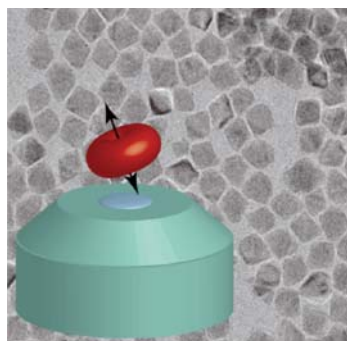


## Déterminer l'orientation d'un émetteur à l'échelle nanométrique

*Les interactions lumière-matière à l'échelle nanométrique font l'objet de nombreuses applications (SERS, nano-senseurs, luminescence,...). Les caractéristiques d'émission de nanoémetteurs fluorescents peuvent être considérablement améliorées en les couplant à des nanostructures photoniques et plasmoniques. Cependant, l'orientation d'un émetteur est critique pour optimiser le couplage de son émission à ce type d'environnement. Par une modélisation du champ électrique rayonné par l'émetteur dans diverses configurations expérimentales, des chercheurs de l'équipe « Nanostructures et optique » de l'INSPI ont montré qu'une analyse de la polarisation d'émission permet de mesurer l'orientation d'émetteurs individuels. Cette méthode a ensuite été appliquée de façon expérimentale sur des nanocristaux colloïdaux de CdSe/CdS et de CdSe/ZnS, en collaboration avec une équipe du LPEM<sup>1</sup>, à l'ESPCI. Cette technique permet d'isoler des nanoémetteurs dont l'orientation est favorable à un couplage déterministe à des modes de cavités nanostructurées.*

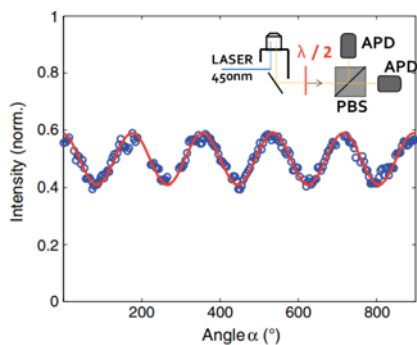
Les propriétés optiques d'un émetteur fluorescent à l'échelle individuelle (efficacité d'excitation, collection de photons, taux de désexcitation spontanée...) ne sont pas intrinsèques à l'émetteur, mais sont intimement liées à son environnement local. En plaçant l'émetteur dans une nanostructure, on peut alors réaliser un couplage de l'émission du dipôle associé à l'émetteur avec les modes de cavité. L'efficacité d'un tel couplage dépend néanmoins de l'accord spectral, spatial et d'orientation entre le mode d'émission du dipôle et celui de la cavité. Si le positionnement et l'accord spectral d'un nanoémetteur avec une nanostructure sont depuis quelques années des paramètres maîtrisés de façon déterministe, la détermination de l'orientation d'un dipôle d'émission reste aujourd'hui un défi expérimental.



**Figure 1**

*Schéma du diagramme d'émission d'un dipôle collecté par un objectif. En arrière plan : image de TEM de nanocristaux de CdSe/CdS.*

Un nanoémetteur se comporte comme un dipôle source dont l'orientation est donnée par l'angle dans le plan  $\Phi$  et hors du plan  $\Theta$ . L'émission d'un nanoémetteur est fonction, en termes de polarisation, de son orientation  $(\Theta, \Phi)$  dans des proportions qui dépendent de la configuration expérimentale (ouverture numérique de l'objectif de microscope, présence d'une interface à proximité du dipôle...). Les chercheurs ont réalisé une expérience de luminescence résolue en polarisation à l'aide d'une lame demi-onde et d'un cube polarisant et modélisé analytiquement le champ rayonné. Ils ont montré que le degré de polarisation  $\delta = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$  peut être relié à l'orientation  $(\Theta, \Phi)$  du dipôle, si bien que l'angle  $\Theta$  peut être extrait de cette expérience, et ils ont établi des relations générales entre  $\delta$  et  $\Theta$ . Cette méthode a été appliquée ensuite de manière expérimentale à des nanocristaux colloïdaux individuels de CdSe/CdS, synthétisés par une équipe de l'ESPCI, afin de mesurer l'orientation complète de leur dipôle d'émission (**Figure 2**).



**Figure 2**

*Intensité d'émission (normalisée) d'un nanocristal de CdSe/CdS individuel en fonction de l'angle de la polarisation d'analyse. La courbe d'ajustement (en rouge) permet de déterminer le degré de polarisation  $\delta$  (ici,  $\delta = 21\%$ ). Le modèle montre que  $\delta = 21\%$  correspond à  $\Theta = 49^\circ$ .*

Les résultats obtenus montrent que les émetteurs fluorescents à l'échelle nanométrique peuvent être expérimentalement sélectionnés afin de choisir leur orientation dans une cavité, permettant ainsi d'optimiser leur couplage à la nanostructure.

### Référence

"Measurement of Three-Dimensional Dipole Orientation of a Single Fluorescent Nanoemitter by Emission Polarization Analysis "

Clotilde Lethiec, Julien Laverdant, Henri Vallon, Clémentine Javaux, Benoît Dubertret, Jean-Marc Frigero, Catherine Schwob, Laurent Coolen et Agnès Maître

*Physical Review X*, 4, 021037 (2014)

### Contact

Agnès Maître : maitre@insp.upmc.fr