



Titre: Procédés à impulsions laser ultra-brèves : potentiel des fibres monomodes pour l'obtention de jet photonique

Title : Ultra-short laser pulses processes: potential of singlemode fibers for photonic jet generation

Directeur(s) de Thèse / Supervisors :
Sylvain Lecler sylvain.lecler@unistra.fr
Co-encadrant : Grégoire Chabrol

Unité(s) d'Accueil(s) / Lab. :
Laboratoire ICube, Equipe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP) ;
ICube Lab. Photonics Instrumentation and Processes (IPP)
<http://icube-ipp.unistra.fr/>

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg - CNRS

Collaboration(s) (s'il y a lieu) :
Collaboration avec IREPA Laser, Optech (Canada), Multitel (Belgique)

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) :
Amaranda, Plateforme C3-Fab, Axe transverse IMEE

Résumé : (1500 caractères au maximum)

Notre équipe après avoir été une des deux premières à avoir étudié le concept de jet photonique généré 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. Jusqu'à maintenant seuls des embouts de fibres multimodes ont été considérés. Un Jet photonique est un faisceau propagatif concentré au-delà de la limite de diffraction, sur une dimension inférieure à une demi-longueur d'onde, en champ proche d'un objet diélectrique. De nombreuses applications ont été considérées parmi lesquelles la micro-gravure, l'excitation de fluorescence, la photopolymérisation et la micromanipulation de nanoparticules.

L'objet de la thèse sera de considérer l'intérêt des fibres monomodes. Une méthode spécifique de façonnage de l'embout garantissant l'intégrité de la structure cœur/gaine devra être développée. L'obtention d'un spot plus régulier et la réduction des énergies nécessaires pour l'obtention des différentes applications devront être démontrés. Les fibres de type LMA et à cœur creux seront considérées pour leurs intérêts pour les applications de puissances avec des impulsions ultra-courtes.

Sur la base des formes d'embouts calculés, de embouts de fibres seront réalisés et testés, en particulier à l'aide de lasers pulsés picoseconde et femtoseconde, en partenariat avec Multitel et IREPA laser.

Descriptif du sujet :

Cette demande d'allocation s'inscrit en appui d'une **collaboration internationale** avec Optech (Quebec Canada) et Multitel (Belgique) dans le cadre du **projet Amaranta** et porte sur une **action en faveur d'une thématique émergente**, celle de **l'application des jets photoniques avec des lasers à impulsions ultra-brèves**. 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,-3], 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 [4-6] ouvre un nombre d'applications très grand concernant entre autres la micro et nano-gravure laser [3-6], la chirurgie [7] et le diagnostic in-vivo intraluminale et la microscopie super-résolue [8]. Autant de sujets maîtrisés par l'équipe (ICube-IPP) et **en cohérence avec notre environnement (IREPA Laser, IHU, pôle de compétitivité Biovalley)**.

Ce travail doctoral sera dirigé par Sylvain Lecler, HDR depuis 2013, responsable de l'équipe IPP et du thème micro-procédés laser. Il sera co-encadré par Grégoire Chabrol spécialiste en procédé laser qui a travaillé plusieurs années à Oxford Laser.

Références

- [1] S. Lecler, Y. Takakura and P. Meyrueis, Properties of a three-dimensional photonic jet, *Optics Letters* (30)19 p.2641-2643 , 2005.
- [2] S. Lecler, S. Haacke, N. Lecong, O. Crégut, J-L. Rehspringer, C. Hirlimann, Photonic jet driven non-linear optics: example of two-photon fluorescence enhancement by dielectric microspheres, *Optics Express* (15)8, avril 2007.
- [3] Abdurrochman A., Lecler S., Mermet F., Tumbelaka B., Serio B. and Fontaine J., Photonic jet breakthrough for direct laser micro-processing using near-IR nanosecond laser, *Applied Optics* (53)31, pp.7202-7207, 2014.
- [4] Zelgowski J., Abdurrochman A., Mermet F., Pfeiffer P., Fontaine J., Lecler S., Photonic jet sub-wavelength etching using shaped optical fiber tip, *Optics Letters*, (41)9, pp. 2073-76, 2016.
- [5] R. Pierron, S. Lecler, J. Zelgowski, P. Pfeiffer, F. Mermet, J. Fontaine, Etching of semiconductors and metals by the Photonic Jet with shaped optical fiber tips, *Applied Surface Sciences*, 418, p.452–455, 2017.
- [6] R. Pierron, J. Zelgowski, P. Pfeiffer, F. Mermet, J. Fontaine and S. Lecler, Photonic jet: key role of injection for etchings with a shaped optical fiber tip *Optics letters*. 42(14), 2707-2709, 2017.
- [7] Vasily N. Astratov et al. Photonic nanojets for laser surgery, *SPIE Nanotechnology* 2010.
- [8] I. Kassamakov, S. Lecler, A. Nolvi, A. Leong-Hoï, P. Montgomery and E. Hæggröm, 3D Super-Resolution Optical Profiling Using Microsphere Enhanced Mirau Interferometry, *Scientific report*, 7, 3683, Nature 2017.