



Université

de Strasbourg

**Titre: Enfouissement de capteurs à fibre optique dans des pièces mécaniques métalliques par fabrication additive**

Title : Optical fiber sensors embedded in additive manufactured metallic part

Directeur(s) de Thèse / Supervisors :

Sylvain Lecler [sylvain.lecler@unistra.fr](mailto:sylvain.lecler@unistra.fr)

Nadia Bahlouli [nadia.bahlouili@unistra.fr](mailto:nadia.bahlouili@unistra.fr)

Co-encadrant : Grégoire Chabrol

[gregoire.chabrol@ecam-strasbourg.eu](mailto:gregoire.chabrol@ecam-strasbourg.eu)

Marcelin Bilasse

[marcelin.bilasse@ecam-strasbourg.eu](mailto:marcelin.bilasse@ecam-strasbourg.eu)

Pierre Pfeiffer

[pierre.pfeiffer@unistra.fr](mailto:pierre.pfeiffer@unistra.fr)

Thierry Engel

[thierry.engel@insa-strasbourg.fr](mailto:thierry.engel@insa-strasbourg.fr)

Unité(s) d'Accueil(s) / Lab. :

Laboratoire ICube, Equipe Instrumentation et Procédés Photoniques (IPP) ; Equipe Matériaux Multi échelles et Biomécanique (MMB)

ICube Lab. Photonics Instrumentation and Processes (IPP) ; Multiscale Materials and Biomechanics (MMB)

<http://icube-ipp.unistra.fr/>

Établissement de rattachement : ECAM Strasbourg-Europe ; Université de Strasbourg – CNRS ;

Collaboration(s) (s'il y a lieu) :

Collaboration avec IREPA Laser

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

Plateforme C3-Fab, Axe transverse Instrumentation, capteurs et analyse (InCA) et Industrie du Futur et Usine Intelligente (IFUI)

## Résumé : (1500 caractères au maximum)

L'intégration de fibres dans les matériaux suscite un intérêt croissant des industriels et des milieux académiques. De telles structures matérielles sont généralement appelées «intelligentes» et s'intègre parfaitement dans la stratégie de développement de l'usine du futur avec les objets connectés et l'internet of things.

L'intégration de capteurs à fibre donne en particulier aux matériaux la capacité de détecter et de réagir au stimuli environnementaux environnant avec un temps de réponse plus court. Grâce à cette capacité de mesurer de multiples stimuli structurels et externes, tout en renvoyant des informations à un contrôleur, une action corrective appropriée peut être adressée en temps réel.

Le but de cette étude est d'examiner les fibres incorporables, les processus d'enrobage par fabrication additive et le comportement mécanique des matériaux métalliques/alliages à fibres incorporées.

Un accent particulier sera mis sur l'intégration de capteurs à matrice de réseau de Bragg fibrés (FBG) en raison de leur potentiel élevé pour la surveillance de l'état structurel.

La protection de la fibre (gaine), la consolidation par ultrasons, recuit et les procédés de fabrication en couches à base de laser seront étudiés en détail en raison de leur potentiel élevé d'intégration de fibres sans perturbation.

L'étude devra montrer que les capteurs à fibres incorporées dans les matériaux métalliques peuvent fonctionner de manière fiable à très haute température et dans des environnements sévères (explosif , radioactif, présence de fort champ magnétique, corrosif). Des tests de traction/compression et des tests de longue durée à température élevée seront réalisés afin d'appliquer la technologie de détection par fibre optique dans des applications de surveillance innovantes et exigeantes, en particulier à des températures élevées dans la production et le stockage d'énergie.

## Descriptif du sujet :

Cette demande d'allocation s'inscrit en appui d'une **collaboration régionale** avec l'ECAM Strasbourg-Europe, le laboratoire ICube, porte sur une **action en faveur d'une thématique émergente**, celle des **objets connectés pour l'usine du futur**. Depuis plusieurs années, l'étude de l'enfouissement de fibre à fait le sujet de nombreuses publications [1-3].

Avec le développement de la fabrication additive métallique, de nouvelles possibilités s'ouvrent pour l'enfouissement sans endommagement de la fibre. Au-delà de l'engouement actuel, le fait d'être capable aujourd'hui de maîtriser la déposition de métal en couche par couche [4-5] ouvre un grand nombre d'applications concernant entre autres les applications aéronautiques, aérospatiales, automobiles et biomédicales [6], **en cohérence avec notre environnement (IREPA Laser, pôle de compétitivité Véhicule du Futur)**.

Ce travail doctoral sera dirigé par Sylvain Lecler, HDR depuis 2013, responsable de l'équipe IPP et du thème micro-procédés laser et Nadia Bahlouli, Professeur des Universités, responsable de l'équipe MMB. Il sera co-encadré par Grégoire Chabrol spécialiste en procédé laser qui a travaillé plusieurs années à Oxford Laser, Pierre Pfeiffer de Télécom Physique Strasbourg, HDR, membre d'IPP ; Thierry Engel de l'INSA

Strasbourg et référent scientifique d'IREPA Laser, membre d'IPP ; et Marcelin Bilasse de l'ECAM Strasbourg-Europe, membre de l'équipe MMB.

## Références

- [1] Metal-embedded fiber-optic Fabry–Perot sensors; C. E. Lee, W. N. Gibler, R. A. Atkins, J. J. Alcoz, and H. F. Taylor ; Optics Letters Vol. 16, Issue 24, pp. 1990-1992 (1991) <https://doi.org/10.1364/OL.16.001990>
- [2] Technique for embedding fiber optics in metallic structures for smart material applications Tania GRANDAL, Sergio FRAGA, Jose Antonio VAZQUEZ , Ander ZORNOZA; 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), 5-8 July 2016, Spain, Bilbao
- [3] Fiber-Embedded Metallic Materials: From Sensing towards Nervous Behavior; Nouari Saheb and Samir Mekid; Materials 2015, 8(11), 7938-7961; doi:10.3390/ma8115435
- [4] DED -CLAD CLAD® process ; Didier Boisselier ; IREPA LASER Pôle API–parc d'innovations, 67400 Illkirch, France, <https://atrium.in2p3.fr/nuxeo/nxfile/default/54523866-7d57-44ba-9320-2a340a100910/blobholder:0/G%20-%20IREPA%20LASER%20-%202010-18.pdf>
- [5] Improvement of the laser direct metal deposition process in 5-axis configuration ; Didier Boisselier, Simon Sankaré, Thierry Engel; Physics Procedia 56 ( 2014 ) 239 – 249
- [6] Additive Manufacturing in Metals -Applications Review; Dr. Héctor R. Siller; Mexico Additive Manufacturing and 3D printing conference; june 2017 <http://www.3dmpmag.com/assets/issue/images/conferences/mxam/presentations/HectorSiller.pdf>