


Lasers femtoseconde SWIR-MIR à fibres optiques pour la génération de rayonnements secondaires de l'EUV au MIR


Février Sébastien, sebastien.fevrier@unilim.fr
Tél : 0587506849
Tél : 0

Equipe : Phot-Fibres, Limoges

Mots clés : Fibres optiques, lasers femtosecondes, moyen-infrarouge, rayonnement secondaire, optique nonlinéaire

Résumé de la thèse :

 Les lasers femtosecondes à fibres optiques émergent comme une alternative aux lasers bulk pour la génération de rayonnements secondaires de l'UV au moyen-infrarouge via l'exacerbation d'interactions nonlinéaires entre le rayonnement femtoseconde et diverses cibles solides. Les avantages des lasers fibrés sont notamment la génération d'un train d'impulsions sub-100 fs à haute cadence (>MHz), de fortes puissances crête (>100 kW) et moyenne (>W) ainsi que l'excellente qualité de faisceau (TEM00) dans un format compact qui augmente l'embarquabilité du système global. L'objectif de cette thèse de doctorat est d'explorer les potentialités offertes par ce type d'architecture laser à fibres pour la génération d'impulsions MW et leur application à l'exacerbation des nonlinéarités optiques dans les solides.

 Femtosecond fibres lasers are an emerging solution for the generation of secondary radiation from the extreme UV up to the mid infrared. Such radiation is produced by nonlinear interaction between the primary femtosecond radiation and the bulk of the various solid materials. Fibre lasers produce high repetition rate pulse trains with sub-100 fs duration, high peak power routinely in excess of 100kW, high average power facilitating the detection of the secondary radiation and an excellent beam quality (TEM00) ensuring tight focusing. The primary goal of this thesis is to scale up the peak power in fiber laser architectures to MW level and the application of these pulses to the generation of secondary radiation in solids.

Objectifs :

Les objectifs sont :

O1 : nous disposons d'un modèle numérique complet de la propagation non-linéaire en régime d'amplification d'impulsions ultrabrèves

O2 : Un laser délivrant des impulsions 100 fs, 50-100 kW à 2,8 μm pour l'exploration du moyen-infrarouge

O3 : Un laser délivrant des impulsions sub-ps, >300 kW à 2,8 μm , pour l'exploration de l'UV par génération d'harmoniques élevés.

Description complète du sujet de thèse :

XLIM travaille depuis plusieurs années à la génération d'impulsions sub-100 fs de forte puissance crête (100 kW) aux longueurs d'onde SWIR ($> 1,7 \mu\text{m}$) dans des fibres optiques spéciales (fibres LMA dopées Er et Tm). Nous avons réalisé pour la première fois une source à $1,7 \mu\text{m}$ entièrement fibrée délivrant des impulsions $>100 \text{ kW}$ [L. Kotov et al., CLEO US 2015] qui a permis de réaliser les premières images multimodales à trois photons d'embryons de drosophile au Laboratoire d'Optique et Biosciences (X-CNRS-INSERM) à Palaiseau [P. Cadroas et al., Journal of optics 2017]. Les processus physiques nonlinéaires en jeu dans ce type de laser sont sujets à diverses lois d'échelle, en particulier sur la longueur d'onde. Par exemple, en comparaison de nos systèmes actuels opérant à $1,7 \mu\text{m}$, l'accroissement de la longueur d'onde à $2,1 \mu\text{m}$ produit un gain brut de 2,5 sur la puissance crête (250 kW, v. ci-contre les résultats de simulations numériques). De plus, ces impulsions sub-100 fs en limite de Fourier possèdent un spectre très large ($>50 \text{ nm}$) qui permet un étirement temporel conséquent jusqu'à plusieurs (dizaines de) picosecondes dans une fibre à dispersion contrôlée dans le SWIR. Il est alors possible d'amplifier ces impulsions très étirées dans un amplificateur de puissance à fibre double gaine dopée à l'holmium puis de comprimer les impulsions jusqu'à une durée $< 300 \text{ fs}$, la puissance crête des impulsions atteignant alors plusieurs MW.

Dans ce contexte riche, nous souhaitons mettre à profit notre compréhension des phénomènes de propagation guidée complexe, acquise au laboratoire lors de l'élaboration de lasers pour l'imagerie multiphotonique multimodale, afin de proposer des architectures laser versatiles permettant de générer des impulsions primaires accordables en longueur d'onde entre 2 et $5 \mu\text{m}$ et de forte puissance crête (1 MW) tout en préservant un format monolithique intégré.

L'objectif de cette thèse de doctorat est d'explorer les potentialités offertes par ce type d'architecture laser à fibres pour la génération d'impulsions MW SWIR et leur application à l'exacerbation des nonlinéarités optiques dans les solides.

Deux applications seront explorées à partir d'un oscillateur source et de fibres optiques spéciales à concevoir durant la thèse qui permettront d'ajuster la puissance et la longueur d'onde à ces applications. La première, la spectro-microscopie infrarouge à transformée de Fourier, nécessite une source supercontinuum couvrant le moyen-infrarouge entre 2 et $15 \mu\text{m}$. Cette source sera produite à partir d'une source primaire femtoseconde à $3 \mu\text{m}$ excitant un composant nonlinéaire transparent dans l'infrarouge. La seconde application visée consiste en la génération d'un continuum EUV-X par génération d'harmoniques élevés. Cette source sera produite par exaltation des nonlinéarités optiques dans une cible solide éclairée par des impulsions megawatt à $2,1 \mu\text{m}$.

Compétences à l'issue de la thèse :

A l'issue de la thèse, l'étudiant(e) saura caractériser des impulsions ultrabrèves de forte puissance. Il/elle saura aussi de modéliser le fonctionnement de ce système laser complexe incluant des composants linéaires et nonlinéaires. non-linéaire (Schrödinger nonlinéaire).

L'étudiant(e) saura travailler avec des fibres en verres mous et caractériser des lasers dans le moyen-infrarouge (nouveaux appareils de diagnostic).

Présentation de l'équipe d'accueil :

L'équipe Phot-Fibres d'Xlim est spécialisée dans la conception, fabrication, la caractérisation et l'intégration de fibres optiques spéciales notamment dans des lasers de puissance.

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: Sciences pour l'Ingénieur

Domaine de compétences secondaire: Physique

Candidat :

Compétences souhaitées : Master 2, compétences en physique du solide, lasers, propagation guidée, optique nonlinéaire

Conditions restrictives de candidature : Aucune

Date Limite de candidature : 8 Juin 2017 - 18h