

Présentation du Projet de Thèse CIFRE

XLIM – EOLITE SYSTEMS

Etudiant : A recruter

Directeur de Thèse : Philippe ROY/Raphaël JAMIER

Responsable EOLITE Systems : William RENARD

Sujet de Thèse : Amplification dans des fibres optiques Rod-type pour les lasers de forte puissance.

Contexte

Les lasers à fibres sont de plus en plus présents dans les secteurs industriels liés à l'usinage grâce à la constante augmentation de l'énergie et de la puissance qu'ils délivrent. Les lasers à fibres présentent de nombreux avantages comparés aux autres technologies lasers tels que la bonne qualité spatiale du faisceau émis dû au confinement de l'énergie dans le cœur, leur flexibilité, leur robustesse et une excellente dissipation thermique permise par la grande surface d'échange thermique externe. Grâce à plusieurs ruptures technologiques successives telles que le développement des fibres micro-structurées autorisant de larges diamètres de modes (LMA pour Large-Mode-Area), des structures de fibres à double-gaine ou encore l'augmentation de la brillance des diodes lasers de forte puissance, les lasers à fibres ont atteint des niveaux d'énergie et de puissance moyenne conséquents favorisant l'accès à de nouveaux marchés industriels tels que le micro-machining. Certains lasers à fibres aujourd'hui émettent plusieurs kW de puissance en régime continu avec de remarquables qualités de faisceau [1]. En régime impulsionnel, les effets non-linéaires sont toujours limitants du fait du confinement spatial et temporel du faisceau laser dans la fibre optique. L'apparition des fibres spéciales dites à large aire modale ou LMA (fibres LMA pour l'anglicisme « Large Mode Area ») permet d'atteindre de plus fortes énergies au détriment des facilités d'intégration [2-4]. C'est par exemple le cas de la fibre Rod-Type, dont Eolite Systems a fait son principal atout. Les lasers et amplificateurs d'Eolite Systems sont donc des systèmes hybrides composés de fibres rigides avec de l'optique en espace libre, représentant l'essentiel du savoir-faire de l'entreprise. Dans le but de répondre à des problèmes de compacité de ses lasers et également de poursuivre leur montée en énergie, Eolite Systems souhaite continuer à augmenter les diamètres de cœur et également à réduire les longueurs de fibres pour repousser les effets non-linéaires limitants.

Objectifs de la thèse

Un des problèmes majeurs des architectures lasers d'Eolite Systems basées sur l'utilisation des fibres Rod-type est la longueur de la fibre rigide et donc l'encombrement du laser. En effet, les dimensions des lasers d'Eolite Systems sont parmi les plus importantes du marché et cela

pose donc des problèmes pour leur intégration chez certains clients. L'objectif principal de ce sujet de thèse est donc d'étudier la faisabilité d'une fibre Rod-type de courte longueur. Aujourd'hui, les fibres Rod-type intégrées dans les lasers d'Eolite Systems peuvent mesurer jusqu'à 80 cm de long et l'objectif serait de trouver des solutions pour diviser cette longueur par un facteur 2. Les principales difficultés seront localisées sur les différents étages d'amplification des lasers et plus particulièrement aux étages de forte puissance ou l'accumulation d'effets non-linéaire, la charge thermique et l'efficacité lasers peuvent être limitants. Ces différents aspects peuvent avoir des influences notamment sur l'énergie/la puissance utile en sortie du laser, la qualité spatiale du faisceau, l'orientation de la polarisation. Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour aller dans ce sens et elles sont détaillées dans le paragraphe suivant sur l'organisation des travaux de recherche.

Organisation des travaux de recherche

Cette thèse CIFRE a donc pour objectif de développer de nouvelles fibres Rod-type à large cœur et dopées Ytterbium plus courtes pour réaliser des amplificateurs de puissance. Simultanément, un développement de la structure sera imaginé, réalisé et évalué expérimentalement afin de simplifier l'intégration de ce type de fibre dans les sources lasers. En particulier, une structure entièrement solide, compatible avec les objectifs de réduction de la longueur, sera recherchée. Le projet se déroulera en grande partie au sein de l'Axe « Photonique fibres et sources cohérentes » (équipe « Photonique Fibre ») de l'Institut de recherche XLIM à Limoges, unité mixte de recherche Université de Limoges/CNRS. L'étudiant(e) pourra être amené(e) à travailler par moment dans les locaux d'Eolite Systems à Pessac. Plusieurs étapes lors de cette thèse sont envisagées :

- Dans le cadre du contrat industriel « Eatlase », l'étudiant(e) sera amené(e) à tester les fibres Rod-type fournies par le laboratoire Xlim à Eolite Systems. Cela permettra à l'étudiant(e) d'appréhender les problématiques propres à l'utilisation de fibres Rod-type et d'identifier les limites (seuils d'apparition des effets non-linéaire, des instabilités modales ou encore les seuils de dommages). Ces premières caractérisations pourront se dérouler à Eolite Systems.
- Dans un deuxième temps, l'étudiant(e) sera amené(e) à imaginer/chercher des solutions technologiques permettant de développer des fibres Rod-type plus courtes, l'objectif étant d'abaisser la longueur des fibres actuelles (autour de 80 cm) d'un facteur 2. Pour ce faire et avec le concours de l'équipe de recherche déjà en place au sein du laboratoire Xlim (regroupant à l'heure actuelle 2 permanents, 2 post-doctorants et 2 doctorants), l'étudiant(e) sera amené(e) à travailler sur :
 - Les compositions du cœur dans le but d'accroître le dopage en ions Ytterbium. Les principales difficultés seront la gestion du photo-noircissement et la gestion de la charge thermique de la fibre
 - La réduction du rapport cœur/gaine avec plusieurs possibilités : soit la réduction du diamètre de l'air-clad (gaine d'air) existante ou soit le passage à une structure de fibre toute solide (remplacement de la gaine d'air par une gaine solide fluorée) dont qui pourrait être structurée dans le but d'augmenter l'absorption linéique de la pompe. Dans ce cas également, l'absorption de la pompe dans le cœur sera plus

importante et les difficultés fondamentales seront liées à la gestion des effets thermiques et du photo-noircissement.

L'étudiant(e) sera potentiellement amené(e) à travailler en collaboration avec les ingénieurs et chercheurs de l'IPHT (Leibniz Institute of Photonic Technology) situé à Jena en Allemagne pour l'élaboration des matériaux de cœur et pour comprendre les mécanismes du photo-noircissement dans les fibres. Un début de collaboration est également envisagé avec le Laboratoire de Physique de la Matière Condensée de Nice concernant les phénomènes de photo- et radio- noircissement des fibres optiques dopées Ytterbium.

Ce sujet de thèse répond à un problème technologique pour la société Eolite Systems tout en s'appuyant sur des problématiques fondamentales liées à la montée en puissance et en énergie des sources lasers telles que la gestion de la charge thermique et le photo-noircissement. Par ailleurs, cela permet encore de renforcer les liens qui unissent le laboratoire Xlim et la société Eolite Systems qui collaborent sur le développement de fibres Rod-type de nouvelle génération depuis plus de 5 ans maintenant.

Références/Bibliographie

- [1] Jeong et al. "Multi-kilowatt single-mode ytterbium-doped large-core fiber laser", Journal of the Optical Society of Korea, pp. 416-422, Vol. 13, n°4, 2009
- [2] Baumgartl et al., "High average and peak power femtosecond large-pitch photonic-crystal-fiber laser", Optics Letters pp.244-246, Vol. 36, Issue 2, 2011
- [3] Eidam et al., "Fiber chirped-pulse-amplification system emitting 3.8 GW peak power, Optics Express pp. 255-260, vol. 19, n°1, 2011
- [4] Likhachev et al., "Polarization maintaining photonic bandgap Bragg fiber", Optics Letters 34, pp. 1366-1368, 2009