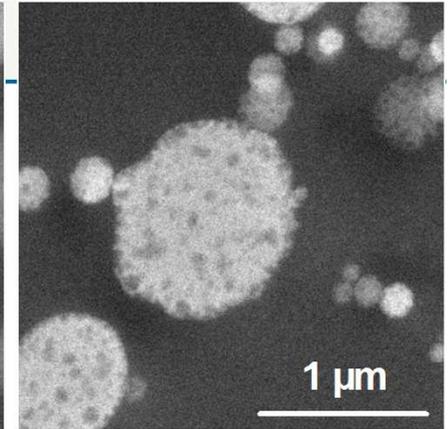
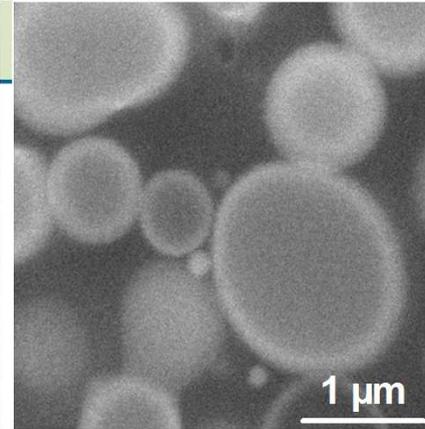
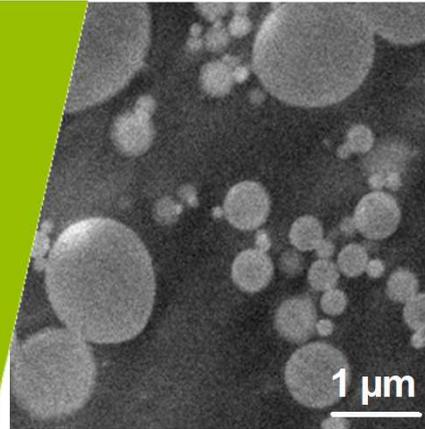


RECHERCHE

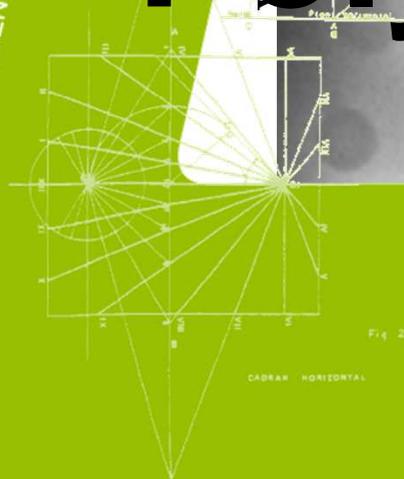
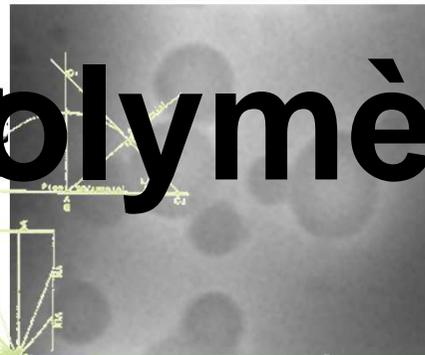
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON



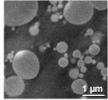
membre de  
UNIVERSITÉ DE LYON



# Polymères, Verres Matériaux hétérogènes



**INSA** INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
LYON



## Présentation Générale

Section:  
CNU: 28  
CNRS: 9, 11

*L'équipe (au 1/1/2015):*

○ *8 enseignants chercheurs et chercheurs permanents  
+ 1 prof. émérite*

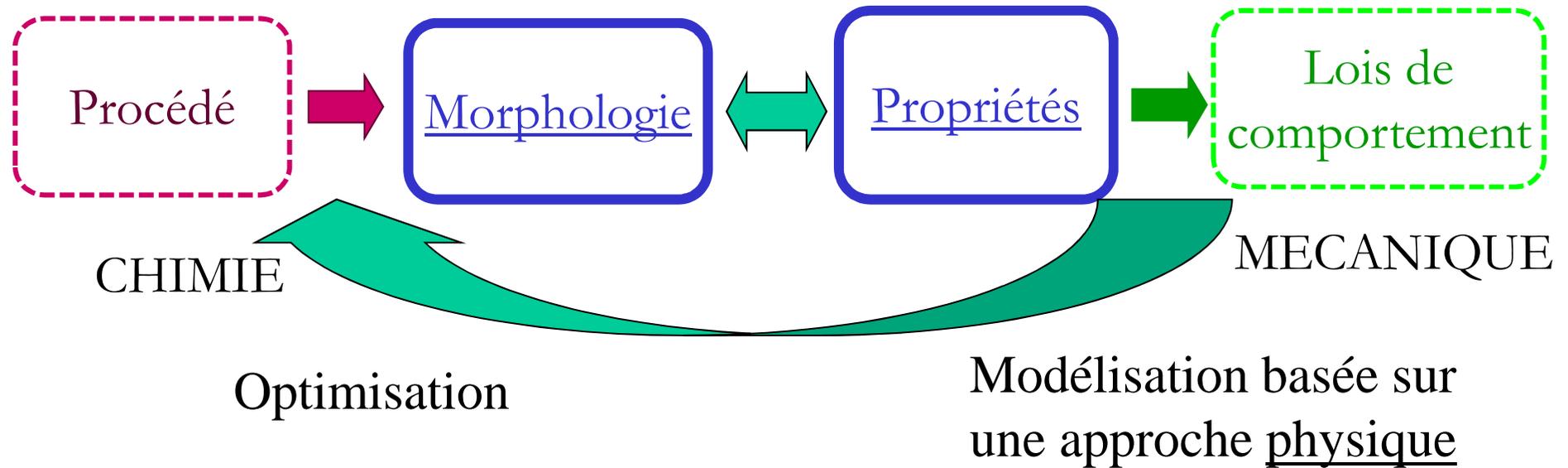
*(1+2 Pr, 1 Dr, 1+ 3 MdC)*

*1 secrétaire (1/2), 1/2 + 1/2 techniciens*

○ *>6 doctorants, >2 post-docs, + Masters*

○ *17 Thèses soutenues (+4 codirections >50%) entre 2009-2014*

## *Positionnement scientifique du Groupe PVMH*



- Comprendre les relations entre
- Elaboration et microstructures
  - Microstructures et comportement mécanique
  - Modifications microstructurales et sollicitations

**Matériaux:** Polymères amorphes et semi-cristallins, Matériaux (nano)composites, Verres métalliques, Matériaux méso-poreux

# Principales thématiques de recherche

*Recherche amont*

1 Mobilité moléculaire et comportement mécanique des matériaux amorphes

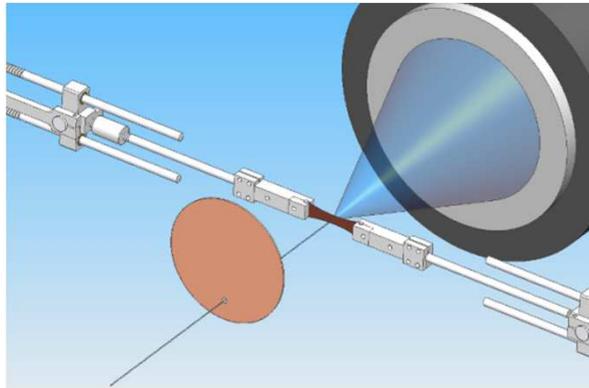
2 Architecture des élastomères et comportement mécanique

3 Mécanismes de déformation des polymères semi-cristallins

# Etude expérimentale et théorique de la cristallisation sous tension du *Polyisoprène naturel (NR)*

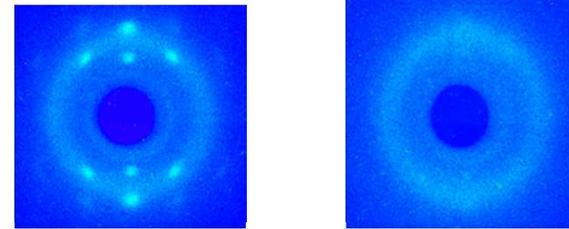
## 2 Elastomères

Etude WAXS in situ sous sollicitation dynamique (ESRF/Soleil)

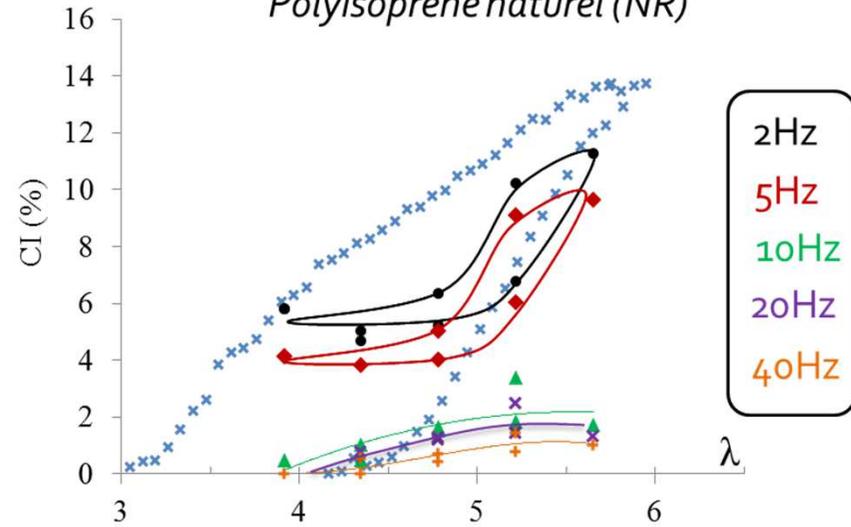


Thèse N. Candau (cifre Michelin)

→ Caractérisation et description théorique des effets de la vitesse, de la température, des paramètres matériaux



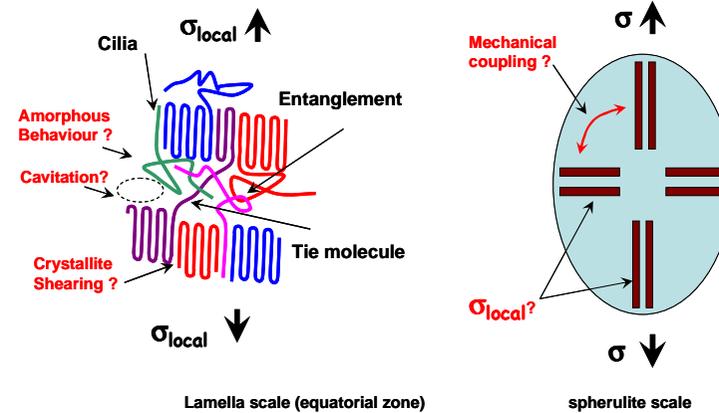
*Polyisoprène naturel (NR)*



[Candau et al. *Polymer* 2012, *Macromolecules* 2014]

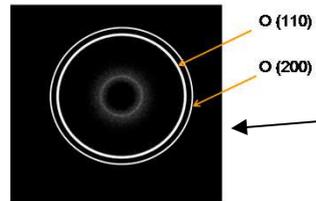
# 3 Mécanismes de déformation des polymères semi-cristallins

Lien entre la microstructure et les processus de déformation (plasticité, endommagement)?

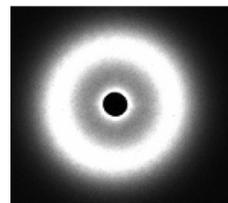


## Approche expérimentale

Essais in situ

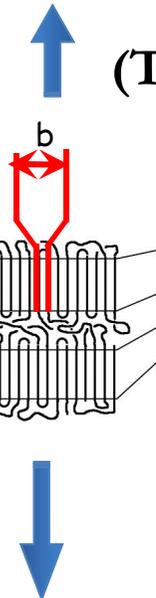


WAXS



SAXS

(Thèse S. Humbert)



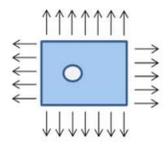
Cisaillement

Transformation Martensitique

Cavitation

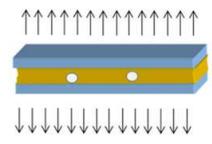


$\sigma_v^{cav}$



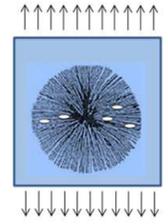
micro / meso

$\sigma_z^a$



meso/macro

$\sigma_{macro}^{cav}$



Faits marquants:

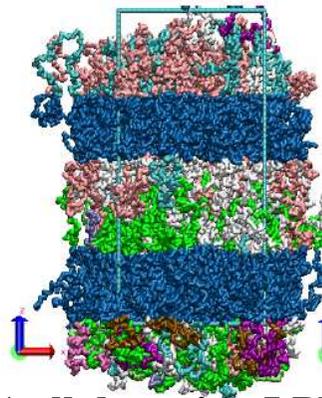
- Prédiction de la compétition cavitation/cisaillement
- Quantification du rôle des molécules lien

[Humbert et al. *Polymer* 2009, *JPS Pt B* 2010, *Macromolecules* 2010], *European Polym J.* 2012]

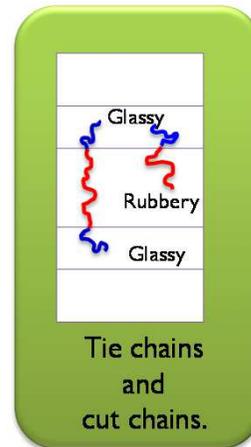
### 3 Semi-cristallins

## Etude par modélisation

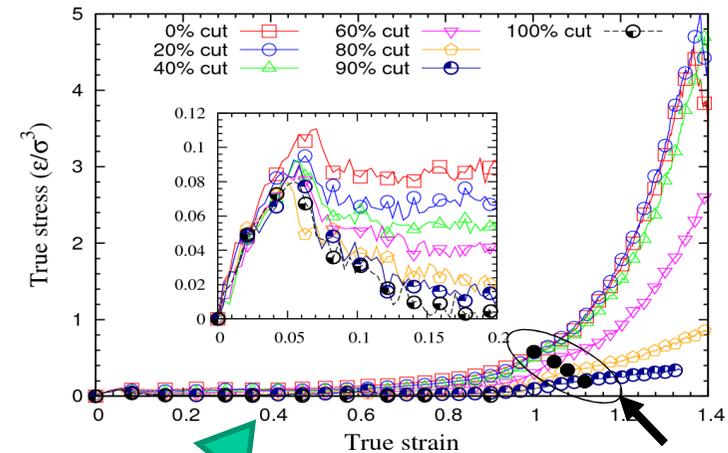
### Modélisation par dynamique moléculaire



(collaboration LPMCN-ILM)  
Activité transverse



### (Thèse A. Makke)

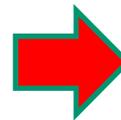


Glassy phase deformation

### Effet des molécules liens

### Faits marquants:

➤ Augmentation du nb des molécules liens



➤ Limite élastique

➤ Résistance à la cavitation

[Macke et al. J. Chem. Phys. 2009, Macromol. Theory Simul 2011, Macromolecules 2012, Proc.Nat.Acad Sci. 2012]

# Principales thématiques de recherche

*Recherche amont*

1 Mobilité moléculaire et comportement mécanique des matériaux amorphes

2 Architecture des élastomères et leur comportement mécanique

3 Mécanismes de déformation des polymères semi-cristallins

**Procédés innovants**

**Matériaux architecturés**

**Durabilité des matériaux**

*Thématiques transverses*

# Principales thématiques de recherche

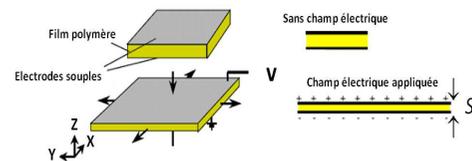
## Thématiques transverses

### Procédés innovants

- *Optimisation du frittage et autres procédés (CGV, SPS...), coldspray (POM, UHMWPE...)*

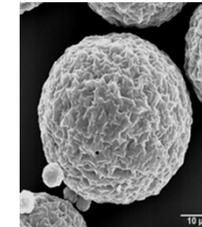
### Matériaux architecturés

- *Pour une réponse mécanique optimisée*
  - Nanocomposites (coll. C2P2, ICCF)
  - Polymères auto-associatifs (coll. UPMC PPMD)
  - Elastomères architecturés (coll. IMP)
  - Multimatériaux
- *Multifonctionnels : électrostrictifs, magnétostrictifs, membrane pour batterie (coll. ICG)*



### Durabilité des matériaux

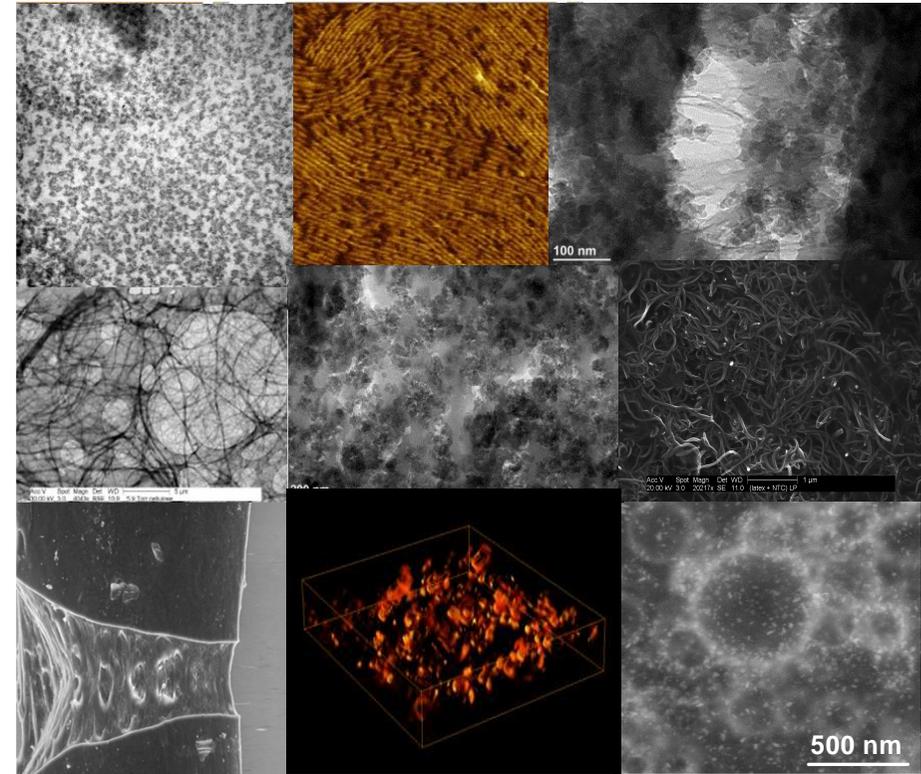
- *Dégradation d'élastomères chargés*
- *Matériaux biodégradables*



Développement constant des moyens de caractérisation microstructurale

→ *Activité transverse à MATEIS*

- Essais in situ sous déformation  
Ex: traction grande vitesse sous rayons X  
microscopie sous déformation...
- WET-STEM et STEM... [Faucheu et al.  
Langmuir 2009]



## Perspectives dans le domaine de la caractérisation :

- Développement de la tomographie électronique des matériaux polymères  
(thèse Yang Liu 2013-> F. Dalmas)
- Utilisation des nouveaux équipements (tomographe X, nouveau microscope)

# Conclusion

*Positionnement spécifique dans un environnement favorable aux polymères (ICL, GRPP, poles de comp. Axelera et Plastipolis...):*

Expériences originales → pour une identification mécanismes, intégration de la physique dans la modélisation des propriétés physiques et mécaniques

*Challenge* : progresser au niveau amont (thématiques scientifiques) sans négliger les thématiques transverses



*Perspectives*: lien modélisation par DM et expérience, développement des outils de caractérisation, multifonctionnalités et multimatériaux

## *Des thématiques en lien avec les problématiques industrielles (2009-2014)*

Nouveaux procédés:

- CETIM: 2 thèses soutenues

Comportement et durabilité des élastomères:

- Michelin: 2 thèses en cours, 2 soutenues en 2014,
- Nexans et EDF: 1 thèse soutenue, 1 thèse en cours

Comportement mécanique des semi-cristallins et de leurs composites:

- Rhodia: 1 thèse soutenue, 1 en cours
- Arkema: 1 thèse en cours
- + contrat court terme: Mecaplast, INEOS

Dissipation d'énergie:

- DGA et Astrium: 1 thèse soutenue, 1 thèse en cours
- Renault: 1 thèse en cours

## *Financements (2009-2014)*

### *Des financements industriels mais aussi:*

Europe : PI Napoleon

France : ANR (Thommi, SLIM, Supradhesion, Napoleco, polycoustic, SAMBA), CPR (Coppola), ADEME (Boreve), FUI (PVCLin, Hobbit), Institut Carnot I@Lyon (Polymems) , Cluster Macodev/Arc Energie (bourses de thèse)

## *Collaborations internationales (2009-2014)*

Université Tohoku Japon : « ELYT lab » : groupe PolymIrrad, groupe BulkMetGlass, groupe PolymCoatCavitation, Proactive Specialist Committee de Tohoku Hokkaido Cluster

USP Bresil (carnot Ardent)

Inde: Université du Kerala

Europe : Projet Intégré NAPOLEON

Chine: Université de Pekin, Université de Hong Kong.

USA: US navy Research