

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

N° d'ordre : 42367

NOM/PRENOM DU CANDIDAT : BENOIT Philippe

Ecole doctorale : Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement

Laboratoire : Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules

Discipline : Optique et lasers, Physico-chimie, Atmosphère

Si cotutelle, établissement partenaire :

JURY :

- Directeur(s) de thèse : Arnaud Mussot, Co-Encadrant (s) : Guillaume Canat
- Rapporteurs : Emmanuel Hugonnot (CEA), Yves Jaouen (Télécom ParisTech)
- Examineurs : Philippe Delaye (CNRS), Anne Durécu (ONERA)

SOUTENANCE

vendredi 12 mai 2017 à 10h - Amphithéâtre Becquerel, Ecole Polytechnique, Palaiseau

TITRE DE LA THESE :

Conception et réalisation d'un amplificateur Raman fibré mono-fréquence à 1645 nm pour la mesure de méthane par LIDAR

RESUME :

L'objectif de cette thèse est de concevoir et réaliser un amplificateur Raman fibré impulsionnel mono-fréquence à 1645 nm. Une telle source permettrait le développement futur d'un système LIDAR pour la caractérisation de panaches industriels de méthane. Cette application nécessite l'émission d'impulsions d'une durée de l'ordre de 100 ns et de plusieurs dizaines de μJ à haute cadence de répétition (10-100 kHz).

Dans la fibre non linéaire utilisée pour l'amplification Raman, deux phénomènes principaux s'opposent à nos objectifs. D'une part, la diffusion Brillouin stimulée limite à la fois la puissance de la pompe et du signal amplifié. D'autre part, nous avons montré que l'amplification Raman s'accompagne d'un élargissement spectral non linéaire indésirable du signal. Pour mieux appréhender ces phénomènes, des expressions originales ont été établies pour la réflectivité Brillouin du signal et pour la phase non linéaire. Cette dernière a notamment permis de minimiser l'élargissement spectral du signal grâce à un choix pertinent de la forme des impulsions.

Nous avons ensuite mis en œuvre plusieurs techniques d'augmentation du seuil Brillouin. Pour le signal, la solution retenue consiste à appliquer un profil longitudinal de contrainte mécanique à la fibre. Pour la pompe, nous avons procédé par élargissement spectral et comparé les résultats produits par une source multimode et par une source à dérive de fréquence. C'est cette deuxième solution que nous avons retenue dans la configuration finale. Le signal amplifié à 1645 nm atteint 27 μJ à 20 kHz pour une durée d'impulsion de 100 ns et une largeur spectrale de 10 MHz, répondant ainsi aux attentes pour le LIDAR envisagé.

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

N° order: 42367

NAME/SURNAME OF THE CANDIDATE: BENOIT Philippe

Doctoral School : Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement

Laboratory : Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules

Discipline : Optics and lasers, Chemical physics, Atmosphere

In case of co-tutorial thesis, provide the partner institution :

THESIS COMMITTEE :

- Thesis supervisor(s) : Arnaud Mussot, Co-Encadrant (s) : Guillaume Canat
- Referees : Emmanuel Hugonnot (CEA), Yves Jaouen (Télécom ParisTech)
- Examiners : Philippe Delaye (CNRS), Anne Durécu (ONERA)

DEFENSE

Friday, May 12th 2017, 10 am – Amphithéâtre Becquerel, Ecole Polytechnique, Palaiseau

TITLE OF THE THESIS :

Design and fabrication of a single-frequency Raman fiber amplifier operating at 1645 nm for remote methane sensing by LIDAR

ABSTRACT :

The objective of this thesis work is to design and build a single-frequency Raman fiber amplifier at 1645 nm. Such an amplifier could form the basis of a future LIDAR system for industrial methane plume characterization. Emission of pulses about 100 ns long and a few tens of μJ at high repetition rate (10-100 kHz) is needed for this application.

In the nonlinear fiber used for Raman amplification, two main phenomena oppose our objectives. On one hand stimulated Brillouin scattering limits the optical power of both the pump and the signal. On the other hand adverse spectral broadening of the signal due to Raman amplification has been demonstrated. To address these issues, original expressions have been derived for Brillouin reflectivity of the signal and for nonlinear phase. In particular, the latter has allowed minimization of the signal spectral broadening thanks to adapted pulse waveforms.

Various Brillouin threshold increasing techniques have then been implemented. The signal threshold is increased by applying a longitudinal mechanical strain profile to the fiber. The pump threshold is increased through spectral broadening, using either a multimode source or a frequency-swept source. Our experimental study has shown that the latter was more suitable. In the final configuration, a 27 μJ source at 1645 nm with a 20 kHz repetition rate, a 100 ns pulse duration and a spectral width equal to 10 MHz has been achieved, meeting the requirements for the considered LIDAR system.