

PlasTips – Sondes plasmoniques pour le champ proche optique (Blanc 2009)

S. Derom, M. Song, A. Bouhelier, G. Colas des Francs- ICB Dijon
O. Mollet, A. Drezet, S. Huant - Institut Néel Grenoble
V. Svatlana, J. Sharma, C Girard, E. Dujardin - CEMES Toulouse

Objectifs

Etude du couplage de systèmes fluorescents avec des nanostructures plasmoniques cristallines qui présentent de meilleures propriétés (définition des arêtes, moindre absorption) que des structures lithographiées :

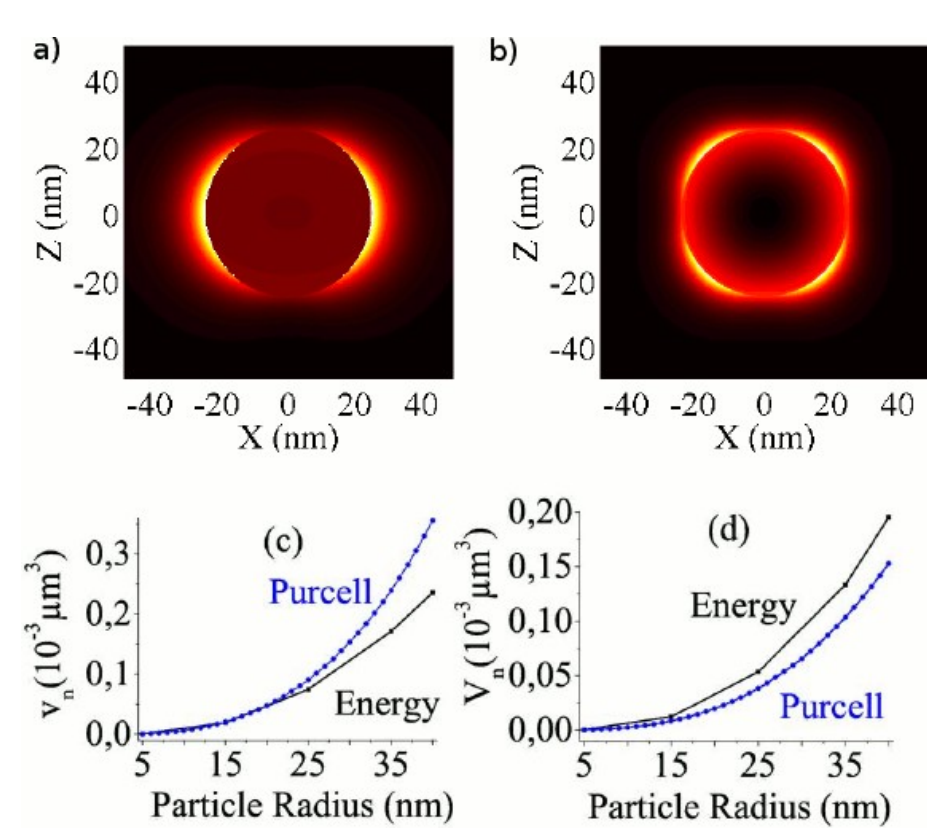
- Plasmons localisés pour confiner efficacement la lumière
- Plasmons délocalisés pour le guidage

Réalisation d'une sonde plasmonique (fibre optique étirée supportant une structure plasmonique)

- Mode illumination : excellent confinement du champ optique (vers l'imagerie haute résolution)
- Mode détection : émission dans le mode guidé de la fibre optique (vers le contrôle et la manipulation de source de photons uniques)

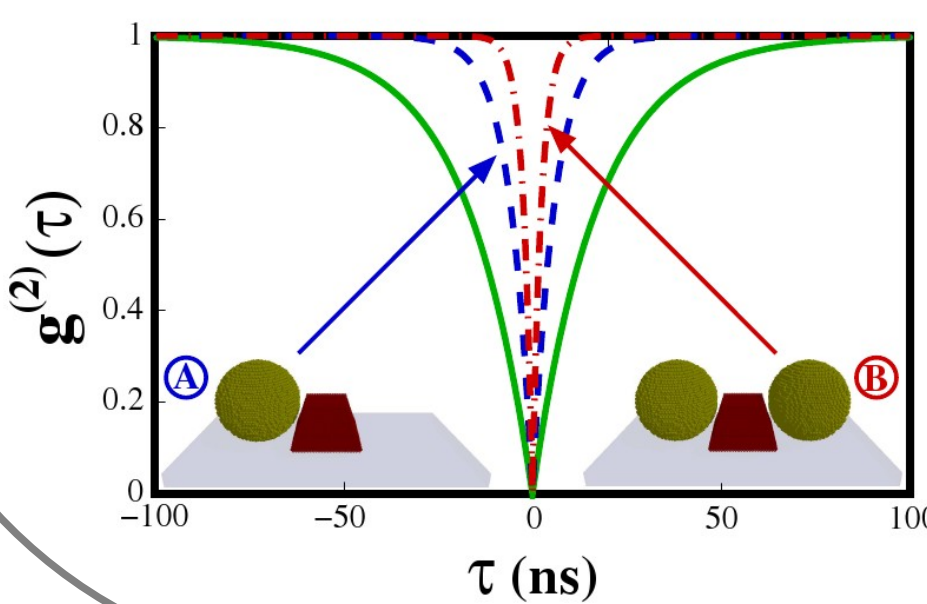
Plasmons localisés

Fort confinement modal



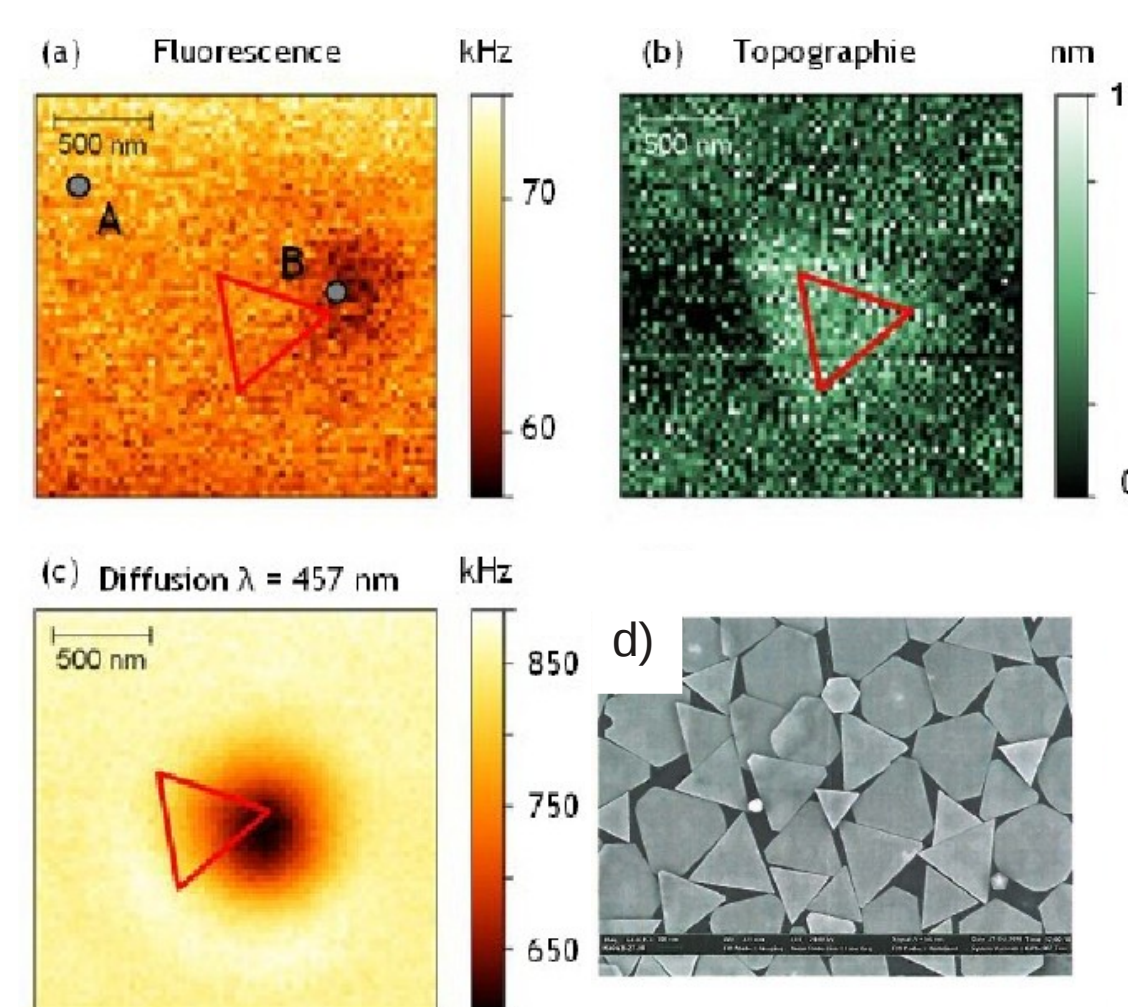
Volume effectif calculé pour le mode dipolaire ou quadrupolaire pour différentes tailles de particules d'argent. Le volume très nettement sub-longueur d'onde assure un excellent couplage avec un nano-émetteur [8,9].

Contrôle source de photons uniques



Fonction d'autocorrélation d'ordre 2 d'un nanodiamant isolé (courbe verte), couplé à 1 ou 2 nanoparticules d'or. La largeur de la courbe est caractéristique de la durée entre 2 émissions de photon [1].

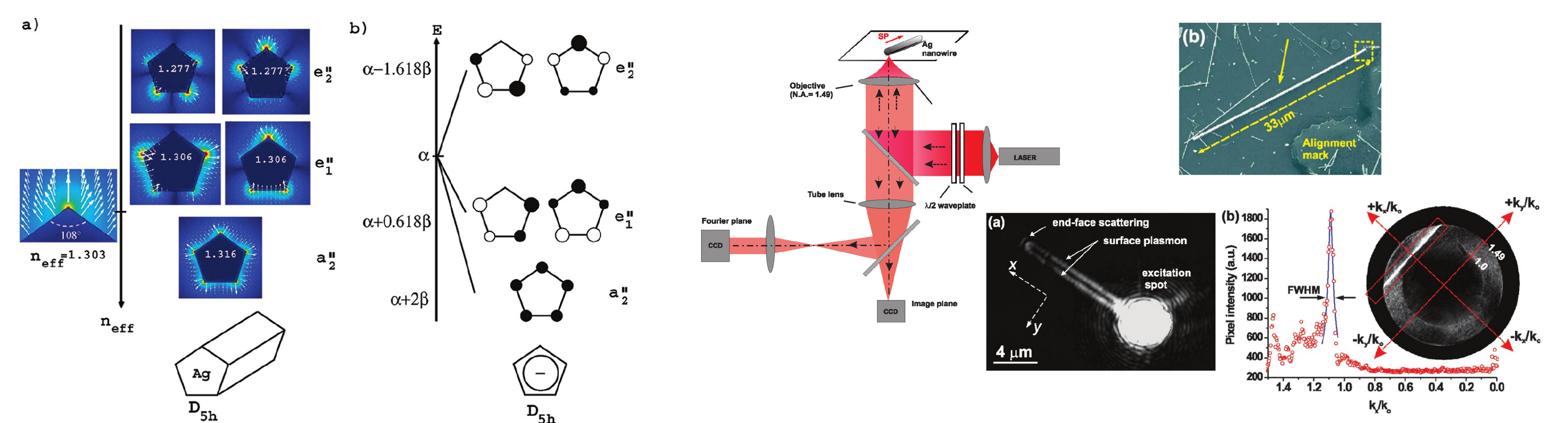
Etude en champ proche optique



Images obtenues en SNOM (microscopie optique en champ proche) sur un triangle d'or cristallin d'environ 600 nm. a) Signal acquis en utilisant comme source de lumière la fluorescence d'agrégats de YAG:Ce en bout de pointe SNOM. (b) Topographie. (c) Image optique en diffusion $\lambda = 457$ nm. (d) Image MEB des nanotriangles d'or obtenus par synthèse colloïdale [12,13].

Plasmons délocalisés

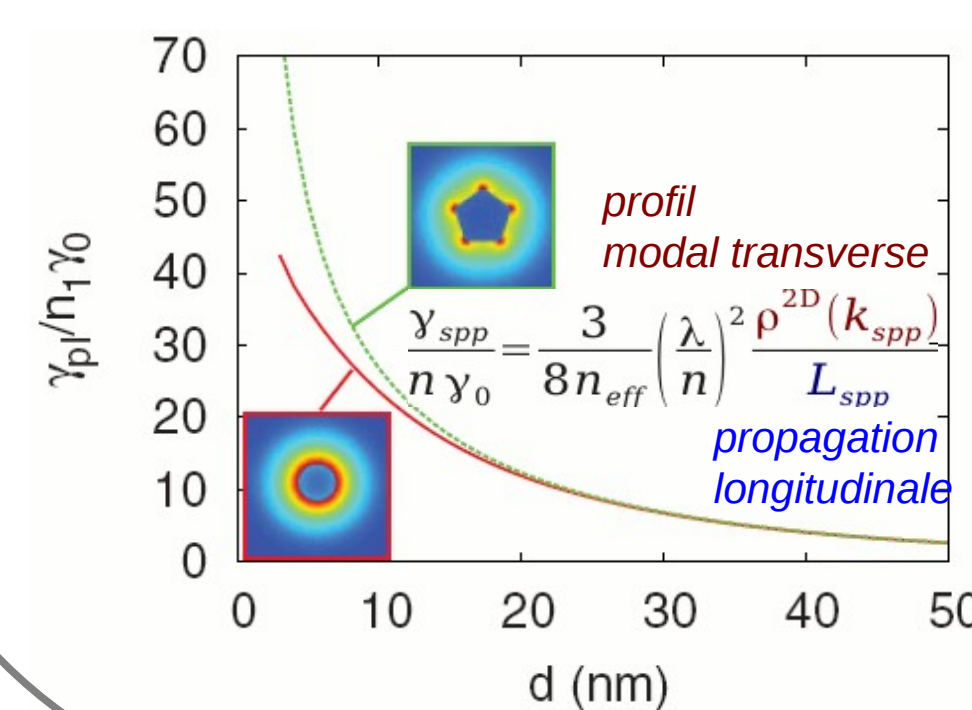
Guidage



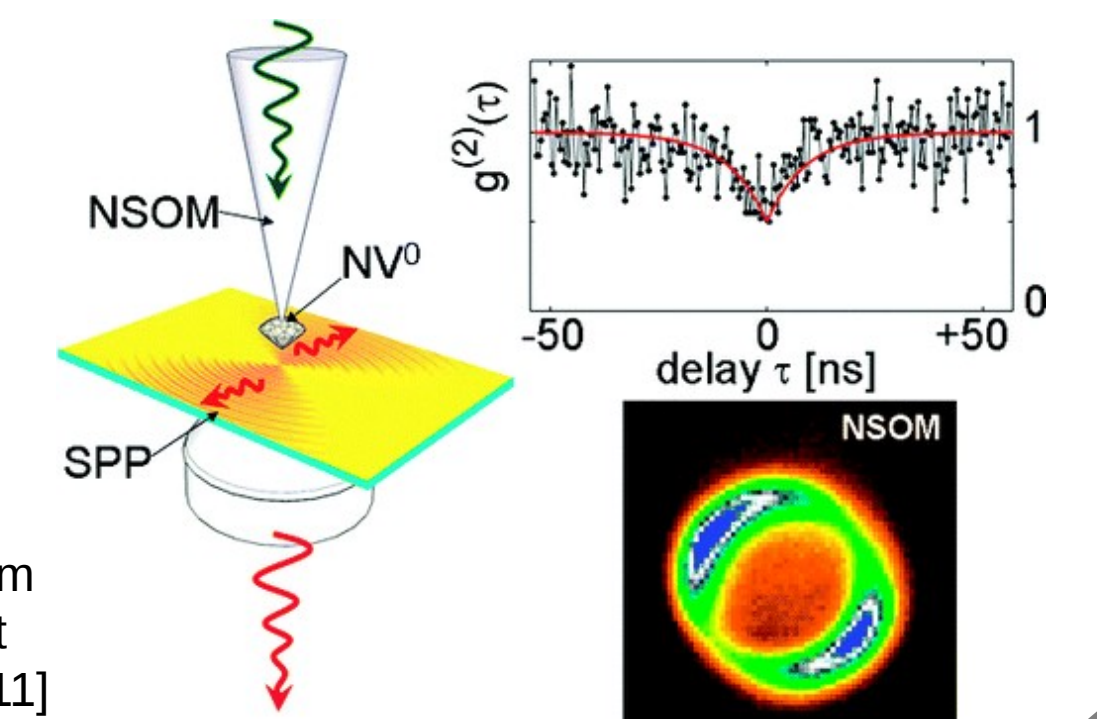
a) Indices effectifs et profil des modes supportés par un fil d'argent de section pentagonale. b) Analogie avec les orbitales moléculaires de cyclopentadiène [4].

Caractérisation des modes propagatifs par microscopie des fuites radiatives. a) Dans le plan image b) Dans le plan de Fourier (mesure de la constante de propagation) [4].

Couplage avec un émetteur



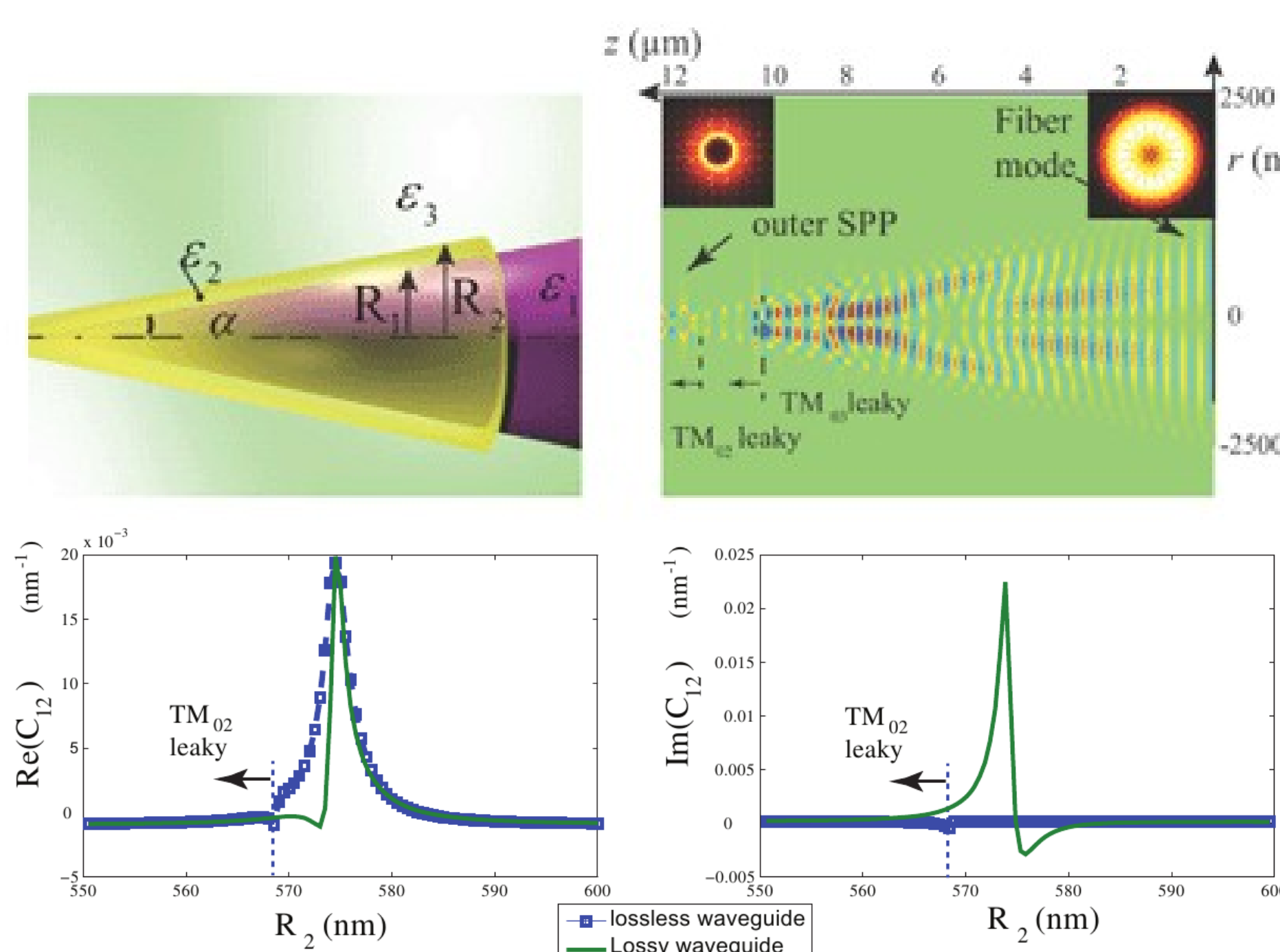
Modélisation du couplage d'un émetteur dipolaire à un fil plasmonique cristallin [3].



Excitation d'un plasmon de film par un nanocristal de diamant (possédant 2 centres NV) [6,11]

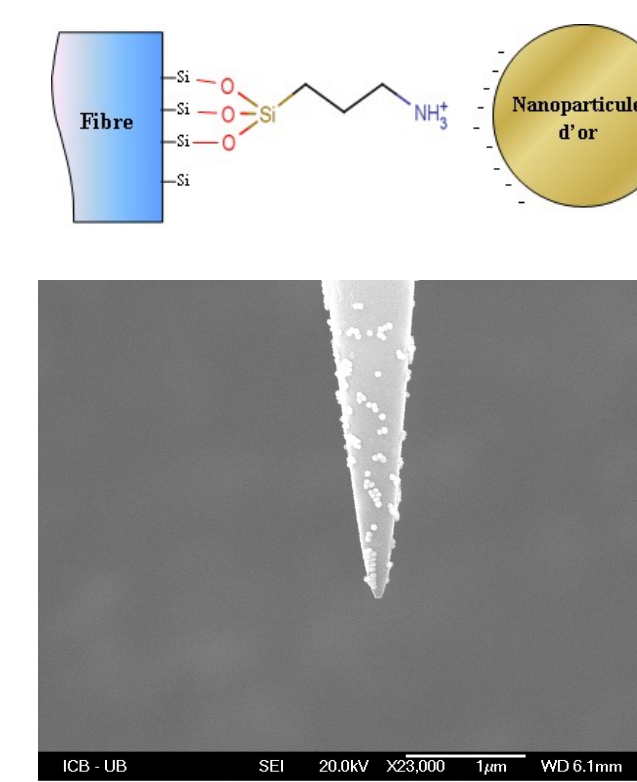
Sonde plasmonique

Modélisation

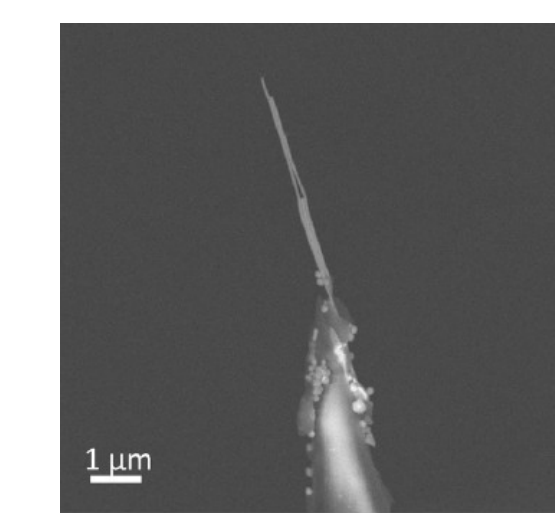


Modélisation d'une fibre optique étirée métallisée (théorie des modes couplés, adaptée pour tenir compte des pertes). L'excitation d'un mode guidé de la fibre conduit à la formation d'un plasmon confiné à l'extrémité de la pointe. C12 représente le coefficient de couplage entre 2 modes [10].

Fabrication

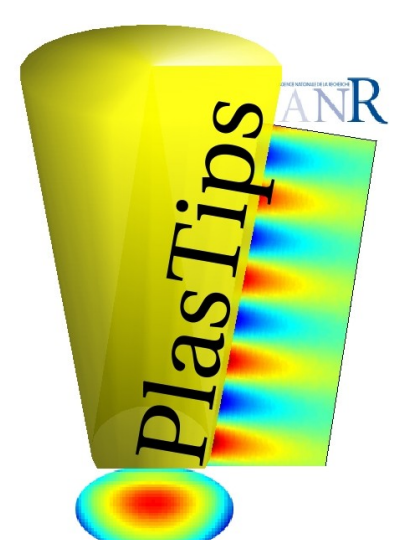


Greffage de nanoparticules d'or (40 nm) sur une fibre optique étirée par fonctionnalisation de surface.



Nanofil d'or accrochée à l'extrémité d'une fibre optique étirée

Production scientifique



- [1] Photon antibunching in the optical near field, Marty et al, Phys. Rev. B **82**, 081403 (R) (2010)
- [2] «Deterministic» quantum plasmonics, Cuche et al, Nano Letters **10**, 4566 (2010)
- [3] Purcell factor for point-like dipolar emitter coupling to 2D-plasmonic waveguide, Barthes et al, Phys. Rev. B, **84**, 073403 (2011)
- [4] Imaging symmetry-selected corner plasmon modes in penta-twinned crystalline Ag nanowires, Song et al, ACS Nano **5**, 5874, (2011)
- [5] Near-field microscopy with a single-photon point-like emitter : resolution versus aperture tip? Drezet et al, Optics Communications **284**, 1444 (2011)
- [6] Leakage radiation microscopy of surface plasmons launched by a nanodiamond-based tip Mollet et al, Diamond and related materials **20**, 995 (2011)
- [7] Surface plasmon leakage radiation microscopy at the diffraction limit, Hohenau et al, Optics Express **19**, 25749 (2011)
- [8] Mie Plasmons : Modes Volumes, Quality Factors and Coupling Strengths (Purcell Factor) to a Dipolar Emitter. Colas des Francs et al, Int. J. Optics **2012**, p. 175162 (2012)
- [9] Resonance quality, radiative/ohmic losses and modal volume of Mie plasmons, Derom et al, EPL **98**, 47008 (2012)
- [10] A coupled lossy local mode theory description of a plasmonic tip, Barthes et al, New J. Phys. **14**, 083041 (2012)
- [11] Quantum plasmonics : second-order coherence of surface plasmons launched by quantum emitters into a metallic film, O. Mollet et al, Phys. Rev. B **86**, 045401 (2012)
- [12] Scanning optical microscopy modeling in nanoplasmonics, Teulle et al, JOSAB **29**, 2431 (2012)
- [13] Plasmonic Nanoparticle Networks for Light and Heat Concentration, Sanchot et al, ACS Nano **6**, 3434 (2012)

CONTACT :

gerard.colas-des-francs@u-bourgogne.fr
http://icb.u-bourgogne.fr/Nano/OSNC/PlasTips