

## PhD subject - Sujet de thèse CIFRE (2023-26)

# High power femtosecond laser beam shaping for innovative surface functionalization

PhD supervisor/ directeur de thèse :	Prof. S. Lecler <a href="mailto:sylvain.lecler@insa-strasbourg.fr">sylvain.lecler@insa-strasbourg.fr</a>
Co-supervisors:	Ass Prof. T. Engel
Host Unit/ Unité d'accueil :	ICube Research Institute - Strasbourg IPP team (Photonics Instrumentation and Processes)
Affiliate academic institution:	INSA Strasbourg
Company:	IREPA LASER
Attachment to a program:	Labcom LaserSurf



### Descriptif: (English Bellow)

Pour répondre aux défis qui se posent à notre société en termes de santé, changement climatique, réduction de la pollution, **une fabrication durable et intelligente s'impose**. Elle implique le développement de procédés permettant une amélioration de la performance énergétique et une consommation raisonnée des ressources. Parmi les moyens pour répondre à ces défis, la **fonctionnalisation de surface par texturation laser** intéresse l'industrie pour sa capacité à contrôler des propriétés physico-chimiques essentielles comme la mouillabilité, la biocompatibilité, ou les propriétés tribologiques, sans recourir à des produits chimiques de synthèse.

A cette fin, les **lasers**, et en particulier ceux à **impulsion ultrabrèves de forte puissance**, constituent une innovation majeure. Ils ouvrent en effet la possibilité de micro-texturer tout matériau grâce à leurs puissances crêtes élevées (~GW) obtenues en concentrant des énergies relativement faibles (1-100 µJ) sur des durées ultra-courtes (10-500 fs). La faible énergie par impulsion limite les dommages dus aux effets thermiques. Ces lasers, désormais utilisés dans l'industrie, permettent de texturer des surfaces par gravure point par point ou au niveau de la surface de tout un spot par auto-organisation de la matière irradiée (LIPSS), et cela jusqu'à des échelles sub-longueur. Ils permettent également d'usiner des matériaux innovants (e.g. polymères biosourcés, composites, céramiques techniques) pour lesquels les procédés conventionnels ne sont pas adaptés. Cette capacité à fonctionnaliser des surfaces est désormais bien établie mais l'approche souffre de temps de cycle longs, et de son incapacité à traiter des surfaces de géométrie complexe.

Le sujet de recherche s'inscrit dans le cadre de **LaserSurf, le laboratoire commun d'ICube et de l'entreprise IREPA LASER**. Le(la) doctorant(e) contribuera à développer une **nouvelle station de texturation laser instrumentée et à haute cadence**, permettant de tirer parti de la mise en forme spatio-temporelle de laser haute puissance. Les mesures in-situ et post-process seront confrontées à un **modèle thermomécanique** à co-développer pendant la thèse. Les développements seront mis au point sur des **cas d'applications** de larges surfaces complexes à fonctionnaliser, dont les besoins proviennent du secteur de l'aéronautique, la défense et la santé, avec des objectifs de grande **productivité** et de contrôle **qualité** en ligne.

**Profil:** expérimentaliste avec compétences en photoniques, procédés laser et matériaux.

### References:

- [1] C. Hairaye, F. Mermet, T. Engel, et al. [Journal of Physics: Conference Series, 558, p. 012063, 2014.](#)
- [2] R. Elleb, T. Engel, F. Antoni, J. Fontaine, F. Mermet et al., [J. of Mat. Sc. 56, p.20169–180, 2021.](#)
- [3] J.-M. Romano, et al., [J. of Micro and Nano Manuf. 7\(2\), 024504, 2019.](#)
- [4] R. Pierron, P. Pfeiffer, G. Chabrol, S. Lecler, , [Appl. Phys. A, 123, 686, 2017.](#)

## **Summary:**

To meet the challenges of our society in terms of health, climate change and pollution reduction, sustainable and intelligent manufacturing is essential. This implies the development of processes that improve energy performance and rationalize resource consumption. Among the means to meet these challenges, surface functionalization by laser texturing is of interest to industry for its ability to control essential physico-chemical properties such as wettability, biocompatibility, or tribological properties, without resorting to synthetic chemicals.

To this end, lasers, and in particular high-power ultra-short pulse lasers, are a major innovation. Indeed, they open the possibility to micro-texture any material thanks to their high peak powers (~GW) obtained by concentrating relatively low energies (1-100  $\mu\text{J}$ ) on ultra-short durations (10-500 fs). The low energy per pulse limits the damage due to thermal effects. These lasers, now used in industry, allow the surfaces to be textured by point by point engraving or at the level of the whole surface of a spot by self-organization of the irradiated material (LIPSS), and this until sub-length scales. They also allow the machining of innovative materials (e.g. biosourced polymers, composites, technical ceramics) for which conventional processes are not adapted. This ability to functionalize surfaces is now well established but the approach suffers from long cycle times, and its inability to treat surfaces with complex geometry.

The research topic is part of LaserSurf, the joint laboratory of ICube and the company IREPA LASER. The PhD student will contribute to the development of a new instrumented and high speed laser texturing station, allowing to take advantage of the spatio-temporal shaping of high power lasers. The in-situ and post-process measurements will be confronted to a thermomechanical model to be co-developed during the thesis. The developments will be focused on functionalization of large and complex surfaces, as required in the aeronautics, defense and health sectors, with objectives of high productivity and on-line quality control.

