

Titre : CONCEPTION ET REALISATION D'UN IMAGEUR HOLOGRAPHIQUE 3D

Directeur de Thèse : TAKAKURA Yoshitate, MCF HDR.

Co-encadrant : TWARDOWSKI Patrice, MCF.

Unité d'Accueil : ICube (Equipes IPP et TRIO)

Établissement de rattachement : Unistra

Collaborations : Ce travail de thèse s'appuiera sur les compétences complémentaires des équipes IPP (simulations optiques/photoniques, Patrice Twardowski, MCF) et TRIO (activités en imagerie interférentielle/holographie, YoshitateTakakura, MCF HDR).

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

Résumé :

Les progrès en électronique, photonique et fabrication des matériaux d'enregistrement de la lumière, ont rendu possible la miniaturisation des systèmes d'imagerie optique pour l'observation et la restitution. Les dispositifs existants reposent majoritairement sur les principes de réflexion ou de réfraction de la lumière. L'exploitation des effets diffractifs reste peu explorée et s'explique par le fait que les matériaux disponibles jusqu'à ce jour présentent des contraintes d'utilisation trop rigides ou des caractéristiques optiques peu satisfaisantes pour l'imagerie holographique. Le développement de nouveaux processus d'élaboration permet de concevoir aujourd'hui des matériaux novateurs sous forme de films minces aux propriétés requises par les applications imageantes (1). Le laboratoire ICube a participé au développement de tel processus d'enregistrement produisant de fait des résultats prometteurs pour l'imagerie holographique (2-3). En levant le verrou technologique lié aux matériaux, il est aujourd'hui possible d'intégrer des fonctions holographiques dans les systèmes de visualisation planaires (4-5).

Le travail doctoral s'articulera autour de l'identification et du contrôle des mécanismes de propagation de l'image en termes de couplage entre l'élément holographique et son support, avec prise en compte de la nature vectorielle de la lumière (6). Ce travail de modélisation et d'analyse sera complété par la réalisation d'un composant permettant d'imager un objet tridimensionnel dans l'espace d'apprentissage (7-11).

Les équipes TRIO et IPP du laboratoire ICube témoignent d'une expérience reconnue en imagerie optique et holographique. Elles ont à leur disposition un environnement d'expérimentation unique et des outils de simulations optiques avancées.

Descriptif du sujet :

Contexte général

L'équipe TRIO du laboratoire ICube a participé à la conception et au développement d'écrans holographiques de grand format. Cette opération a été rendue possible grâce à une collaboration industrielle impliquant l'utilisation un matériau photosensible (1) à hautes performances. Ses propriétés remarquables comme une grande sensibilité à plusieurs longueurs d'onde couplée à une résolution spatiale élevée, permettent de produire des images holographiques de très haute qualité, des images tridimensionnelles « vraies » (2-3).

L'expérimentation en laboratoire a mis en relief une nécessité d'optimisation du système d'injection d'images du dispositif planaire (4-5). Par ailleurs, des inhomogénéités de couchage ou d'enregistrement de fronts d'onde viennent dégrader l'image 3D restituée lorsque de grandes surfaces de projection sont considérées.

L'objectif du travail doctoral consistera dans un premier temps, à analyser puis à fournir un modèle du processus de formation des images holographiques dans le cadre d'une approche microscopique (6). Dans cette optique, les défauts physiques liés à la couche photosensible, au substrat ou à l'enregistrement de l'imageur seront considérés et des simulations vectorielles seront envisagées. L'aspect expérimental de la thèse consistera à enregistrer des imageurs holographiques de manière à valider le modèle établi. Pour cela, un dispositif d'enregistrement et de restitution holographique original sera proposé. Enfin, des outils de caractérisation seront mis en place pour quantifier la qualité des images holographiques obtenues. En fonction des opportunités, les imageurs holographiques seront expérimentés sur systèmes de réalité virtuelle augmentée (AVR) ou des dispositifs de visualisation tête haute (HuD).

Moyens à disposition

Le laboratoire ICube dispose d'un environnement unique d'enregistrements d'hologrammes de grand format. Le local est isolé de l'extérieur par des amortisseurs mécaniques et des systèmes de compensation acousto-optiques permettent de réduire significativement les microvibrations résiduelles des franges d'interférence. Les études en amont seront menées grâce à des logiciels de simulation holographique.

Profil du candidat

Le travail doctoral s'adresse à un(e) étudiant(e) titulaire d'un master M2 en optique/photonique ayant de bonnes connaissances en Imagerie Optique. Un intérêt prononcé pour l'expérimentation optique couplée à des simulations numériques de modélisation et de traitement est souhaité.

Références (liste non exhaustive)

- 1) F.K. Bruder et al. "*Full-Color Self-Processing Holographic Photopolymers with High Sensitivity in Red- The First Class of Instant Holographic Photopolymers,*" J. Photopolym. Sci. Tec.**22**, (2009) 257-260.
- 2) S.A.Benton, and V.M.Bove, "*Holographic Imaging*" Wiley (2008), 270pp. ISBN: 978-0-470-06806-9.
- 3) H. Bjelkhagen, and D.Brotherton-Ratcliffe, "*Ultra-Realistic Imaging*" CRC Press (2013), 672 pp. ISBN: 978-1-4398-2799-4.
- 4) A. Friesem, and Y. Amitai, "*Planar Diffractive Elements for Compact Optics,*" in *Trends in Optics*, A. Consortini, ed. Academic (1997), pp. 125–144.
- 5) L. Eisenet al. "*Planar Configuration for Image Projection*", Appl. Opt.**45**, (2006)4005-4011.
- 6) G. Moharam, and T. K. Gaylord, "*Diffraction Analysis of Dielectric Surface-Relief Grating,*" J. Opt. Soc. Am. **72**, (1982)1385–1392.
- 7) H.I. Bjelkhagen, and J.C.Fischbach (Absolut Imaging) "*Endoscopic Imaging Using Reflection Holographic Optical Element for Autostereoscopic 3-D Viewing,*"US Patent: US2010/0238530 A1 (Sep. 23, 2010).
- 8) C.H.Krah (Apple) "*Three-Dimensional Display System*", US Patent: US20080068372 A1 (Mar. 20, 2008).
- 9) X. Sang et al. "*Demonstration of a Large-Size Real-Time Full-Color Three-Dimensional Display,*" Opt. Lett.**34**, (2009) 3803–3805.
- 10) H. Peng et al. "*Design and Fabrication of a Holographic Head-Up Display with Asymmetric Field of View,*"Appl. Opt.**53**, (2014) H177-H185.
- 11) H. Yu et al. "*Ultrahigh-Definition Dynamic 3D Holographic Display by Active Control of Volume Speckle Fields,*" Nat. Photonics (2017), doi:10.1038/nphoton.2016.272.