

ANF POLYMERES

Matériaux Polymères

Jean-François GERARD

Université de Lyon – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

UMR CNRS n°5223

jean-francois.gerard@insa-lyon.fr



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ? PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES



AVERTISSEMENT

Cette présentation est celle d'un chercheur qui n'a pas la prétention de connaître l'ensemble des acteurs et des travaux dans le domaine des matériaux polymères.

Aussi, sur la base du cahier des charges proposé pour cette intervention dans le cadre d'une réflexion collective sur la recherche 'matériaux polymères', l'exposé qui suivra n'aura pas l'ambition de rapporter l'ensemble des activités en cours ni de consolider les projets des chercheurs et laboratoires concernés (il ne s'y essaiera même pas) mais de donner un ressenti personnel de la période passée et actuelle, d'avancer des propositions prospectives issues de réflexions personnelles qui pourront heurter puisque relativisant (sans remettre en cause) les activités et projets de recherche que des chercheurs pourraient considérer comme essentiels, impératifs voire supérieurs à d'autres ...

Pris par le temps, cette présentation n'est qu'une ébauche et la base d'une contribution collective que je suis prêt à coordonner pour en faire une réelle plateforme de débats et de controverses sur notre futur...



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

MATERIAU ? DEFINITIONS

Substance quelconque **utilisée** à la construction des objets, machines, bâtiments, etc.
(On classe les matériaux en grandes classes : métaux, céramiques, verres, textiles, polymères, pierres et bétons, matériaux composites naturels [bois, os] ou artificiels.)

Dictionnaire Larousse, 2014

Un matériau désigne toute matière **utilisée pour réaliser** un objet au sens large. Ce dernier est souvent une pièce d'un sous-ensemble. C'est donc une matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique. La nature chimique, la forme physique (phases en présence, granulométrie et forme des particules, par exemple), l'état de surface des différentes matières premières, qui sont à la base des matériaux, leur confèrent des propriétés particulières.

On distingue ainsi quatre grandes familles de matériaux.

Wikipedia, 2014

Matériau implique association à: - propriété(s) physique(s)* chimique(s)
- intégration dans un 'système'

() rhéologie exclus quand lié mise en œuvre (alors considéré dans le champ 'processing')*



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

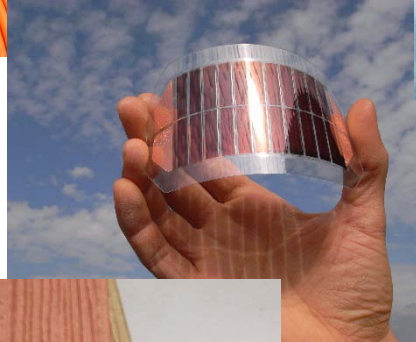
5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES

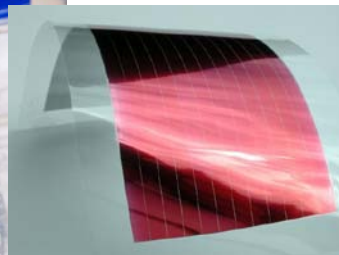


MATERIAUX POLYMERES: Où ?

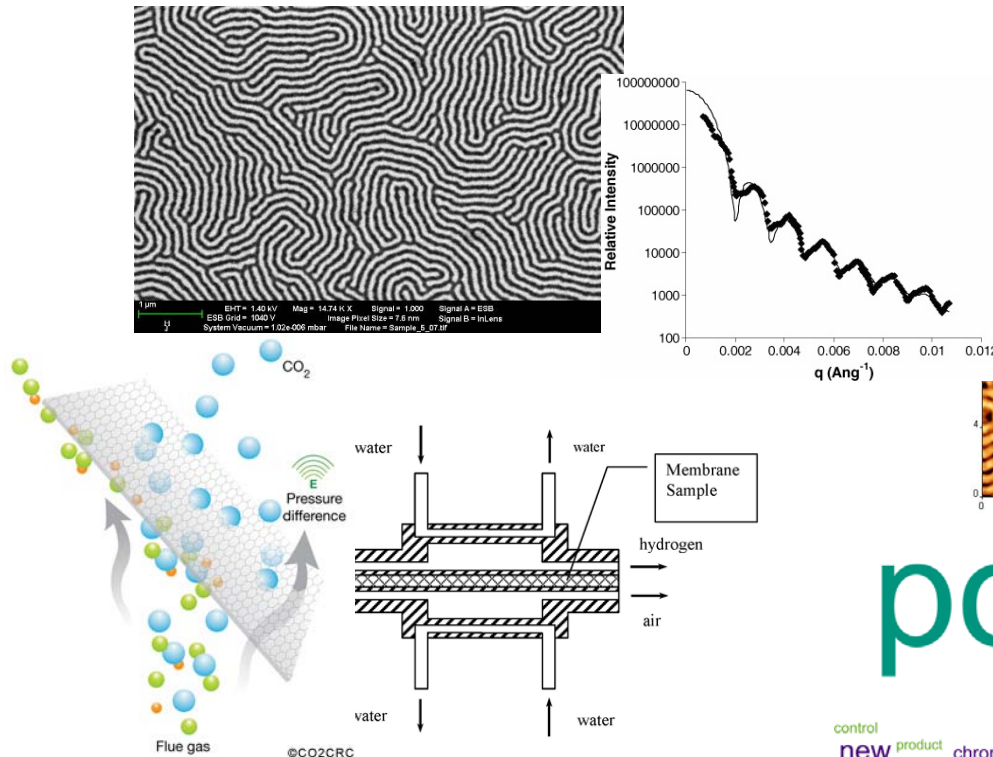


polymer

used blend using disease nano novel adhesive
range also will chain onetep state
chemistry functional plastic graphene nanoscience tissue
membrane synthetic cell nanoscale dtc
drug composite molecule
therapeutic molecular gel property
nanoparticle peptide particle engineering process
crystal nanomedicine science use hiv technology block solid
patient film conductivity polymeric
device assembly able understanding chemical
can treatment surface delivery protein increase
energy pain system
training surface delivery protein increase
functionality component processing formulation
culture scale stemmany therapy student
metal academic



MATERIAUX POLYMERES: Où ?



polymer

control new product simulation platform structure biological responsive nanoparticle device can training energy pain system delivery chemistry functional plastic disease nano novel adhesive blend using also chain onetep state will nanoscience tissue dtc molecule property engineering block polymeric process solid chemical self understanding supramolecular within liquid year route processing formulation therapy student spion material

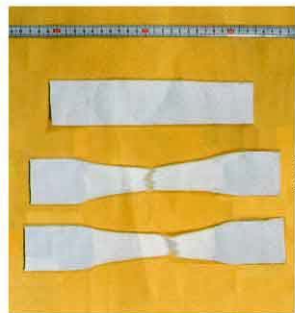
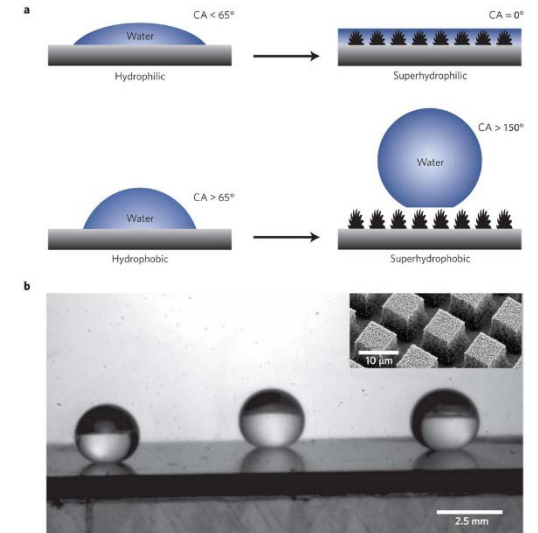
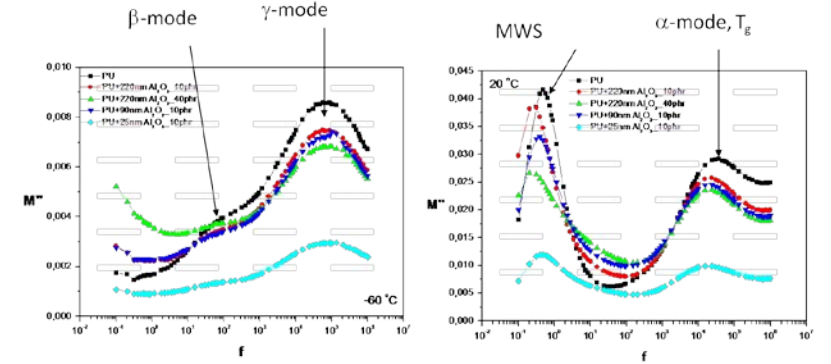


Fig.2 Test Pieces

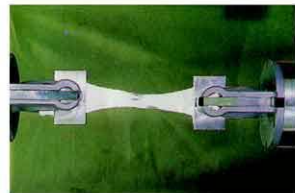
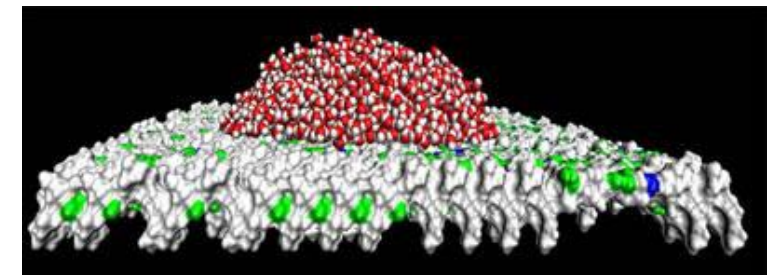
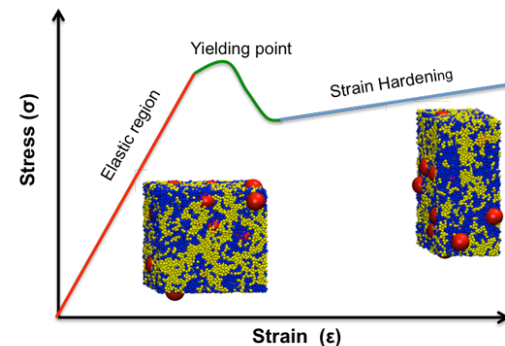
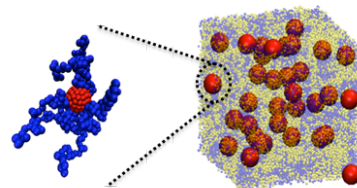


Fig.1 Flat Piece Grips

Polymer Nanocomposites



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES



6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES



Industries impliquant les matériaux polymères

- **Formulateurs**
- **Plasturgie, équipementiers**
évolution forte de la plasturgie
vers plus haute valeur ajoutée
- **Intégrateurs, users**

Pôles de compétitivité impliquant projets matériaux polymères



Source : DGCIS/DATAR, juillet 2011

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES



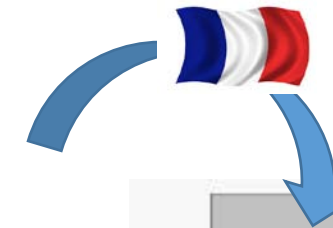
MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ? Recherche (via Publications)

WoS

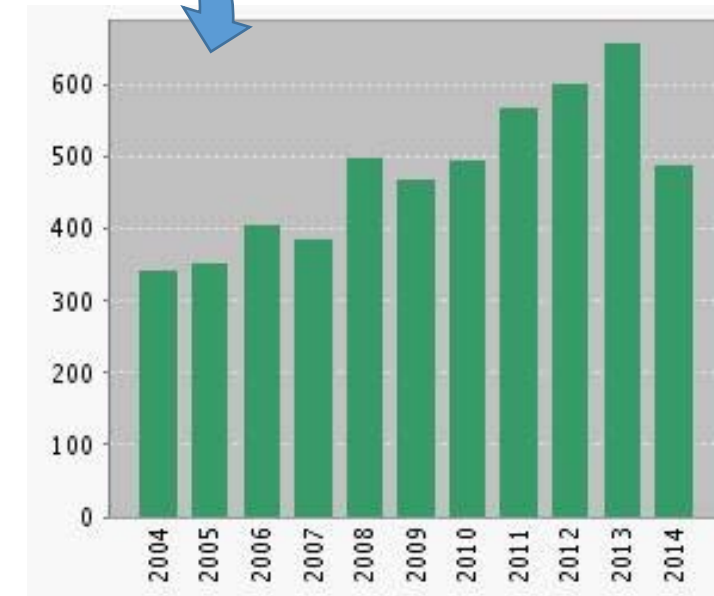
POLYMER and MATERIAL

2004-2014 (98 711)(entre parenthèses % 2011-2014)

USA	22541	22.84 % (20,27%)
PEOPLES R CHINA	16696	16.914 % (20,90%)
GERMANY	8011	8.116 % (7,76%)
JAPAN	6693	6.780 % (5,96%)
FRANCE	5285	5.354 % (5,21%)
ENGLAND	4735	4.797 % (4,03%)
SOUTH KOREA	4722	4.784 % (5,04%)
INDIA	4053	4.106 % (4,74%)
ITALY	3891	3.942 % (3,96%)
SPAIN	3220	3.262 % (3,55%)



- 1.- LYON
- 2.- PARIS
- 3.- MONTPELLIER
- 4.- STRASBOURG
- 5.- BORDEAUX



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES



MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ?

Recherche académique: via Publications



WoS

POLYMER and MATERIAL

2011-2014

Field: Web of Science Categories	Record Count	% of 44639
MATERIALS SCIENCE MULTIDISCIPLINARY	12251	27.445 % (24,57%)
POLYMER SCIENCE	9282	20.793 % (23,36%)
CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY	6445	14.438 % (11,98%)
CHEMISTRY PHYSICAL	6279	14.066 % (14,13%)
PHYSICS APPLIED	5232	11.721 % (12,12%)
NANOSCIENCE NANOTECHNOLOGY	4288	9.606 % (6,58%)
PHYSICS CONDENSED MATTER	2386	5.345 % (6,13%)
ENGINEERING CHEMICAL	2172	4.866 % (4,73%)
ENGINEERING ELECTRICAL ELECTRONIC	1765	3.954 %
ENERGY FUELS	1746	3.911 %
MECHANICS		(4,44 %)

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ? Recherche publique / France

- CNRS

Institut de Chimie (INC) : S11, S15 (hybrides I/O), S12

Sciences de l'Ingénieur (INSIS):

S09 Ingénierie des matériaux et des structures, mécanique des solides, biomécanique, acoustique

Commissions Interdisciplinaires

CID 54 : Méthodes expérimentales, concepts et instrumentation en sciences de la matière et en ingénierie pour le vivant

- **INRA** Polymères biosourcés, biopolymères, bioadhésion, etc
- **INSERM** Biopuces, biophysique, biomatériaux
- **CEA** DRT (LETI, LITEN), DEN, DAM (Tours, ...)
- **IFPEN**
- **CTI** (CETIM, PEP, ...)



Nouveaux instituts R&D

- ITE (IDEEL, IFMAS, PIVERT, J. VERNE, etc), Instituts Carnot (I@L, Materalialia, etc)

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

De réels compétiteurs... l'Allemagne

MAX-PLANCK Institute

- MPI Polymer Research Mainz
- MPI Colloids and Interfaces Postdam
- MPI Silicat furschung Wurzburg

LEIBNIZ Institutes

- Polymerfuschung Dresden

FRAUNHOFER Institutes

- IAP Applied Polymer Res Postdam
- ICT Chemical Technology Pfinztal
- PyCo Polymer Composites

Universités

- Freiburg (R. Mulhaupt)
- Hamburg ()

et les Pays-Bas

- Dutch Polymer Institute
Eindhoven
- Delft University

Moins présents GB, I, Grèce

MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ? Compétiteurs européens



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

Retour sur laboratoires CNRS

Unités Propres UPR S11

MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ?

Recherche académique / France



- Physique-Mécanique et Tribologie des Polymères
- Polyélectrolytes, Complexes et Matériaux
- Théorie et simulations des polymères



- Glyco-nano-objets et auto-assemblage
- Parois végétales et organisations complexes
- Biomasse à vocation technologique



- Matériaux Fonctionnels par Ingénierie Colloïdale
- Matière Molle : Structure et Dynamique
- Molecular Materials and Magnetism
- Nanotubes et Graphène
- Biopiles et biocapteurs



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

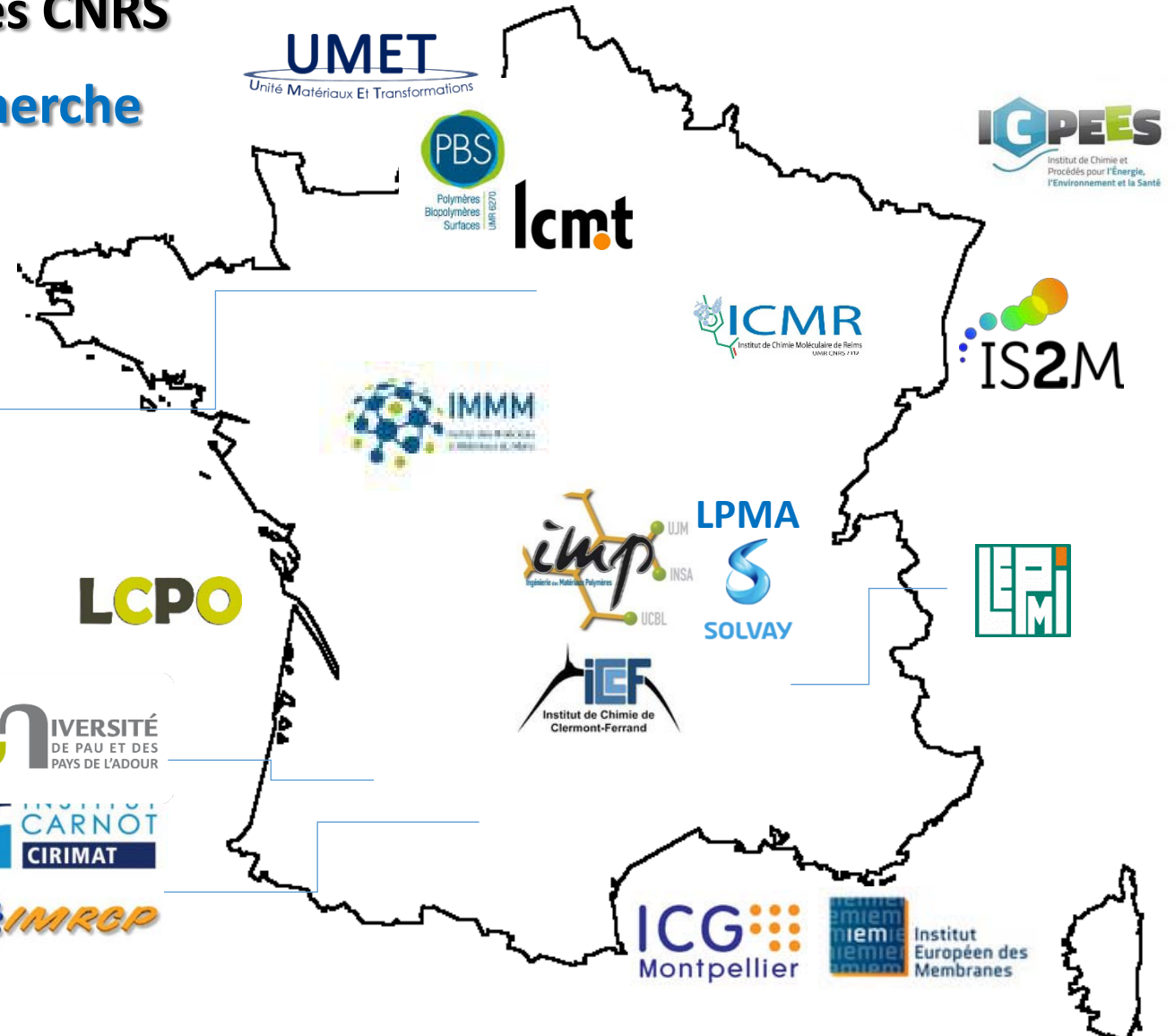
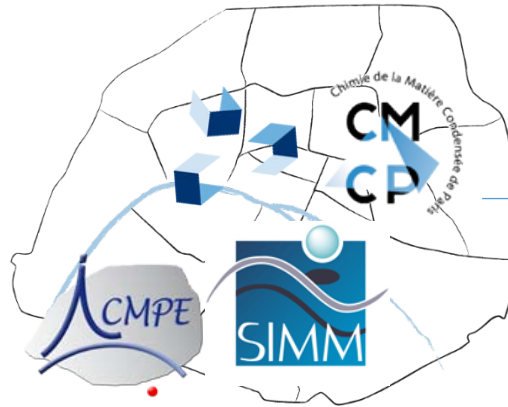
6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ?

Recherche académique / France

Retour sur laboratoires CNRS

Unités Mixtes de Recherche
Rattachement INC



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ?

Recherche académique / France

Retour sur laboratoires CNRS

Unités Mixtes de Recherche

Rattachement INP



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

Retour sur laboratoires CNRS

Unités Mixtes de Recherche

Rattachement INSIS et autres EAs

MATERIAUX POLYMERES: Qui fait ?

Recherche académique / France



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES



6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Retour sur démarche 'Matériau'

Science des Matériaux (Polymères) pas une science au même type que chimie, mécanique, etc

*Approche pluridisciplinaire (peut être difficile à considérer
(qui pour être d'excellence doit réunir des compétences disciplinaires d'excellence)*

Architecture / morphologie – microstructure

Physique

Physico-chimie

Comportement physique/physico-chimique/chimique

Physique

Mécanique

Traitement de signal

Loi de comportement – Modélisation

Mathématiques appliquées, physique

Simulation

Mathématiques appliquées

Informatique / Numérique

Interfaces importantes avec:

Chimie

Colloïdes

Elaboration-Mise en forme /procédés

Physique de la matière molle



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

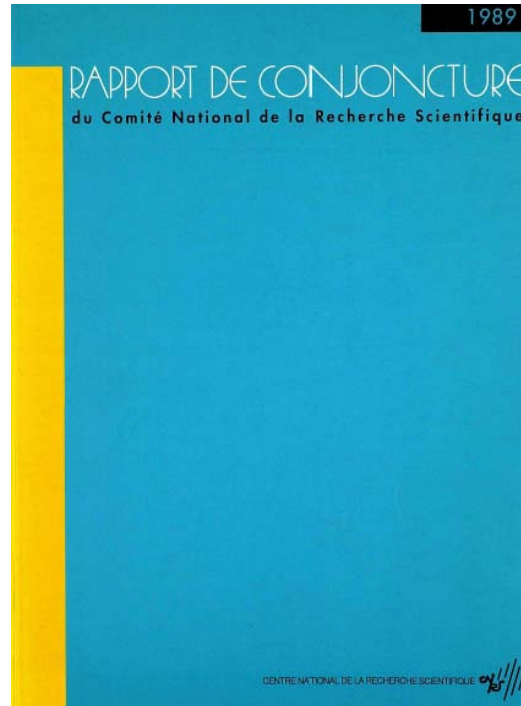
6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES



Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Rapport de conjoncture 1989



Science & Génie des Matériaux

- *Matériaux & propriétés mécaniques*
- *Matériaux pour l'optique*
- *Des isolants aux supraconducteurs*
- *Matériaux magnétiques moléculaires*
- *Matériaux à propriétés de transfert*
- *Elaboration des matériaux*
- *Interaction matériau/environnement*

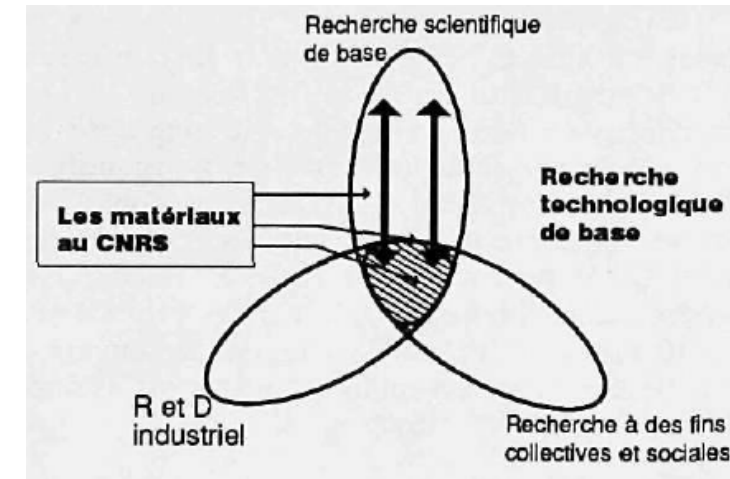
Pas de démarche spécifique liée aux matériaux polymères

Structuration volontariste PIRMAT (1982-1994) et mention dans LOP 07/82

Programme Interdisciplinaire de Recherche en Matériaux

- *Matériaux de structure*
- *Matériaux pour composants*

CNRS & Matériaux



- 'Histoire du CNRS de 1939 à nos jours' de G. Guthleber
- Biographie du Pirmat (1982-1994). Une illustration de l'ambiguïté entre pluridisciplinarité et interdisciplinarité au CNRS. E. Bertrand . <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00683194>

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Rapport de conjoncture 1989

Par ailleurs les équipes matériaux du CNRS ont une taille moyenne faible et un caractère dispersé. Sans généraliser nécessairement les grands centres «tous matériaux» fortement équipés, on peut regretter que les interactions entre équipes d'«élaboration», de «caractérisation» et de «modélisation» comme celles entre équipes travaillant sur des classes de matériaux différentes ne soient pas plus étroites ni plus structurées, sous forme de réseaux denses et efficaces. Il en va de même pour la disposition de moyens variés et performants d'expérimentation.

Il faut signaler à ce propos un bilan récent du MRT concernant les équipements scientifiques mi-lourds. Ce bilan fait ressortir l'importance capitale de ce type d'équipement dans le domaine des matériaux et les difficultés rencontrées par les laboratoires simplement pour maintenir le niveau actuel d'équipement.

Le caractère interdisciplinaire du domaine justifie pleinement l'existence d'un PIR (le PIRMAT). Mais son rôle d'«agence d'objectifs», pour être indispensable, n'est pas suffisant. Pour leur dotation de base, leur gestion, leurs personnels ITA et chercheurs (promotions et recrutements), les laboratoires «matériaux» continuent de relever de tel ou tel département, de définition plus monodisciplinaire. Ceci ne favorise pas le renforcement de la cohésion scientifique de la communauté concernée et pose trop souvent des problèmes structurels internes.

Il faut donc donner une réelle indépendance à une structure interdisciplinaire «matériaux» avec des moyens et des postes permettant d'assurer une carrière aux chercheurs concernés par ce domaine d'activité.

Enfin il faut approfondir le dialogue avec la recherche industrielle et la recherche à des fins collectives et sociales, en favorisant par des mesures statutaires adéquates non seulement l'échange des idées mais surtout celui des hommes.

En effet, pour donner à notre pays sa place dans le domaine clé des matériaux, l'objectif est de prendre en compte véritablement, jusqu'au niveau des recherches de base, le «fait matériaux». Il s'agit de faire du matériau un *objet de recherche en soi* et non plus seulement un *support nécessaire* à des recherches dans le domaine des disciplines de base.

Il faut promouvoir une activité de recherche à la fois plus synthétique et plus globale, en prise directe et complémentaire par rapport aux études menées dans les disciplines fondamentales» mais perméable aux problèmes de toute nature que posent le développement et l'emploi d'un matériau.

Cette recherche, pour être suffisamment valorisante, devra posséder *ses critères d'évaluation propres*.

L'objectif final est de débloquent le verrou technologique que constituent, dans tous les domaines, les conditions d'emploi limite des matériaux. L'action matériau du CNRS doit se proposer d'atteindre deux buts :

- la promotion de matériaux nouveaux de très hautes performances permettant de véritables mutations technologiques;
- l'amélioration des matériaux traditionnels, afin de leur permettre une constante adaptation aux exigences survenant soit de nouvelles applications, soit de contraintes socio-économiques accrues (prix, pollution, recyclage, disponibilité).

Les actions à soutenir doivent servir de support à ces deux démarches. On peut donc résumer les grands axes des actions à entreprendre en soulignant que ces études structurales, qui constituent la partie la plus traditionnelle de la science des matériaux, sont actuellement bien développées.

Il convient cependant d'en maintenir le niveau en privilégiant les études de caractérisation quantitative et de modélisation de la structure, qui peuvent procurer des raccourcis conduisant à la conception de matériaux nouveaux.

Il faut noter par ailleurs que :

- pour l'ensemble des matériaux, qu'ils soient nouveaux ou traditionnels, ce sont les recherches sur l'élaboration et l'analyse du comportement, en particulier mécanique, qu'il faut développer;

- pour maîtriser et développer la filière des matériaux nouveaux» il faut s'intéresser plus particulièrement aux matériaux systèmes et aux matériaux à propriétés particulières (magnétiques, optiques, supraconductrices...) en insistant sur leur stabilité et sur les problèmes d'interface et de surface.

Pour conclure, soulignons une fois encore que l'importance et la permanence des enjeux économiques et technologiques liés aux matériaux rendent nécessaires à la fois un dialogue étroit entre recherche de base et recherche appliquée et le prolongement continu d'une recherche de base vers la valorisation des résultats, la diffusion des connaissances et des données, la formation des hommes... Ces prolongements sont à leur tour une source inépuisable d'inspiration pour la recherche sur les matériaux, ce qui tend à rendre indissociables, dans leur accomplissement, les enjeux scientifiques, les enjeux technologiques et économiques, etc., à un degré que l'on rencontre dans peu d'autres domaines.

**Lien avec partenaires
industriels /ouverture
CNRS vers privé**



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Rapport de conjoncture Section 11 CoNRS 2010

- Science de la Matière Molle
- Chimies et Architectures Macromoléculaires
- **Matériaux Moléculaires et Supramoléculaires-Systèmes Fonctionnels**

Recommandations (1/2)

- Travaux impérativement orientés vers le **développement d'études théoriques et de simulations numériques** pour conception de matériaux fonctionnels dans le but de mieux comprendre notamment les phénomènes de transfert multi-composant et de transport électronique, ionique et énergétique
 - ⇒ critères d'élaboration de structures complexes. En outre,
 - ⇒ dégager phénomènes physiques spécifiques associés aux nanostructures et le lien entre les différentes échelles de dimension.
- Une **approche collaborative et synergique entre théoriciens et expérimentateurs** pour la conception et l'élaboration de systèmes (multi)fonctionnels afin de définir les paramètres pertinents cinétiques et dimensionnels permettant d'atteindre les **fonctionnalités visées et l'intégration des matériaux dans des systèmes**.



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Rapport de conjoncture Section 11 CoNRS 2010

- Science de la Matière Molle
- Chimies et Architectures Macromoléculaires
- **Matériaux Moléculaires et Supramoléculaires-Systèmes Fonctionnels**

Recommandations (2/2)

- **L'intégration d'approches de génie des procédés, voire de conception de nouveaux procédés innovants d'élaboration et de mise en forme à toutes échelles** (depuis nano) par de meilleures interactions entre communautés pour permettre le design de matériaux à fonctionnalité(s) nouvelles.
Processus de nanostructuration (maîtrise de l'organisation de la matière dans les procédés)
- **Prise en compte des sous-disciplines reconnues au niveau international dans le passé** (ex: mécanique polymères)
'Celles-ci n'attirent-elles plus autant de chercheurs et travaux parce qu'elles n'ont pas renouvelé leurs objets d'études ou parce qu'elles se reconnaissent plus difficilement dans les appels à projets actuels ? ... fondements des connaissances souvent nécessaires aux travaux de recherche pluridisciplinaires que développent les chercheurs de la Section 11 et que le problème de la **pérennisation de ces expertises est crucial.**'



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Rapport de conjoncture Section 11 CoNRS 2010

- Science de la Matière Molle
- Chimies et Architectures Macromoléculaires
- **Matériaux Moléculaires et Supramoléculaires-Systèmes Fonctionnels**

Approches de recherche transverses

... et intéressant fortement le champ des matériaux polymères

- ***Surfaces et Interfaces***
impliquant sciences de la matière molle et des matériaux polymères.
 - . Surfaces, revêtements et films fonctionnels
 - . Mouillage
 - . Interfaces et films ultraminces
 - . Mécanique du contact
- Théorie & Simulation
- ***Interface avec la biologie***



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Rapport de conjoncture Section 11 CoNRS 2014

- Les procédés d'élaboration et de mise en œuvre des matériaux
- Comportements physiques des matériaux polymères : couplage chimie/physico-chimie/procédé

Conclusions

‘... l'intérêt manifeste de la communauté à élaborer des **matériaux (multi)fonctionnels en générant une structuration multi-échelle**. La conception de tels matériaux fonctionnels requiert une **approche multidisciplinaire qui s'appuie sur les fondamentaux de sous-disciplines** comme la mécanique ou la rhéologie des polymères que la communauté doit continuer à **pérenniser**’.



- 1. INTRODUCTION
- 2. LES ACTEURS
- 3. DEMARCHE 'MATERIAU'

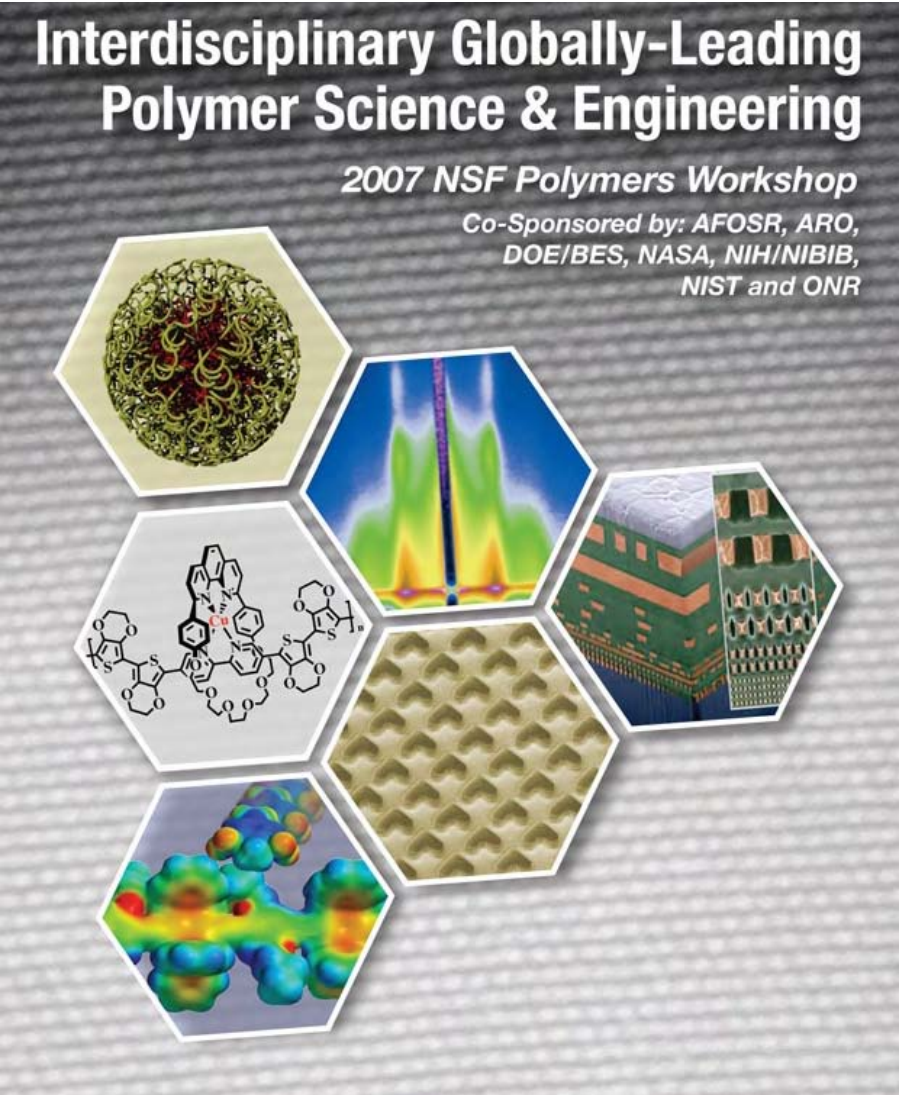
4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?



Prospective NSF 2007

Working Group Recommendations

Polymer Syntheses and New Polymeric Materials.....

Complex Polymer Systems

Processing and Assembly.....

Characterization and Properties.....

Theory and Simulations

Education

Global competitiveness

Broadening Participation



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Prospective NSF 2007

Points d'intérêt principaux relevés:

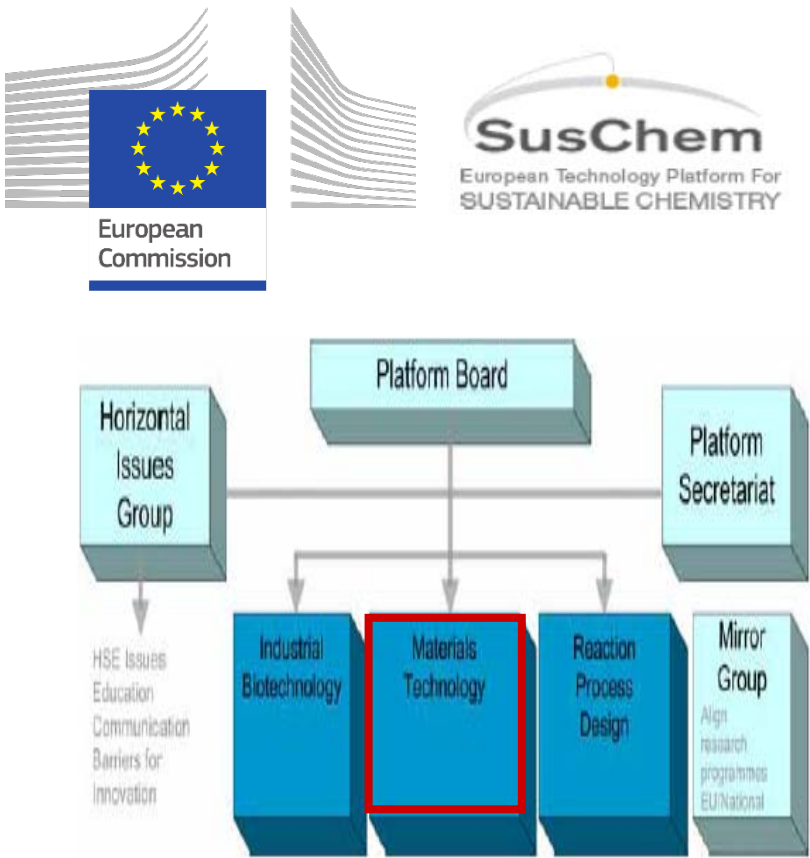
- i/ systèmes complexes polymères multi-composants (synthétiques, biologiques et hybrides) pour atteindre de nouvelles propriétés**
- ii/ caractérisation real time, multidimensionnelle et in-situ pour compréhension**
- iii/ synthèse polymères pour le contrôle architecture, microstructure, etc
- iv/ élaboration avec un contrôle 2D / 3D jusqu'à des échelles de quelques nm
- v/ modélisation/simulation informatique des structures polymères afin de comprendre le rôle des paramètres de procédé et de synthèse sur les propriétés**



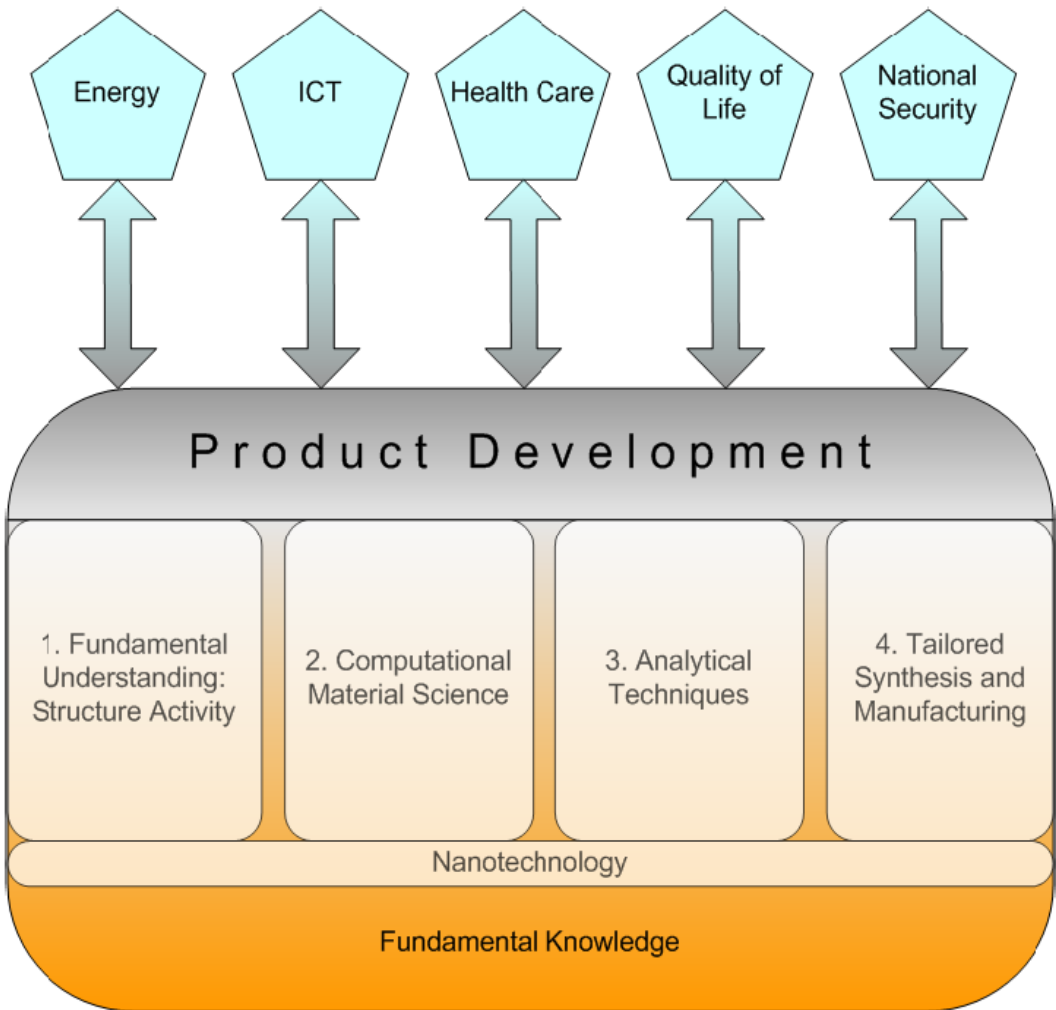
Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Innovating for a Better Future
Sustainable Chemistry Strategic Research Agenda 2005

Vision industrielle européenne



SusChem WG
Materials Technology



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Vision industrielle européenne

*Strategic Research Agenda SUSCHEM Nov. 2005
+ Implementation Action Plans (2006 →)*

• Fundamental Understanding of Structure Activity Relationships for the Rational Design of Functional Materials

- * Emphasis on the fundamental understanding of materials in order to comprehend structure-activity relationships.
- * Enhanced understanding of physics and chemistry fundamentals at the molecular and nanoscale level, combined with powerful computational capabilities across length scales,
- * Directed design and synthesis of libraries of high-quality (nano-)material building blocks.
- * Knowledge of the relationships among structure, properties, functions, and processing methods for fundamentals for application-based material design.
- * In the area of nanotechnology a fundamental understanding of the physico-chemical phenomena at the nanoscale and the interaction of nanostructured materials and nanoparticles with the external environment and biological interfaces for solution-oriented design of nanomaterials.

Links with the Technology Pillar *Industrial Biotechnology*

especially : Performance proteins and nanocomposite materials.



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Vision industrielle européenne

*Strategic Research Agenda SUSCHEM Nov. 2005
+ Implementation Action Plans (2006 →)*

- ***Computational Material Science***
- Modelling and simulation efforts to link molecular and nanoscale properties to specific macroscopic properties across time and length applications scales to predict material function and systems from nanoscale properties.
- Modelling and simulation of atomic, molecular, and nanoscale behaviour extended to observable macro-scale properties to increase the efficiency of future research to reduce the number of design iterations and experiments.

Links with two other Technology Pillars

Reaction Design and Engineering

Industry Biotechnology,

especially in the topic: Metabolic engineering and modelling.



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment étaient-ils positionnés et comment voyait-on leur devenir ?

Vision industrielle européenne

Strategic Research Agenda SUSCHEM Nov. 2005

+ Implementation Action Plans (2006 →)

- ***Development of Analytical Techniques***

- * Advanced, multi-probe tools to accurately measure desired properties on the nanoscale to provide real-time characterization of one, two-, and three-dimensional nanostructures, including multiple ensemble averages and number and type of defects.
- * Techniques (high resolution transmission electron microscopy, scanning probe microscopy, X-ray and neutron diffraction) to examine materials at the atomic level to be further developed and extended by integration with powerful computers for data handling and rapid visualization of the results.
- * Developments in combinatorial chemistry to accelerate the discovery of new solid-state materials.

**Link with the Technology Pillar *Reaction Design and Engineering*,
especially, *Understanding of Reaction Mechanisms*
High Throughput Experimentation.**



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES (RECHERCHE)?

6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES

REFERENCES



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science
matériaux polymères ces dernières années ?

5.1.- De nouveaux matériaux développés aux interfaces des
spécialités de la chimie

5.2.- Approches scientifiques avec intégration dans systèmes/devices

5.3.- Matériaux polymères et 'effets de mode'

5.4.- Travaux guidés par enjeu / développement applicatif – technologique
par l'éco-système de la Recherche



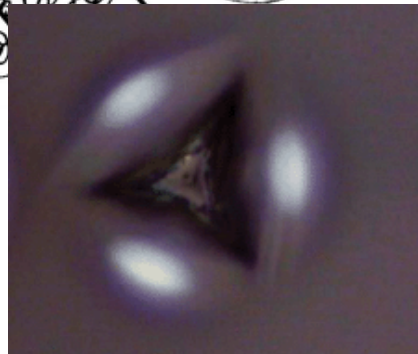
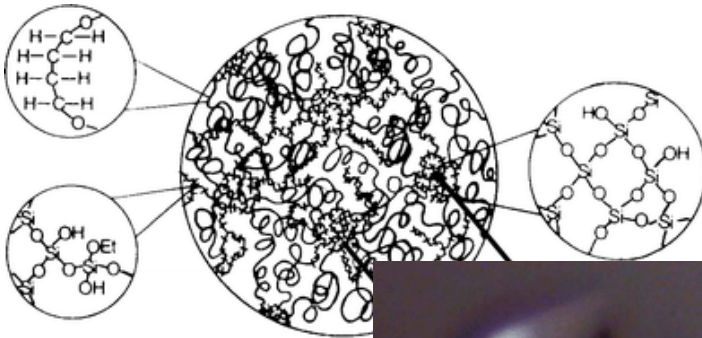
RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.1.- De nouveaux matériaux développés aux interfaces des spécialités de la chimie

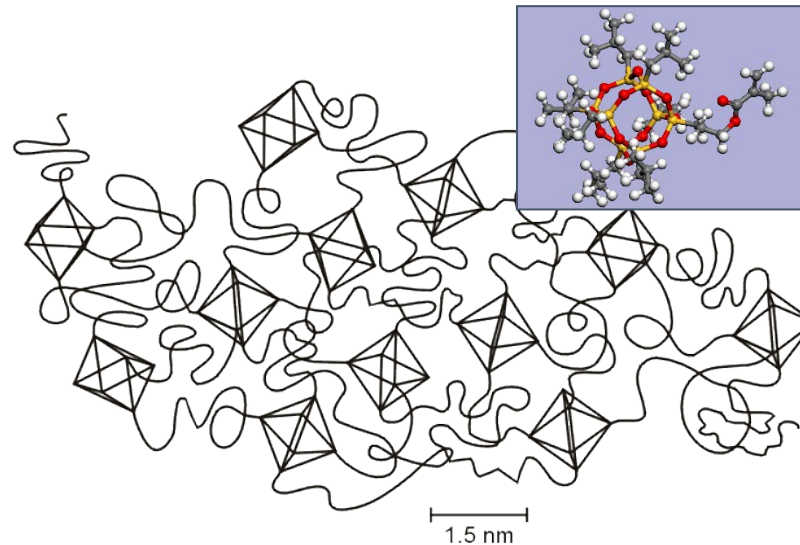
Exemple: Hybrides Organiques/Inorganiques

Polymères et sol-gel



Mechanical properties of hybrid organic-inorganic materials, F. Mammeri et al, J. Mater. Chem., 2005

U.Schubert, *Chem.Soc.Rev.* (2011),
Cluster-Based Inorganic-Organic Hybrid Materials.



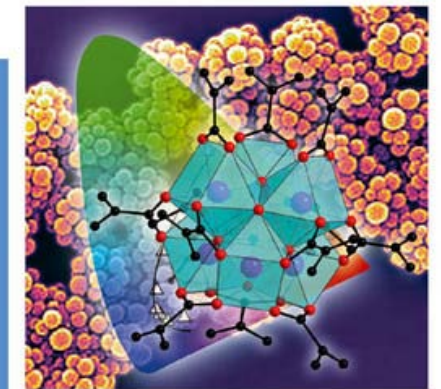
Hybrid Materials Synthesis, Characterization, and Applications
G. Kickelbick, Wiley 2006

Edited by Guido Kickelbick

WILEY-VCH

Hybrid Materials

Synthesis, Characterization,
and Applications



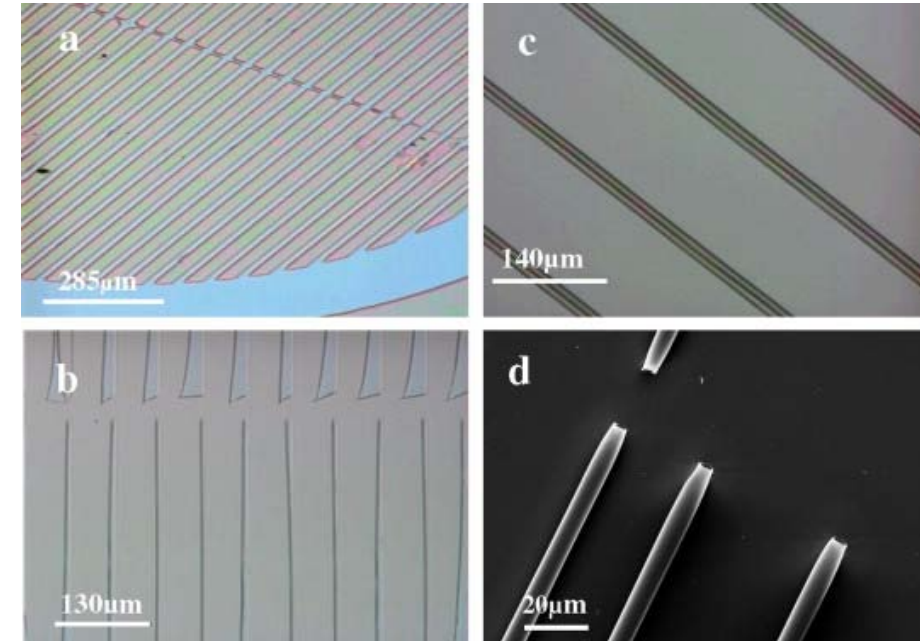
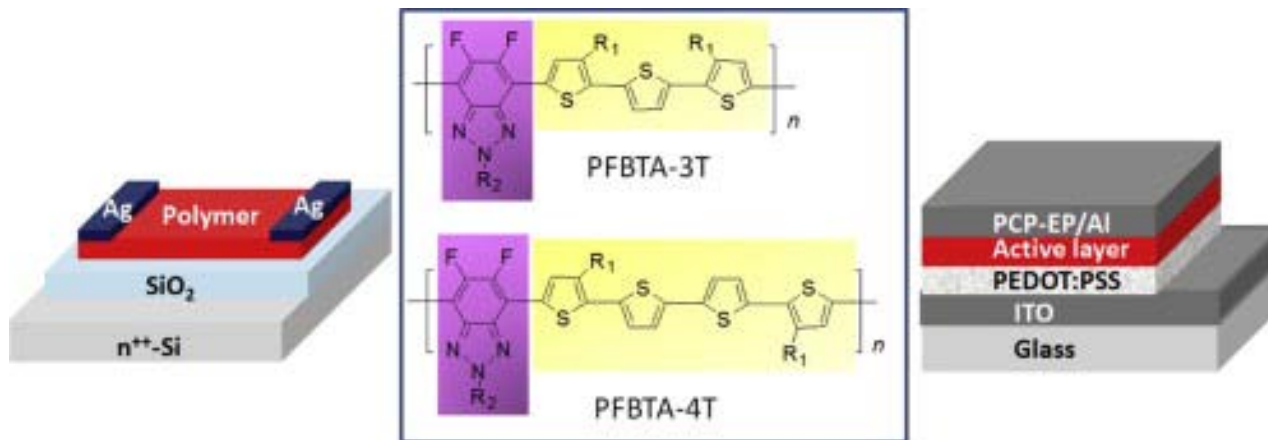
RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.2.- Approches scientifiques avec intégration dans systèmes/devices

Mise en situation des matériaux polymères

- Matériaux (multi)fonctionnels → Démonstration fonction
- Recherches intégrées dans des projets collaboratifs applicatifs



D-A copolymers based on 5,6-difluorobenzotriazole and oligothiophenes: Synthesis, field effect transistors, and polymer solar cells, X. Liu, Polymer 2014

Formation of self-rolled polymer microtubes studied by combinatorial approach, K. Kumar, European Polym. J., 2008

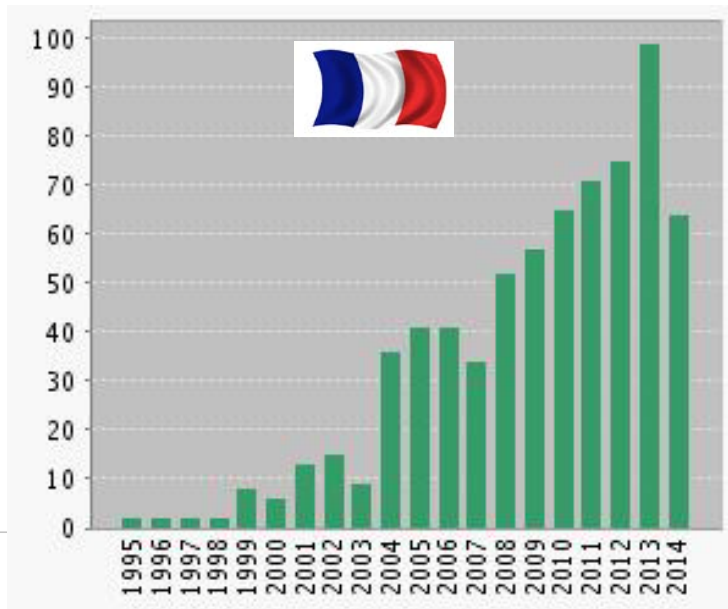
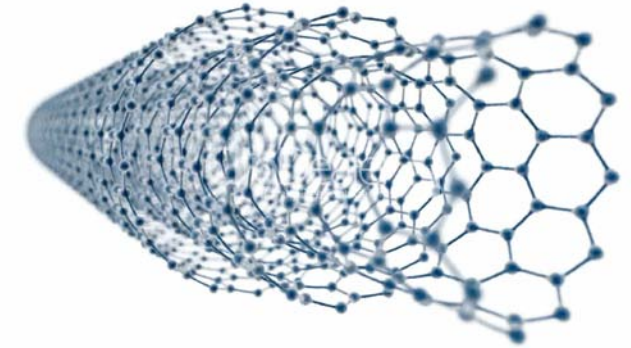
RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

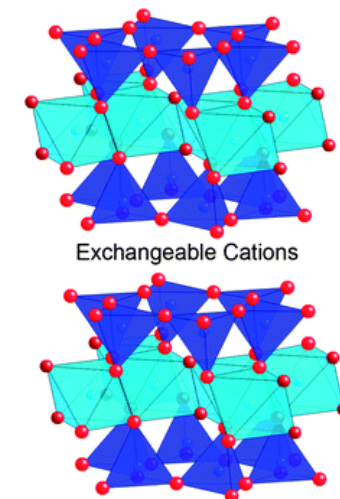
5.3. Matériaux polymères et effets de mode ('fashion victims'?) – Exemples

Nanocomposites

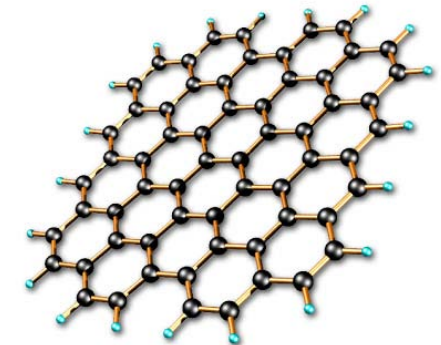
		2005	2013
WoS POLYMER+NANOCOMPOSITES	>29 000	1 144	4 133



- 1.- LYON
- 2.- GRENOBLE
- 3.- MONTPELLIER
- 4.- CLERMONT
- 5.- PARIS VI



SSA



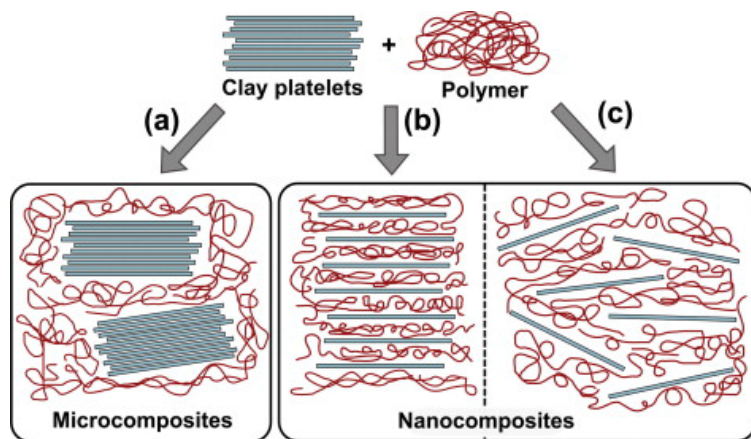
● O
● OH
● Si, Al
● Al, Fe, Mg

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

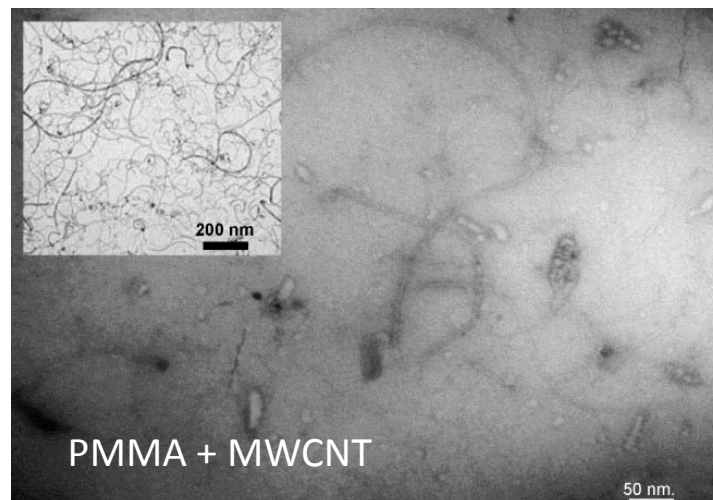
Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.3. Matériaux polymères et effets de mode ('fashion victims'?) – Exemples

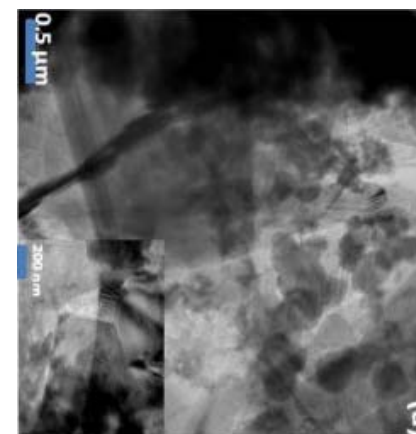
Nanocomposites



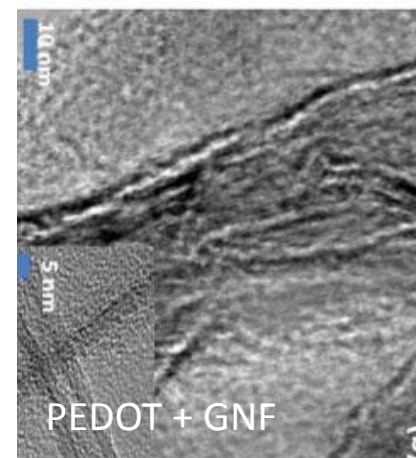
Utilization of polymer stabilization for improvement of clay microstructures
W.R. Azzam, Applied Clay Science, 2014



Radiation resistant polymer–carbon nanotube nanocomposite thin films.
E. Najafi et al. Colloids & Surfaces A, 2005



Graphene–polyethylenedioxythiophene conducting polymer nanocomposite based supercapacitor. F. Alvi et al, Electrochimica Acta, 2011





RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.3. Matériaux polymères et effets de mode (‘fashion victims’?) – Exemples

Nanocomposites

- Large domaine de matériaux polymères étudiés (nature matrices, nanoparticules/feuilletés/nanotubes)
Transposition directe d'un type de nanocomposite et un autre (NTC vs. graphène)
approches, méthodes expérimentales, effets attendus
- Nombreuses propriétés : barrière, mécanique, surface, conductivité, etc

Mais ...

- *Compréhension du rôle de l'échelle nanométrique et du couplage des échelles ?*
- *Compréhension des mécanismes élémentaires à échelle nanométrique ?*
- *Rôle des interfaces et interphases ?*
- *Modélisation et simulation ?*
- *Quelles nouvelles questions scientifiques par rapport à nanomatériaux largement développés (mais non dénommés nanomatériaux)?*

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

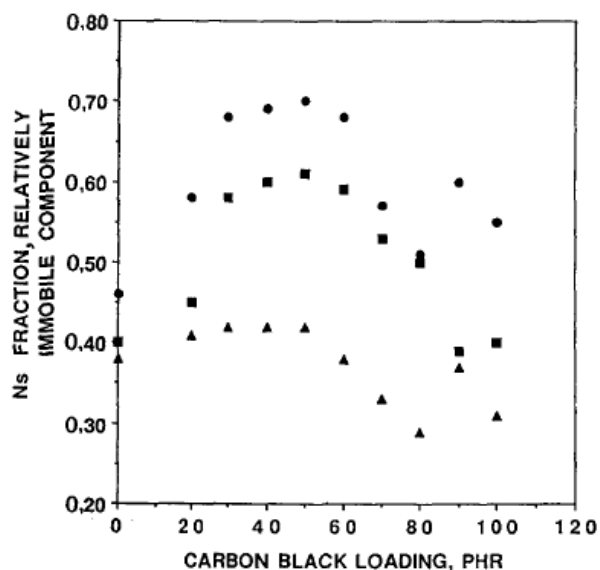
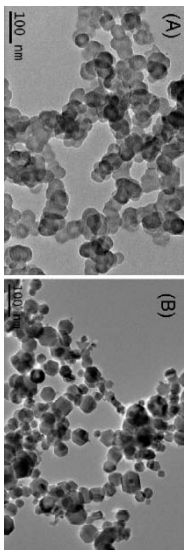
Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.3. Matériaux polymères et effets de mode ('fashion victims'?) – Exemples

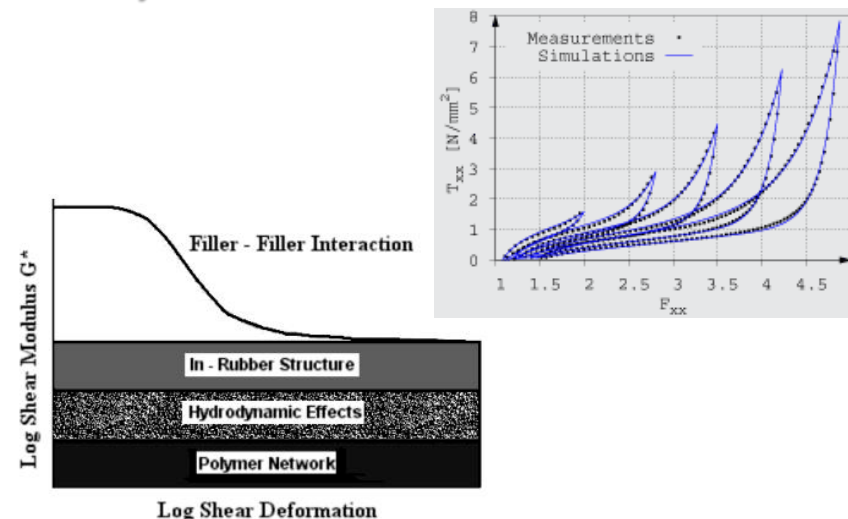
Nanocomposites

Quelles nouvelles questions scientifiques pour approche matériaux par rapport à nanomatériaux largement développés (mais non dénommés nanomatériaux au préalable)? (*) alors que pour chimie in-situ, gestion des interactions interfaciales, processing, rhéologie, etc... nouvelles questions clairement générées par spécificités nanomatériaux)*

Polymère/
CB



High resolution solid-state n.m.r. investigation of the filler-rubber interaction: 1.- High speed 1H magic-angle spinning n.m.r. spectroscopy in carbon black filled styrene-butadiene rubber. N.K Dutta, et al., Polymer 1991



Hysteresis of rubbers loaded with carbon black. A. Payne, Nature, 1964

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

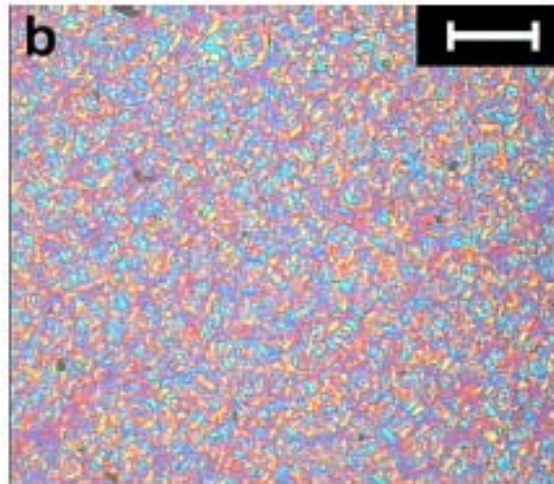
Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.3. Matériaux polymères et effets de mode ('fashion victims'?) - Exemples

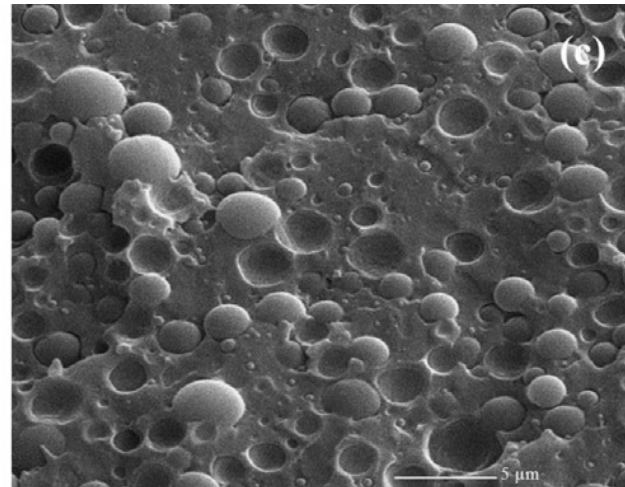
Biosourcés

Quelles nouvelles questions scientifiques (inclus méthodologies) pour approche matériaux par rapport autres types de polymères inclus systèmes multiphasés?*

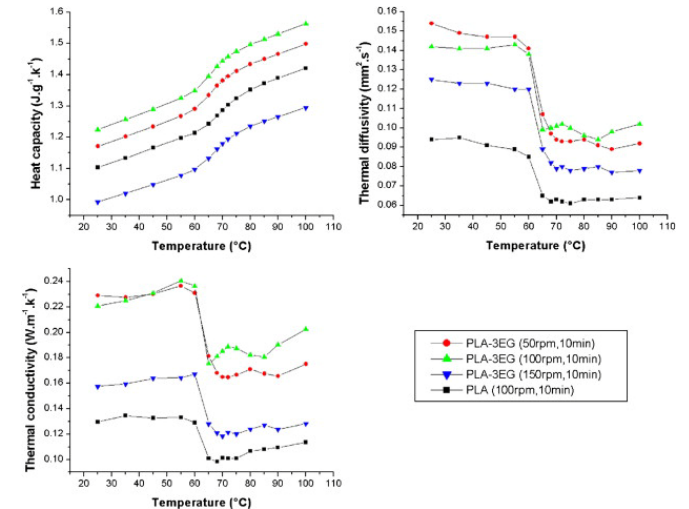
() alors que pour chimies, processing, etc... nouvelles questions clairement générées par spécificités)*



Morphology and functional properties of commercial polyhydroxyalkanoates: A comprehensive and comparative study. Y-M. Corre et al, Polym. Tst. 2012



Effect of chain extenders on thermal and mechanical properties of poly(lactic acid) at high processing temperatures: Potential application in PLA/Polyamide 6 blend Rattikarn Khankrua, Polym. Deg. Stab., 2014



Development of new approach based on Raman spectroscopy to study the dispersion of expanded graphite in poly(lactide). F. Hassounaa et al., Polym. Deg. Stab. 2011, Pages 2040–2047

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science matériaux polymères ces dernières années ?

5.4.- Travaux scientifiques guidés par vocation applicative et 'l'économie/écosystème' de la Recherche

- Acteurs industriels financeurs (tradition dans le domaine des matériaux)
- Aide au financements de la recherche liés à enjeux sociétaux voire création emplois – TRL -)
Recherche et logique appels à projets (France et EU)

ANR Blancs, Jeunes Chercheurs et Internationaux

ANR 'Matériaux & Procédés'

ANR Programmation 2014/2015 Défis

FCE/FUI

AMI ADEME

AAP FP7



Schéma National de la Recherche: 11 défis – Alliances

AAP H2020

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science
matériaux polymères ces dernières années ?

5.4.- Travaux scientifiques guidés par la demande technologique Nouveaux requis ayant guidé les recherches matériaux polymères

- Economie circulaire / analyse du cycle de vie
sourcing matériaux (biosourcés)
recyclage
analyse du cycle de vie/ LCE (en France, non considéré comme un champ de recherche)
- Sécurité (nanomatériaux)
- Normalisation dont REACH (pas encore complètement pris en compte)



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quelles évolutions majeures dans science
matériaux polymères ces dernières années ?

5.5.- SWOT sur les volets Recherche Matériaux Polymères

Principales observations :

a/ travaux scientifiques délaissant les démarches de compréhension

Faire des 'Relations structure-propriétés' plus à la mode comme champ de recherche ? ...

Facile d'accumuler des données

lié aussi à disponibilité d'outils de caractérisation de propriétés 'sur étagère' et automatisés

perte du sens physique, résultats (trop) nombreux non fouillés

développements méthodologiques expérimentaux très rares...

*Immédiateté introduite par la logique des appels à projets ? Démonstration (rapide) pour
obtention des financements ?*

**b/ orientation des équipes de recherche sur mêmes objets et champs de
recherche**

Conséquence des sources de financements identiques et dispersion/multiplication de ceux-ci ?

Risque de dilution des compétences disciplinaires ?



PLAN DE LA PRESENTATION

AVERTISSEMENT

1.- INTRODUCTION

2.- LES MATERIAUX POLYMERES: LES ACTEURS

3.- RETOUR SUR LA DEMARCHE 'MATERIAU' (POLYMERE)

4.- COMMENT VOYAIT-ON L'AVENIR DE LA RECHERCHE 'MATERIAU POLYMERE' ?

5.- QUELLES EVOLUTIONS MAJEURES CES DERNIERES ANNEES ?

**6.- QUELS DEFIS DOIVENT ETRE RELEVES POUR LES MATERIAUX POLYMERES ?
PROPOSITIONS PROSPECTIVES**

REFERENCES



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

Réflexions données suivant

6.1.- Volets de la démarche 'Matériau'

6.1.1.- Architecture / morphologie – microstructure

6.1.2.- Comportement physique/physico-chimique/chimique

6.1.3.- Loi de comportement – Modélisation

6.1.4.- Simulation

6.2.- Domaines spécifiquement identifiés (réflexions personnelles)

6.3.- Défis liés à des réponses aux grands enjeux sociétaux



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.- Par champ disciplinaire de la démarche 'Matériau'

Nécessité de prendre en compte chacun des volets et inter-relations/interdisciplinarité

- Architecture / morphologie – microstructure
- Comportement physique/physico-chimique/chimique
- Loi de comportement – Modélisation
- Simulation

En volume, en surface et aux interfaces

*Préservation des compétences disciplinaires ! (ne pas seulement céder aux modes)
Ne pas refaire ce d'autres communauté on fait sur les polymères par non connaissance des
objets de recherche d'autres communautés –qui travaillent souvent sur des matériaux
polymères)*



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.1.- Caractérisation architecture / morphologie – microstructure (à différentes échelles spatiales et temporelles)

Matériaux polymères demandant spécifiquement

- **Rôle de(s) échelle(s) sur comportements physiques**
Nanomatériaux/nanocomposites, hybrides O/I, ...
- **Polymères supramoléculaires**
Dynamique(s) moléculaire(s) et propriétés macroscopiques
- **Matériaux polymères à gradient (échelles nano, micro, macro)
et structures hiérarchiques (spaciales et temporelles)**
- **Matériaux hybrides**



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.1.- Caractérisation architecture / morphologie – microstructure (à différentes échelles spatiales)

Comportements physiques demandant spécifiquement

- **Effets liés au confinement sur comportement**

Mobilités moléculaires, cristallisation

- **Auto-réparation**

- **Réponses stimuli**

- **Energy recovery**

Polymères et comportement piézo, PV, etc

liens avec architecture et microstructure



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.1.- Caractérisation architecture / morphologie – microstructure à différentes échelles ⇒ à toutes échelles et relations entre échelles

- *Méthodes permettant compréhension des processus de génération des structures (lien avec processing)*
- *Méthodes de caractérisation échelle moléculaire (interactions, conformations, hétérogénéités, etc) pour les relier à l'échelle micro et comportement macroscopique*
- *Mapping / Visualisation structures depuis échelle nm (y compris en cours génération)*
- *Rationalisation des méthodes expérimentales / round-robin tests*

Développements de méthodes:

Multi-scale

Real time, non-destructif, in-situ

Imagerie(s) par couplages méthodes dont microscopies électroniques –
analogie imageries médicales (IRM+US+RX)



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.2.- Caractérisation comportement physique/physico-chimique/chimique à différentes échelles

Couplage sollicitation(s) et in-situ

- La plupart des méthodes actuelles analyses quasi-statiques alors que matériaux polymères souvent issus de procédés sont hors-équilibre (particulièrement quand multi-composants)
- Caractérisations dans différents environnements (ceux-ci conditionnant les comportements physiques)
- Développement de méthodes de caractérisation simples en ligne
Spectroscopies, optiques, diffusion de lumière(s)
⇒ *Agile manufacturing*



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.3.- Loi de comportement – Modélisation

- ***Structures cristallines et polymères***
Génération et états d'équilibres et hors équilibre
Modélisation des phénomènes et des structures
- ***Comportements physiques et modélisation des lois de comportement en relation avec la structure à différentes échelles***
Rôle de l'échelle spatiale et temporelle sur comportement
Rôle des défauts et hétérogénéités
Mécanique des polymères
Phénomènes de relaxation à l'état solide



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.3.- Simulation et simulation multi-échelles / théorie

- *Avancées dans domaine computational modeling des structures polymères hétérogènes (toutes échelles et passage d'échelles – multiscale -) et compréhension rôle hiérarchique*
- *Simulation de systèmes polymères hors-équilibre*
- *Simulation des systèmes polymères chargés électriquement*
 - Transport électronique – ionique pour compréhension mécanismes dans dispositifs (batteries, fuel cells)
- *Calculs de mécanique quantique pour systèmes désordonnés conformationnellement / polymères*



What would the properties of the materials be if we could arrange atoms precisely as we want them ?
R. Feynman 'There's plenty of room at the bottom', Engngn. Sci., 22-36 (1960)

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

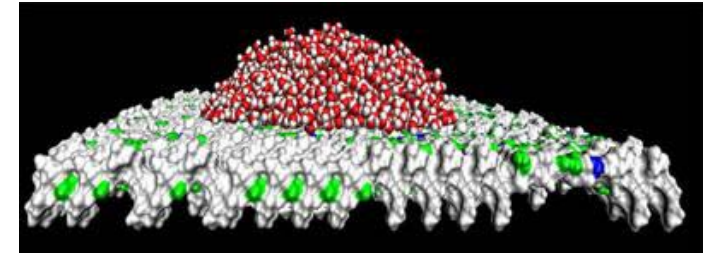
6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

6.1.3.- Simulation et simulation multi-échelles / théorie

- *Compréhension par simulation des concepts et phénomènes liés au caractère hiérarchique*
 - . Retour à conception et méthodes d'assemblage / processing à différentes échelles
 - . Retour à expérience



What would the properties of the materials be if we could arrange atoms precisely as we want them ?
R. Feynman 'There's plenty of room at the bottom', Engngn. Sci., 22-36 (1960)

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment intégrer l'approche pluridisciplinaire inhérente à la science des matériaux polymères ?

6.1.- Quel(s) environnement(s) pour la recherche 'matériaux' (polymères) ?

Lieux d'interdisciplinarité (réunissant disciplines)

- Laboratoires
- Plateformes
- Groupements de Recherche

Formation

- à l'interdisciplinarité
- à la participation à des approches pluridisciplinaires (voir plus loin)



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

Réflexions données suivant

6.1.- Volets de la démarche 'Matériau'

6.2.- Domaines spécifiquement identifiés (réflexions personnelles)

6.2.1.- Matériaux polymères issus de 'nouveaux' procédés d'élaboration mise en forme

6.2.2.- Comportement physique/physico-chimique/chimique

6.2.3.- Loi de comportement – Modélisation

6.2.4.- Simulation

6.2.5.- Approches haut-débit pour la caractérisation comportements physique/physico-chimique/chimique à différentes échelles

6.2.6.- Matériaux polymères et sécurité

6.3.- Défis liés à des réponses aux grands enjeux sociétaux

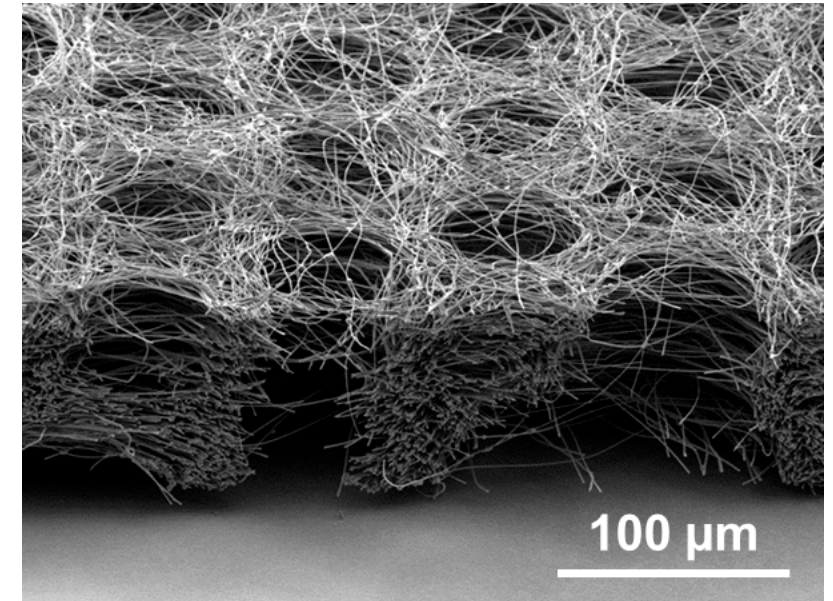
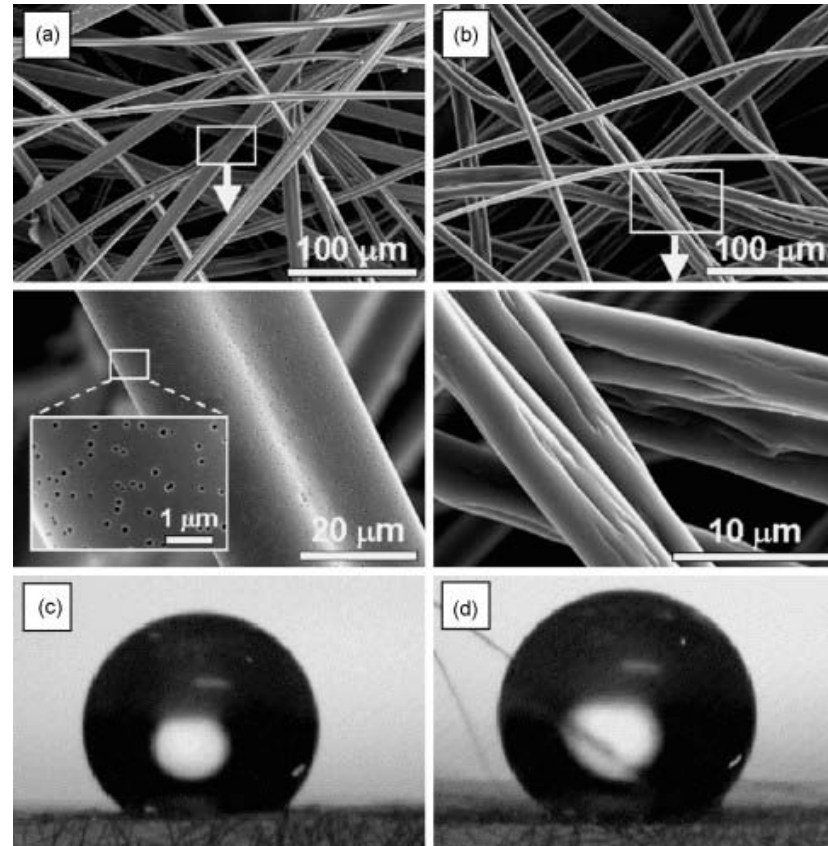


6.2.1.- Prise en compte dans démarche Matériau du procédé d'élaboration et de mise en forme – design devices

- Electrospinning

Preparation of super-hydrophobic polystyrene membranes by electrospinning

M. Kang et al. Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 313–314, 2008, 441



Structuration 2D et 3D de nanofibres par électrospinning pour l'ingénierie tissulaire

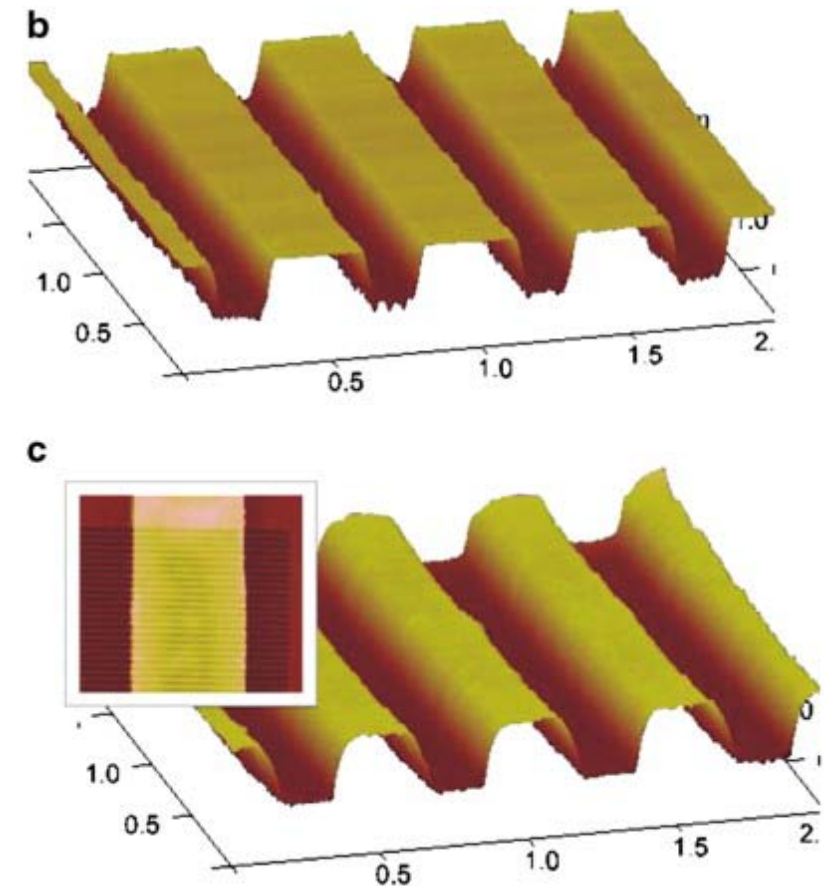
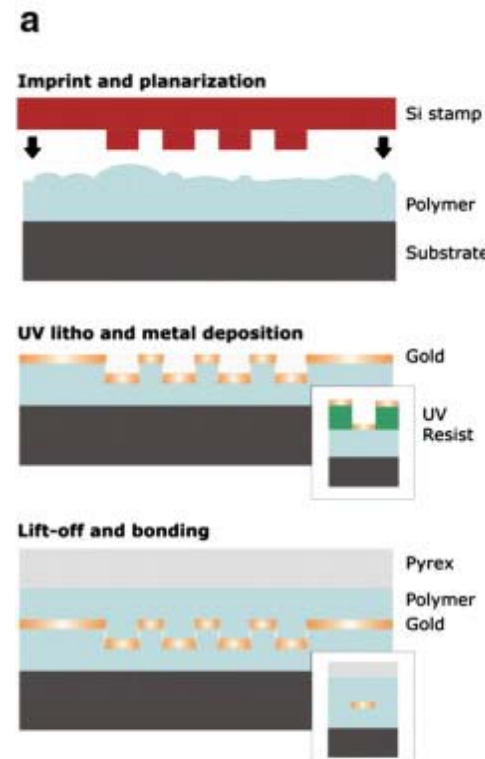
A. Hébraud et al. ICPEES UMR CNRS 7515
Colloque GFP 2014, Nov. 2014

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.1.- Prise en compte dans démarche Matériau du procédé d'élaboration et de mise en forme – design devices

- Nanofabrication / patterning

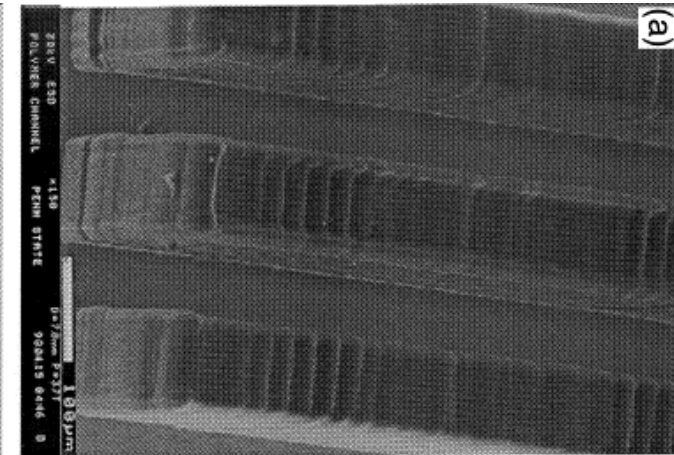
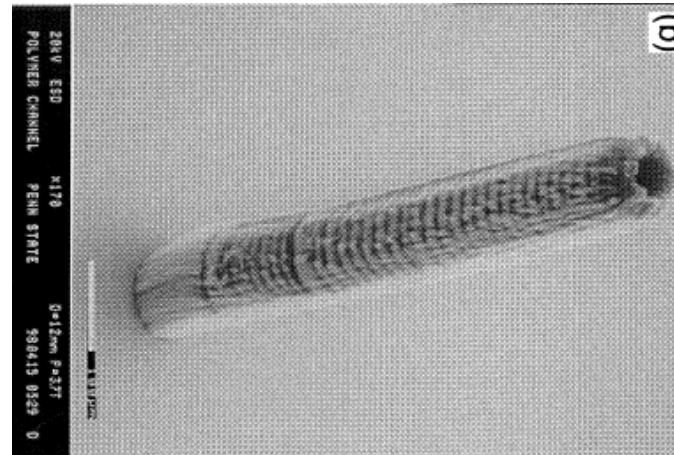
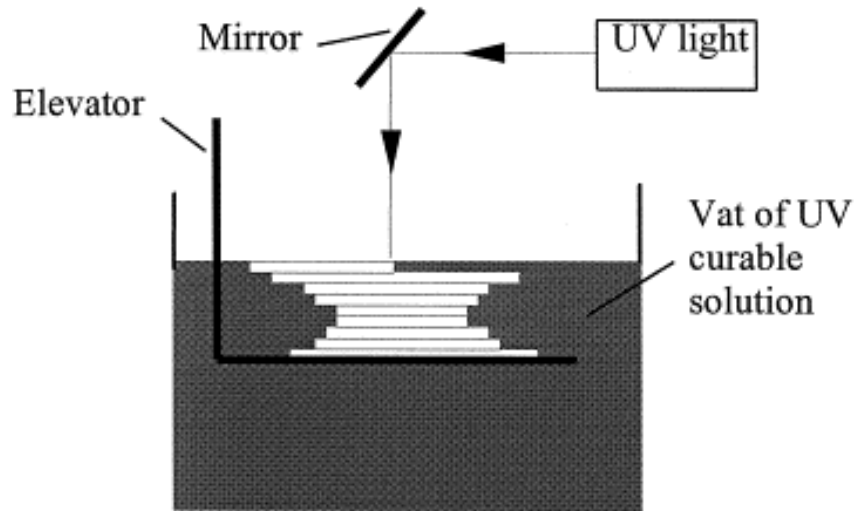


Advances in top-down and bottom-up surface nanofabrication: Techniques, applications & future prospects.

A. Biswas et al., Advances in Colloid and Interface Science
Volume 170, Issues 1–2, 15 January 2012, Pages 2–27

6.2.1.- Matériaux polymères issus de 'nouveaux' procédés d'élaboration mise en forme

- 3D printing (stéréolithographie réactive ou sur poudres, dépôt ruban, ...)



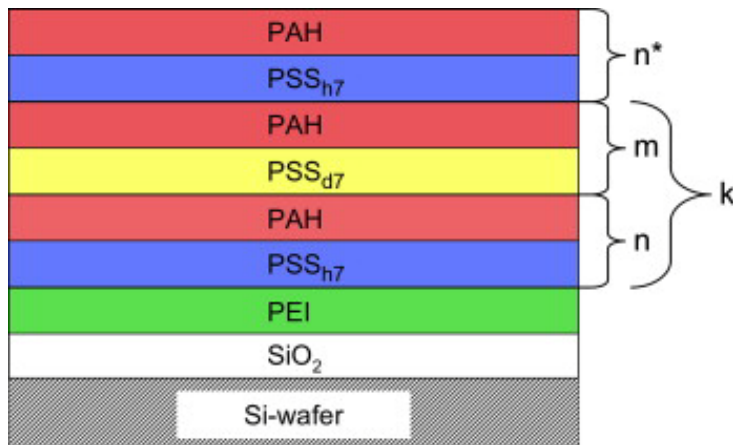
Micro-stereolithography of polymeric and ceramic microstructures

X. Zhang et al, Sensors and Actuators A: Physical
Volume 77, Issue 2, 12 October 1999, Pages 149–156

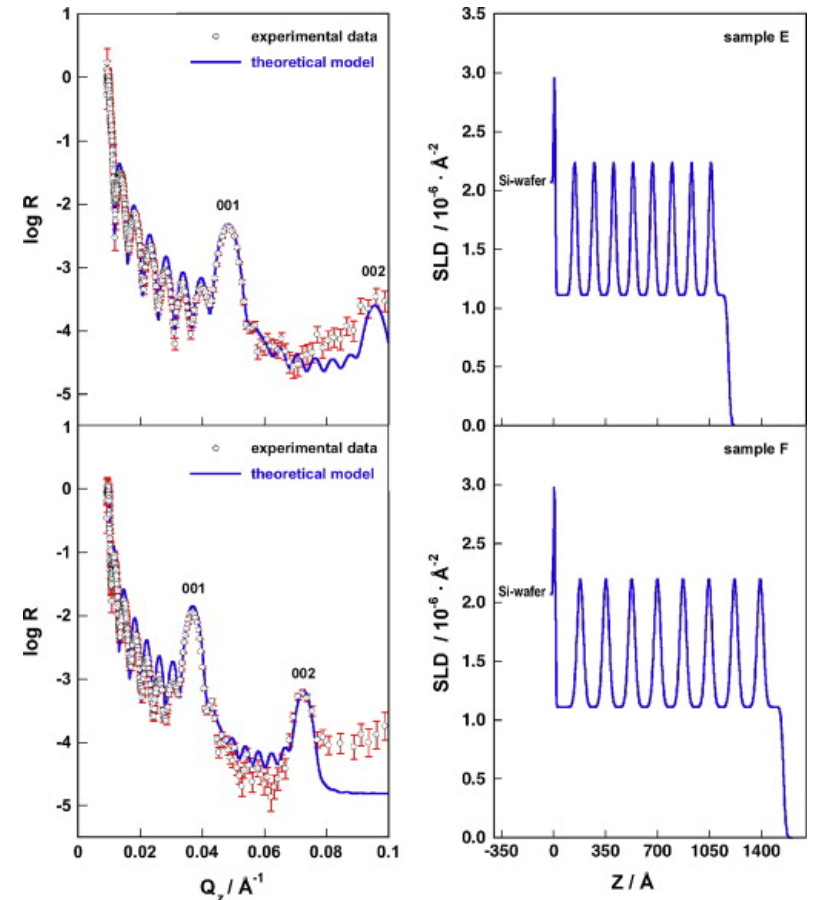
High aspect ratio micropolymer parts fabricated by multiple layer μ SL of HDDA with the layer thickness of $20\text{ }\mu\text{m}$: (a) microchannels with $100\text{ }\mu\text{m}$ in width and $300\text{ }\mu\text{m}$ in height; (b) a microtube with inner diameter of $50\text{ }\mu\text{m}$ and height of $800\text{ }\mu\text{m}$.

6.2.1.- Matériaux polymères issus de 'nouveaux' procédés d'élaboration mise en forme

- LbL deposition



Are sprayed LbL-films stratified? A first assessment of the nanostructure of spray-assembled multilayers by neutron reflectometry. G. Decher et al. C. R. Chimie 12 (2009) 225-234



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.2.- Interfaces et surfaces matériaux polymères

- **Interfaces inhérentes à matériaux polymères** (souvent multiphasés)
confinement
interphases: composition, gradients
- **Méthodes de caractérisation multi-échelles**
Réflectivité neutrons/RX, NEXAFS, NEXAFS depth profiling, scanning probes, ...
Microscopies électroniques et 'échantillonnage' (FIB)
Observation des interfaces et leur rôle sur comportement in-situ
- **Rôle des environnements sur les interfaces**
- **Self-healing aux interfaces**
- **Simulation**

Mélanges de polymères
Polymères nanostructurés
Composites
Nanocomposites
Hybides O/I
Layered polymers

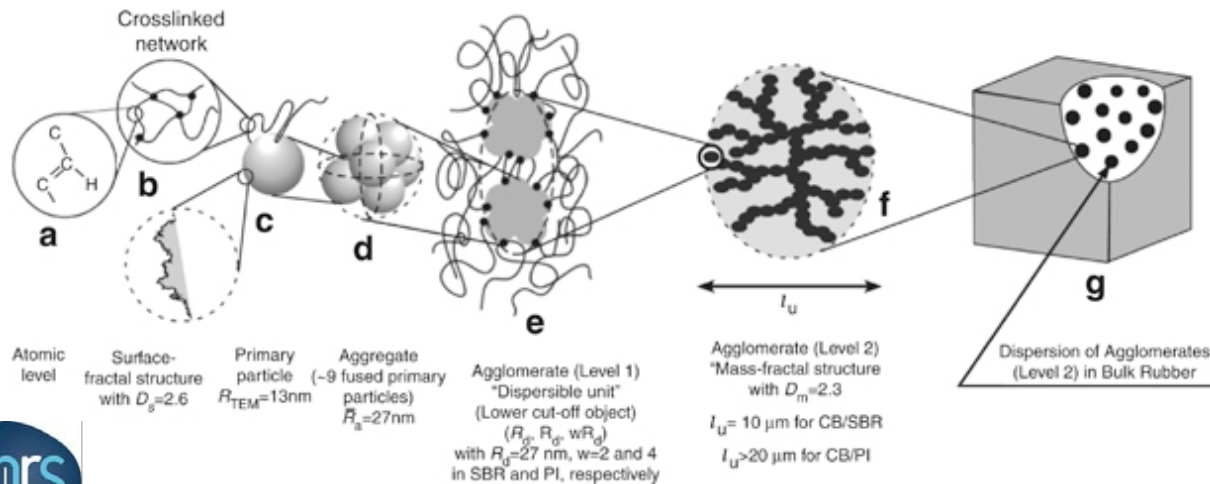


Combined Small-Angle Scattering for Characterization of Hierarchically Structured Polymer Systems over Nano-to-Micron Meter. T. Hashimoto, S. Koizumi, Polymer Science: A Comprehensive Reference 2012, Pages 381–398

6.2.2.- Interfaces et surfaces matériaux polymères

- Méthodes de caractérisation multi-échelles

Réflectivité neutrons/RX, NEXAFS, NEXAFS depth profiling, scanning probes



Analysis of structures of rubber-filler systems with combined scattering methods. M. Takenaka. Polymer Journal 2012

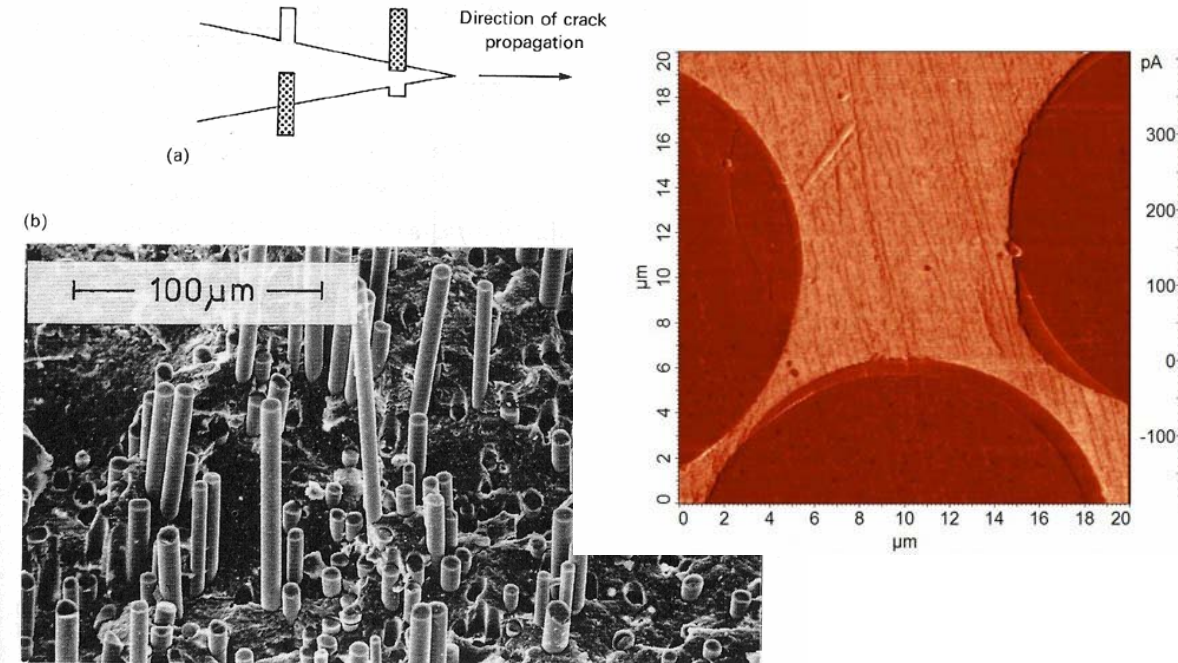


Figure 11.20 Pull-out: (a) schematic diagram; (b) fracture surface of 'Silceram' glass-ceramic reinforced with SiC fibres. (Courtesy H. S. Kim, P. S. Rogers and R. D. Rawlings.)

The glass fiber-polymer matrix interface/interphase characterized by nanoscale imaging techniques. V. Cech et al., Composites Science and Technology,, 2013

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.3.- Matériaux polymères en lien avec sciences de la vie (pas seulement vivant)

Bio-inspiration dans architectures/microstructures et comportements

- Etude et transposition mécanismes d'auto-assemblage qui conduisent à propriétés des matériaux naturels
- Rôle des interfaces dans les systèmes naturels
- Intégration dans compréhension complexité des systèmes naturels dont vivant

Rôle et transposition des interactions et leur coordination rencontrées dans

Systèmes à hautes performances : os, peau, toile araignée

Systèmes biologiques spécifiques: anticorps, récepteurs

Energy harvesting: photosynthèse



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.3.- Matériaux polymères en lien avec sciences de la vie

Bio-inspiration dans architectures/microstructures et comportements

Extension à matériaux dits 'intelligents' et multifonctionnels

- Architectures à gradient
- Réponse(s) à stimuli
- Auto-réparation



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

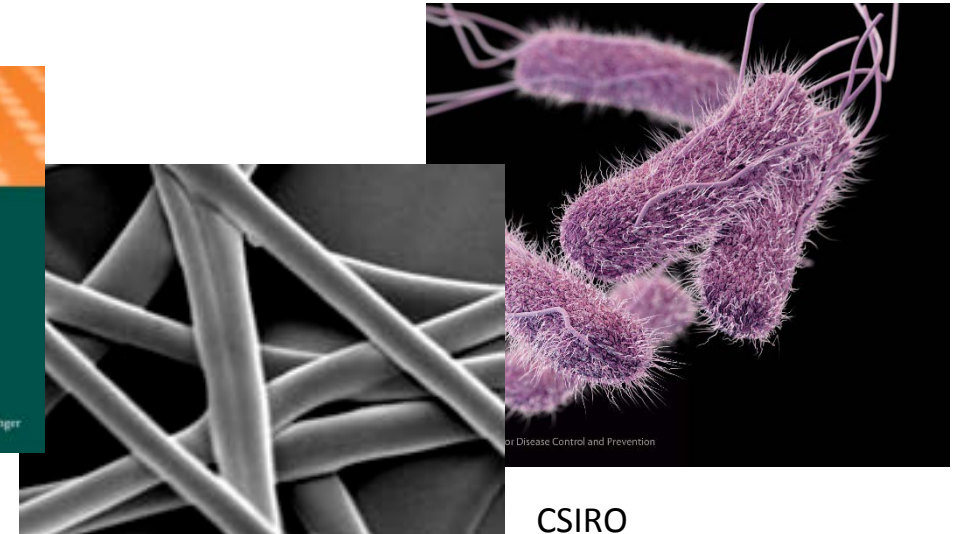
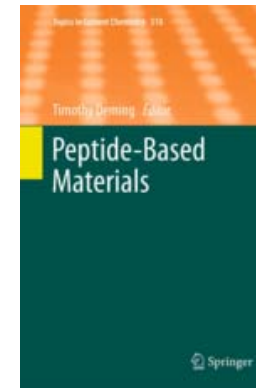
6.2.3.- Matériaux polymères en lien avec sciences de la vie

Matériaux polymères et biologie de synthèse

- Polypeptides

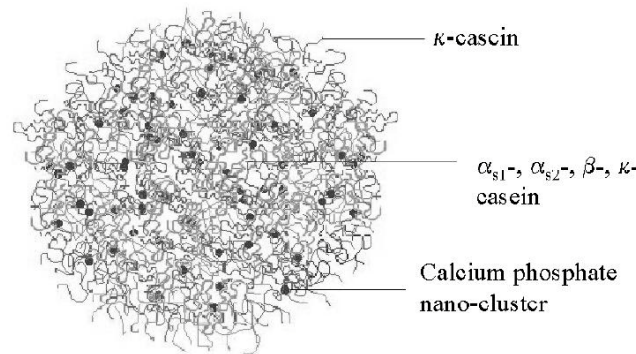
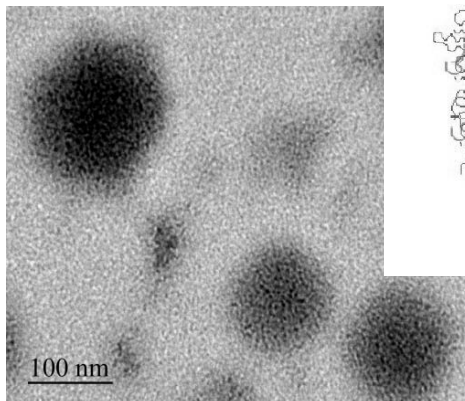
Exemple: version synthétique de la soie obtenue à partir de la réingénierie du système de sécrétion de la bactérie *Salmonella thiphimurium*. *The Royal Academy of Engineering « Synthetic Biology : scope, applications and implications », 2009*

- Protéines



CSIRO
Industrial biotechnology
and biomaterials

Engineering the *Salmonella* type III secretion system to export spider silk monomers. D.M. Widmaier, Molecular Biology. Mol. Synth. Biology. 2009



Holt, 1992.

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.4.- Recherche matériaux polymères & numérique

depuis calculs ab-initio à solutions numériques d'équations constitutives macroscopiques

- Avancées dans domaine computational modeling des structures polymères hétérogènes (toutes échelles et passage d'échelles – multiscale -)(rappel défis disciplinaires)
- Utilisation des moyens/outils de la cyberinfrastructure:
 - . Large-scale massive simulations
 - . Data mining
 - . Data sharing
 - . Algorithmes développés dans d'autres domaines (biologie systémique)
 - . Standardisation / datasets



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE 'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES PASSEES

5. EVOLUTIONS MAJEURES

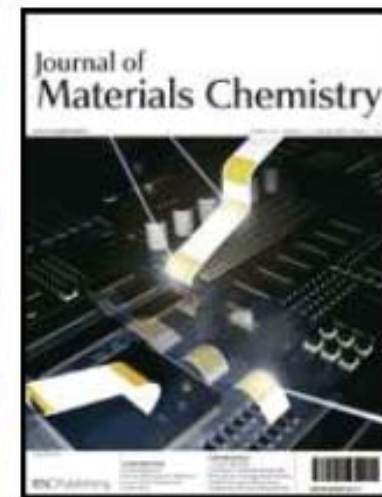
6. PROPOSITIONS PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.5.- Approches haut-débit pour la caractérisation comportements physique/physico-chimique/chimique à différentes échelles

Highthroughput characterizations



- * A current perspective on high throughput polymer science, J.C. Meredith, Journal of Materials Science, 35 (2003) 4427
- * Combinatorial approaches to materials discovery, E.W. McFarland, W. H. Weinberg (SYMIX Co.), TIBTECH, Vol 17 (1999) 107
- * High throughput materials research and development: A growing effort at NIST, J.D. Hewes, L.A. Bendersky, Applied Surface Science, 189 (2002) 196-204
- * Instrumentation for Combinatorial and High-Throughput Polymer Research: A Short Overview, S. Schmatloch, M.A.R. Meier, U.S. Schubert, Macromol. Rapid Commun. 2003, 24, 33-46
- * Techniques and instrumentation for combinatorial and high-throughput polymer research: Recent developments, S. Schmatloch, U.S. Schubert, Macromolecular Rapid Communications, 2004, 25(1), 69-76
- * Combinatorial Material Mechanics: High-Throughput Polymer Synthesis and Nanomechanical Screening, C. A. Tweedie, D. G. Anderson, R. Langer, K. J. Van Vliet, 2005, 17(21), 2599-2604

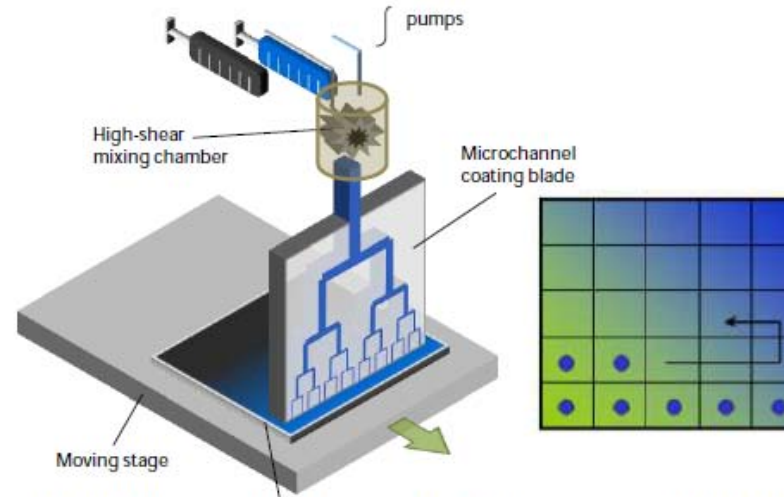
RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

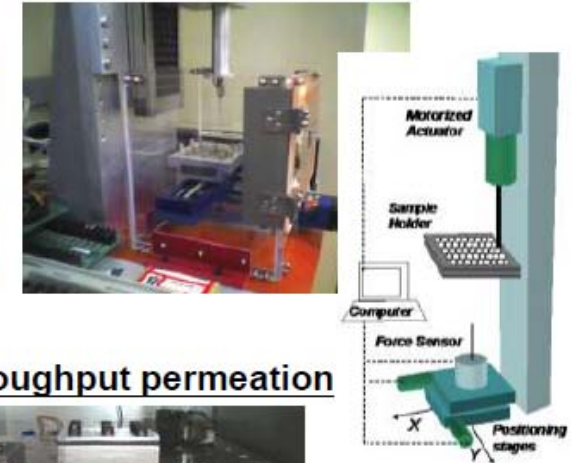
6.2.5.- Approches haut-débit pour la caractérisation comportements physique/physico-chimique/chimique à différentes échelles

Highthroughput characterizations

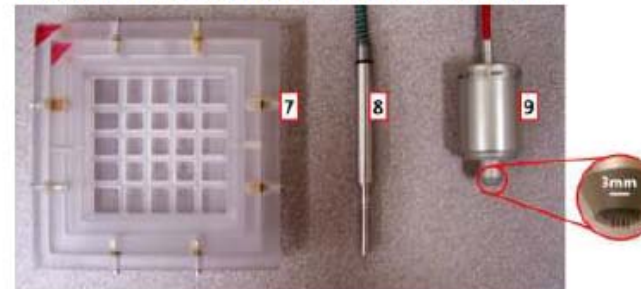
Gradient-based library preparation



High-throughput mechanical characterization (HTMECH)



High-throughput conductivity



High-throughput permeation



* *High-throughput solubility measurements of polymer libraries in* 2005, 15, 456-459

* *Depth-sensing Indentation and High-Throughput Experimentation on Polymers and Elastomers*, PhD Technische Universiteit Eindhoven, J.M. Kranenburg (2009)

* *High-throughput screening of ionic conductivity in polymer membranes*, P. Zapata, P. Basak, J.C. Meredith, *Electrochimica Acta* 54 (2009) 3899–3909

* *High throughput screening for rapid development of membranes and membrane processes*, Pieter Vandezande, Lieven E.M. Gevers, J.S. Paul, I F.J. Vankelecom*, P. A. Jacobs, *Journal of Membrane Science* 250 (2005) 305–310

* *New high-throughput methods of investigating polymer electrolytes*, H.J. Alcock, O.C. White, G. Jegelevicius, M.R. Roberts, J.R. Owen, *Journal of Power*

1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis à relever ?

6.2.6.- Matériaux polymères et sécurité

- *Collaborations entre polyméristes (chimistes et material scientists) avec biologistes et médecins sur toxicologie des matériaux polymères*



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Quels défis (disciplinaires) à relever ?

Réflexions données suivant

6.1.- Volets de la démarche 'Matériau'

6.2.- Domaines spécifiquement identifiés (réflexions personnelles)

6.3.- Défis liés à des réponses aux grands enjeux sociétaux

6.3.1.- *Matériaux polymères et énergie*

6.3.2.- *Matériaux polymères et santé globale*

6.3.3.- *Matériaux polymères et environnement*

6.3.4.- *Matériaux polymères et transport/mobilités*

6.3.5.- *Matériaux polymères et STIC*



Quels espaces et défis à relever pour la Recherche Matériau Polymère ?

Défis Matériaux Polymères et Enjeux Sociétaux

6.3.- De réels paradigmes scientifiques / nouvelles approches issues des grands enjeux sociétaux ?

Penser global / intégrer la complexité /

S'intégrer dans une démarche pluridisciplinaire sur les bases de sa discipline

- Materials by design / multifonctionnalité
 - Intégration inter-disciplinarité entre chimistes, processing, materials scientists et 'users'
 - Démarche conception
- Analyse du cycle de vie
 - Développement analyse (LCE) / Inputs pertinents
 - LCE: un objet de recherche ?
- Use/Re-use
 - mise en situation/intégration dans devices
 - Jusqu'où aller à l'échelle laboratoire?
 - réparabilité/recyclage/devenir
 - Intégrer recyclabilité/réparabilité dans approche de conception
 - vieillessement
- Sécurité / toxicologie
 - Comment pour les polyméristes (matériaux) contribuer à ce champ de recherche ?



RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Comment développer des approches pertinentes 'Matériau Polymère' répondant à des enjeux sociétaux?

Quel cadre pour approches pertinentes 'Matériaux Polymères' répondant à des enjeux Sociétaux ?

⇒ *Nécessité de lieux de pluridisciplinarité (et non dilution des disciplines)*

- *Plateformes ... à l'image des Fraunhofer allemands*

Image recherche dite fondamentale pour la production de connaissances vs.
recherche mal nommée appliquée en réalité à vocation applicative

Matériau au cœur de cette opposition

- *Lieux de création/innovation à imaginer ... à l'image FabLabs*



1. INTRODUCTION

2. LES ACTEURS

3. DEMARCHE
'MATERIAU'

4. PROSPECTIVES
PASSEES

5. EVOLUTIONS
MAJEURES

6. PROPOSITIONS
PROSPECTIVES

RECHERCHE & MATERIAUX POLYMERES

Formation (recherche) 'Matériau Polymère'?

- *Formation à l'interdisciplinarité et à la participation à des approches pluridisciplinaires*
- *Formation à l'innovation des chercheurs*
 - . Innovation pour la création de produits issus de la recherche matériaux polymère
 - . Innovation dans les processus de recherche



**Transparents à compléter
après les exposés et tables-ronde
ANF Polymères**

