

1

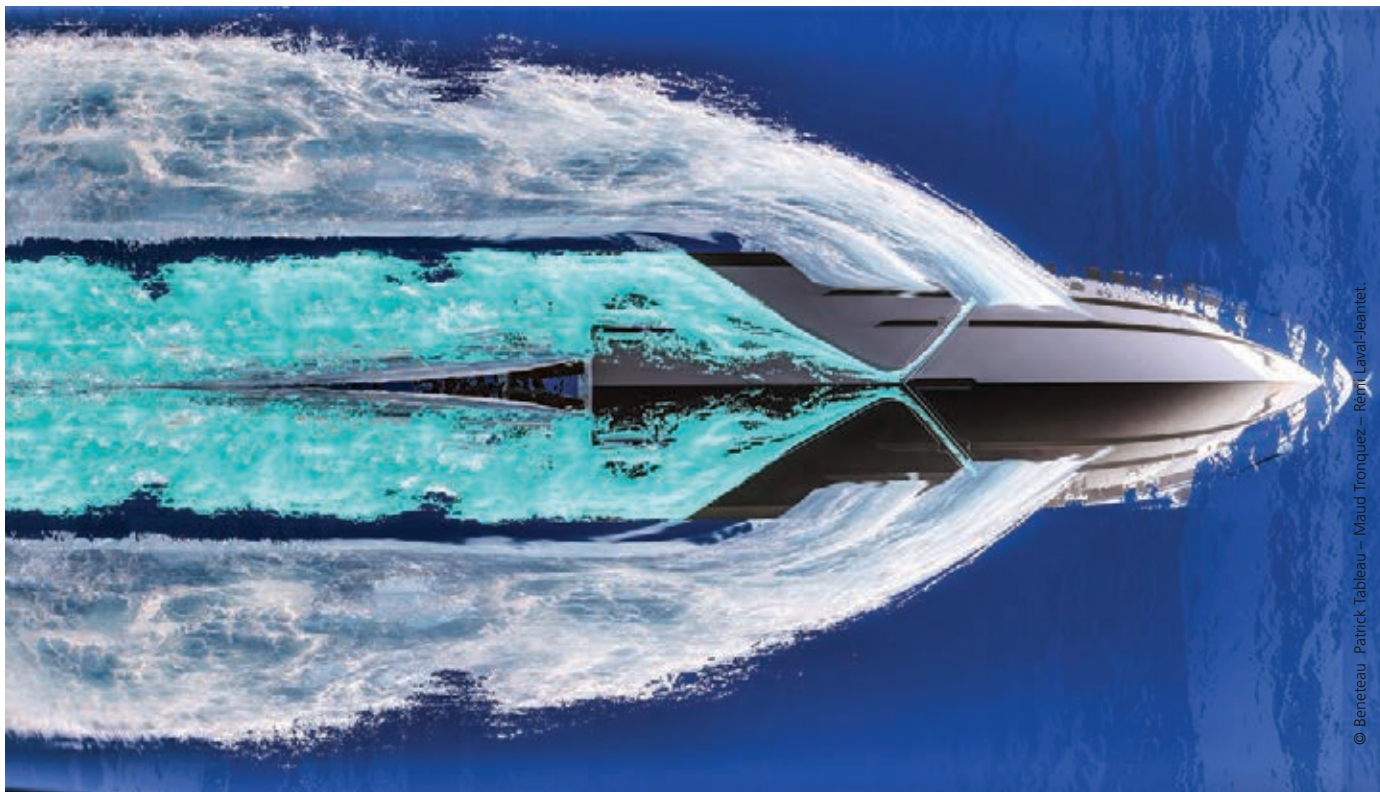
Matériaux avancés et actifs

LOISIRS & CULTURE
ÉNERGIE, MOBILITÉ, NUMÉRIQUE
ENVIRONNEMENT, HABITAT, SANTÉ ET BIEN-ÊTRE, SÉCURITÉ
ALIMENTATION

► Correspond à
une technologie clé 2015

MOTS CLÉS

Matériaux avancés,
matériaux fonctionnels,
matériaux actifs,
composites,
nanomatériaux



© Beneteau - Patrick Tableau - Maud Tronquez - Remi Laval-Jeanret.

Définition et périmètre

Les matériaux avancés désignent les matériaux fonctionnels, les matériaux à haute performance, les matériaux à haute valeur ajoutée, etc. Ils constituent une famille large de matériaux qui concernent de nombreux domaines d'application. Ils répondent à des besoins de hautes performances telles qu'une forte résistance mécanique, thermique ou à la corrosion par exemple.

Les matériaux actifs désignent les matériaux intelligents agissant directement sur leur environnement en ayant par exemple des propriétés antibactériennes, antistatiques, dépolluantes, autonettoyantes ou présentant des propriétés de conversion d'une énergie en une autre (matériaux pyroélectriques, piézoélectriques...).

Ces matériaux, qui sont opposés aux matériaux de commodité, ont en commun de posséder des fonctionnalités supplémentaires par rapport à la fonction première qu'ils apportent. Ils permettent ainsi d'améliorer les propriétés globales du système dans lequel ils sont intégrés comme par exemple la durabilité, l'efficacité, l'innocuité.

Pour bénéficier d'un référentiel exploitable, on se basera sur le marché des matériaux à haute valeur ajoutée, tel que défini par Oxford Research pour la Commission Européenne¹. Les matériaux inclus dans cette catégorie ont les particularités suivantes :

- nécessitent des connaissances poussées pour être développés et produits (« knowledge intensiveness ») ;
- possèdent des propriétés nouvelles, supérieures, sur mesure pour des applications structurales ou fonctionnelles ;
- ont le potentiel de contribuer à donner des avantages compétitifs sur le marché ;
- ont le potentiel d'adresser les grands challenges sociétaux définis, dans le programme Horizon 2020, par la Commission européenne dans le cadre de la stratégie Europe 2020².

1 – Oxford research, 2012 : *Technology and market perspectives for future value added materials*

2 – Exemples de grands challenges européens : santé, changements démographiques, bien-être ; sécurité alimentaire et bioéconomie ; énergie propre et efficace et à approvisionnement sécurisé

Oxford Research indique que les matériaux concernés couvrent les familles classiques de matériaux (polymères, matériaux métalliques, céramiques) et les nouvelles catégories de matériaux (matériaux composites, semi-conducteurs).

Oxford Research cite également la classification proposée par Moskowitz³ qui précise davantage les matériaux concernés :

- matériaux de bioingénierie ;
- alliages avancés ;
- céramiques avancées ;
- polymères techniques ;
- polymères organiques pour l'électronique (OPE) ;
- autres matériaux pour l'électronique ;
- revêtements avancés ;
- nanopoudres ;
- nanocarbones ;
- nanofibres ;
- couches minces ;
- composites avancés.

Quelques exemples sont donnés ci-dessous afin d'illustrer les types de matériaux concernés.

- Alimentation : emballages actifs (perméabilité/imperméabilité à l'eau, à l'oxygène, à l'éthylène par exemple) ;
- Habitat : verre électrochrome, matériaux dépolluants, textiles lumineux, matériaux à changement de phase pour l'isolation, surfaces photovoltaïques intégrées ;
- Santé : matériaux à libération contrôlée (thérapeutique, diagnostic), vecteurs thérapeutiques, dispositifs médicaux implantables ;
- Sécurité : exosquelette pour la défense en fibres de carbone et alliages de titane ;
- Mobilité : composites pour l'allègement des pièces ;
- Loisirs & culture : textiles intelligents (pour jeux immersifs par exemple).

3 – Moskowitz, S.L., 2009 : *Advanced Materials Revolution Technology and Economic Growth in the Age of Globalization*, John Wiley & Sons

Le sujet est donc très vaste. Cette fiche retrace les principaux matériaux par nature et par application, sans que les matériaux ou les débouchés n'aient toujours de relations entre eux.

Pourquoi cette technologie est-elle clé ?

Les matériaux sont à la base de tous les secteurs. Les rendre performants et les concevoir de manière à répondre de plus en plus spécifiquement à plusieurs besoins précis (au lieu d'un seul classiquement) augmente leur valeur ajoutée et contribue à leur déploiement ainsi qu'au développement des secteurs applicatifs.

Par exemple, les matériaux avancés sont utilisés pour les bétons bas carbone (dérivés de magnésium au lieu du calcium), pour les dispositifs médicaux implantables (films de fibroïnes, les protéines majoritaires de la soie), pour les pièces automobiles (composites polypropylène/fibre de verre).

Ainsi, il est clé de se positionner sur ce marché en forte croissance qui touche tous les secteurs d'activité à tous les niveaux des chaînes de valeur. Les matériaux à haute valeur ajoutée sont clés tant en termes de marchés propres qu'à travers leurs utilisations dans les applications qu'ils servent.

La technologie clé « modélisation, simulation et ingénierie numérique » (4) influence fortement les matériaux avancés car ces technologies permettent de prédire le comportement des matériaux sans passer par des tests laboratoire et offrent ainsi un gain de temps et d'argent.

Les capteurs (2) et les matériaux avancés s'influencent mutuellement dans le sens où de nouveaux besoins de performances sur les capteurs peuvent générer de nouveaux besoins en matériaux et inversement de nouveaux matériaux peuvent mener à de nouveaux marchés pour les capteurs.

La fabrication additive (9) est influencée par la nécessité de maîtriser finement les matériaux mis en œuvre, qu'ils soient métalliques, céramiques ou plastiques.

Les marchés

La dénomination « Matériaux avancés et actifs » étant sujette à interprétation, il est possible de trouver différents chiffres pour ce marché du fait de périmètres différents. Dans tous les cas, il est à noter que ce marché couvre une multitude de matériaux avec des propriétés bien spécifiques pour chaque application et représente donc la somme d'une multitude de segments de marché.

Liens avec d'autres technologies clés

Les matériaux avancés influencent :	Domaines d'application	Les matériaux avancés sont influencés par :
/	Alimentation	/
/	Habitat	/
Capteurs (2) Microfluidique (17)	Santé	Capteurs (2) Fabrication additive (9) Cobotique et humain augmenté (10)
Capteurs (2)	Sécurité	Modélisation, simulation et ingénierie numérique (4)
Fabrication additive (9)	Mobilité	Modélisation, simulation et ingénierie numérique (4)
Capteurs (2) Fabrication additive (9)	Loisirs & culture	Capteurs (2) Fabrication additive (9)

Le marché total des matériaux à haute valeur ajoutée est estimé par Oxford Research à 150 Md € en 2015 et 186,1 Md € en 2020. Les secteurs applicatifs principaux sont⁴ :

- l'environnement (les technologies d'efficacité énergétique pour la protection de l'environnement en représentent 40 %) avec 38,2 Md € en 2015 et 48 Md € en 2020 ;
- les TIC avec 38,8 Md€ en 2015 et 46,6 Md€ en 2020.

⁴ – Oxford research, 2012 : *Technology and market perspectives for future value added materials*

D'ici à 2020, les secteurs à plus forte croissance devraient être l'énergie et les secteurs transverses. Au contraire, la

santé et les TIC devraient être les secteurs les moins dynamiques (tout comme entre 2008 et 2015).

Taille du marché des matériaux à haute valeur ajoutée (Md €)	2008	2015	2020	2030	2050
Énergie	7,1	14,3	18,9	37,0	175,7
Transport	9,6	13,1	15,8	24,3	52,6
Environnement	24,6	38,2	48,0	86,8	352,2
Santé	27,0	32,1	37,4	55,0	115,2
TIC	29,6	38,8	46,6	70,7	152,2
Autres / transversales	3,6	13,5	19,3	42,2	250,8
Valeur totale estimée	101,7	150,0	186,1	316,0	1098,6

Figure 1 : Marché des matériaux à haute valeur ajoutée par secteur applicatif⁶

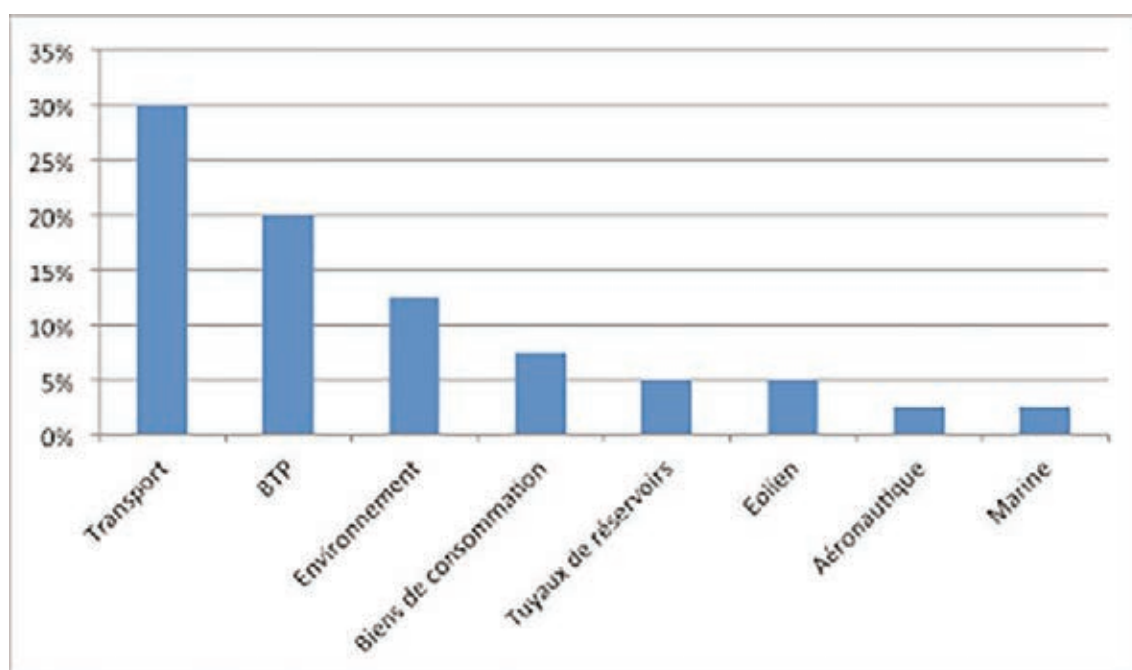


Figure 2 : Marché des composites par secteur client en France en 2012⁵

Le marché mondial des composites était de 7,3 Md \$ en 2012 et est estimé à 10,9 Md \$ en 2018, soit une croissance annuelle (CAGR) de 7 % sur cette période⁷.

Le marché français des composites en 2012 est de 2 Md € soit 300 000 t de composites commercialisés.

Les marchés applicatifs en France en 2012 étaient principalement les transports et le bâtiment⁸.

Le marché des nanomatériaux était estimé à 1,7 Md \$ en 2010 et projeté à 5,8 Md \$ en 2016 soit une croissance annuelle de 23 %⁹. Des craintes sur les conséquences sanitaires des nanomatériaux peuvent freiner cette expansion, en particulier en Europe, sans qu'il

5 – Oxford research, 2012 : *Technology and market perspectives for future value added materials*

6 – Fédération de la plasturgie et des composites, 2014 : *Panorama 2014*, d'après des données JEC

7 – Lucintel, 2013 : *Growth Opportunities in Global Composites Industry 2013-2018*

8 – Fédération de la plasturgie et des composites, 2014 : *Panorama 2014*, d'après des données JEC

9 – Lucintel, 2011 : *Global nanomaterial opportunity in energy and emerging trends*

n'émerge de réglementation spécifique. En France, la déclaration est toutefois obligatoire. Il est donc raisonnable de penser que le secteur verra encore une croissance d'ici 2020, pour un marché de l'ordre d'une dizaine de milliards de dollars.

Les défis technologiques à relever

Défis par grandes familles de matériaux

Verres et céramiques

L'industrie des verres et celle des céramiques proposent des matériaux avancés pour de nombreuses applications. L'industrie est fortement guidée par les impacts environnementaux, pour les marchés cibles d'une part, mais aussi pour leurs propres procédés, fortement consommateurs d'énergie et d'eau. Les développements des technologies de fours en particulier permettront de répondre à ces défis.

Les grands défis de ces deux secteurs sont aussi liés à l'augmentation de la durabilité des matériaux, afin de diminuer l'impact environnemental de la production sur l'ensemble de la durée de vie du produit. Le développement des techniques de recyclage est une attente majeure pour diminuer cet impact environnemental, avec par exemple des techniques de mise en forme basées sur la compaction de poudres.

Le développement de capteurs ou de matériaux actifs intégrés dans les céramiques forment les « céramiques intelligentes » capables de détecter la présence d'occupants et de mettre en place un éclairage ou un chauffage en conséquence.

Enfin, au niveau mondial, le secteur de l'énergie tire le développement de nouveaux verres (et de leurs revêtements) et de nouvelles céramiques techniques aussi bien pour l'énergie solaire (photovoltaïque, thermique) que pour l'éolien. Les céramiques sont aussi particulièrement exploitées pour les applications en santé.

Composites

Les composites sont notamment clés pour l'automobile, l'aéronautique et l'énergie éolienne. Ils répondent bien au besoin d'allègement des pièces et allient également de bonnes propriétés mécaniques. Les enjeux pour ces matériaux sont les suivants :

- augmentation de la durabilité et de la recyclabilité ;

— L'augmentation de la durée de vie passe par la tenue dans le temps des matériaux mais aussi par la mise au point de matériaux réparables.

— L'introduction des composites s'est largement faite en substitution de matériaux métalliques, qui ont vu aussi de leur côté leurs performances croître. Mais toutes les caractéristiques des matériaux ne peuvent être substituées. La durabilité et la recyclabilité des composites en sont des exemples frappants.

— En termes de recyclabilité et de réduction de l'empreinte carbone, l'introduction et le déploiement des fibres végétales dans ces matériaux représentent une tendance forte. Pour le moment, malgré les premiers succès d'intégration, ces fibres restent marginalement utilisées car elles posent des problèmes de fabrication, de durée de vie (faible résistance à l'humidité en général) et d'émission d'odeurs caractéristiques non acceptables (par exemple pour des véhicules particuliers).

- augmentation de la cadence de production ;

— ce n'est pas un sujet nouveau concernant les composites. Les développements en cours portent essentiellement sur le développement de CND (Contrôle Non Destructif) adaptés à de fortes cadences, telles qu'on peut en trouver dans l'automobile.

Matériaux métalliques

Le développement de nouveaux matériaux est principalement destiné aux marchés suivants : aéronautique, production d'énergie (matériaux constitutifs des turbines), stockage de l'hydrogène, construction navale, médical.

Il s'agit par exemple de superalliages et d'intermétalliques. Les superalliages sont des alliages qui ont une excellente résistance mécanique et une bonne résistance au fluage à haute température (typiquement 0,7 à 0,8 fois sa température de fusion). Les intermétalliques se distinguent des alliages classiques par leur microstructure.

L'un des enjeux liés aux alliages à haute performance est l'amélioration des performances spécifiques rapportées à la densité dans une optique d'allègement des structures, très présente dans l'aéronautique¹⁰.

10 – Pipame, 2015 : *Mutations économiques du secteur de l'industrie des métaux non ferreux – R&D et innovation*

De plus, la reproductibilité des propriétés des alliages est un fort enjeu pour garantir la fiabilité des pièces. Pour cela, le contrôle de la microstructure est essentiel. Cela se traduit donc par le choix d'un procédé d'élaboration adéquat et pour lequel les mécanismes qui entrent en jeu sont bien compris¹¹.

Nanomatériaux et matériaux nanostructurés

Les nanomatériaux ont connu ces dernières années de nombreux développements. Toutefois, les plus grandes avancées ont été réalisées au niveau de la recherche fondamentale. Au niveau industriel, le principal enjeu pour le développement des nanomatériaux est de créer de nouveaux procédés de production intégrés dans une chaîne de valeur des nanomatériaux¹².

Les enjeux court terme des nanotechnologies consistent à consolider les modèles de prédiction des propriétés des nanomatériaux, leurs procédés de production et leur intégration aux chaînes de production existantes.

En termes de fabrication, la priorité est de contrôler les propriétés des nanomatériaux lors de la fabrication et de développer des techniques bas coût pour les manipuler à l'échelle nanométrique et ainsi les intégrer comme constituants de systèmes nanoassemblés.

Modélisation

Une grande tendance est générale aux différents types de matériaux : la modélisation. Deux objectifs principaux sont visés dans le but d'accélérer le processus de développement des nouveaux matériaux :

- modélisation du comportement macroscopique à partir de propriétés microscopiques pour pouvoir prédire le comportement du matériau en fonctionnement ;
- modélisation et validation expérimentale pour prédire le comportement du matériau en fin de vie.

Pour cela, deux défis principaux existent :

- la gestion de données toujours plus nombreuses : les mesures expérimentales actuelles sont plus précises et davantage de paramètres sont mesurés. Il faut de ce fait adapter les modèles mathématiques. De plus, il faudra gérer et diffuser les bibliothèques de données

11 – Pipame, 2015 : *Mutations économiques du secteur de l'industrie des métaux non ferreux – R&D et innovation*

12 – EuMat, 2012 : *Strategic research agenda*

contenant une grande quantité d'informations sur les différents matériaux ;

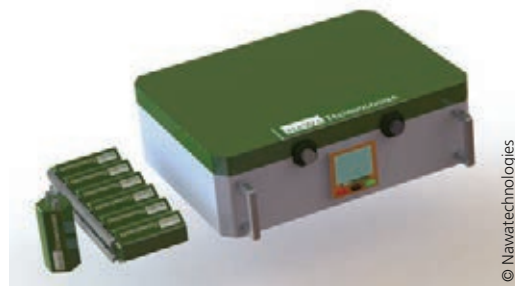
- l'optimisation de la modélisation et de la conception : un nouveau concept de logiciel a récemment été développé, PIDO (Process Integration and Multi-Objectives Design Optimization). Ce type de logiciel permet la formalisation et la gestion de flux à traiter en un procédé flexible et dynamique.

Outre la problématique de modélisation, les matériaux avancés et actifs regroupent des familles de matériaux bien distinctes avec des enjeux souvent très spécifiques du matériau considéré et/ou de l'application. Ainsi, les défis technologiques sont présentés ci-dessous par grande famille de matériaux.

Défis par applications

Matériaux pour les capteurs

L'un des enjeux majeurs dans le domaine des capteurs est la capacité à recevoir et émettre d'importants flux de données tout en consommant le moins d'énergie possible et en garantissant la fiabilité des données.



L'intégration des capteurs sur les plateformes CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) sera un grand défi pour les années à venir¹³. Cela inclura notamment le développement de capteurs basés sur des matériaux différents du silicium (comme les métaux semi-conducteurs des groupes III et V ou des matériaux plastiques) qui offrent de nouvelles fonctionnalités ou des coûts réduits.

De plus, de nouveaux capteurs basés sur des nanofils ou des nanotubes de carbone doivent être investigués en raison de leur potentiel pour améliorer la sensibilité des capteurs.

13 – Oxford research, 2012 : *Technology and market perspectives for future value added materials*

Par ailleurs, les progrès réalisés dans la synthèse de certains matériaux actifs (céramiques ou monocristaux piézoélectriques) permettent des avancées importantes dans le secteur des sonars, du CND¹⁴, des radars et de la récupération d'énergie ou des capteurs autonomes. Le domaine de l'optronique mobilise aussi de nombreux matériaux, aussi bien de l'électronique, que des céramiques ou des verres.

Matériaux pour la santé

Concernant les dispositifs médicaux de type prothèse ou implant, les enjeux matériaux s'articulent autour de trois thèmes¹⁵ :

- durabilité ;
- fonctionnalisation ;
- production.

La longévité des dispositifs et la restauration partielle des fonctions des tissus ou des organes sont clés. Notamment, afin d'améliorer la durée, la compréhension des cinétiques de (bio)résorption et l'étude de la toxicité des produits de dégradation permettra d'avancer sur cet aspect.

La maîtrise des propriétés de surface à l'échelle nanométrique (mouillabilité, adhésion des cellules, distribution des charges, (an)isotropie) est clé afin de garantir une meilleure intégration du dispositif dans le corps.

En termes de production, la reproductibilité des propriétés d'un lot à l'autre et la maîtrise des coûts de production (notamment à travers l'approvisionnement en biomatériaux à des coûts compétitifs) permettront d'améliorer la phase de production de ces dispositifs.

Pour les systèmes de libération contrôlée des médicaments, un système de biomatériaux capables de délivrer un médicament spécifiquement dans un tissu ou une cellule est requis. Une large littérature est aujourd'hui disponible montrant une libération contrôlée du principe actif à l'endroit souhaité. Il manque néanmoins de données relatives à leurs performances in vivo pour passer aux étapes de recherches cliniques¹⁶.

14 – CND : Contrôle non destructif

15 – EuMat, 2012 : *Strategic research agenda*

16 – EuMat, 2012 : *Strategic research agenda*

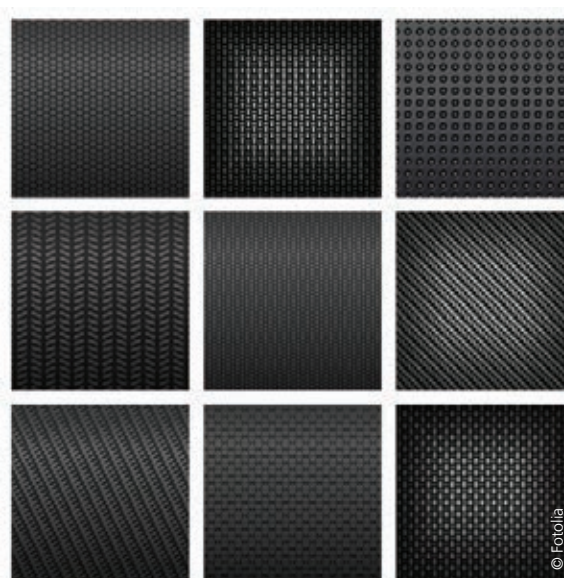
Matériaux pour l'électronique organique

Les applications de l'électronique organique se développent fortement. Les applications couvrent le textile, le packaging, jusqu'à l'automobile ou le médical.

Ce secteur recourt à des matériaux qui ont des propriétés conductrices, semi-conductrices, luminescentes, électrochromiques ou électrophorétiques. Les technologies portent aussi bien sur la sélection des matériaux (organiques purs ou nanoparticules métalliques) que sur la maîtrise des procédés, et notamment des technologies de dépôt et de revêtement.

Matériaux pour l'énergie

Pour la photovoltaïque, des matériaux avec de meilleures propriétés optiques et de plus hautes températures de travail sont nécessaires.



Les éoliennes off-shore et les systèmes de récupération de l'énergie marine sont construits pour résister dans des environnements très contraints où les réparations coûteuses représentent un véritable défi. En ce sens, les matériaux auto-réparant représentent un véritable enjeu pour la filière. De plus, l'augmentation de la puissance délivrée par ces systèmes nécessite des pâles plus grandes ayant un poids réduit pour fonctionner efficacement. Le développement de matériaux plus résistants à la fatigue (plastiques renforcés en fibres de verre et de carbone, incluant des nanoparticules) et de nouvelles architectures de matériaux et de procédés comme les constructions en sandwich sont clés ainsi que des solutions de tribologie durable.

Le stockage de l'hydrogène pourrait être un nouveau débouché pour les intermétalliques. Notamment Mg_2Ni s'avère être un bon candidat. Pour ces matériaux, un compromis entre capacité de stockage de l'hydrogène par le matériau, cinétique de sorption et température d'utilisation est nécessaire¹⁷.

Enfin, l'utilisation de terres rares pour réaliser des aimants permanents est aussi un sujet d'actualité (voir la fiche correspondante).

Les défis commerciaux et d'usage à relever

Les différents défis commerciaux sont liés de manière générale pour tous ces matériaux :

- À la protection des nouveaux matériaux par la propriété intellectuelle ;
- Au financement des PME ;
- Au passage à l'échelle industrielle.

Les matériaux à haute valeur ajoutée étant définis par leur forte intensité de connaissance mobilisée pour leur développement et par leur potentiel de création d'un avantage compétitif, il est clé de protéger ces atouts grâce à la propriété intellectuelle.

Analyse AFOM

ATOUTS

Présence d'acteurs des matériaux et de donneurs d'ordre qui sont des leaders internationaux

Fortes compétences sur les thématiques composites et nanomatériaux

FAIBLESSES

Accès limité des PME aux matériaux avancés en cours de développement

OPPORTUNITÉS

Nombreux secteurs en croissance

Stratégie de différenciation par l'innovation soutenue par les pouvoirs publics

MENACES

Forte concurrence à l'international

Les matériaux avancés sont des domaines pour lesquels les développements représentent généralement des risques élevés et des besoins capitalistiques forts. Dans ce contexte, les PME ont des difficultés particulières à tirer leur épingle du jeu car elles ne sont pas suivies par leurs financeurs sur ce type de projet.

Pour la même raison, la phase d'industrialisation est critique et peine à se concrétiser dans certains cas.

Les enjeux réglementaires

De manière générale, il n'y a pas de contrainte réglementaire générique sur les matériaux. Leur intégration s'appuie sur le cadre des différents marchés applicatifs le cas échéant.

Un obstacle au développement des nanomatériaux en Europe est la crainte de l'impact sur les utilisateurs finaux, notamment pour les produits en contact fréquent avec la peau. Les nanomatériaux sont aujourd'hui considérés avec méfiance par les consommateurs et les industriels mais ne font pas l'objet de restriction particulière pour le moment. Notamment, le règlement européen REACH régulant les produits chimiques sur le territoire ne fait pour le moment pas la distinction sur la forme physique des substances chimiques mais uniquement sur la composition chimique.

¹⁷ – Pipame, 2015 : *Mutations économiques du secteur de l'industrie des métaux non ferreux – R&D et innovation*

Facteurs clés de succès et recommandations

Le time-to-market des matériaux à haute valeur ajoutée est long en général (de l'ordre de 20 ans pour l'automobile et l'aéronautique par exemple). Ainsi, pour l'horizon 2020, les pouvoirs publics devront encourager les projets de développements applicatifs à partir des matériaux déjà développés en laboratoire. Étant donné les difficultés à introduire un nouveau matériau, il est crucial de soutenir les projets vraiment différenciants sur le mar-

ché. Les développements de matériaux ne devront donc être entrepris que dans l'optique d'avantages forts par rapport à l'existant. Typiquement, le secteur considère comme intéressant des gains de 30 % sur le coût ou sur les performances¹⁸.

Un soutien spécifique aux PME pourra être apporté dans le but de les accompagner davantage dans les phases de développement et d'industrialisation.

Acteurs clés

Les secteurs d'application sont transverses, et on compte en France de nombreux industriels et académiques actifs dans le domaine. On dispose en France de bonnes compétences en R&D industrielle et académique, et on compte généralement des acteurs tout le long de la chaîne de valeur, des grands donneurs d'ordre aux PME sous-traitantes. Une particularité du secteur est son dynamisme lié à la présence de nombreuses startups des matériaux avancés.

Industriels impliqués dans les composites : Yanara Technologies (producteur spécialiste des composites), Lineo (filiale de la coopérative agricole Cap Seine), Faurecia (fournisseur automobile), Plastic Omnium (fournisseur automobile), Baudet (fabricant d'articlés sanitaires), Bénéteau (fabricant nautisme), Hexcel (fibres), Toray (fibres), Stratiforme (fournisseur pour le ferroviaire), Airbus (donneur d'ordres aéronautique)

Industriels impliqués dans les matériaux métalliques : Eramet (fournisseur de matières premières), Safran (fournisseur aéronautique), Airbus (donneur d'ordres aéronautique)

Industriels positionnés sur des applications en santé : Carmat (fabricant de cœurs artificiels), Tornier (fabricant de prothèses orthopédiques), Adocia (spécialiste du drug delivery), Ademtech, Noraker (fabricant de dispositifs médicaux implantables)

Industriels producteurs de nanomatériaux : Mathym (solutions innovantes à base de colloïdes), McPhy (stockage

d'hydrogène sous forme solide), Nanoceram (fabrication et mise en œuvre de céramique nanostructurées), Nawa-Technologies (fabricant de matériaux et produits basés sur des nanostructures organisées), Neollia (production et développement de nanomatériaux), 3D-Oxides (films minces contenant des oxydes multiéléments)

Autres industriels des matériaux : Saint-Gobain (verre, céramique, matériaux avancés), Arkema (chimiste, producteur de résines), Poly-Ink (fournisseur d'encre contenant des nanoparticules), Affinsep (polymère à empreinte moléculaire), Lixol (producteur de résines alkydes), Arjowiggins (papier et électronique organique), Piezotech (électronique organique)

Centres de recherche et centres techniques : École des Mines de Douai, École Centrale Nantes, PEP, Onera, LMA (Laboratoire des Matériaux avancés, Université de Lyon, CNRS), MACS (Matériaux Avancés pour la Catalyse et la Santé, ICG Montpellier), CTIF (Centre Technique Industriel Fonderie), IFTH (Institut Français du Textile et de l'Habillement), INSERM, LCTS (Laboratoire des Composites Thermostructuraux, Bordeaux), SPCTS (Science des Procédés Céramiques et Traitements de Surface, Limoges), CEA LITEN (Laboratoire d'Innovation pour les Technologies des Énergies Nouvelles et les nanomatériaux, Grenoble), CTP (Centre Technique du Papier, Grenoble)

Instituts Carnot : Cetim, Cirimat, Chimie Balard, Mica

Pôle de compétitivité : Aerospace Valley, EMC2, Matériaux, Matikem, Plastipolis, Pôle européen de la céramique, Techtera, UP-TEX, Axelera, Pôle des Microtechniques, Pôle Européen de la Céramique

IRT : Jules Verne, M2P, Railenium, AESE (Aéronautique, Espace, Systèmes Embarqués)

18 – Oxford research, 2012 : *Technology and market perspectives for future value added materials*

Position des acteurs français

Position des entreprises françaises dans la compétition mondiale	
En position de leadership	
Dans la moyenne	●
En retard	

Position des acteurs académiques français dans la compétition mondiale	
En position de leadership	
Dans la moyenne	●
En retard	