

Optique Adaptative et non linéaire pour le contrôle spatial de l'amplification laser impulsionnelle dans une fibre multimodale

DESFARGES-BERTHELEMOT Agnès, agnes.desfarges-berthelemot@xlim.fr

Tél : 0555457738


KERMENE Vincent, vincent.kermene@xlim.fr


Tél : 0555457738

Equipe : PHOCAL, Limoges

Mots clés : Fibre optique multimode, cohérence spatiale et temporelle, miroir déformable et techniques adaptatives, optique non linéaire, amplification laser

Résumé de la thèse :

 La thèse porte sur la maîtrise de la propagation cohérente d'impulsions laser dans des amplificateurs à fibre multimode. L'objectif est d'obtenir à la sortie des rayonnements amplifiés les plus brefs possibles et avec les qualités de faisceau les meilleures possibles grâce soit à un contrôle adaptatif du front d'onde du signal d'entrée soit à sa combinaison avec un régime de propagation non linéaire particulier conduisant à un faisceau « nettoyé » principalement monomode.

 The research will deal with the coherent control of short laser pulses propagation in multimode fiber optical amplifiers. The goal is to produce amplified light radiation as short as possible and with the highest achievable beam quality thanks either to an adaptive shaping of the input signal wavefront or to its combination with a specific nonlinear propagation regime leading to a “self-cleaned” beam mostly based on the fundamental mode.

Objectifs :

Deux voies parallèles seront explorées pendant la thèse.

La première passe par l'utilisation d'un miroir électro-optique déformable dans une boucle d'optimisation pour pré-compenser les distorsions spatiales apportées par la traversée de la fibre de manière à reconstruire un spot laser unique en sortie. Pour cette voie, l'objectif est de poursuivre les travaux engagés dans l'équipe en régime d'émission continue et de transposer les expériences au régime impulsionnel pour lequel les différences de temps de propagation des différents modes guidés impactent directement la qualité spatiale et temporelle de l'impulsion.

Dans l'autre voie, l'objectif est d'exploiter un processus dit « d'auto-nettoyage » mettant en jeu les non linéarités de type Kerr dans la fibre amplificatrice multimodale. Ce processus vient d'être très récemment montré dans l'équipe : des impulsions de lumière peuvent spontanément éviter l'éclatement du faisceau en speckle dans ce type de fibre pourvu qu'elles soient suffisamment intenses. L'objectif sera d'obtenir cet effet de manière robuste par un couplage optimal de la lumière à l'entrée de la fibre grâce à un système à base de miroir adaptatif.

Le travail de recherche combinera des aspects expérimentaux et de modélisations avancées pour progresser vers la détermination des conditions de contrôle et des outils de pilotage les plus efficaces. Après la poursuite parallèle des deux voix imaginées, leurs avantages et inconvénients respectifs seront confrontés de manière à ce que la dernière partie des travaux se focalise sur la solution la plus prometteuse d'un point de vue appliqué.

Description complète du sujet de thèse :

Ces dix dernières années, les lasers ont connu un essor important en pénétrant les marchés du biomédical, du traitement de matériaux, de la défense, et de l'environnement. A l'origine de cette dynamique, on trouve le laser à fibre dont le marché a été multiplié par 6 entre 2012 et 2015 passant de 200 millions de dollars à 1,2 milliard de dollars. Il est devenu incontournable pour les applications nécessitant une forte puissance moyenne avec un faisceau de grande qualité spatiale. Le fort confinement du champ dans le cœur de la fibre demeure toutefois une limitation pour le régime impulsif à forte énergie où les effets non linéaires dégradent considérablement les performances de la source. Le récent développement des fibres à grande aire modale a permis de repousser certaines limitations mais cela se fait au prix d'une fabrication critique, parfois au détriment de la qualité spatiale et de la stabilité de pointé du faisceau, parfois avec des fibres de type barreau « rod type » rendant le système laser moins compact, moins robuste.

Nous proposons d'explorer une voie alternative qui relâche les contraintes sur la conception et la fabrication de la fibre en autorisant une propagation multimodale dans une fibre amplificatrice à gros cœur. La fibre, de structure opto-géométrique « classique », sera donc de large section pour bénéficier d'un volume important d'ions actifs, permettre l'amplification de d'impulsions nanosecondes et picosecondes tout en réduisant les effets optiques non linéaires. Sans action particulière, le rayonnement amplifié possède une structure granulaire appelée speckle, à forte divergence, résultant des interférences entre les modes de la fibre optique. L'originalité de l'approche proposée consiste, par des procédés ne nécessitant pas le développement de composants spécifiques et hors normes, à agir sur les interactions entre ces modes au cours de leur propagation dans la fibre pour imposer en fin de guide un champ de bonne qualité spatiale.

Compétences à l'issue de la thèse :

Connaissance approfondie de la propagation en régime linéaire et non linéaire dans les fibres optiques multimodes. Connaissance approfondie de l'amplification dans les fibres multimodes dopées terre rare. Conception, mise en œuvre et exploitation de bancs d'expérience optique incluant des fibres optiques et/ou des modulateurs spatiaux de lumière. Simulations optiques. Gestion de projet.

Présentation de l'équipe d'accueil :

Les activités de recherche de l'équipe PhoCaL s'inscrivent dans le cadre général de la maîtrise de la propagation optique en milieux complexes. Nos démarches utilisent comme vecteur commun l'optique cohérente et l'optique de Fourier mises au service du contrôle de la cohérence dans des milieux et systèmes complexes (guides d'ondes multimodaux, structures fibrées multivoies parallèles ou arborescentes...). Dans ce contexte, nos activités possèdent un fort caractère pluridisciplinaire relevant des domaines de l'optique non-linéaire, de l'imagerie et des lasers. L'équipe s'intéresse aux interactions de la lumière avec des milieux non-linéaires que sont les fibres optiques et les cristaux, aux conversions de fréquences et méthodes innovantes pour l'imagerie astronomique, au contrôle et à la structuration de l'émission laser.

Financement : Lot1: Sujet financé sur crédits institutionnels (sujets fléchés)

Spécialité de Doctorat : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Domaine de compétences principal: Physique

Domaine de compétences secondaire: Sciences pour l'Ingénieur

Candidat :

Compétences souhaitées : Profil expérimentateur, connaissances de base en optique guidée et en optique non linéaire appréciées. Bonne connaissance de l'anglais. Bonne connaissance des outils informatiques et des outils de simulation. Autonomie

Conditions restrictives de candidature : Aucune

Date Limite de candidature : 8 juin 2017 - 18H