

MODELISATION DE LA DIFFUSION D'ONDES DE SURFACE EN CHAMP LOINTAIN. APPLICATION A LA MICROSCOPIE OPTIQUE EN CHAMP PROCHE

J. Muller, G. Parent, G. Jeandel and D. Lacroix*

LEMTA (Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée)

CNRS UMR 7563 - Nancy Université

Faculté des Sciences et Techniques BP 70239 - 54506 VANDŒUVRE Cedex - FRANCE

* Corresponding author : Tel & Fax (33) 383 684 688 - David.Lacroix@lemta.uhp-nancy.fr

La microscopie optique en champ proche (SNOM : Scanning Near-field Optical Microscopy) est une technique permettant d'étudier expérimentalement les ondes de surface, telles que les polaritons de surface, dans un grand nombre de situations. A l'aide de la technologie AFM, qui permet de positionner une sonde à une distance sub-longueur d'onde d'un échantillon, il est possible de détecter le champ proche. Nous travaillons plus précisément sur les microscopes optiques à pointes dites sans ouverture (Apertureless SNOM). Ici, la sonde sert d'objet diffusant qui rend possible la mesure en champ lointain des ondes évanescentes perturbées (grâce à une optique de collection classique). D'ordinaire, ces ondes de surface sont créées par le biais d'une source externe (laser). Nos travaux portent sur les radiations thermiques, en zone de champ proche, émises par l'échantillon, et ce sans aucune excitation. En effet, de nombreux travaux ont démontré l'existence de comportements atypiques spécifiques au champ proche, tels que l'augmentation notable de la densité d'énergie électrique spectrale, ou encore l'apparition de phénomènes de cohérence spectrale ou spatiale sous certaines conditions [1]. C'est dans cette perspective qu'un nouveau dispositif, basé sur la technologie SNOM sans excitation externe, a été introduit il y a quelques années. Il utilise directement le champ infrarouge thermique de l'échantillon pour mesurer la densité d'état locale électromagnétique (EMLDOS) à proximité de sa surface [2]. Nos travaux visent à améliorer un tel dispositif expérimental.

Dans le but d'améliorer l'efficacité de diffusion de la pointe, notamment dans l'angle solide observé par l'optique de collection, il peut s'avérer intéressant de modéliser numériquement le champ diffusé par la pointe du microscope. Pour ce faire, le modèle que nous utilisons se scinde en deux parties. La première, utilisant un modèle FDTD 3D [3], nous permet d'obtenir le champ électromagnétique à proximité de l'objet diffusant. La seconde s'appuie sur une transformation champ proche/champ lointain, basée sur les tenseurs de Green [4,5,6]. Elle est utilisée pour déterminer le champ lointain dans le domaine spectral à n'importe quelles fréquences, et ce pour toutes directions sur 4π sr. Ce modèle a été validé par différents cas test, à savoir celui du dipôle oscillant au dessus d'une interface plane et celui de la sphère illuminée par une onde plane, elle aussi au dessus d'une interface. Pour ce dernier cas, les résultats ont été confrontés avec succès à ceux donnés par le modèle T-matrix [7,8]. En ce qui concerne l'application la pointe d'un A-SNOM, différents critères ont été étudiés, tels que le matériau de la pointe (diélectrique, dispersif,...), sa forme (pyramidale ou conique plus ou moins effilée, présence d'une sphère à l'extrémité de la pointe,...), ou encore la distance entre la sonde et la surface de l'échantillon.

1. Carminati, R. and Greffet, J.J. Near-field effects in spatial coherence of thermal sources. *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 82, No. 8, pp 1660633, 1999.
2. Wilde, Y. De, Formanek, F., Carminati, R., Gralak, B., Lemoine, P.A., Joulain, K., Mulet, J.P., Chen, Y. and Greffet, J.J. Thermal radiation scanning tunnelling microscopy. *Nature (London)*, Vol. 444, No. 7120, pp 74043, 2006.
3. Taflov, A. and Hagness, S. *Computational Electrodynamics*, 3rd Edition. Artech House, 2005.
4. Sipe, J.E. New green-function formalism for surface optics. *J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 4, No. 4, pp 48189, 1987.
5. Capoglu, I.R. and Smith, G.S. A direct time-domain FDTD near-to-far-field transform in the presence of an infinite grounded dielectric slab. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 52, No. 12, pp 3805814, 2006.
6. Muller, J., Parent, G., Fumeron, S., Jeandel, G. and Lacroix, D. Near-field and far-field modeling of scattered surface waves. application to the Apertureless Scanning near-field optical microscopy. *J. Quant. Spect. And Rad. Trans.* (2010), doi :10.1016/j.jqsrt.2010.08.022.
7. Wriedt, T. and Doicu, A. Light scattering from a particle on or near a surface. *Optics Communications*, Vol. 152, No. 1, pp 37684, 1998.
8. Doicu, A., Eremin, Y. A. and Wriedt, T. Convergence of the t-matrix method for light scattering from a particle on or near a surface. *Optics Communications*, Vol. 159, No. 1, pp 26677, 1999.