

## Proposition de stage de Master 1 à l'INPHYNI (Nice):

### Etude dynamique de l'absorption saturable de fibres optiques dopées aux terres rares par spectroscopie résolue en fréquence en configuration pompe-sonde.

#### Contexte :

Cette proposition de stage s'inscrit dans un programme canadien *Sentinelles Nord* visant à utiliser la lumière comme vecteur d'information dans les milieux naturels nordiques. La fonte progressive du pergélisol dans le Nord Canadien provoque notamment le relâchement de gaz à effet de serre (GES). INPHYNI collabore avec le Centre Optique Photonique et Laser (COPL, Université Laval, Québec) pour la mise en œuvre d'un laser impulsif à fibre optique émettant à 2,8  $\mu\text{m}$  (développé au COPL) pour détecter à distance des GES. Il émet des impulsions brèves et intenses par la méthode de commutation passive de pertes.

L'innovation mise en œuvre concerne l'insertion d'une fibre spécialement développée à INPHYNI, agissant comme *absorbant saturable*, dans la cavité d'un laser, afin de mettre en œuvre la commutation passive (*passive Q-switching*). Nous avons montré qu'un tel laser peut être entièrement fibré, robuste, stable, et produire un train d'impulsions régulières [1]. Il faut noter que la technologie des lasers à fibre optique est assez mature dans le proche infrarouge (1  $\mu\text{m}$ , 1,5  $\mu\text{m}$  et 1,9  $\mu\text{m}$ ), mais pas encore dans le moyen infrarouge ( $> 2 \mu\text{m}$ ) : de nombreuses améliorations au-delà de l'état de l'art sont attendues.

L'objet du stage est d'étudier des fibres fabriquées à INPHYNI pour leur propriété d'absorbant saturable dans le moyen infrarouge, à l'aide de la spectroscopie résolue en fréquence (Frequency Resolved Spectroscopy) associée à une configuration de type pompe-sonde [2]. Cette technique est en cours de développement à INPHYNI, elle a été mise en œuvre avec succès pour des fibres amplificatrices dopées erbium émettant à 1,5  $\mu\text{m}$ .

#### Stage:

Le travail à accomplir durant ce stage sera une contribution à la caractérisation optique et spectroscopique de fibres optiques dopées d'ions de terres rares fabriquées à INPHYNI destinées à assurer la fonction d'absorbant saturable dans le laser fonctionnant vers 2,8  $\mu\text{m}$ . On cherche à mettre en place et valider une technique expérimentale de mesure synchrone de la réponse des fibres à la modulation d'une source de pompage optique. Elle s'appuiera sur la modélisation dynamique des équations de niveaux des ions de terre rare. Les résultats permettront d'optimiser la dynamique de la cavité laser du COPL utilisant une fibre d'INPHYNI comme absorbant saturable.

#### durée du stage :

3 mois (M1)

#### Mots clés :

fibres optiques, optique guidée, dopage terre rare, laser, spectroscopie d'absorption et de luminescence, spectroscopie résolue en fréquence, modélisation

#### Responsable :

Bernard DUSSARDIER, Messagerie : [bernard.dussardier@unice.fr](mailto:bernard.dussardier@unice.fr)

#### Institut et lieu du stage :

Institut de Physique de Nice (INPHYNI), Parc Valrose / 06108 NICE CEDEX 2. <http://inphyni.cnrs.fr/fr>

- 
- [1] P. Paradis, V. Fortin, S. Trzesien, M. Ude, B. Dussardier, R. Vallée, M. Bernier, "Dysprosium-Doped Silica Fiber as Saturable Absorber in a Mid-IR Fiber Laser", IEEE Photonics Conference (Virtual), 2021, 18 – 21 October 2021 (<https://ieeexplore.ieee.org/>) Paper WH3.2. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03433128v1>
- [2] E. Magden, P. Callahan, N. Li, J. Bradley, N. Singh, A. Ruocco, L. Kolodziejski, E. P. Ippen, and M. R. Watts, "Frequency Domain Spectroscopy in Rare-Earth-Doped Gain Media," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics PP, 1–1 (2018). <https://ieeexplore.ieee.org/document/8290838>

## Proposal for a Master 1 internship at INPHYNI (Nice):

### Dynamic study of the saturable absorption of rare earth doped optical fibers by frequency resolved spectroscopy in pump-probe configuration.

#### Background:

This internship proposal is part of a Canadian *Sentinel North* program aimed at using light as a vector of information in northern natural environments. The gradual melting of permafrost in the Canadian North is causing the release of greenhouse gases (GHGs). INPHYNI is collaborating with the Center Optique Photonique et Laser (COPL, Université Laval, Quebec) for the implementation of a pulsed fiber optic laser emitting at 2.8  $\mu\text{m}$  (developed at COPL) to remotely detect GHGs. It emits short, intense pulses by the passive loss switching method.

The innovation implemented concerns the insertion of a specially developed optical fiber at INPHYNI, acting as a saturable absorber, in the cavity of a laser, in order to implement passive Q-switching. We have shown that such a laser can be fully fiberized, robust, stable, and produce a train of regular pulses [1]. It should be noted that fiber optic laser technology is quite mature in the near infrared (1  $\mu\text{m}$ , 1.5  $\mu\text{m}$  and 1.9  $\mu\text{m}$ ), but not yet in the mid infrared ( $> 2 \mu\text{m}$ ): many improvements beyond the state of the art are expected.

The purpose of the internship is to study fibers manufactured at INPHYNI for their property of saturable absorber in the mid-infrared, using Frequency Resolved Spectroscopy associated with a pump-probe type configuration [2]. This technique is under development at INPHYNI, it has been successfully implemented for erbium-doped amplifier fibers emitting at 1.5  $\mu\text{m}$ .

#### Internship:

The work to be accomplished during this internship will be a contribution to the optical and spectroscopic characterization of rare earth -doped optical fibers manufactured at INPHYNI intended to perform the function of saturable absorber in lasers operating at 2.8  $\mu\text{m}$ . We are trying to set up and validate an experimental technique for synchronously measuring the response of fibers to the modulation of an optical pumping source. It will be based on the dynamic modeling of rate equations of rare earth ions. The results will optimize the dynamics of the COPL laser cavity using an INPHYNI fiber as a saturable absorber.

#### training period :

3 months (Semester 2 of master)

#### Keywords :

optical fibers, guided wave optics, rare earth doping, laser, absorption and luminescence spectroscopy, modeling

#### Responsible:

Bernard DUSSARDIER. Email: [bernard.dussardier@unice.fr](mailto:bernard.dussardier@unice.fr)

#### Institute and place of the internship:

Institute of Physics of Nice (INPHYNI), Parc Valrose / 06108 NICE CEDEX 2. <http://inphyni.cnrs.fr/fr>

- 
- [1] P. Paradis, V. Fortin, S. Trzesien, M. Ude, B. Dussardier, R. Vallée, M. Bernier, "Dysprosium-Doped Silica Fiber as Saturable Absorber in a Mid-IR Fiber Laser", IEEE Photonics Conference (Virtual), 2021, 18 – 21 October 2021 (<https://ieeexplore.ieee.org/>) Paper WH3.2 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03433128v1>
  - [2] E. Magden, P. Callahan, N. Li, J. Bradley, N. Singh, A. Ruocco, L. Kolodziejski, E. P. Ippen, and M. R. Watts, "Frequency Domain Spectroscopy in Rare-Earth-Doped Gain Media," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics PP, 1–1 (2018). <https://ieeexplore.ieee.org/document/8290838>