



Colloque Energie, Nantes, 16-18 novembre 2009- Programme interdisciplinaire Energie- CNRS



CELASOL

**Cellules solaires organiques à bas coût et rendement optimum
par contrôle à l'échelle nanométrique de la couche active**

Coordination:

Bernard RATIER, Johann BOUCLÉ, Ghislain BOLOMA

Institut de recherche XLIM, UMR 6172 CNRS, Université de Limoges



Partenaires

Fabrice ROSSIGNOL, Valérie COUDERT, (SPCTS), UMR 6638 CNRS, ENSCI, Université de Limoges



Renaud DEMADRILLE, Benjamin GREVIN, Structure et Propriétés d'Architectures Moléculaires (SPrAM), UMR 5819 (CEA, CNRS, UJF Grenoble), 17, rue des Martyrs, 38054 GRENOBLE cedex



Objectifs

Réaliser des cellules à rendement optimum par **contrôle de la morphologie de la couche active à l'échelle nanométrique**

Partenariat/Tâches

□ Réalisation et caractérisation des cellules (XLIM)

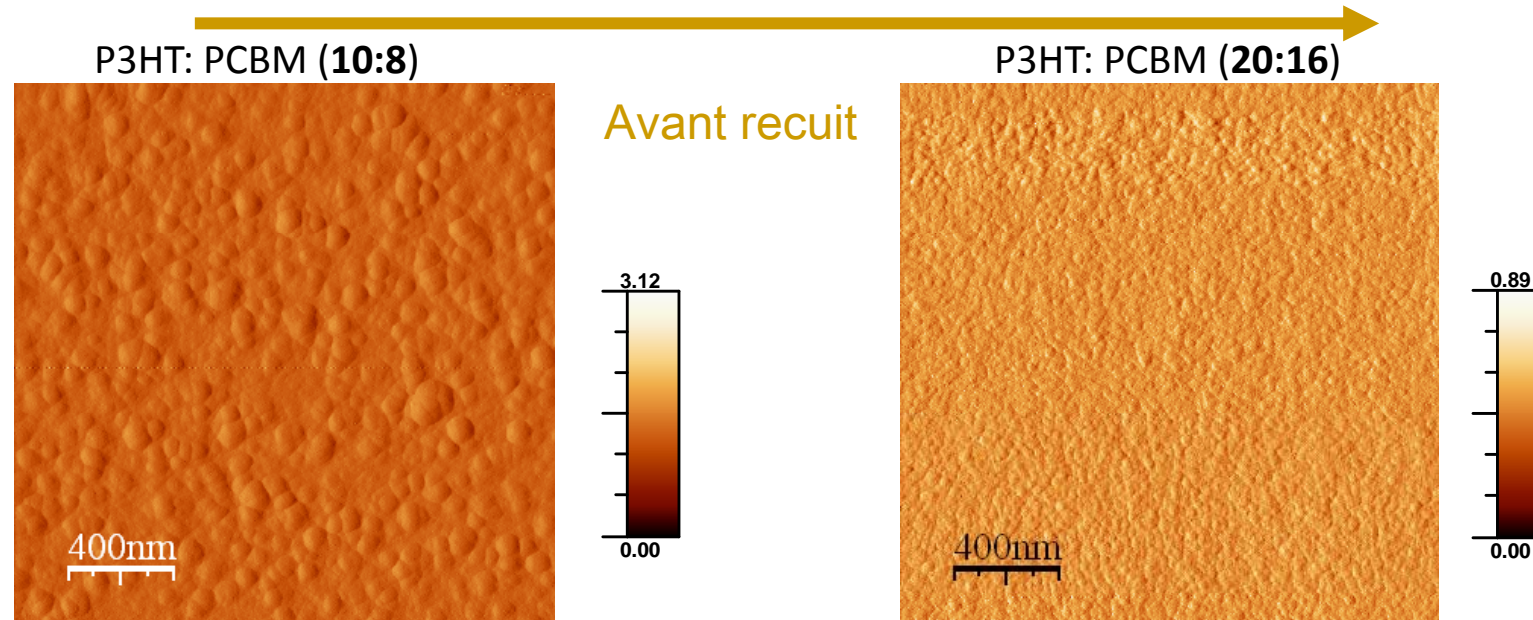
- optimisation de l'Architecture de la cellule et travail sur les électrodes
- **contrôle de la nanostructure de la couche active par la formulation des mélanges P3HT-PCBM et molécules modèles (synthèse SPrAM)**

□ Caractérisation fine des cellules et de leur fonctionnement (SPCTS, SPrAM)

- étude des propriétés d'auto-organisation par **AFM et AFM non contact sous ultra-vide en résolution sub-moléculaire.**
- **cartographie de courants par AFM** dans des conditions d'illumination simulant un spectre solaire et des mesures du potentiel électrique local de surface par **microscopie à sonde de Kelvin.**

Contrôler la nanostructure: formulation des mélanges P3HT-PCBM

Concentration P3HT:PCBM (mg/mL Chlorobenzène)



domaines ~ 100 nm

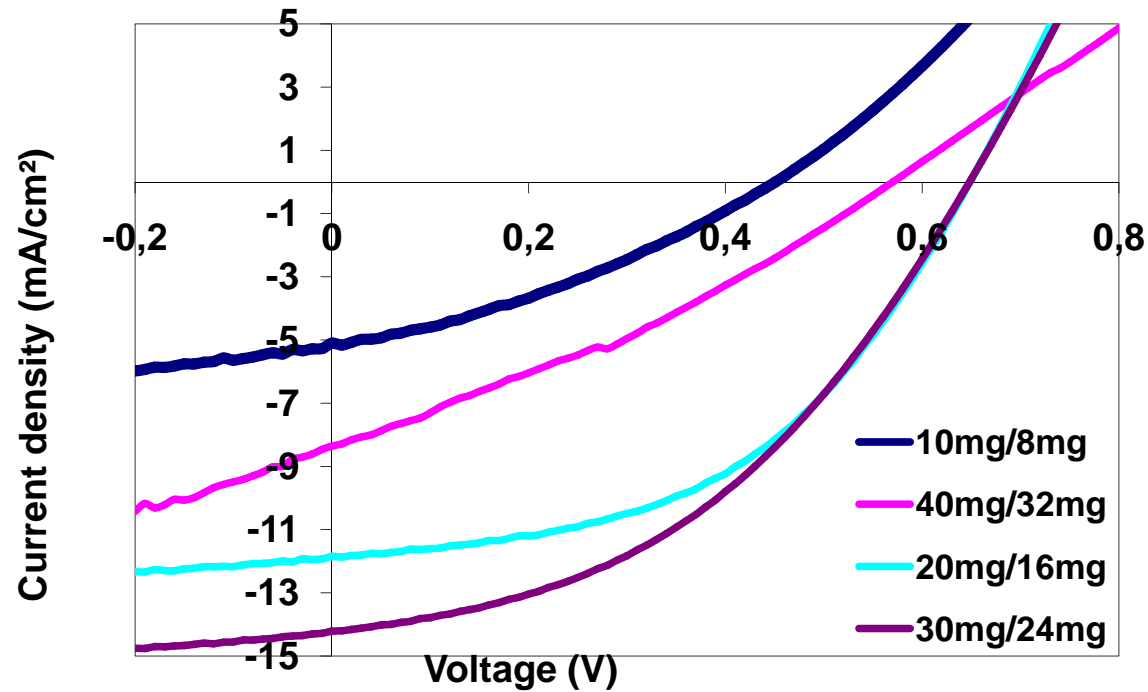
domaines ~ 10 nm

On peut contrôler la taille des domaines en agissant sur

- la concentration
- le mode opératoire
- le recuit

R. Radbeh et all:
En cours de révision Nanotechnology

Effet de la concentration: conséquence sur les cellules solaires



10 mg P3HT/ 8 mg PCBM; $r=0,95$ %, $FF=0.33$

20 mg P3HT/ 16 mg PCBM; $r=3,9$ %, $FF=0.48$

30 mg P3HT/ 24 mg PCBM; $r=4,12$ %, $FF=0.43$

40 mg P3HT/ 32 mg PCBM; $r=1.56$ %, $FF=0.32$

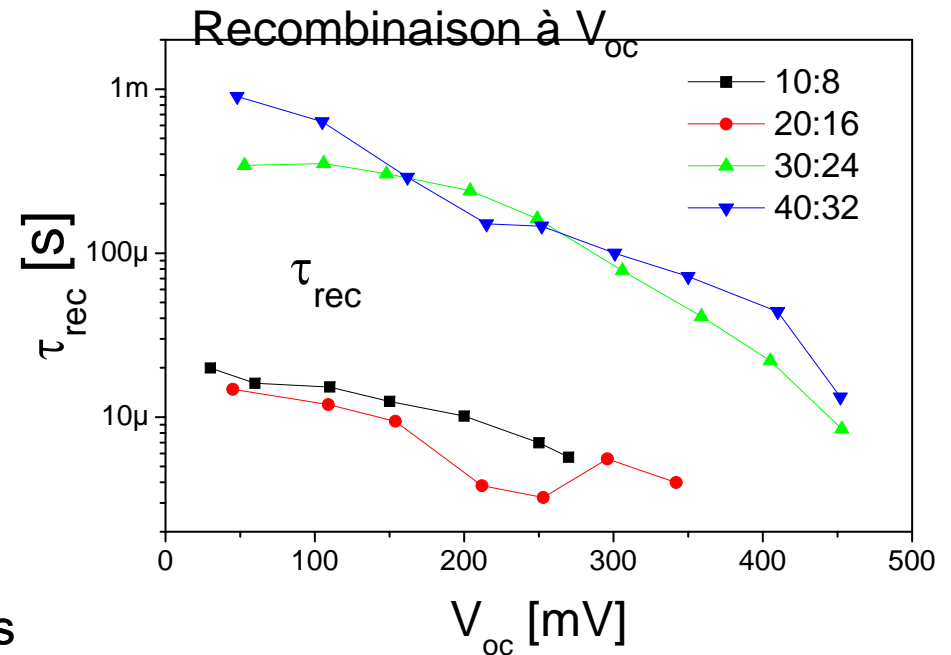
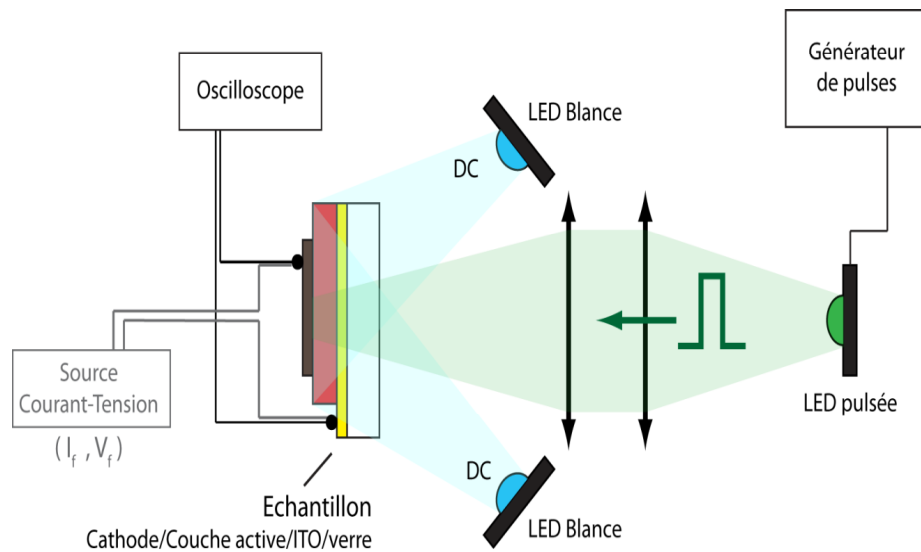
Concentration du mélange: Phototensions résolues en temps

R. Rabdeh et al. (nanotechnology)

⇒ **Cinétique de recombinaison**

→ Décroissance TPV = **recombinaison bimoléculaire** $\frac{\partial n}{\partial t} = -k_{rec}np$

Influence de $Conc_{(P3HT+PCBM)}$ dans le chlorobenzène avec P3HT:PCBM = 1:0,8 (wt%)

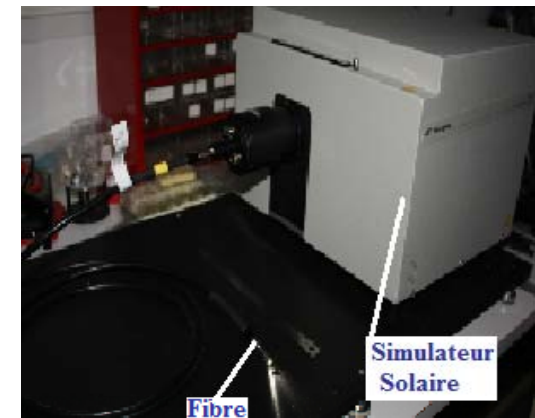
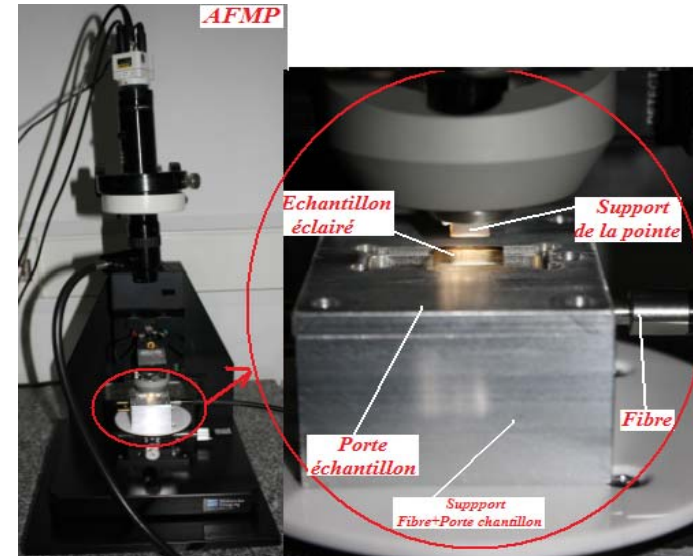
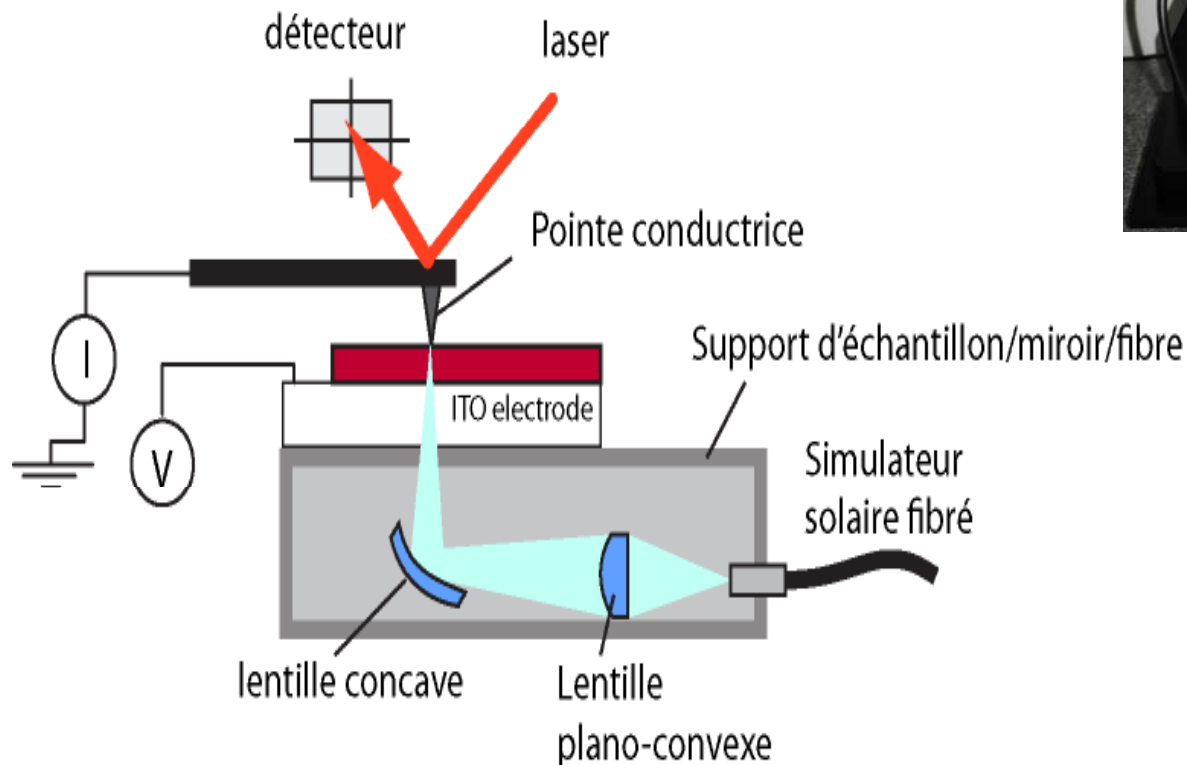


- Contrôle effectif de la taille des domaines
- Diminution des recombinaisons bimoléculaires aux fortes concentrations: meilleure séparation de phase et meilleure percolation des charges

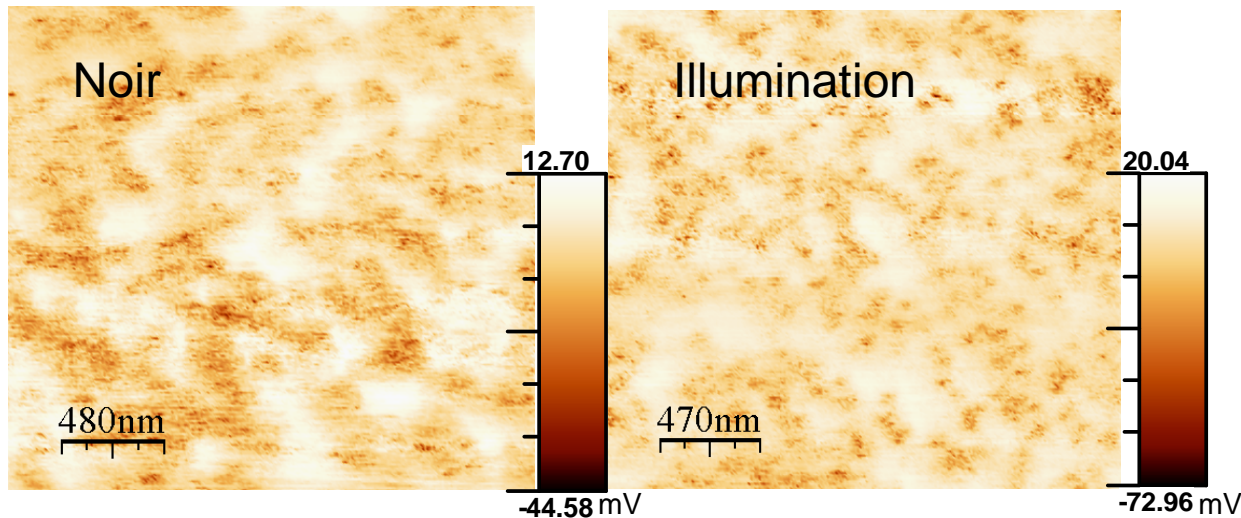
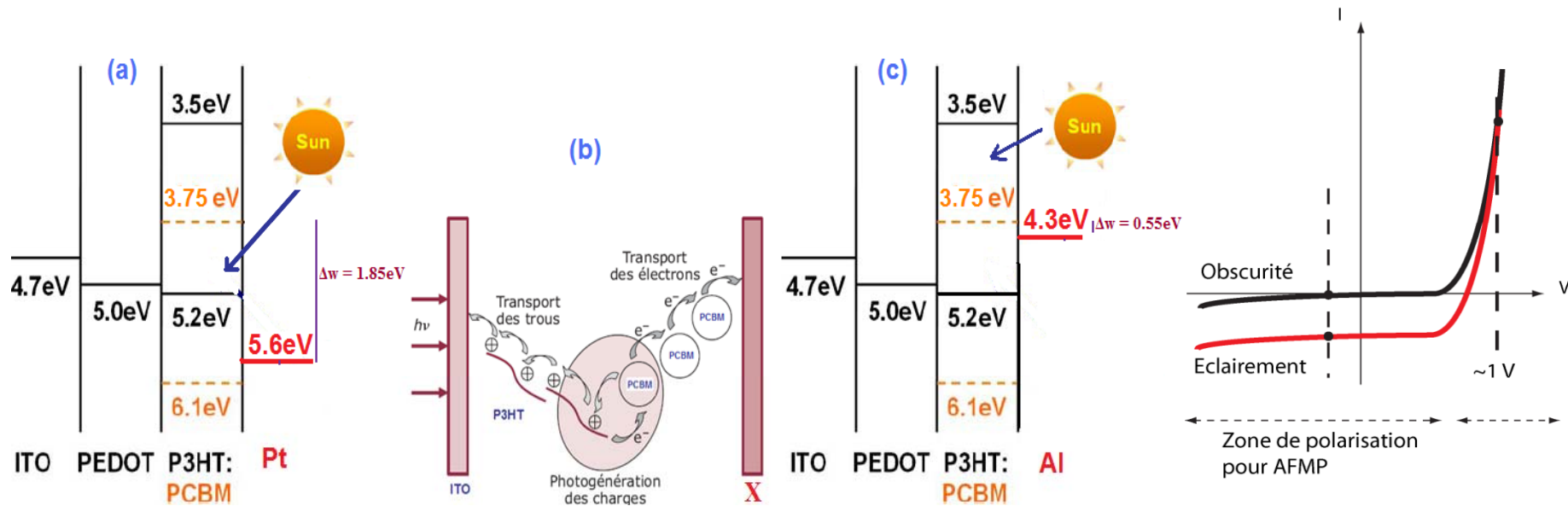
Cartographie des courants photogénérés (CS-AFM) XLIM/SPCTS

Pouvoir corréler la topographie mode contact
et la cartographie de courant sous illumination

- ☐ simulateur AM1.5 fibré
- ☐ monochromateur
- ☐ platine AFM conventionnelle



Cartographie des courants photogénérés



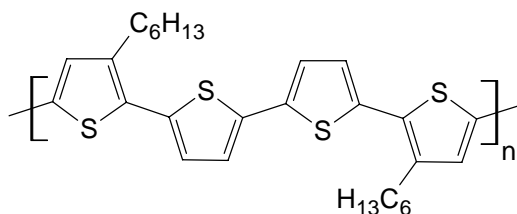
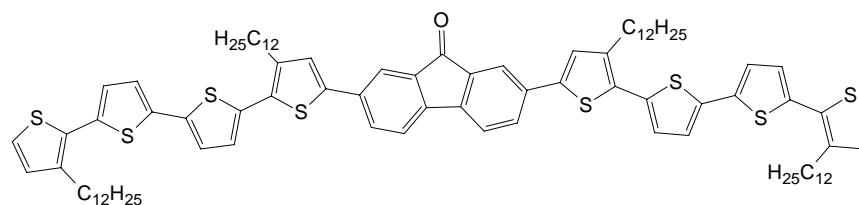
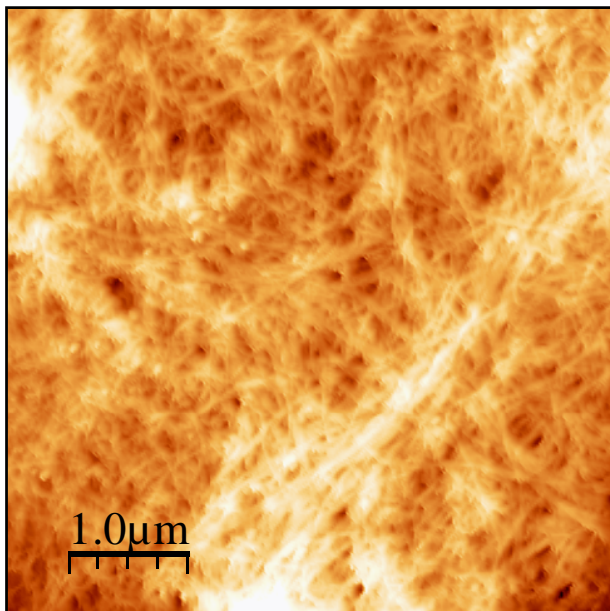
Validation du banc de mesure

Problèmes à résoudre:

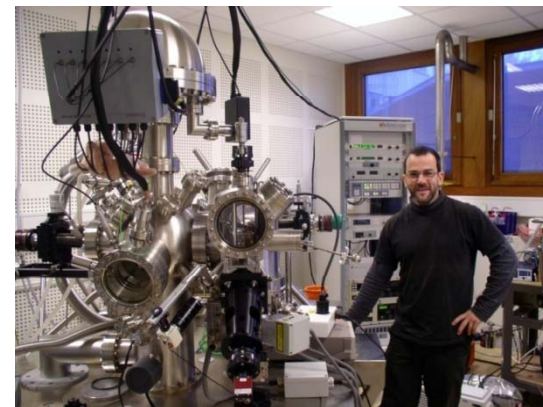
- ramener la polarisation de la pointe dans le domaine PV
- déterminer l'impédance de la chaîne de mesure (achat d'un résiscope envisagé)

Etude des propriétés d'auto-organisation par AFM et AFM non contact sous ultra-vide SPrAM

Etude de polymères et de petites molécules modèles (thiophène- fluorénone)

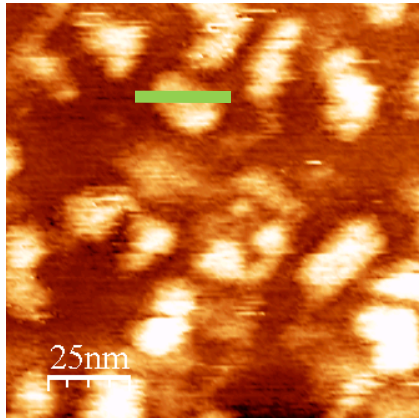


**Nanostructure fibrillaire obtenue avec PQT₆
(couche déposée sur HOPG)**



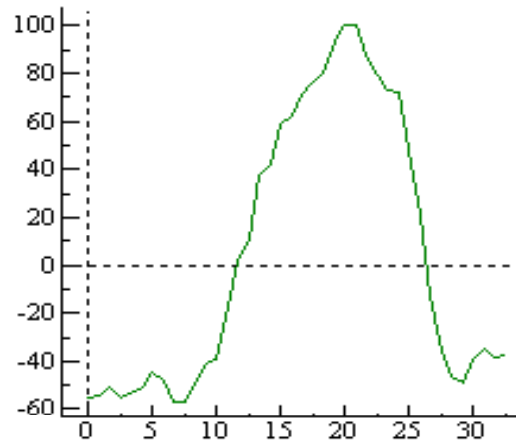
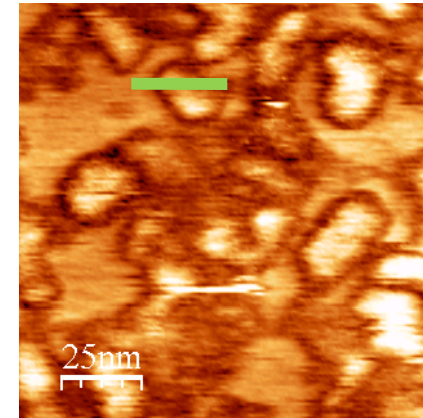
Scanning Kelvin Probe Microscopy (SKPM) SPrAM

noir

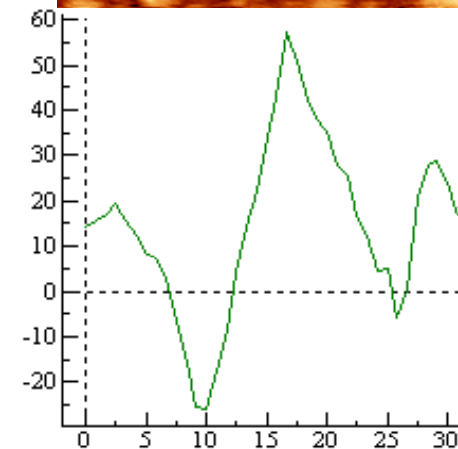


P3HT:PCBM
Contact Potential Difference
Direct Comparison
150nm x 150nm

Laser 532nm/ 5mW



CPD Line Profile
x axis: nm
Y axis: mV



Visualisation par SKPM des domaines donneurs et accepteurs dans le noir et sous illumination avec une résolution jusqu'alors jamais atteinte sur des mélanges optimisés

Conclusion et perspectives

Contrôle de la morphologie de la couche active

- par formulation des mélanges en solution dans le solvant (P3HT-PCBM)
- effet direct sur les performances des cellules solaires, avec des cellules solaires à l'état de l'art (rendements moyens autour de 5 %)
- caractérisation des temps de recombinaison (photo-tensions résolues en temps)

Imagerie AFM

- faisabilité du banc de cartographie de courants AFM avec les premières images
- premières images des mélanges en SKPM avec une résolution exceptionnelle

Perspectives

- modélisation et interprétation des résultats AFM (SKPM et CS-AFM)
- polymères et petites molécules modèles
- effets des électrodes et couches d'interfaces