

## Communiqués de presse

Paris, 22 octobre 2004

### **La nanoscopie optique, une nouvelle technique pour observer des nanoparticules métalliques isolées**

**En utilisant une nouvelle méthode optique, des chercheurs de 2 laboratoires du CNRS et des Universités Lyon<sup>1</sup> et Bordeaux<sup>1</sup> ont pu mesurer pour la première fois l'absorption optique d'une nanoparticule métallique unique d'un diamètre de 5 nm. L'observation optique directe de tels nano-objets uniques était jusqu'alors impossible. Ces travaux, publiés dans *Physical Review Letters*, permettent d'envisager des applications nanotechnologiques importantes : suivi de nanoparticules d'or utilisées comme marqueurs biologiques, détection et caractérisation spécifiques de nano-objets métalliques...**

Du point de vue fondamental, l'optique est une méthode très efficace et non destructive de caractérisation de nano-objets car elle présente l'avantage d'être sans contacts. Comme les nanoparticules métalliques sont des objets qui absorbent faiblement la lumière, leurs études optiques et leur spectroscopie étaient jusqu'à présent réalisées sur un ensemble très grand de particules. La nouvelle méthode expérimentale mise au point par les chercheurs des 2 laboratoires CNRS-Université<sup>2</sup> permet la mesure du spectre optique et de la valeur absolue d'absorption d'un nano-objet individuel. L'influence sur le spectre d'absorption des caractéristiques précises du nano-objet (forme, présence d'une impureté ou de molécules accrochées à sa surface – nanohybride) et de son interaction avec son environnement local (support, matrice...) pourront être étudiées en détail. La réponse optique de deux ou d'un faible nombre de nanoparticules en interaction pourra également être étudiée en fonction de la distance inter-particules ou de leur arrangement spatial.

Cette nouvelle méthode de microscopie (ou plutôt de nanoscopie !) optique permettant la détection d'un objet unique faiblement absorbant et submicrométrique peut avoir de nombreuses applications. Les nanoparticules de métaux nobles (comme l'or) sont très utilisées comme marqueurs pour étudier certains processus biologiques. Elles sont non toxiques, ont une excellente stabilité et leur réponse optique ne présente pas de fluctuations dans le temps. Le suivi optique d'un marqueur unique, par une méthode simple et ne nécessitant qu'une très faible puissance lumineuse, peut constituer ici un avantage décisif. De façon plus générale, on pourra détecter et identifier, via leur spectre d'absorption, des objets présents ou déposés en très faible quantité (pollution d'une surface, synthèse d'un matériau en très faible quantité déposé sur une surface) ou encore repérer et identifier dans

---

<sup>1</sup> Equipe de Fabrice Vallée du Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne (CPMOH, CNRS–Université Bordeaux 1) à Bordeaux et équipe de Michel Broyer du Laboratoire Spectrométrie Ionique et Moléculaire (LASIM, CNRS–Université Lyon 1) à Lyon.

<sup>2</sup> La méthode ultrasensible utilisée est basée sur une technique de modulation de la position de la particule et permet de mesurer un taux extrêmement faible d'absorption (jusqu'à une part pour un million, c'est à dire un millionième de l'énergie incidente)

un ensemble, des nano-objets de composition, de forme ou de structure spécifiques, des nanoparticules bimétalliques dans un ensemble de nanoparticules monométalliques, par exemple.

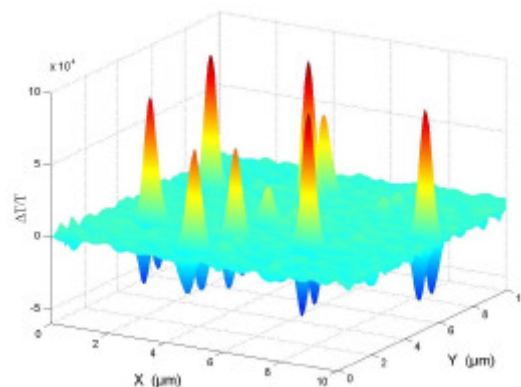
**Référence :**

"Direct Measurement of the Single-Metal-Cluster Optical Absorption"

A. Arbouet, D. Christofilos, N. Del Fatti, and F. Vallée  
Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne, CNRS et Université de Bordeaux1

J. R. Huntzinger, L. Arnaud, P. Billaud, and M. Broyer  
Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire, CNRS et Université Lyon

Phys. Rev. Letters **93** (2004) 127401



© CNRS - CPMOH, LASIM

*Mesure de l'absorption de nanoparticules d'or de diamètre moyen de 20nm sur une aire de 10X10 μm<sup>2</sup>. Chaque pic positif correspond à une seule nanoparticule et est proportionnel à son volume. Les intensités différentes traduisent le fait que les différentes nanoparticules n'ont pas exactement la même taille. Les pics négatifs sont liés à la méthode de détection.*

**Contacts chercheurs :**

Michel Broyer

Tél : 0472448260

Mél : [broyer@lasim.univ-lyon1.fr](mailto:broyer@lasim.univ-lyon1.fr)

Fabrice Vallée

Tel : 05 40 00 84 58

Mél: [f.vallee@cpmoh.u-bordeaux1.fr](mailto:f.vallee@cpmoh.u-bordeaux1.fr)

**Contact département des Sciences physiques et mathématiques :**

Frédérique Laubenheimer

Tél : 01 44 96 42 63

Mél : [frederique.laubenheimer@cnrs-dir.fr](mailto:frederique.laubenheimer@cnrs-dir.fr)

**Contact presse :**

Muriel Ilous

Tél : 01 44 96 43 09

Mél : [muriel.ilous@cnrs-dir.fr](mailto:muriel.ilous@cnrs-dir.fr)

## **La nanoscopie optique, nouvelle technique d'observation de nanoparticules individuelles**

Dans le cadre du développement des nanosciences et des nanotechnologies, un aspect particulièrement important, à la fois en physique fondamentale et pour les applications technologiques, est la détection et la caractérisation de nano-objets individuels. Le Centre de physique moléculaire optique et hertzienne (CPMOH, UMR5798 - Univ. Bordeaux 1 / CNRS) et le Laboratoire de spectrométrie ionique et moléculaire (LASIM, UMR5579 - Univ. de Lyon 1 / CNRS) ont développé une méthode de mesure directe de l'absorption optique d'un nano-objet individuel. De mise en œuvre très simple, elle est basée sur une modulation de la position du nano-objet et permet de mesurer des taux extrêmement faibles d'absorption, jusqu'à une partie pour un million, c'est-à-dire un millionième de l'énergie incidente. Il est ainsi possible de visualiser et d'étudier optiquement des nano-objets très faiblement absorbants et, en particulier, de déterminer de façon absolue leur section efficace d'absorption. Cette nouvelle technique, démontrée dans le cas de nanoparticules d'or de quelques nanomètres de diamètre, permet d'envisager de nombreuses perspectives pour l'étude des nano-systèmes.

Du point de vue fondamental, elle ouvre la voie à l'étude détaillée des propriétés optiques en fonction des caractéristiques précises du nano-objet et de son environnement local. En s'affranchissant des effets de moyenne, ces mesures pourront être comparées très précisément aux modèles théoriques. La réponse optique nonlinéaire d'un nano-objet individuel pourra également être étudiée avec de nombreuses perspectives dans la compréhension des mécanismes fondamentaux d'échanges d'énergie et de charges à l'échelle nanométrique.

Les applications potentielles de cette nouvelle méthode de microscopie optique s'inscrivent dans la perspective du développement des nanotechnologies. Elle pourra être utilisée dans les domaines de la nano-optique et de la plasmonique dont le but est la manipulation de la lumière à l'échelle nanométrique. De façon plus générale, la détection optique d'un objet sub-micrométrique très faiblement absorbant peut être utilisée dans d'autres contextes, par exemple pour identifier des défauts ou des objets présents en très faible quantité via leur spectre d'absorption (pollution ou dépôt de surface).

**Contact :** [Fabrice Vallée](#), tél. 05.40.00.84.58

# Les brèves du CNRS

Paris, 22 février 2006

## **"Voir" des nano-objets**

Des chercheurs de deux laboratoires mixtes CNRS-Université ont montré qu'il était possible de déterminer optiquement les caractéristiques géométriques de nanoparticules métalliques. Basé sur la mesure quantitative du spectre d'absorption optique de la nanoparticule étudiée, cet apport méthodologique unique au niveau mondial s'avère riche de potentiel dans le domaine des nanosciences car il permet d'obtenir pour la première fois une "image optique" d'un nano-objet jusqu'à une taille inférieure à 10 nm. Mais surtout, il devient possible de le caractériser précisément in situ dans de nombreux types d'environnement (verre, polymères, liquide,...). Jusqu'à présent, seule la microscopie électronique permettait d'obtenir ce type d'information, mais uniquement dans le cas d'échantillons préparés spécifiquement.

Cette méthode ouvre également des perspectives importantes en nanotechnologie, notamment pour l'utilisation d'un nano-objet unique identifié pour réaliser des détections quantitatives et sélectives de molécules ou de biomolécules.

Ces travaux viennent de paraître dans Applied Physics Letters (Appl. Phys. Lett. 88, 063109 (2006)).

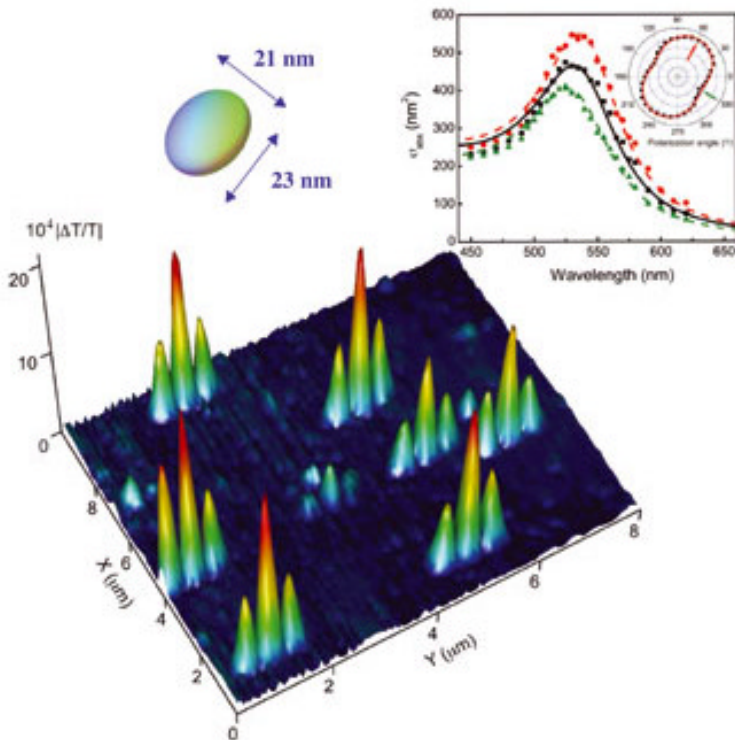
### **Contacts chercheurs :**

Fabrice Vallée  
Tel : 05 40 00 84 58  
Mél: [f.vallee@cpmoh.u-bordeaux1.fr](mailto:f.vallee@cpmoh.u-bordeaux1.fr)

Michel Broyer  
Tél : 0472448260  
Mél : [broyer@lasim.univ-lyon1.fr](mailto:broyer@lasim.univ-lyon1.fr)

Nanotechnology, spring 2006

## Nanoscale vision



### CONTACT

**Fabrice Vallée**

[f.vallee@cpmoh.u-bordeaux1.fr](mailto:f.vallee@cpmoh.u-bordeaux1.fr)

[Consult the web site](#)

**Michel Broyer**

[broyer@lasim.univ-lyon1.fr](mailto:broyer@lasim.univ-lyon1.fr)

[Consult the web site](#)

*Single metal nanoparticles detected with the 'spatial modulation' technique. Measurement of the spectrum of a single nanoparticle (top right) permits reconstruction of its geometry (top left).*

What if you could “see” objects smaller than 10 nanometers in diameter? Two French research teams<sup>1</sup> were the first to make this possible by developing a new optical imaging technique called “spatial modulation spectroscopy.”<sup>2</sup> The technique, which could revolutionize the field of nanoscale imaging, allows the geometric characteristics of tiny objects to be accurately determined. The method is based on measuring the optical absorption spectrum of a nanoparticle whose position is varied at a frequency of about 1 kilohertz in the focal spot of a light beam. The resulting spectrum is analyzed to build up the shape, size and orientation of the particle. “Our technique makes it possible to 'see' an object much smaller than the visible wavelength,<sup>3</sup> which, to our knowledge is not possible using any other optical system,” says Fabrice Vallée, based at the University of Bordeaux-I. Moreover, the method allows nanoparticles in different environments, such as polymers, liquids, and glass, to be observed in situ—something that until now was only possible using electron microscopy.

Isabelle Dumé

1. Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne in Bordeaux (CNRS / Université Bordeaux-I joint lab). Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire in Lyon (CNRS / Université Lyon-I joint lab).
2. O. L. Muskens et al., “Single metal nanoparticle absorption spectroscopy and optical characterization,” *Appl. Phys. Lett.* 88: 063109. 2006.
3. The wavelength of visible light (from 400 to 800 nm) used to image an object. It is around 500 nm in these experiments.

Lyon, 18 mars 2006

## **On peut « voir » des nano-objets grâce à un laboratoire lyonnais**

**Jusqu'à présent, seule la microscopie électronique permettait de déterminer les caractéristiques géométriques des nanoparticules**

Des chercheurs de deux laboratoires mixtes CNRS-Université, l'équipe lyonnaise de Michel Broyer du laboratoire de spectrométrie ionique et moléculaire (LASIM, CNRS - Université Lyon 1) et l'équipe de Fabrice Vallée du Centre de physique moléculaire optique et hertzienne (CPMOH, CNRS - Université Bordeaux 1), ont montré qu'il était possible de déterminer optiquement les caractéristiques géométriques de nanoparticules métalliques. Basé sur la

mesure quantitative du spectre d'absorption optique de la nanoparticule étudiée, cet apport méthodologique unique au niveau mondial s'avère riche de potentiel dans le domaine des nanosciences car il permet d'obtenir pour la première fois une « image optique » d'un nano-objet jusqu'à une taille inférieure à 10 nm. Mais surtout, il devient possible de le caractériser précisément in situ dans de nombreux types d'environnement (verre, polymères, liquide,...). Jusqu'à

présent, seule la microscopie électronique permettait d'obtenir ce type d'information, mais uniquement dans le cas d'échantillons préparés spécifiquement. Cette méthode ouvre également des perspectives importantes pour l'utilisation d'un nano-objet unique identifié pour réaliser des détections quantitatives et sélectives de molécules ou de biomolécules. Ces travaux viennent de paraître dans Applied Physics Letters.

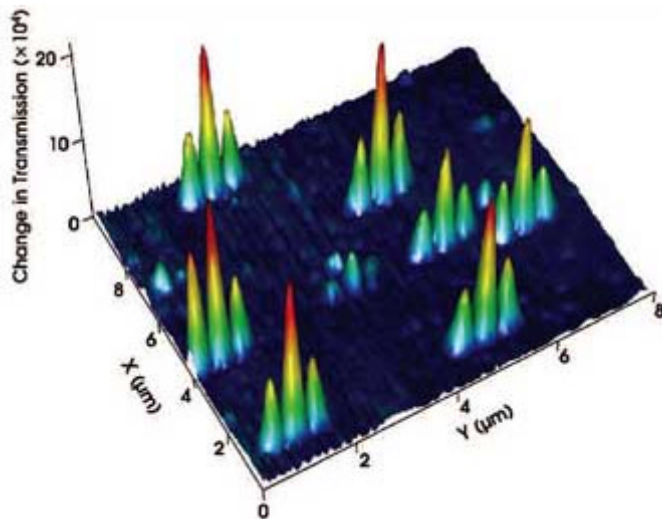
From photonics.com - 4/1/2006

<http://www.photonics.com//content/spectra/2006/April/nanaphotonics/82167.aspx>

## Electronic Properties of Single Silver Nanoparticles Are Studied

Richard Gaughan

Metallic nanoparticles display potential for such applications as enhancing the fluorescence of biological molecules, but for all the interest, significant questions regarding their properties remain. The electronic properties that affect the interaction of the particles with their environment, for example, remain relatively uncharacterized.



*By measuring the optical transmission of laser pulses tuned to the surface plasmon resonance wavelength of silver metallic nanoparticles, researchers have characterized individual particles. Adding time-resolved spectroscopy to the technique further enables the examination of electron-lattice coupling*

Natalia Del Fatti and colleagues at the Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne at Université Bordeaux 1 in Talence, France, have developed an optical method that can measure the electronic properties of a single metallic nanoparticle. They demonstrated the technique using batches of two sizes of silver particles that they dispersed on glass substrates at areal densities of less than one particle per square micron.

A homebuilt Ti:sapphire laser, doubled through a BBO crystal, provided 100-fs pulses tunable from 400 to 450 nm, the region of the anticipated surface plasmon resonance of the particles. A piezoelectric transducer sinusoidally varied the position of a single nanoparticle through the focal spot of the laser. A lock-in amplifier detected the resultant modulation in the transmitted optical power, providing a measurement of the absorption of a single particle. By tuning the excitation wavelength, the investigators measured the peak absorption wavelength and the absorption linewidth of the structures. The two sizes of nanoparticles exhibited different absorption characteristics, enabling them to identify the particle sizes as 21 and 30 nm.

They then used 850- and 425-nm pump and probe pulses from the laser in a femtosecond time-resolved spectroscopy method. Electrons excited by the infrared pulse take some time to relax to their initial state, and the transmission of the nanoparticle varies as a function of the excitation state. By varying the time delay between the pump and probe pulses, they could create a picture of the electron-lattice interaction dynamics.

To connect the transmission measurements to electron kinetics, the excitation temperature of the electrons must be known. That is difficult in ensemble measurements. Because the individual nanoparticles had been optically characterized in the first step of the experiments, however, the researchers could more accurately determine the absorbed energy and confirm the predictions of a model of the rate at which electrons transfer energy to the lattice vibrations.

With the initial validation of the technique complete, Del Fatti said that the scientists will perform single-particle optical characterization and in situ time- and frequency-resolved spectroscopy on nonspherical nanoscale objects. Fascinated by the subtleties of this method, she said that it not only allows researchers to visualize objects that are much smaller than the optical wavelength, but also enables them to “listen” to what the particles have to say about their size, orientation, anisotropy, local environment and dynamic response.

*Nano Letters*, online Jan. 28, 2006, doi: 10.1021/nl0524086.