



MICROSCOPIE TOMOGRAPHIQUE DIFFRACTIVE: UNE EXTENSION DE LA MICROSCOPIE HOLOGRAPHIQUE

Matthieu Debailleul, Bertrand Simon, Jonathan Bailleul, Hui Liu, Joël Lambert, Olivier Haeberlé

► To cite this version:

Matthieu Debailleul, Bertrand Simon, Jonathan Bailleul, Hui Liu, Joël Lambert, et al.. MICROSCOPIE TOMOGRAPHIQUE DIFFRACTIVE: UNE EXTENSION DE LA MICROSCOPIE HOLOGRAPHIQUE. 3ème rencontre francophone d'holographie numérique appliquée à la métrologie des fluides, Nov 2014, Ecully, France. hal-01112843

HAL Id: hal-01112843

<https://hal.science/hal-01112843>

Submitted on 3 Feb 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

MICROSCOPIE TOMOGRAPHIQUE DIFFRACTIVE: UNE EXTENSION DE LA MICROSCOPIE HOLOGRAPHIQUE

Matthieu Debailleul, Bertrand Simon, Jonathan Bailleul, Hui Liu, Joël Lambert, Olivier Haeberlé
Laboratoire MIPS-EA2332 Université de Haute-Alsace, Mulhouse, France
IUT de Mulhouse, 61 rue Albert Camus, 68093 Mulhouse Cédex

<http://www.label.mips.uha.fr> matthieu.debailleul@uha.fr

MOTS CLES

Holographie, imagerie de Fourier, synthèse d'ouverture, correction d'aberration, imagerie 3D, imagerie cohérente, microscopie optique.

RESUME

La microscopie tomographique diffractive est une technique d'imagerie combinant imagerie en amplitude-phase avec une variation des conditions d'observations, suivies d'une reconstruction numérique du spécimen observé. L'intérêt de cette approche, par rapport à la microscopie optique classique est double. L'information enregistrée est liée à la distribution des indices optiques complexes dans le spécimen observé, une quantité difficilement, voire non accessible en imagerie incohérente. De plus, cette approche permet de doubler la résolution par rapport à l'holographie. Nous avons développé cette technique en transmission, principalement pour l'observation de spécimens biologiques non-marqués, et en réflexion, pour l'observation de surfaces et interfaces (sciences des matériaux, métrologie). Récemment, nous avons aussi développé un système de rotation des échantillons, permettant une résolution 3D isotrope. Cette présentation a pour but de présenter les principes fondamentaux de cette technique, et certains résultats récents obtenus (en transmission) sur des spécimens biologiques et en réflexion sur des échantillons réfléchissants, ainsi que les améliorations que l'on peut en attendre.

PRINCIPES ET RESULTATS RECENTS

La Figure 1 montre les schémas du microscope tomographique diffractif en transmission et en réflexion développé au MIPS. Ce système permet ces deux modes d'observation sur un même appareil, autorisant l'étude de spécimens quasi-transparents en transmission [3,6] (cellules, polymères, microcristaux), et de spécimens opaques en réflexion [7]. La technique combine microscopie holographique pour enregistrer le champ diffracté en amplitude et en phase, avec une rotation de l'illumination, via un miroir tip-tilt commandé. Les différents interférogrammes sont recombinaés dans l'espace de Fourier, et une transformée de Fourier 3D permet au final une reconstruction de l'objet observé [1,2,4,5].

La technique permet de doubler la résolution par rapport à un microscope classique [3,5] (voir Figure 2). Cependant, l'image obtenue souffre en transmission d'une élongation axiale, due au cône de fréquences manquantes caractéristique des systèmes en transmission, et en réflexion de l'absence de basse fréquences transmises. Bien qu'une meilleure résolution devrait être atteinte, ce problème complique la reconstruction des spécimens [7,8].

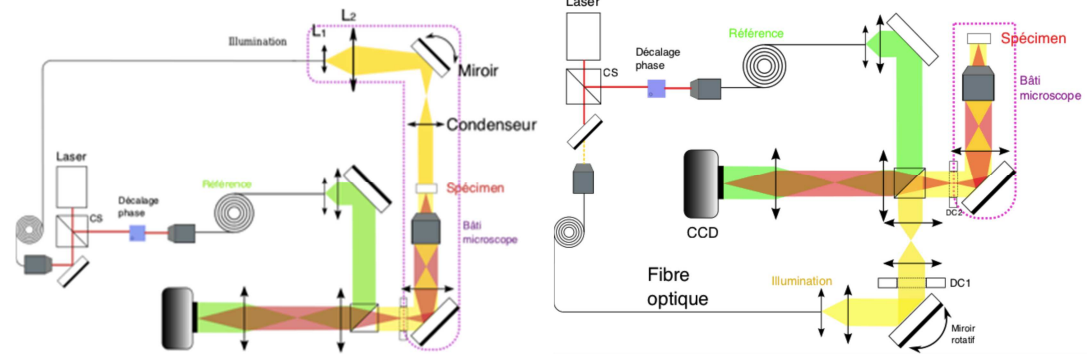


Figure 1: Schéma d'un microscope tomographique diffractif en transmission et en réflexion.

Nous avons montré que la microscopie tomographique diffractive pouvait aussi être utilisée en profilométrie multi-angles, qui permet une *précision* axiale nanométrique, avec une *résolution* latérale doublée sur la composante faiblement diffractive [8].

Nous avons aussi combiné la microscopie tomographique diffractive en transmission avec une rotation du spécimen [9,10], permettant d'obtenir une résolution 3D *isotrope*. Une limite de cette technique est cependant la reconstruction post-acquisition, limitante pour une utilisation de routine par des non spécialistes. Nous avons récemment développé une méthode de reconstruction rapide (3,5 images 3D par seconde), devant permettre à terme l'observation directe de spécimens vivants et mobiles [10,11].

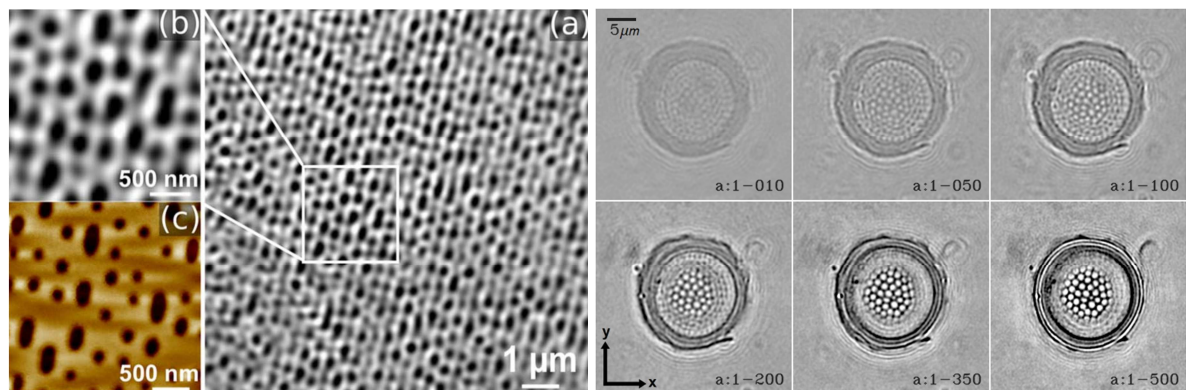


Figure 2: (a,b) : observation d'un disque Blu-ray en microscopie tomographique diffractive en réflexion.

(c) : image AFM pour comparaison.

À droite : reconstruction progressive d'une image en microscopie tomographique diffractive en transmission, montrant le gain en résolution par rapport à l'holographie standard.

REFERENCES

- [1] M. Debailleul, *et al.*, Meas. Sci. Technol. **19**, 074009 (2008)
- [2] B. Simon, *et al.*, Eur. Phys. J.: App. Phys. **44**, p. 29 (2008)
- [3] M. Debailleul, *et al.*, Opt. Lett. **34**, p. 79 (2009)
- [4] E. Wolf, Opt. Comm. **1**, p. 153 (1969)
- [5] V. Lauer, J. of Microscopy **205**, p. 165 (2002)
- [6] B. Simon, *et al.*, J. of Biophotonics **3**, p. 462 (2010)
- [7] M. Sarmis, *et al.*, J. Mod. Opt. **57**, p. 740 (2010)
- [8] H. Liu, *et al.*, Appl. Opt. **53**, p. 748 (2014)
- [9] S. Vertu, J. Flüge, J.-J. Delaunay, and O. Haeberlé, C. Eur. J. of Phys. **9**, p. 969 (2011)
- [10] J. Bailleul, *et al.*, Appl. Opt. (submitted)
- [11] J. Bailleul, *et al.*, J. Real-Time Imag. Proc. (to be submitted)