

Microscopie optique à balayage en champ proche (SNOM) pour l'imagerie non linéaire et la caractérisation des liquides

Contexte : La microscopie optique est un outil prometteur pour l'imagerie non destructive/non invasive in situ/in vivo des surfaces de matériaux ou d'échantillons biologiques dans des conditions physiologiques. Toutefois, en raison de la limitation de la diffraction de la lumière, la microscopie optique traditionnelle ne peut atteindre une résolution de 250 nm, alors que, par exemple, la taille des protéines est généralement bien inférieure à 250 nm et que la distance entre deux protéines est de 10 nm sur la membrane cellulaire. C'est pourquoi, au cours des dernières décennies, de grands efforts ont été déployés pour dépasser la limite de la diffraction en mettant en œuvre diverses techniques de champ lointain. La microscopie optique à champ proche à balayage (SNOM) est une microscopie optique à super-résolution qui tire parti de la technique du champ proche pour dépasser la limite de diffraction et atteindre une résolution sans précédent [1].

Position : La génération de troisième harmonique (GTH) est une sonde sélective de surface lorsqu'un échantillon est excité à des intensités laser très élevées et loin des résonances moléculaires. Une intensité laser élevée à une longueur d'onde fondamentale est envoyée à l'échantillon et la variation des interfaces génère une longueur d'onde/3 de la longueur d'onde fondamentale du laser. Le GTH peut être produit à partir de tous les matériaux indépendamment de la centrosymétrie, car il s'agit d'un dipôle autorisé. Les surfaces et les interfaces produisent une lumière de troisième harmonique [2, 3]. La GTH en champ proche présente des caractéristiques différentes de celles des expériences en champ lointain, principalement en raison du relâchement des conditions d'adaptation de phase inhérentes aux techniques de microscopie optique non linéaire à balayage en champ proche (SNOM). Cependant, l'étude des liquides par GTH n'a été limitée jusqu'à présent qu'au champ lointain avec la technique que nous avons développée [3].

Description du projet : Des mesures non linéaires en champ proche seront effectuées en positionnant statiquement la pointe à l'intérieur du foyer laser et en balayant l'échantillon en dessous [4]. La topographie et les images SNOM sont balayées simultanément alors que la pointe de la sonde est maintenue à un écart constant au-dessus de l'échantillon. L'écart constant est contrôlé par un retour de force de cisaillement appliqué au scanner de la platine. En maintenant constante la distance de la pointe par rapport à la surface, des informations concernant la topologie de la surface de l'échantillon sont enregistrées.

- 1) Le premier objectif de la thèse sera la mise en œuvre d'une expérience scientifique basée sur une microscopie non linéaire en champ proche (GTH) visant à mesurer les propriétés optiques non linéaires de liquides biologiques micro à nanométriques et à tester et caractériser des dispositifs photoniques de surface.
- 2) Le deuxième objectif sera le test d'échantillons avec des expériences in vivo consistant en la caractérisation d'échantillons biologiques dans des gouttelettes. En photonique, de nouveaux matériaux fonctionnels seront caractérisés.

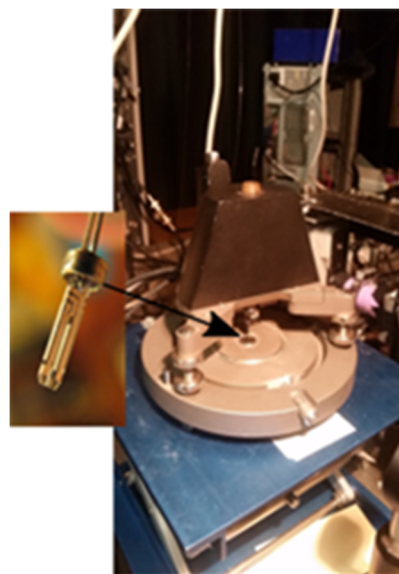


Fig. 2: SNOM set-up at MOLTECH-Anjou

3) Le troisième objectif sera de modifier le snom pour adapter le système à de nouvelles fonctionnalités avec une nouvelle sonde basée sur un matériau activé par la lumière qui modifie la rigidité de la sonde. L'expérience sera adaptée à la microfluidique combinée à des surfaces spécialement conçues dans le but d'améliorer le signal et la caractérisation de nouveaux systèmes photoniques fondés sur un nouveau microscope optique à balayage en champ proche (SNOM). En combinant l'optique en champ proche et l'optique non linéaire, on peut développer une gamme beaucoup plus large d'applications de l'optique en champ proche à la science des surfaces, à la chimie et à la biologie, c'est-à-dire là où la reconnaissance moléculaire, les spectres moléculaires, les informations structurales, etc. sont d'intérêt. Le défi est la première démonstration d'un microscope optique à champ proche (AFM-FM) pour la caractérisation non linéaire des surfaces et le test en milieu liquide. L'activité se concentrera sur l'amélioration des performances de la sonde snom grâce à une activité complexe d'analyse, de modélisation et de développement, afin de répondre aux exigences de précision et de répétabilité nécessaires pour amener la microscopie SNOM en milieu liquide à un niveau de confiance élevé.

Expérience : Le système à mettre en œuvre sera basé sur : un système laser composé d'un laser femtoseconde commercial (Toptica) (1500 nm, 1 W, 80 fs, 1 kHz) utilisé pour générer une longueur d'onde proche de l'infrarouge pour les expériences. Le faisceau fondamental sera focalisé à l'aide d'un télescope galiléen sur un point micrométrique à l'endroit où la sonde snom examine l'échantillon. La lumière collectée dans le champ proche sera dirigée via la fibre optique vers des filtres passe-bas de 505 nm et un photomultiplicateur Hamamatsu (PM).

Superviseurs : Pr. Régis Barillé

Profil du candidat : Pour cette étude, un spécialiste des matériaux ou un physicien est attendu. De bonnes compétences expérimentales sont également requises.

Durée du contrat : 3 ans. **Date de début** : Le poste de doctorant est ouvert à partir d'octobre 2025.

Localisation et supervision : Le/la doctorant(e) sera localisé(e) au Laboratoire MOLTECH-Anjou (UMR CNRS 6200), à Angers, France. Il/elle travaillera dans l'équipe SAMSON.

Compétences requises : Le candidat devra avoir une formation en physique, une expérience en instrumentation et un intérêt marqué pour les sujets interdisciplinaires (chimie inorganique ou organique, science des matériaux). Il/elle doit être capable de travailler de manière indépendante et posséder des compétences en matière de collaboration interdisciplinaire.

Candidature : Les candidatures doivent être envoyées par courrier à l'adresse suivante Pr. Régis BARILLE (regis.barille@univ-angers.fr). Le dossier de candidature comprendra un CV complet, une lettre de motivation, les relevés de notes de Master 1 et 2, des références. Des lettres de recommandation seront un plus.

[1] P. Bazylewski, S. Ezugwu, G. Fanchini, A Review of Three-Dimensional Scanning Near-Field Optical Microscopy (3D-SNOM) and Its Applications in Nanoscale Light Management, *Appl. Sci.* 7(10), 973, (2017).

[2] R. Barille, L. Canioni, S. Rivet, L. Sarger, F. Brechet, P. Roy, D. Pagnoux, Nondestructive analysis of the transverse structure of novel optical fibers by third-harmonic-generation microscopy, *Opt. Lett.*, 27(16) 1391-1393, (2002)

[3] R. Barille, L. Canioni, L. Sarger, and G. Rivoire, Nonlinearity measurements of thin films by third-harmonic-generation microscopy, *Phys. Rev. E* 66, 067602 (2002).

[4] R. D. Schaller, J. C. Johnson, R. J. Saykally, Nonlinear Chemical Imaging Microscopy: Near-Field Third Harmonic Generation Imaging of Human Red Blood Cells, *Anal. Chem.*, 72, 5361-5364, (2000).

