

Sondes actives à base de nanocristaux individuels de CdSe pour l'optique en champ proche

N. Chevalier, M. J. Nasse, Y. Sonnefraud

J.F. Motte, J.C. Woehl, S. Huant

Laboratoire de Spectrométrie Physique, UJF Grenoble et CNRS



Laboratoire de Spectrométrie Physique



P. Reiss, J. Bleuse, F. Chandezon

DRFMC/CEA Grenoble



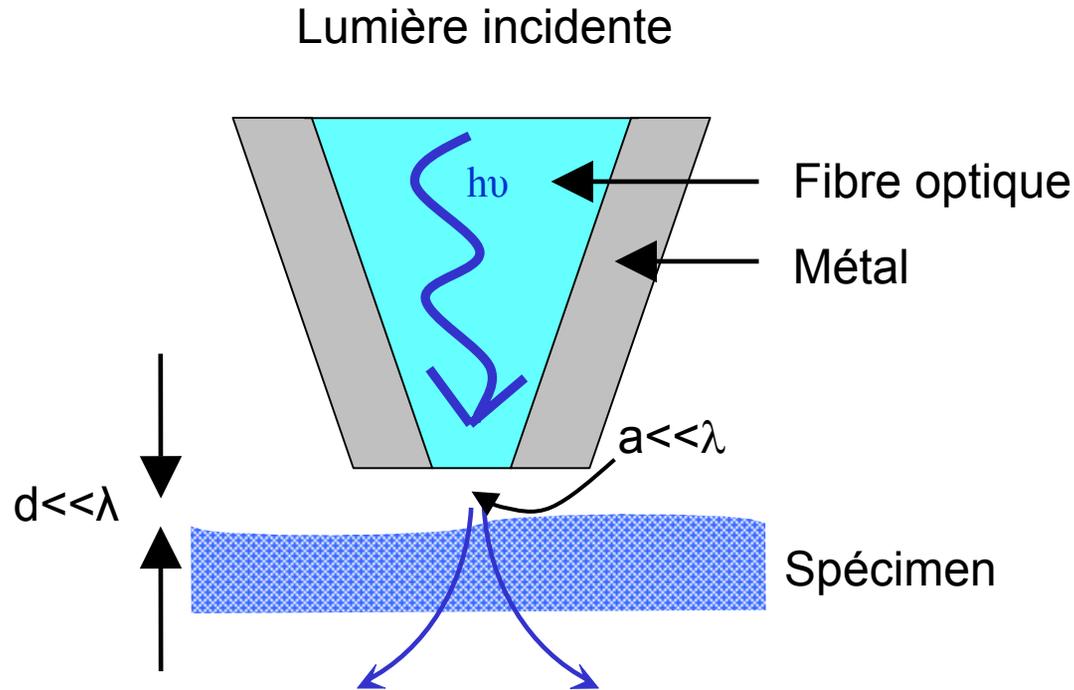
Plan de l'exposé

- Motivations
- Quelques rappels sur principes de la microscopie optique en champ proche
- Quelques mots sur les nanocristaux de CdSe →
Caractérisations optiques de l'objet individuel
- Sonde optique active: réalisation et propriétés d'émission

Motivations

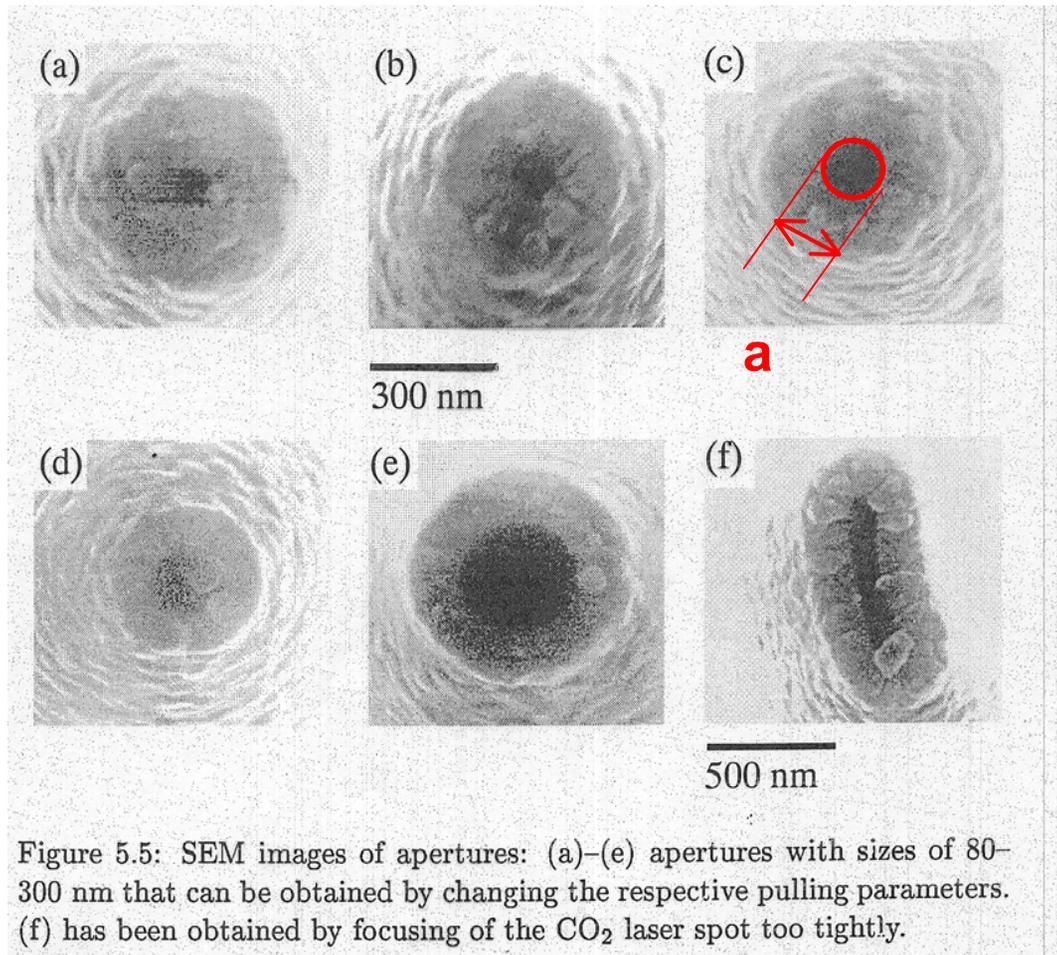
- Recherche de la résolution ultime en optique !
- Une nouvelle optique est attendue pour des résolutions approchant par ex. le rayon de Bohr excitonique (qqn nms) dans un semi-conducteur.
- Source de lumière ponctuelle = outil idéal pour imager la "LDOS photonique", qui contient toute l'information champ proche d'une surface (*G. Colas des Francs et al, JCP 117, 4659 (2002)*)
→ "manipulation" de cette LDOS.
-

Principe de base de la microscopie optique en champ proche



Résolution $\approx a \ll \lambda$, non limitée par la diffraction

Comment atteindre une super-résolution ?



Diminuer a ?

Pas suffisant !

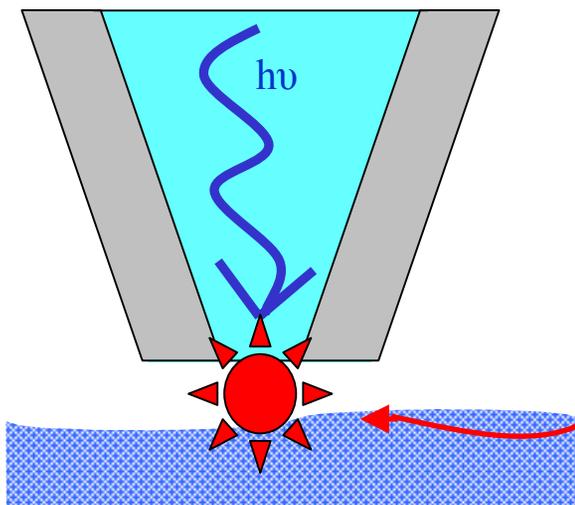
Car:

* transmission $\propto a^4$,
donc $T \rightarrow 0$ pour $a \rightarrow 0$

* **résolution** $\rightarrow 2\delta$ avec
 δ = profondeur de
pénétration ($\delta \approx 10$
nm in Al)

Bert Hecht, thesis, University of Zurich (1996)

Utiliser un nano-objet fluorescent ?

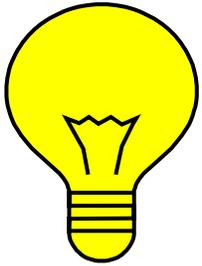


Fluorophore (rhodamine 6G ...) ???

Objet ponctuel ! →
Résolution ultime ?

Pas directement
utilisable car
fluorophores très peu
photostables

Travaux antérieurs: **une** molécule de colorant dans un micro-cristal comme source de lumière



J. Michaelis, V. Sandoghdar *et al.*, Nature 405, 325 (2000)

Utiliser **UNE** molécule de colorant dans un **micro-cristal organique**. L'objet est sélectionné par l'excitation de sa fluorescence. Cette **fluorescence = (nano)-source de lumière**.

Quelques problèmes subsistent avec la molécule unique:

- difficulté de contrôler sa position → résolution finalement “modeste” (180 nm).
- fonctionne uniquement à basse température.
- pas très photostable (« blanchiment après qqs mns).

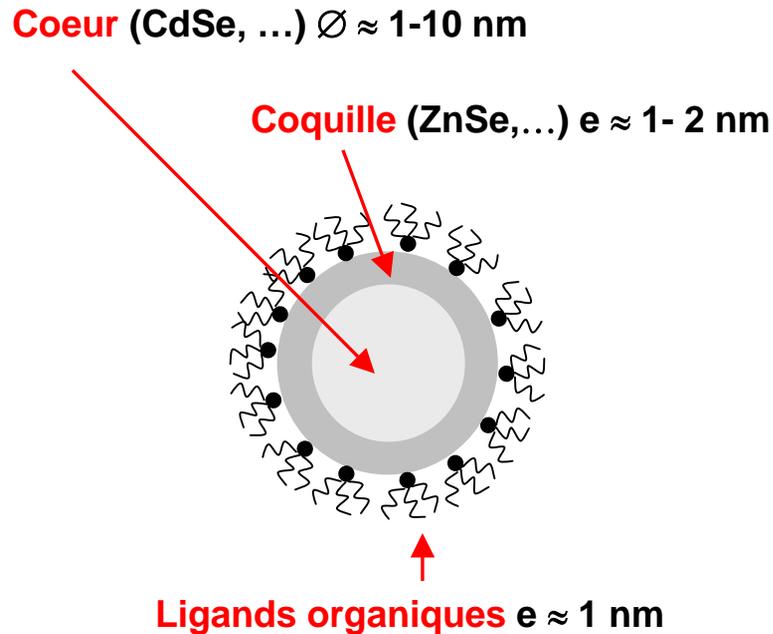
Utiliser un nano-objet plus conciliant !

Solution : utiliser un **nanocrystal** (nanoX) **semi-conducteur** ?

- Petite dimension naturelle: $\varnothing = 2$ à 10 nm.
- Actif à température ambiante.
- Seuil d'absorption.
- Emission accordable par la taille.
- Plus photostable (peu de blanchiment, mais clignotement).
-

Nanocristaux de CdSe

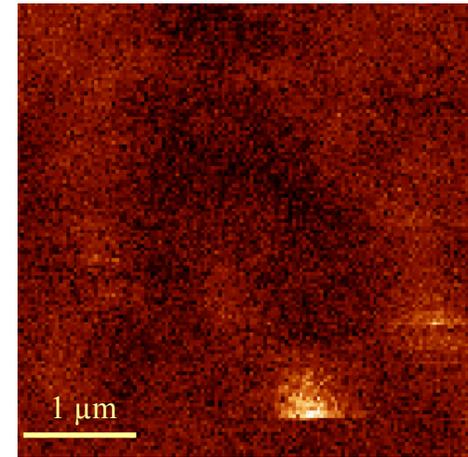
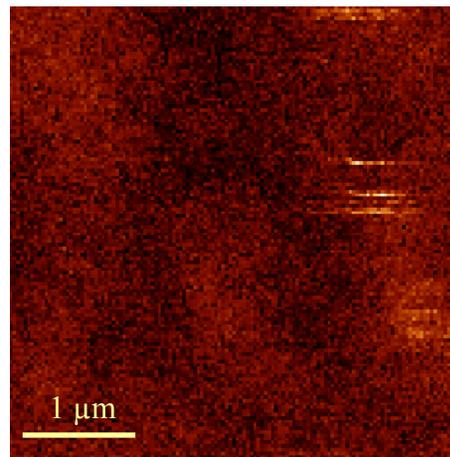
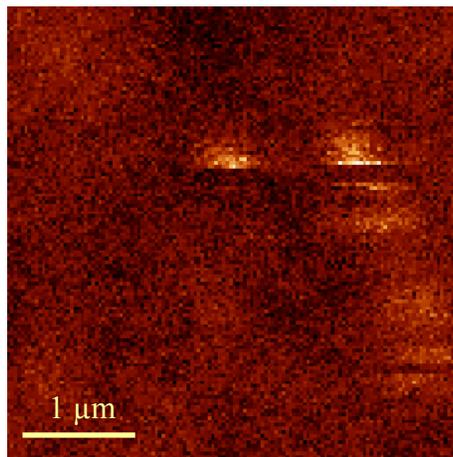
Synthétisés au CEA par: P. Reiss *et al*, *Nano Lett.* **2**, 781 (2002)



Imagerie de fluorescence d'un nanocrystal unique

Microscopie **confocale** à balayage
nanoX dispersés dans PMMA

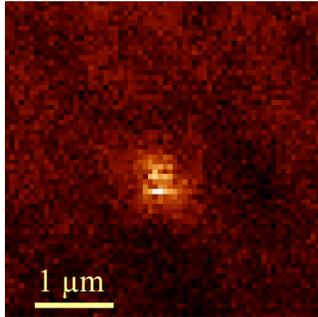
T= 300 K, Objectif NA=1,3 ; Excitation : 458 nm ; Collection: 540-620 nm



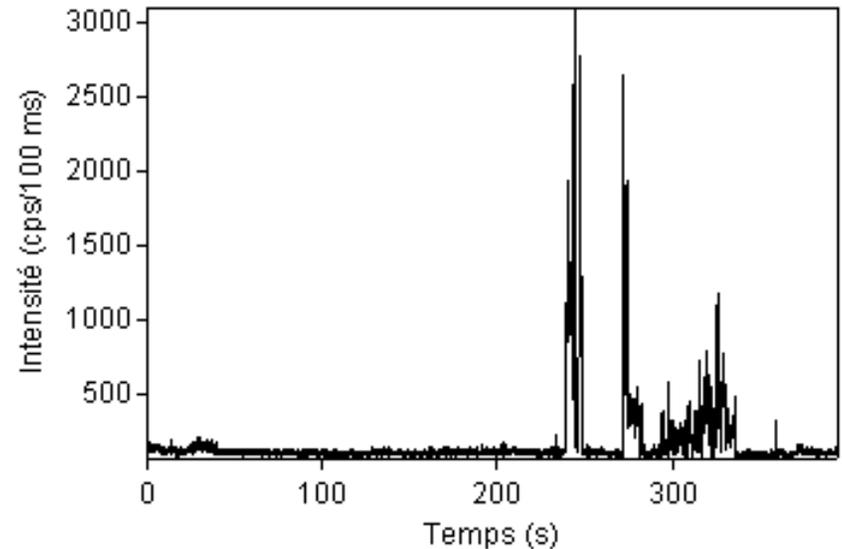
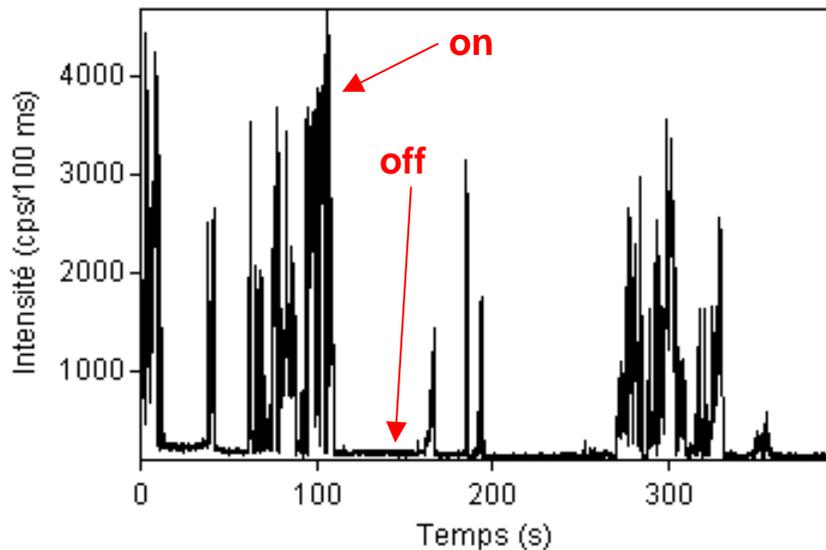
”Clignotement” d’un nanoX unique

voir par ex. Shimizu et al, PRB **63**, 205316 (2001)

Analyse temporelle de l'émission d'un nanocrystal

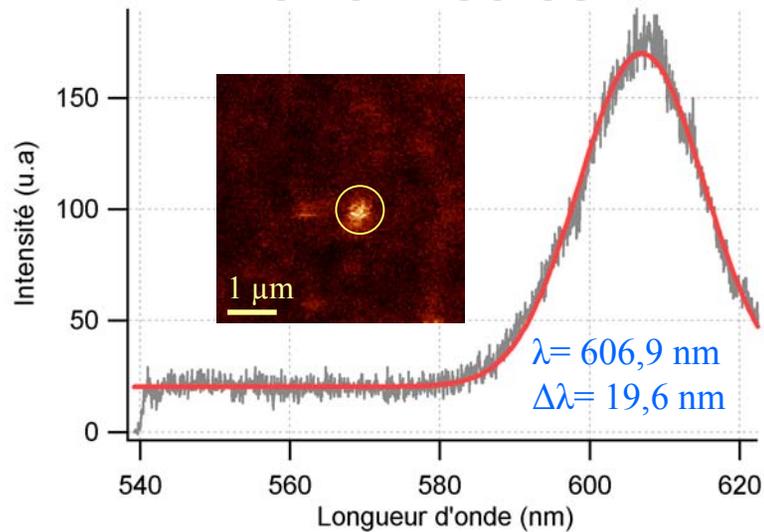


Idée: caractériser le clignotement d'un nanoX unique et en tirer profit pour déterminer combien d'objets sont actifs en bout de pointe optique.

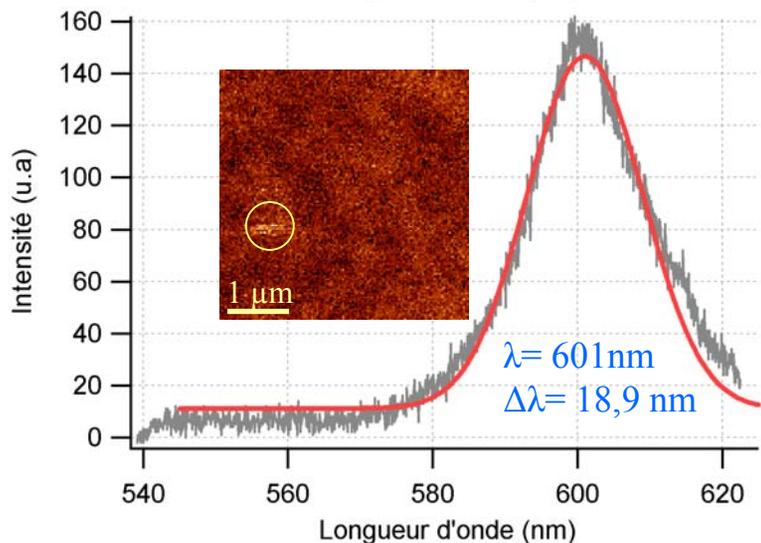
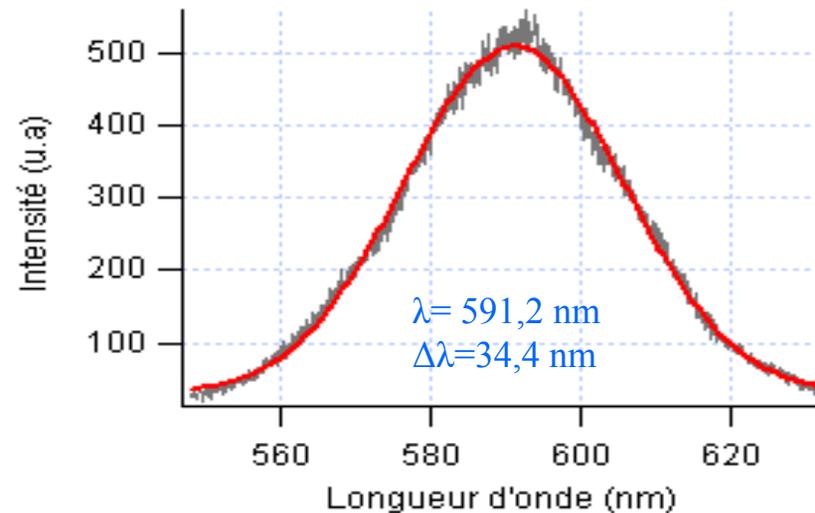


Spectres de fluorescence d'un objet unique

nanoX isolés



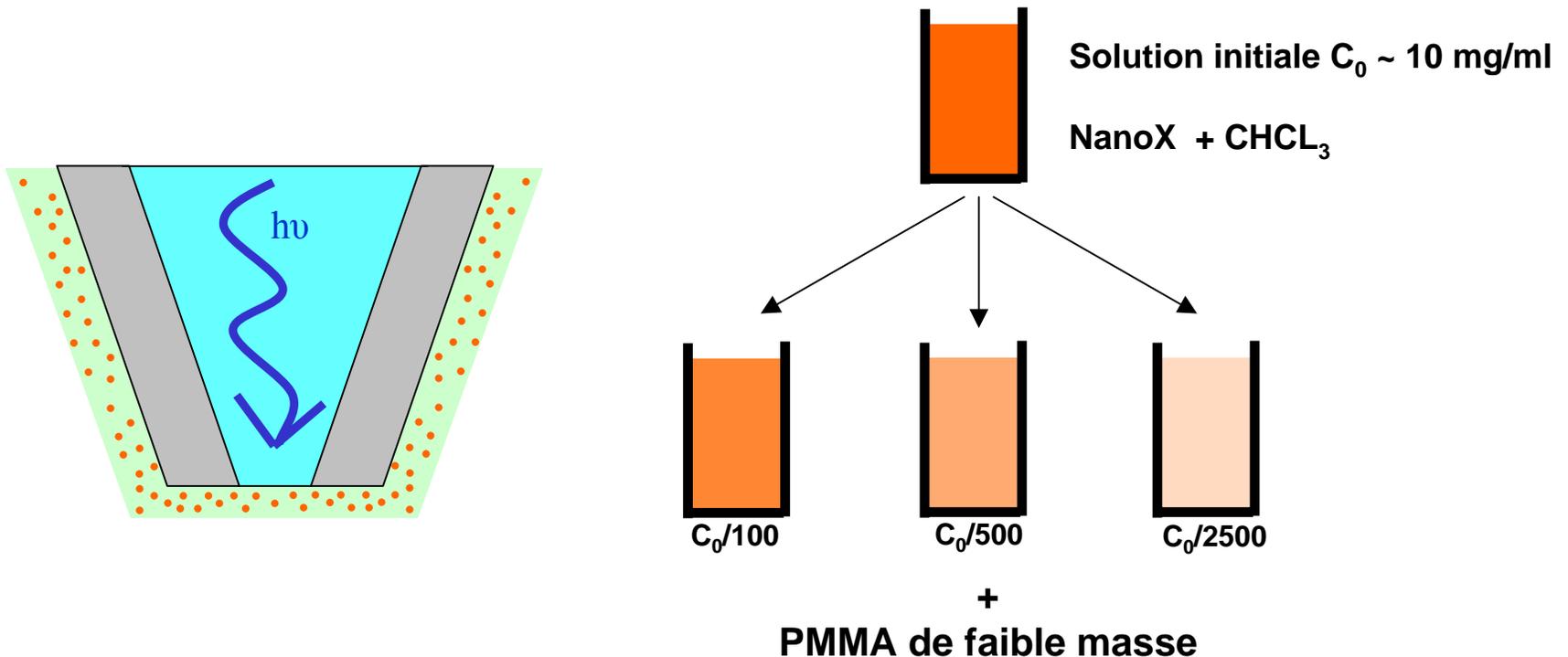
L'ensemble



L'objet isolé a un spectre gaussien "beaucoup" plus étroit que l'ensemble !

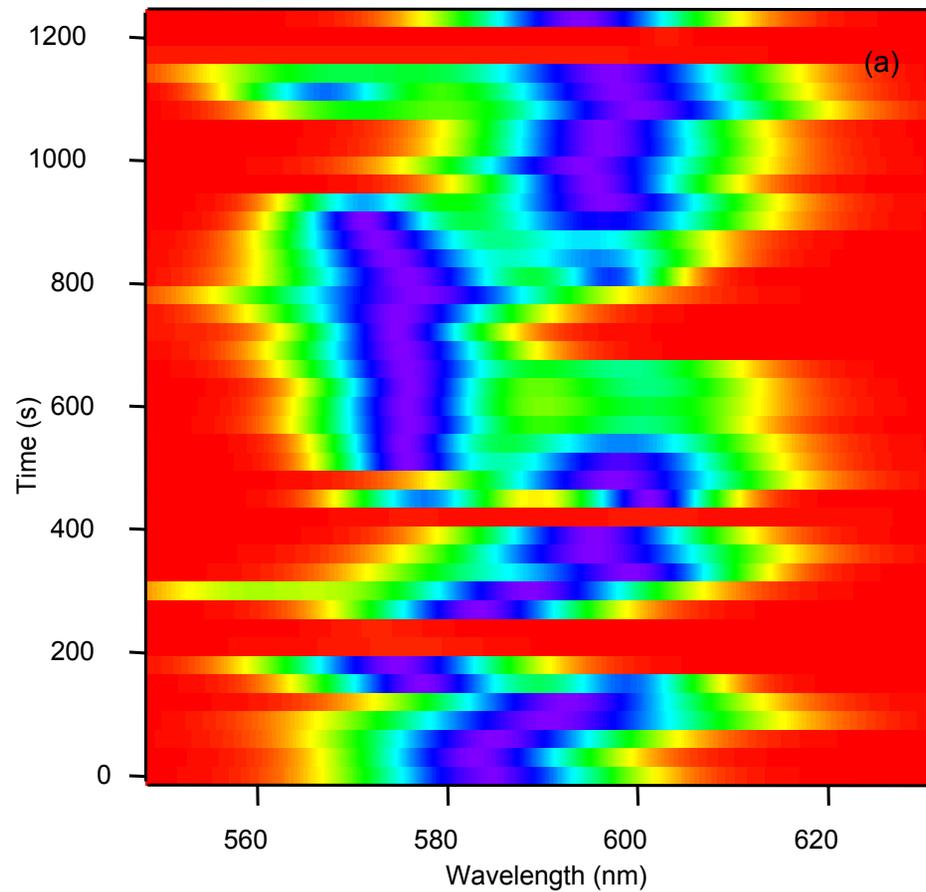
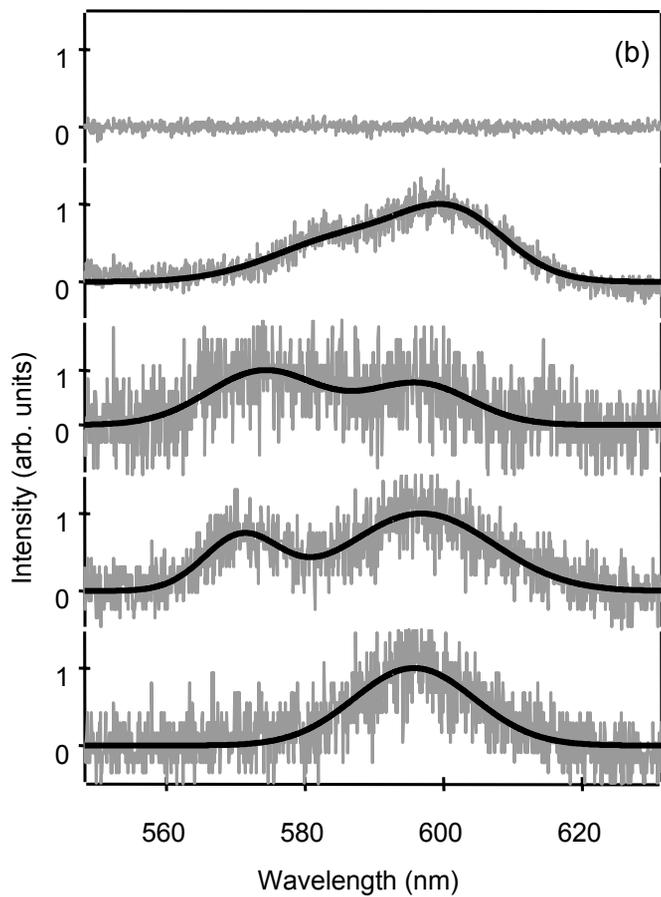
Réalisation de la sonde active

Dépôt sur la pointe optique substrat d'une couche mince (< 100 nm) de PMMA "colorée" avec des nanoX de CdSe. Dilution croissante pour obtenir quelques nanoX à l'apex de la pointe.



Spectres de fluorescence de la sonde active

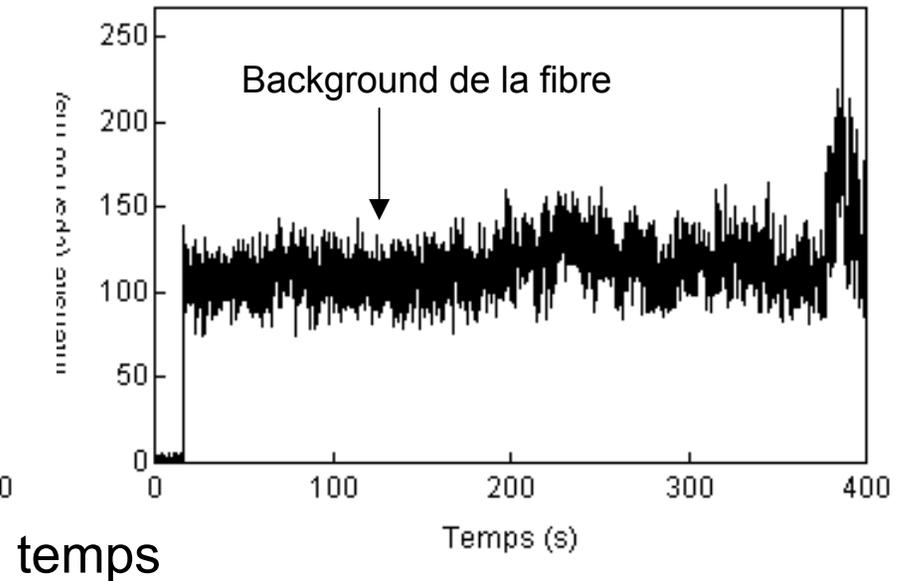
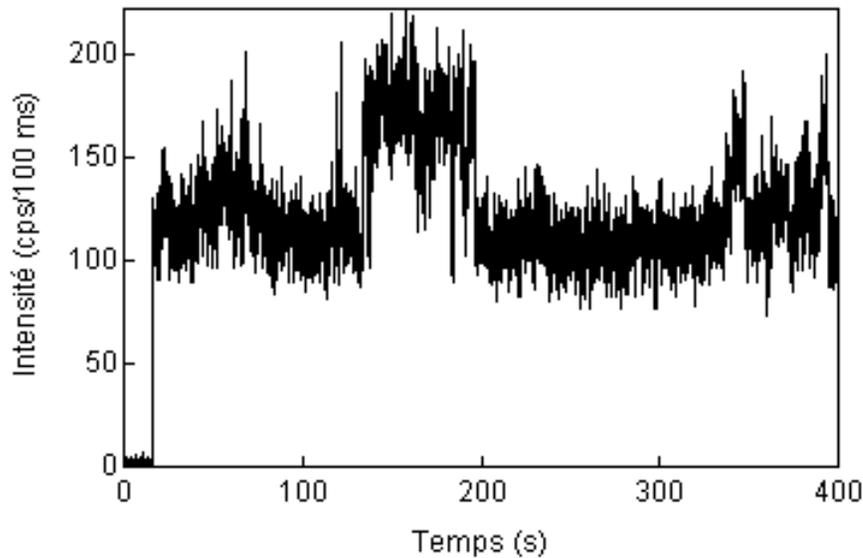
Faible excitation @ 458 nm, 42 spectres, Temps d'integration = 30 s



Seuls 2 ou 3 nanoX sont actifs !!

Analyse temporelle de l'émission de la sonde active

Même sonde et mêmes conditions que précédemment +
détection sur 540 nm - 620 nm



Un seul nanoX actif !?

N. Chevalier et al., soumis à Nano Lett.

Résumé & perspectives

- Nous avons développé une méthode “simple” pour réaliser une sonde optique active à base de nanoX de CdSe.
- L’analyse spectrale et temporelle de l’émission de la sonde confirment qu’un nombre très réduit d’objets (un seul?) contribuent → nano-source de lumière.
- Prochaine étape (en cours) : faire de l’optique avec cette sonde faisant fonction de nano-source lumineuse !

€€€: IPMC - Grenoble, CNRS, CPER Nanophysique
Action Concertée Nanosciences 2004