

**Liens ultra-stables par fibres optiques : déploiement vers plusieurs utilisateurs distants,  
étude des limites fondamentales et technologiques et nouvelles**

**Ultra-stable fiber links: deployment for several distant users, study of fundamental and technology limits**

**Porteur(s) :** A. Amy-Klein (LPL)

**Partenaire(s) :** SYRTE

**Résumé du projet en Français :**

Le doctorant travaillera tout d'abord sur l'architecture de déploiement d'un lien optique vers plusieurs utilisateurs distants et réalisera dans ce but un dispositif d'extraction en ligne du signal ultra-stable. Plusieurs améliorations technologiques des liens optiques seront également étudiées afin de simplifier et fiabiliser le dispositif et augmenter la longueur des liaisons. Ces développements seront appliqués à la mise en œuvre de plusieurs liaisons en Ile de France et vers Strasbourg et Besançon. Le doctorant devra ensuite étudier les limites fondamentales des liens optiques. Il réalisera en particulier un lien en forme de boucle pour analyser les conséquences de l'effet Sagnac sur le transfert de fréquence et devra explorer les potentialités de la méthode two-way. Une mesure quantitative de la sensibilité permettra d'estimer les potentialités de ce nouveau type de dispositif pour réaliser des gyromètres à fibre géants. Enfin, le doctorant pourra participer à quelques autres développements en fonction de l'avancement de son travail : transfert de temps, test de liaisons satellitaires ou stabilisation de lasers.

**Résultats marquants :**

La première année de thèse a été consacrée à l'étude du transfert d'un signal ultrastable par lien optique vers plusieurs utilisateurs simultanément. Une architecture d'extraction en ligne a été réalisée : le signal est extrait en un point du lien principal et un dispositif a été développé pour compenser le bruit de propagation spécifiquement en ce point. Le dispositif a été testé sur un lien SYRTE-LKB-SYRTE-LPL-SYRTE constitué de fibres optiques noires du réseau de télécommunications. Cette architecture a permis de rassembler en un même lieu les deux extrémités du lien principal et ainsi de tester les performances obtenues. Les résultats sont excellents et en accord avec une modélisation simple de la compensation du bruit. Ils ont été publiés dans JosaB et ont donné lieu à plusieurs communications. Plusieurs pistes d'amélioration ont également été identifiées et nous avons conçu un nouveau montage moins bruité et plus flexible, dont Anthony Bercy a commencé la réalisation en septembre 2014.

Depuis décembre 2014, Anthony Bercy a également commencé à travailler sur l'étude du transfert de fréquence par méthode « Two-way » afin d'étudier ses performances en comparaison de celles des liens optiques. Le transfert de fréquence a été réalisé tout d'abord sur une bobine de fibre de 100 km en comparant plusieurs dispositifs optiques de détection : un premier de type « Sagnac », qui nécessite que les deux extrémités du lien soient situées au même endroit, et un deuxième qui utilise deux montages indépendants pour les deux extrémités. Les premiers résultats sont encourageants et conformes aux estimations théoriques. Le montage est maintenant en cours de test sur une boucle de fibres optiques de 100 km du réseau Île-de-France.

**Publications and communications linked with the funded project:**

*Peer-reviewed articles:*

O Lopez, B Chanteau, A. Bercy, D Nicolodi, W Zhang, B. Argence, M Abgrall, A Haboucha, A Kanj, D Rovera, J Achkar, P-E Pottie, B Darquié, C Chardonnet, Y Le Coq, G Santarelli and A Amy-Klein, Ultra-stable long distance optical frequency distribution using the Internet fiber network and application to high-precision molecular spectroscopy, *J. Phys.: Conf. Ser.* **467**, p 012002 (2013)

Anthony Bercy, Saïda Guellati-Khelifa, Fabio Stefani, Giorgio Santarelli, Christian Chardonnet, Paul-Eric Pottie, Olivier Lopez, and Anne Amy-Klein, "Ultra-stable in-line extraction over an optical fiber link," *JOSA B* **31**, 678-685 (2014)

**Proceedings:**

Anthony Bercy, Olivier Lopez, Fabio Stefani, Christian Chardonnet, Anne Amy-Klein, P.E. Pottie and G. Santarelli, Towards large scale metrological fibre network, 2013 IFCS-EFTF Proceedings, pp. 409-410 (2013)

**Oral communications:**

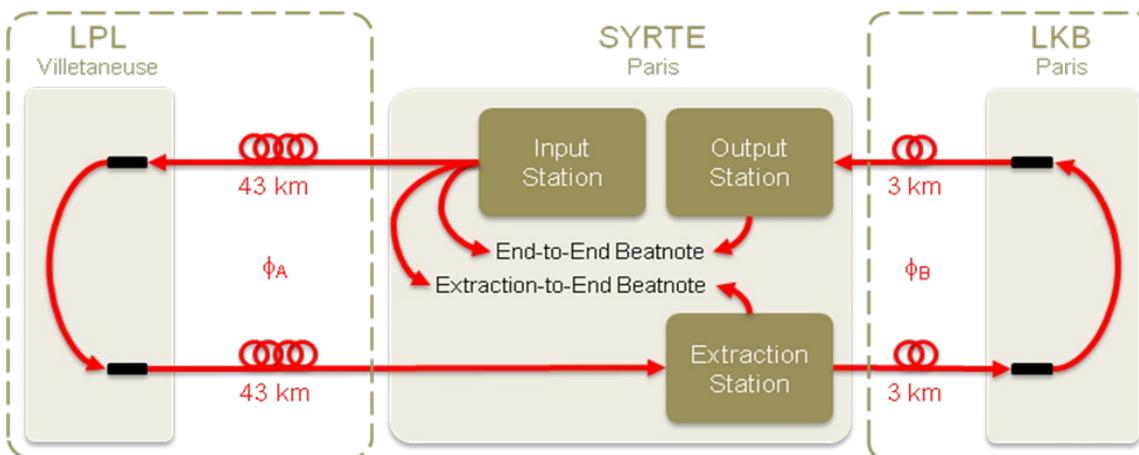
O. Lopez, A. Haboucha, B. Chanteau, A. Bercy, Ch. Chardonnet, A. Amy-Klein and G. Santarelli, Ultra-stable frequency dissemination on a dedicated frequency channel of the telecommunication network, EFTF2012, European Frequency and Time Forum, Göteborg, Suède, 24-26 avril 2012.

O. Lopez, P.E. Pottie, B. Chanteau, F. Stefani, A. Bercy, Ch. Chardonnet, G. Santarelli and A. Amy-Klein, Long distance ultra-stable frequency dissemination on a dedicated wavelength channel of a telecommunication network, CLEO/Europe - IQEC, Munich, Allemagne, 12-16 mai 2013.

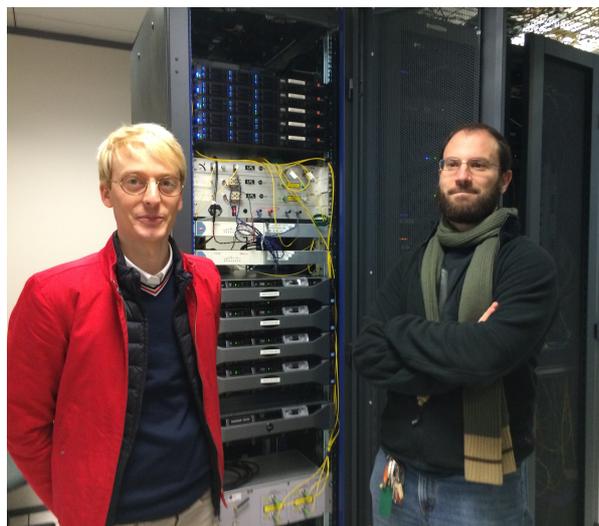
**Invited talks:**

O. Lopez, B. Chanteau, A. Bercy, P.E. Pottie, F. Stefani, B. Argence, B. Darquié, Y. Le Coq, D. Nicolodi, N. Quintin, Ch. Chardonnet, G. Santarelli et A. Amy-Klein, Liens optiques et métrologie, ou comment peut-on distribuer une référence de fréquence par les fibres optiques du réseau Internet, Optique Paris 2013, Villetaneuse, France (8-11 juillet 2013) (invitée)

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



Dispositif utilisé pour tester l'extraction en ligne sur un lien optique sur fibres installées du réseau de télécommunications. Résultats publiés dans Josa B en avril 2014.



Anthony Bercy (à gauche) et Fabio Stefani (post-doctorant, à droite) dans le local RENATER du site de télécommunication Telehouse2 à Paris, après installation d'une nouvelle configuration de liaison optique.