

Mise en Forme des Matériaux Polymères

Polymer Processing

Philippe Cassagnau



Que dit Internet?

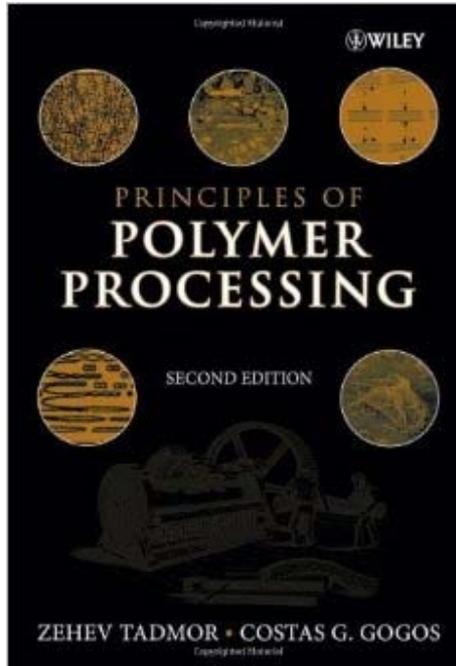
- Compression
- Compression / transfert
- Injection
- Moulage au contact
- Projection simultanée
- Injection basse pression
- Enroulement filamentaire
- Coulée de mousse
- Injection de mousse

Matières thermodurcissables

- Injection
- Extrusion
- Soufflage
- Calandrage
- Thermoformage
- Rotomoulage
- Compression
- Expansion
- Coulée
- Chaudronnerie plastique

Matières thermoplastiques

<http://mediamef.utt.fr>



Mise en forme des polymères: Approche thermomécanique de la plasturgie

ANTEC, the plastic conference



International Conference of the Polymer Processing Society



Que dit Web of Science?

Polymer Processing

1-USA

2-Chine

3-Allemagne

4-Japon

5-France

1-PRES Lyon
2-CEA
3-Paris VI
4-Univ Grenoble
5-Univ Strasbourg

Polymer AND Reactive Processing

1-USA

2-Chine

3-Allemagne

4-France

5-Japon

1-PRES Lyon
2-Univ Lorraine
3-CEA
4-Univ Nantes Angers Le Mans
5-Univ Montpellier

Polymer AND Composites

1-USA

2-Chine

3-Inde

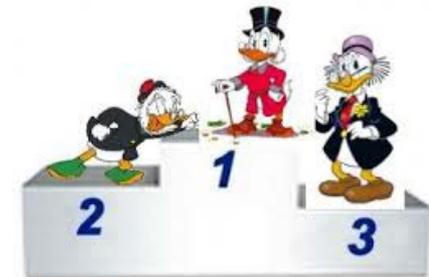
4-Japon

5-Corée du Sud

6-Angleterre

7-France

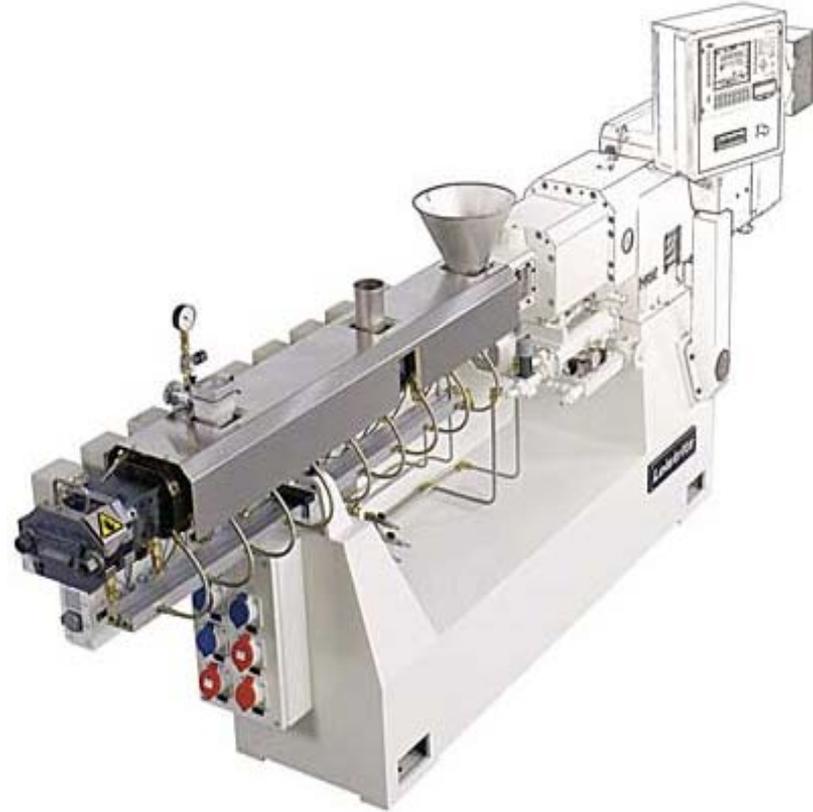
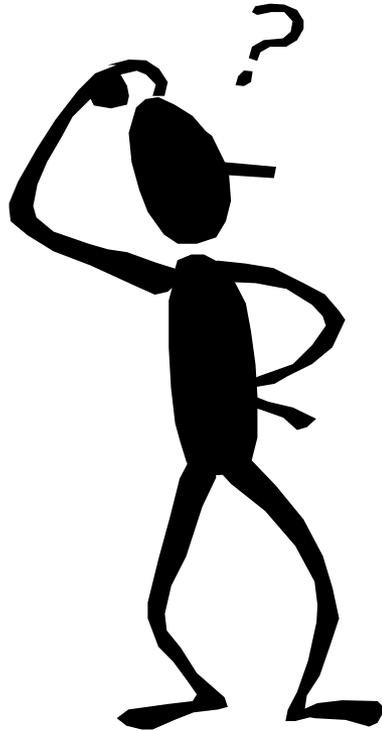
1-PRES Lyon
2-Univ Grenoble
3-Univ Nantes Angers Le Mans
4-Univ Européenne Bretagne
5-PRES Toulouse



Quel est le facteur d'impact des journaux? **<3** (Ciel mon facteur H!)

Que dit le CNRS?

En 2002: *Mais comment fait-on une publication scientifique avec un tel bidule?*



En 2014: *Un exposé «processing» pour l'ANF polymère serait judicieux*

On va bientôt parler de TRL !

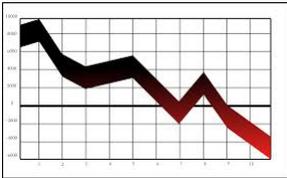
Que disent les industriels?

L'industrie des plastiques est menacée en Europe

Marché sans croissance ou en déclin

Coût de l'énergie élevé (par rapport aux US par exemple)

Innovation dans des procédés plus économes en énergie

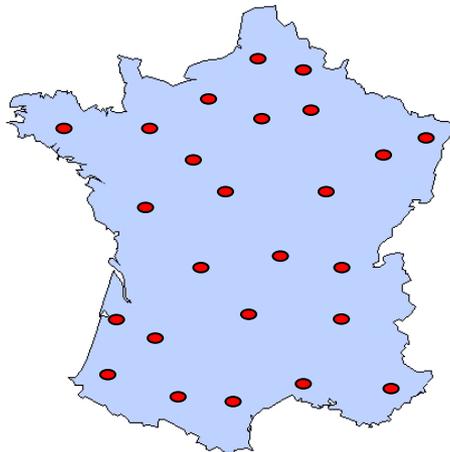


La recherche française est excellente....

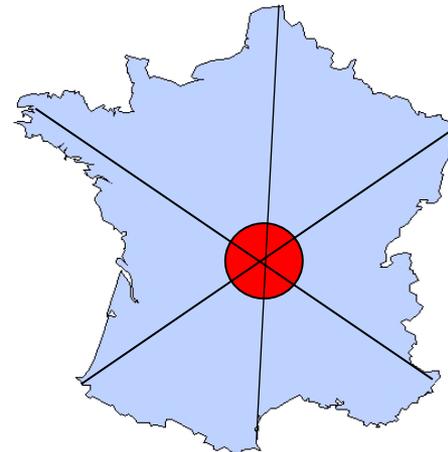
.....mais nous ne savons pas où la trouver !

Un trop grand éclatement des compétences dans l'hexagone

Nécessité d'une plus grande lisibilité, visibilité, réactivité et flexibilité



Avant l'ANF



Après l'ANF ?

Que fait-on en Europe?

Grands pôles identifiés



<http://www.ipfdd.de>

proplast

PLASTICS
INNOVATION POLE

<http://www.proplast.it>



<http://www.iap.fraunhofer.de>

Existe t-il des structures équivalentes en France?

Les recherches dans le domaine de la mise en œuvre réactive

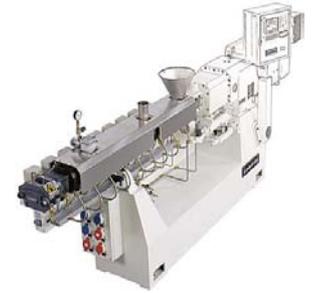
En langage académique: Chimie dans les écoulements laminaires de haute viscosité



En 1990: 3 laboratoires équipés d'extrudeuses bi-vis
(Strasbourg, Lyon-St Etienne, Sophia Antipolis)

2013/2014: vente d'extrudeuse bi-vis
Labo académique: ~ 8
Sites industriels : ~ 50

Source confidentielle



Mais les verrous scientifiques n'ont pas réellement changé!

◆ Chimie sélective dans des conditions extrêmes de température

Pas de nouvelles chimies mais chimies dans des conditions non usuelles

◆ Mélange et dispersion des charges

Une réelle avancée depuis les années 2000 avec les nanocomposites

◆ Polymère bio-sourcés et polymère naturels

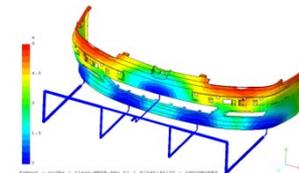
Pas de rupture conceptuelle mais des spécificités

(rem: L'extrusion de l'amidon est proche de celle du PVC!)



Faible effort en modélisation/simulation

Un impératif absolu



Forte évolution technologique des équipements



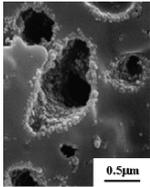
Quels sont les enjeux scientifiques pour les 10 prochaines années?

Polymer processing H2024

Que disait-on en 1994 pour 2004?

Que disait-on en 2004 pour 2014?

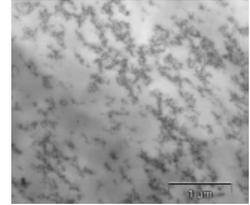
Le vocabulaire a considérablement changé.....



Mélange de polymères ⇒ Mélanges nanostructurés

Polymères chargés ⇒ Nanocomposites

Composites ⇒ Composites pour l'allègement des structures



.....les matériaux aussi

Mais toujours extrusion (co-extrusion), injection (co-injection), etc...

De nouveaux concepts et de nouvelles réalités:

Développement durable, Economie circulaire, Recyclage

Transition énergétique: Stockage de l'énergie,

Allègement des structures, etc....

Procédés propres, intensification des procédés

BIO (biosourcé, biodégradable, etc...)

Chimie et croissance Verte, etc...



Une réalité:



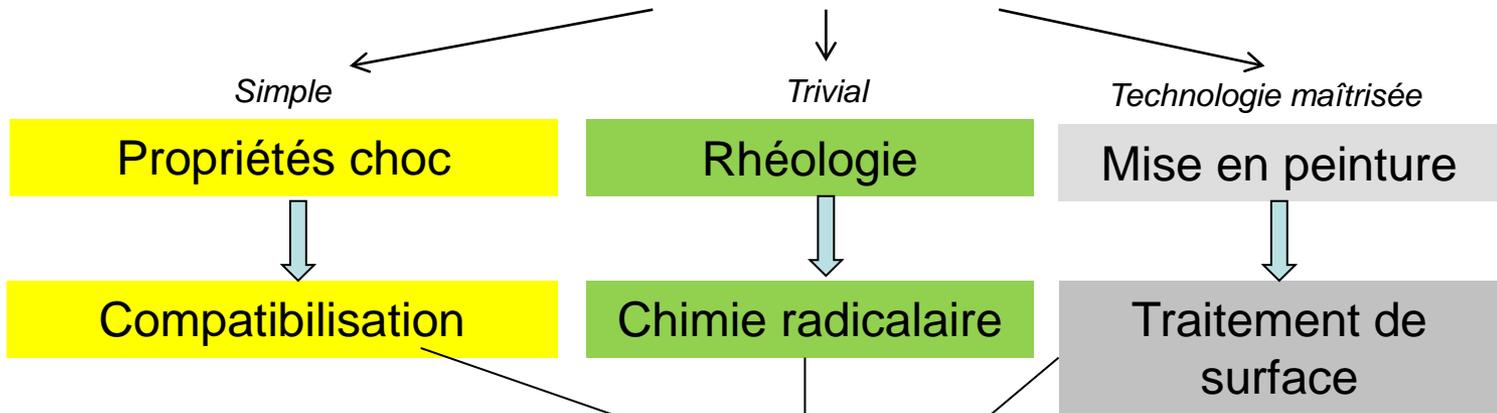
Registration, Evaluation and
Authorisation of Chemicals

De nouvelles structures

Pôles de compétitivité, ANR, FUI (et bien-sûr l'AERES!)

Défis à relever: 1-Intégrer la complexité formulation/procédés/matériaux/coût

Un parechoc issu de polymères recyclés (recyclage iso-fonction)
3 points simples du cahier des charges

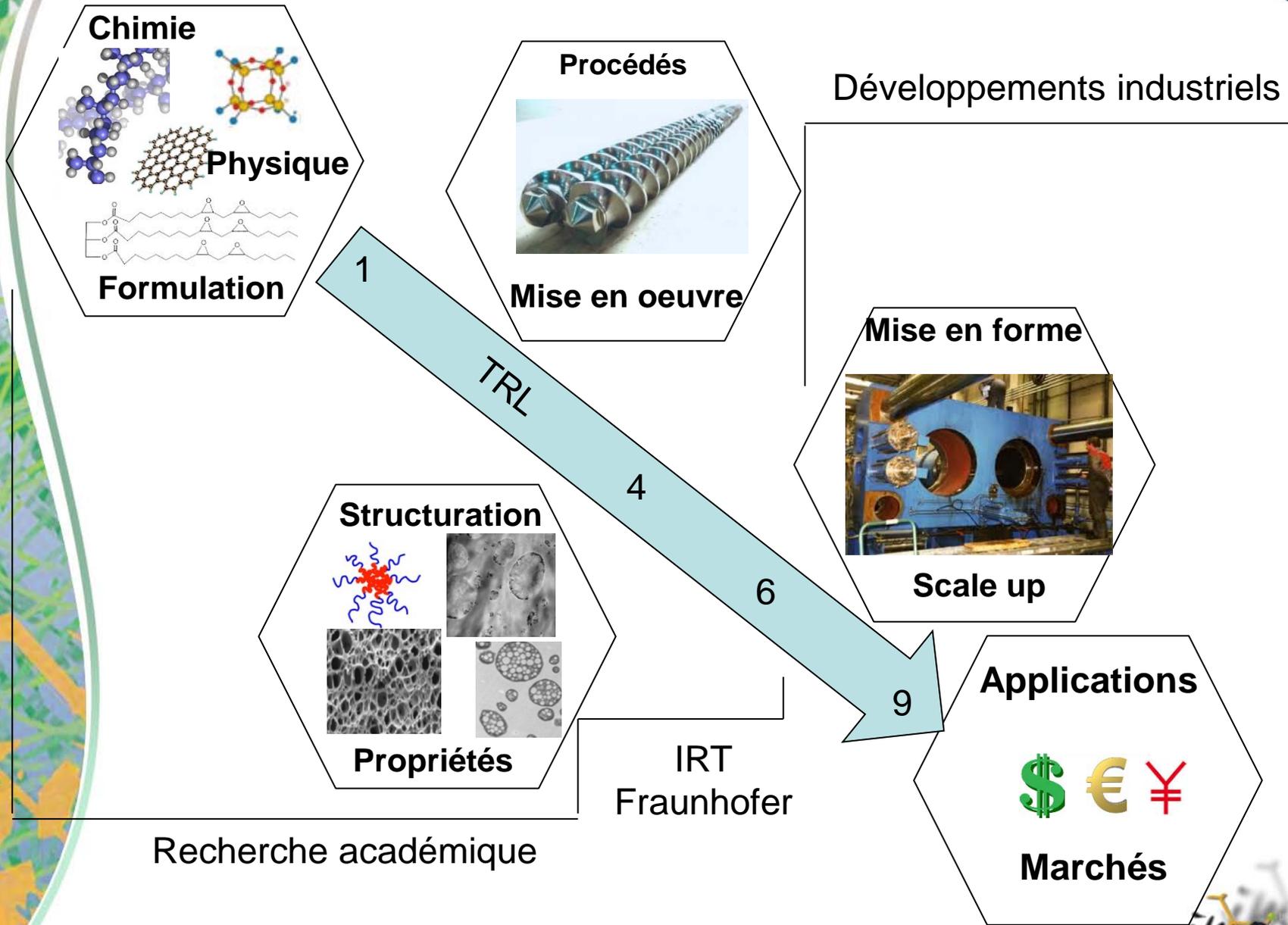


Grande complexité
3 brevets, 0 publications
Six ans de R&D



Mais le prix de pétrole a chuté et donc le parechoc recyclé n'est plus économiquement rentable

Défis à relever: 2-Intégrer l'ensemble de la chaîne de valeur



Défis à relever: 3-Une rupture dans la formulation

Réduction de la consommation énergétique de 30% d'ici 2030
Répondre à la transition énergétique et allègement des structures

Transport: Diminution de la masse d'une pièce tout en ayant des propriétés mécaniques égales voire améliorées

Pourquoi la viscosité est-elle si importante?



Injection: Pièces d'épaisseurs plus faibles et donc diminution de l'énergie consommée pour la mise en œuvre et mise en forme

L'injection d'un pare choc automobile requiert un moule de 18 tonnes. Avec une viscosité 1000 fois plus faible le moule ne ferait plus que 2 tonnes

Composites: Mais pourquoi s'acharne t-on à toujours vouloir polymériser? (un gouffre énergétique, un coût élevé, REACH compatible?)



L'avenir est dans les polymères thermoplastiques de faible viscosité

R Agnaou, M Capelot, S Tencé-Girault, F Tournilhac, L Leibler

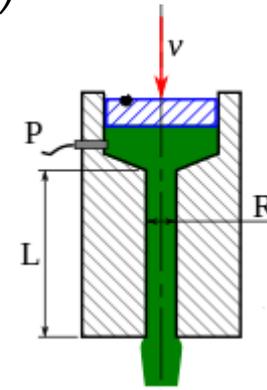
Supramolecular Thermoplastic with 0.5 Pa-s Melt Viscosity

JACS, 2014, 136, 11268–11271

Très prospectif et il n'existe pas de solutions universelles

Beaucoup d'intuitions et de modélisations a posteriori

(Le processing est souvent absent ou du moins les contraintes (ou vitesses de déformations) sont dans des ordres de grandeur 1000 fois plus faibles que celles rencontrées dans les procédés usuels)



Linéaire ou quasi-linéaire
Une vie de chercheur

Non-linéaire, un impératif absolu
La vraie vie!

Outils de simulation indispensables:

Après la CAO, la MAO (Morphologie Assistée par Ordinateur)?

⇒ «Designer» la morphologie idéale

⇒ Elaboration de cette morphologie

Mise en forme du matériau pour le vendre à des milliers voire des millions d'exemplaires

Défis à relever: 5-Les changements d'échelle Un défi technologique uniquement?

Des millions d'Euros d'investissement en R&D!

Des développements sur 5-10 ans



10g



10kg

Peut-on dépenser moins et gagner du temps?
Surement avec l'aide de la modélisation et simulation



10 tonnes

Défis à relever: 6-Les nouveaux outils de mise en forme

Technologies couplées

Surmoulage par exemple

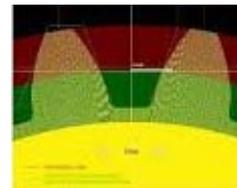
Polymère/métal, polymère/polymère, polymère/X)

Plastiques intelligents (La plastronique)

Etc.....



Bien-sûr l'impression 3D (fabrication additive)



Rêvons par exemple d'un pignon d'engrenage constitué de céramique, de métal et de polymère élaboré par une seule machine 3D

Vers le home factory?

DON'T WORRY BE POLYMER PROCESSING

