

L'INTERFEROMETRIE A DECALAGE QUADRI-LATERAL, UNE NOUVELLE METHODE D'ANALYSE DE SURFACE D'ONDE DU VISIBLE A L'IR

Sabrina VELGHE
DOTA/CIO

Directeur de thèse : Pierre CHAVEL
Encadrant ONERA : Jérôme PRIMOT

L'imagerie infrarouge est un domaine en plein essor, du fait des demandes très fortes en matière de renseignement. Cette augmentation de la demande de systèmes de plus en plus performants se traduit par la recherche de systèmes de contrôle de sensibilité accrue. L'objectif de cette thèse, commencée en octobre 2003, est de développer, modéliser et évaluer un nouvel interféromètre, nommé le Masque de Hartmann Modifié (MHM),¹ permettant l'analyse de surface d'onde et étant adapté aux spécificités de l'infrarouge.

L'élément clé de cette technique d'analyse est un réseau continûment auto-imageant.² La répartition d'intensité du champ issu de cet interféromètre est alors caractérisée par son invariance par propagation. Cependant, cette invariance n'est effective que si l'onde incidente est plane, en effet, si celle-ci est aberrante, l'interférogramme subit des déformations qui sont directement liées à l'aberration ; un traitement numérique des interférogrammes déformés permet alors de reconstruire la surface d'onde analysée. La conception particulière de ce dispositif lui confère des qualités d'achromaticité, de compacité et permet d'obtenir une grande dynamique de mesure et une très haute résolution spatiale.

L'étude d'un MHM dédié à l'infrarouge s'inscrit dans le cadre des recherches sur l'intégration de fonctions optiques au voisinage de plan focal infrarouge de l'unité CIO. La mise en œuvre d'un banc d'analyse de surface d'onde dans l'infrarouge lointain est actuellement en cours ; pour cela, un interféromètre MHM conçu pour la bande III [8-12 μm] est associé à un microbolomètre ULIS. Ce banc permettra alors l'évaluation de la qualité d'objectifs IR ou encore la caractérisation de laser CO₂ ($\lambda=10.6\mu\text{m}$).

D'un point de vue théorique, ce dispositif est au cœur d'une réflexion générale sur l'amélioration de la robustesse de la mesure de surface d'onde avec les interféromètres à décalage multi-latéral (IDML),^{3,4} dont font également partie le Shack-Hartmann⁵ et l'Interféromètre à Décalage Tri-Latéral⁶ également développé au sein de l'unité CIO. Il a ainsi été montré que l'étude spectrale des interférogrammes générés par les IDML permet d'obtenir, non seulement, les deux dérivées de la surface d'onde indispensables à la reconstruction de celle-ci, mais aussi des dérivées supplémentaires selon des directions croisées. Une fonction de coût originale a alors été définie afin de prendre en compte cette information supplémentaire lors de la reconstruction et d'améliorer le rapport signal-à-bruit de la surface d'onde reconstruite. Cette nouvelle procédure de reconstruction des surfaces d'onde permet ainsi de définir une stratégie optimale d'analyse de surface ou de quasi-surface (telles les phases avec singularité) d'onde et d'établir un critère de qualité de la reconstruction avec un IDML.

Quelques éléments de bibliographie :

[1] J. Primot, N. Guérineau, *Extended Hartmann test based on pseudoguiding property of a Hartmann mask completed by a phase chessboard*, Appl. Opt., Vol. 39, pp 5715-5720, 2000.

[2] J. Primot, N. Guérineau, *Non-diffracting arrays: theory, setups and applications*, Recent Res. Devel. Optics 2[2002]: 13-31.

[3] S. Velghe, J. Primot, N. Guérineau, M. Cohen, B. Wattellier, *Wave-front reconstruction from multidirectional phase derivatives generated by a multilateral shearing interferometer*, Opt. Lett., accepted, 1st February 2005.

[4] S. Velghe, J. Primot, N. Guérineau, R. Haïdar, M. Cohen, B. Wattellier, *Accurate and highly resolving quadri-wave lateral shearing interferometer, from visible to IR*, Proceeding SPIE, 8th Symposium on Laser Metrology, Merida (Mexico), 14-18 February 2005.

[5] J. Primot, *Theoretical description of Shack-Hartmann wave-front sensor*, Opt. Commun., Vol. 222, pp. 81-92, 2003.

[6] J. Primot, L. Sogno, *Achromatic three-wave (or more) lateral shearing interferometer*, J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 12, pp 2679-2685, 1995.