

Porteur(s) : Y. Chembo (FEMTO-ST)

Partenaire(s) : V. Giordano (FEMTO-ST), J.P. Aubry (AUBRY CONSEIL)

Résumé du projet en Français :

Le résultat attendu concerne le développement et l'acquisition de savoir-faire en termes de packaging de résonateurs optiques à modes de galerie, avec pour objectifs le respect aussi serré que possible des contraintes de contrôle des paramètres de fonctionnement dans un contexte d'applications Physique et Temps-Fréquence. FEMTO-ST possède actuellement un savoir-faire au niveau de l'état de l'art international dans la fabrication de résonateurs millimétriques (facteur de qualité au-delà de 10^9) avec près de 5 matériaux cristallins différents. Le verrou principal à l'évolution « système » de ces objets jusqu'à présent essentiellement exploités au niveau physique, concerne le conditionnement du résonateur WGM dans un packaging facilement utilisable avec de la connectique optique standard. A l'issue de ce projet, il est attendu qu'un tel module WGM soit à même de permettre de nombreuses investigations systèmes, à la fois sur les aspects Optiques (phénomènes de dynamique non linéaire, applications Télécom à format de modulation avancé à détection cohérente, information quantique, traitement du signal et de l'information bio-inspiré), mais aussi et surtout pour des aspects Temps-Fréquence (exploitation des peignes de fréquence, et/ou du filtrage micro-onde sur porteuse optique).

Abstract in English:

The main objective of this project is to develop a plug & use device integrating a whispering gallery mode optical resonator and its coupling to optical fibers, so that the resulting fiber pigtailed component can be used for "systems" exploration. These systems can be any time-frequency metrology one involving WMG, or also other systems intended for more basic studies on the nonlinear dynamics properties of these unusual objects. The project will be aimed at solving critical physical parameter control and stabilization together with the packaging into a compact and robust environment. This is expected to solve one of the major technological problem without which an effective use of these high Q factor optical resonators cannot be investigated in a confident way, especially for time frequency metrology issues (compact optical frequency combs, highly selective photonic microwave filtering device). FEMTO-ST is now recognized as one of the very few labs worldwide capable for the fabrication of such WGM with Q factor exceeding one billion, moreover with a large panel of different crystalline materials.

Résultats marquants :

Tout au long du projet Pauwhigamor, les objectifs fixés auront été atteints. Les objectifs de packaging simple et fibré permettant ainsi le maintien de couplage sur des temps longs (6 mois à ce jour) sont désormais validés. On peut maintenant déplacer le dispositif, les résonances et le couplage restent « intacts ». La figure 01 montre le couplage dans le domaine de l'infrarouge (et dans le visible figure 02) en environnement instable et la figure 03 montre les différentes résonances observées. Durant ces 12 mois de travaux, nos attentions se seront principalement portées sur les points délicats suivants :

- 1/ La maîtrise du réglage et du maintien du couplage par prisme : la difficulté porte sur les contraintes résiduelles lors de la manipulation du couple « prisme-disque » pour en optimiser le couplage.
- 2/ La maîtrise du couplage après ajustement a été un point dur important : le maintien définitif du couplage « prisme-disque » a nécessité le développement d'un *process* inédit et essentiel au *packaging* de nos systèmes à base de WGMR.
- 3/ Une connaissance accrût des résonateurs WGM : étude cristallographique, orientation et pureté des matériaux utilisés (caractérisation UV et IR).

Ces travaux, bien qu'inscrits dans le cadre d'une valorisation de nos compétences, auront cependant permis de participer à trois conférences internationales (EFTF Temps-fréquence York University 2016 / Université de Besançon 2017 et Wombat 2017 Université de Besançon), et l'obtention d'une distinction pour le meilleur poster étudiant (EFTF York 2016).

Highlights :

Throughout the Pauwhigamor project, the objectives set will have been achieved. The objectives to obtain a simple and fiber base packaging thus allowing the maintenance of coupling on long times (6 months to date) are now validated. This device can now be moved, the resonances and the coupling remain "intact". This figure 01 shows the coupling in the infrared domain with an unstable environment and the figure 02 shows the different resonances observed. During these 12 months of work, our attention will mainly focus on the following points:

- 1/ Adjustment and maintenance of the prism coupling: the difficulty concerns the residual stresses during the manipulation of the "prism-disk" in order to optimize the coupling.
- 2/ Coupling after adjustment has been another important point: the permanent maintenance of the coupling "prism-disk" required the development of a new process and it was essential in our systems based on WGMR for the packaging.
- 3/ Increased knowledge of WGM resonators: crystallographic study, orientation and purity of materials used (UV and IR characterization).

Although our work was meant for the valorization of our research activities, it has led to 3 international conferences (EFTF Time-frequency York University 2016 / Université de Besançon 2017 and Wombat 2017 Université de Besançon) and also to a student poster award (EFTF York University 2016).

Publications and communications linked with the funded project:

Oral communications:

- 1/ S. Diallo, G. Lin, J-P. Aubry and Y. Chembo. Brillouin lasing in a LiF whispering-gallery mode resonator and application to microwave generation. EFTF -European Frequency and Time Forum- 4th – 7th April 2016, York, United Kingdom (Poster)
- 2/ J-P. Aubry, S. Diallo, R. Martinenghi and Y. Chembo. Brillouin and Kerr-based Whispering Gallery Mode crystalline fluoride-type resonators for low noise microwave source. EFTF -European Frequency and Time Forum- 9th – 13th July 2017, Besançon, France (Conference)
- 3/ S. Diallo, G. Lin, J-P. Aubry and Y. Chembo. Brillouin lasing in a LiF whispering-gallery mode resonator and application to microwave generation. Wombat -Workshop on Optomechanics and Brillouin Scattering : Fundamentals, Applications and Technologies- 3rd – 9th July 2017, Besançon, France (Conference)

Distinction :

Lors de l'édition 2016 de l'EFTF -Forum européen du temps-fréquence- qui s'est tenu du 4 au 7 avril à l'université de York au Royaume-Uni, Souleymane Diallo, doctorant à FEMTO-ST s'est vu décerner le prix du meilleur poster Doctorant pour ses travaux intitulés "Brillouin scattering in a Lithium fluoride crystalline resonator for microwave génération, voir figure 04. Ses recherches ont été conduites sous la supervision de Yanne Chembo.

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

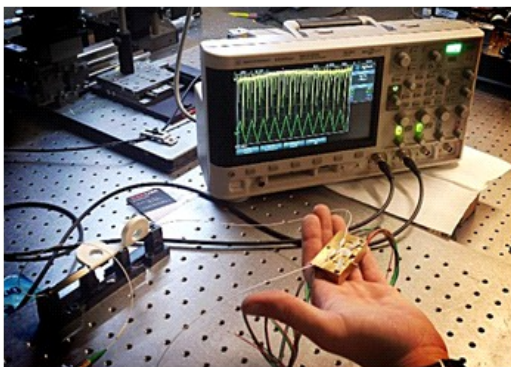


Figure 01 : Couplage figé, longueur d'onde télécom infrarouge

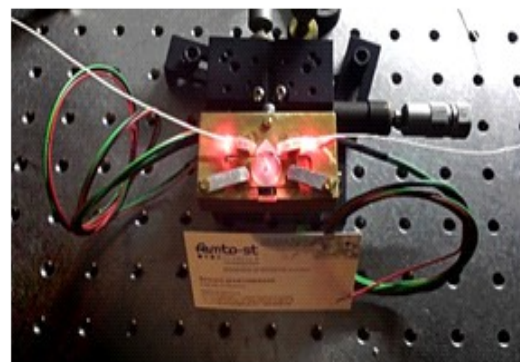


Figure 02 : Couplage dans le domaine visible

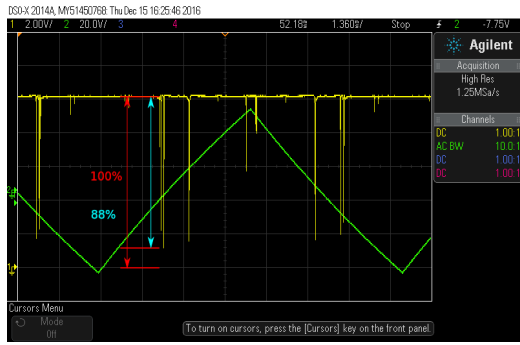


Figure 03 : Résultats obtenus. Taux de couplage de 88%, facteur Q à charge proche de 10^8 à 1550nm



Figure 04 : Prix du meilleur poster doctorant York University EFTF 2016