



Laboratoire de Spectrométrie Physique



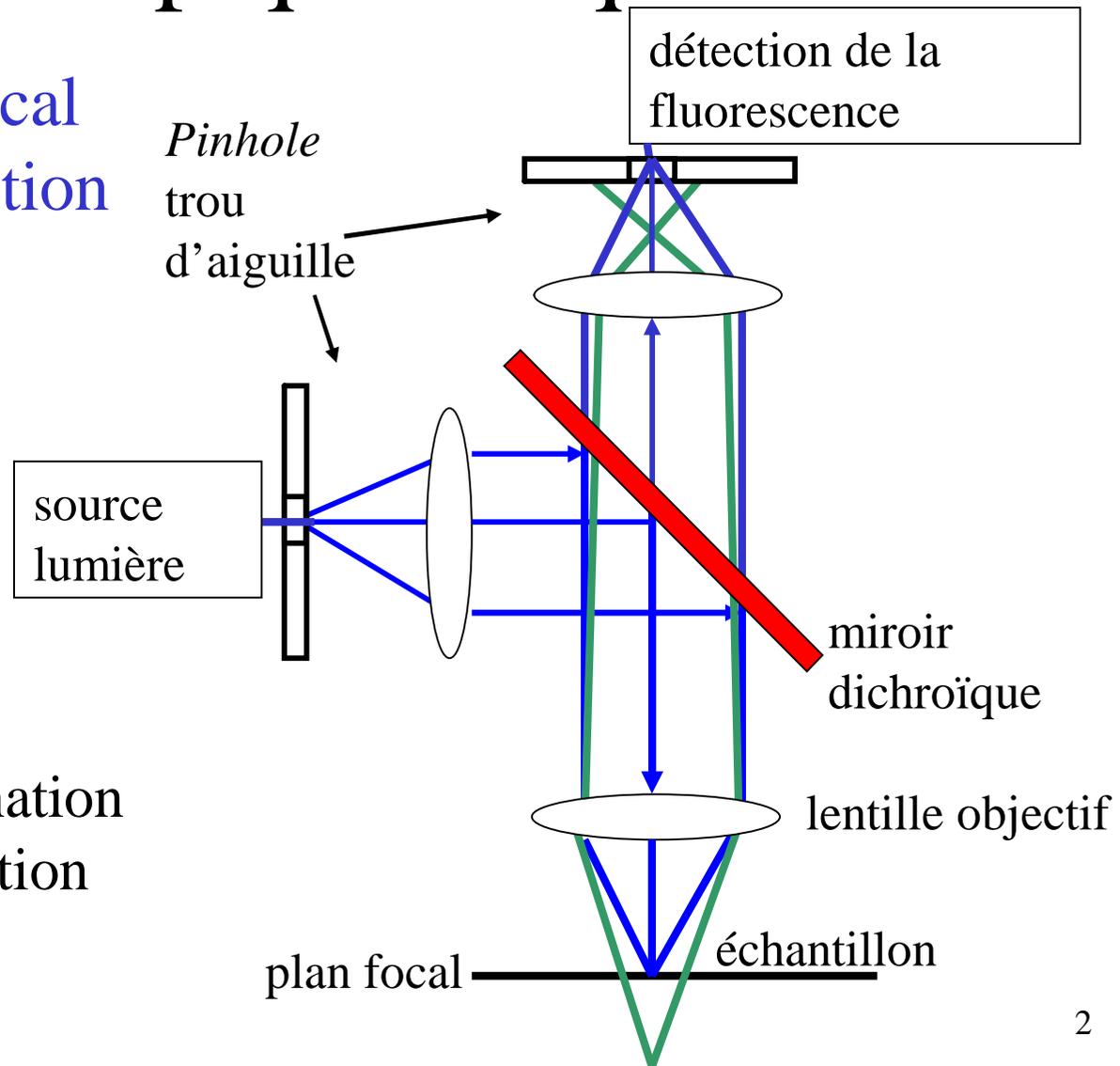
Détection d'objets nanoscopiques uniques en microscopie confocale

Dimitri Charrier

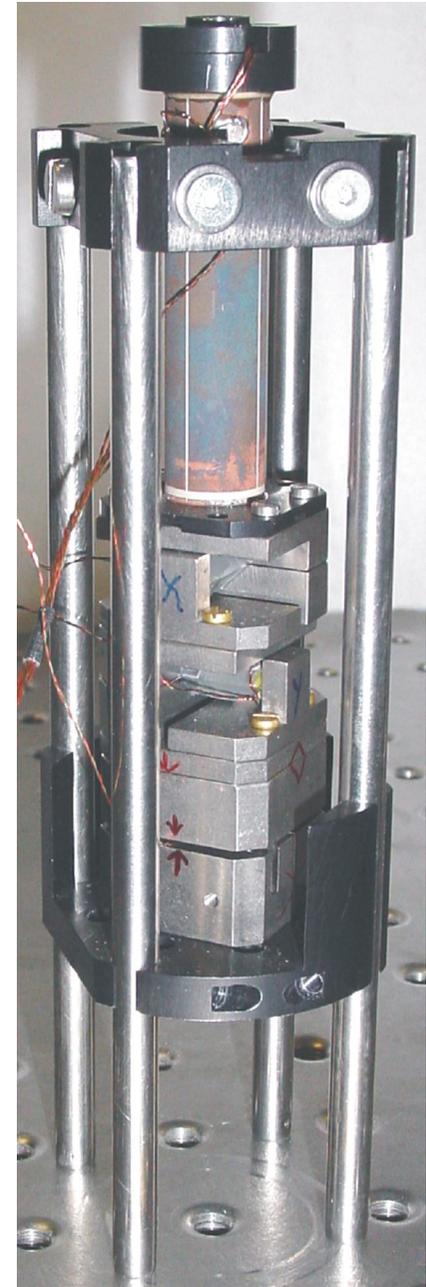
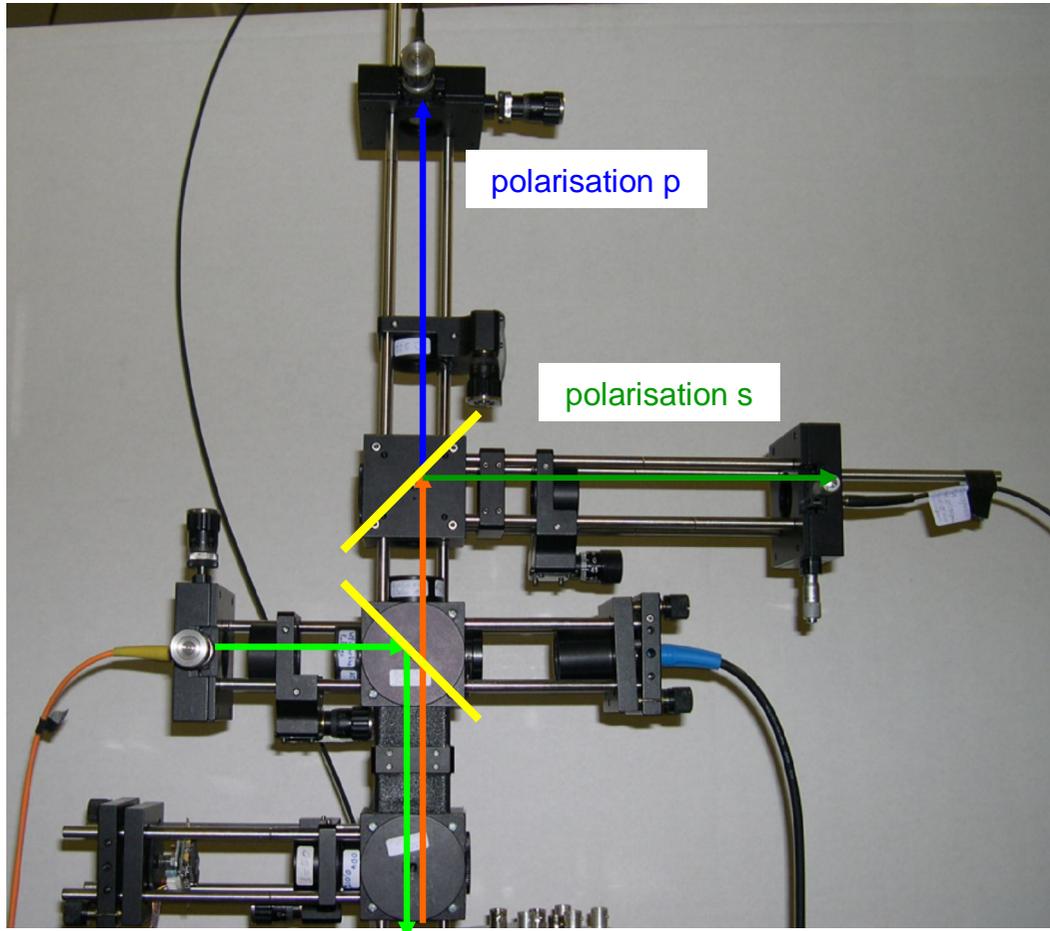
M. Nasse, S. Huant, J. C. Woehl

Comment visualiser un objet nanoscopique unique ?

Microscope confocal
Excitation et collection
par pinhole



Petit volume d'illumination
Petit volume de collection



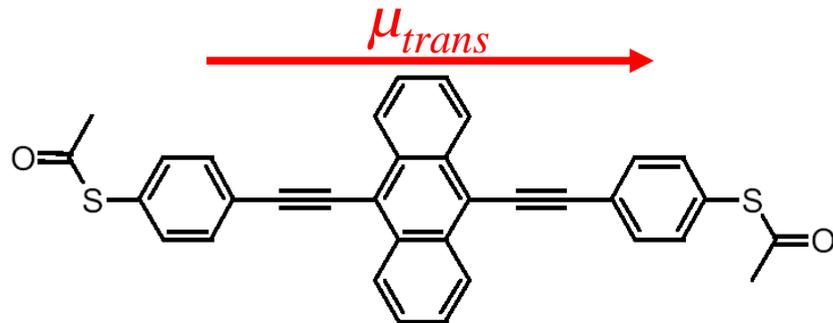
Module de déplacement

Microscope confocal: pour quoi faire?

- **Imagerie :**
 - Localiser objets uniques
- **Trace temporelle :**
 - Clignotement
 - Blanchiment
- **Étude en polarisation :**
 - Orientation

Échantillons

Molécules dérivées de l'anthracène

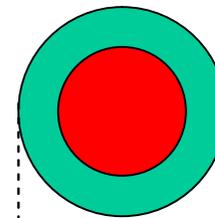


Symétrique [9,10-Bis((2'-para-mercaptophenyl)-ethinyl-anthracene)

$$\Phi_{fl} \approx 0,6$$

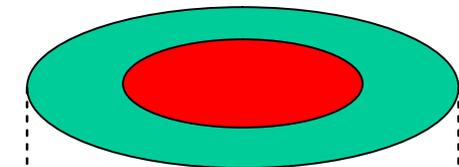
$$\sigma_{abs} \approx 5 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2$$

Nanocristaux
semiconducteurs



4 nm

Nanorods



20 nm

Cœur : CdSe

Coquille : ZnSe

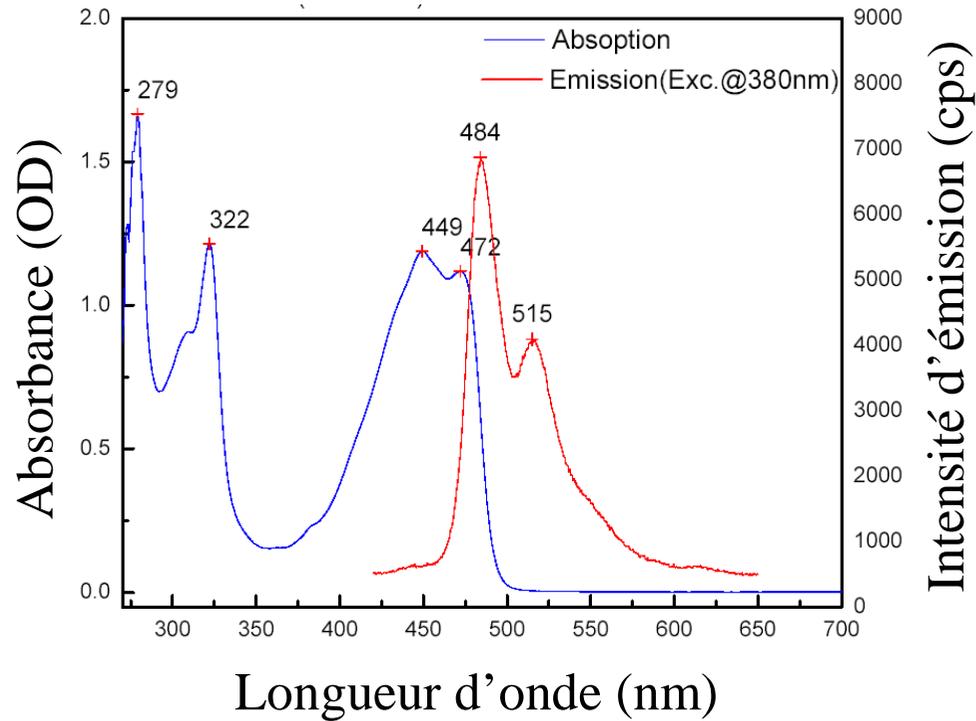
$$\Phi_{fl} \approx 0,7$$

$$\sigma_{abs} \approx 1 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^2$$

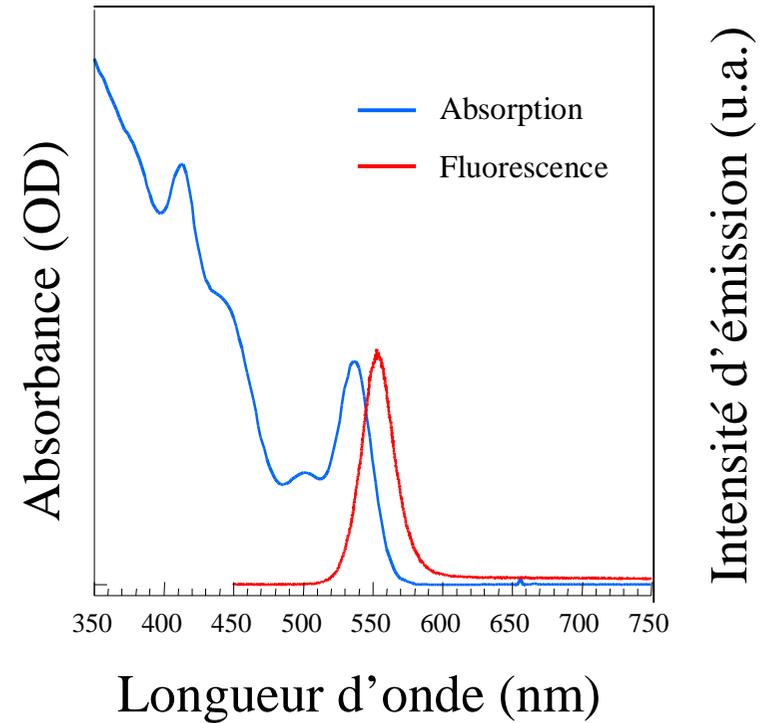
Dans une matrice de PMMA

Spectres d'absorption-fluorescence

Molécules dérivées de l'anthracène



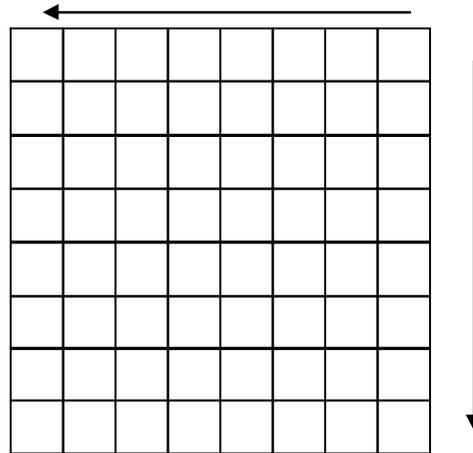
Nanocristaux



Images

- Imagerie de reconstruction par balayage

Ex 8x8 pixels

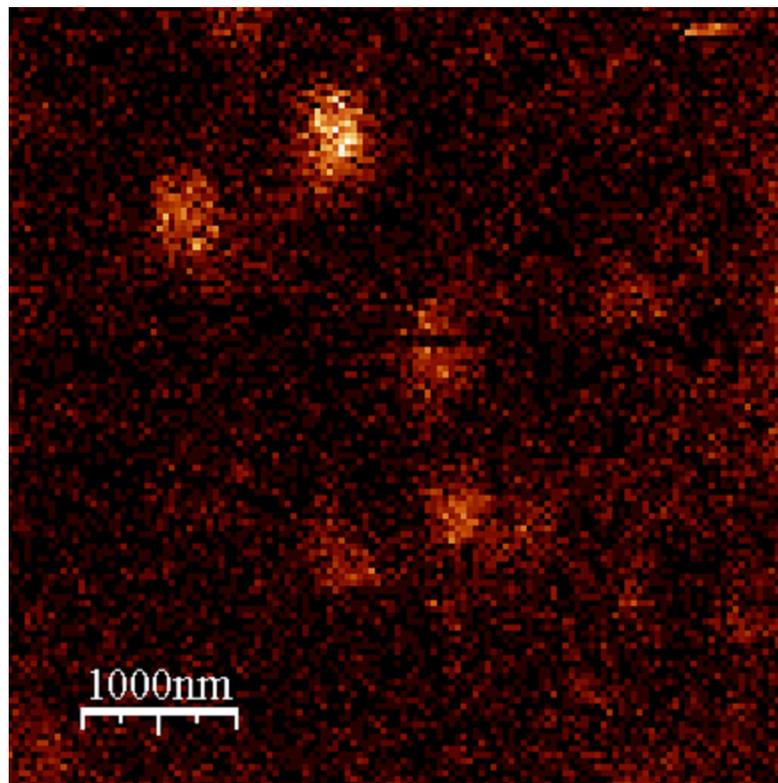


- Paramètres:
 - Objectif (X40 ou X100 à huile)
 - Densité d'excitation D (W / cm^2)
 - Polarisation du faisceau (linéaire ou circulaire)
 - Taille de l'image ($3 \mu m$ à $15 \mu m$)
 - Temps d'intégration ($1 ms$ à $100 ms$)

Molécules dérivées de l'anthracène

Clignotement

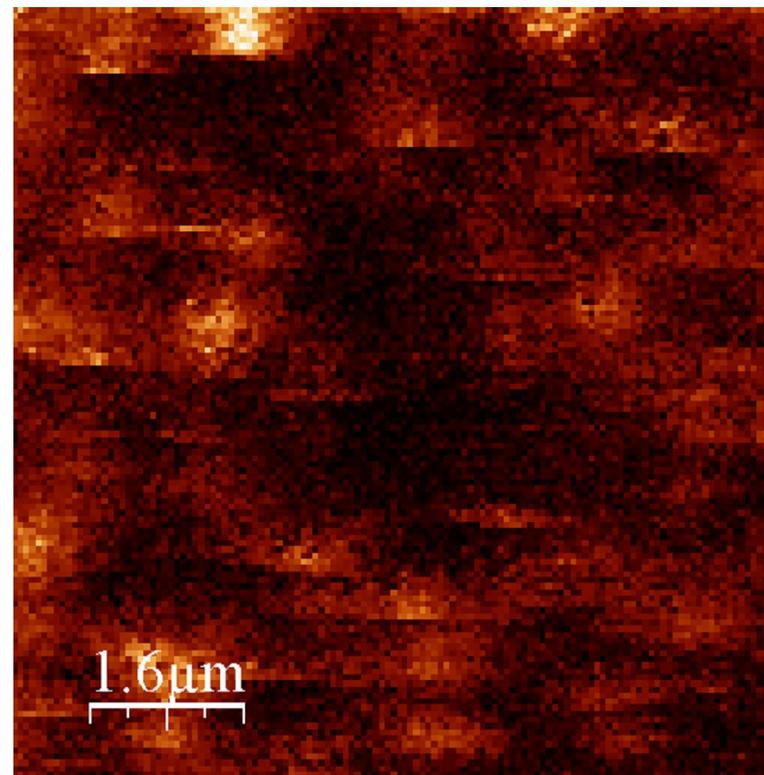
$D=313 \text{ W/cm}^2$



4 ms d'intégration / pixel

Photoblanchiment

$D=1,78 \text{ kW/cm}^2$

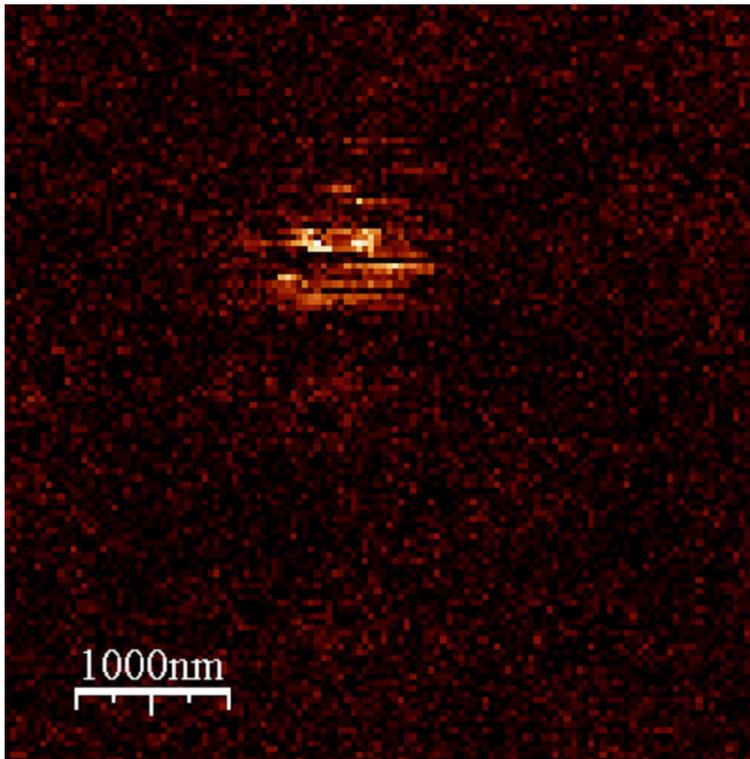


3 ms d'intégration / pixel

Nanorod de CdSe

Clignotement

$D=90,8 \text{ W/cm}^2$

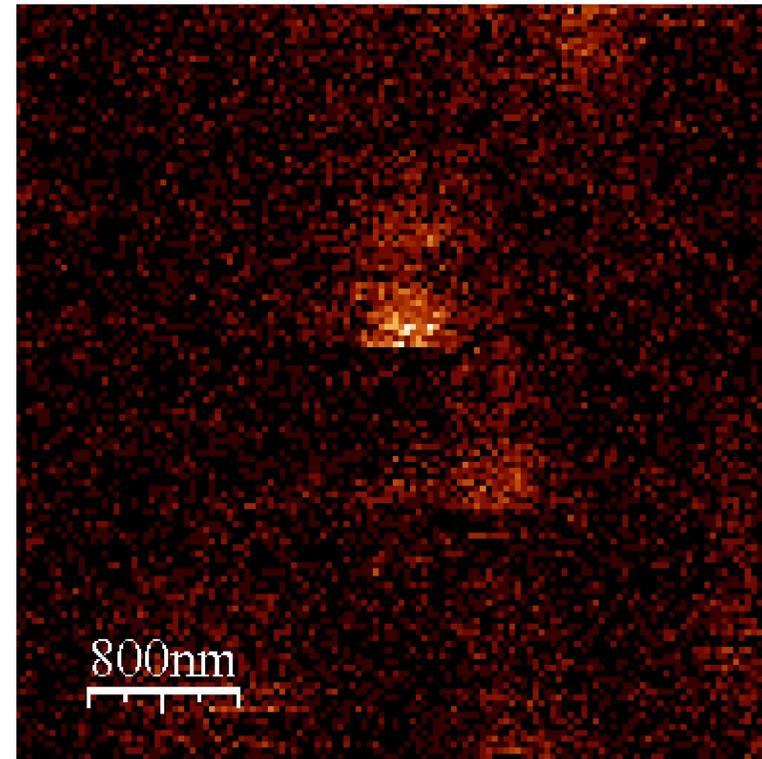


3 ms d'intégration / pixel

Nanocristal de CdSe

Blanchiment ?

$D=153,6 \text{ W/cm}^2$



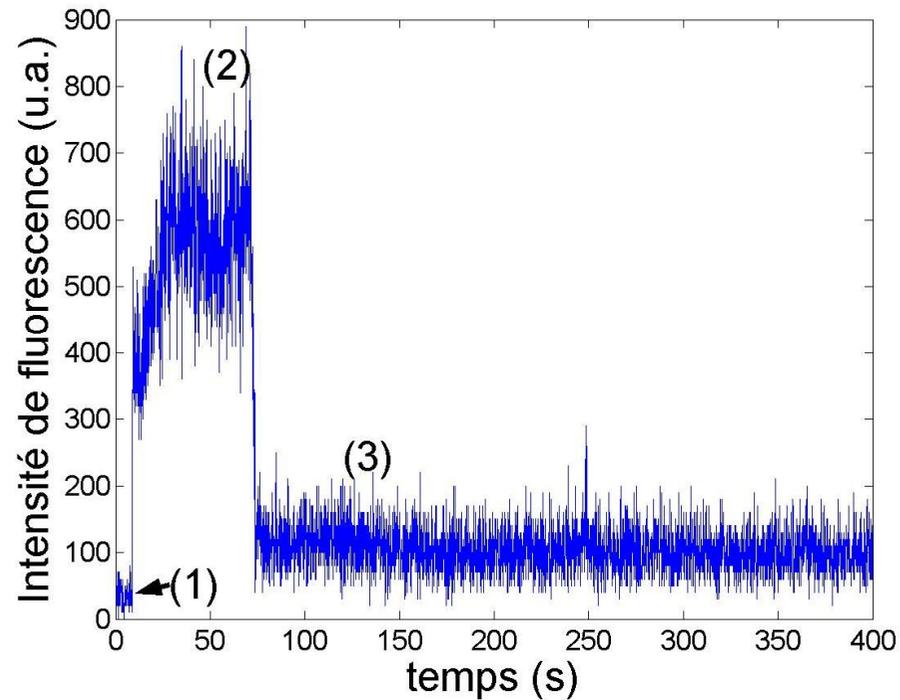
2 ms d'intégration / pixel

Traces temporelles

- Objets uniques localisés en imagerie
- Émission temporelle de fluorescence d'objet unique
 - clignotement
 - photoblanchiment

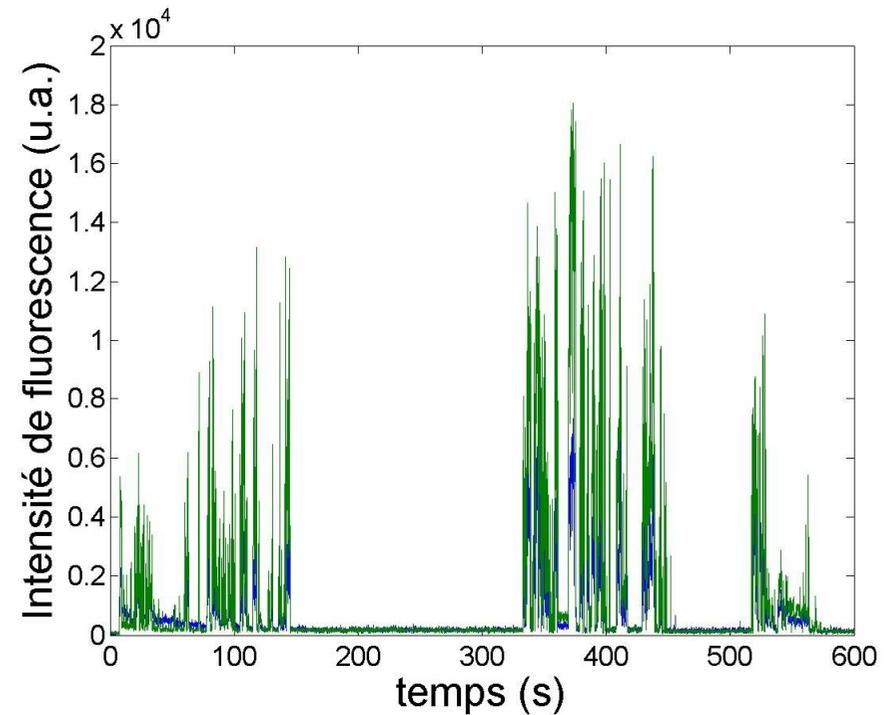
Exemples de traces temporelles

Molécules dérivées
de l'anthracène

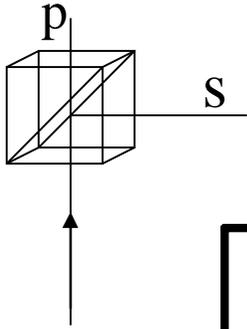


$D=313 \text{ W/cm}^2$

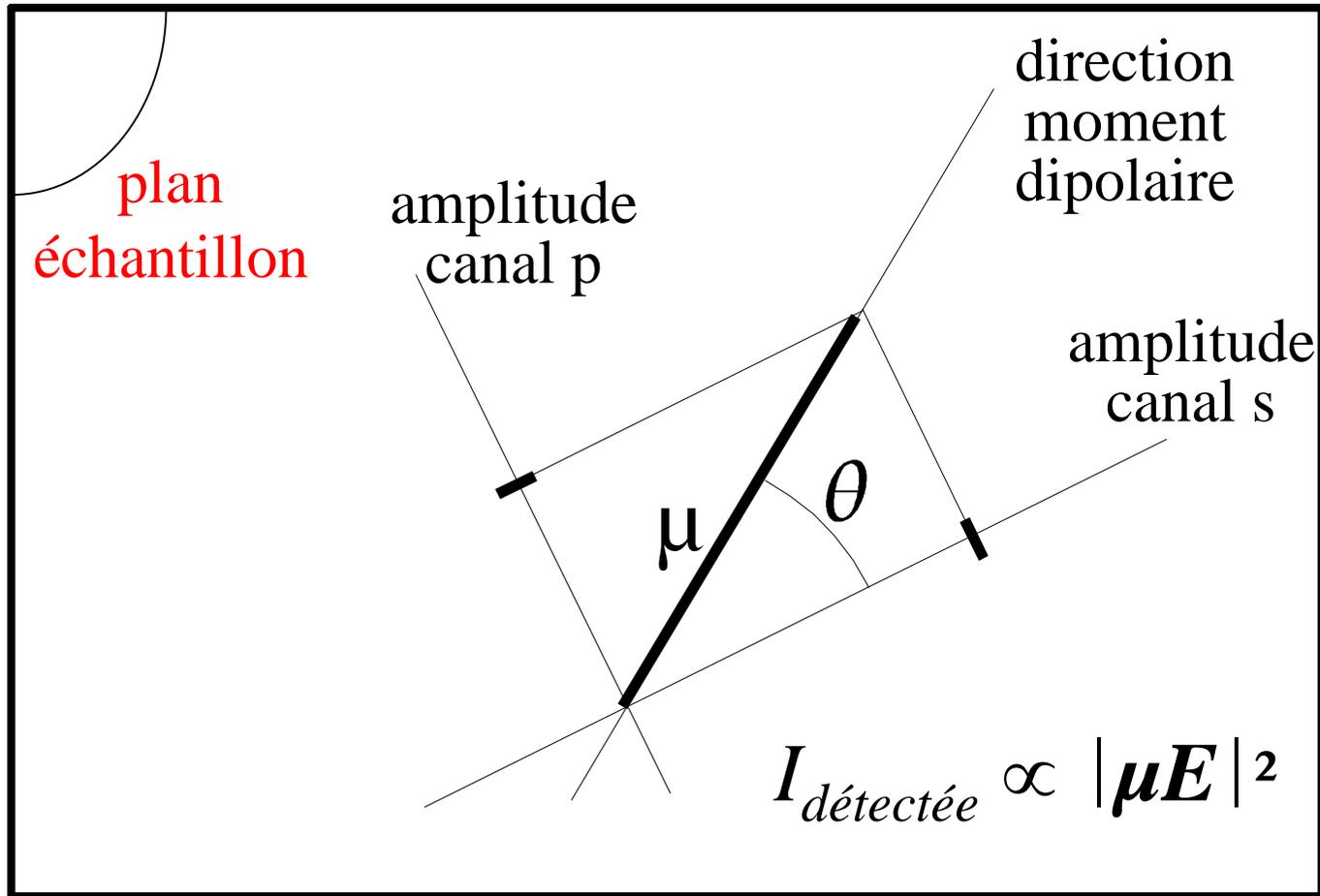
Nanorod de CdSe



$D=90,8 \text{ W/cm}^2$



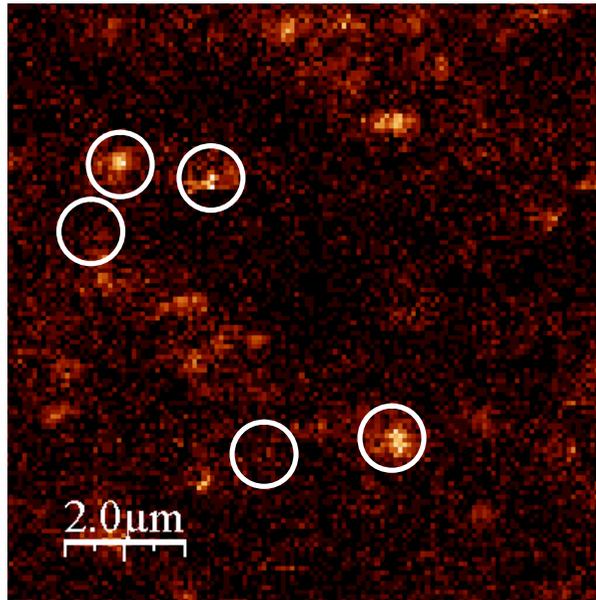
Étude en polarisation



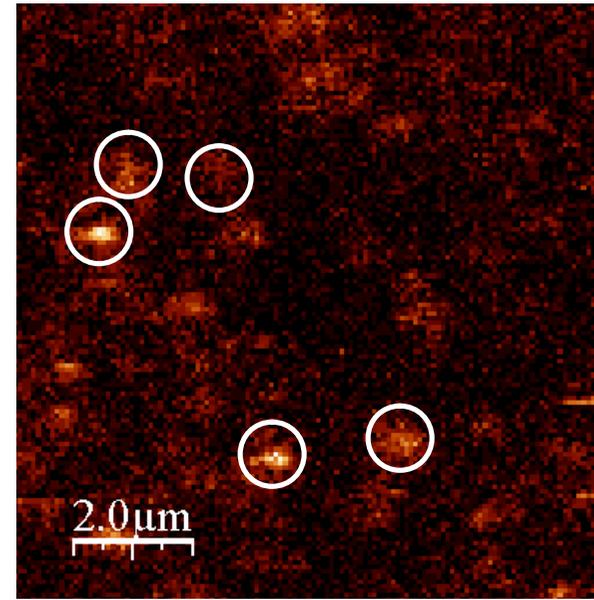
Angle déterminé par : $\theta = \arccos\left(\frac{s}{\sqrt{p^2 + s^2}}\right)$

Molécules dérivées de l'anthracène

polarisation s



polarisation p



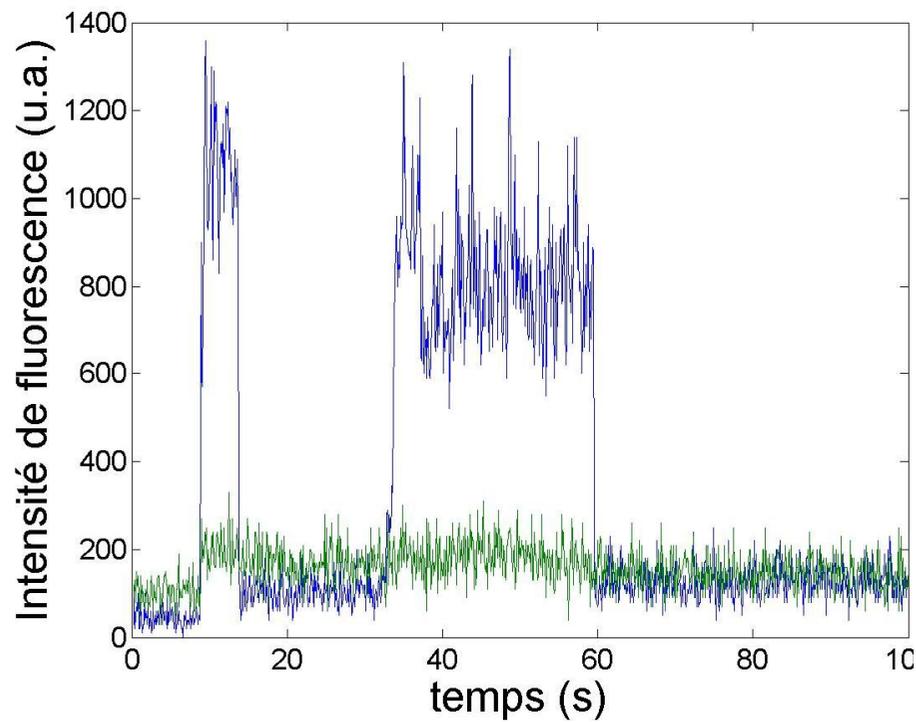
$D=148,5 \text{ W/cm}^2$

3 ms d'intégration / pixel

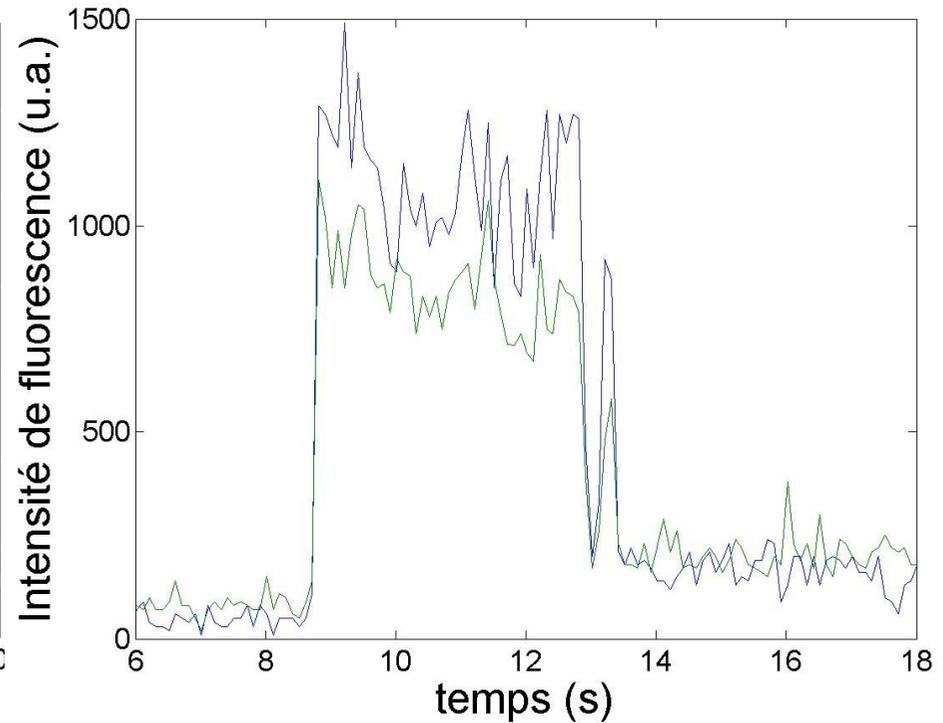
Traces temporelles double canaux Molécules dérivées de l'anthracène

polarisation p

polarisation s



$D=205.3 \text{ W/cm}^2$

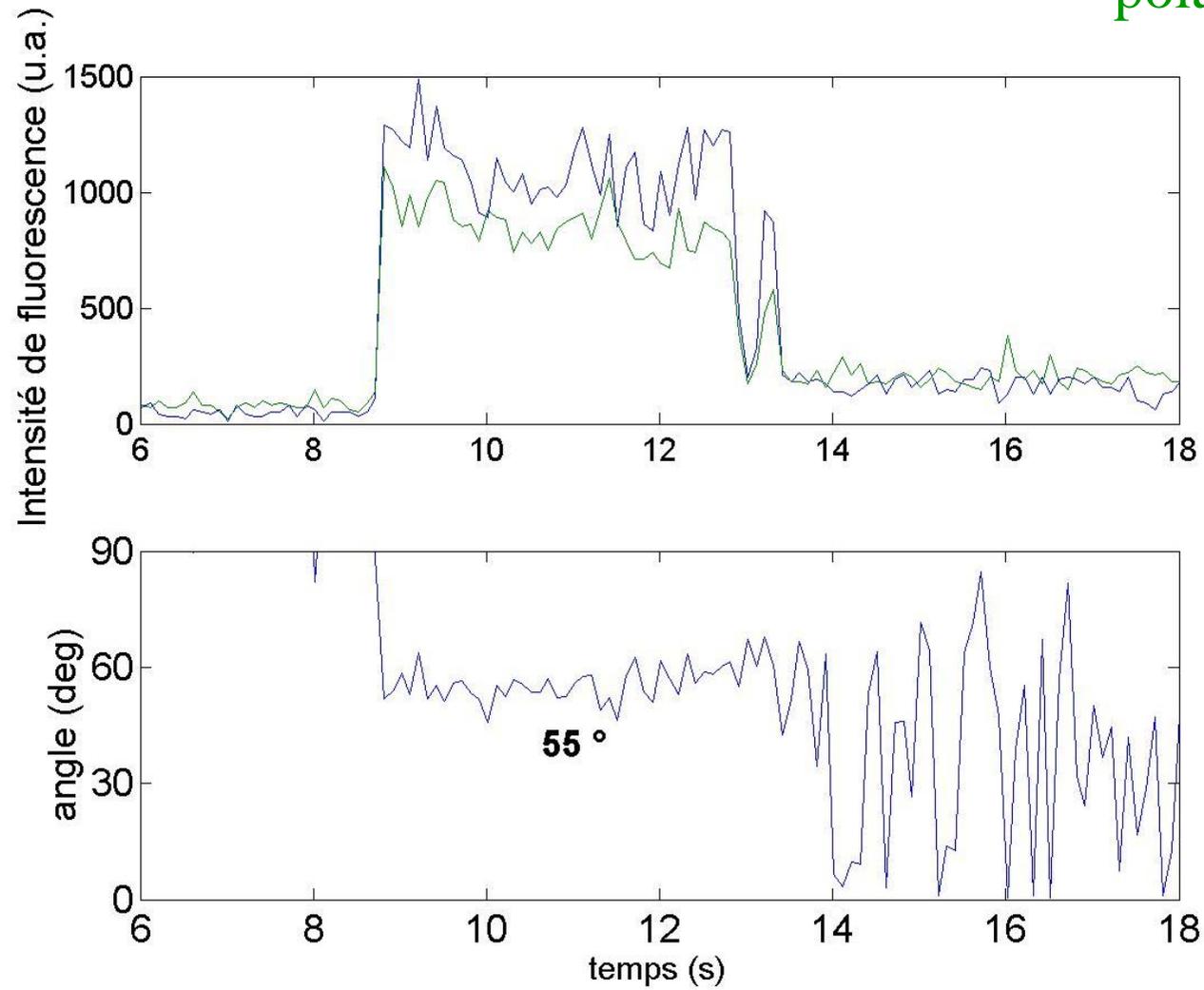


$D=326.7 \text{ W/cm}^2$

molécule unique

polarisation p

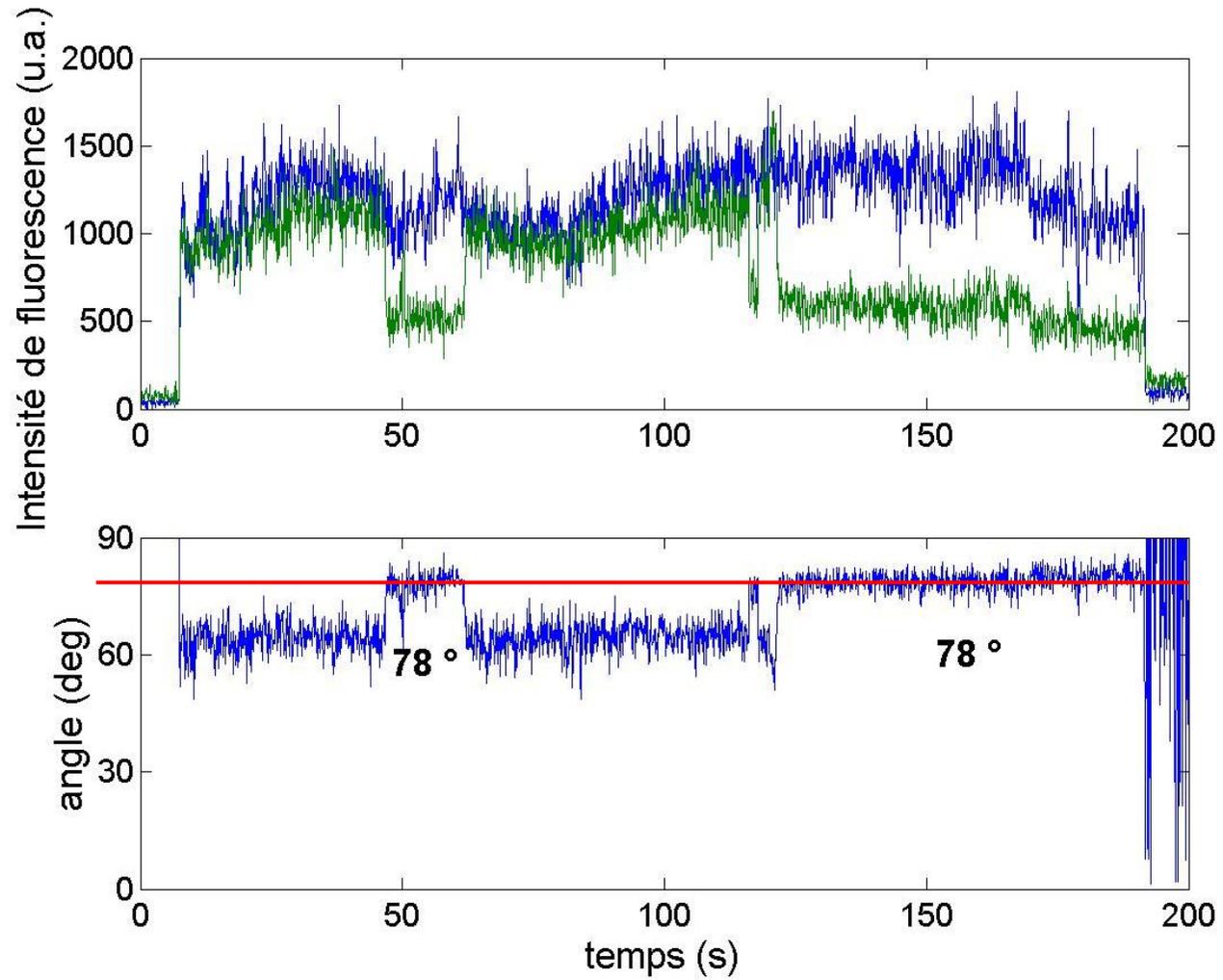
polarisation s



2 molécules ?

polarisation p

polarisation s



Conclusions

Caractéristiques d'un objet unique :

- Clignotement
- Blanchiment
- Orientation du moment dipolaire

Caractérisation des échantillons par des :

- Images
- Traces temporelles
- Études en polarisation

Capable de voir objets uniques

Perspectives

Possibilité de caractériser de nouveaux matériaux

- Nanorods de CdSe, en polarisation

- Travail à basse T

- Étude des molécules sans matrice

- ...

Amélioration du modèle mathématique pour l'estimation de l'orientation du moment dipolaire

Remerciements

- Jörg C. Woehl
- Serge Huant
- Michael Nasse
- Nicolas Chevalier
- Jean-François Motte

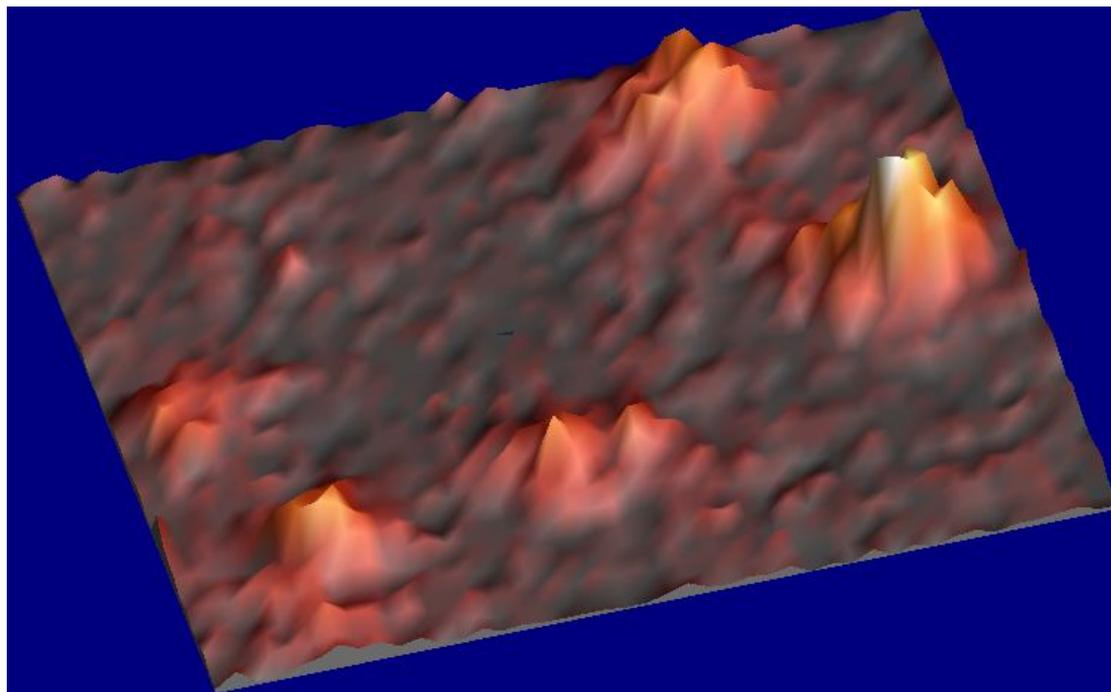


Image de fluorescence
Molécules dérivées d'anthracène

