

Sujet de thèse

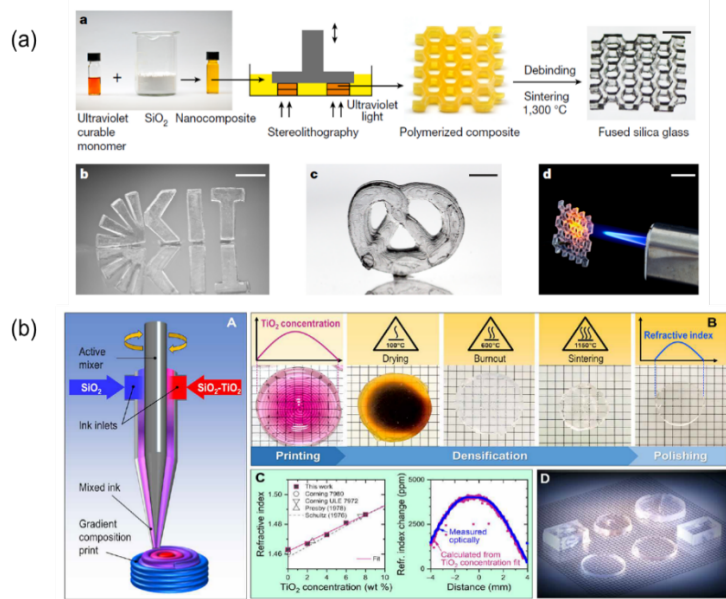
“Fabrication additive assistée par laser de composants avancés dans les fibres optiques. »

(english version in pages 3 & 4)

Mots clés : technologie des fibres optiques de spécialité, matériaux photoniques, fabrication additive, impression 3D

Présentation

La thèse expérimentale proposée s'inscrit dans le contexte de la fabrication dite additive (FA, ou communément « impression 3D ») de composants pour la photonique [1-4]. Nous visons la fabrication additive assistée par laser de « fonctions optiques » dans les préformes en verre de silice. Ces préformes seront ensuite étirées en fibres optiques, contenant ces « fonctions ». Une technique de fabrication additive, basée sur la polymérisation multiphotonique (MPP multi-photon polymerization) de résines polymères chargées de particules d'oxydes en objets vitreux a été mise en œuvre au laboratoire. L'originalité de l'approche choisie à INPHYNI tient dans la configuration d'écriture des motifs par laser, et l'intégration de cette étape dans la fabrication de la préforme par une technique bien maîtrisée à INPHYNI. La nouvelle technique permettra de fabriquer des structures complexes intégrées dans des fibres optiques, avec un contrôle tridimensionnel des compositions et des formes. La thèse proposée vise à définir les conditions expérimentales nécessaires pour réaliser des objets en verre sur le substrat en silice de fabrication des préformes, et d'étudier les paramètres nécessaires à l'obtention de « fonctions » dans les fibres optiques finales. Le travail principal est expérimental, orienté vers la synthèse et la transformation des matériaux utilisant la MPP et une méthode standard de fabrication de fibres optiques en silice, adaptée pour la FA.



Exemple de fabrication d'objets en silice par fabrication additive. (a) Silice par stereolithographie [3], (b) Lentille a gradient d'indice, utilisant des précurseurs de SiO₂/TiO₂, par 'Direct ink Writing' [4]

Les domaines d'application envisagés pour les nouvelles fibres contenant les composants imprimés sont nombreux : énergie, environnement, santé, aéronautique, usinage, marquage, communications, sécurité, défense, agro-alimentaire, etc. Les collaborations académiques visées sont très nombreuses, de l'échelle locale (diverses équipes au sein d'INPHYNI, laboratoires de l'Université Côte d'Azur) à l'échelle régionale (réseaux des pôles SCS et SAFE) et aux échelles nationale (réseau GIS GRIFON/CNRS [5], INRAE) et internationale. Des collaborations industrielles pourront être initiées sur la base des travaux obtenus durant cette thèse.

Contexte

La thèse expérimentale se fera en collaboration entre deux équipes d'INPHYNI, et avec deux laboratoires (IRCER à Limoges et ICMCB à Bordeaux) dans le cadre d'un contrat ANR « COP3D » [6]. Le projet COP3D vise à démontrer le principe de fibres optiques aux propriétés paramagnétiques ou photochromiques ou non-linéaires innovantes apportées par la FA. De plus amples détails seront donnés en communication privée.

L'équipement nécessaire est disponible à INPHYNI, grâce au soutien par le PIA3 dans le projet « Add4P » [7] et la Région SUD. Dans ce cadre, INPHYNI vise à développer la fabrication additive pour la photonique, et particulièrement dans les fibres optiques.

Méthode

- tester l'impression d'objets en résines photopolymérisables, et des résines chargées de nanoparticules de silice sous laser.
- développer le procédé de décarbonation des objets imprimés et les densifier en objets en verre.
- caractériser les matériaux synthétisés (composition, structure, propriétés optiques)
- réaliser des composants optiques, choisis comme démonstrateurs.

Résultats attendus

- jeux de paramètres chimiques, physico chimiques et optiques (paramètres laser) pour réaliser des objets de bonne qualité.
- preuve de concept de la méthode de fabrication, par la maîtrise de l'objet fini.

Références bibliographiques

- [1] F. Kotz, P. Risch, K. Arnold, S. Sevim, J. Puigmartí-Luis, A. Quick, M. Thiel, A. Hrynevich, P. D. Dalton, D. Helmer, and B. E. Rapp, "Fabrication of arbitrary three-dimensional suspended hollow microstructures in transparent fused silica glass," *Nat Commun* **10**, 1439 (2019).
- [2] Y. Chu, X. Fu, Y. Luo, J. Canning, Y. Tian, K. Cook, J. Zhang, and G.-D. Peng, "Silica optical fiber drawn from 3D printed preforms," *Opt. Lett.*, **44**, 5358–5361 (2019).
- [3] R. Dylla-Spears et al., "3D printed gradient index glass optics", *Science Advances* **6** (2020) eabc7429
- [4] T. Doualle, J.-C. André, & L. Gallais, "3D printing of silica glass through a multiphoton polymerization process," *Opt. Lett.* **46**, 364-367 (2021)
- [5] Groupement d'Intérêt Scientifique GRIFON. <https://grifon.xlim.fr/>
- [6] COP3D : « Complex and composite OPTical glass preforms and fibers processed by 3D printing for photonic applications », ANR-23-CE51-0014-03
- [7] Add4P « Additive manufacturing of glasses and components for Photonics », *Plan d'Investissement d'Avenir 3. programme Equipex+*, ANR-21-ESRE-0007.

Profil recherché :

Ce sujet de thèse concerne principalement les aspects physico-chimiques et d'ingénierie de la photopolymérisation de résines polymères chargées de particules de verre ou cristallines. Le travail inclura la mise à jour bibliographique sur le sujet, la caractérisation des matériaux durant les diverses étapes de la synthèse et de la transformation en fibre optique. La simulation numérique des étapes d'impression est envisagée.

La/le candidat(e) aura un Master ou équivalent en physique, chimie ou en physico-chimie, aura réalisé un projet de master (ou équivalent) expérimental, de préférence dans le domaine de la synthèse et la caractérisation de matériaux pour l'optique. Une formation et une expérience en synthèse par écriture laser multi-photonique sera un plus. Une expérience en simulations numériques multiphysique sera très appréciée. De même une expérience ou une curiosité marquée vers les autres disciplines impliquées dans ce projet, notamment la photonique, sera un plus. Enfin, on recherche une personnalité autonome, rigoureuse, curieuse et communicante, tant à l'écrit qu'à l'oral. La connaissance du français n'est pas exigée. Un niveau en anglais B2 est demandé.

Durée : 3 ans.

Rémunération brute mensuelle : 2135 € (à actualiser). Financement assuré par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche), sur le projet COP3D (<https://anr.fr/Projet-ANR-23-CE51-0014>)

Posez votre candidature ici : <https://emploi.cnrs.fr/Offres/Doctorant/UMR7010-BERDUS-001/Default.aspx>

Contacts :

Bernard DUSSARDIER : bernard.dussardier@univ-cotedazur.fr

Matthieu BELLEC : matthieu.bellec@univ-cotedazur.fr

Nom du Laboratoire :

Institut de Physique de Nice (INPHYNI), 17 rue Julien Lauprêtre, 06200 Nice

Site Internet : <https://inphyni.univ-cotedazur.fr/>

PhD position :

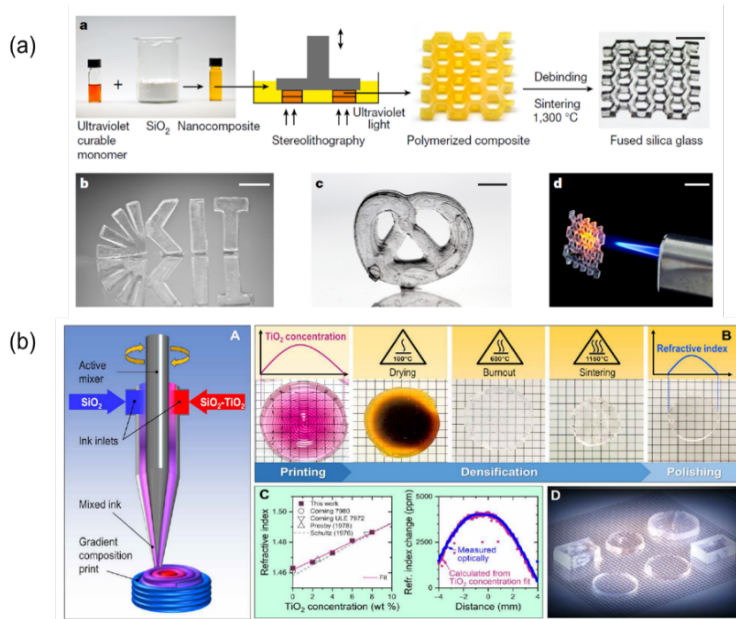
“Laser-assisted additive manufacture of advanced photonic components in optical fibres.”

Keywords

specialty optical fibres, materials for photonics, additive manufacture, 3D printing.

Presentation :

The proposed experimental PhD position is part of the context of so-called additive manufacturing (AM, or commonly “3D printing”) of components for photonics [1-4]. We are targeting laser-assisted additive manufacturing of “optical functions” in silica glass preforms. These will then be stretched into optical fibers. An AM technique, based on multi-photon polymerization (MPP) of polymer resins loaded with oxide particles in glassy objects is implemented in the laboratory. The originality of the approach chosen at INPHYNI lies in the AM configuration, and the integration of this step in the manufacturing of preforms using a technique well mastered at INPHYNI. The new technique will make it possible to manufacture complex structures integrated into optical fibers, with three-dimensional control of compositions and shapes. The proposed thesis aims to define the experimental conditions necessary to produce glass objects on the silica substrate for manufacturing the preforms, and to study the parameters necessary to obtain “functions” in the final optical fibers. The main work is experimental, oriented towards the synthesis and transformation of materials using MPP and a standard method of manufacturing silica optical fibers, adapted for AM.



Examples of AM fabrication of silica-based objects. (a) Silica by stereolithography [3], (b) Gradient index glass len, using SiO₂/TiO₂ precursors, using Direct Ink Writing [4]

The areas of application envisaged for the new fibers containing printed components are numerous: energy, environment, health, aeronautics, machining, marking, communications, security, defense, agri-food, etc. The targeted academic collaborations are very numerous, from the local scale (various teams within INPHYNI, institutes at Université Côte d'Azur) to the regional scale (networks of the SCS and SAFE clusters) and at the national scale (GIS GRIFON/CNRS network [5], INRAE) as well as international. Industrial collaborations could be initiated based on the work obtained during this thesis.

Context

The experimental PhD will be carried out in collaboration between two INPHYNI teams, and with two external institutes (IRCER in Limoges and ICMCB in Bordeaux) within the framework of an ANR “COP3D” contract [6]. The COP3D project aims to demonstrate the principle of optical fibers with innovative paramagnetic or photochromic or non-linear properties provided by AM. Further details will be given in private communication.

The necessary equipment is available at INPHYNI, thanks to support from PIA3 in the “Add4P” project [7] and the SUD Region. In this context, INPHYNI aims to develop additive manufacturing for photonics, and particularly in optical fibers.

Method

- test the printing of objects in photopolymerizable resins, and resins loaded with silica nanoparticles under laser. The resins will be provided by COP3D collaborators.
- develop and improve the process of decarbonizing of the printed objects, and their densification into glass objects.

- characterize the synthesized materials (composition, structure, optical properties)
- produce optical components, chosen as demonstrators.

Expected results

- Sets of chemical, physicochemical and optical parameters to make good quality objects.
- Prof of concept of the fabrication method.

Bibliographic references :

- [1] F. Kotz, P. Risch, K. Arnold, S. Sevim, J. Puigmartí-Luis, A. Quick, M. Thiel, A. Hrynevich, P. D. Dalton, D. Helmer, and B. E. Rapp, "Fabrication of arbitrary three-dimensional suspended hollow microstructures in transparent fused silica glass," *Nat Commun* **10**, 1439 (2019).
- [2] Y. Chu, X. Fu, Y. Luo, J. Canning, Y. Tian, K. Cook, J. Zhang, and G.-D. Peng, "Silica optical fiber drawn from 3D printed preforms," *Opt. Lett.*, **44**, 5358–5361 (2019).
- [3] R. Dylla-Spears et al., "3D printed gradient index glass optics", *Science Advances* **6** (2020) eabc7429
- [4] T. Doualle, J.-C. André, & L. Gallais, "3D printing of silica glass through a multiphoton polymerization process," *Opt. Lett.* **46**, 364-367 (2021)
- [5] Groupement d'Intérêt Scientifique GRIFON. <https://grifon.xlim.fr/>
- [6] COP3D : « Complex and composite OPTical glass preforms and fibers processed by 3D printing for photonic applications », ANR-23-CE51-0014-03
- [7] Add4P « Additive manufacturing of glasses and components for Photonics », *Plan d'Investissement d'Avenir 3, programme Equipex+*, ANR-21-ESRE-0007.

Required profile :

This PhD proposal mainly concerns the physicochemical and engineering aspects of the photopolymerization of polymer resins loaded with glass or crystalline particles. The work will include updating the bibliography on the subject, characterizing materials during the various stages of synthesis and transformation into optical fiber. Digital simulation of the printing steps is considered.

The candidate will have a Master's degree or equivalent in physics, chemistry or physico-chemistry, and will have completed an experimental Master's (or equivalent) project, preferably in the field of synthesis and characterization of materials for optics. Training and experience in synthesis using multi-photon laser writing is an advantage. Experience in multiphysics numerical simulations will be highly appreciated. Likewise, experience or a marked curiosity towards the other disciplines involved in this project, in particular photonics, will be a plus. Finally, we are looking for an autonomous, rigorous, curious and communicative personality, having good communication skills both written and oral. Knowledge of French is not required. A B2 level in English is required.

Duration : 3 years.

Gross salary : 2135 € (to update). Funding provided by the ANR (National Research Agency), on the COP3D project (<https://anr.fr/Projet-ANR-23-CE51-0014>).

Submit your application :

<https://emploi.cnrs.fr/Offres/Doctorant/UMR7010-BERDUS-001/Default.aspx?lang=EN>

Contacts :

Bernard DUSSARDIER : bernard.dussardier@univ-cotedazur.fr

Matthieu BELLEC : matthieu.bellec@univ-cotedazur.fr

Institute :

Institut de Physique de Nice (INPHYNI), 17 rue Julien Lauprêtre, 06200 Nice

Website : <https://inphyni.univ-cotedazur.fr/>