

---

## Sujet de thèse - English version below

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse : Jérôme WENGER

Email : [jerome.wenger@fresnel.fr](mailto:jerome.wenger@fresnel.fr)

Adresse : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Tel : 07 86 39 18 49

### Titre : **Nanopinces plasmoniques intégrées sur fibre optique pour manipuler des protéines individuelles**

Description :

Les pinces optiques offrent une approche polyvalente pour manipuler des cellules vivantes et d'autres objets microscopiques avec un minimum d'invasivité. Cependant, en raison de la limite de diffraction, les objets dont la taille est inférieure à 100 nm sont presque impossibles à piéger à l'aide de microscopes conventionnels. Pour pallier cette limitation, la nanophotonique permet de concentrer la lumière bien en dessous de la limite de diffraction. Les pinces nano-optiques permettent un piégeage efficace d'objets nanométriques qui seraient autrement trop petits ou trop transparents pour être manipulés à l'aide de pinces optiques conventionnelles. Bien que les nanopinces aient obtenu des résultats impressionnants, plusieurs défis majeurs restent ouverts, notamment (i) le piégeage de protéines individuelles, (ii) l'étude de l'influence du piège sur la conformation des protéines et (iii) l'intégration de nano-pinces optiques sur des fibres optiques pour faciliter leur mise en œuvre avec microscopes confocaux.

L'objectif de cette proposition de thèse de doctorat est de faire progresser l'applicabilité des pinces nano-optiques à la manipulation d'une seule protéine. Notre objectif est de développer des nanodispositifs plasmoniques intégrés à la fibre permettant de tirer le meilleur parti des forces optiques et thermiques à l'échelle nanométrique afin de piéger des protéines uniques. Des nanoantennes plasmoniques résonnantes seront intégrées à l'extrémité d'une pointe de fibre allongée, permettant les avantages clés de (i) la manipulation 3D complète du nanopiege et (ii) une intégration facile dans n'importe quel système de microscope optique sans nécessiter de compensation complexe pour les aberrations chromatiques ou des filtres spectraux multibandes hautement spécifiques. Nous combinerons les pinces nano-optiques à base de fibres avec un microscope bicolore utilisé pour le transfert d'énergie par résonance de Förster à molécule unique (smFRET). smFRET est la meilleure approche pour étudier la dynamique conformationnelle des protéines grâce à sa sensibilité inférieure au nanomètre à la distance de fluorophores donneur-accepteur.

La manipulation de nano-objets uniques à l'aide de nanoantennes optiques est hautement interdisciplinaire à l'interface entre la photonique, la biophysique et les nanotechnologies. Cette approche innovante permettra d'explorer un tout nouveau territoire de la pince optique jusqu'au niveau de la molécule unique. Les résultats de ce projet de doctorat feront progresser les domaines du piégeage nano-optique, de la nanophotonique et de la biophysique des molécules uniques, et bénéficieront à un large éventail d'applications de détection.

Sélection de publications récentes :

- Q. Jiang, P. Roy, J.-B. Claude, J. Wenger, *Single Photon Source from a Nanoantenna-Trapped Single Quantum Dot*, Nano Lett. 21, 7030 – 7036 (2021). ArXiv 2108.06508
  - Q. Jiang, J.-B. Claude, J. Wenger, *Plasmonic nano-optical trap stiffness measurements and design optimization*, Nanoscale 13, 4188-4194 (2021). ArXiv 2102.05381
  - Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, G. Baffou, and J. Wenger, *Quantifying the Role of the Surfactant and the Thermophoretic Force in Plasmonic Nano-optical Trapping*, Nano Lett. 20, 8811–8817 (2020). ArXiv 2011.10263
  - Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, G. Baffou, J. Wenger, *Temperature Measurement in Plasmonic Nanoapertures Used for Optical Trapping*, ACS Photonics 6, 1763-1773 (2019). ArXiv 1906.01947.
- 

## PhD proposal

Laboratory: Institut Fresnel

PhD supervisor : Jérôme WENGER

Email : jerome.wenger@fresnel.fr

Address : Institut Fresnel, Domaine Universitaire de Saint Jérôme, 13397 Marseille

Phone : +337 86 39 18 49

Title : **Fiber-integrated plasmonic nanotweezers to manipulate single proteins**

Description :

Optical tweezers offer a versatile approach to manipulate living cells and other micron-sized objects with minimal invasiveness. However, due to the diffraction limit, objects with sizes below 100 nm are nearly impossible to trap using conventional microscopes. To overcome this limitation, nanophotonics allows to concentrate light well below the diffraction limit. The nano-optical tweezers enable efficient trapping of nanoscale objects that would otherwise be too small or too transparent to be manipulated using conventional optical tweezers. Although nanotweezers have achieved impressive results, several major challenges remain open, notably (i) trapping of single proteins, (ii) monitoring the trap influence on the protein conformation and (iii) integrating nano-optical tweezers on optical fibers to ease their implementation with confocal microscopes.

The goal of this PhD thesis proposal is to advance the applicability of nano-optical tweezers towards single protein manipulation. Our aim is to develop fiber-integrated plasmonic nanodevices allowing to take maximum advantage of optical and thermal forces at the nanoscale in order to trap single proteins. Resonant plasmonic nanoantennas will be integrated at the end of an elongated fiber tip, allowing for the key advantages of (i) full 3D manipulation of the nanotrap and (ii) easy integration into any optical microscope system without requiring complex compensation for chromatic aberrations or highly specific multiband spectral filters. We will combine the fiber-based nano-optical tweezers with

a dual-color microscope used for single molecule Förster resonance energy transfer (smFRET). smFRET is the best approach to investigate the protein conformational dynamics thanks to its sub-nanometer sensitivity to donor-acceptor dye distance.

Manipulating single nano-objects using optical nanoantennas is highly cross-disciplinary at the interface between photonics, biophysics and nanotechnology. This innovative approach will enable the exploration of a brand new territory of optical tweezers down to the single molecule level. The outcomes of this PhD project will further advance the fields of nano-optical trapping, nanophotonics and single-molecule biophysics, and will benefit a wide range of sensing applications.

Recent relevant publications:

- Q. Jiang, P. Roy, J.-B. Claude, J. Wenger, *Single Photon Source from a Nanoantenna-Trapped Single Quantum Dot*, *Nano Lett.* 21, 7030 – 7036 (2021). ArXiv 2108.06508
- Q. Jiang, J.-B. Claude, J. Wenger, *Plasmonic nano-optical trap stiffness measurements and design optimization*, *Nanoscale* 13, 4188-4194 (2021). ArXiv 2102.05381
- Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, G. Baffou, and J. Wenger, *Quantifying the Role of the Surfactant and the Thermophoretic Force in Plasmonic Nano-optical Trapping*, *Nano Lett.* 20, 8811–8817 (2020). ArXiv 2011.10263
- Q. Jiang, B. Rogez, J.-B. Claude, G. Baffou, J. Wenger, *Temperature Measurement in Plasmonic Nanoapertures Used for Optical Trapping*, *ACS Photonics* 6, 1763-1773 (2019). ArXiv 1906.01947.