

Titre : Spectroscopie locale dynamique assistée par micro-sphère pour des échelles nanométriques

Title : Dynamic Local Spectroscopy at nanoscale assisted by micro-sphere

Directeur de Thèse :

Manuel Flury Maître de Conférences HDR mflury@unistra.fr

Co-directeur : Paul Montgomery Directeur de Recherche

Co-encadrant : Denis Montaner Maître de Conférences

Unité(s) d'Accueil(s) :

Laboratoire ICube, Equipe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP)

<http://icube-ipp.unistra.fr/>

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg - CNRS

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : ICS, IGBMC, CSEM (Suisse)

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) :

Axe transverse IMEE, Plateforme C3Fab, Projet de maturation Nano3D

Résumé(1500 caractères au maximum) :

La demande de caractérisation sans contact et de contrôle non destructif pour la nanotechnologie, la chimie et les bio-matériaux s'est accrue ces dernières années. Le groupe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP) a développé récemment une nouvelle technique pour l'analyse spectroscopique locale à l'aide de la microscopie interférométrique. Les premiers résultats ont permis des mesures locales de spectres avec une très bonne précision permettant d'extraire des informations optiques en profondeur. Par exemple, des études ont été menées sur des inclusions dans un film mince de Mylar ou des billes micrométriques déposées sur des surfaces afin de trouver leur taille. La microscopie photonique sans marqueur aujourd'hui est limitée en résolution latérale par la diffraction. Dans ce projet, l'objectif est d'intégrer sur nos montages actuels deux caractéristiques très novatrices : l'analyse locale à des échelles nanométriques et dans un cadre dynamique. Notre groupe a également développé une nouvelle technologie de super-résolution associée à la microscopie interférométrique, qui a permis d'obtenir des topographies sous la résolution classique, c'est-à-dire dans le domaine dit sub-longueur d'onde (<400 nm) [1, 2]. L'idée est donc d'associer cette technique de super-résolution avec la spectroscopie locale, tout en améliorant également l'instrumentation. En effet, des évolutions fortes sont possibles (focalisation dynamique, caméra rapide, etc...), permettant ainsi l'étude des spectres dans des milieux diffusants ou des échantillons chimiques ou biologiques et l'identification des propriétés des nanostructures.

DESCRIPTION DETAILLEE DU SUJET :

Contexte

Dans le développement de nano- et biomatériaux, des nouveaux outils sont nécessaires pour la caractérisation. Le groupe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP) a développé récemment une nouvelle technique optique pour l'analyse spectroscopique locale à l'aide de la microscopie interférométrique en lumière blanche [3]. Les premiers résultats ont permis des mesures locales de spectres en surface ou en profondeur avec une très bonne précision et donc à extraire des informations optiques utiles. Par exemple, des études ont été faites sur des bulles d'une taille de $2 \mu\text{m}$ dans un film mince de Mylar, des microbilles déposées sur des surfaces pour remonter à leur taille, ou des structures très faiblement réfléchives pour remonter à des informations sur des milieux diffusants. Cela a conduit à plusieurs communications (2 publications, 9 conférences).

Objectifs

La microscopie optique sans marqueur aujourd'hui est limitée en résolution latérale par la diffraction. Dans ce projet, l'objectif est de poursuivre ces travaux en y intégrant sur le montage deux caractéristiques très novatrices : l'analyse locale sur des dimensions nanométriques et dans un cadre dynamique. Parallèlement, le groupe IPP a également développé une nouvelle technologie de super-résolution latérale associée à la microscopie interférométrique, qui a permis d'obtenir des profils sous la résolution théorique du montage utilisée, c'est-à-dire dans le domaine dit sub-longueur d'onde (<400 nm) [1]. L'idée est donc d'associer la technique de super-résolution mise au point avec l'analyse actuelle de spectroscopie locale [2], tout en améliorant également le système optique. En effet, même si le montage actuel est fonctionnel, des évolutions fortes sont possibles pour atteindre des résolutions nanométriques avec un minimum de bruit dans les images (focalisation dynamique, synchronisation piézo et acquisition caméra, etc..). De plus, grâce à des caméras rapides synchronisées ou à faible bruit, il serait possible d'augmenter la rapidité des mesures et de commencer à analyser dynamiquement des spectres dans des milieux diffusants ou des échantillons biologiques pour identifier des structures nanométriques.

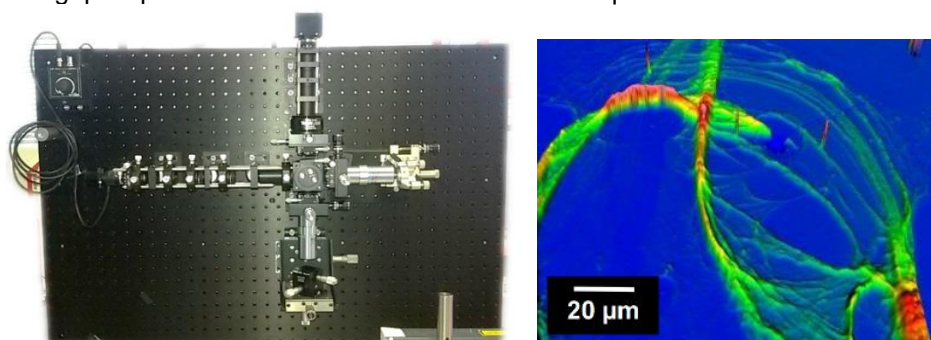


Figure 1 : (à gauche) Microscope interférométrique en configuration Linnik utilisé pour la thèse. (à droite) Exemple d'échantillons biologiques (fibronectine) que l'on pourra étudier dans le cadre de la thèse.

Moyens prévus pour la recherche

Le groupe IPP a développé 5 systèmes d'interférométrie fonctionnelles et possède deux systèmes commerciaux (Newview 7200 de Zygo, Holo3). Le système sur lequel la thèse se concentrera est un montage dit Linnik d'excellente facture et originale par sa compacité (non publiée pour l'instant) qui utilise soit des caméras rapides Basler soit une caméra faible flux Photonlines et pilotées par Labview. Les moyens matériels sont complets (opto-mécaniques, logiciels, spectroscope classique, etc..) et sont maîtrisés par l'équipe. De plus, le savoir-faire de l'équipe en matière de microscopie et nanoscopie est reconnue par de nombreuses publications.

Collaborations :

Des collaborations locales sur le sujet existent avec l'Institut Charles Sadron (propriétés des polymères) [4], l'IPHC (couches de colloïdes pour étudier les polluants dans le sol) [5], l'IGBMC (échantillons biologiques) et l'IREPA Laser (structuration laser de matériaux). Nous collaborons également avec le CSEM de Bâle (Suisse), l'Institut Femto-ST ou l'ISSP du BAS (Sofia, Bulgarie) et les industriels Fogale Nanotech et Holo3.

Contacts : mflury@unistra.fr Tél : 03 88 14 47 47 et paul.montgomery@unistra.fr

Références:

- [1] I. Kassamakov, S. Lecler, A. Nolvi, A. Leong-Hoi, P. Montgomery, E. Hæggström, *3D Super-Resolution Optical Profiling Using Microsphere Enhanced Mirau Interferometry*, Nature Scientific Reports, 2017, **7**, p. 3683, doi:10.1038/s41598-017-03830-6.
- [2] S. Perrin, A. Leong-Hoi., S. Lecler, P. Pfeiffer, I. Kassamakov, A. Nolvi, E. Hæggström and P. Montgomery, *Microsphere-assisted phase-shifting interferometry*, Applied Optics, 2017, **56**, p. 7249-7255.
- [3] R. Claveau, P. Montgomery, M. Flury, D. Montaner, *Depth-resolved local reflectance spectra measurements in full-field optical coherence tomography*, Optics Express, 2017, **25**(17) p. 20216-20232.
- [4] P. Chapuis, P. Montgomery, F. Anstotz, A. Leong-Hoi, C. Gauthier, J. Bachnagel, G. Reiter, G. Mckenna, A. Rubin, *A novel interferometric method for the study of the viscoelastic properties of ultra-thin polymer films determined from nanobubble inflation*, Review of Scientific Instruments, 2017, **88**(9), p. 093901 (8 pages)
- [5] E. Halter, P. Montgomery, D. Montaner, R. Barillon, M. Del Nero, C. Galindo, S. Georg, *Characterization of inhomogeneous colloidal layers using adapted coherence probe microscopy*, Applied Surface Science, 2010, **256**, p. 6144—6152.

Abstract (1500 caractères au maximum) :

The demand for contactless characterization and nondestructive testing in nano-technology and bio-materials has increased in recent years. The Instrumentation and Photonic Process (IPP) group has recently developed a new technique for local spectroscopic analysis using interference microscopy. The first results have allowed local spectroscopic measurements to extract optical information over depth, with a very good precision. For example, studies have been conducted on 2 μm sized inclusions in a thin film of Mylar or micrometer beads deposited on surfaces to find their size. Today, marker-free optical microscopy is limited in lateral resolution due to diffraction. In this project, the goal is to integrate two innovations on our current setup: local analysis at nanometric scales and to do this in real time. Our group has also developed a new super-resolution technology associated with interference microscopy, which has made it possible to obtain topographies over lateral scales below the classical resolution, i.e. in the so-called sub-wavelength domain ($< 400 \text{ nm}$) [1, 2]. The idea is to combine this super-resolution technique with local spectroscopy, and to improve the instrumentation. Indeed, further developments are possible (dynamic focusing, high speed camera, etc ...), leading to the possibility of studying spectra in scattering media or chemical and biological samples in order to identify nanostructures.