



## **SPIDER** Sources lasers ultrarapides haute cadence pour la spectroscopie des écoulements réactifs

### Présentation du Projet

L'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de production d'énergie ou de propulsion requiert une meilleure compréhension des multiples processus mis en jeu, point clé des innovations pertinentes. Cet objectif s'appuie sur la capacité à caractériser l'avancement des réactions et la production des polluants, grâce à des diagnostics lasers performants. Ce projet vise à créer un pôle d'expertise de niveau international sur le développement et l'exploitation des sources lasers ultra-rapides pour la métrologie laser dans le domaine de l'énergie. Il s'appuie sur les expertises uniques de trois laboratoires Normands ; le Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique (CIMAP), le Complexe de Recherche Interdisciplinaire en Aérothermochimie (CORIA) et le Laboratoire de Catalyse et de Spectrochimie (LCS), qui possèdent des expertises allant de l'élaboration de nouveaux matériaux et le développement de lasers ultrarapides jusqu'à la mise en œuvre de diagnostics optiques innovants dans les systèmes de combustion et l'étude des procédés de dépollution par catalyse.

Les développements actuels dans ces domaines s'appuient sur des systèmes lasers commerciaux. Cependant, ces systèmes sont limités en cadence à cause des problèmes thermiques dans les cristaux. Des technologies émergentes, s'appuyant sur des fibres optiques ou des architectures cristallines avancées pompées par diodes, ouvrent la voie à la production d'impulsions lumineuses ultracourtes de fortes énergies à des cadences de plusieurs dizaines de KHz. Dans ce contexte, l'équipe laser du CORIA a acquis une forte expérience sur le développement de sources laser ultrarapides à base de fibres optiques. Par ailleurs, l'équipe MIL du CIMAP est leader en Europe sur l'élaboration de cristaux lasers particulièrement performants pour la génération et l'amplification d'impulsions ultracourtes. En s'appuyant sur ces compétences, ce projet vise à développer un système laser ultrarapide hybride combinant des fibres optiques et des cristaux massifs pour atteindre des performances inédites en termes d'énergie et de cadence et de démontrer son exploitation en spectroscopie dans les milieux réactifs et les procédés de dépollution par catalyse.

Ce projet sera ainsi l'ossature d'une structuration des compétences des trois laboratoires pour la conception de sources laser (CORIA), allant de la conception de cristaux (CIMAP), à la caractérisation de milieux réactifs (CORIA, LCS), point clé de nouvelles voies de développement pour l'efficacité énergétique des systèmes de production d'énergie, d'utilisation de combustibles alternatifs (biocombustibles, gaz résiduels, ...), de dépollution, ou de valorisation du CO<sub>2</sub>.

### Objectifs

Avec ce projet, nous visons des performances laser inédites pour des applications en spectroscopie DRASC (Diffusion Raman Anti-Stokes Cohérente) et de fluorescence induite par laser (LIF) dans les écoulements réactifs. Le projet s'appuiera sur un système laser ultrarapide délivrant des énergies de plusieurs  $\mu\text{J}$  développé au CORIA, qui servira à injecter deux étages d'amplification pour atteindre quelques centaines de  $\mu\text{J}$  d'énergie et ainsi réaliser les premières études de faisabilité en spectroscopie. En parallèle, le CIMAP travaillera sur l'élaboration et la caractérisation de cristaux massifs ou en disques minces à base de cristaux de fluorures dopés Yb qui serviront dans les étages de puissance. Le développement du système haute énergie ( $>1\text{mJ}$ ) fera appel à des taux d'étirements et de compression plus importants en exploitant des réseaux de Bragg fibrés et des réseaux de compression de haute efficacité disponibles dans le commerce.

La source laser sera intégrée à une chaîne de mesure DRASC, de manière à évaluer, en configuration réaliste, ses performances par rapport aux sources lasers fs actuellement utilisées. De plus, la forte compacité qu'offrira cette nouvelle technologie facilitera sa valorisation avec le LCS lors de l'étude de la dynamique des mécanismes réactionnels de dépollution par voie de catalyse. Plusieurs diagnostics lasers ultra-rapides (dont la technique FTIR développée au LCS et les techniques de spectroscopie femtoseconde/picoseconde fs/ps DRASC, fs LIF développées au CORIA) ont pour vocation à être combinés entre eux sur une cellule-réacteur intégrant un catalyseur hétérogène maintenu sous flux de gaz et en température, dans le but de suivre des processus réactionnels transitoires à haute fréquence et déceler des intermédiaires réactionnels de courtes durées de vies, afin d'expliquer les mécanismes de dépollution par voie de catalyse.

**Ce projet est cofinancé par l'Union européenne et la Région Normandie.**

