



Institut Mines-Télécom

COLLOQUE MATÉRIAUX L'IMT ET LES MATÉRIAUX POUR LA TRANSITION ENVIRONNEMENTALE

PANORAMA DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE

J.M. LOPEZ-CUESTA
D. DELAGNES

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Quels matériaux pour quelles ambitions?

1. MATÉRIAUX POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE
2. OBSOLESCENCE DES SYSTÈMES ET MAÎTRISE DE LA DURÉE DE VIE
3. MATÉRIAUX HAUTES PERFORMANCES À FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

CONCLUSION

La recherche en matériaux à l'IMT

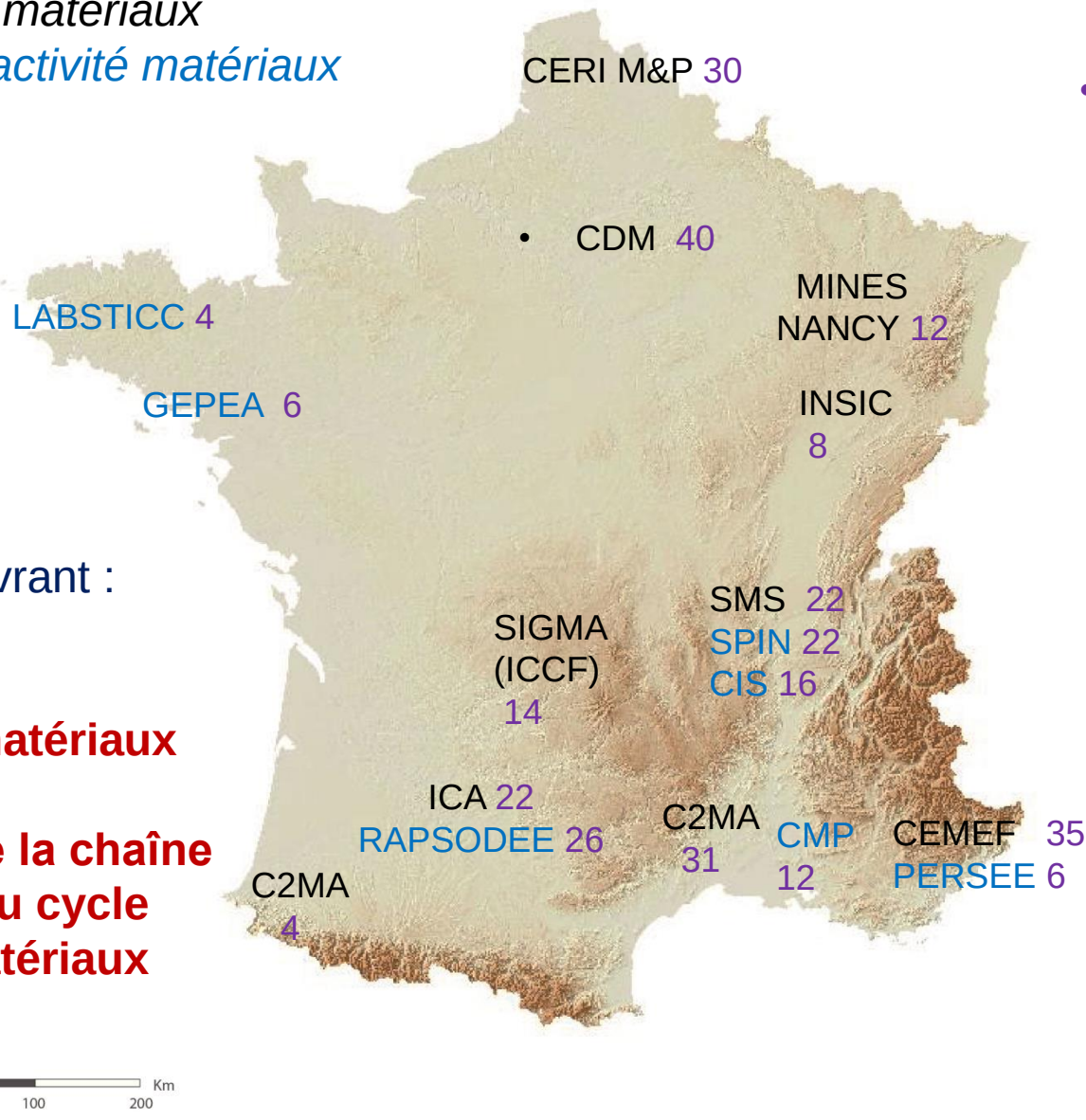
4

- Centre dédié matériaux
- Centre avec activité matériaux

- Nombre de chercheurs et d'enseignants chercheurs permanents: 310

➤ Activités couvrant :

- toutes les familles de matériaux
- l'ensemble de la chaîne de valeur et du cycle de vie des matériaux





réduire
ou limiter

- ✓ Impacts sur les ressources non renouvelables et particulièrement les éléments critiques (faible horizon temporel de la ressource),
- ✓ Impacts extractifs
- ✓ Recours aux énergies fossiles génératrices de gaz à effet de serre
- ✓ Emissions de produits toxiques et polluants organiques persistants



accroître
ou favoriser

- ✓ Les économies d'énergie dans tous les secteurs, le stockage et la conversion de l'énergie
- ✓ L'économie circulaire en réalisant des économies de matière dans les procédés et produits

Quelles typologies pour les matériaux candidats ?

- Matériaux stratégiques pour la production, le stockage et la conversion d'énergies décarbonées et renouvelables
- Matériaux innovants limitant les transferts thermiques

SESSION 1- 8 octobre

- Matériaux remplaçant d'autres matériaux en générant des économies de matière ou d'énergie notables à niveau de performance comparable ou plus élevé
- Matériaux à forte durabilité et fin de vie contrôlée

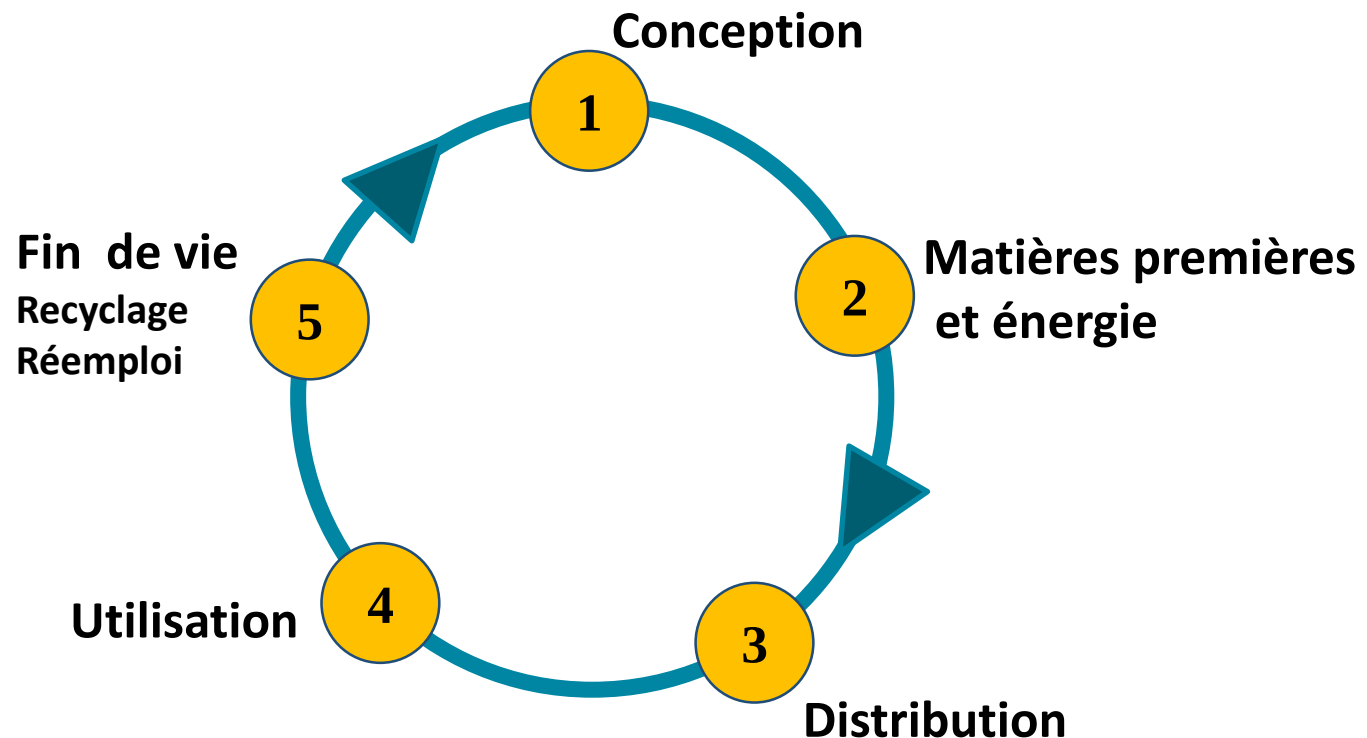
SESSION 2 – 15 octobre

- Matériaux biosourcés et/ou biodégradables
- Matériaux intrinsèquement vertueux du point de vue de leur empreinte environnementale (ACV) tout au long du cycle de vie
- Matériaux intégrés dans des approches d'économie circulaire

SESSION 3 – 22 octobre

Matériaux pour la transition environnementale ?

Colloque IMT



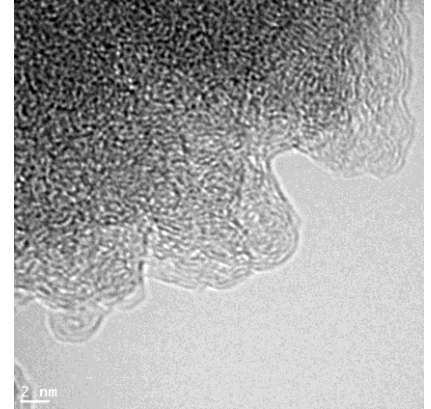
MATERIAUX POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Matériaux carbonés issus de la thermo-conversion de biomasse et de déchets

E. Weiss-Hortala, A. Nzihou, D. Pham Minh / IMT Mines Albi Rapsodee
Collaboration : IMT Atlantique - Mines Paris Tech

Type de matériaux : biochar de structure turbostratique, évolution vers des structures graphéniques

Verrous scientifiques et techniques : Compréhension de la relation propriétés physico-chimiques / conditions opératoires / activité, amélioration de l'activité par fonctionnalisation



Matériaux de stockage d'énergie thermique

D. Pham Minh, A. Nzihou / IMT Mines Albi Rapsodee

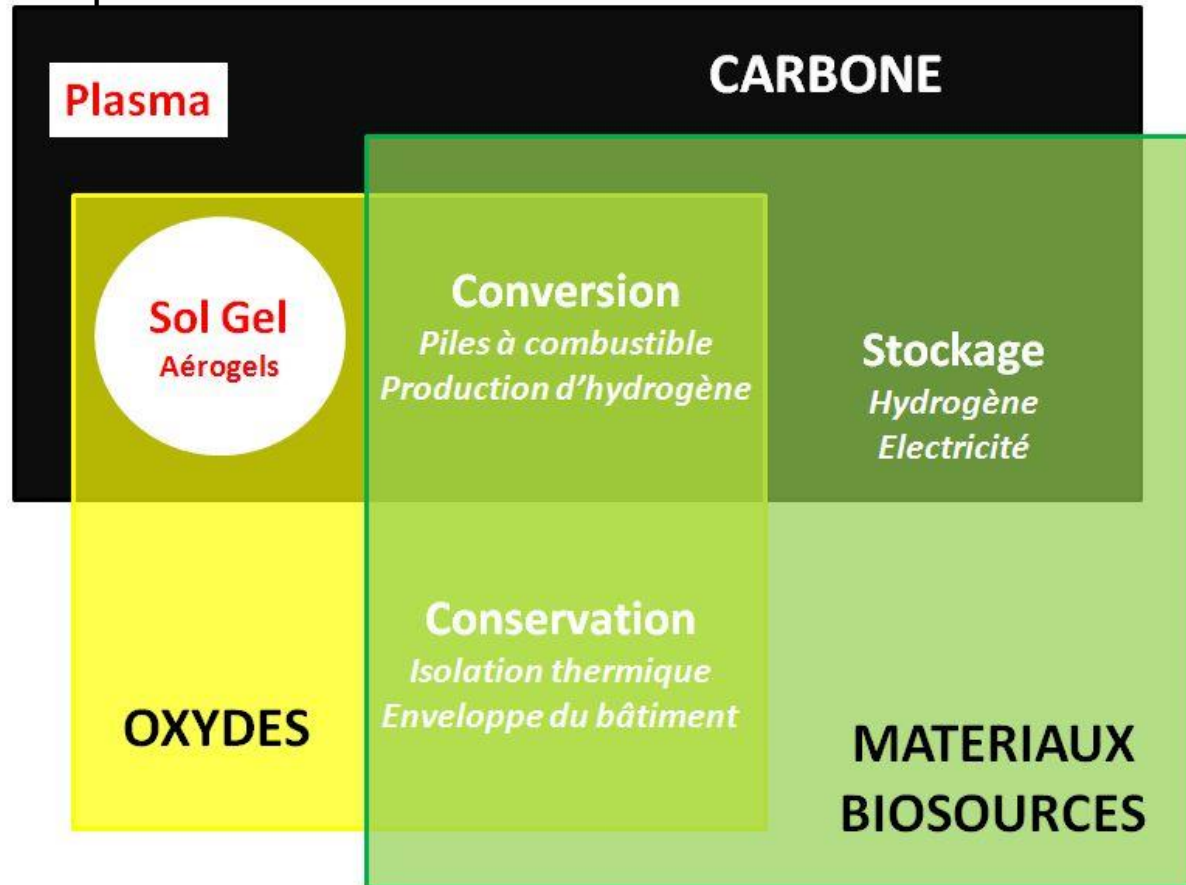
Partenaires : PRAYON (Belgique), OCP (Maroc), Eco-Tech Ceram (FR), PROMES

Type de matériaux : Céramiques réfractaires de propriétés contrôlées à base d'argiles

Verrous scientifiques et techniques : Compréhension des mécanismes de transformation lors de la formulation ; optimisation des propriétés thermiques et mécaniques



Groupe MATPRO du Centre PERSEE de Mines Paristech



Synoptique des relations « Matériaux-Procédés-Applications » étudiées dans le groupe MATPRO

PANORAMA DES ACTIVITÉS DE RECHERCHES « MATÉRIAUX POUR LA TRANSITION ENVIRONNEMENTALE »

Matériaux pour la superisolation thermique

Aérogels SiO_2 , cellulose, organique/inorganique (RF-SiO_2)...

Contact : Arnaud Rigacci

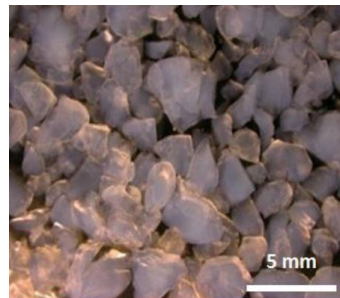
SiO_2



Pour des matériaux nanostructurés, mésoporeux légers, un minimum de conductivité thermique à P_{atm} inférieur à 20 mW/m.K

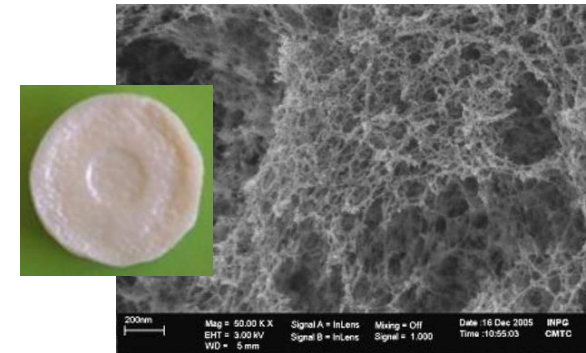


Monolithes / séchage supercritique

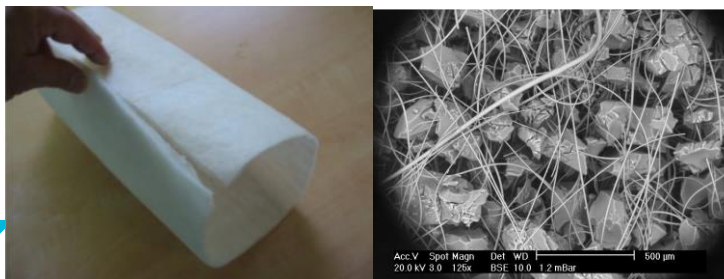


Granules / séchage évaporatif

Cellulose



F. Fischer, A. Rigacci, R. Pirard, S. Berthon-Fabry, P. Achard,
Cellulose-based aerogels. *Polymer* 47 (2006) 7636-7645

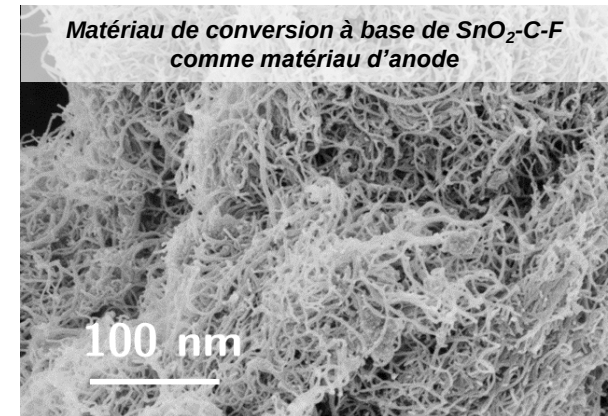
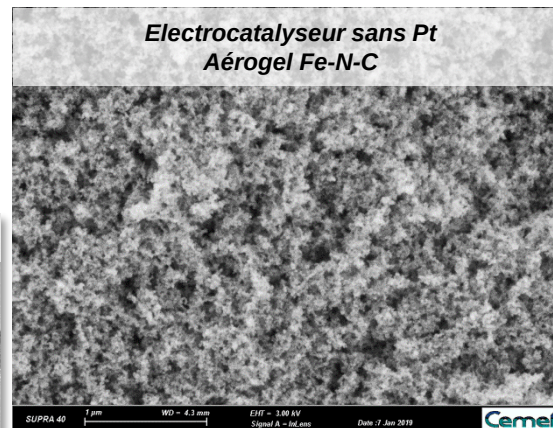
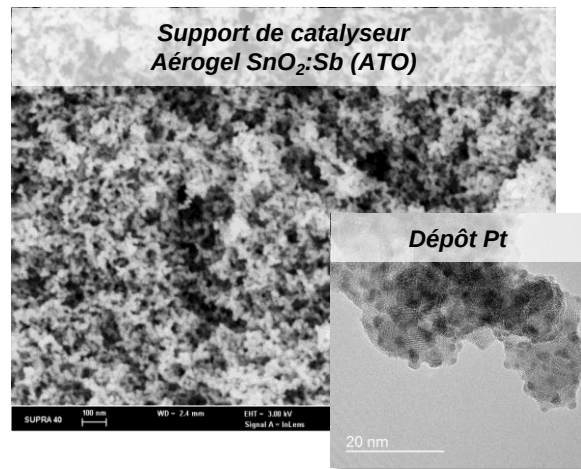


Composites fibreux flexibles

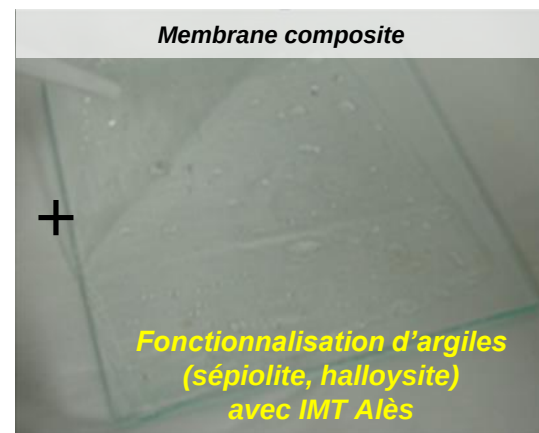
Matériaux pour le stockage et la conversion électrochimique

Aérogels C, SnO_2 , TiO_2 , dopages, composite... & Membranes électrolytiques composites, Nafion-Aquivion/Argiles

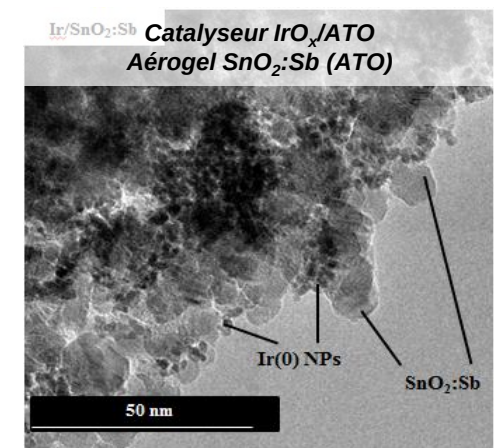
Contact : Sandrine Berthon-Fabry, Christian Beauger



Batteries Li-ion



Pile à Combustible (PEMFC)



Electrolyse de l'eau

Matériaux issus de procédés plasma haute température

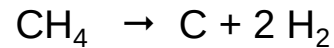
Noirs de carbone, fullerènes, nanotubes...

Contact : Laurent Fulcheri

Craquage / Reformage

Co production Carbone & Hydrogène

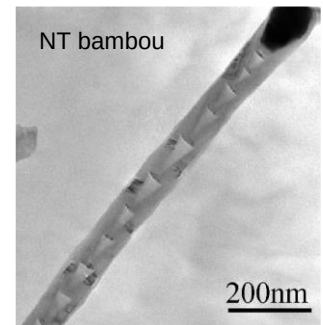
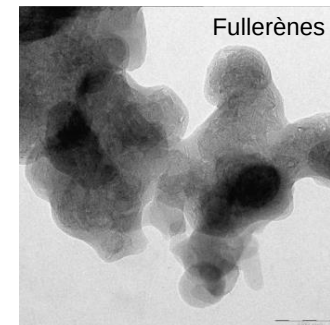
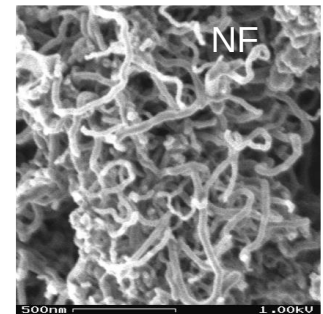
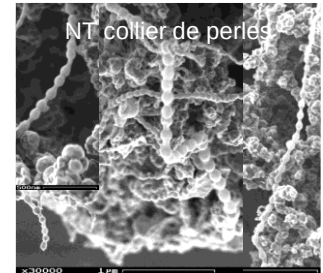
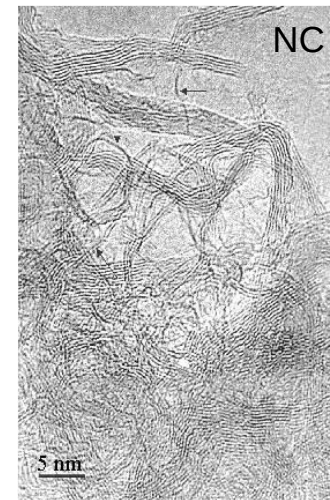
Torche plasma triphasée (250 kW)



Pilot unit
Redwood
city (CA)



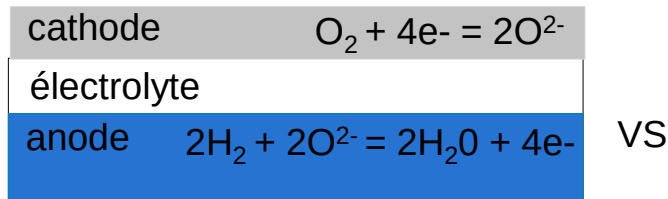
MONOLITH



INGÉNIERIE ET OPTIMISATION D'INTERFACE ÉLECTRODE/ÉLECTROLYTE DE PILES À COMBUSTIBLE HAUTES PERFORMANCES

Rossen Tchakalov¹, Anthony Chesnaud¹, Guilhem Dezanneau², Alain Thorel¹

- **Concept** : Augmentation des surfaces d'échange aux interfaces (figure 1) pour augmenter les performances électrocatalytiques des dispositifs électrochimiques SOFC/SOEC (figure 2)
- **Applications** : Stockage d'énergie, Mobilité verte, Energies Renouvelables, Pétrochimie, Métallurgie, Aérospatial
- **Objectif de l'étude** : Mise au point d'un procédé d'architecture des interfaces dans une SOFC (figure 3)
- **Mécanisme** : La corrugation des interfaces conduit à une augmentation du nombre de sites réactionnels, favorise le transfert des charges et diminue ainsi fortement les surtensions (figure 4)



VS



Figure 1 : Concept théorique et géométrie

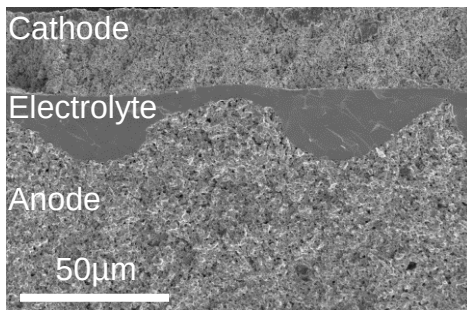


Figure 3 : Micrographie de SOFC comportant une architecture de l'interface anode/électrolyte

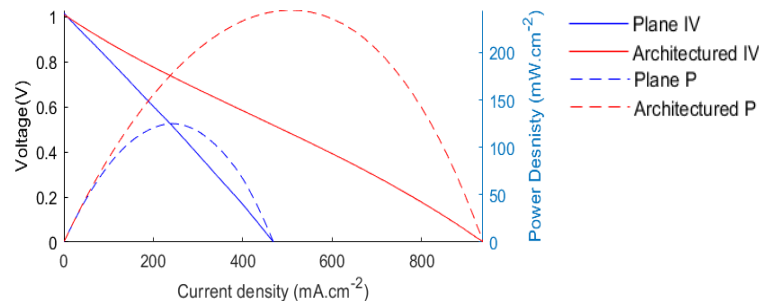


Figure 4 : Comparaison expérimentale entre les performances électrochimiques d'une cellule architecturée et d'une cellule plane équivalente

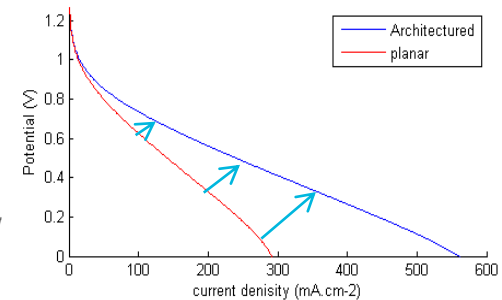
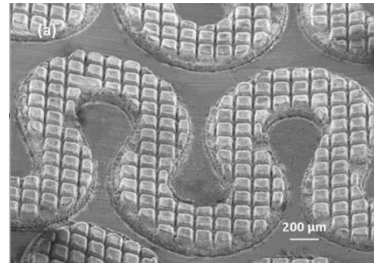


Figure 2 : Courbe intensité - potentiel du concept

¹ MINES PARISTECH, PSL Research University, MAT – Centre des Matériaux P.-M. FOURT, UMR CNRS 7633, 91003 Evry, France.

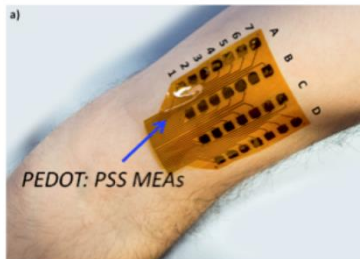
² CENTRALESUPELEC, Université Paris-Saclay, Laboratoire SPMS, UMR CNRS 8580, 91190 Gif-sur-Yvette, France.

Materials



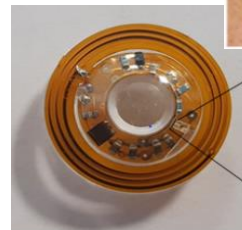
Microstructured electrodes for stretchable Li-ion microbatteries

Devices



Integration

Sensors
Antennas
Production/storage of energy
Organic electronics



4 mm

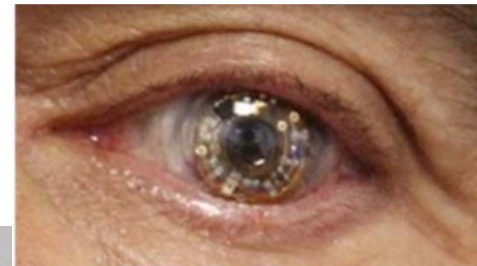
T. Djenizian Mines St Etienne (CMP)
Flexible Electronic Department

Collaboration : IMT Atlantique

SCIENCE&VIE ESPACE SANTÉ TECHNOS CERVEAU NATURE CULTURE FONDAMENTAL + ABONNE

CORPS / SANTÉ | TECHNOS / FUTUR

La lentille de contact augmentée devient autonome



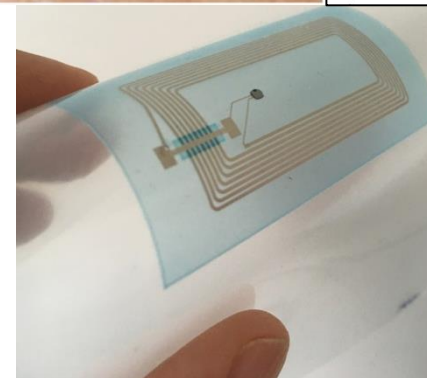
sensors



Article

Flexible Micro-Battery for Powering Smart Contact Lens

Mohamed Nasreldin¹, Roger Delattre¹, Marc Ramuz¹, Cyril Lahuec², Thierry Djenizian^{1*} and Jean-Louis de Bougrenet de la Tocnaye^{2,*}



Thermocoat : Revêtements thermoactifs pour la réduction de la consommation énergétique des bâtiments

(J. Faucheu, Mines St Etienne-SMS)

→ Moduler la quantité d'énergie solaire entrant dans un bâtiment en fonction des saisons

Elaboration

Formulation

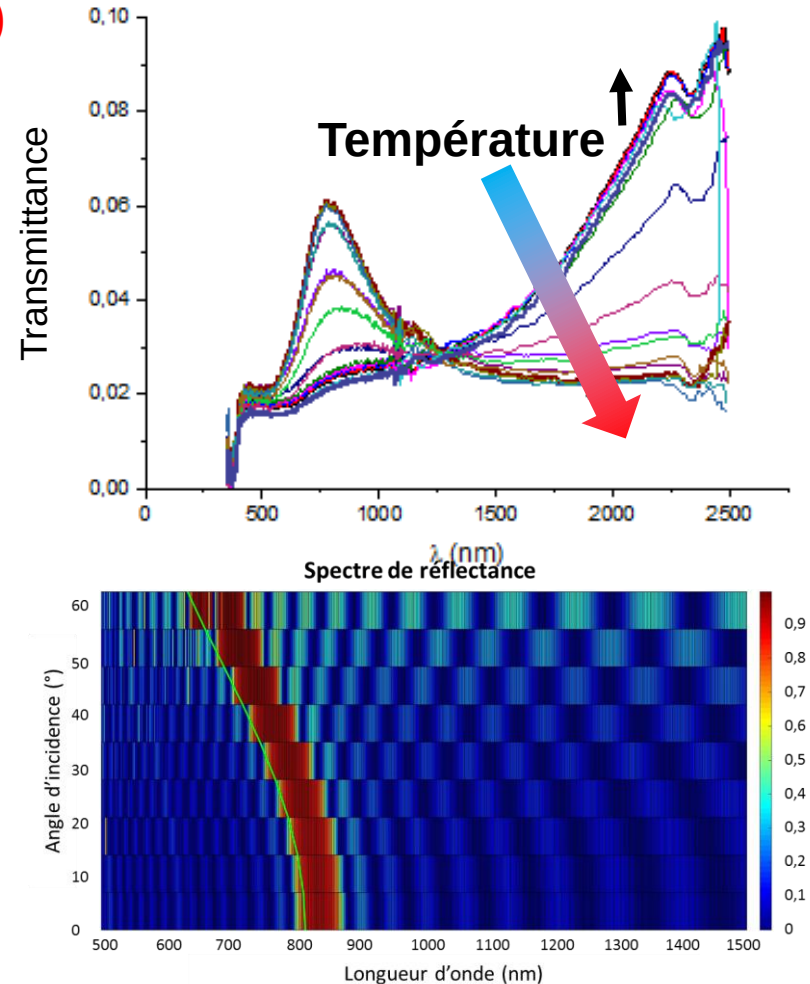
Caractérisation

→ Fabriquer des revêtements thermoactifs

Modélisation

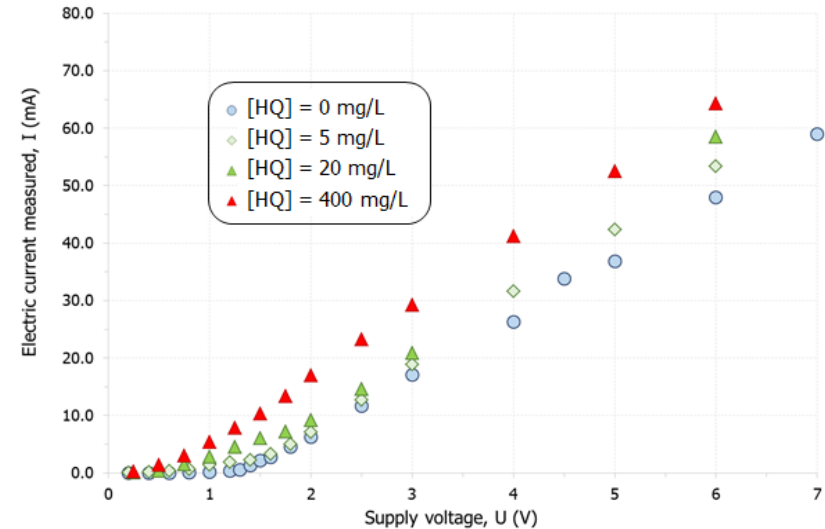
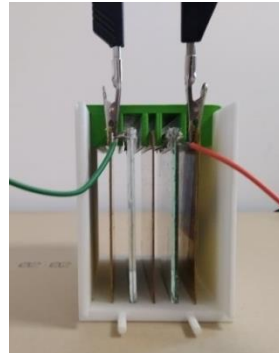
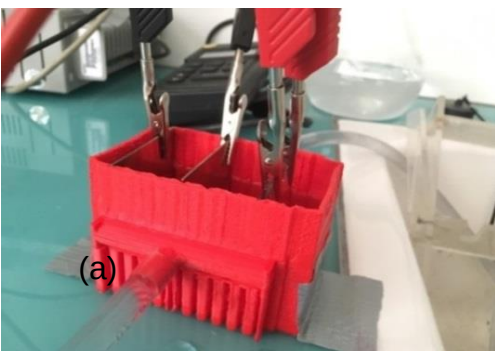
Simulation

→ Organiser la microstructure des revêtements pour les rendre plus performants



Alexis Evstratov, IMT Mines Alès (C2MA)

- Projet Horizon 2020 **Hunter** (advanced **h**umidity to electricity **c**onverter)
- Objectif : convertir l'énergie « cachée » dans l'eau en courant électrique continu (génération d'intensité électrique supplémentaire)



Évolution du courant mesuré en sortie de la cellule électrolytique équipée d'une anode d'oxyde ($\text{SnO}_2\cdot\text{F}$) en fonction de la tension d'assistance et des teneurs des solutions expérimentales en composé réducteur (hydroquinone, HQ)

Efficacité génératrice du procédé HUNTER :

$$\eta_{EGC} = \frac{\Delta I}{I_{\text{assistance}}} \cdot 100\% = \frac{\Delta I}{I_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100\%,$$

où $I_{\text{assistance}} \equiv I_{\text{H}_2\text{O}}$ (intensité mesurée dans l'eau pure)

Caractéristique	Valeur
Type de la conductivité électrique	<i>n</i> - (par électrons)
Résistivité électrique, <i>Ohm</i> ·cm	$\leq (4\text{-}5) \cdot 10^{-4}$
Concentration des porteurs de charge électrique, <i>cm</i> ⁻³	$\geq 5 \cdot 10^{20}$
Mobilité des porteurs de charge électrique, <i>cm</i> ² / <i>(V</i> ·s)	≥ 15

OBSOLESCENCE DES SYSTÈMES ET MAÎTRISE DE LA DURÉE DE VIE

Supercyclage : une approche Design&Recherche pour ouvrir le champs des valorisations des matériaux de seconde vie

J.Faucheu

Mines St Etienne-SMS



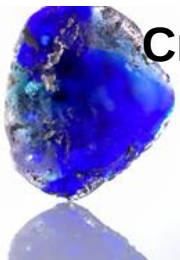
Livres



Electronique



Textiles



Cristal

Degré de transformation de la matière de seconde vie

Nouvelle formulation
Nouveau procédé

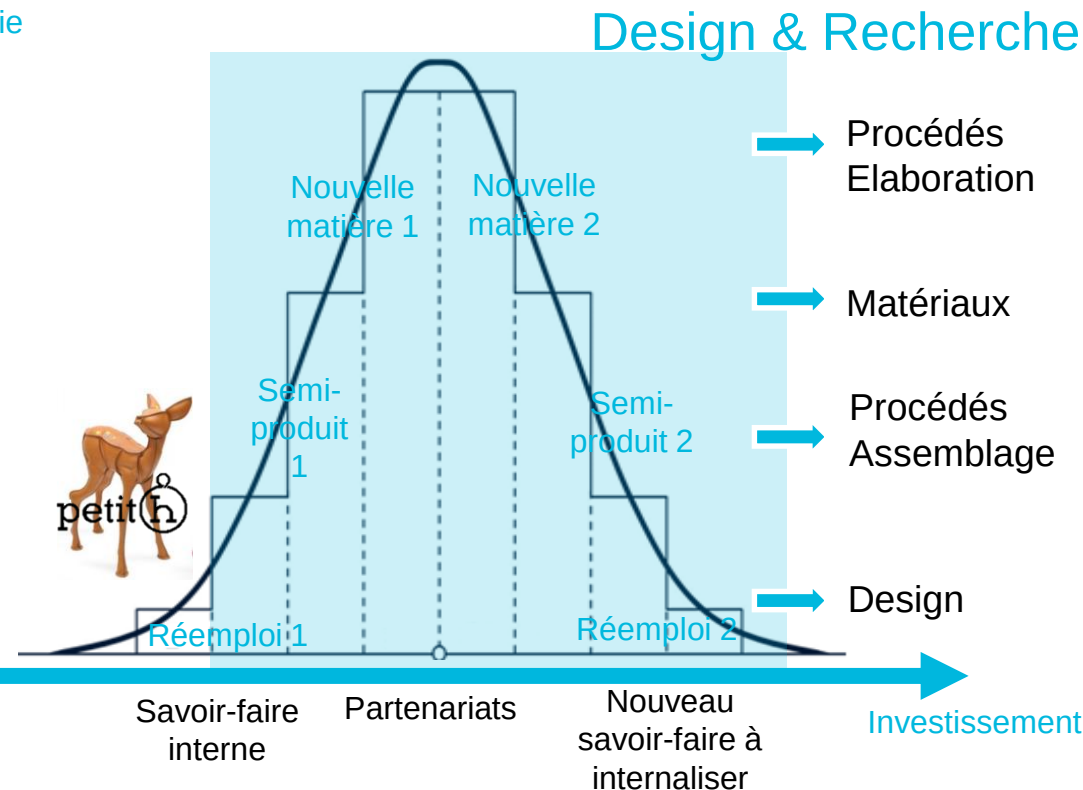
Modification physico-chimique
Simple → complexe

Découpe/assemblage
Simple → complexe

Pas de transformation

1- Explorer les options en fonction du degré de transformation, des savoir-faire, des partenariats...

2- Visualiser/Hiérarchiser les options



Vieillessement structural des Wood-Plastics Composites / PP

D. Perrin, A. Bergeret : Mines Alès (C2MA)

Projet ADEME ENOLIBIO (porteur : AGPlast) – Thèse L. Soccalingame

- ❑ Valorisation des **farines de bois** (10 et 30%) au sein de **PP**.
- ❑ Etude du vieillissement naturels et artificiels avec enjeux sur les :
 - Propriétés **mécaniques** ultimes
 - Relations **structure- évolution** de la **cristallinité**
- ❑ Application : Produits de jardin en extérieur.

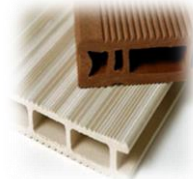
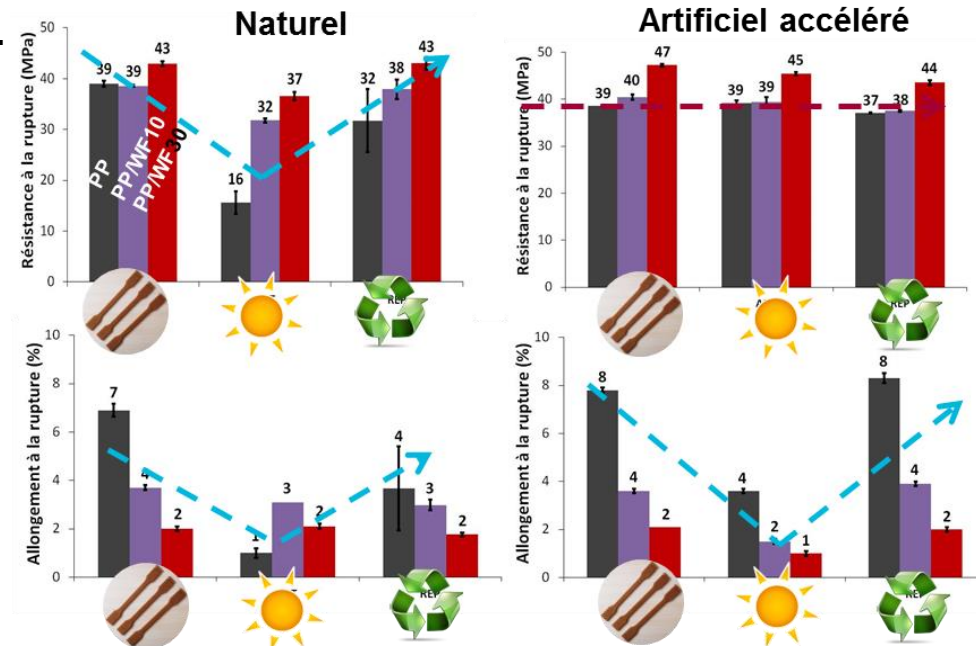
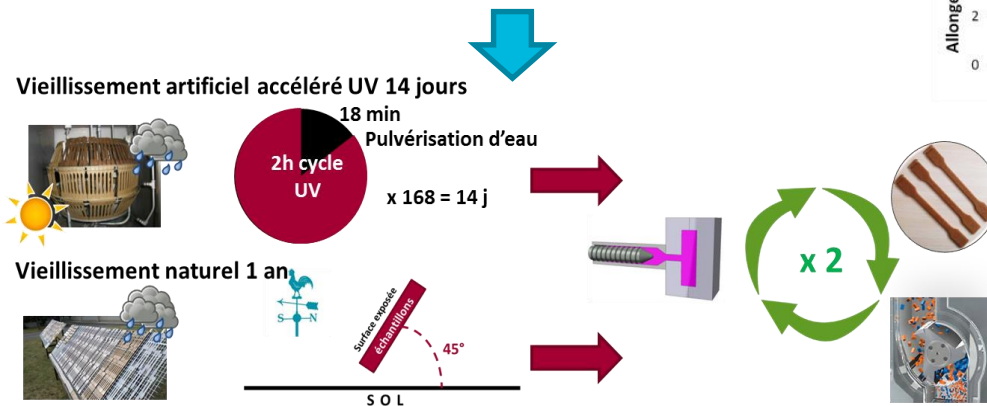


Schéma de vieillissement et de mise en œuvre



- Chute de propriétés mécaniques à rupture après vieillissement naturel ou artificiel.
- Mise en évidence de processus « régénératifs » après re-transformation par injection

Valorisation compteurs ENEDIS

D. Perrin, P. Ienny, JC Bénézet : Mines Alès (C2MA)

Projet CIFRE (porteur : APR2) – Thèse de F. Bernardeau (2014-2017)

❑ Utiliser de phénoplastes (PF) **recyclée des compteurs** comme **charge/renfort** fonctionnelle dans un **TP** afin d'en améliorer les **propriétés mécaniques** et le **comportement feu**.

❑ **Recyclage de 35 millions de compteurs EDF**

Schéma de formulation
bakélite / PP



PP20%PF & PP40%PF



Etude de la
composition
matière d'un
gisement

Tri
Autres
plastiques



Phénoplastes
de grande
pureté

Micronisation

Phénoplastes
micronisés, d_{50}
entre 25 et 200 μm

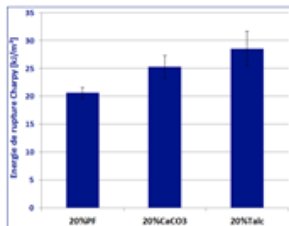
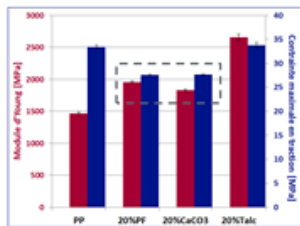
Compoundage par
extrusion dans une
matrice polypropylène

PP
Additifs

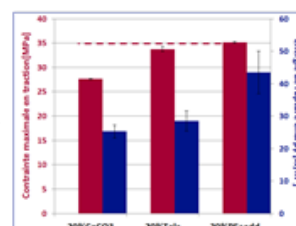
Compoundage

Eprouvettes pour essai
mécanique et feu

Propriétés mécaniques de polypropylène chargés phénoplastes (PF) PP20%PF



Utilisation d'un
agent de
couplage (add)



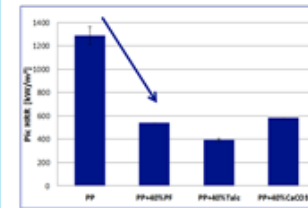
Sans additifs, le composite chargé PF a des propriétés
mécaniques similaires à un PP chargé CaCO_3 .

**Phénoplastes assimilable à
une charge inerte**

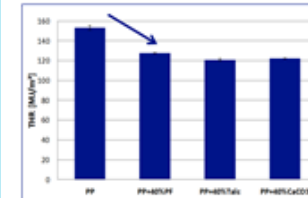
Avec additifs, la résistance et la résilience du
composite chargé phénoplaste est supérieure
à celle du composite chargé talc.

**Phénoplastes assimilable à
une charge renforçante**

Réaction au feu de polypropylène chargés phénoplastes PP40%PF



**Amélioration du
comportement
au feu du PP par
ajout de charges
phénoplastes**



**Comportement
au feu
similaire à un
polypropylène
chargé CaCO_3**

Eric Lafranche, Mylène Lagardère (IMT Lille Douai)



■ Développement d'un composite avec un thermoplastique ignifugé recyclable pour des applications ferroviaires/aéronautiques à partir de composites fin de vie et rebuts (verre/carbone)

Matière

ARKEMA
Innovative Chemistry

RÉSINE LIQUIDE
ACRYLIQUE

PRÉ-IMPRÉGNÉ
THERMOPLASTIQUE
FST À FIBRE CONTINUE

Produits semi-finis



COMPOSITE
THERMOPLASTIQUE
AVEC SOLUTION
IGNIFUGEANTE



Produits finis

PIECES
COMPOSITES
APPLICATION
AERONAUTIQUE

STELIA
COMPOSITES

ASMA



PIECES
COMPOSITES
APPLICATION
FERROVIAIRE

Stratiforme
Industries



✓ DESTINY (FUI)

- ✓ Valorisation des déchets en fin de vie et des rebuts de fabrication
- ✓ Développement d'une chaîne de recyclage pour les déchets propres de fabrication et les déchets en fin de vie des composites thermoplastiques Elium® (élargissement aux autres polymères compatibles: ABS, PC...)



Cycle de vie des Polymères

H. Askanian, F. Delor-Jestin, S. Commereuc, V. Verney



- Recyclage dès la conception
- Durabilité d'un plastique recyclé
- Interrelation photo-biodégradation
- Mécanismes de fragmentation/érosion liés au vieillissement des déchets
- Des procédés avancés de photoxydation contrôlés (photo-raffinerie)



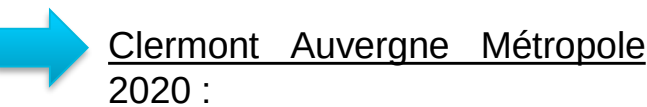
Recycling by design des emballages multicouches:

- Délamination des couches par voie enzymatique
- Développement des procédés de séparation et tri



Conception des matériaux 100% Biosourcés et recyclable:

- Traceurs pour faciliter le tri et le recyclage
- Biodégradable en milieu terrestre et aquatique



Evaluation du risque de transferts de matières des matériaux plastiques recyclés vers les milieux au contact



CIFRE:

Répartition et devenir des particules d'usure de pneumatiques dans l'environnement

Analysis of an industrial thermo-mechanical devulcanization process



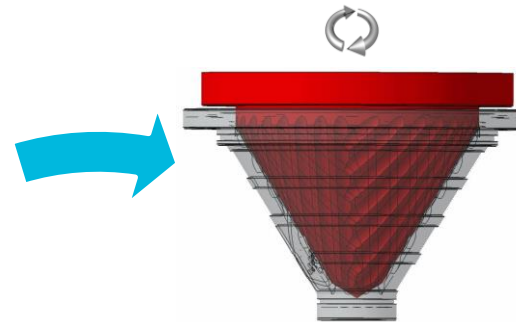
PSL Cemef



Rodrigo DIAZ, Gaël COLOMINES, Edith PEUVREL-DISDIER, Rémi DETERRE



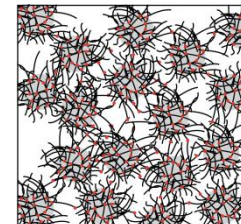
Production waste
in technical rubber
products



**Journal of Materials
Processing Tech.**

252 (2018) 454–468

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmptotec.2017.10.014>



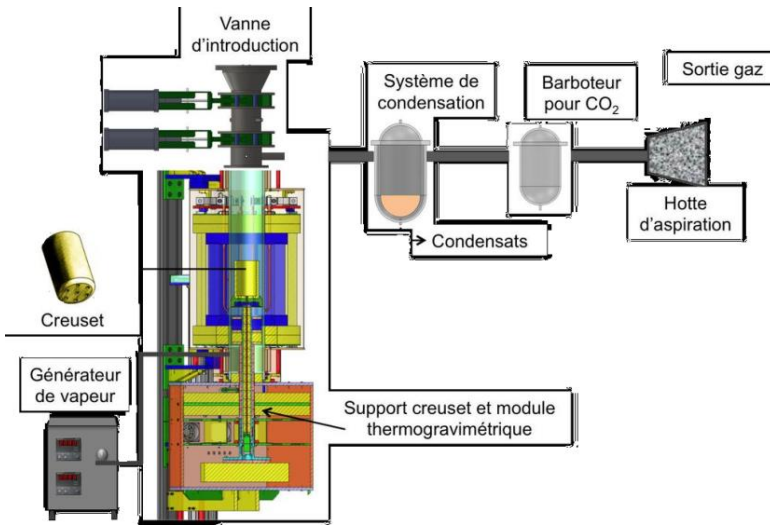
Treated material



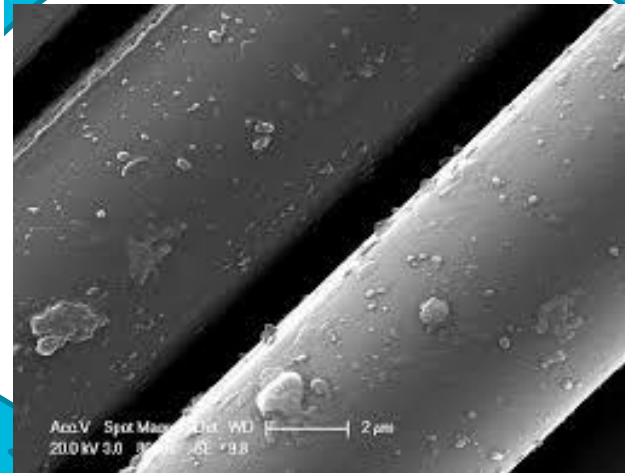
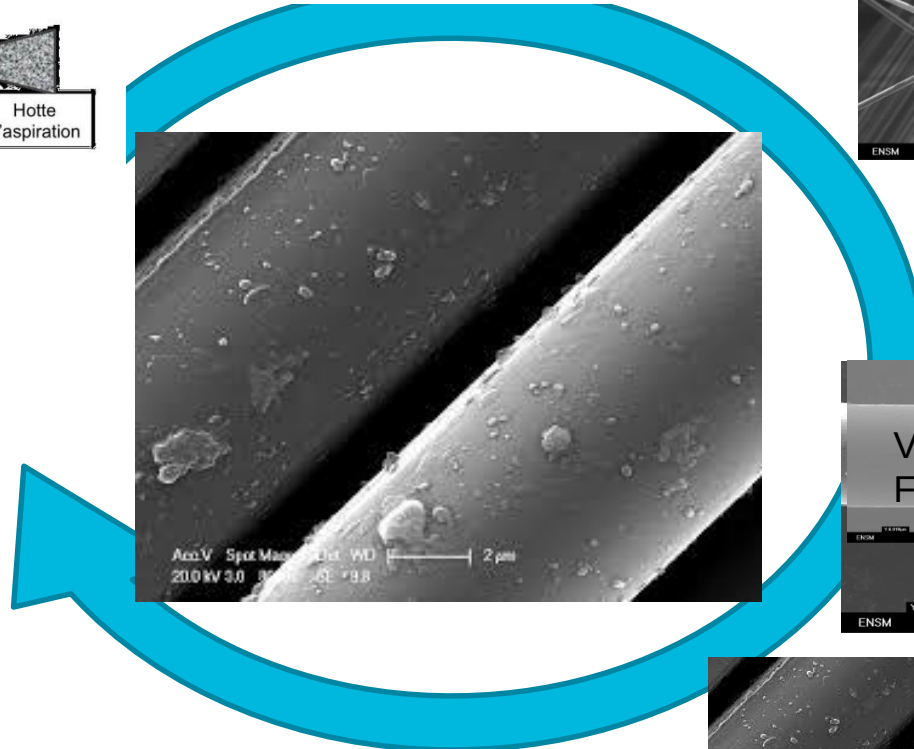
Reintroduction
in the production process as
raw material

RECYCLAGE DE COMPOSITES RENFORCÉS PAR DES FIBRES DE CARBONE

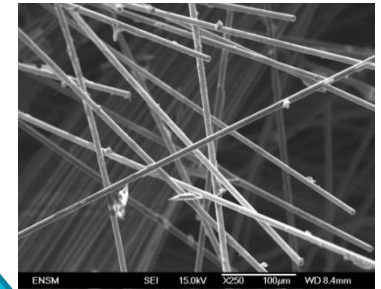
Consortium CAMATE
Mines St Etienne-Albi-Alès



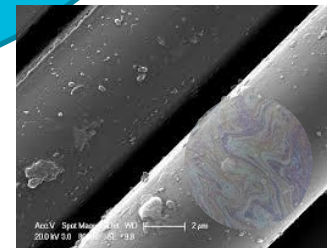
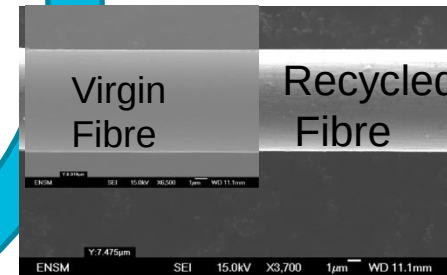
Magnetic sensor



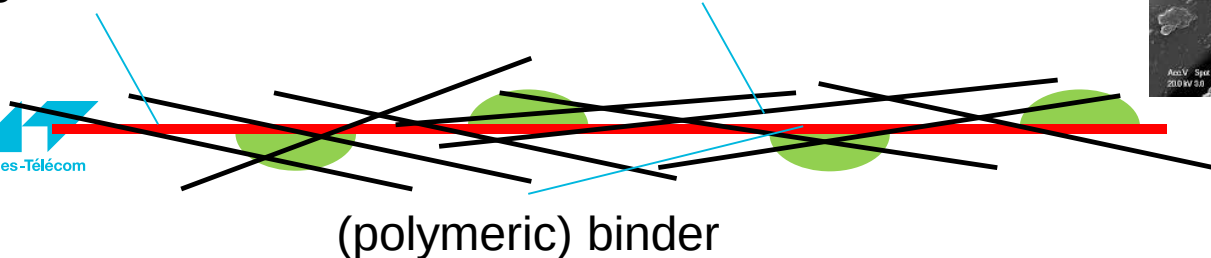
Recycled carbon fibre



Recycled entangled fibres



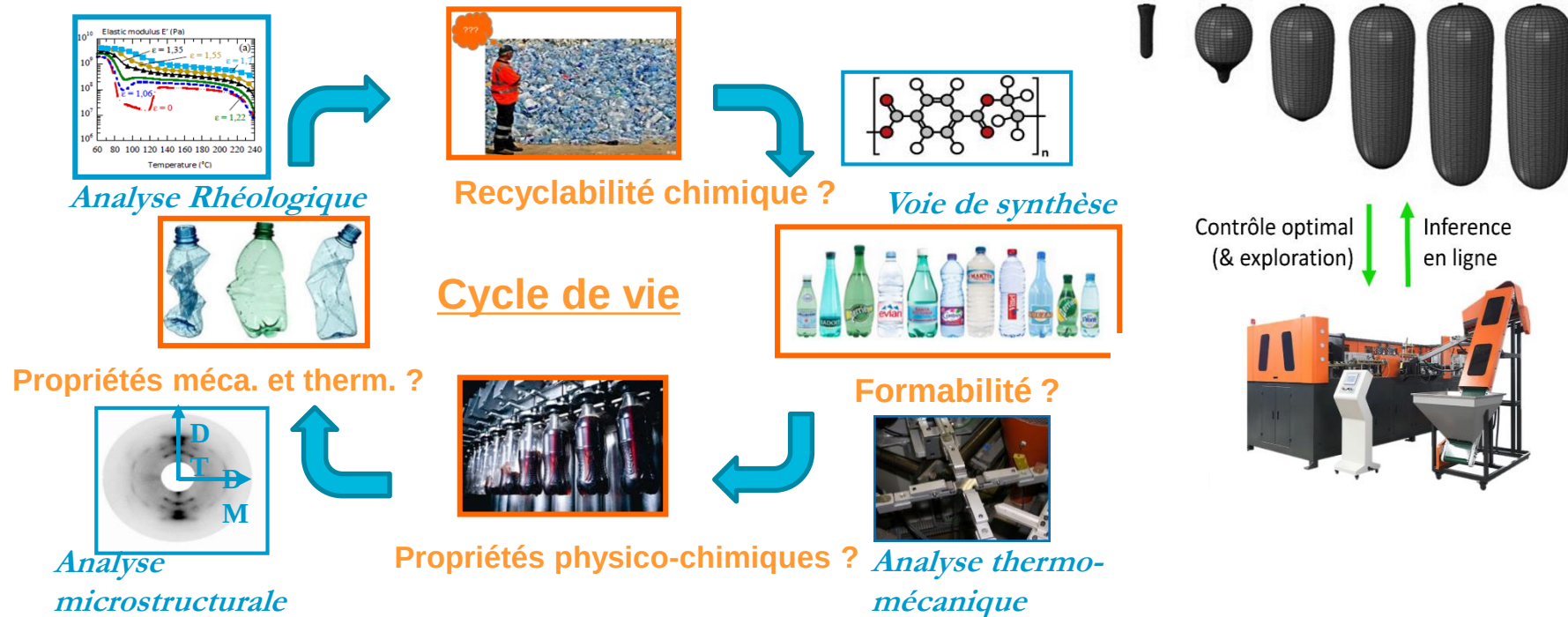
Fibre surface characterisation



(polymeric) binder

RECYCLABILITÉ DU P.E.T. (CARNOT FÉDÉRATEUR – MINES PARIS TECH – IMT MINES ALBI)

Soufflage très sensible à la rhéologie de résines PET. Comment aller vers de plus grandes teneurs en résine recyclée (propriétés *a priori* mal connues)?



- Approche expérimentale & numérique
- Fusion données/calcul en ligne: calibrer un jumeau numérique en production
- > optimisation virtuelle des paramètres machine pour maximiser la qualité du produit

CARNOT FEDERATEUR : RECYCLAGE DE TEXTILES

Partenaires : CEMEF et CTP /Mines Paris, RAPSODEE/IMT Mines Albi, C2MA/IMT Mines Ales

***Comment recycler le textile multicomposant (coton/polyester; laine/polyester)?
Est-ce possible d'obtenir un matériaux à haute valeur ajouté à base de textile usé?***



Contexte: 75 Mtonnes de textiles par an sont mis sur le marché. Un très faible pourcentage est recyclé (ou réutilisé, e.g. isolation), le reste est brûlé ou envoyé en décharge.

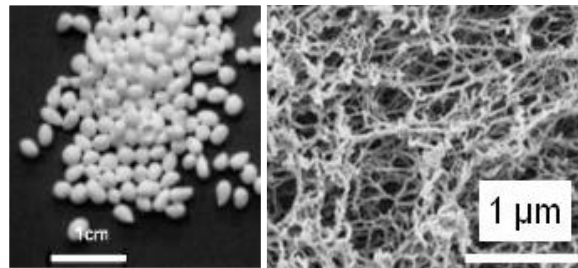
Différentes types de fibres: cellulose, laine, polyester

Si le textile est un « mono-matériau », par exemple, à base de cellulose, il est possible de la dissoudre et de filer des nouvelles fibres textiles.



Objectif : utiliser des liquides ioniques comme les solvants « intelligents » pour:

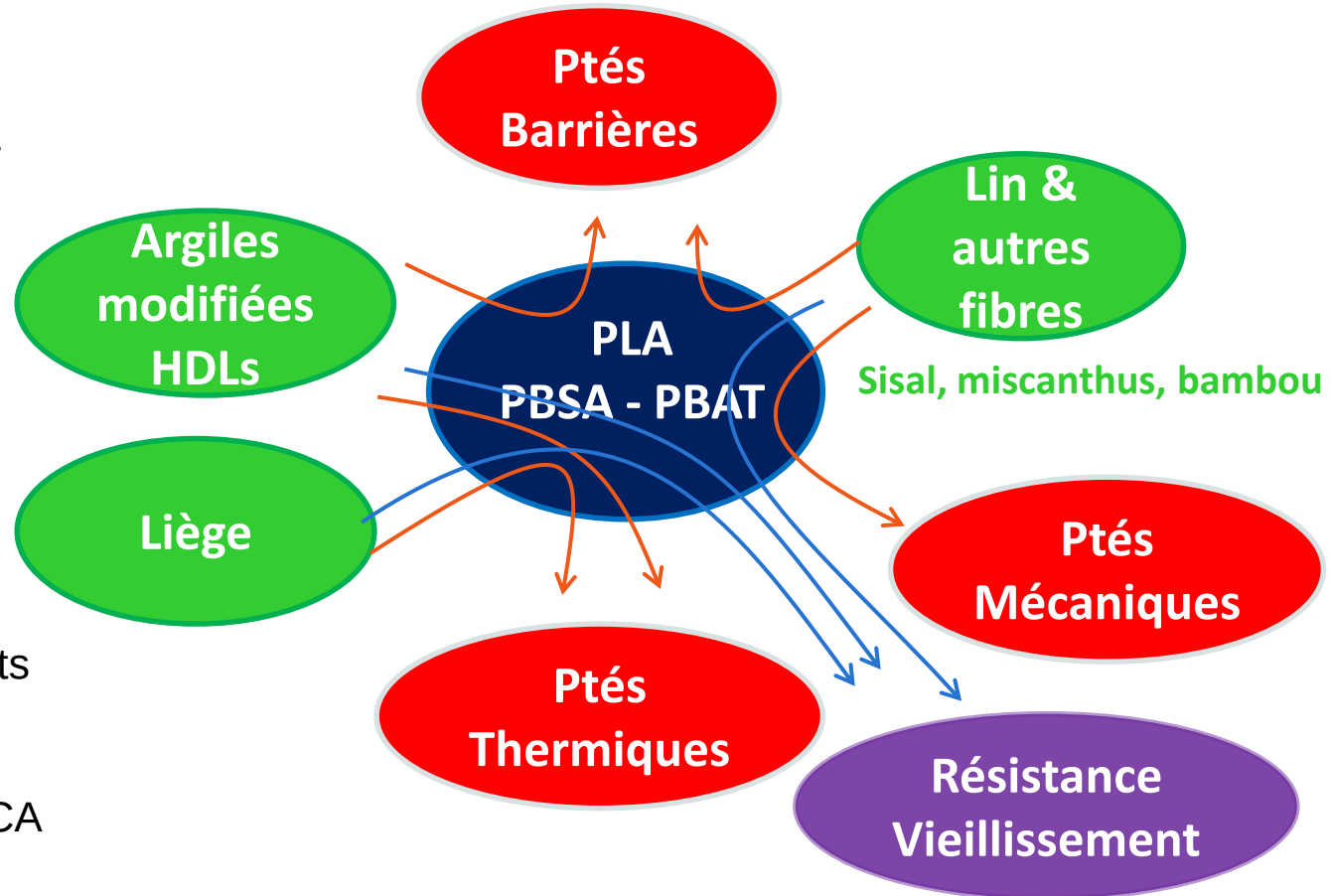
- Dissoudre la cellulose et pas le polyester,
- Mettre la cellulose en forme de billes poreuses (aérogels) pour des applications pharma, cosmétique, agro, emballage,
- Dissoudre la laine, synthèse d'aérogels à base de laine,
- Réutiliser le polyester.



CARNOT FEDERATEUR : ELABORATION DE BIOCOMPOSITES RECYCLABLES

Partenaires : CEMEF, CDM, PERSEE / Mines Paris, ICA/IMT Mines Albi, C2MA/IMT Mines Ales, SIGMA ICCF

- ✓ Matrices biosourcées
Base alliages biopolyester
- ✓ Modification des fibres
et charges par plasma
- ✓ Différents procédés:
FDM, injection,
Thermocompression
- ✓ Recyclage après
vieillessement et traitements
des interfaces
- ✓ Evaluation LCA et LCCA



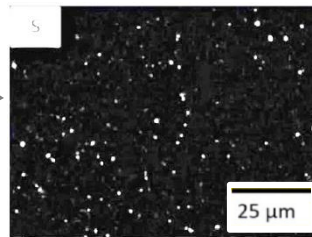
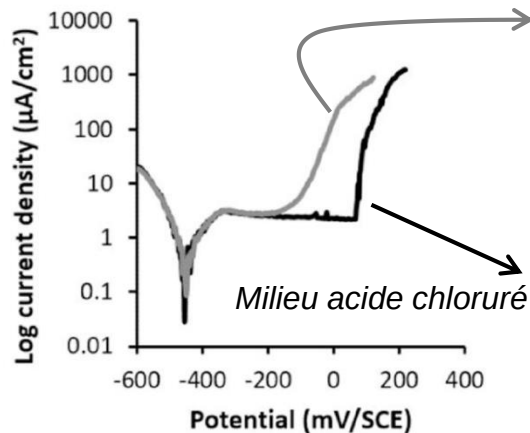
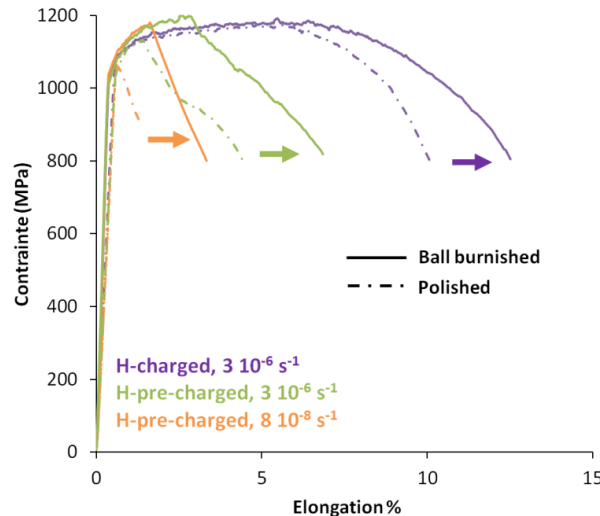
Durabilité : Augmenter la durée de vie des matériaux

F. Christien, Mines St Etienne - SMS

**Alliages pour applications critiques
applications à hautes températures, pièces de
structure, outillages de mise en forme**

Fragilisation par l'hydrogène (FPH)

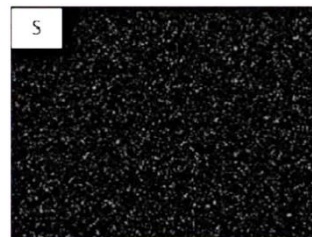
*Résistance à la FPH améliorée par galetage
(méthode d'écrouissage sous l'effet de la pression
exercée par des galets en rotation)*



Corrosion

Acier inox conventionnel

Thèse M. Alnajjar

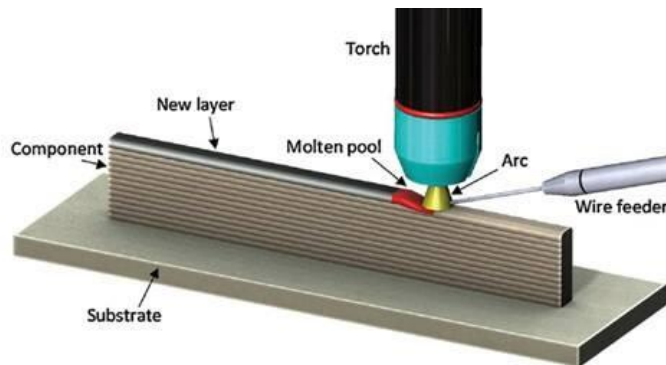


*Acier inox SLM (fabrication additive)
Suppression des inclusions de sulfures*

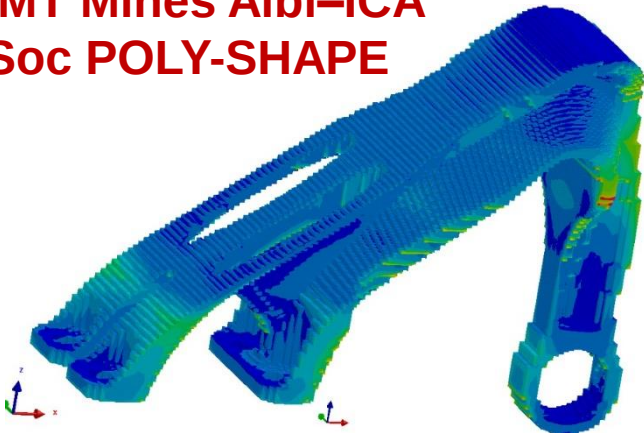
Durabilité : Augmenter la durée de vie des matériaux :

Réparer par technologie WAAM

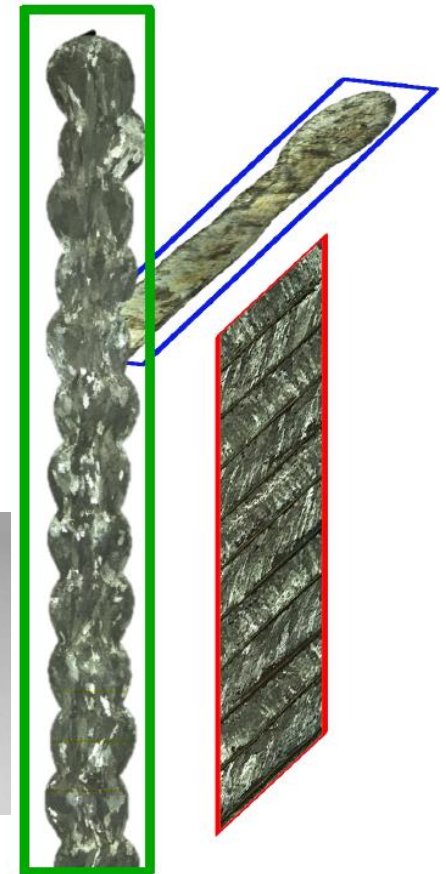
(Wire Arc Additive Manufacturing)



**Mines Paris Tech-CDM + CEMEF
IMT Mines Albi-ICA
Soc POLY-SHAPE**



H. Klocker : Mines St Etienne – SMS



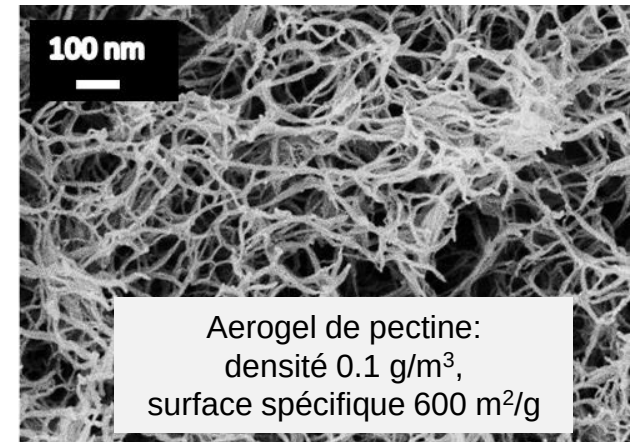
MATÉRIAUX HAUTES PERFORMANCES À FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

BIO-AEROGELS : DES MATERIAUX MULTIFONCTIONNELS

T. Budtova* : CEMEF Mines Paris Tech / BIO - Polymères et Composites Biosourcés

Mise en point de nouveaux aérogels à base de polymères biosourcés

- polysaccharides: cellulose, amidon, pectine, ...
- bonnes propriétés mécaniques
- faible densité
- très haute surface spécifique (pores internes)



Nombreux débouchés industriels envisageables

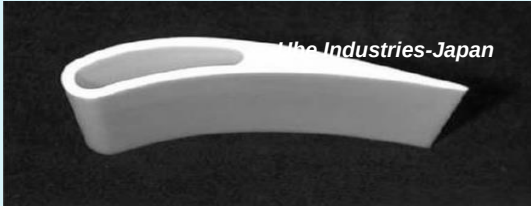
- Secteur du bâtiment : fabrication de matériaux d'isolation (superisolants thermique)
- Industrie pharmaceutique, bio-médicale et cosmétique : matériau biocompatible, peut servir pour la libération contrôlée de principes actifs
- Nouveau secteur de production : valorisation des déchets agroalimentaires et production d'un matériau écologique, etc.

ALLÈGEMENT : FABRICATION ADDITIVE : VERS UNE AUBE DE TURBINE CÉRAMIQUE

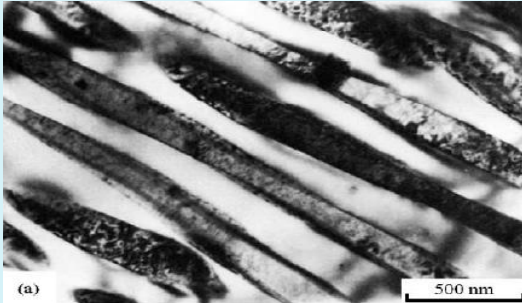
L. MONIZ, C. COLIN, D. BARTOUT, M.H. BERGER , CENTRE DES MATÉRIAUX EVRY



Voie usuelle :
Solidification directionnelle
par voie liquide (lente)



Aube de turbine Al_2O_3 -YAG eutectique

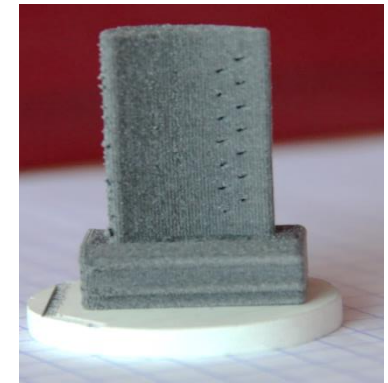


(a) 500 nm

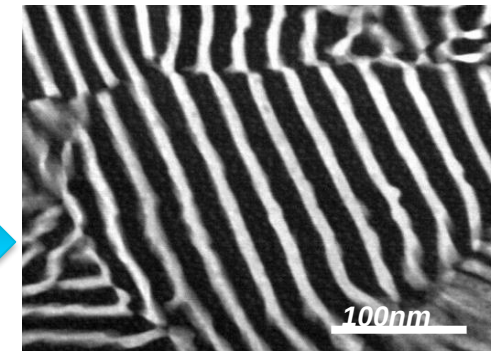
Espacement interlamellaire $\approx 0,18\mu m$

J. Echigoya, JECS, 2005

★ Laser Beam Melting



Aube de turbine eutectique Al_2O_3 - ZrO_2



Espacement interlamellaire $\approx 0,03 \mu m$

Du métal à la céramique :

- Une réduction de masse de 50 %
- Des températures de fonctionnement augmentées de 150 °C
- Une meilleure résistance à l'oxydation
- Une résistance au fluage accrue

ALLÈGEMENT : LES ALLIAGES POUR LE TRANSPORT



CDM EVRY

Automobile



IMT Mines Albi-Carmaux
École Mines-Télécom

ICA

Aéronautique

Aciers "medium manganese" ou "HSHF ("high strength high formability") A.F. Gourgues-Lorenzon et al.
Moins bons que les TWIP austénitiques (haut C, haut Mn)
Meilleur sur un autre point, la densité, pour abaisser la masse des pièces.

Aciers maraging inox –
Aciers avec multiprécipitation
5 phases en coexistence
(V. Vidal et al.)

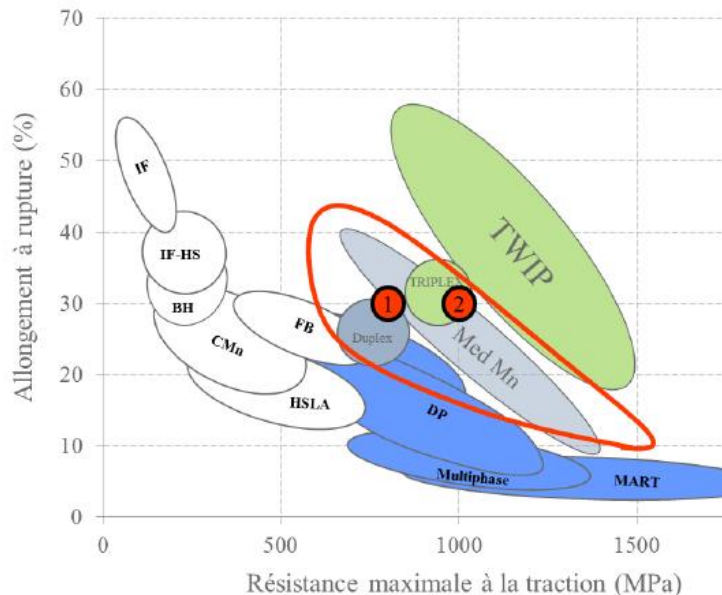
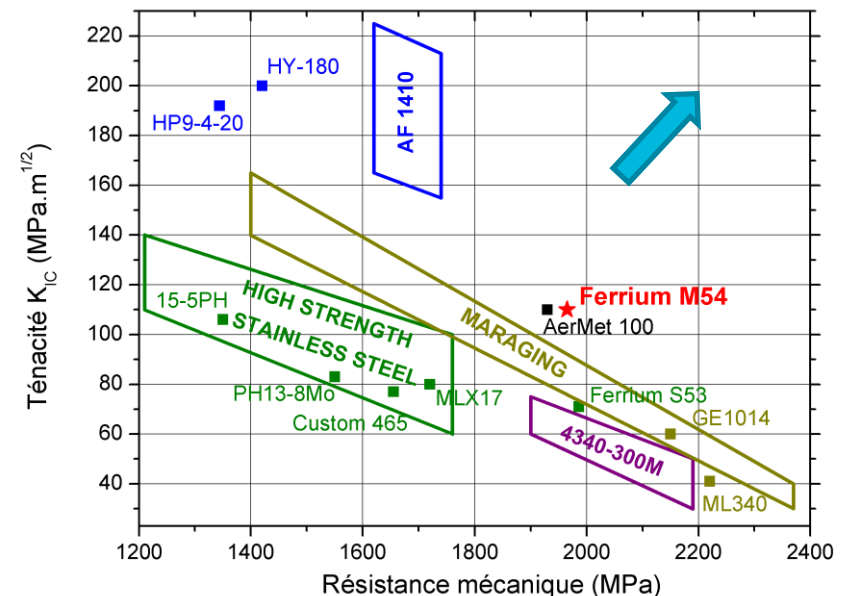


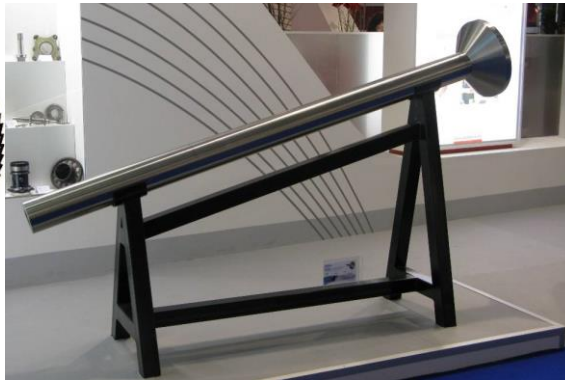
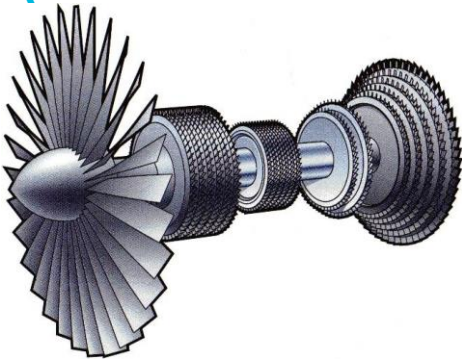
Figure 1 : Gamme de résistance et de ductilité en traction de différents type d'aciers, adapté de [P



ENVIRONNEMENT : Réduction de la teneur en Cobalt....

Aciers pour arbres de turbine
(IMT Mines Albi-ICA et Mines Nancy)

Elaboration de lingots par fusion contrôlée
(A. Fraczekiewicz - Mines St Etienne-SMS)



HY-180 1970 : 8% Co

AF1410 1978 : 14% Co

AERMET100 1993 : 13,5% Co

AERMET310 2000 : 15% Co

AERMET340 2007 : 15,5% Co

GE 1014 1995 : 10% Co

ML340 2012 : 5.8% Co

- ✓ Conception de nouveaux alliages : Impératifs
- ✓ Diminution des concentrations en Co, Ni nouveaux aciers
- ✓ Diminution des éléments volatiles dans les alliages d'aluminium
Sécurité procédé, efficacité sanitaires des poudres (SLM, WAAM)



Chung Hae Park, M. Lagardere, B. Cosson, E. Lafranche, A.C. Akue, P. Krawczak

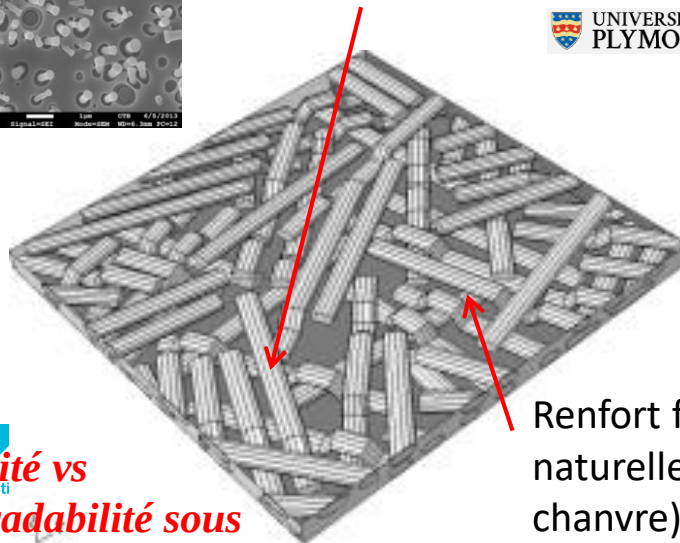
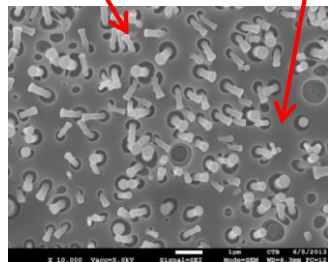
Composites biosourcés : Fibres naturelles + Polymères biosourcés

- Composites biodégradables pour des applications marines
- ✓ SEABIOCOMP (INTERREG / 2 Mers)
- ✓ Améliorer les propriétés du biopolymère thermoplastique par des nanofibres biosourcées

Nanofibre
biopolymère

Matrice
biopolymère

Matrice renforcée
par des nanofibres



Renfort fibres
naturelles (lin ou
chanvre)



- Composites des fibres de lin et d'une résine biosourcée avec une résistance à T_{haute}

- ✓ BIOCOMPAL (INTERREG / FWVL)
- ✓ Composites à 100% biosourcés pour des applications ferroviaires/aéronautiques



MateriaNova



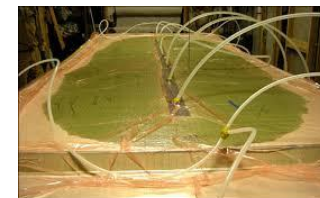
Culture du lin et
production
de fibres et textiles



Synthèse d'une résine
benzoxazine biosourcée à
haute résistance @ T_{haute}



Applications industrielles
(aéronautique, ferroviaire)



Composites: Procédé
de fabrication et
performances
mécaniques optimisés

**Durabilité vs
Biodégradabilité sous
condition marine**

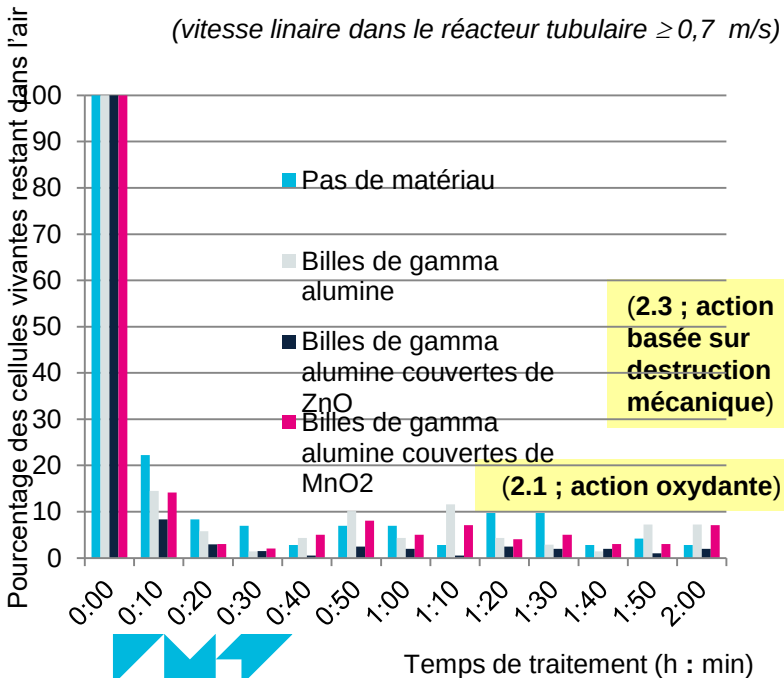
A. Evstratov (IMT Mines Alès/C2MA)

Projet Horizon 2020 Nanoguard 2AR

**NANOmaterials-based innovative engineering
Solution to ensure safeGUARD to indoor AiR**

- **Objectif** : Développement de techniques non consommatrices d'énergie pour l'assainissement de l'air intérieur via des supports germicides à haute performances

(vitesse linéaire dans le réacteur tubulaire $\geq 0,7$ m/s)



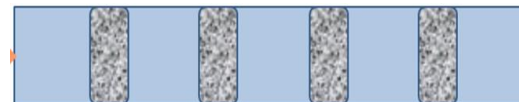
Evolution du pourcentage des microorganismes restant dans l'air (matériaux actifs 2.1 et 2.3)

Innovative nano- and microcomposite materials for the indoor air germicidal conditioning
conceptualized and developed by C2MA IMT Mines Alès

**Energy-friendly sub-cluster (2 examples):
Energetically-Independent
Germicidal Nano- and Microcomposites (EI-GNMC)**



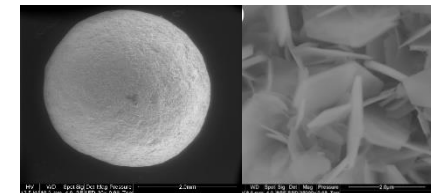
Schéma d'un réacteur tubulaire à lit fixe (4 lits de grains)



Supports des matériaux actifs

Dark-Operating Highly Selective Hole Generators (EI-GNMC-HSh⁺-DOM)

Dark-Operating Mechanically Obstructive Materials (EI-GNMC-MO-DOM)



SYNTHÈSE & CONCLUSION

Les Centres de recherche rattachés à l'IMT assurent une couverture significative des principaux thèmes matériaux liés à la transition environnementale :

- Nouveaux matériaux pour la conversion de l'énergie, les systèmes de stockage autonomes ou miniaturisés, les matériaux innovants pour l'isolation thermique,
- Matériaux pour la dépollution, notamment de l'air intérieur,
- Matériaux métalliques à haute performance visant l'allègement et/ou l'amélioration de la tenue en service des pièces
- Technologies de fabrication additive réparatrices ou générant des économies de matière.
- Procédés permettant d'implémenter des processus d'économie circulaire, notamment en direction de multimatériaux et composites à matrice polymère
- Développement de matériaux polymères et composites biosourcés/biodégradables éventuellement recyclables,

Des domaines non couverts pour lesquels des collaborations sont mobilisées ou recherchées pour des consortiums de projets :

- Recyclage chimique ou enzymatique des composites,
- Recyclage des éléments critiques des équipements électriques et électroniques
- Synthèse de polymères biosourcés, notamment biopolyesters (PHA)
- Electrospinning pour nanostructures biologiques non-tissées
- Matériaux biomimétiques à faible impact environnemental
- Matériaux à transition de phase thermique
- etc

- ✓ Les Centres de recherche de l'IMT sont à même de pouvoir traiter des thématiques majeures dans le domaine des matériaux pour la transition environnementale **en partenariat très étroit avec l'industrie** (*IC M.I.N.E.S. dans le top 5 des Instituts Carnot*)
- ✓ De nombreux partenariats et stratégies fédératives ont déjà déployés, notamment dans le cadre de la thématique phare IMT « Matériaux hautes performances et Ecomatériaux » pour répondre à des appels à projets nationaux et européens
- ✓ Les équipes de recherche de l'IMT sont très bien positionnées pour répondre aux appels européens conjuguant matériaux et environnement:
« Green Deal (area 3&4) » et Horizon Europe « P4Planet » (SPIRE)