

Caractérisation de pointes fibrées dans l'optique de nano-pinces optiques et plasmoniques

Félix Piédallu

Grenoble INP Phelma, Filière Physique - Nanosciences
Institut Néel - Équipe NanoOptique et Forces

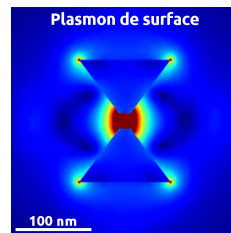
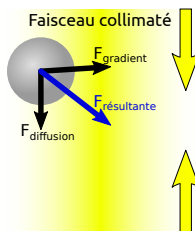
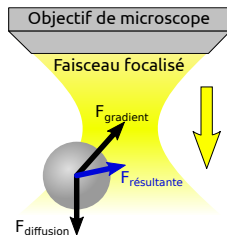
29 Juin 2016



Sous la direction de Jochen Fick

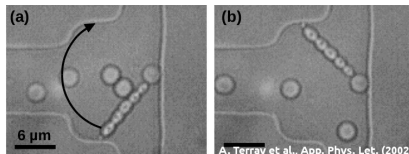
Les pinces optiques

■ Confinement de particules par forces optiques



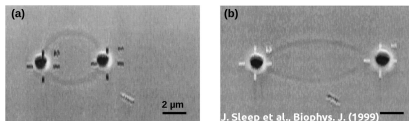
Utilisation des pinces optiques

■ Microfluidique



Valve contrôlée par pince optique

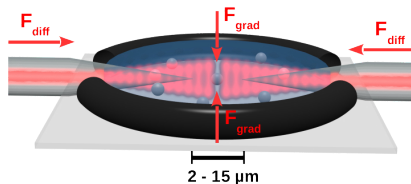
■ Biologie



Globule rouge étiré par piégeage optique

Les pinces optiques fibrées

- Intégration facilitée
- Manipulation des particules aisée



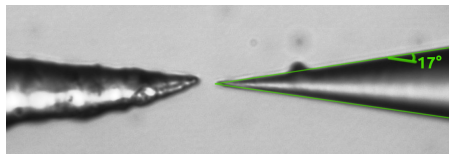
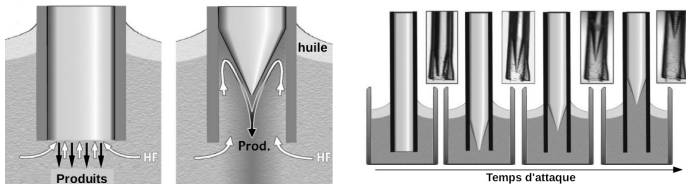
- Pointes métallisées : pinces plasmoniques

→ Caractérisation des pointes

Caractérisation spatiale et spectrale de l'émission

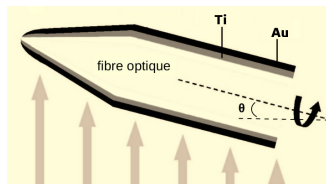
Élaboration des pointes fibrées

- Gravure chimique en pointe
"Tube Etching" à l'acide fluorhydrique (HF)

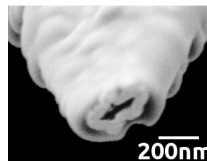
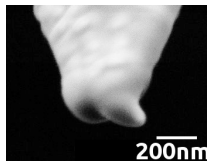


Métallisation des pointes

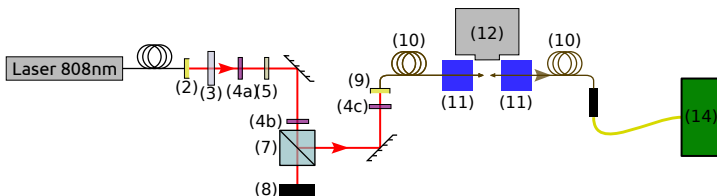
- Dépôt métallique par évaporation
 - couche d'accroche de Titane
 - couche d'or (40nm - 150nm)



- Découpe au FIB, contrôle au MEB

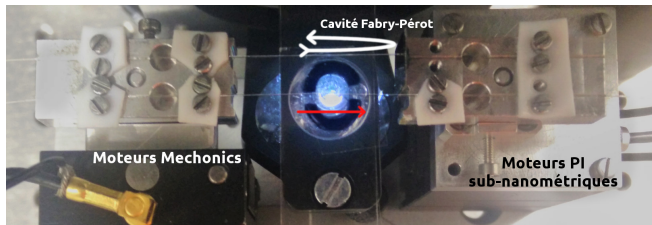


Chemin optique

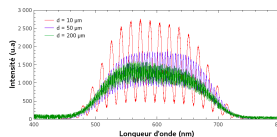
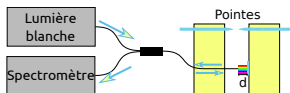


- Faisceau laser gaussien à $\lambda = 808nm$
- Contrôle en intensité et polarisation
- Positionnement sub-nanométrique
- Observations au microscope
- Mesures dans l'air et dans l'eau

Positionnement des pointes fibrées

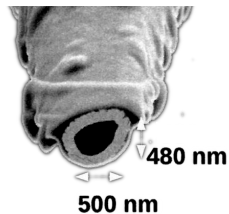


- Moteurs piezoélectriques inertiels : positionnement des fibres
- Platines piezoélectriques : alignement et balayage sub-nanométriques
- Cavité de Fabry-Pérot : asservissement en position

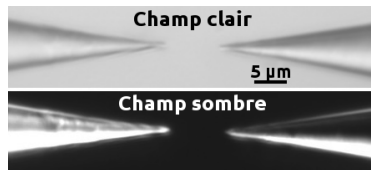
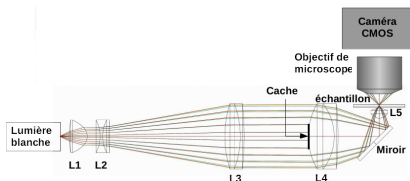


Observation des fibres

■ Imagerie MEB



■ Microscopie en champs clair et sombre



Émission spatiale des pointes

Scans en (y, z) de l'émission d'une pointe grâce à une autre pointe

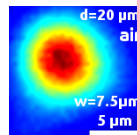
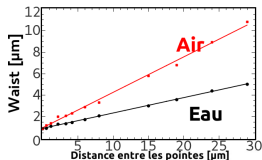
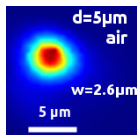


- Photodiode amplifiée
 - Sensibilité moyenne

- Photodiode à avalanche (APD)
 - Sensibilité élevée
 - Mesures de très faibles intensités : pointes métallisées

Pointes non métallisées

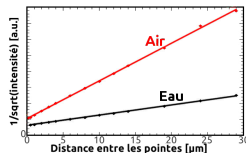
■ Mesure de l'angle d'émission



■ Dans l'air : $18^\circ \rightarrow N.A = 0.16$

■ Dans l'eau : $8^\circ \rightarrow N.A = 0.09$

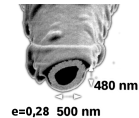
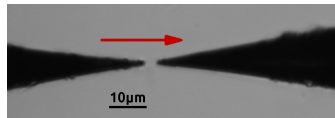
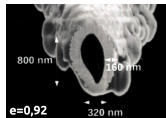
■ Variation de l'intensité maximale



■ Flux lumineux constant

■ Intensité plus élevée dans l'eau que dans l'air

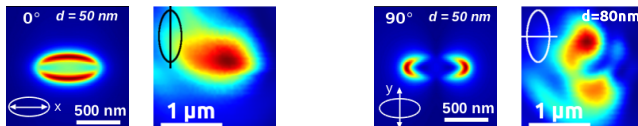
Pointes métallisées



- Intensité injectée faible ($\leq 1\text{mW}$)
- Transmission faible
- Mesures par APD

Pointes métallisées

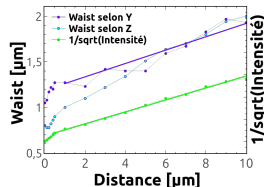
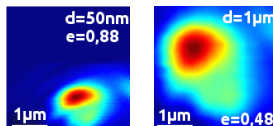
■ Dépendance en polarisation incidente



Théorie : Jean-Baptiste Decombe, 2015

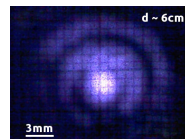
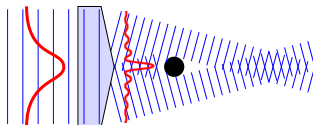
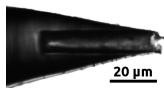
■ Faible distance

- $d < 800 \text{ nm}$: émission à 11° (Y) / 13° (Z)
- $d > 800 \text{ nm}$: émission à 5° (Y) / 6° (Z)

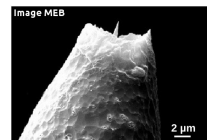


Les pointes de Bessel

Pointe et faisceau de Bessel

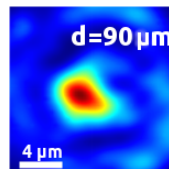
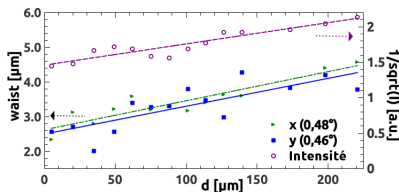
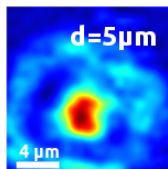


- Spot faiblement divergeant
- Faisceau "auto-régénérant"



Les pointes de Bessel

Profil d'émission et évolution spatiale

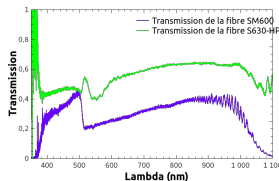
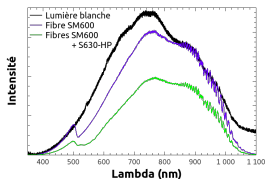
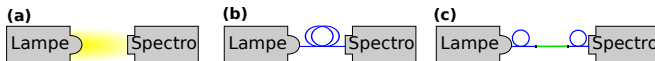


- Angle d'émission : $\theta = 0.47^\circ \rightarrow N.A = 0.005$
- Flux lumineux constant
→ Piégeage à très grande distance

Émission spectrale des pointes

- Injection de lumière blanche
- Mesures de spectres en transmission [400nm, 1100nm]

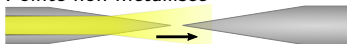
Mesures de normalisation



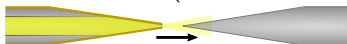
Émission spectrale des pointes

■ Spectres en transmission

■ Pointe non métallisée

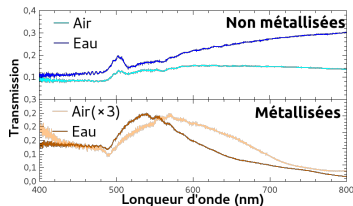
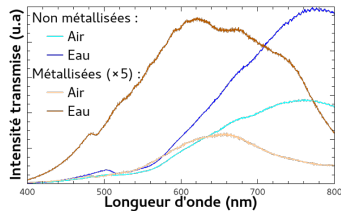


■ Pointe métallisée (ouverture $\varnothing \simeq 950\text{nm}$)



■ Meilleure transmission dans l'eau

■ Longueur d'onde de coupure pour les fibres métallisées



Conclusion

- Émission spatiale des pointes fibrées
 - Pointes classiques
 - Spot gaussien
 - Angle d'émission plus faible dans l'eau (8°) que dans l'air (18°)
 - Intensité plus élevée dans l'eau (facteur $\times 3$)
 - Pointes métallisées
 - Dépendance en polarisation incidente
 - Pointes de Bessel
 - Faisceau de Bessel
 - Angle d'émission très faible ($< 0.5^\circ$)
- Spectres en transmission des pointes fibrées
 - Absorption par l'or au-delà de 600nm

Perspectives

- Utilisation en champ proche des pointes métallisées
- Pointes de Bessel utilisables à très grande distance

Merci de votre attention !

N'hésitez pas si vous avez des questions.