

SPIRAL : Stabilisation de Peigne de fRequences Auto-impulsionnels

SPIRAL: Stabilization of self-pulsating frequency combs based on Quantum-Dash semiconductor lasers for time and frequency metrology

Porteur(s) : V. Roncin (LPL)

Partenaire(s) : P. Besnard (FOTON)

Résumé du projet en Français :

Les lasers à bâtonnets quantiques présentent des niveaux de bruit d'amplitude et de fréquence particulièrement bas ainsi qu'un fort couplage optique entre les modes longitudinaux. Ces propriétés leur permettent de générer des impulsions à très haute cadence de répétition (> 10 GHz), courtes (quelques ps) et faiblement giguées ($< ps$) lorsqu'ils sont alimentés par un courant continu. Jusqu'à maintenant, ces sources n'ont été utilisées que dans le contexte des télécommunications optiques. Le projet SPIRAL a pour objectif d'explorer leur potentiel pour la réalisation de peignes de fréquences compacts de type Quantum-Dash Mode-Locked Laser Diode (QD-MLLD) et la génération d'impulsions optiques à très faible gigue (collaboration avec FOTON).

Abstract in English:

Quantum-Dash semiconductor lasers are well known for their particularly low optical noise levels (amplitude noise and frequency noise). They also present an efficient longitudinal mode phase coupling enabling short optical pulses generation (few ps) at high repetition rate (up to 10 GHz) with low jitter (100 fs). Until now, those sources were only used in the optical communications field. The aim of project SPIRAL is to explore their potential to achieve compact frequency combs based of Quantum-Dash Mode-Locked Laser Diode (QD-MLLD), and generate optical pulses with very low jitter (collaboration with FOTON).

Résultats marquants :

- Etude et réalisation d'une cavité de transfert à fibre en configuration d'anneau, stabilisée sur une référence métrologique (laser ultra stable à 1542 nm du SYRTE transmis par lien optique et associée à deux lasers accordables à cavité externe (ECLD Tunics-OM). Ce dispositif compact permet un transfert de stabilité sur la gamme d'accordabilité des ECLD (100 nm environ autour de 1,55 μ m) avec une stabilité relative meilleure que 10^{-12} de 1 s à 5000 s (fig. 2) par rapport à la référence et meilleure que 10^{-12} de 10 s à 100 s entre les deux ECLD verrouillées sur deux modes voisins (fig. 3).
- Stabilisation d'un laser QD-MLLD (fig. 1) par injection optique d'un laser accordable (largeur de raie < 100 kHz) stabilisé sur la cavité de transfert puis étude du transfert de stabilité le long du peigne (jusqu'à 5 nm). Démonstration d'un transfert de stabilité relative meilleur que 10^{-11} de 1 s à 100 s (fig. 3). Etude du transfert de pureté spectrale de 100 kHz pour le mode adjacent au mode injecté, s'élargissant jusqu'à 1,1 MHz à 5,8 nm du mode injecté (fig. 4).

Highlights:

- Study and implementation of an all-fiber ring cavity stabilized onto a metrological laser reference at 1542 nm (transmitted from SYRTE by optical link), associated with two External Cavity Laser Diode (ECLD Tunics-OM). This compact set-up allows a stability transfer all over the tuning range of the ECLD (about 100 nm around 1.55 μ m) with a relative stability better than 10^{-12} from 1 s to 5000 s (fig. 2) as compared to the reference and better than 10^{-13} from 10 s to 100 s for the beat-note between the two ECLD (fig. 3).
- Stabilization of a QD-MLLD (fig. 1) thanks to optical injection locking of an ECLD (linewidth < 100 kHz) stabilized onto the referenced fiber transfer cavity and study of the stability transfer all over the comb (until 5 nm). Demonstration of the relative stability transfer better than 10^{-11} from 1 s to 100 s (fig. 3). The spectral purity transfer from the ECLD to the QD-MLLD is also studied showing a linewidth of 100 kHz for the mode next to the injected one (at 10 GHz) and 1.1 MHz for the one at 5.8 nm from the injected one (fig. 4).

Publications and communications linked with the funded project:

Peer-reviewed articles:

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin & F. Du-Burck, "Stability transfer at 1.5 μm for metrological applications using a commercial optical cavity", *Applied Optics*, 56(1), 8-14, (2017).

Proceedings:

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin, and F. Du-Burck, "Frequency Stability Transfer by Optical Injection Locking into a Semiconductor Frequency Comb", EFTF 2017, 10-13 July, Besançon, paper C3P-L, Poster session "Optical Frequency Standards and Applications II", (2017).

Oral communications:

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin, and F. Du-Burck, "Compact Metrological Frequency Comb Stabilized with Optical Injection Locking Assisted by Long-term Optoelectronic Correction", CLEO EUROPE 2017, 25-29 June, Munchen, paper CH-4 "Novel sensing schemes", Oral presentation, (2017).

Invited talks:

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin et F. Du-Burck, « SPIRAL : Stabilisation de Peigne de fréquences Auto-impulsionnelles », Assemblée Générale du Labex FIRST TF, Talence, France, (28-29 juin 2017).

Others:

P. Grüning, A. Chaouche-Ramdane, M. W. Lee, V. Roncin, F. Du-Burck, S. Trebaol, P. Besnard, « Stabilisation et réduction de la largeur de raie d'un laser accordable autour de 1,55 μm avec une cavité en anneau fibrée et référencée », Journées Nationales d'Optique Guidées, Optique Bordeaux 2016, (4-7 juillet 2016).

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin et F. Du-Burck, « Transfert de stabilité au moyen d'une cavité », COLOQ, Optique Bordeaux 2016, (4-7 juillet 2016)

P. Grüning, A. Chaouche-Ramdane, M. Lee, V. Roncin, F. Du-Burck, S. Trebaol, P. Besnard, « Stabilisation et réduction de la largeur de raie d'un laser accordable autour de 1,55 μm avec une cavité en anneau fibrée et référencée », Workshop Photonique et mesures de précision, Paris, France (11 octobre 2016).

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin, F. Du-Burck, « Transfert de stabilité au moyen d'une cavité », Workshop Photonique et mesures de précision, Paris, France (11 octobre 2016).

A. Chaouche-Ramdane, P. Grüning, V. Roncin, F. Du-Burck, « Transfert de stabilité et synthèse de fréquences térahertz ultrastables, compactes et transportables », Journées scientifiques GRAM, Paris, France (2-3 juin 2016).

A. Chaouche-Ramdane, V. Roncin et F. Du-Burck, « Stabilisation d'un peigne de fréquences issu d'un laser Fabry-Pérot à semiconducteurs à base de bâtonnets quantiques », OPTIQUE BRETAGNE 2015, RENNES, (6-9 juillet 2015).

A. Chaouche-Ramdane, V. Roncin, F. Senotier, A. Shen et F. Du Burck, « Premiers résultats sur la réduction de la largeur des modes optiques de lasers auto-impulsionnels à base de semiconducteurs à 1,55 μm », 34èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG2014) Nice (29-31 octobre 2014).

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

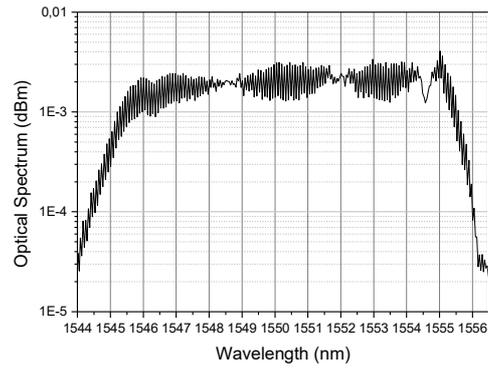
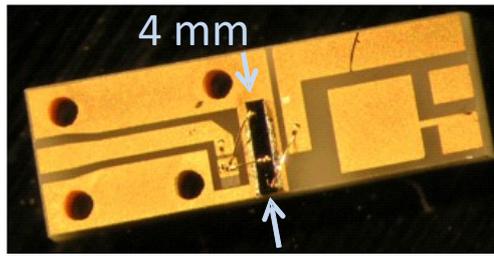


Figure 1 : Photographie de la puce laser MLLD du projet SPIRAL (gauche) : Laser à structure Quantum-Dash constitué de 6 plans In/GaAs sur substrat InP obtenue par croissance épitaxiale (MBE) et montée sur embase Alumine + bindings (packaging Butterfly standard). Spectre du peigne de fréquence (droite) d'ISL 10 GHz.

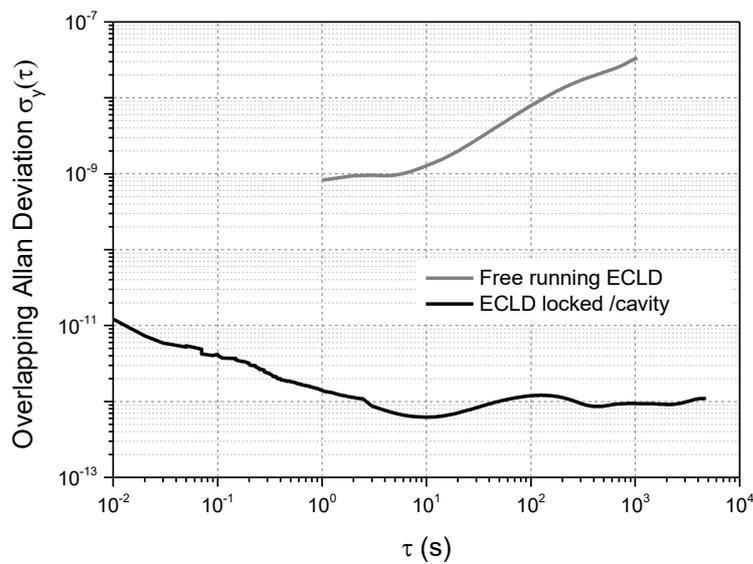


Figure 2 : Stabilisation d'une cavité de transfert fibrée sur une référence métrologique à 1542 nm puis verrouillage sur la cavité d'un laser accordable de type ECLD.

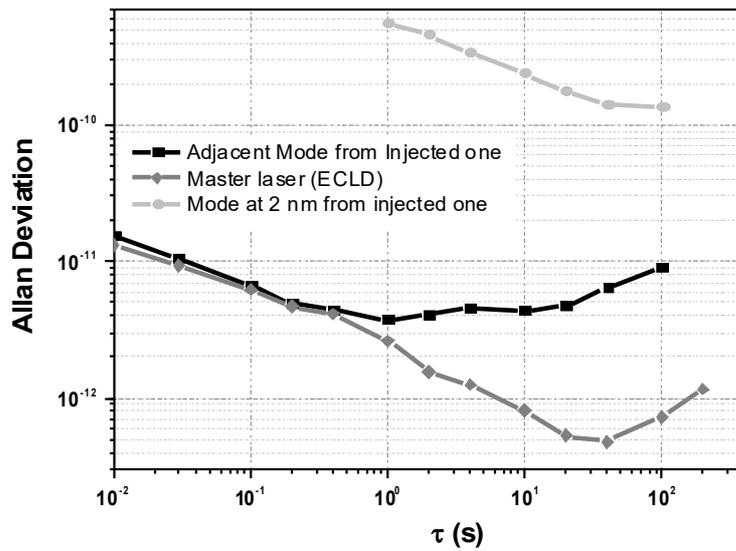


Figure 3 : Stabilisation d'un laser QD-MLLD par injection optique dans un mode du peigne à 1547,5 nm, avec un laser ECLD stabilisé sur cavité de transfert fibrée et référencée à 1542 nm.

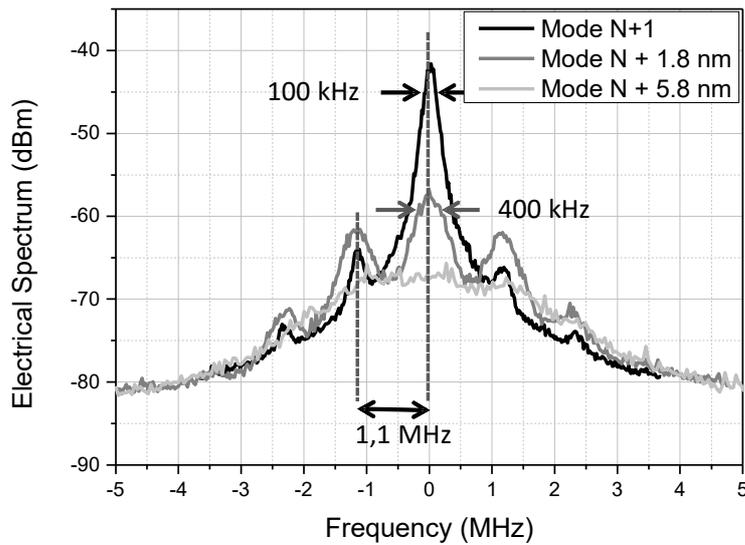


Figure 4 : Transfert de pureté spectrale d'un laser ECLD de largeur de raie <100 kHz vers un peigne de fréquence QD-MLLD par injection optique d'un mode à 1550 nm avec observation de l'élargissement des modes le long du peigne.