs de Production) est une plate-forme de mise en situation de travaux de recherche et de technologies sur des cas d'usage industriels avec des équipements pros et/ou des prototypes.

Portée par le laboratoire de recherche Lab-STICC, SCAP industrie du futur, est une plateforme, membre de l'alliance nationale industrie du futur. L'approche se veut pragmatique : mettre en situation d'usage des technologies du numérique connues mais pas encore appliquées à la production industrielle ou à la chaîne logistique ; identifier de nouveaux usages pouvant nécessiter le développement de technologies et de services à haut degré d'innovation (TRL 1 à 4).

Expérimenter et innover grâce à plus de 500 enseignants-chercheurs et experts de l'industrie 4.0 !

### Offre de services

#### • Poste de travail & facteurs humains

Aménagement du poste de travail, coopération Homme-Machine, simulation de situations complexes, prévention des risques de TMS

#### • Usine numérique

Gestion d'entrepôt et agilité du stockage, personnalisation des opérations manufacturières et des produits, pilotage par produits, prédiction et gestion des flux en temps réel

#### • Usine virtuelle & simulation

Conception d'un poste de travail, simulation de situations complexes, aide à la prise de décision, création et tests d'interfaces de supervision

#### • Cyber sécurité

Audit et analyse des risques, sécurisation des objets connectés, cyber protection des réseaux et des systèmes, détection d'intrusion, des signaux faibles et analyse de vulnérabilités



## COMPOSITIC

La plate-forme CompositIC est spécialisée dans la mise en œuvre de composites innovants via la conception de matériaux et de procédés automatisés autour de la technologie de placement de fibres.

Autour des procédés additifs de placement de fibres et de matières, l'objectif du plateau technique CompositIC est d'initier des programmes de R&D sur la conception, la qualification de pièces composites et éco-composites de formes complexes et l'industrialisation de leur fabrication. Ces travaux sont réalisés en partenariat avec les principaux acteurs industriels de diverses filières (automobile, nautisme, énergies marines renouvelables...).

Il s'agit également de favoriser le transfert de savoir-faire et d'aider les PME/PMI à évoluer vers des technologies de drapage automatisées plus respectueuses de l'environnement et des conditions de travail.

### Offre de services

Autour de la technologie robotisée de placement de fibres, l'objectif de ce plateau technique est d'accueillir et d'initier, en partenariat avec les principaux acteurs industriels, des programmes de R&D sur la conception, la qualification de pièces composites de formes complexes et l'industrialisation de leur fabrication.

- **Prestations de services**

CompositIC réalise des prestations pour les entreprises du secteur de la plasturgie, du nautisme, de l'automobile, des énergies marines (essais de traction/flexion, essais de rhéologie, essais d'injection/extrusion...)

- **Fabrication additive**

Technologies de placement de fibres robotisées (AFP Coriolis et TPT chez Multiplast) en thermoplastiques (PA, PEEK, etc..) et thermodurcissables (Epoxy, poudrées : semi-sèches) ; imprimantes 3D FDM multi-formats (jusqu'à 90x60x90cm sur Fortus 900mc appartenant à SMM) et multi-matériaux (ABS, PC, Ultem 1010, PLA...) ; couplage avec technologies de plasturgie (Injection, thermoformage, infusion, RTM...)

- **Formulation matière**

Formulations à façon de matrices thermoplastiques, réalisation de filaments pour imprimantes 3D FDM (renforcement de matrices, fonctionnalisation des matériaux...) et de semi-produits transformables par voie robotisée (imprégnation de fibres continues).

- **Caractérisation**

Tests sur semi-produits et produits finaux : caractérisation rhéologique, taux de porosité, analyse US, Tomographie X ; tests mécaniques (traction, flexion, compression, pelage, fatigue) et tests vieillissement (UV, humidité, température).

- **Formation**



&



L'un des objectifs de CompositIC est de promouvoir les développements industriels dans le domaine des matériaux avancés par la mise au point et la commercialisation de procédés et produits, par exemple, par la concession de brevets.

L'industrie du futur comprend de nombreux axes de réflexions, notamment sur l'impression 3D.

**« La fabrication additive est maintenant démocratisée, il est assez facile de travailler sur des matériaux basiques. En revanche, il reste beaucoup de choses à faire sur l'impression de composites, notamment sur les fibres de carbone, de verre, les fibres végétales etc... c'est le challenge : imprimer du composite. Il n'y actuellement pas de solution mature excepté sur du très haut de gamme mais c'est très cher »** explique Yves Grohens, Responsable du plateau technique CompositIC.

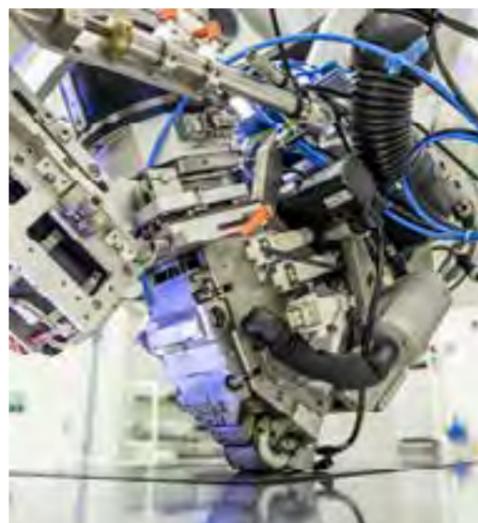
C'est ainsi que la collaboration entre la plate-forme et l'industriel Nanovia est née il y a quelques années

**« Dès les débuts de notre partenariat nous avons orienté nos recherches sur des matériaux pour l'impression 3D car à l'époque il y avait encore très peu de choses. Au fil des projets nous avons donc réussi à développer un véritable catalogue de produits. »** se félicite Monsieur Grohens.

Nanovia développe et distribue dans le monde entier une gamme premium de filaments thermoplastiques, composites, métalliques et céramiques pour la fabrication additive, ainsi qu'une gamme de consommables, dédié aux applications industrielles. Basée en Bretagne, Nanovia collabore depuis 7 ans avec des industries de pointe des secteurs aéronautique, naval, automobile, paramédical, ou encore de la défense, avec des produits adaptés à leurs besoins. Son équipe R&D, composée d'ingénieurs des matériaux et d'ingénieurs chimistes, développe en permanence de nouveaux matériaux afin d'être toujours à la pointe de l'innovation et de répondre aux exigences techniques de nos clients industriels.

**« Depuis sa création, Nanovia collabore avec CompositIC pour développer et industrialiser des matériaux innovants à destination de la fabrication additive. En tant que passerelle entre la recherche académique et le milieu industriel, CompositIC permet d'étudier des nouveaux concepts ou des nouveaux matériaux, ensuite testés et validés industriellement chez Nanovia. »** explique Erwan Leneveu, R&D Manager chez Nanovia.

Ce type de collaboration offre d'une part l'opportunité aux universités de valoriser leurs travaux et de travailler au plus près des problématiques industrielles, et d'autre part cela permet aux entreprises de se différencier de la concurrence et d'être à la pointe de l'innovation.



## IOT

La plate-forme IoT est un banc d'essai ouvert pour tester les petits appareils à capteurs sans fil et les objets hétérogènes en termes de protocoles de communication, de la conception physique à la couche applicative. La plate-forme offre des compétences et des équipements pour concevoir, développer et tester les appareils sans fil.



### Prototypage

- Accès à un ensemble reconfigurable réseau local
- Assistance à la conception et mise en œuvre
- Prototypage des couches physiques (Massive MIMO, SDR, Modulations)
- Prototypage multistandard
- Conditions réelles ou critiques environnement de test (signal brouillé)
- OS embarqué ou Bare Metal

### Fablab

- Accès ouvert à un réseau avec différents types de nœuds
- Sélection et validation des composants
- Validation des nouvelles technologies
- Infrastructure : FoG et Edge computing, Sécurité...
- Interopérabilité : entre les protocoles, nœuds...

### Mesures

- Surveillance et caractérisation (EMC, PSD, interférences, RF, coexistence, ...)
- Métrologie des objets intelligents (rayonnement, sécurité, système global, ...)
- Performances (durée de vie des piles, couverture étendue, ...)
- Ultra basse consommation



## PROCÉDÉS MATÉRIAUX COMPOSITES

Les procédés composites innovants permettent aux industriels de répondre aux enjeux d'allègement des structures et de fabrication de structures complexes. L'IRT Jules Verne développe notamment des solutions permettant l'automatisation des procédés composites avec une volonté d'optimisation croisée du coût et de la performance.

### Une équipe avec une culture industrielle forte

L'équipe dédiée aux procédés composites s'appuie sur une culture industrielle forte et mêle des profils industriels, issus notamment d'entreprises aéronautiques et automobiles, et des profils académiques. Cette complémentarité et cette pluridisciplinarité permettent à l'IRT Jules Verne de proposer une gamme de solutions complète, de la matière première à la pièce ou la structure dans son ensemble, jusqu'au recyclage.

### L'amélioration de la performance, du coût et des cadences

Dans ses travaux sur les procédés matériaux composites, l'IRT Jules Verne recherche une adéquation entre la conception du produit et le procédé de mise en œuvre pour obtenir les performances, les coûts et les cadences attendus par les industriels. L'équipe Procédés Composites se concentre sur le préformage pour matrices thermoplastiques et thermodurcissables et sur les procédés de fabrication de pièces et structures thermoplastiques à renforts en fibres de verre ou carbone. Elle travaille sur des démonstrateurs industriels pouvant aller jusqu'à l'échelle 1.

### La collaboration avec les autres équipes d'experts de l'IRT Jules Verne

Les ingénieurs et docteurs dédiés au développement de procédés composites innovants travaillent en collaboration avec d'autres équipes de l'IRT Jules Verne spécialistes de la caractérisation, de la modélisation, de la simulation et de la robotique, afin de proposer des solutions globales pour chaque problématique industrielle.

## EXPERTISES

### PROCÉDÉS MATÉRIAUX COMPOSITES

- || Développement de combinaisons matériaux/ procédés répondant à des exigences spécifiques
  - préformage complexe et imprégnation de renforts
  - mise en forme
  - assemblage
- || Mise en œuvre des composites à matrice thermodurcissable et thermoplastique
- || Conception de structures innovantes légères et performantes mécaniquement : optimisation et fonctionnalisation des produits

## ÉQUIPEMENTS

- || Ligne de fabrication automatisée de préformes composites textiles MADRAS
- || Presse horizontale 1300 T robotisée injection bi-matières + four infrarouge
- || Presse verticale 200 T robotisée injection + four infrarouge
- || Presse 50 T plateau chauffant 400°C
- || Robot de soudage par induction thermoplastique
- || Machines TFP (Tailored Fiber Placement) grandes dimensions et placement de tapes
- || Ligne de matelassage composite



# Quest Valorisation

La Société d'Accélération du Transfert de Technologies propose un accompagnement sur-mesure de vos projets d'innovation.



## TRANSFÉRER DES TECHNOLOGIES ÉPROUVÉES & DES EXPERTISES DE POINTE

Quest Valorisation propose des technologies protégées, mûries et validées grâce à ses investissements massifs en R&D pour renforcer le leadership technologique des entreprises.

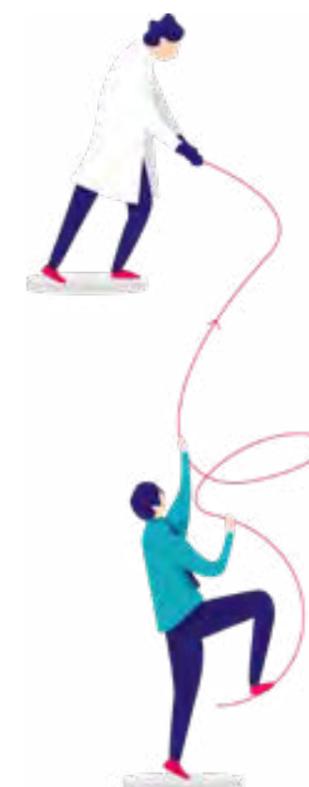
*L'équipe de la SATT apporte des réponses concrètes aux besoins de R&D et d'innovation des entreprises. Elle facilite l'accès aux laboratoires et simplifie la négociation des contrats.*



## FACILITER LES LIENS PUBLIC-PRIVÉ

Quest Valorisation intensifie et diversifie les formes de coopération industrielle pour accélérer l'accès des entreprises aux technologies, compétences et équipements scientifiques des laboratoires de recherche publics.

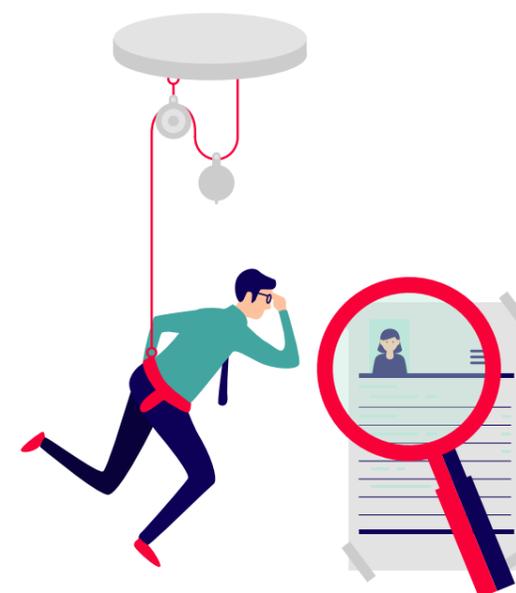
*L'équipe construit les programmes de R&D pour passer du résultat de recherche au prototype préindustriel convaincant pour les entreprises et les faire gagner en compétitivité.*

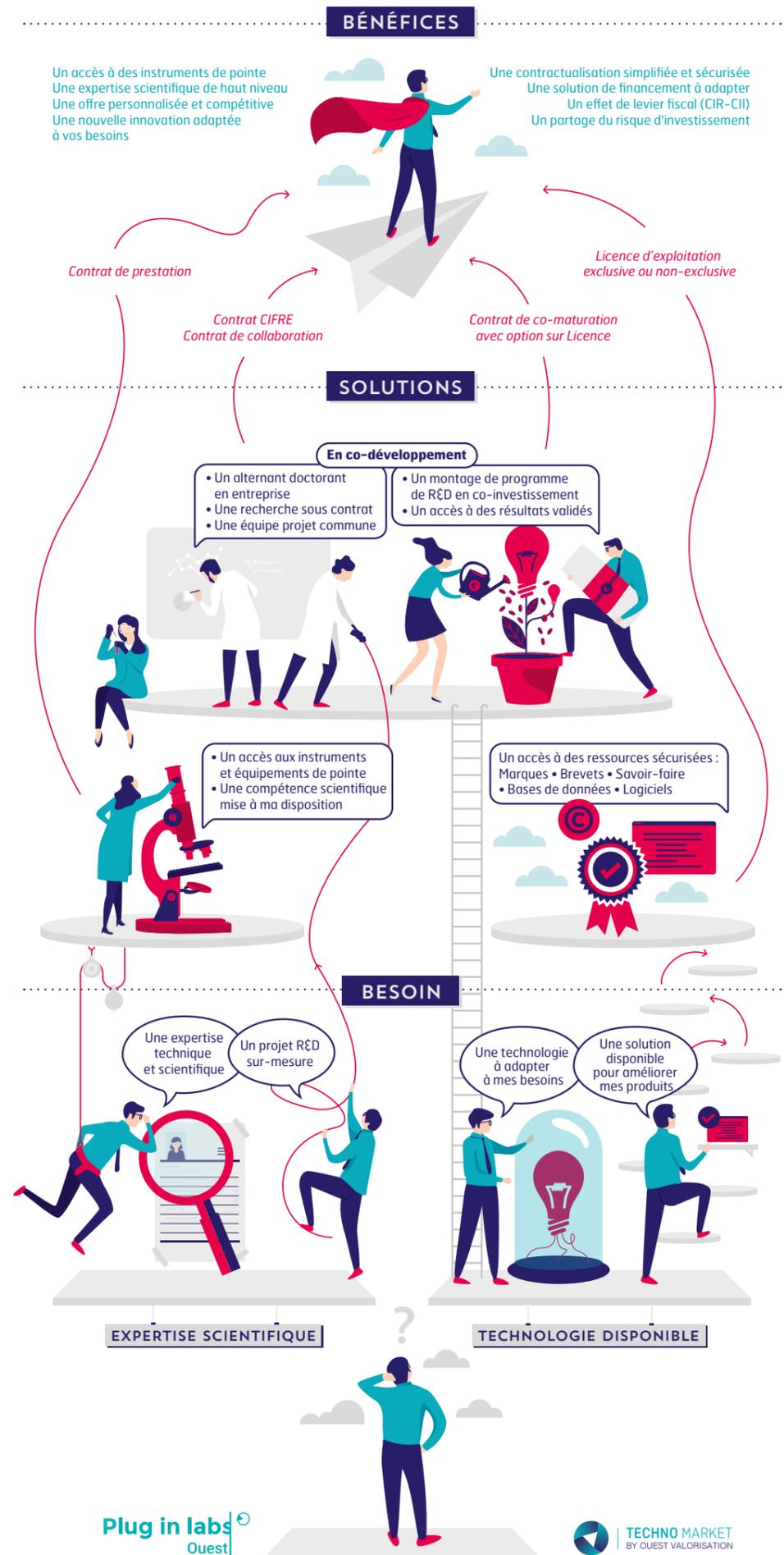


## DÉTECTER & PROTÉGER LES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Quest Valorisation identifie des projets présentant un fort potentiel innovant, les évalue et élabore avec les chercheurs la meilleure stratégie de protection et de valorisation.

*L'équipe de la SATT accompagne au quotidien les chercheurs, développe le portefeuille de propriété industrielle des établissements et amplifie l'impact socio-économique de leurs recherches.*





# Plug in labs Ouest

Le portail des laboratoires et plateformes de la recherche publique du Grand Ouest opéré par Ouest Valorisation

Plug In Labs Ouest est la plateforme de mise en relation qui aide les entreprises des régions Bretagne et Pays de la Loire à trouver les expertises complémentaires à leur stratégie d'innovation.

## Plug In Labs Ouest, qu'est-ce que c'est ?

Plug In Labs Ouest, lancé en 2014 en Bretagne et étendu en 2017 aux Pays de la Loire recense, au sein d'une même plateforme web, les laboratoires et plates-formes technologiques des établissements de recherche publique des deux Régions.

Aujourd'hui, ce sont plus de 800 laboratoires et 350 plates-formes référencés, couvrant toutes les filières économiques du territoire.

En quelques clics, Plug In Labs Ouest donne la possibilité aux entreprises et acteurs économiques du territoire de trouver une compétence, une expertise, des équipements leur permettant de booster leur innovation.

Cette solution, adaptée aux politiques d'innovation des entreprises, participe à leur compétitivité en proposant des expertises et technologies en adéquation avec leurs marchés. Une manière également de se démarquer de la concurrence en gagnant parfois du temps en matière de recherche et développement.

## PLUG IN LABS OUEST C'EST LE TRAIT D'UNION QUI RELIE SCIENCES & MARCHÉS

- UN MOTEUR DE RECHERCHE**  
qui vous permet de trouver en quelques clics un laboratoire, une plateforme technologique ou une expertise.
- UNE CARTOGRAPHIE PRÉCISE**  
de la recherche publique du Grand Ouest.
- UNE ÉQUIPE À VOTRE ÉCOUTE**  
pour vous accompagner et vous aider à concrétiser votre projet.



## Plug In Labs Ouest, comment ça marche ?

C'est simple : saisissez vos mots-clés dans la barre de recherche ou explorez par région ou thématique. Chaque fiche présente les spécificités du laboratoire, les types de travaux sur lesquels il travaille et propose un formulaire de contact pour une mise en relation directe. Et si d'aventure vous ne trouviez pas, un formulaire vous permet d'exprimer votre demande ou de solliciter un contact direct pour garantir toute confidentialité.

Imposé par :





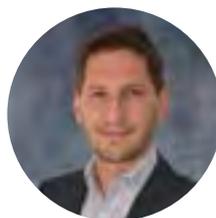
**RETROUVEZ-NOUS SUR**  
[www.ouest-valorisation.fr](http://www.ouest-valorisation.fr)

### Vos contacts au sein de Ouest Valorisation :



**Xavier ADURIZ**

Ingénieur commercial / Business Developer  
Digital & Engineering  
[xavier.aduriz@ouest-valorisation.fr](mailto:xavier.aduriz@ouest-valorisation.fr)  
Tél : +33 (0)6 35 82 77 07



**Christophe AURIANT**

Ingénieur commercial / Business Developer  
Sustainable Chemistry & Materials  
[christophe.auriant@ouest-valorisation.fr](mailto:christophe.auriant@ouest-valorisation.fr)  
Tél : +33 (0)6 18 70 33 50

### Votre contact au sein de l'IRT Jules Verne :



**Philippe PIARD**

Responsable du Pôle Développement  
Responsable de la filière Navale  
[philippe.piard@irt-jules-verne.fr](mailto:philippe.piard@irt-jules-verne.fr)  
Tél : +33 (0)6 82 84 14 76

### Votre contact au sein de Plug in Labs Ouest :



**Sandra MARTINEAU**

Chef de Projet  
[sandra.martineau@ouest-valorisation.fr](mailto:sandra.martineau@ouest-valorisation.fr)  
Tél. : +33 (0)6 18 70 32 21



LE GRAND PLAN  
D'INVESTISSEMENT

Réf A 2942

