

# Fonctionnalisation de surface par laser femtoseconde pour le développement de composants laser innovants

*Manon Lafargue<sup>1,2</sup>, John Lopez<sup>1</sup> et Inka Manek-Höninger<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Université Bordeaux, CNRS, CEA, CELIA, UMR5107, Talence, France

<sup>2</sup>Amplitude, Cité de la Photonique, 11 Avenue de Canteranne, 33600 Pessac, France

Cette thèse vise à étudier les potentialités du régime rafale GHz pour la préparation de surface avant assemblage (création de points d'ancrage mécaniques, nettoyage ou activation de surface) et sur le soudage par transparence de matériaux diélectriques pour la réalisation de composants photoniques. La finalité est la simplification de l'architecture des composants et des processus de fabrication de ces composants. La fonction recherchée par l'assemblage peut être la tenue mécanique, la conductivité thermique, la transparence ou l'étanchéité.

Le régime rafale GHz est un nouveau mode de fonctionnement du laser femtoseconde qui permet de remplacer chaque impulsion par une rafale d'impulsions, le temps entre deux impulsions successives est alors du même ordre que le temps de relaxation de la chaleur dans le matériau. Le dépôt d'énergie se fait par un effet cumulatif au sein de chaque rafale uniquement, ce qui donne un nouveau régime d'interaction laser-matière par rapport à des impulsions uniques répétitives et ouvre la porte à de nouvelles applications. Ce régime d'interaction inédit favorise l'apparition de phénomènes transitoires ou modifications permanentes résultant d'un processus thermique tout en bénéficiant des avantages liés à la brièveté des impulsions femtosecondes comme une faible énergie par impulsion ( $\sim \mu\text{J}$ ), un temps d'interaction (ultra)court. Cette approche inédite est aujourd'hui possible grâce à la source laser développée par la société AMPLITUDE ayant la capacité unique de délivrer de longues rafales, dont l'enveloppe temporelle peut être ajustée afin d'avoir un profil d'intensité croissant, plat ou décroissant. D'un point de vue pratique, le soudage par transparence consiste à focaliser le faisceau à l'interface entre un matériau transparent et un second matériau, transparent ou opaque, pour produire un échauffement intense et localisé. L'assemblage se fait par mélange des deux matériaux s'ils sont chimiquement compatibles, par interpénétration ou par force de Van der Waals s'ils ne le sont pas. Nous aborderons à la fois le soudage homogène (silice-silice, BK7-BK7), le soudage hétérogène (verre-saphir, borosilicate-zérodur...) et le soudage hétérogène (verre-métal, verre AF32-silicium...). Outre l'étude sur les paramètres d'influence et sur le procédé en lui-même, les points les plus critiques sont la préparation de surface préalable au collage moléculaire, l'absence de lame d'air à l'interface, le début et la fin du cordon de soudure où la ductilité du matériau est plus faible, ou encore la relaxation des contraintes résiduelles. Les assemblages sont caractérisés par microscopie optique, par microscopie à polarisation croisée, par des tests mécaniques en flexion ou en traction, par la mesure de transmission optique... selon le critère recherché pour chaque assemblage.

La première année de la thèse est consacrée à l'identification des paramètres d'influence et des fenêtres opératoires associées, à la mise en place des outillages et des protocoles de caractérisations optiques ou mécaniques, et à l'étude de la géométrie de la zone d'interaction en fonction des paramètres laser (énergie et longueur de rafale, cadence...) et opératoires (taille de spot, focalisation, vitesse de balayage du spot laser, trajectoire du cordon de soudure, force du bridage, préparation de surface...). Les résultats sont comparés à ceux obtenus en régime rafale MHz et mono-impulsions répétitives.