

O. Lopez¹, B. Chanteau¹, A. Haboucha², V. Roncin¹, W. Zhang², Y. Le Coq², G. Santarelli², A. Amy-Klein¹, C. Chardonnet^{1*}

1. Laboratoire de Physique des Lasers, UMR 7538 CNRS – Université Paris 13, Villetaneuse

2. LNE-SYRTE, Observatoire de Paris, UMR 8630 CNRS-UPMC, Paris

* christian.chardonnet@univ-paris13.fr

Le développement de liens optiques entre laboratoires distants est un des principaux défis de la métrologie du temps-fréquence, car les progrès en stabilité et exactitude des horloges atomiques sont telles que les comparaisons de leurs fréquences par liens satellitaires, tels le GPS, ne sont plus assez sensibles. Concrètement, un lien optique doit permettre de transmettre entre deux laboratoires une référence ultra-stable de fréquences avec une résolution meilleure que 10^{-15} (en valeur relative) pour un temps de mesure de 1 s et meilleure que 10^{-17} sur quelques heures. Les applications vont bien au delà du domaine de la métrologie car les comparaisons à distance d'horloges permettent de réaliser de nombreux tests de physique fondamentale et la mise à disposition d'une référence de fréquence pour de nombreux laboratoires ouvre le champ à une large gamme de mesures de très haute sensibilité.

Un lien optique est constitué d'une fibre optique dans laquelle on injecte un laser stabilisé en fréquence, si bien que le signal transféré est constitué de la phase du laser. Une boucle d'asservissement permet de corriger les variations de phase dues aux fluctuations de la longueur optique de la fibre [1]. Nous avons récemment développé un nouveau concept de lien optique qui utilise directement les fibres du réseau public de télécommunication et non pas des fibres dédiées uniquement à cette application [2]. Le signal ultrastable est transmis simultanément avec les données numériques par multiplexage en longueur d'onde. Nous utilisons le réseau académique national, grâce à une collaboration avec RENATER (Réseau National de télécommunications pour la Technologie l'Enseignement et la Recherche). Nous avons démontré un lien optique multiplexé de 470 km qui atteint une résolution de 7×10^{-19} (en valeur relative) sur 10 000 s. Notre objectif est maintenant d'étendre cette distance à 1000 km ou plus afin de relier Paris aux principaux laboratoires de métrologie européens. Nous souhaitons également étendre notre réseau optique en région Ile de France et sur le territoire français.

Nous avons également utilisé le lien optique qui relie les laboratoires LPL et LNE-SYRTE pour réaliser un transfert de stabilité entre un laser ultra-stable du SYRTE, dont la fréquence est contrôlée par rapport aux meilleurs étalons primaires de fréquence, et les lasers du LPL. Pour cela, nous utilisons un laser femtoseconde qui permet de comparer n'importe quelle fréquence optique à la référence de fréquence du Syrte. Dans un premier temps, notre système a été optimisé pour permettre de mesurer ou de contrôler des fréquences dans l'infrarouge moyen vers $10 \mu\text{m}$. Un tel contrôle est indispensable pour des expériences de très haute sensibilité comme par exemple, l'observation de la violation de parité dans les molécules [3]. Ce dispositif devrait également permettre de s'affranchir d'un dispositif de stabilisation locale et ainsi étendre les possibilités de stabilisation à une vaste gamme de sources lasers, en particulier des lasers à cascade quantique.

Remerciements.

Les auteurs remercient D. Vandromme, T. Bono, L. Gydé et E. Camisard du GIP RENATER pour leur soutien dans la réalisation de ce projet.

Références

- [1] H. Jiang et al, "Long-distance frequency transfer over an urban fiber link using optical phase stabilization", J. Opt. Soc. Am. B 25, 2029 (2008).
- [2] O. Lopez et al, "Cascaded multiplexed optical link on a telecommunication network for frequency dissemination", Optics Express 18, pp 16849-16857 (2010).
- [3] C. Stoeffler et al, "High resolution spectroscopy of methyltrioxorhenium: towards the observation of parity violation in chiral molecules," Phys. Chem. Chem. Phys. **13**, pp. 854-863 (2011).