Chimie supramoléculaire au service des matériaux polymères multistimulables & Conception de matériaux bioinspirés

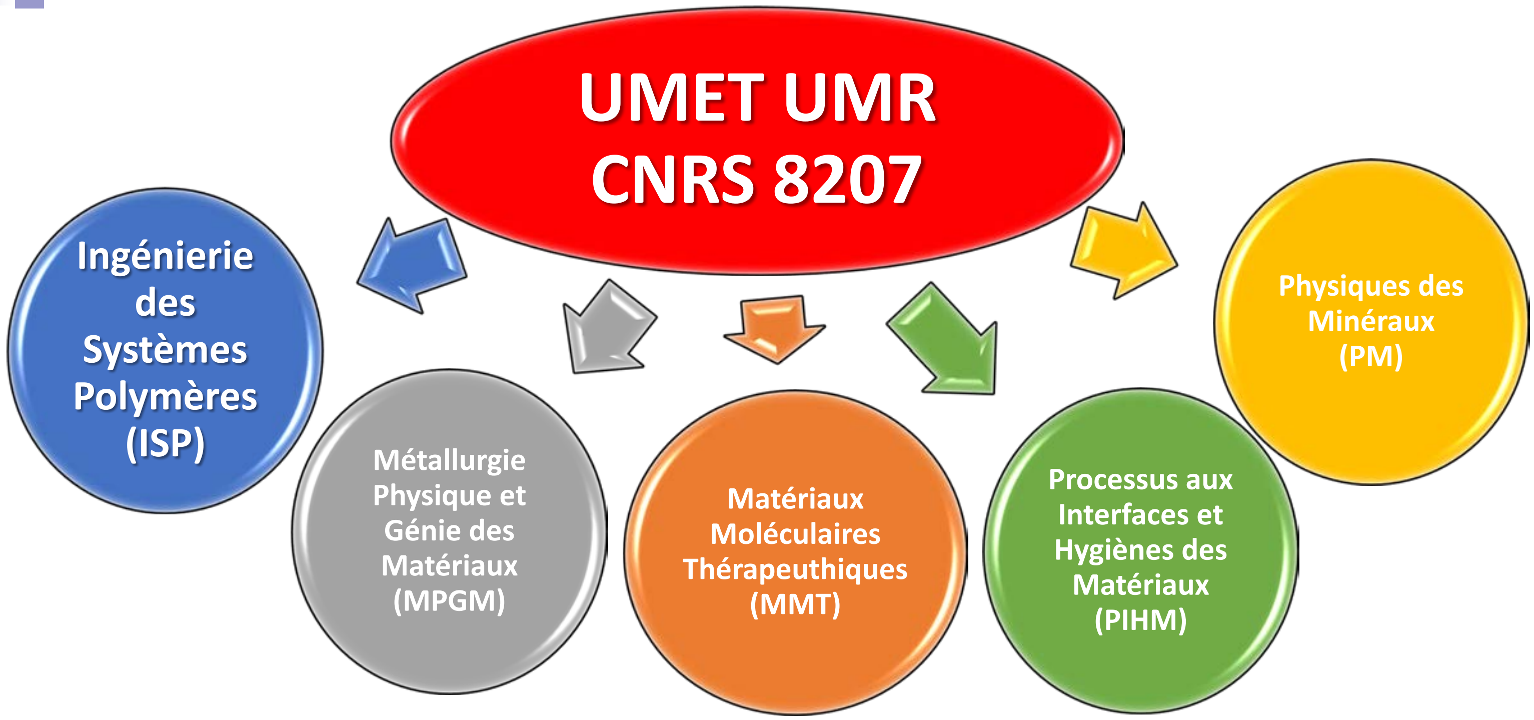
David Fournier, J. Lyskawa, A. Malfait, P. Woisel

UMET
Unité Matériaux Et Transformations

david.fournier@univ-lille1.fr
UMET UMR-CNRS 8207
ISP Team

RNJP
Rencontres Nationales des Jeunes Polyméristes
2015

Présentation de l'UMET

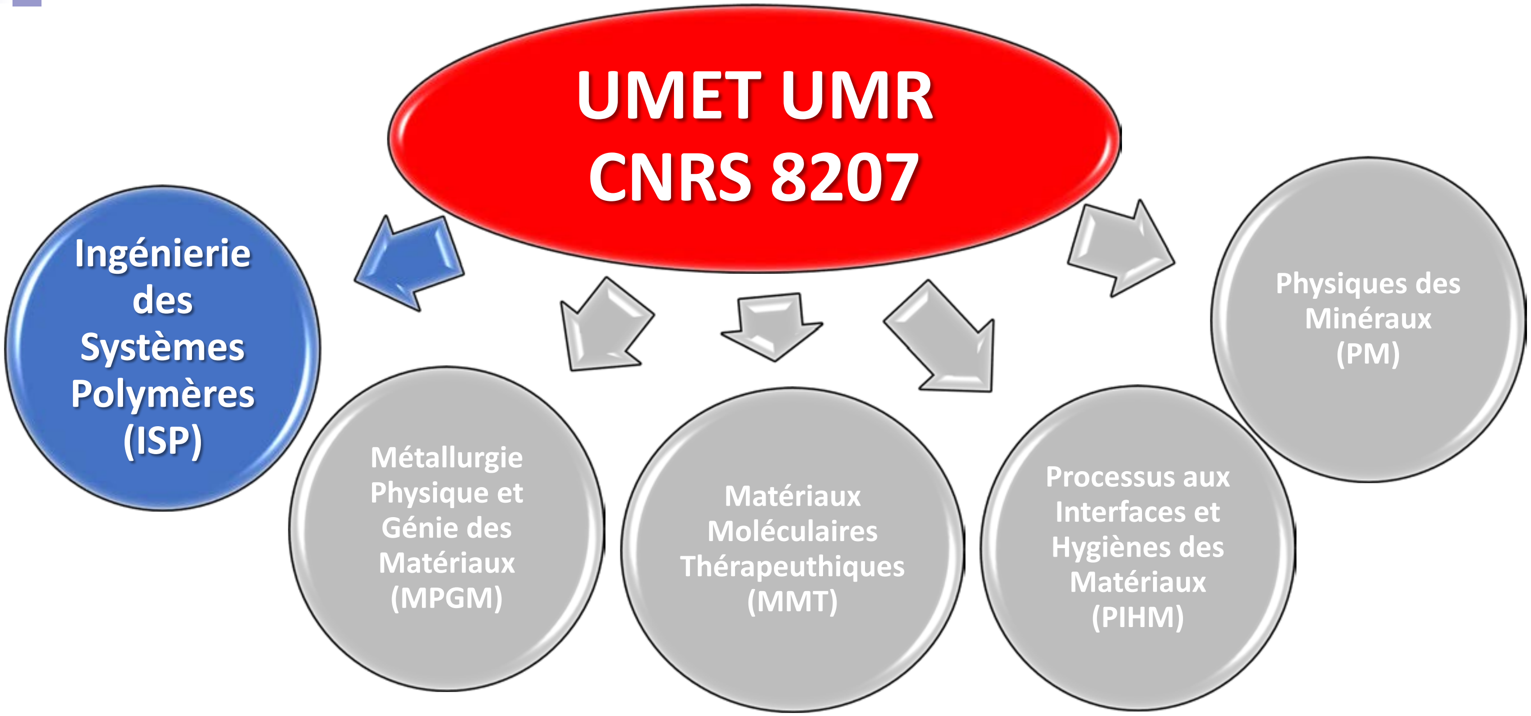


Institut Chevreul

Unité des Matériaux Et Transformations (UMET) :

- ✓ 73 chercheurs permanents (MCF, Pr, CR, DR)
- ✓ 40 ITA-BIATSS
- ✓ 60 doctorants & 13 post-doctorants

Présentation de l'UMET



Institut Chevreul

Axes de recherche de l'équipe ISP :

- ✓ Réaction et résistance au feu des matériaux
- ✓ Mécanique des systèmes macromoléculaires complexes → cf communication orale de S. Barrau
- ✓ ***Systèmes Polymères Fonctionnels :***

B. Martel

Matériaux polymères hybrides & textiles actifs à usage technique et médical

→ cf poster S.Degoutin

P. Woisel

Polymères et matériaux auto-assemblés (multi) stimulables

Biomatériaux polymères (multi)fonctionnels

Compétences de notre groupe de recherche

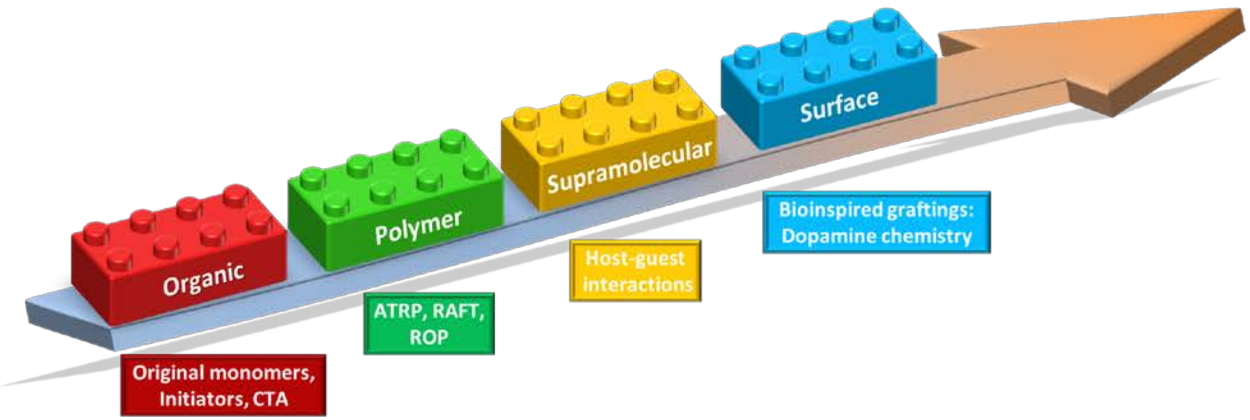
Création en 2010 (1Pr, 2MCF, 1IgE)

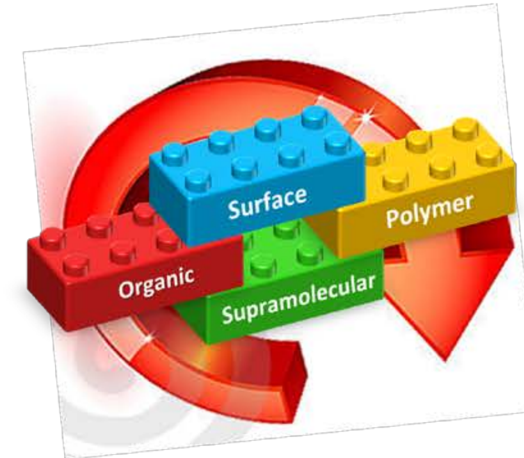

P. Woisel


J.Lyskawa

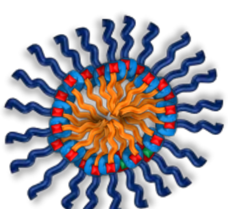

D.Fournier

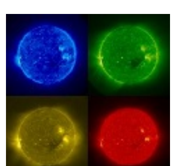

A. Malfait



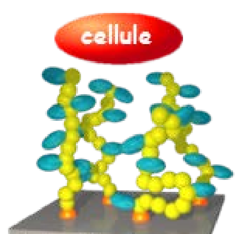


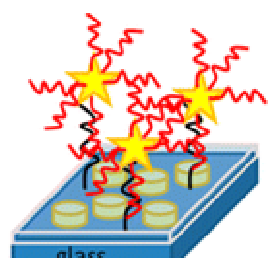
Multi-stimuli responsive « colourful »macromolecular assemblies



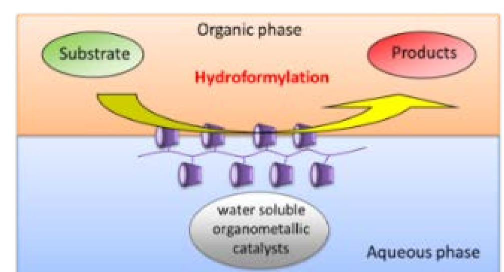


Smart (bio)surfaces based on dopamine chemistry



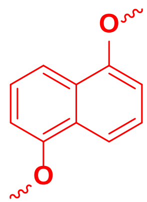


Smart polymeric nanoreactors for aqueous catalysis



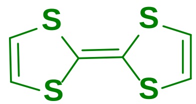
Chimie supramoléculaire pour des matériaux polymères multistimulables

Outils de la reconnaissance moléculaire hôte-invité :

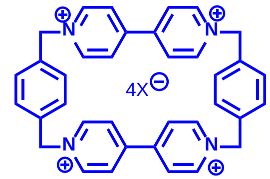


1,5-dihydroxynaphtalène
(Napht)

ou

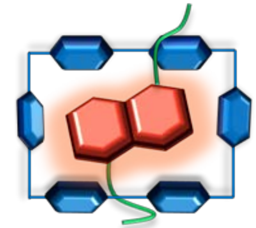


Tétrathiafulvalène
(TTF)

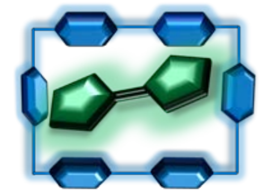


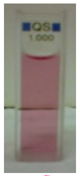
CBPQT^{4+} (cyclophane)

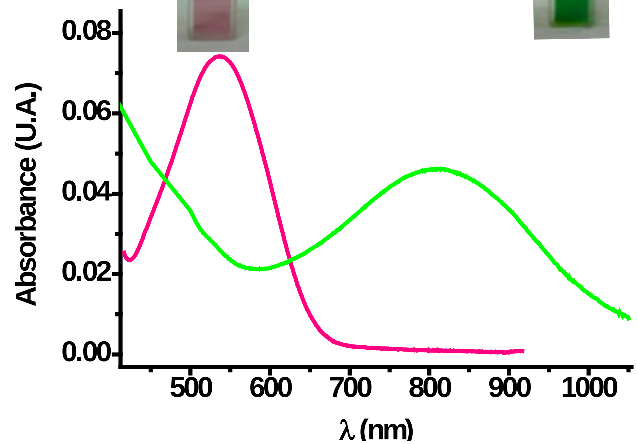
Stimulus
(électrochimie, invité, T)



ou







Interactions donneur-accepteur colorées

Avantages :

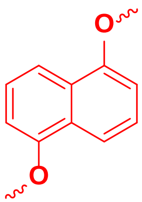
- ✓ Différents stimuli applicables
- ✓ Travail en milieux aqueux et organique
- ✓ Visualisation directe de la complexation

CBPQT = Cyclobis(paraquat-*p*-phénylène)
RAFT = Reversible Addition Fragmentation chain Transfer

Macromolecules **2010**, 43, 82 // Polym.Chem. **2010**, 1, 1024 // JACS **2010**, 132, 10796 // Macromolecules **2011**, 44, 6532

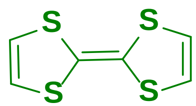
Chimie supramoléculaire pour des matériaux polymères multistimulables

Outils de la reconnaissance moléculaire hôte-invité :

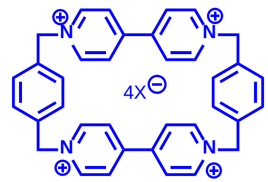


1,5-dihydroxynaphtalène
(Napht)

ou

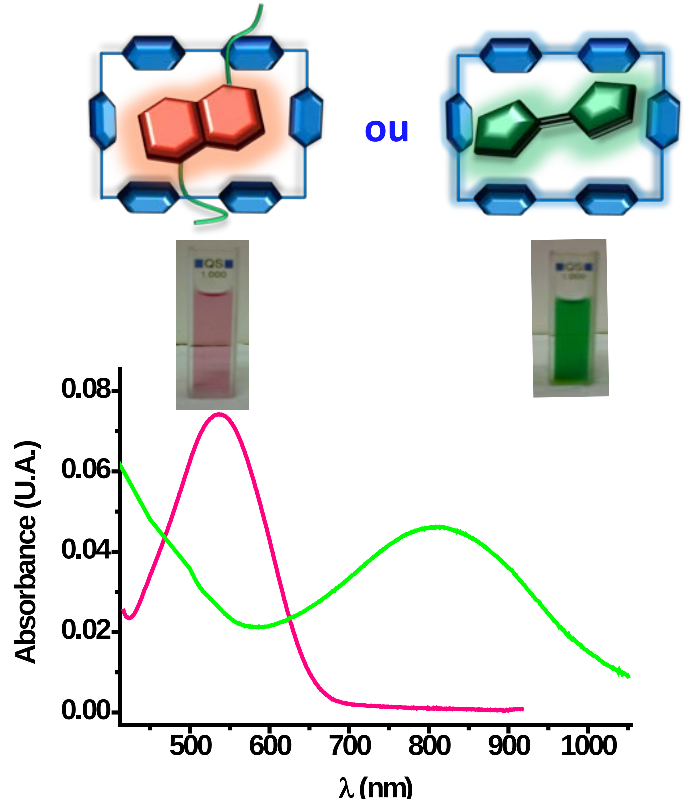


Tétrathiafulvalène
(TTF)



$CBPQT^{4+}$ (cyclophane)

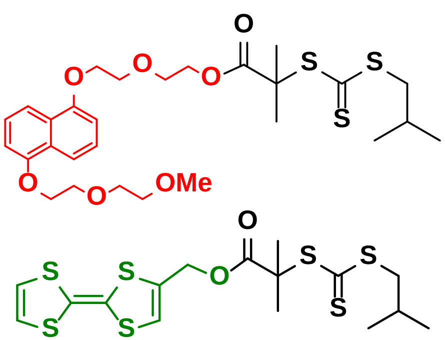
Stimulus
(électrochimie, invité, T)



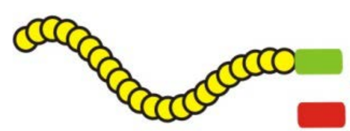
Interactions donneur-accepteur colorées

Avantages :

- ✓ Différents stimuli applicables
- ✓ Travail en milieux aqueux et organique
- ✓ Visualisation directe de la complexation
- ✓ Modification chimique aisée des invités (agents de transfert) :



Polymérisations RAFT



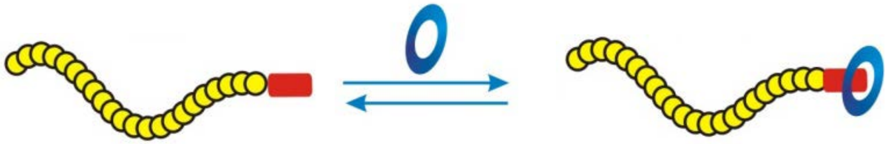
Synthèse de polymères bien définis

CBPQT = Cyclobis(paraquat-*p*-phénylène)
RAFT = Reversible Addition Fragmentation chain Transfer

Macromolecules **2010**, 43, 82 // Polym.Chem. **2010**, 1, 1024 // JACS **2010**, 132, 10796 // Macromolecules **2011**, 44, 6532

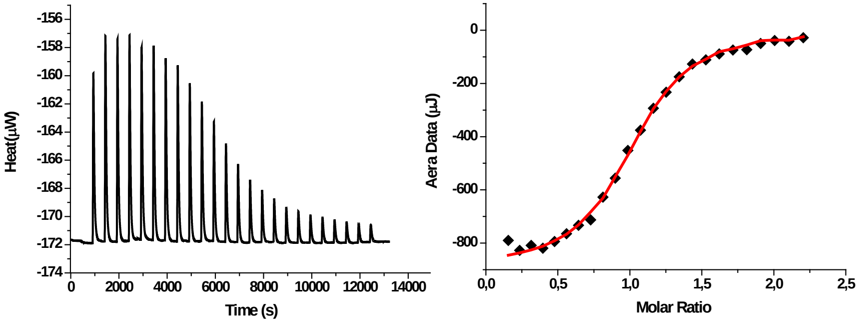
Chimie supramoléculaire pour des matériaux polymères multistimulables

Constantes d'association et stoechiométrie des complexes :



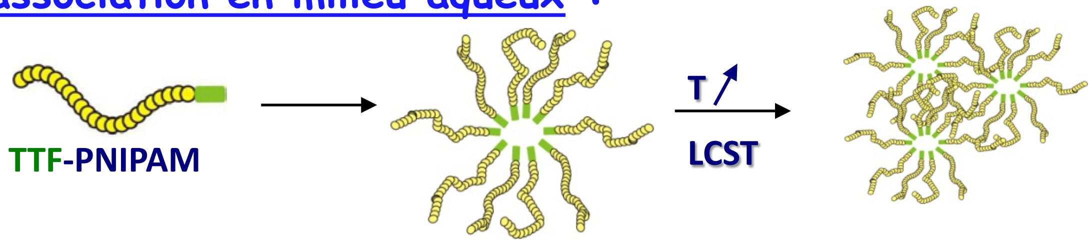
Appareil Nano ITC

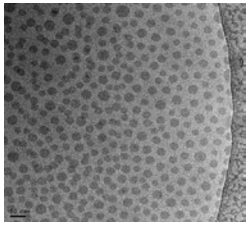
ITC = Titration Calorimétrique Isotherme



Complexe	Mn (g/mol)	Ka (M^{-1}) /H_2O	n
CBPQT / Napht-PNIPAM	14 900	1,2 .10^5	0.9
CBPQT / TTF-PNIPAM	9700	7,4.10^5	1.1
CBPQT / TTF-PDMAc	10 000	2,8.10^5	1.1

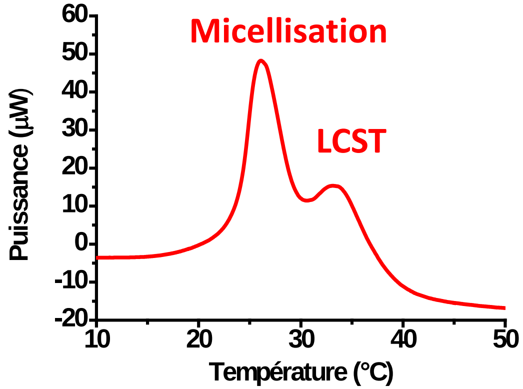
Auto-association en milieu aqueux :



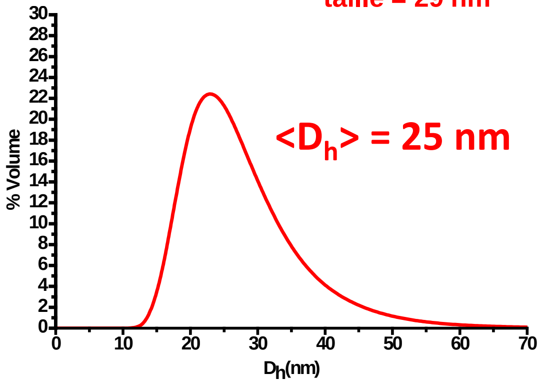


Cryo-TEM
taille = 29 nm

NanoDSC



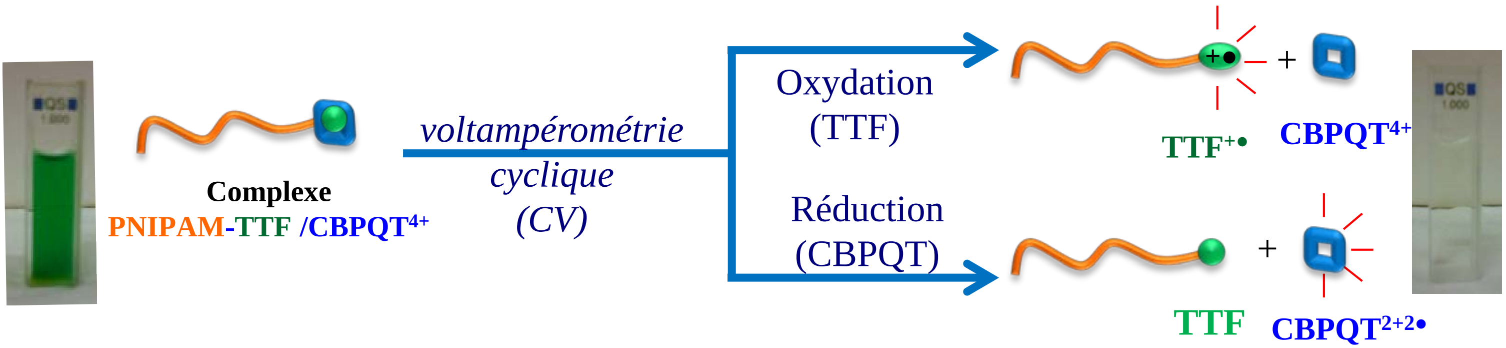
DLS

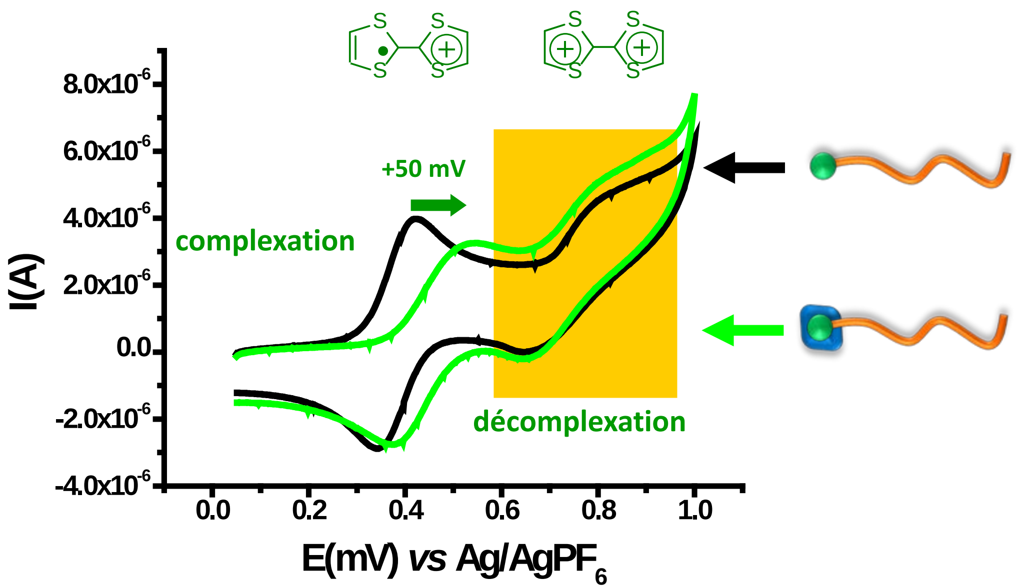


2 transitions de phase endothermiques successives

Chimie supramoléculaire pour des matériaux polymères multistimulables

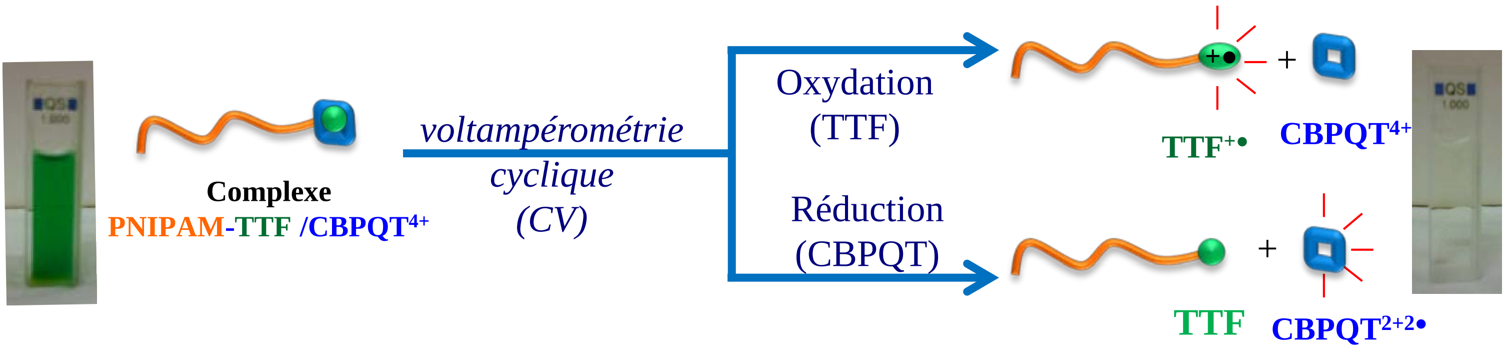
Electrochimie :



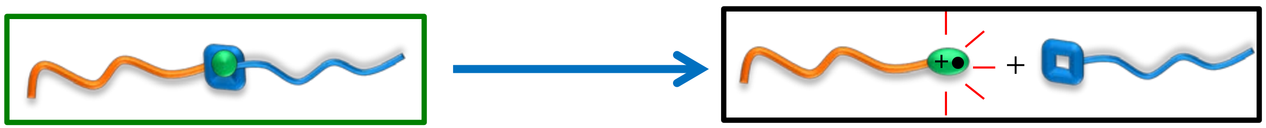


Chimie supramoléculaire pour des matériaux polymères multistimulables

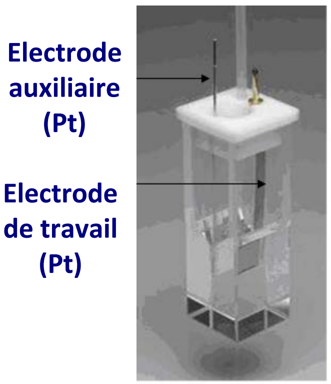
Electrochimie :



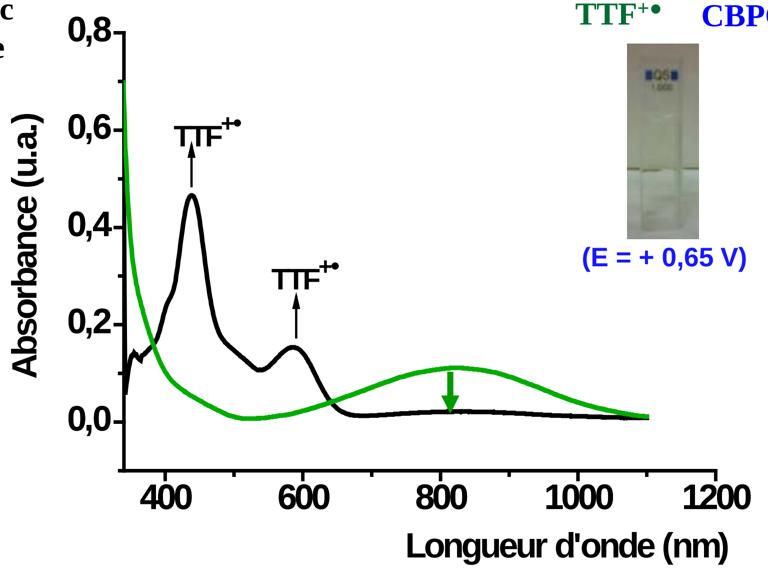
Spectro-électrochimie :



Copolymère à bloc supramoléculaire



Cellule de spectro-électrochimie
adaptée pour le **spectromètre UV-Vis**



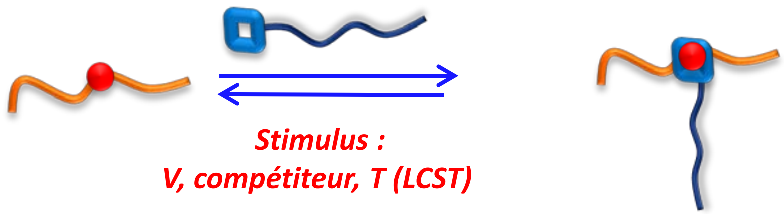
Polym.Chem. **2014**, 5, 1031 // Macromol. Rapid Commun. **2014,** 35, 498 // Angew. Chem. **2014**, 53, 5044

Chimie supramoléculaire pour des matériaux polymères multistimulables

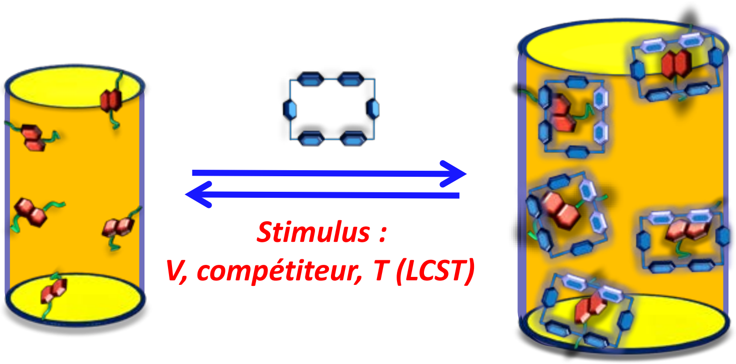
Vers des systèmes plus complexes :

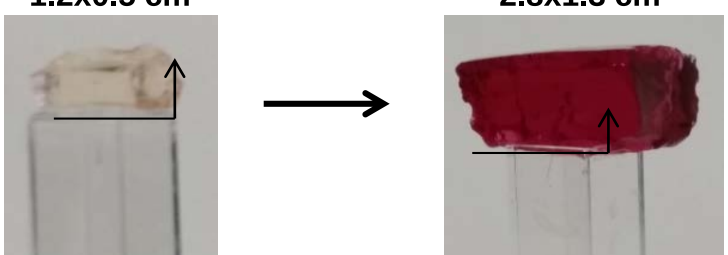
ANR JC Electrotunepoly
ANR Strapa

- Architecture en *Y-shape* multi-stimulables

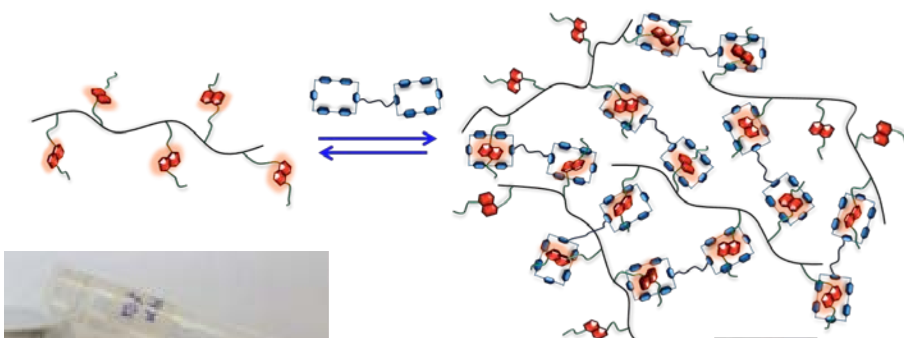


- Hydrogels supramoléculaires réticulés





1.2x0.5 cm — 2.8x1.3 cm

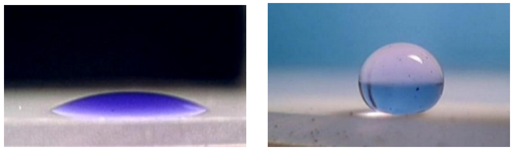


Di-CBPQT = agent réticulant

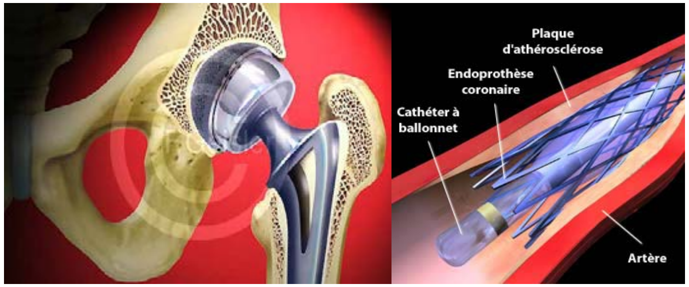
Fonctionnalisations bioinspirées de (bio)matériaux

Modifier les propriétés physico-chimiques de surface

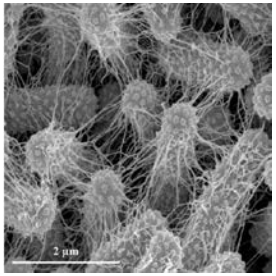
- *Hydrophile / Hydrophobe*

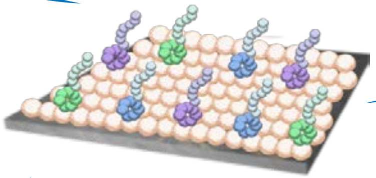


- *Bio-intégration de prothèses*



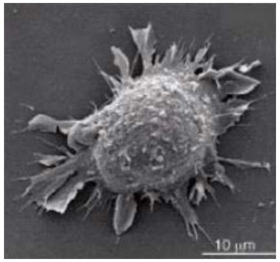
- *Protection contre les biofilms*





Fonctionnalisation de surface

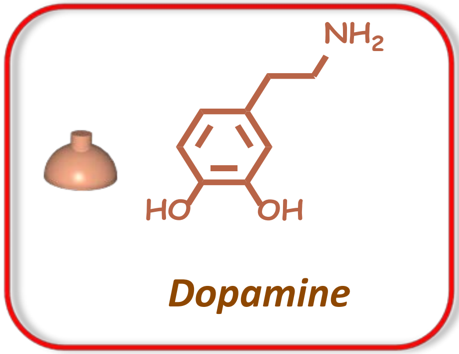
- *Limiter / Promouvoir l'adhésion cellulaire*

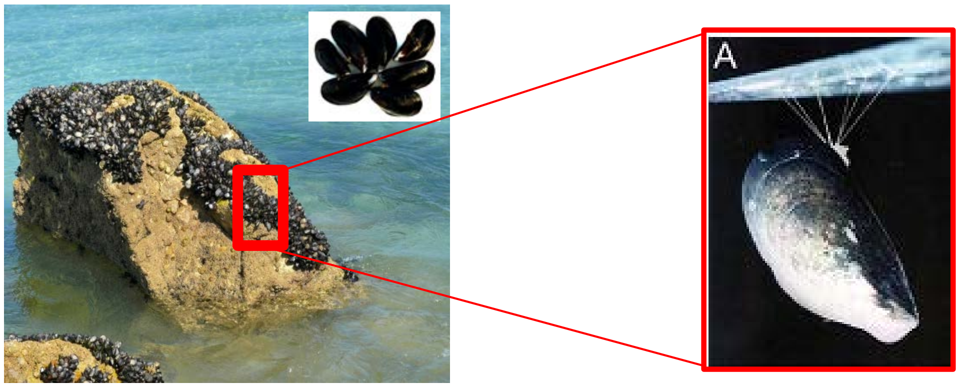


Titane

(riche en fonctions hydroxyles)

Chimie de la dopamine

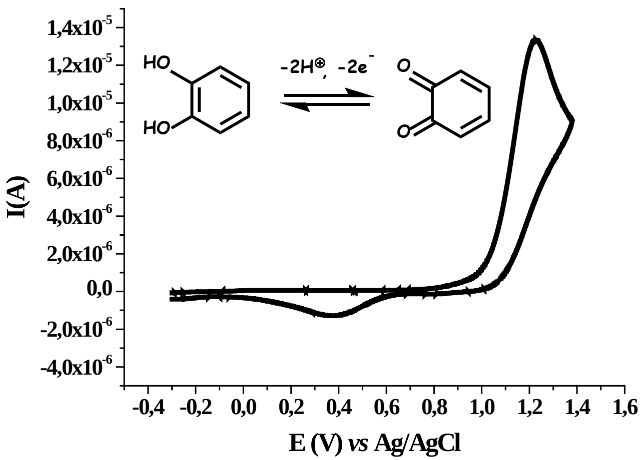




Responsable de la forte adhésion des moules sur les rochers (protéines)

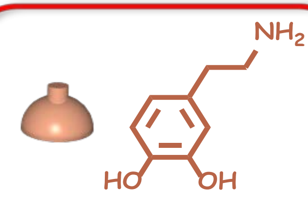
Nombreux avantages :

- ✓ Origine biologique
- ✓ Forte affinité avec le titane
- ✓ Conditions douces (eau, T_{amb})
- ✓ Couches stables en milieux aqueux et turbulents
- ✓ Sonde électrochimique
- ✓ Commerciale
- ✓ Facilement fonctionnalisable



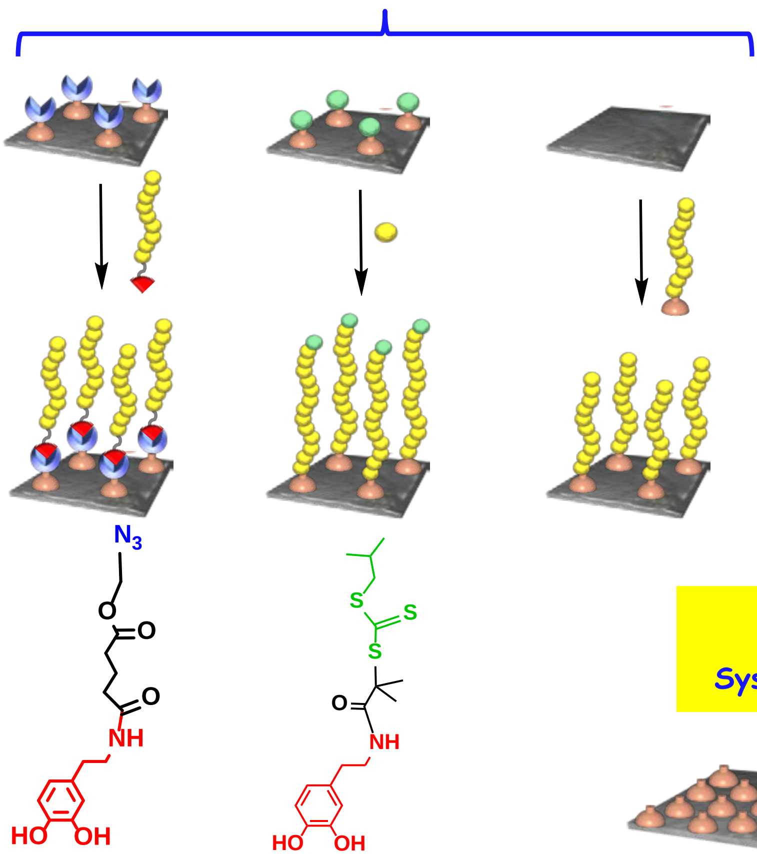
Fonctionnalisations bioinspirées de (bio)matériaux

Chimie de la dopamine



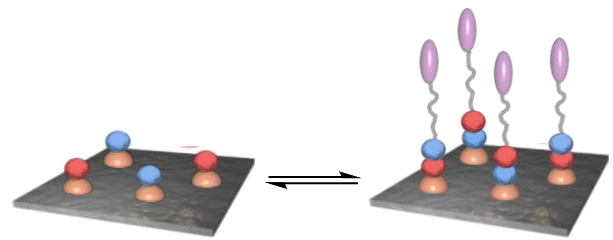
Dopamine

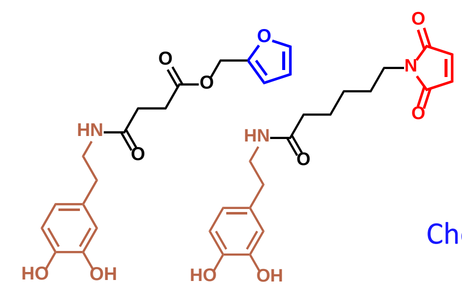
Greffage de (macro)molécules fonctionnalisées



Langmuir **2010**, 26, 15920
Macromolecules **2011**, 44, 5883

Plateformes recyclables thermo-stimulables

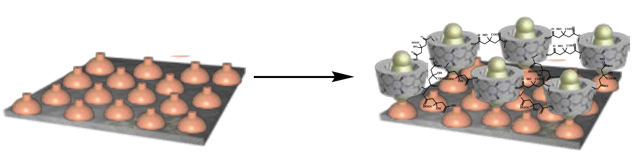


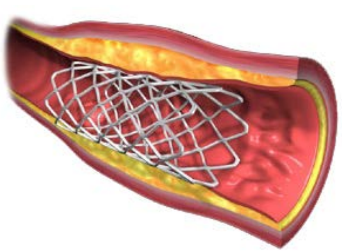


Chem. Mater. **2014**, 26, 3771

Application stent

Système à libération de médicaments

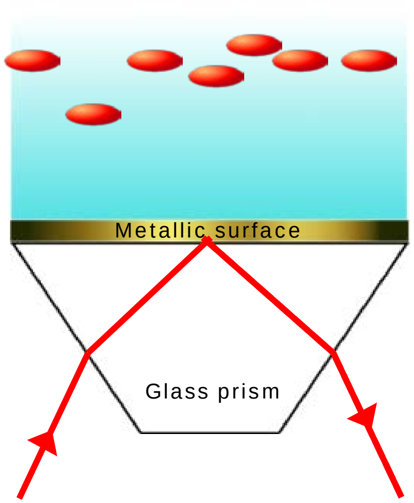


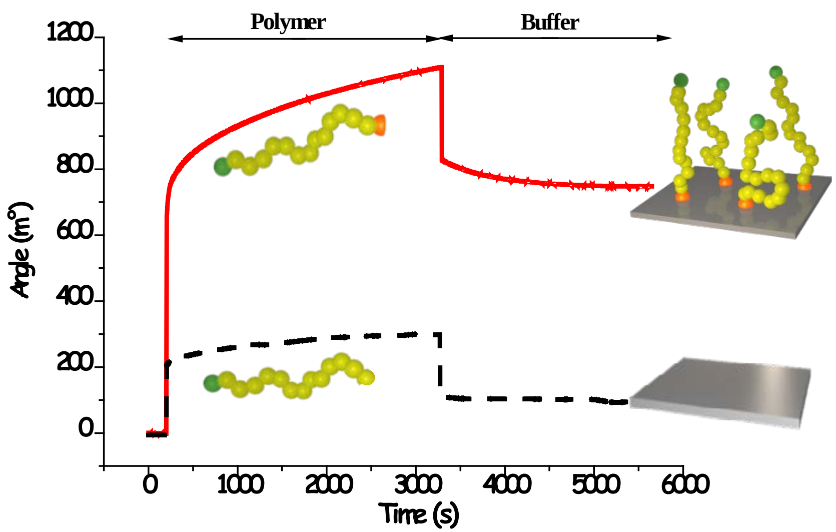


ACS Appl Mater Inter **2014**, 6, 3575
ACS Appl Mater Inter **2015**, asap (doi: 10.1021/acsami.5b02402)

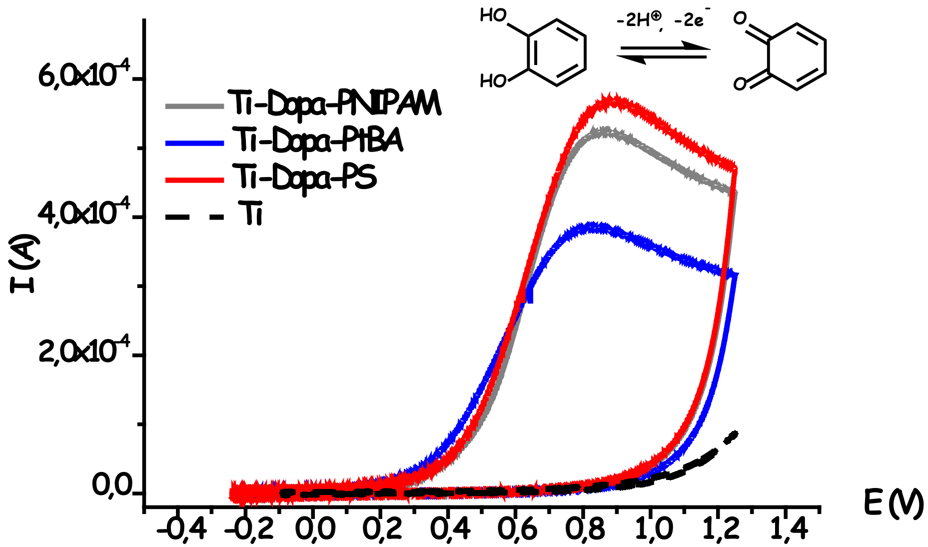
Chimie de la dopamine

Surface Plasmon Resonance (SPR)





Electrochimie

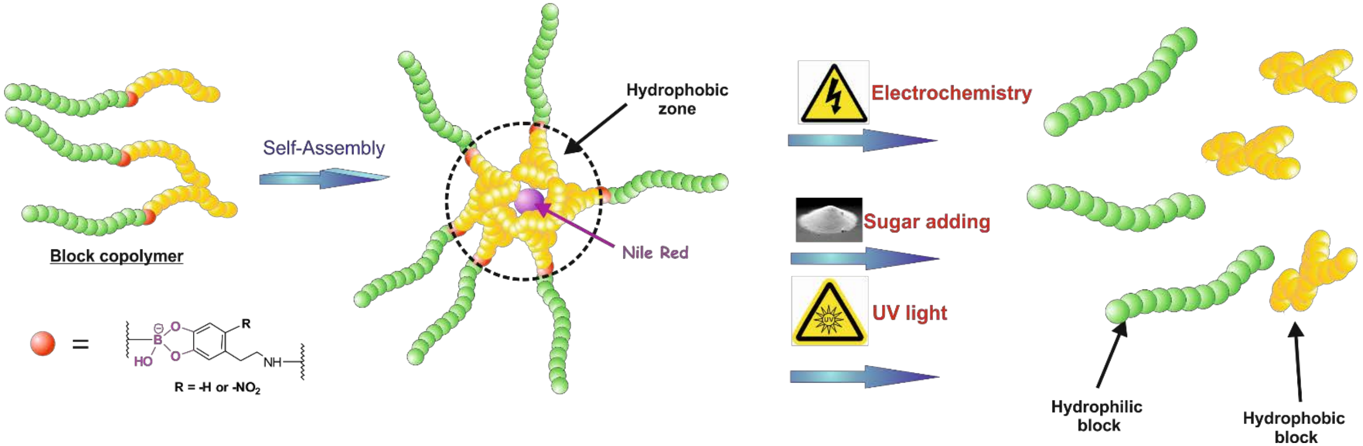


Taux de recouvrement : ~ 10^{14}-10^{15} molécules/cm^2

Autres caractérisations :
- XPS
- Angle de contact
- AFM
- IR, ...

Autres projets

Architectures polymères auto-assemblées multi stimulables



ANR JC DECIMAL

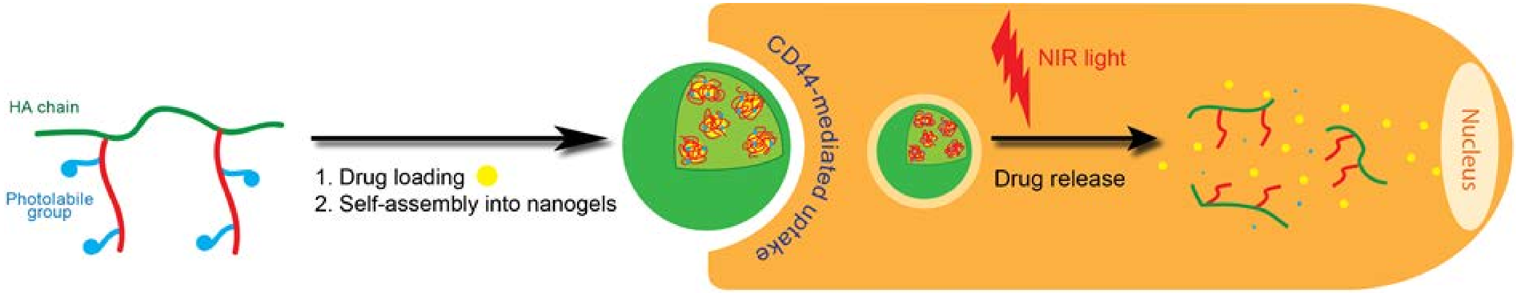
F. Coumes

Nanogels de polysaccharides modifiés par des polymères photo- & thermo-sensibles

➔ pour la libération de principes actifs dans les cellules cancéreuses

ANR OPENER

Coll. R. Auzély



B. Couturaud

Remerciements

Laboratoire :

L. Sambe

C. Zobrist

A. Laquièvre

W. Laure

K. Belal

F. Coumes

B. Couturaud

Collaborateurs :

B. Charleux (Pr, CPE-Lyon -Saint-Gobain)

G. Cooke (Pr, Glasgow)

L. Bouteiller (Dr CNRS UPMC)

F. Stoffelbach (MCF, UPMC)

D. Hourdet (Pr, UPMC)

A. Marcellan (MCF, UPMC)

R. Auzély (Pr, CERMAV)

R. Hoogenboom (Pr, Gent)

Financements :

Agence Nationale de la Recherche ANR

ANR blanc STRAPA (2012-2016)
ANR blanc OPENER (2014-2017)
ANR JCJC DECIMAL (2014-2017)

oséo

Région Nord-Pas de Calais

2 Mers Seas Zeeën INTERREG IV A FRANCE - ENGLAND - VLAANDEREN - NEDERLAND