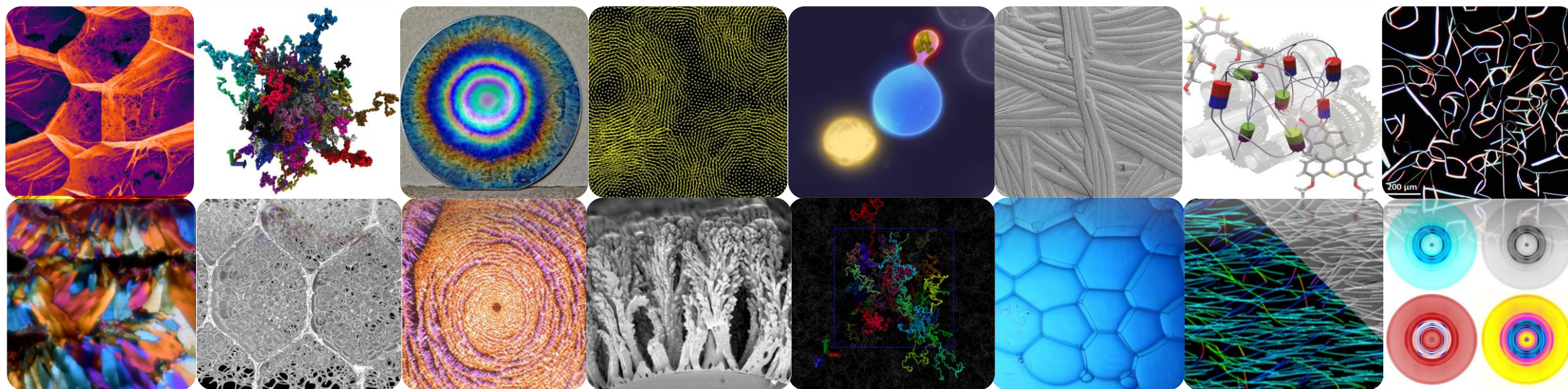


<https://www.ics-cnrs.unistra.fr/>

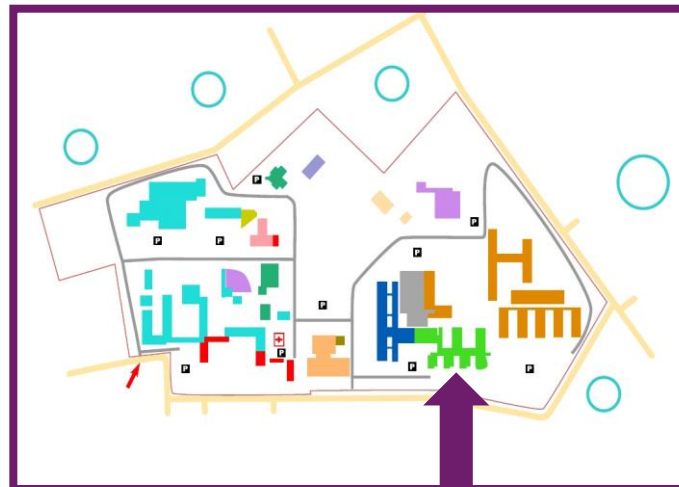
La physique de la matière molle et des systèmes complexes à l'Institut Charles Sadron



Wiebke Drenckhan

L'Institut Charles Sadron

<https://www.ics-cnrs.unistra.fr/>



- 55 chercheurs CNRS et enseignant-chercheurs (Unistra)
- 40 Ingénieurs & techniciens
- ~ 100 Postdocs, doctorants, stagiaires
- 7 équipes de recherche
- 5 Plateformes

Unité propre
du CNRS



Les tutelles

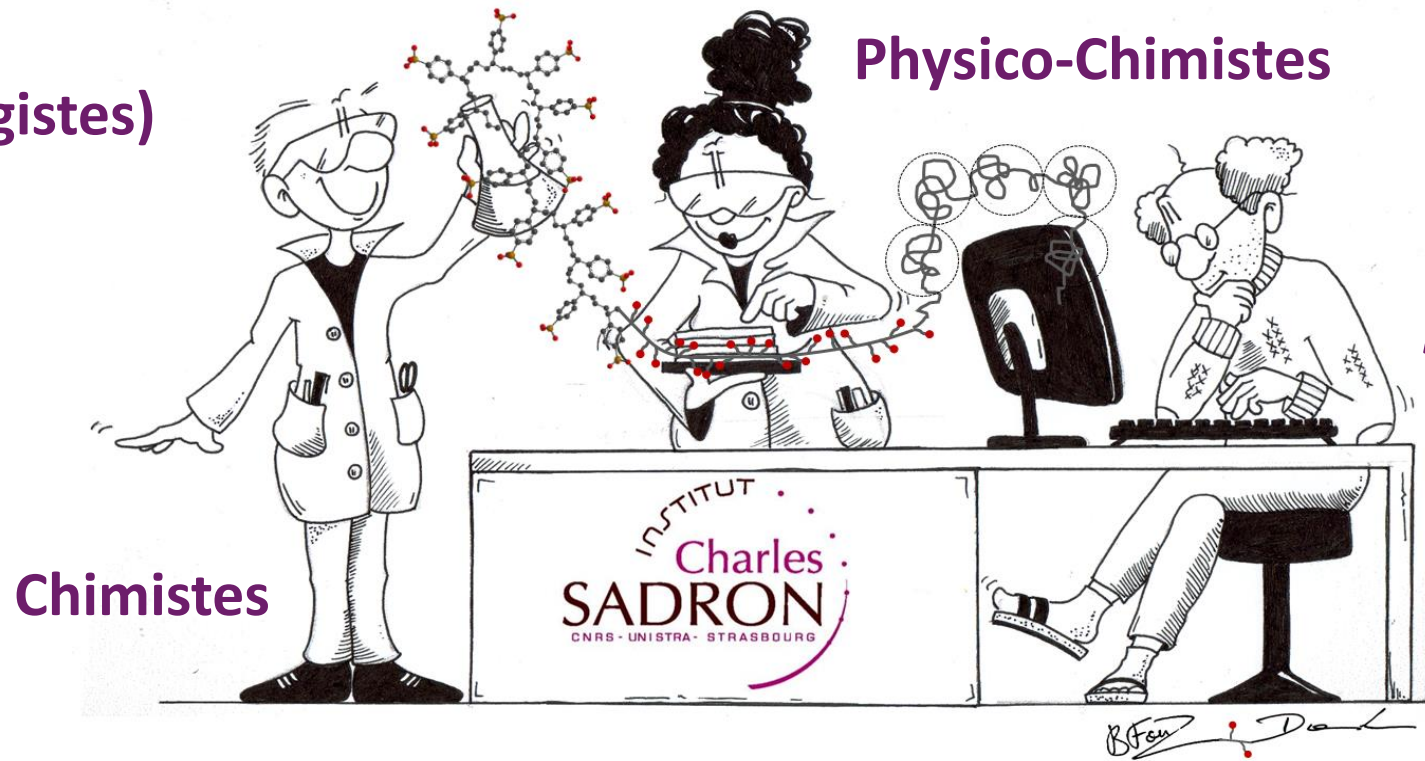


L'Institut Charles Sadron – une recherche interdisciplinaire

Matière molle et systèmes complexes autoassemblés

-> matière condensée aux propriétés physique surprenantes

(Biologistes)



Chimistes

Physico-Chimistes

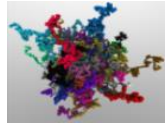
Physiciens

Ingénieurs

Enseignement



Les 7 équipes de l'Institut Charles Sadron



TSP

Théorie et Simulation des Polymères



MCUBE

Physique des Membranes et Matière Molle



MIM

Mécanique des Interfaces et Systèmes Muiltphasique



PECMAT

Polyélectrolytes, Complexes et Matériaux



SYCOMMOR

Systèmes Complexes Moléculaires et Macromoléculaires Organisés



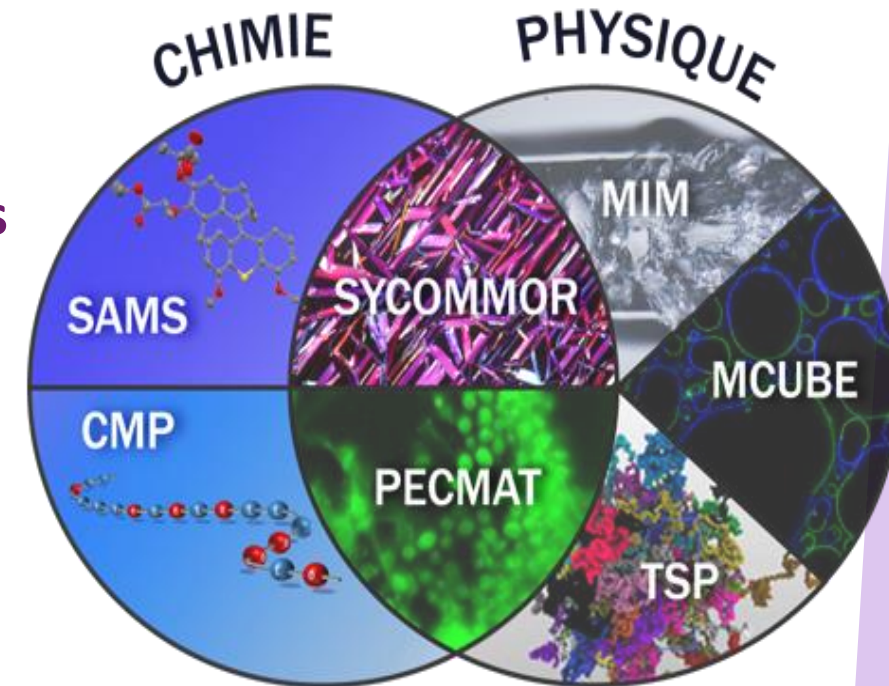
CMP

Chimie Macromoléculaire de Précision



SAMS

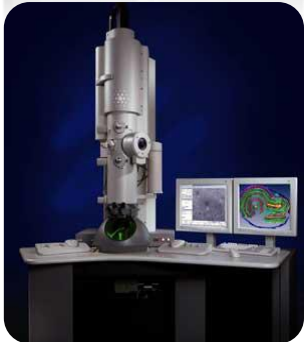
Synthèse et Auto-assemblage Moléculaires et Supramoléculaires



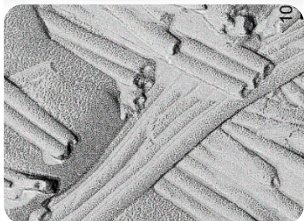
Les 5 plateformes de l'Institut Charles Sadron



- ❑ **CARMAC**
Caractérisation de polymères



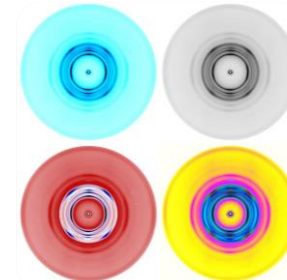
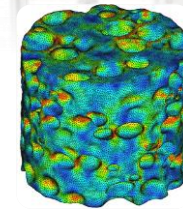
- ❑ **PLAMICS**
Microscopie électronique



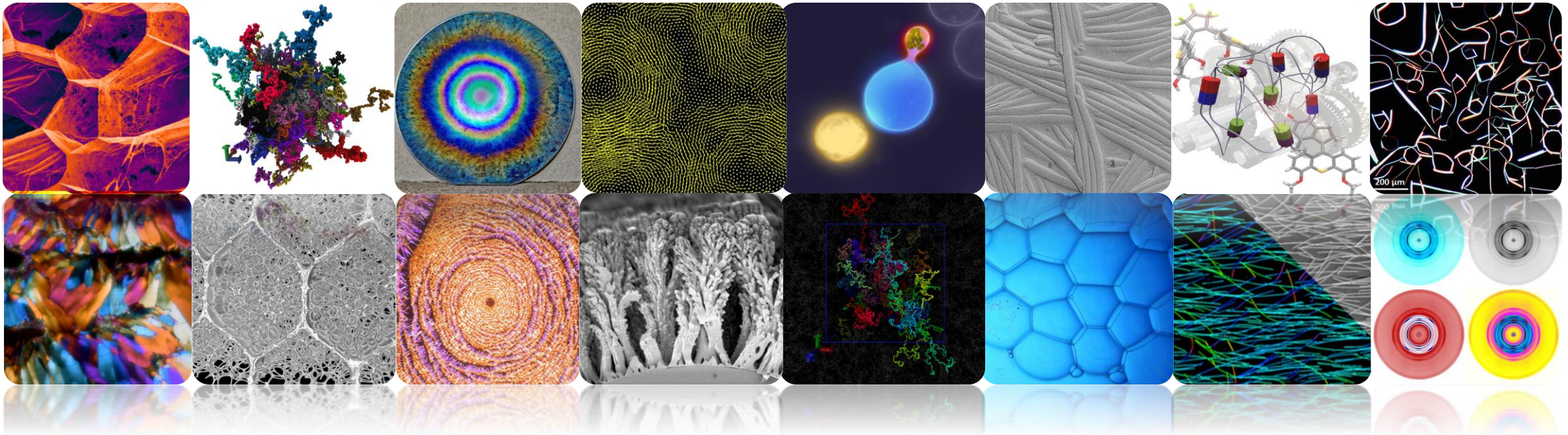
- ❑ **MINAMEC**
Micro- et nano-mécanique

- ❑ **MICASOL**
Synchrotron

- ❑ **DIFFERI-X**
Caractérisation par rayons X



La physique de la *matière molle* et des *systèmes complexes*

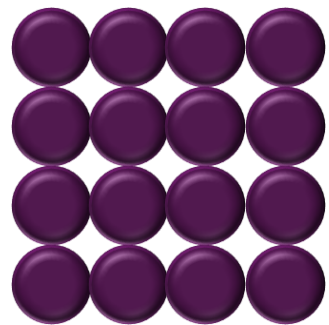


Mais c'est quoi ???

La « matière molle » c'est quoi ?

Energie libre de Helmholtz $F = U - TS$

$$U \gg TS$$
$$F \sim U$$



Solides
Ordonnés

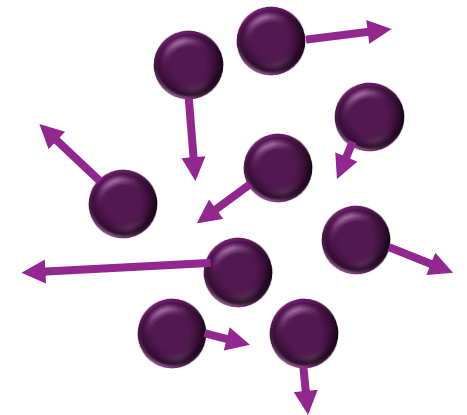
$$U \sim TS$$



Liquides ou
matière molle

Pour éviter hautes températures:
faibles interactions

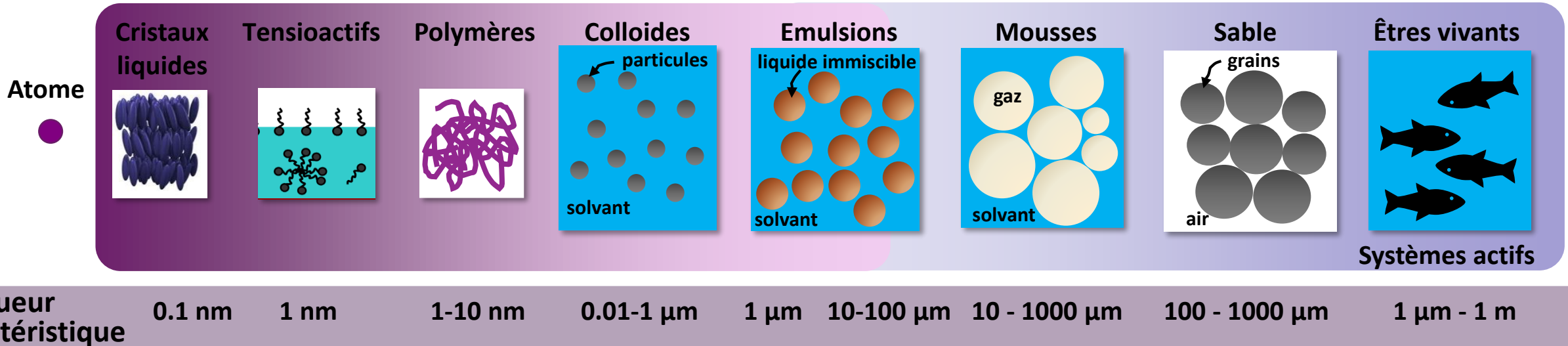
$$U \ll TS$$
$$F \sim -TS$$



Gaz
Désordonnés

Systemes avec interactions faibles ?

Systemes composés d'objets plus grands que l'atome mais beaucoup plus petits que le systeme
Energie caracteristique d'interaction: ϵ (van der Waals, liaisons hydrogènes, électrostatique, ...)



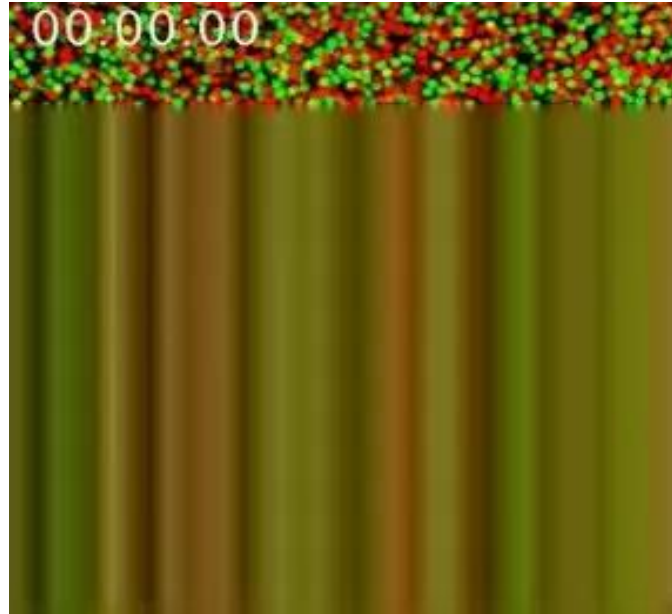
Matière molle ($\epsilon \sim kT$)

Systemes complexes ($\epsilon > kT$)



Consequence I: autoassemblage

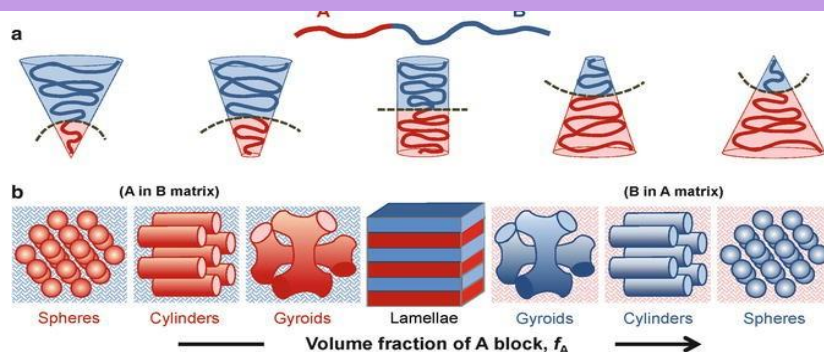
Particules



Example: cristallisation de micro-particules type A et B (attraction vs répulsion)

Wang Y, Wang Y, Zheng X, Ducrot É, Yodh J, Weck M, Pine D

Polymères

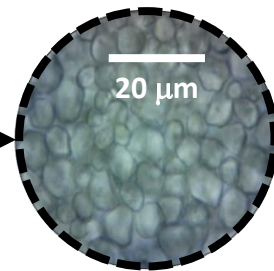


Shinji Yamada, Encycloepdia of polymeric nanomaterials, 2015

- ❑ Multitude de **structures « auto-assemblées »** - entre « ordonnées » et « désordonnées » et leur coexistence
- ❑ **Transitions de phase à température ambiante** et des échelles spatiales et temporelles visibles
- ❑ **Lien trajectoires individuelles et réponse macroscopique**

Conséquence II: temps caractéristique

Particules



Liquide ou solide ????

Multitude de temps caractéristiques τ

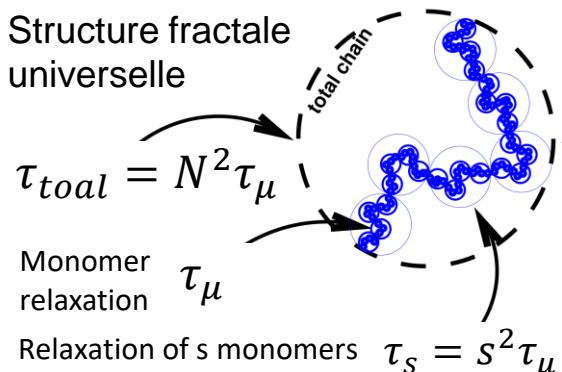
Souvent plus longs que les temps caractéristiques τ_{ext} de la manipulation

$\tau \gg \tau_{\text{ext}} \Rightarrow$ « solide »

$\tau \ll \tau_{\text{ext}} \Rightarrow$ « liquide »

Polymères

Structure fractale universelle



\Rightarrow Physique statistique hors équilibre

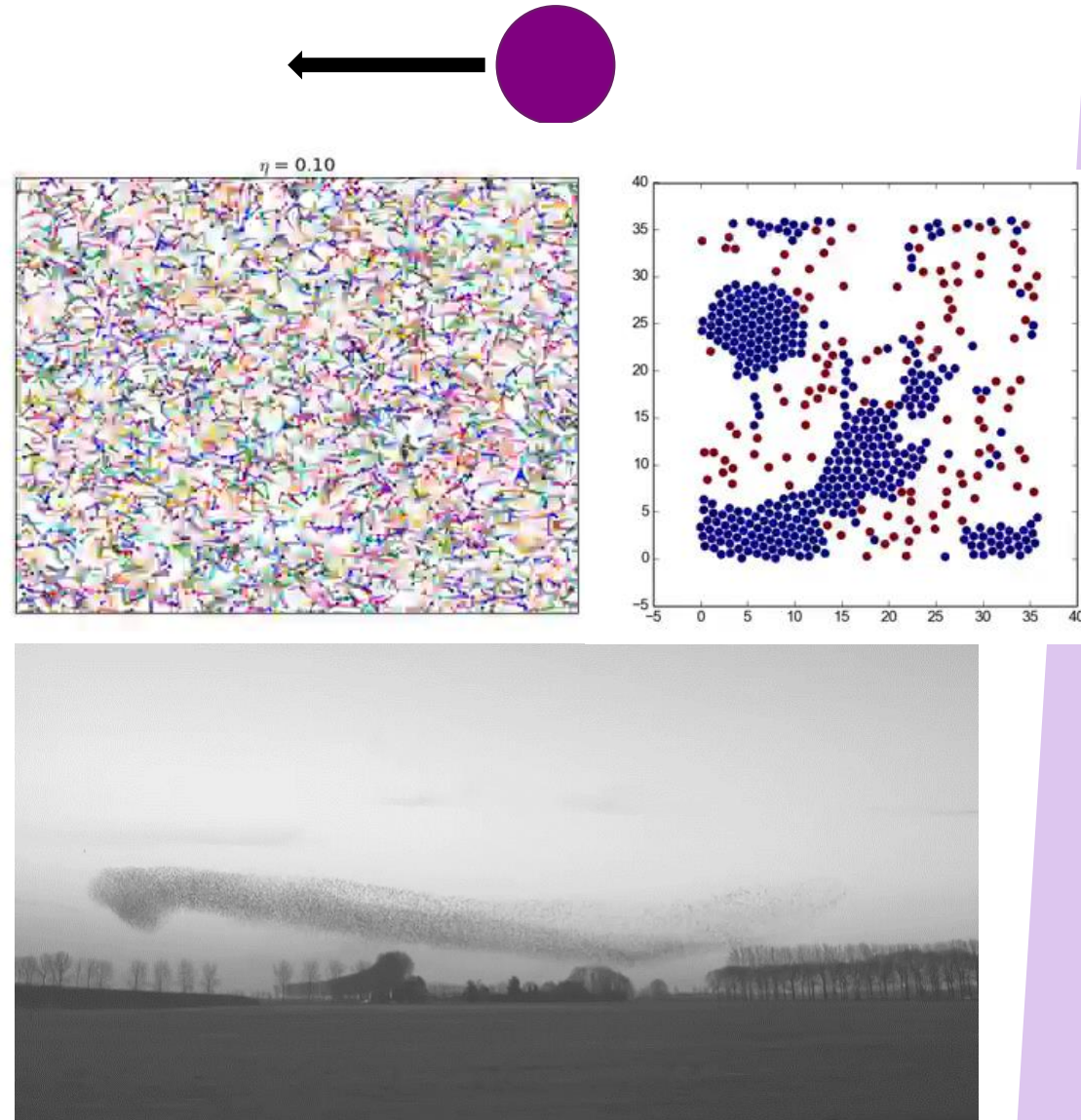
Et encore plus hors équilibre: les systèmes actifs

Moteur interne pour créer des mouvements -> énergie non-conservée

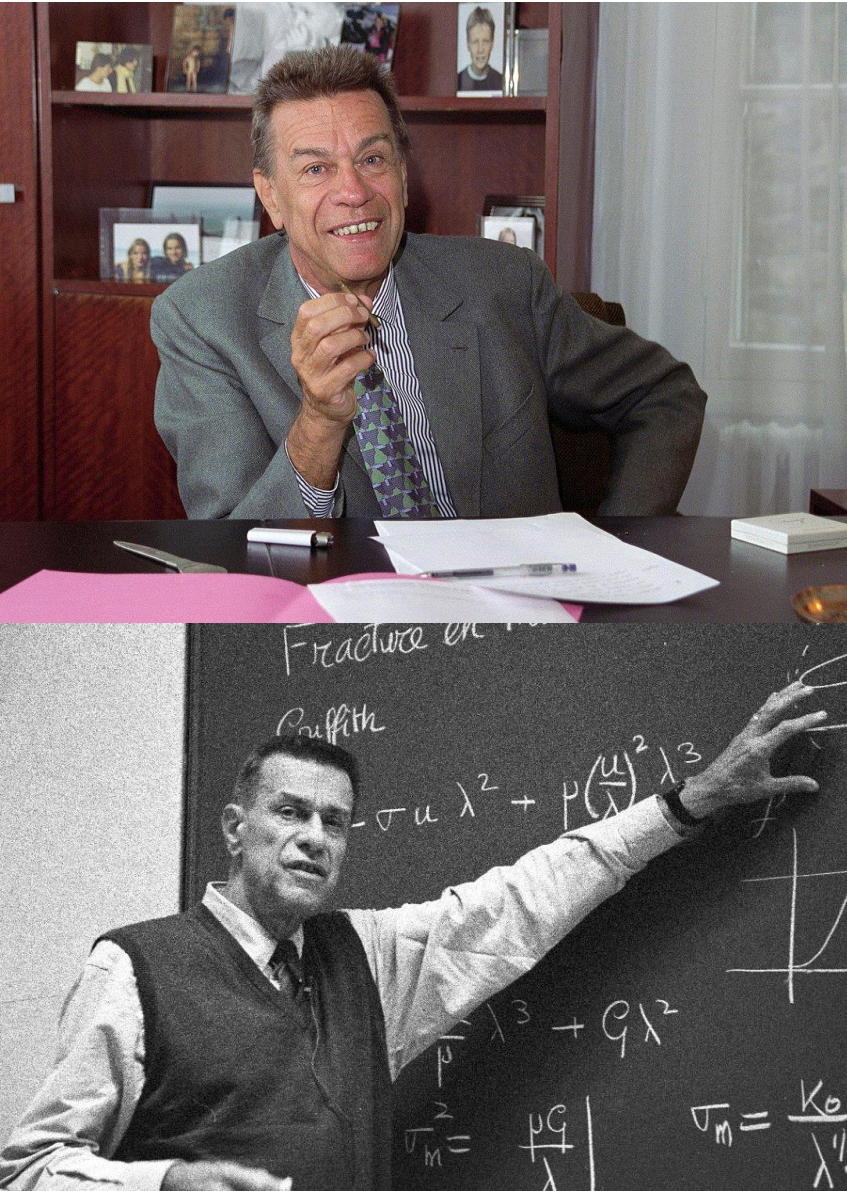
Ordre/désordre, transitions de phases, comportement macroscopique, ...
phénoménologie très différente

Systemes artificiels et biologiques

⇒ **Cadre de la physique d'équilibre bouleversé -> défi pour la théorie !**



Nobel prize 1991 : Naissance de la matière molle



Professor **Pierre-Gilles de Gennes**,

Théoricien au College de France, Paris, France

He succeeded in “**perceiving common features in order phenomena in very widely differing physical systems, and has been able to formulate rules for how such systems move from order to disorder.** Some of the systems de Gennes has treated have been **so complicated that few physicists had earlier thought it possible to incorporate them at all in a general physical description.**”

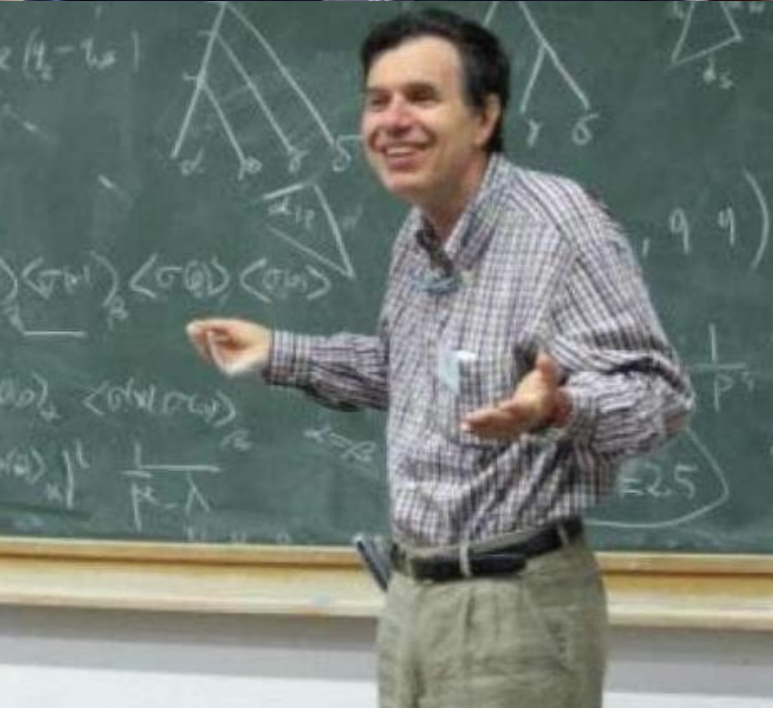
Père fondateur de la matière molle



Giorgio Parisi

Théoricien à Sapienza University of Rome, Rome, Italy

Nobel Prize for "the discovery of the **interplay of disorder and fluctuations in physical systems from atomic to planetary scales**. His discoveries are among the most important contributions to the theory of complex systems. They make it possible to understand and describe many different and apparently entirely random materials and phenomena, not only in physics but also in other, very different areas, such as mathematics, biology, neuroscience and machine learning."



Domaines :

- Physique statistique
- Physique théorique
- Electromagnétisme
- Mécanique des fluides

Défis:

- complexité des systèmes,
- fluctuations importantes,
- corrélations fortes,
- systèmes hors équilibres

Physique statistique à l'équilibre:

systèmes fortement corrélés, systèmes invariants d'échelles (phénomène critiques), ordre/désordre, fluctuations,...

Physique statistique hors-équilibre:

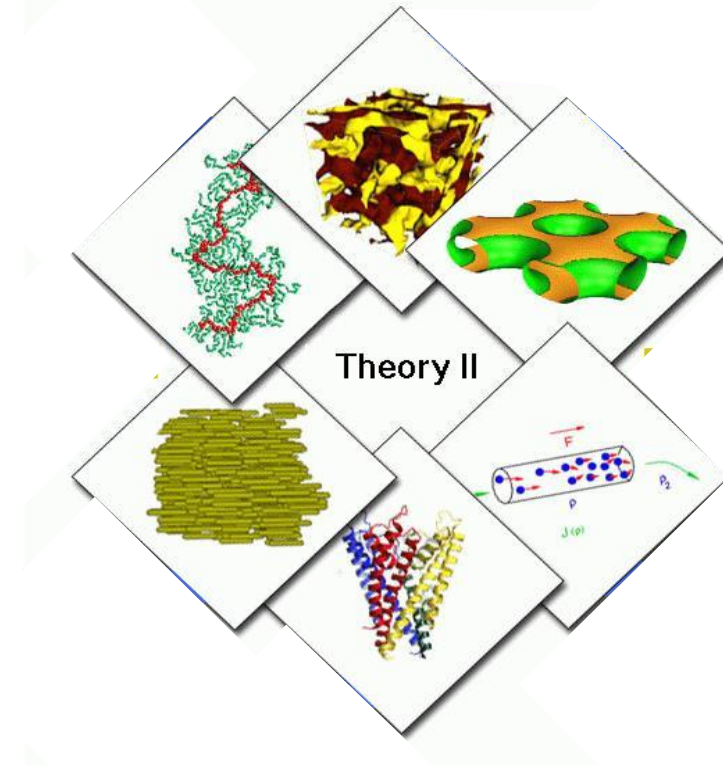
systèmes désordonnés, relaxations lentes (systèmes vitreux), systèmes actifs, ...

Des outils très variés:

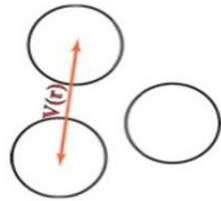
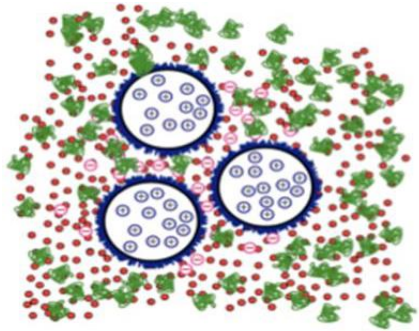
Théorie fonctionnelle de la densité, intégrale de chemin, groupes de renormalisation, théorie de Landau, géométrie différentielle, fractales ...

Beaucoup d'analogies possibles avec d'autres domaines de la physique

=> nécessite d'avoir une culture scientifique large

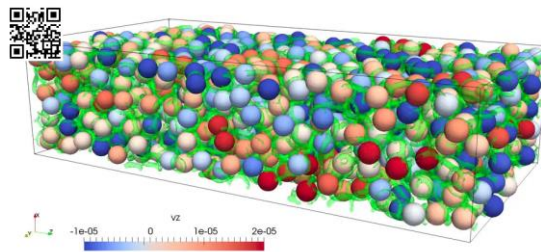


Clef : Coarse graining

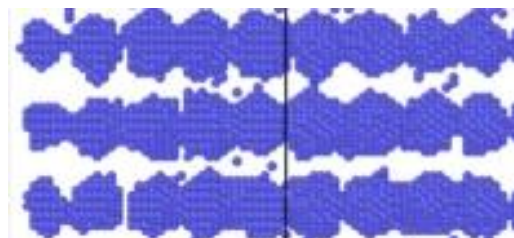


Outils

Dynamique moléculaire



Monte-Carlo

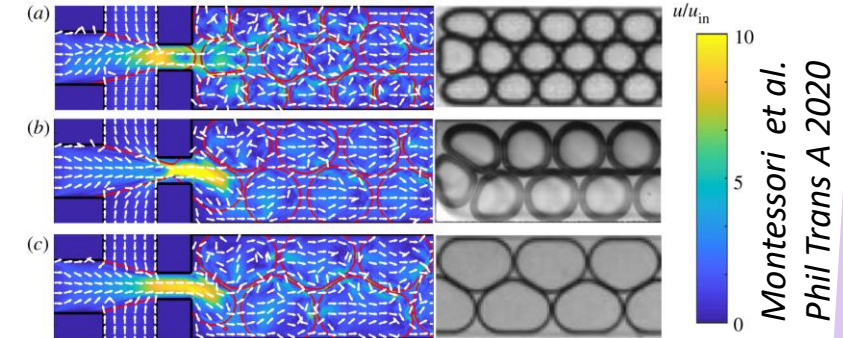


Gao et al. Sci Rep. 2018

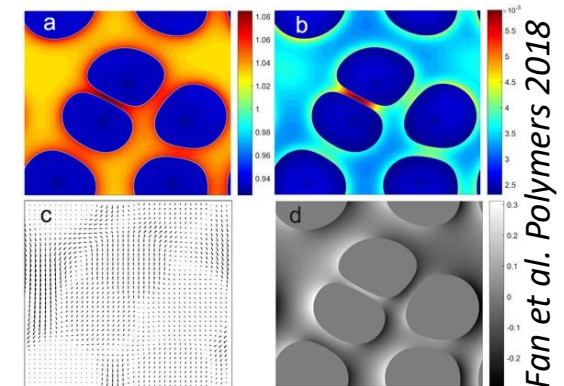
Méthode de Boltzmann sur réseau

Méthode de champ de phase

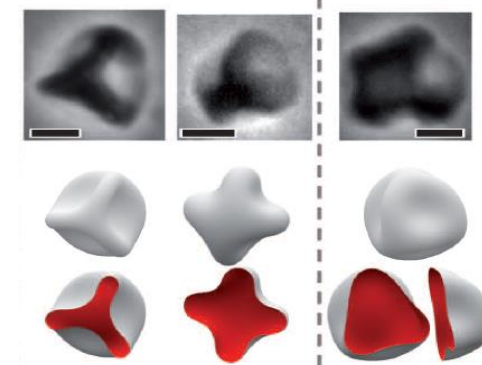
Éléments finis



Montessori et al. Phil Trans A 2020



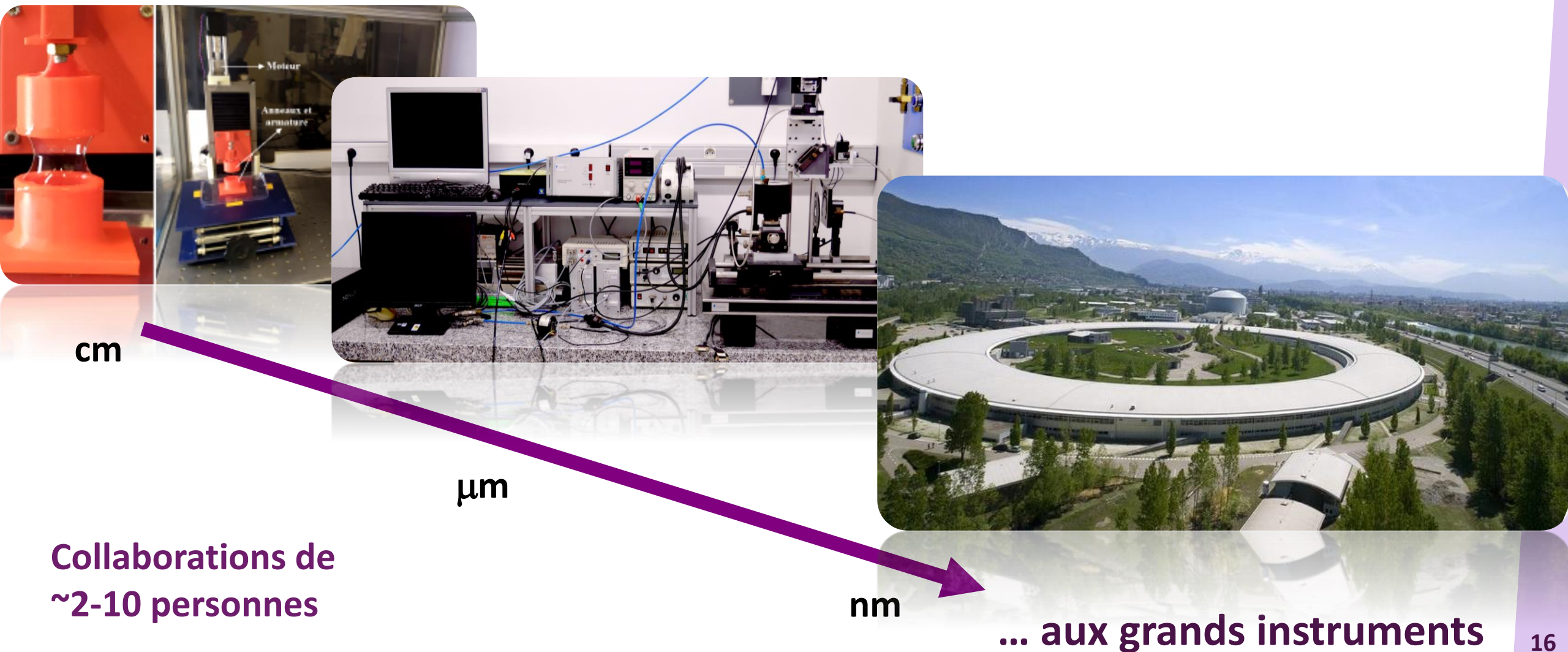
Fan et al. Polymers 2018



Quemeneur et al. PRL 2012

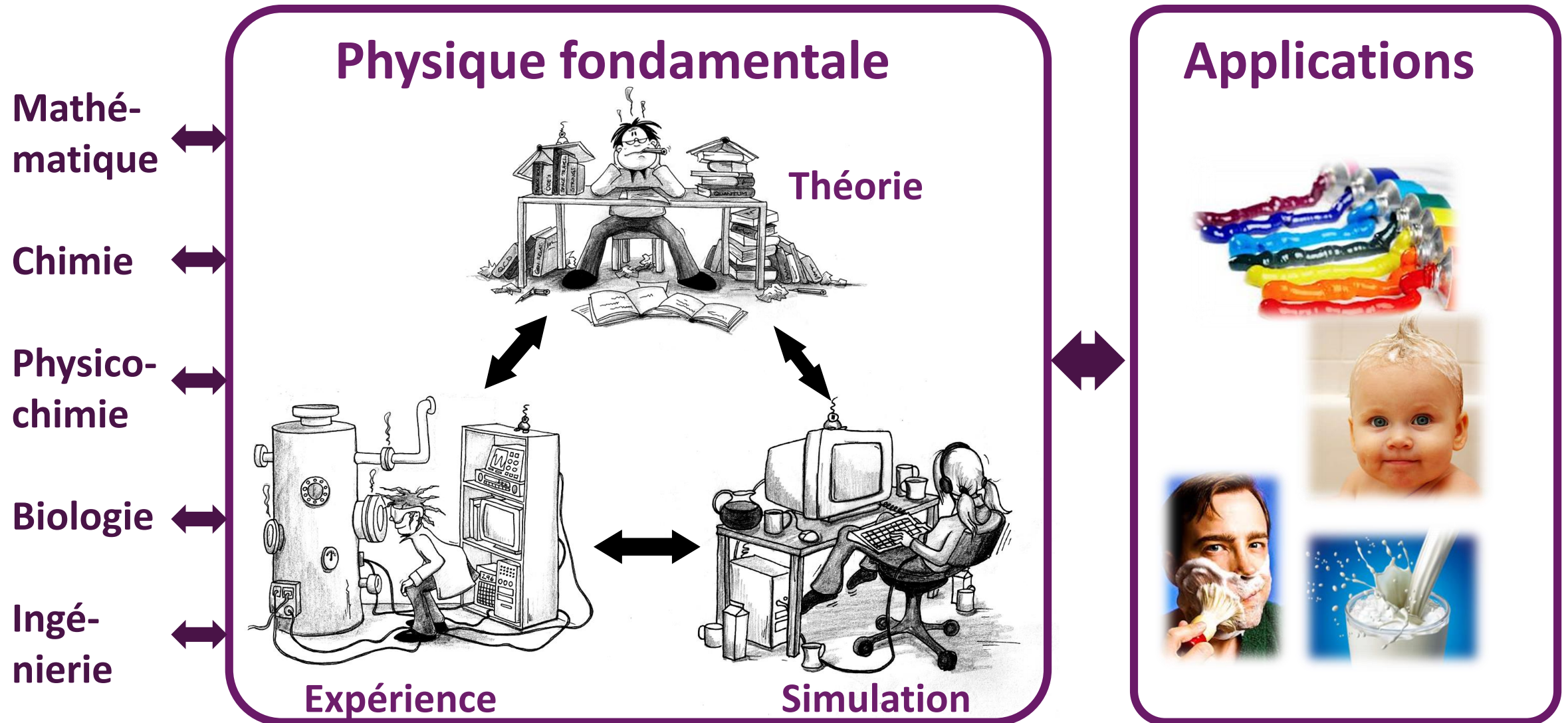
Expériences en matière molle

De la manip du coin de table ...



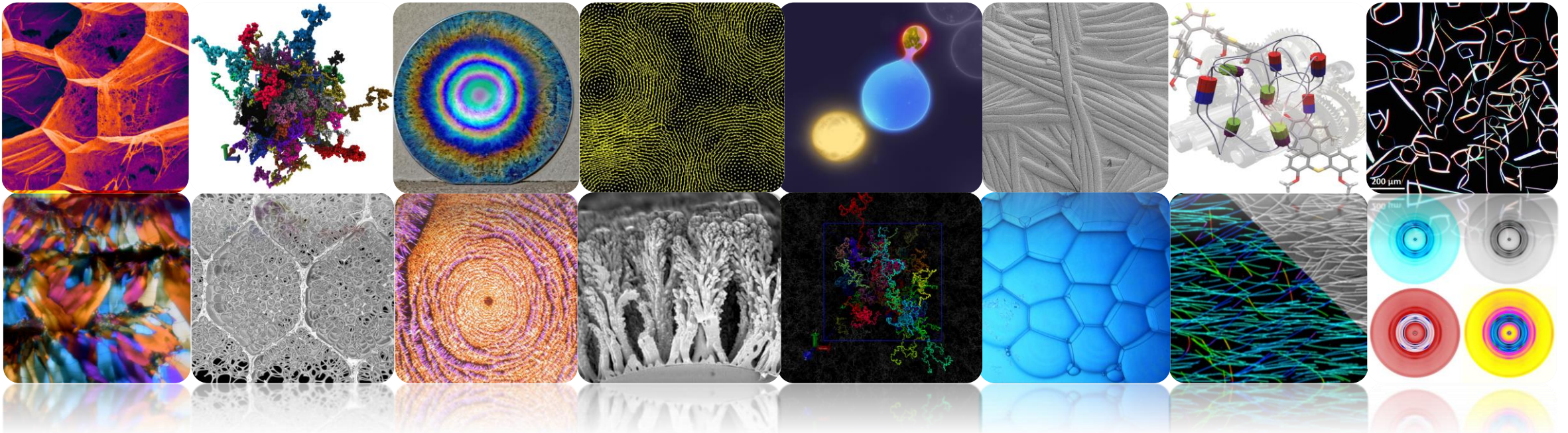
Collaborations de
~2-10 personnes

Les multiples facettes de la matière molle



Education diversifiée en physique et ouvertures vers des embauches après M2/thèse.

La physique de la matière molle dans les équipes de recherche

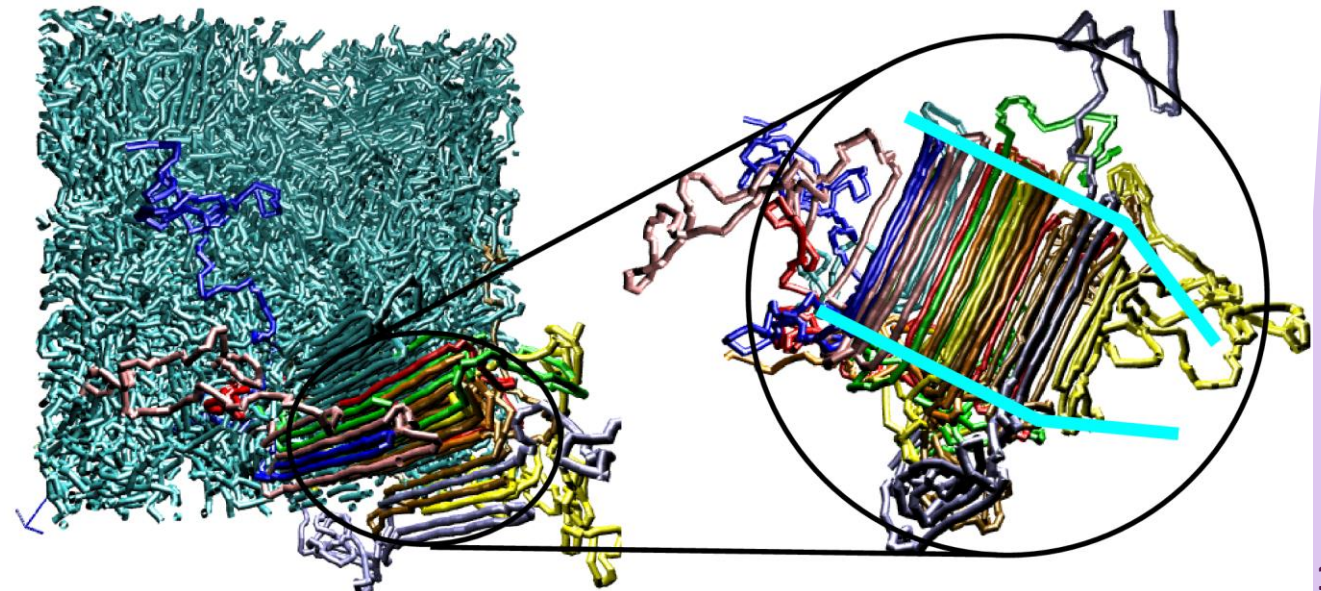
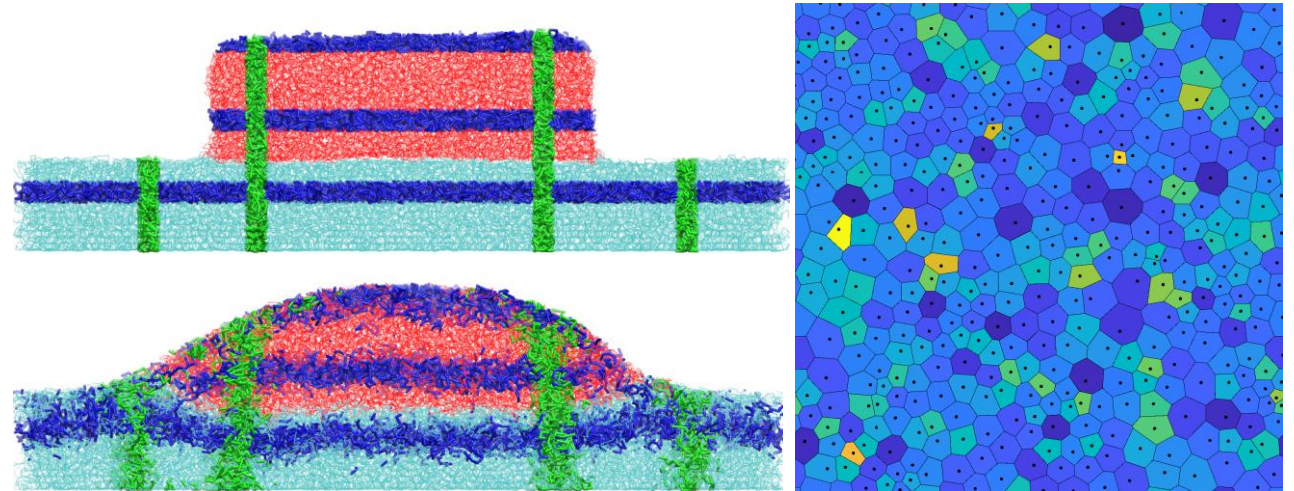


Théorie et simulation

8 permanents, ~8 non permanents

Unistra: J. Farago, J. Baschnagel

- ❑ Statique et dynamique des polymères et fluides complexes; Viscoélasticité
- ❑ Transition vitreuse; Propriétés mécaniques des matériaux amorphes
- ❑ Cristallisation des polymères
- ❑ Matière active, interactions exotiques
- ❑ Systèmes auto-organisés
- ❑ Propriétés structurales et hors équilibre des systèmes chargés en matière molle; Polyélectrolytes.

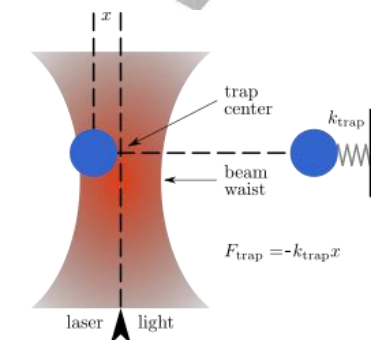
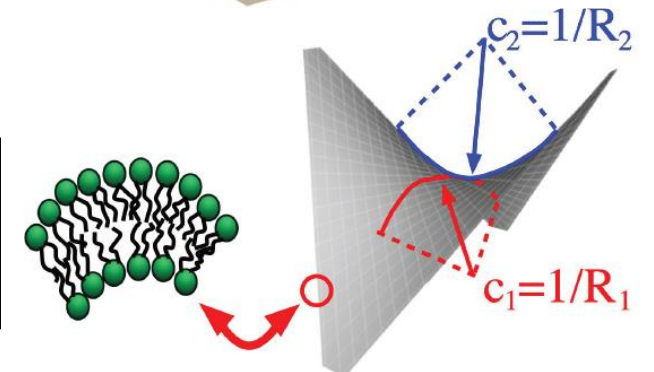
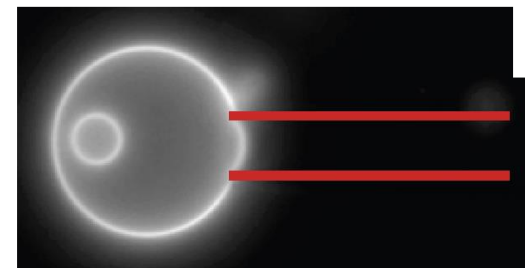
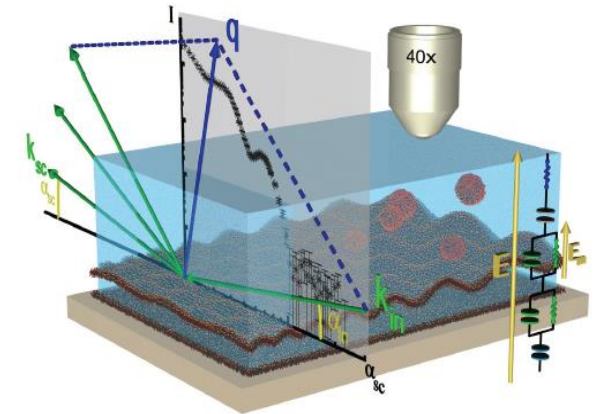
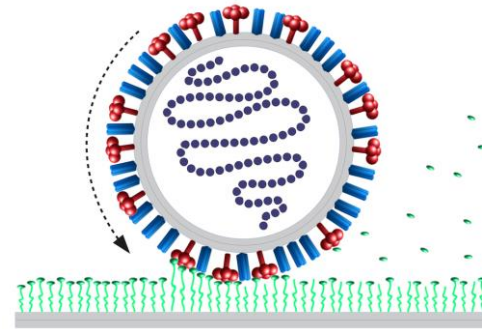


Expériences, théorie et simulations

8 permanents, ~8 non permanents

Unistra: F. Thalmann, T. Schmatko,
T. Charitat

- ❑ Expériences, simulations et théorie de la Matière Molle
- ❑ Propriétés physique des membranes lipidiques
- ❑ Expériences sur grands instruments: rayonnement synchrotrons, diffusion de neutrons
- ❑ Microscopies de fluorescence, pinces optiques et micromanipulation
- ❑ Etude des mécanismes microscopiques: encapsulation, friction, rhéologie, oxydation, membrane actives, colloïdes actifs et concentrés...
- ❑ Applications avec les cosmétiques et l'alimentaire, le séchage d'encre et de peinture, rhéologie

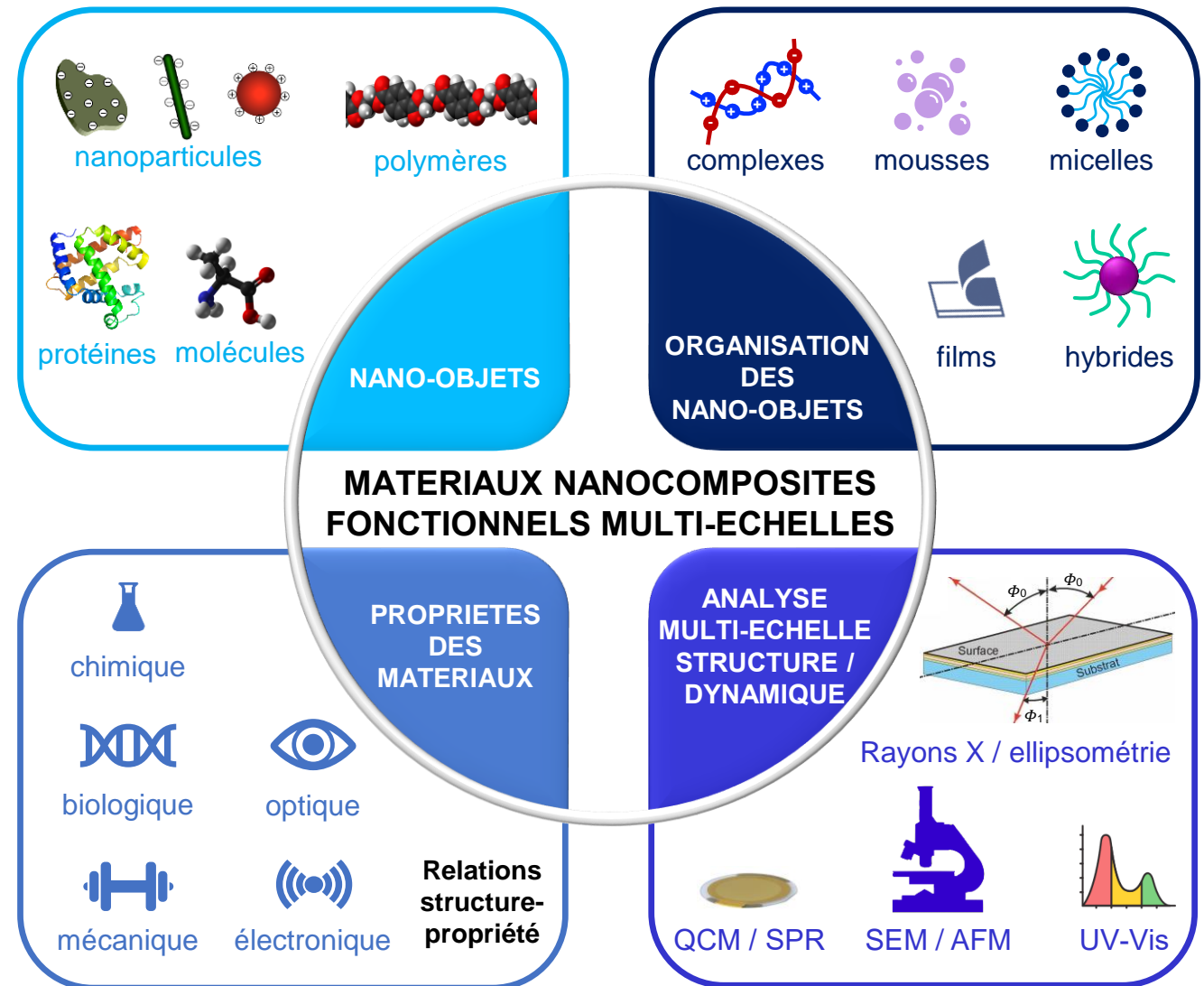


Expérience et simulations

15 permanents, ~10 non permanents

Unistra: J. Combet

- ❑ Diffusion des rayons X pour l'étude structurale en matière molle
- ❑ Relations structure- propriété des systèmes autoassemblée
- ❑ Etudes physico-chimiques d'auto-assemblages hybrides en solution et aux interfaces
- ❑ Analyses structurales de matériaux nanocomposites à différentes échelles



Expérience

11 permanents, ~10 non permanents

- ❑ Nucléation/Croissance et orientation de polymères (alignement par brossage)
- ❑ Rhéologie matériaux complexes (piezo-rhéologie)
- ❑ Matériaux Thermoélectriques polymères

Brossage à haute température

M. Brinkmann



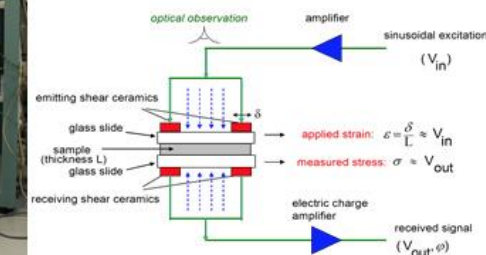
Matériaux thermoélectriques



cell of measurements



small size ($\phi \sim 6$ cm)



Piezo-rhéologie

D. Collin

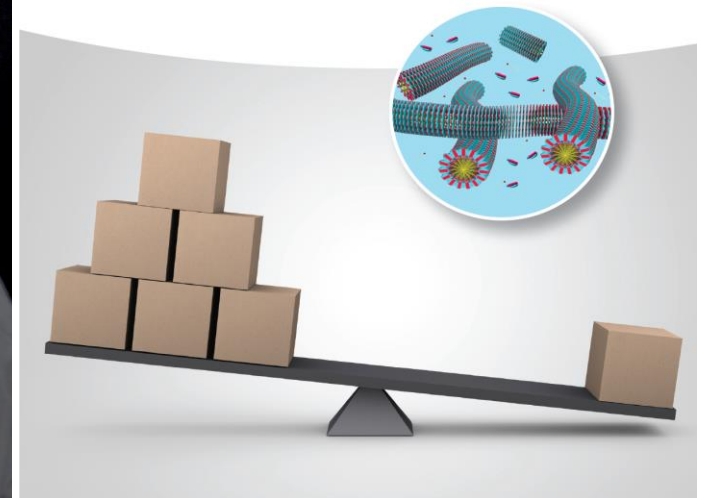
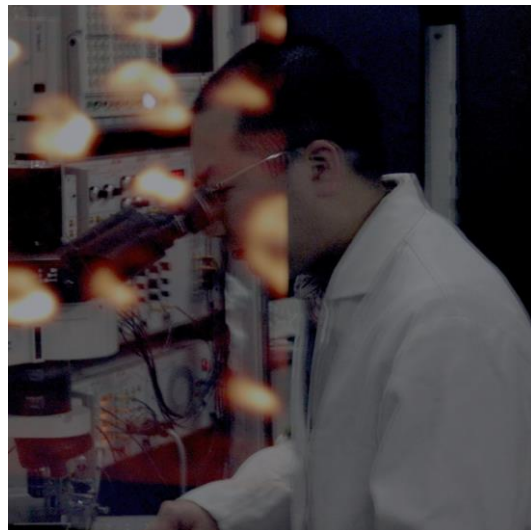
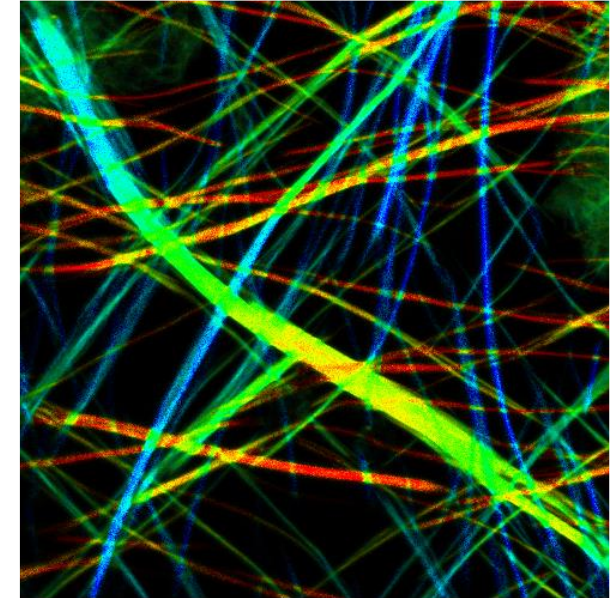
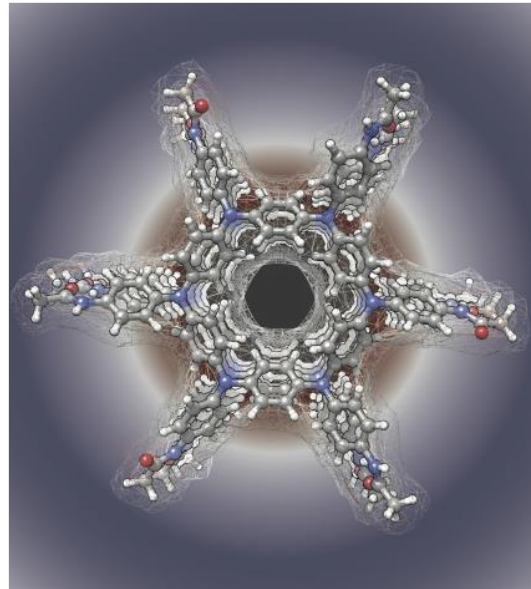
Equipe SAMS : Synthèse et Auto-assemblage Moléculaires et Supramoléculaires

Recherche expérimentale

7 permanents, > 20 non permanents

Unistra: Prof. M. Maaloum

- Systèmes hors-équilibres
- Matériaux fonctionnels
- Machines moléculaires
- Polymères supramoléculaires
- Auto-assemblages fluorés
- Chimie organique de synthèse



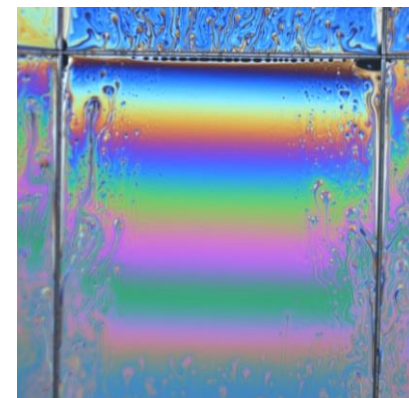
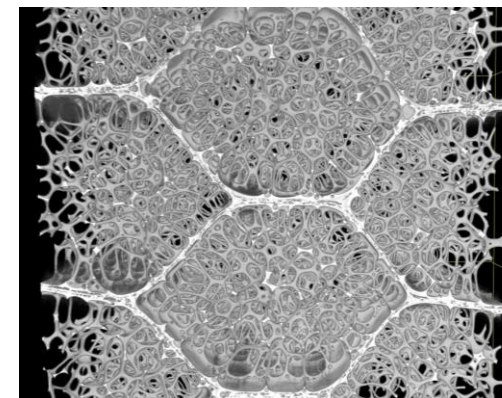
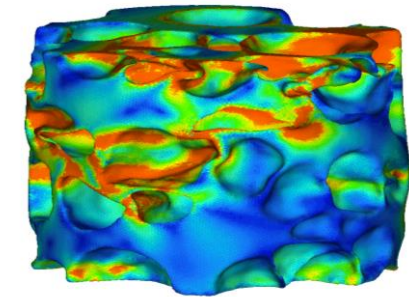
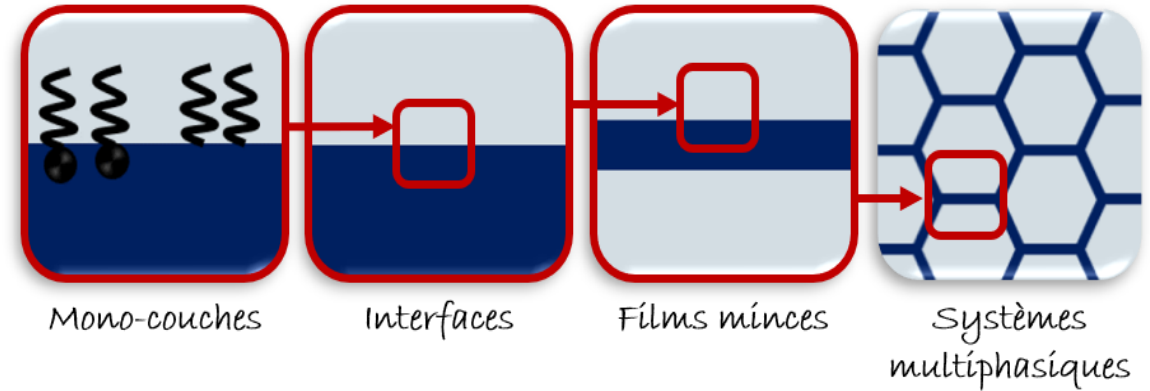
Expérience et simulations

13 permanents, ~10 non permanents

Unistra: C. Gauthier, A. Rubin, M. Pecora

INSA: T. Roland, M. Solar, H. Pelletier

- ❑ Physique des interfaces liquides et solides, des films minces et des systèmes multiphasiques
- ❑ Tribologie des surfaces de polymères: frottement, adhésion, rayures, thermiques
- ❑ Bulles, films de savon, mousses, émulsions (liquides & solides)



Site web de l'institut: <https://www.ics-cnrs.unistra.fr/>

Stages: n'hésitez pas à contacter les équipes si leurs sujets vous intéressent et à faire acte de candidature spontanée pour un stage



Thierry Charitat
charitat@unistra.fr



Wiebke Drenckhan
drenckhan@unistra.fr