

Transfert spectral de fréquence par asservissement sur un interféromètre à fibre

Spectral transfer of frequency by locking onto a fiber-based interferometer

Porteur(s) : F. Kéfélian (ARTEMIS)

Partenaire(s) : E. Samain (GEOAZUR), A. Amy-Klein (LPL)

Résumé du projet en Français :

Le projet vise à étudier l'utilisation d'un interféromètre à fibre pour stabiliser la fréquence d'un laser sur une fréquence de référence différente. Le principe de fonctionnement repose sur un double asservissement sur le même interféromètre. Différentes configurations seront étudiées permettant la stabilisation d'une fréquence optique sur une autre fréquence optique ou sur une fréquence micro-onde. Une mesure directe de la stabilité de transfert sera effectuée grâce à un peigne de fréquence. L'objectif est de pouvoir proposer une technologie alternative aux cavités de transfert, en particulier dans l'infra-rouge proche en lien avec le projet REFIMEVE+. La réalisation du projet aura lieu au laboratoire ARTEMIS avec la contribution du laboratoire GEOAZUR pour les références de fréquences micro-onde et du LPL pour la métrologie utilisant un peigne de fréquence. Ce projet peut également présenter un potentiel de valorisation industrielle.

Abstract in English:

The project consists in studying the different applications of a fiber-based interferometer in order to stabilize the frequency of laser onto a different reference frequency. The operation principle relies on a double locking on the same interferometer. Different configurations will be studied to stabilize an optical frequency onto another optical frequency or onto a microwave frequency. An absolute measurement of the transfer stability will be performed with a frequency comb. The objective is to propose an alternative technology to the use of a bulk transfer cavity, in particular in the near infra-red range in the framework of REFIMEVE+ project. The project will be realized at ARTEMIS laboratory with the contribution from GEOAZUR laboratory for the micro-wave references and from LPL for the frequency comb metrology. This project may present a potential of industrial valorisation.

Résultats marquants :

Première mise en évidence expérimentale dans la stabilisation en fréquence d'un laser d'un plancher de bruit blanc dû à la non-linéarité résiduelle du 3e ordre de l'interféromètre de référence

Par la méthode de Pound-Drever-Hall nous avons pu asservir simultanément deux diodes lasers à bas bruit sur un interféromètre de Michelson à fibre à grande différence de bras avec un bruit en boucle inférieur à 10 mHz/VHz. Grâce à ce montage nous avons pu détecter un plancher blanc de bruit de fréquence hors boucle dans l'asservissement des lasers au niveau de 100 mHz/VHz. Nous avons démontré que ce bruit était dû à la nonlinéarité résiduelle du troisième ordre de l'interféromètre de Michelson. Le niveau de bruit blanc mesuré est en bon accord avec le résultat d'une simulation numérique de l'effet de la non linéarité du discriminateur de fréquence.

Il s'agit à notre connaissance de la première fois que l'effet de la non-linéarité d'un discriminateur de fréquence optique est considéré et mesuré expérimentalement. Cet effet pourrait dans le futur établir la limite de la largeur spectrale pour un laser stabilisé sur une cavité Fabry-Perot limité par le bruit thermique.

Highlights:

First experimental evidence of a white frequency noise floor due to the residual third order nonlinearity of an optical frequency discriminator in laser frequency stabilization

Using Pound-Drever-Hall locking method we have been able to lock simultaneously two low noise diode lasers on a on a fibre-based large imbalance Michelson interferometer with an in-loop frequency noise floor below 10 mHz/VHz. Thanks to this experiment we have been able to detect a frequency noise floor of the laser locking (in loop error) at the 100 mHz/VHz level . We have then demonstrated that this noise floor is due to the third order

residual nonlinearity of the Michelson interferometer. The white noise level measured is in good agreement with the result of a numerical simulation of the effect of the non-linear frequency discriminator.

This is to our knowledge the first time that the effect of the residual non linearity of an optical frequency discriminator for frequency stabilization is considered and experimentally measured. This effect could set the limit of the spectral linewidth of a laser stabilized on an ultra-stable Fabry-Perot cavity.

Publications and communications linked with the funded project:

Peer-reviewed articles:

Un article en cours de rédaction

Oral communications:

*Frédéric Audo, Jean-Pierre Coulon et Fabien Kéfélian. Experimental evidence of a fundamental noise floor at the tens of millihertz level in laser locking onto unbalanced fibre-based Michelson interferometer, Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference, June 2017, Munich, Germany. IEEE Catalog Number CFP17ECL-ART

Invited talks:

*Frédéric Audo, Jean-Pierre Coulon, Fabien Kéfélian Mise en évidence expérimentale d'un plancher de bruit de fréquence au niveau de 0,1 Hz/Hz^{0,5} dans l'asservissement d'un laser sur un interféromètre de Michelson à fibre, Assemblée générale Labex First-TF, Bordeaux 2017

Others:

*Frédéric Audo, Jean-Pierre Coulon, Fabien Kéfélian. Double asservissement Pound-Drever-Hall sur un interféromètre de Michelson à Fibre Colloque sur les Lasers et l'Optique Quantique (COLOQ'15), Jul 2016, Bordeaux, France.

*Frédéric Audo, Jean-Pierre Coulon, Fabien Kéfélian. Asservissement de deux lasers séparés d'une fréquence micro-onde sur un interféromètre à fibre Journée du Club Optique et Microondes 2016 de la Société Française d'Optique, Jun 2016

Pictures with captions (curve, photo, scheme ...):

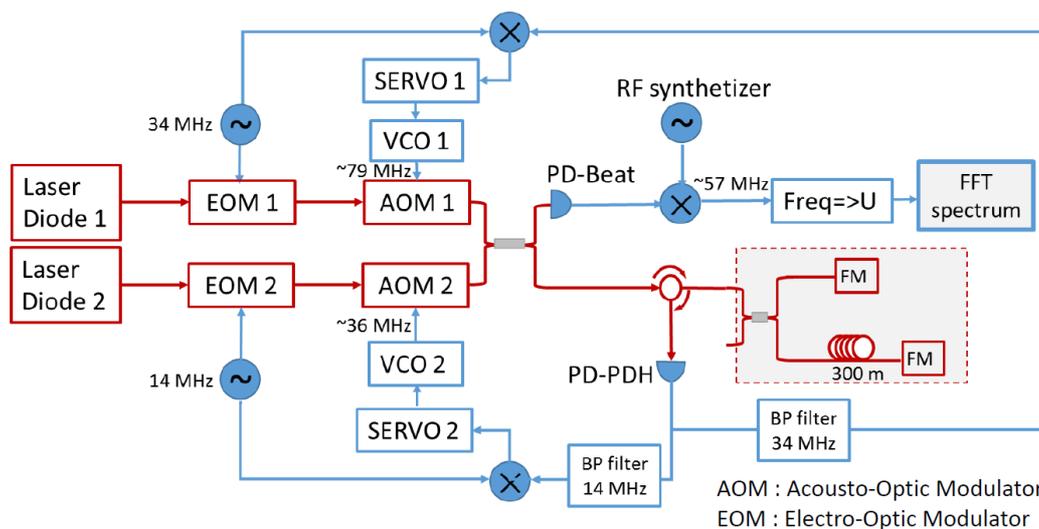


Fig. 1 Experimental setup of the double locking on a fiber-based Michelson interferometer (FM=Faraday mirror, PD=PhotoDiode, BP=band-pass, VCO=Voltage Controlled Oscillator)

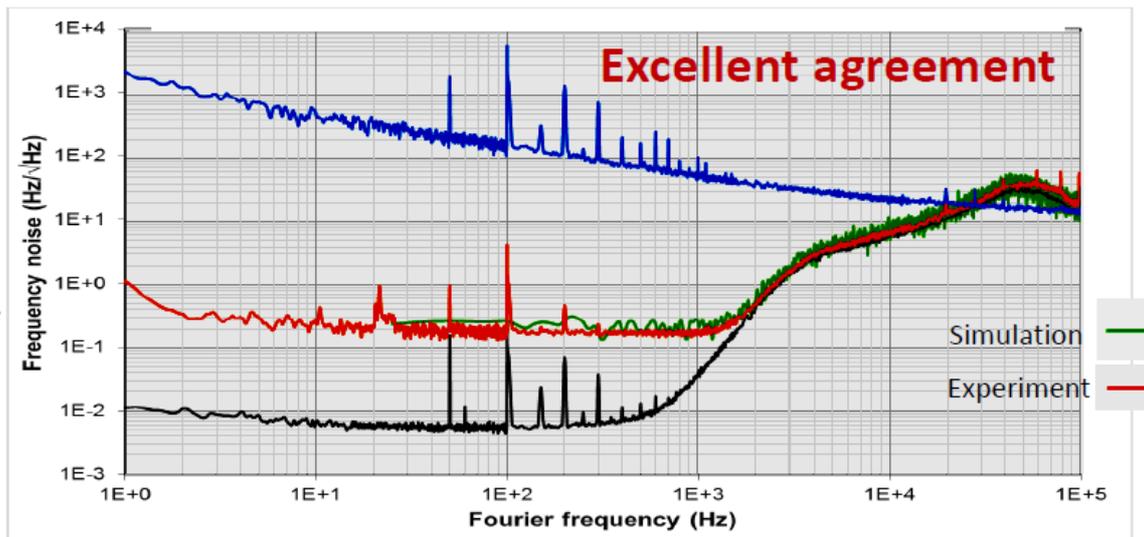


Fig. 2 : In blue the free-running laser frequency noise, in black the in-loop frequency locking noise, in red the out-of loop frequency locking noise, in green the result of a simulation taking into account the residual non linearity of the interferometer