Réalisation de nano-cylindres et nano-cônes biréfringent pour expériences en pince optique angulaire

Rudy Desgarceaux[1,2], Zhanna Santybayeva[2], Benoit Charlot[1], Francesco Pedaci[2]

[1]Université de Montpellier, Institut d'Electronique et des Systèmes, CNRS UMR5214, 860 rue de Saint-Priest, 34090 Montpellier, France. desgarceaux@ies.univ-montp2.fr, benoit.charlot@um2.fr

[2]Centre de Biochimie Structurale, Department of Single-Molecule Biophysics, CNRS UMR5048, UM, INSERM U1054, 29 rue de Navacelles, 34090 Montpellier, France. zhanna.santybayeva@cbs.cnrs.fr, francesco.pedaci@cbs.cnrs.fr

Ce projet gravite autour du développement d'une nouvelle technique de piégeage optique ("pinces optiques"), permettant de piéger, d'appliquer et de mesurer un couple de rotation à des particules microscopiques. Le montage de pince optique classique permet en effet de piéger une microparticule [1], ayant un indice différent du milieu dans lequel elle évolue, dans le foyer de convergence d'un faisceau laser (Voir la fig 1a). En déplaçant le milieu, la microparticule piégée restera dans le faisceau du laser. En exerçant un contrôle sur la microparticule dans l'espace, il est donc possible de réaliser nombre d'expériences de biophysique en greffant à cette particule des molécules ou d'autres objets d'études.

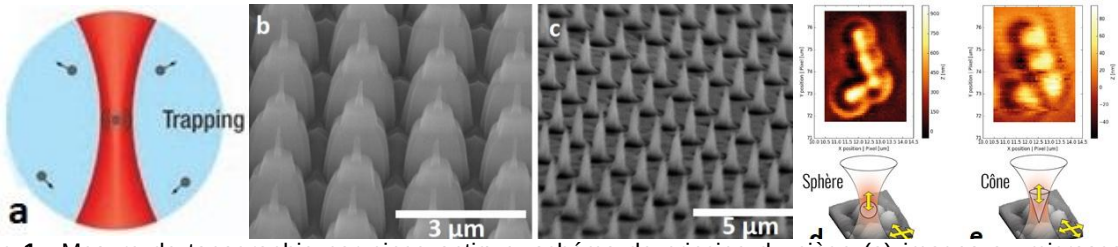

Figure 1 : Mesure de topographie par pince optique, schéma de principe du piège (a) images au microscope électronique de pointe micro usinées en quartz géométrie cylindres avec pointe en silice (b) et conique (c). Principe de la mesure et premiers résultats de scan de surface sur un amas de microparticules de verre, (d) scan effectué avec une bille sphérique piégée et (e) scan avec une particule conique en quartz.

Dans une configuration plus complexe, et en utilisant une particule cylindrique usinée dans un matériau biréfringent, il est possible en faisant tourner la polarisation du laser d'induire et mesurer un couple de rotation à la particule. L'objet de la thèse est la fabrication de ces particules et leur utilisation dans le piège optique. Un procédé de fabrication spécifique a été mis en place à partir de lithographie d'interférence et de gravure au plasma sur du quartz massif, pour produire les particules cylindriques de manière collective [2].

Actuellement, un nouveau procédé de fabrication de micro-cylindres contenant des pointes (voir photos fig 1b et c) est mis en place pour réaliser de nouvelles expériences avec les pinces optiques. Le but est de mettre au point un AFM sans cantilever, appelé PhFM (Microscope à Force Photonique) [3]. On utilise une micro-pointe piégée dans le dispositif optique (illustré sur la fig 1d et e) pour faire de la topographie de surface. L'intérêt de cette technique c'est qu'elle permet de mesurer des forces de l'ordre du pico Newton, alors qu'un AFM détecte des forces minimales de deux ordres plus élevées. Par conséquent, on pourra obtenir des topographies de surfaces molles telle que des cellules ou des tissus biologiques. Les micro-pointes ou micro-cônes sont fabriqués à partir de quartz monocristallin. Les premières pointes fabriquées sont piégeables et les premiers scans de surface ont été effectués avec des premiers résultats (Voir fig 1d et e).

[1] A. Ashkin, J. M. Dziedzic, and T. Yamane, "Optical trapping and manipulation of single cells using infrared laser beams" *Nature* 330 (6150), 769–771 (1987).

[2] Z.Santybayeva, A.Meghit, R.Desgarceaux, R.Teissier, F.Pichot, C. de Marin, B.Charlot, F.Pedaci "Fabrication of quartz micro-cylinders by laser interference lithography for angular optical tweezers"*Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS*. 15(3), 034507 (Sep 08, 2016).

[3] Arnd Pralle, Johann Karl Heinrich Hoerber, Ernst H K Stelzer "Photonic Force Microscope Based on Optical Tweezers and Two-Photon Excitation for Biological Applications " *Journal of Structural Biology.* (August 1997)