

# Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Polymères (IMP)

**Sébastien Livi**

Maître de Conférences IMP@INSA

# IMP – Ingénierie des Matériaux Polymères

Directeur UMR: Prof. Ph Cassagnau

**3 sites IMP**

**INSA Lyon, Villeurbanne**  
*Prof. Etienne FLEURY*



**Université Claude Bernard Lyon 1**  
*POLYTECH – Villeurbanne*  
*Prof. Philippe CASSAGNAU*



**Université Jean Monnet, Saint-Etienne**  
*Prof. Christian CARROT*



<http://www.imp.cnrs.fr>



# IMP – Ingénierie des Matériaux Polymères

## Autres plateformes de l'IMP



### INSA Oyonnax

*Mise en œuvre des polymères*

Rapid Prototyping

Injection

Extrusion

Co-extrusion

Rotomolding

*Cabine peinture, revêtements*

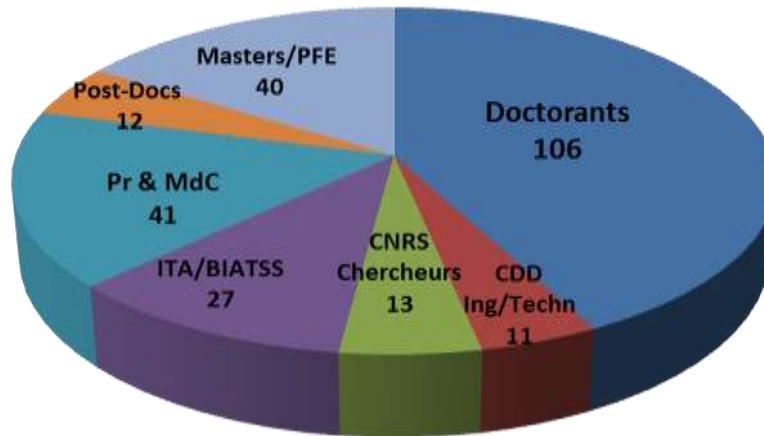
### Institut Joliot Curie ENS Lyon

Hôtel à Projets

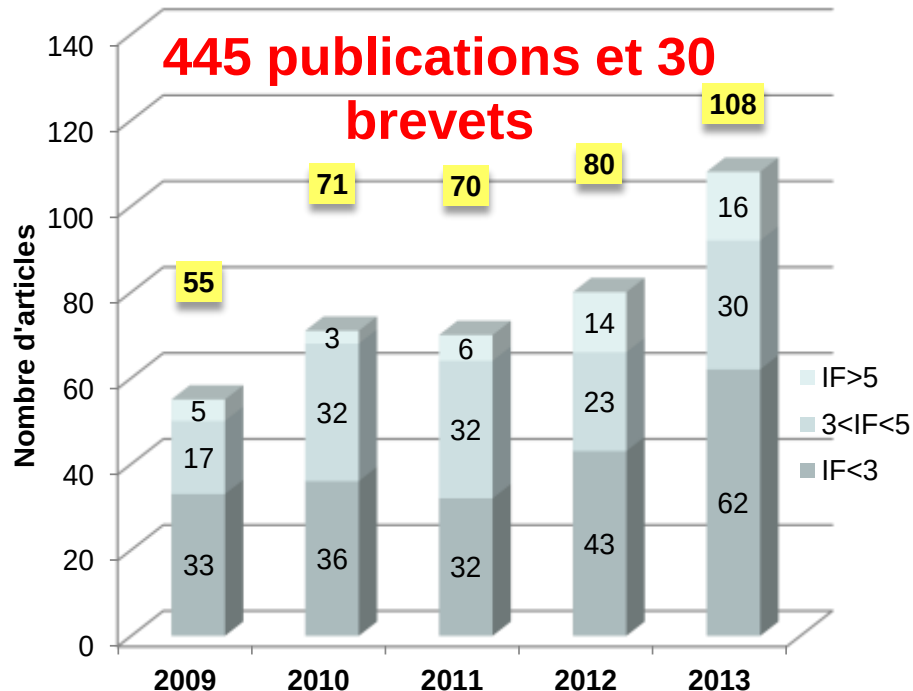
Chimie-Physique- Biologie

*Architectures macromoléculaires  
pour l'imagerie en infectiologie (2-photon  
microscopy)*

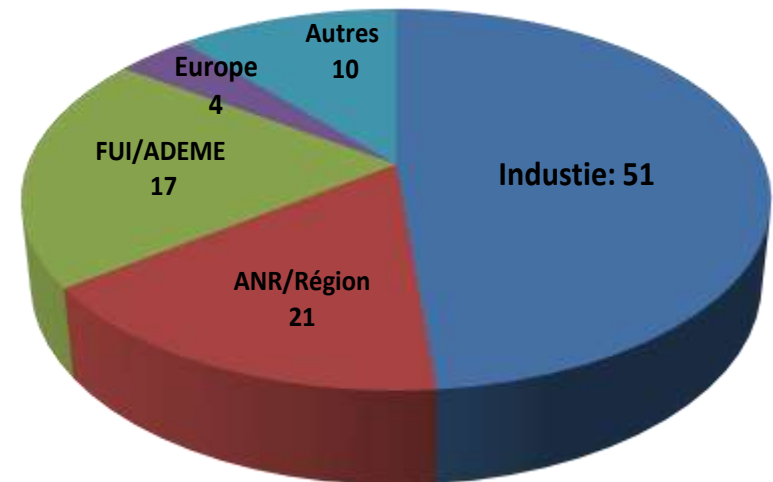
# L'IMP en quelques chiffres



**Personnels**  
**250 personnes**  
**81 permanents**



## Projets



**Budget de l'IMP**  
**~ 6.5 M€**

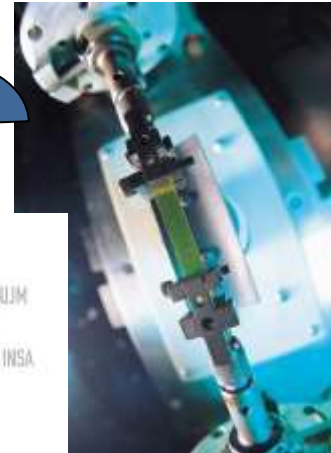




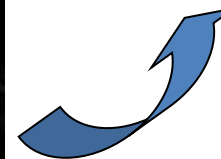
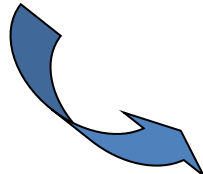
# Politique et objectifs scientifiques

- . Core-Lab scientific expertises*
- . Scientific projects combining this core expertises*

**Chimie  
Et chimie  
macromoléculaire**



**Physique  
des polymères**



**Mise en œuvre  
et rhéologie**

## Structuration scientifique par pôle d'excellence

1-Chimie des polymères

2-Structure et rhéologie des polymères-procédés & simulation

3-Propriétés physiques et polymères de fonction(s)

4-Matériaux polymères à l'interface avec les sciences de la vie

### Activités expérimentales par Plateformes

- ◆ RMN (ICL)
- ◆ Chromatographie liquide (C2P2/ICL)
- ◆ Analyses thermiques
- ◆ Rhéologie et viscoélasticité
- ◆ Procédés de mise en œuvre et mise en forme
- ◆ Caractérisation de Propriétés Spécifiques des Polymères
- ◆ Revêtements et coating
- ◆ Procédés de synthèse et modification chimique des polymères (C2P2)



### Présentation par enjeux sociétaux

- ◆ Recyclage des matériaux polymères
- ◆ Matériaux pour l'Energie
- ◆ Procédés bas carbone et éco-efficients
- ◆ Matériaux Naturels et bio-sourcés
- ◆ Revêtement et Surfaces fonctionnelles
- ◆ Matériaux Polymères pour la santé
- ◆ Allègement des structures

# 1-CHIMIE DES POLYMERES

## *OUTILS SPECIFIQUES*

**Pilot Reactor for Polyesters Synthesis**  
(8.5L, 290°C, 7bars)



**Twin screw extruders,  $\phi=16, 21, 27, 34$  mm**  
(L/D=35, 40, 60; N=1200rpm)



**Pilot Reactor for Polyamides Synthesis**  
(1L, 350°C, 50 bars)



## 2- Structure et Rhéologie des Polymères: Procédé et Modélisation

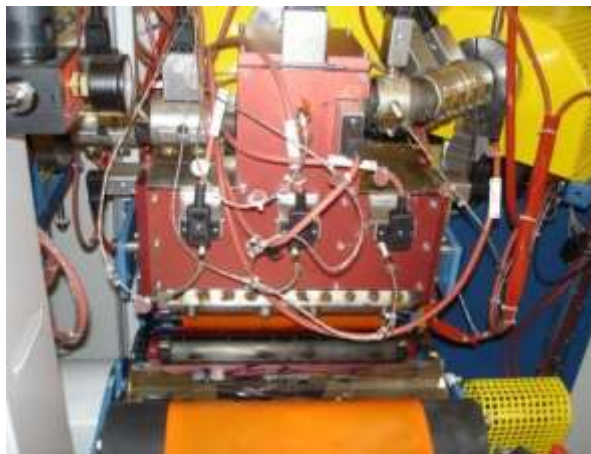
### *OUTILS SPECIFIQUES*



Combined Di-electric & Rheology



Combined X-Ray & shear  
(ESRF)



Co-extrusion die



Shear device cell

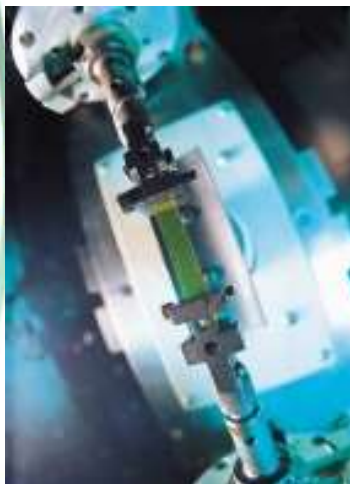
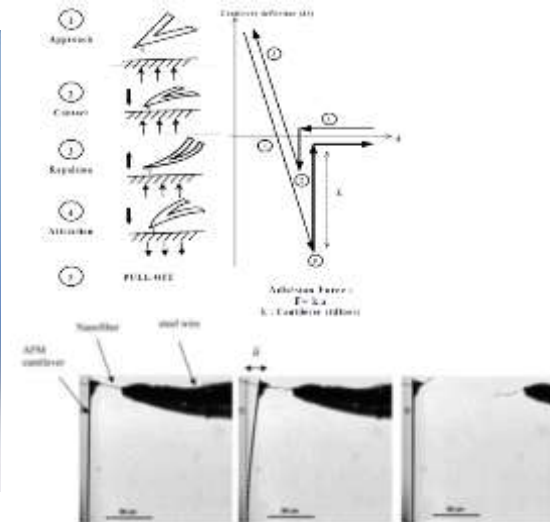


# 3-Propriétés physiques et fonctionnelles des polymères

## ***SPECIFIC TOOLS***



Broad Band Dielectric Spectrometer



Dynamic Vapor Sorption



Permeation Device

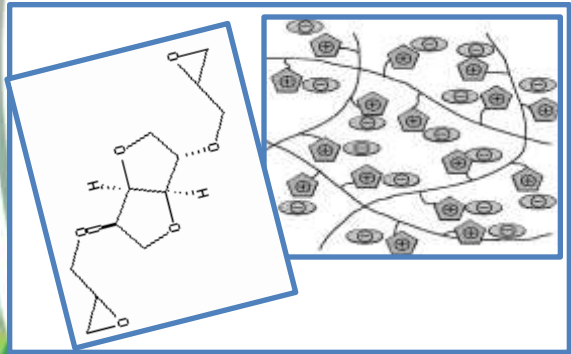
# 3-Propriétés physiques et fonctionnelles des polymères

## *OUTILS SPECIFIQUES*

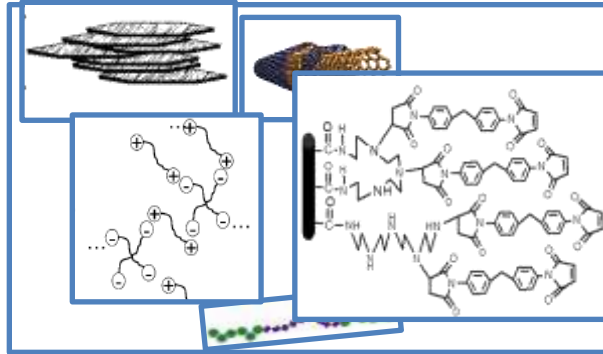


# 3-Propriétés physiques et fonctionnelles des polymères

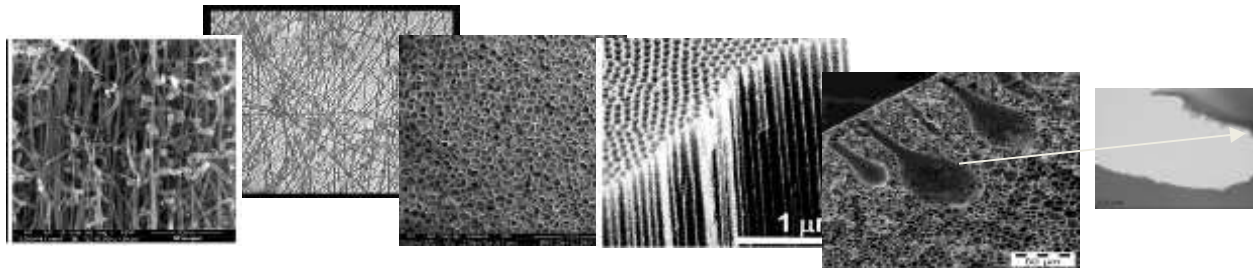
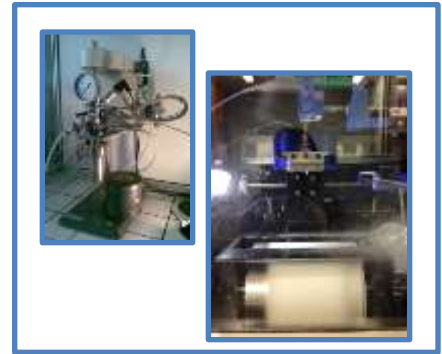
CHIMIE



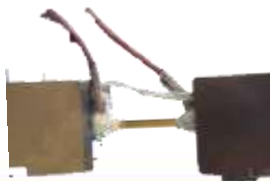
PHYSICO-CHIMIE



PROCEDES



PROPRIETES  
MECANIQUES



PROPRIETES ELECTRIQUES  
& DIELECTRIQUES



PROPRIETES DE  
TRANSPORT





# 3-Propriétés physiques et fonctionnelles des polymères

*Thématique#1-Les Matériaux Ioniques*

*Thématique#2-Les Réseaux Thermodurcissables*

*Thématique#3-Les Matériaux Nanocomposites*

*Thématique #4-Les Matériaux Composites*

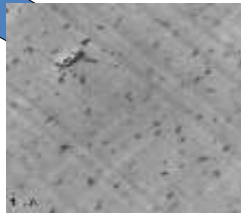
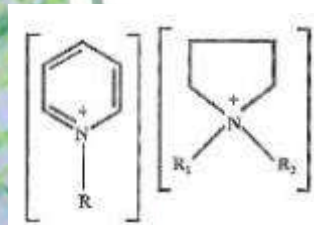
*Thématique#5-Les Matériaux pour l'Energie*

*Thématique#6-Les Matériaux Recyclés*

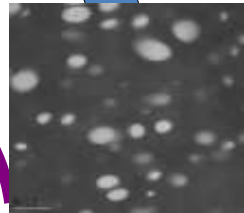
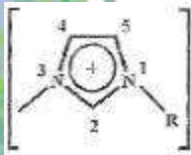
# 1-Matériaux ioniques

«Générer des structurations différentes en introduisant des domaines ioniques »

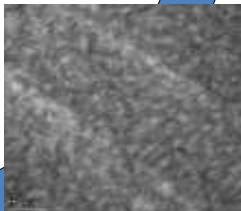
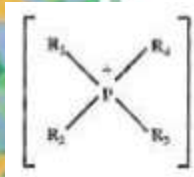
## 1-LES LIQUIDES IONIQUES



Agent modifiant  
des charges  
lamellaires

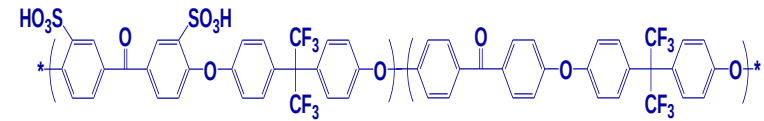


Compatibilisant  
des mélanges TP  
(PP/PA-PBAT/PLA-  
PET/Elastomère)



Agent (nano)structurant  
des polymères  
(E/A, Fluorés, PLA, PS, PBAT)

## 2-LES IONOMERES



Membranes

- 3PR, 1DR, 1CR, 3MCF,1IR
- GDR LIPs (2013)

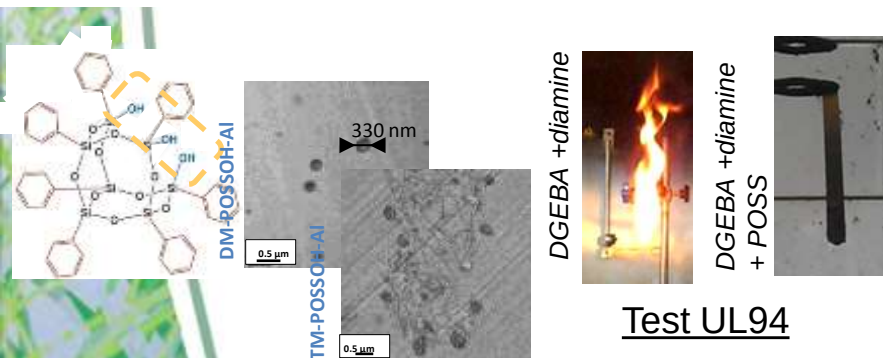
 **GDR LIPs #3585**  
Groupe de Recherche  
Liquides Ioniques et Polymères



# 2-Matériaux thermodurcissables

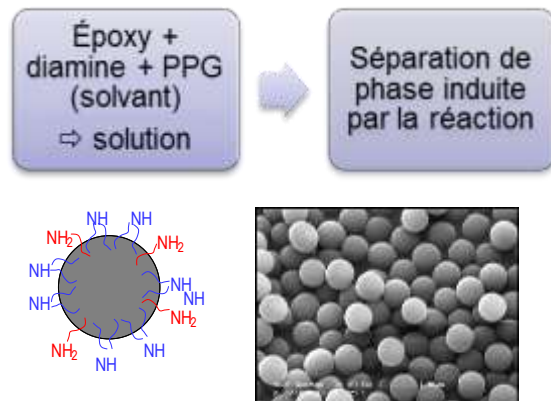
## 1-Les Réseaux multifonctionnels

- Réseaux hybrides O/I  
⇒ amélioration de la résistance au feu



Polym. Degradation and stability,  
94, 1728-1736 (2009)

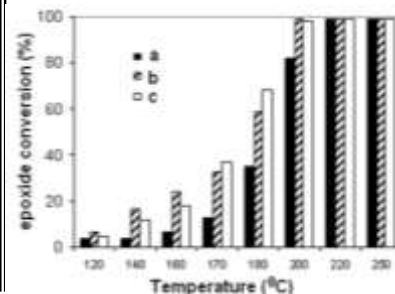
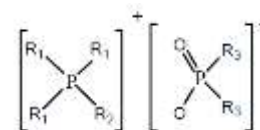
- Microparticules époxy fonctionnalisées amine



monodispersées :  $4 \mu\text{m} < \Phi < 8 \mu\text{m}$   
•  $40^\circ\text{C} < T_g < 160^\circ\text{C}$

US2014039135, 2014

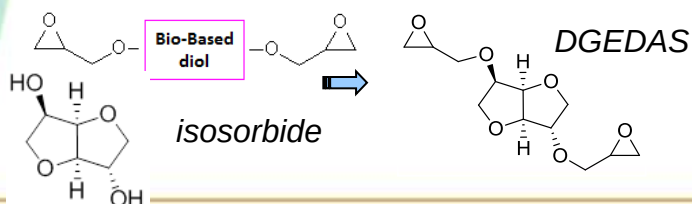
- Réseaux ioniques



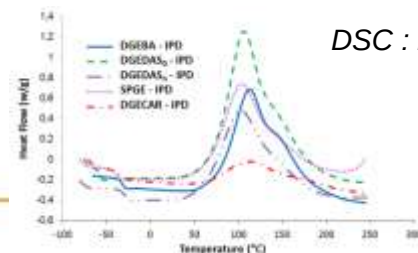
Polymer, 54, 2123-2129 (2013)

## 2-Les Réseaux Biosourcés

- à partir de monomères biosourcés (époxy, diol, acrylate)  
⇒ atteindre un même niveau de performances que réseaux 'pétrosourcés'



Polymer, 52, 3611-3620 (2011).



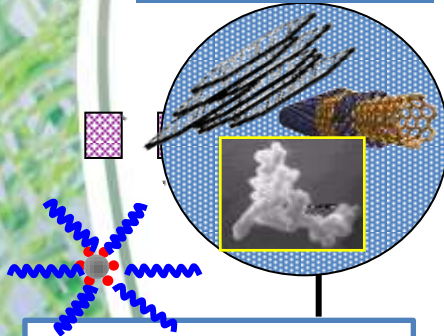
DSC : réactivité





# 3-Matériaux nanocomposites

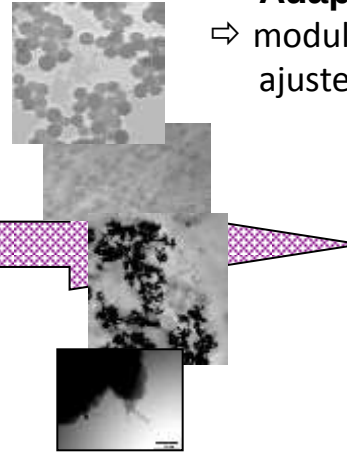
Nature et forme



- Grafting onto
- Echange cationique
- Adsorption physique

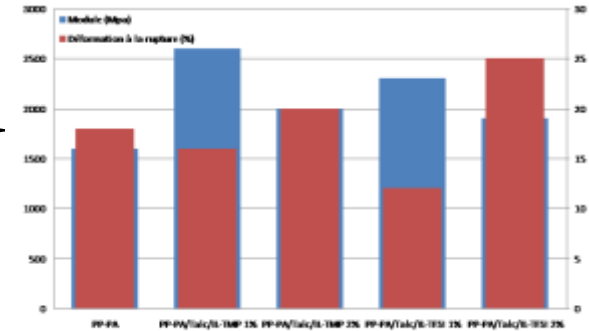


- A l'état liquide
- En milieu CO<sub>2</sub>sc
- A l'état fondu



- Microscopies
- Grands instruments
- Rhéologie

- Adapter le compromis rigidité/plasticité  
⇒ moduler les propriétés interfaciales pour ajuster la dispersion de la charge

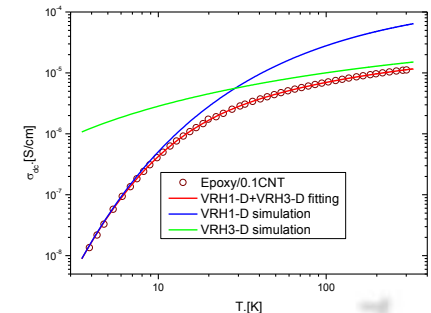


JCIS (2013) 403, 29-42

- Analyser les mécanismes de conduction

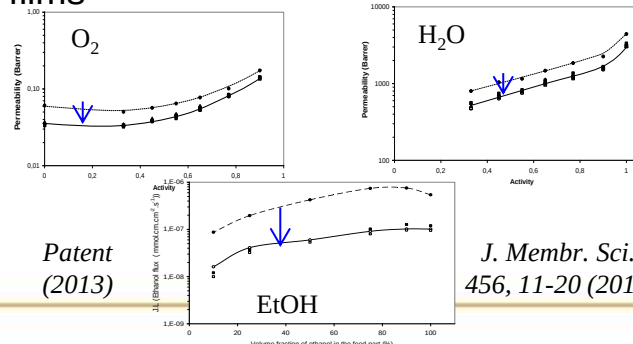
⇒ modélisation de la conductivité

$$\sigma(T) = 1/[\rho_{01} \exp(\frac{T_1}{T})^{\gamma_1} + \rho_{02} \exp(\frac{T_2}{T})^{\gamma_2}]$$



Carbon, 76 10-18 (2014)

Exploiter les très faibles taux de MMT améliorer les propriétés barrière et les rendre non dépendantes des conditions d'élaboration des films



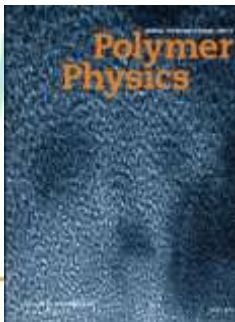
Patent (2013)

J. Membr. Sci., 456, 11-20 (2014)

- génération *in situ* de NC bimétalliques, alliages

⇒ adapter les propriétés de diffusion/interaction selon les gaz

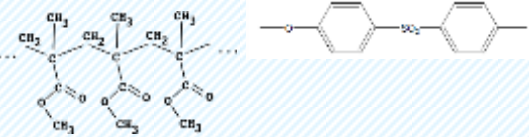
J. Polym. Sci., 52, 1211-1220 (2014)



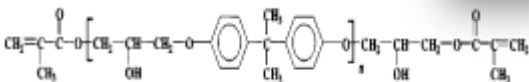
# 4-Matériaux composites

## Chimie des matrices

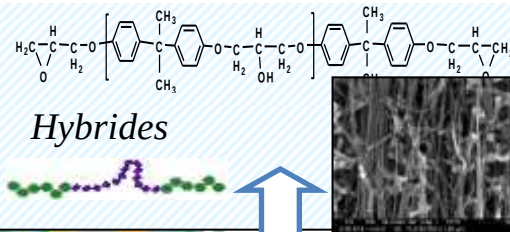
### Thermoplastiques



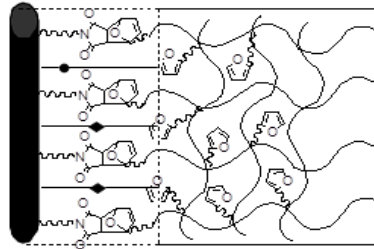
### Thermodurcissables



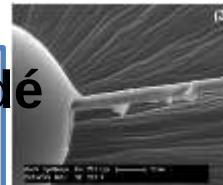
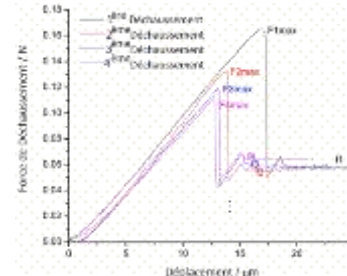
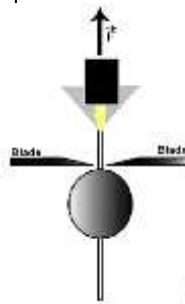
### Hybrides



## Physico-chimie des interfaces



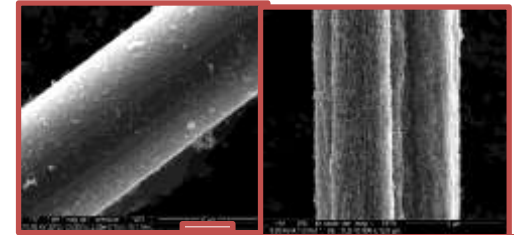
### Approches micromécaniques



JCIS 430 61-68 (2014)

## Composites multifonctionnels

Localisation de phases ou d'objets nano à des endroits stratégiques



### Interphase forte

Thermochimica Acta 590 107-115 (2014)

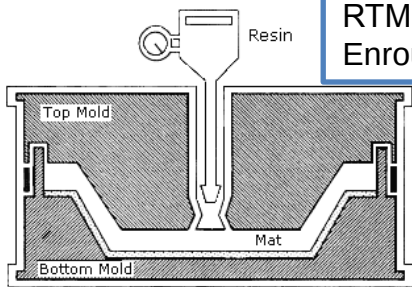
## Mécanismes d'Adhésion À l'origine du collage/soudage

$$G_c = \frac{3}{16} \frac{\Delta^2 E h^3}{a^4 C^4}$$

$G_c = \text{fct} (M_w, \eta, Ra)$   
et  $\text{fct} (T, P, tps)$

## Formulations adaptées au procédé

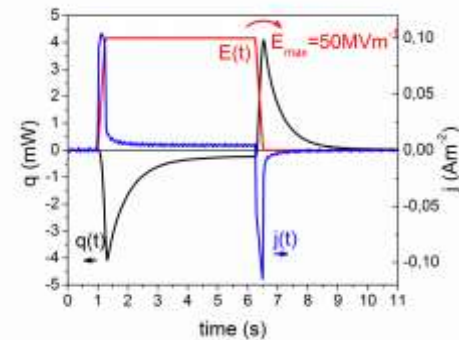
RTM, RIM, SMC, prepreg...  
Enroulement filamentaire



# 5-Matériaux pour l'énergie

## 1-Production et récupération d'énergie

- Conversion d'énergie électrique en énergie calorique : via le contrôle de la (nano)structuration de polymère diélectrique.
- Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique via l'élaboration d'électrodes conductrices hautement déformables



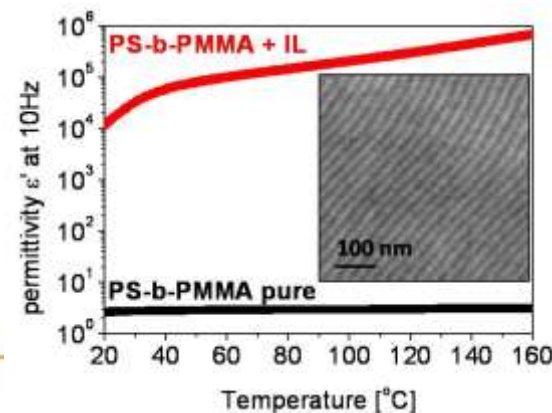
Applied Physics Letters,  
103 202904 (2013)

## 2-Transport d'énergie Institut Transition énergétique Supergrid

- Etude du vieillissement électrique et électrothermique des câbles HVDC en polyéthylène réticulé.
- Impact de la structure chimique sur les propriétés électriques des vernis d'isolation (PAI-PEI) dans les moteurs en conditions extrêmes (400°C-2H).

## 3-Stockage d'énergie

- Elaborer un matériau diélectrique à forte permittivité par une structuration en volume ou en surface



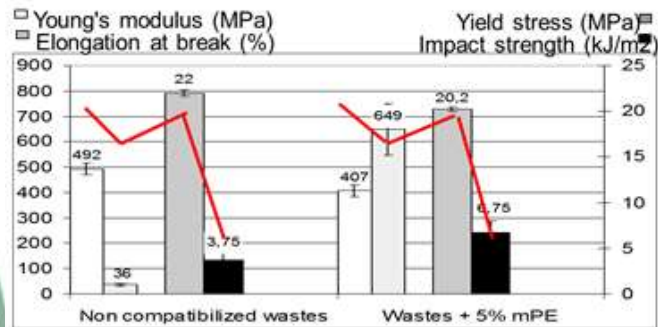


# 6-Matériaux recyclés

«Valoriser des mélanges imparfaitement triés en recherchant des couples procédé-formulation pertinents pour optimiser les propriétés des matériaux recyclés »

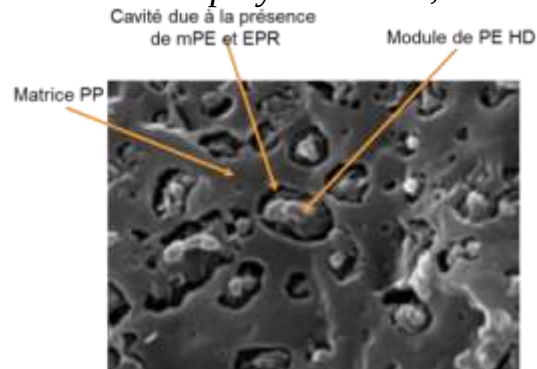
## 1-Par addition de compatibilisants non réactifs

**\*Copolymères**

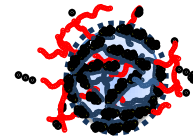


Brevet FR 2984894 et w2013093364

Renforcement dû à la formation d'une interphase riche en copolymère mPE,



**\*Charges**



PES (2013) doi 10.1002

## 2-Par addition de compatibilisants réactifs

Par irradiation gamma qui permet de générer des radicaux suffisamment stables pour se recombinaison et générer des copolymères in situ aux interfaces des mélanges de polyoléfinés.



Formation de copos PP-PE

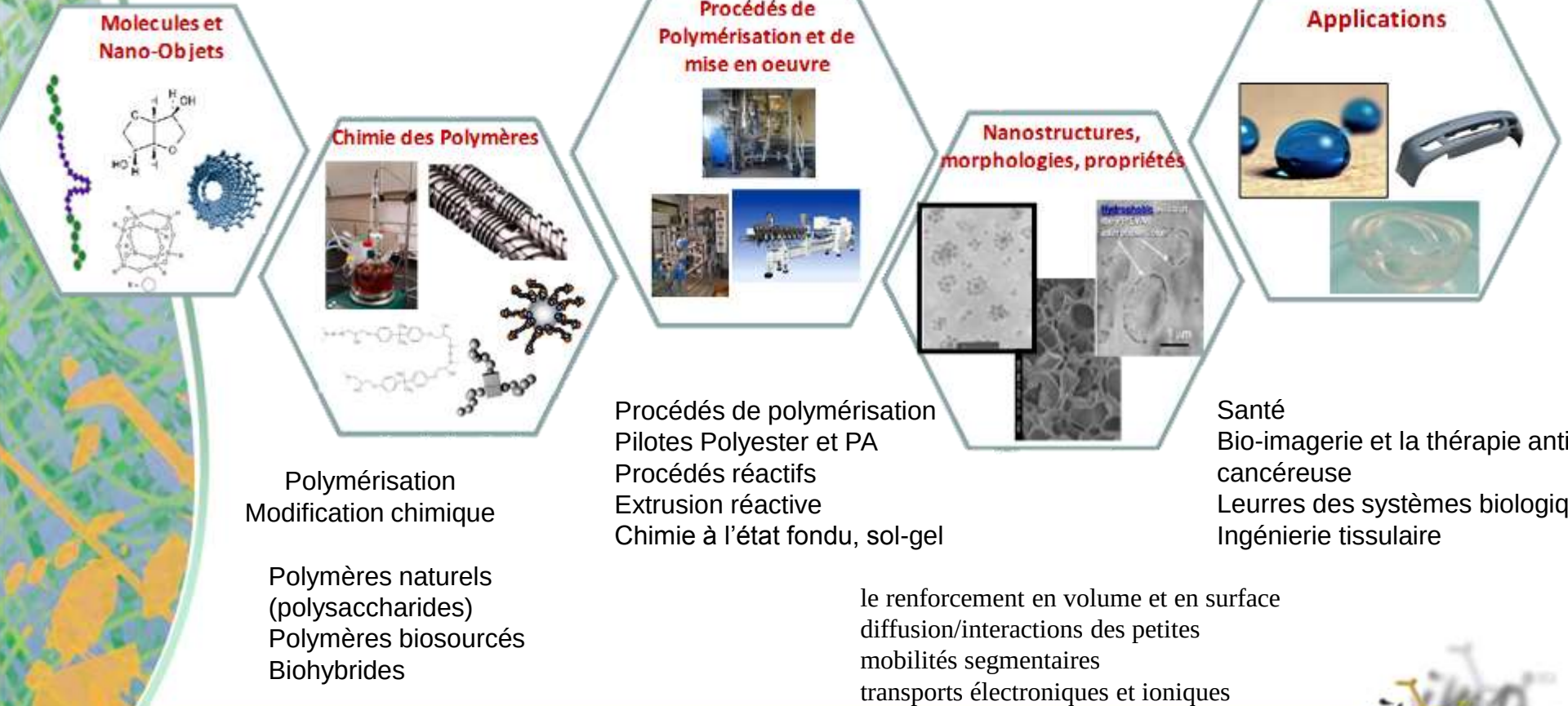
Ingénierie moléculaire et macromoléculaire  
Radicalaire,  
Polycondensation  
supramoléculaire

Chimie des Surfaces et des Interfaces  
Nano-objets  
Surfaces planes fonctionnelles  
Surfaces divisées fonctionnelles

Rhéologie, écoulement structuration  
Dynamique moléculaire  
Polymère enchevêtrés,  
polymères chargés & suspensions  
Morphologie et nanostructuration  
Liquides ioniques

Energie et transports  
  
Allègement des structures  
Composites, nanomousses,  
Matériaux ioniques  
Réseaux thermodurcissables

Environnement  
Recyclage et matériaux  
recyclés



**MERCI DE VOTRE ATTENTION**