



Titre: Conception d'embouts microstructurés pour la fonctionnalisation optique de fibres optiques : application aux micro-procédés laser

Directeur(s) de Thèse :

Sylvain Lecler HDR sylvain.lecler@unistra.fr

Co-directeur : Philippe Gérard (HDR)

Co-encadrant : Grégoire Chabrol

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) :

Collaboration avec IREPA Laser et le laboratoire Hubert Curien de St-Etienne.

Application à la texturation laser micrométrique de surface.

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

Projet LaserJet

Résumé :

Notre équipe après avoir étudié les jets photoniques générés par des microbilles est la première à avoir démontré la possibilité d'en obtenir en sortie d'une fibre optique et ce en jouant sur la forme de l'embout de la fibre. Un Jet photonique est un faisceau concentré ayant une largeur à mi-hauteur inférieure à une demi-longueur d'onde. C'est un exemple de fonctionnalisation d'un embout de guide d'onde. L'étude théorique a été jusqu'ici menée en 2D. L'objectif de la thèse est de considérer le cas plus réaliste de guides 3D à symétrie de révolution, comme par exemple une fibre optique multimode, avec des structurations d'embouts plus complexes.

Parce que les micro-structurations auront des dimensions comparables à la longueur d'onde, un modèle rigoureux électromagnétique est nécessaire. Des fonctionnalisations comme de la focalisation, de la collimation, de la projection de lumière structurée seront considérées. Le travail s'appuiera sur le savoir-faire de l'équipe en conception d'éléments optiques diffractifs. Un algorithme d'optimisation itératif sera mis en œuvre pour la conception de l'embout microstructuré. En raison des temps de calcul importants de ces algorithmes le code de simulation électromagnétique devra être optimisé. Sur la base des premiers embouts microstructurés calculés, de premières têtes optiques fibrées seront réalisées et testés, en particulier à l'aide de laser femtoseconde en partenariat avec IREPA laser. La nature flexible et extrêmement intégrée d'une telle tête optique ouvre des perspectives évidentes pour les applications laser en endoscopie et chirurgie intraluminale.

Descriptif du sujet :

Cette demande d'allocation s'inscrit clairement dans le cadre d'une **action en faveur d'une thématique émergente, celle des jets photoniques** et de leurs applications. Depuis la découverte du concept il y a quelques années, le nombre de publications sur le sujet n'a cessé de croître rendant nos travaux, qui étaient parmi les tous premiers sur le sujet [1,2], très visibles.

Au-delà d'un phénomène électromagnétique nouveau obtenu avec des microbilles, le fait d'être capable aujourd'hui de maîtriser le phénomène en embout d'une fibre optique [3] ouvre un nombre d'applications très grand concernant entre autres la micro et nano-gravure laser [4], la chirurgie [5] et le diagnostic in-vivo intraluminale et la microscopie super-résolue [6]. Autant de sujets maîtrisés par l'équipe (ICube-IPP) et **en cohérence avec notre environnement (IREPA Laser, IHU, pôle de compétitivité Biovalley)**.

Aujourd'hui au-delà des applications, **l'objet de recherche amont de la thèse sera d'élargir les fonctionnalisations optiques des embouts de fibre à d'autres fonctions que la seule concentration spatiale de lumière**. Parmi les fonctions qui seront étudiées :

- la collimation,
- la génération de faisceaux non-divergents,
- la focalisation multipoints,
- la projection de lumière structurée.

Ces fonctions optiques en champ proche équivalentes à des composants à grande ouverture numérique devront tenir compte d'un éclairage multimode. Leur conception s'appuiera sur les outils de modélisation rigoureux développés au sein de l'équipe, couplés à un algorithme d'optimisation de type génétique déjà développé en partenariat avec le laboratoire Hubert Curien rattaché à Télécom St-Etienne. La réalisation et la caractérisation des embouts calculés feront partie du projet doctoral.

Ce travail doctoral sera dirigé par Sylvain Lecler, HDR depuis 2013, responsable du thème micro-procédés laser de l'équipe et le porteur de ces travaux sur les jets photoniques. Il travaillera avec Philippe Gérard (HDR) spécialiste de la conception électromagnétique rigoureuse et Grégoire Chabrol spécialiste en procédé laser qui a travaillé plusieurs années à Oxford Laser.

Références

- [1] Properties of a three-dimensional photonic jet, S. Lecler, Y. Takakura and P. Meyrueis, Optics Letters (30)19 p.2641-2643 , 2005.
- [2] Photonic jet driven non-linear optics: example of two-photon fluorescence enhancement by dielectric microspheres S. Lecler, S. Haacke, N. Lecong, O. Crégut, J-L. Rehspringer, C. Hirlimann, Optics Express (15)8, avril 2007.
- [3] Single and dual photonic jets and corresponding backscattering enhancement with tipped waveguides: direct observation at microwave frequencies, B. Ounnas, B. Sauviac, Y. Takakura, S. Lecler, B. Bayard, S Robert, IEEE Microwaves, Antennas & Propagation, (63)12, 2015.
- [4] Photonic jet breakthrough for direct laser micro-processing using near-IR nanosecond laser, A. Abdurrochman, S. Lecler, F. Mermet, B. Tumbelaka, B. Serio and J. Fontaine, Applied Optics, (53)31, pp.7202-7207, 2014.
- [5] Photonic nanojets for laser surgery, Vasily N. Astratov et al. SPIE Nanotechnology 2010.
- [6] Label-free super-resolution imaging of adenoviruses by submerged microsphere optical nanoscopy, Lin Li et al. Nature, Light: Science & Applications 2, 2013.