

Comment (et pourquoi) mesurer des fréquences optiques avec une très grande précision ?

Proposée par A. Amy-Klein

Description du thème :

En 2005, le prix Nobel de Physique a été décerné conjointement à T. W. Hänsch et J. L. Hall « for their contributions to the development of laser-based precision spectroscopy, including the optical frequency comb technique » (ainsi qu'à R. J. Glauber). Cela récompensait le développement d'une nouvelle technique de mesures de fréquences qui avait révolutionné le domaine de la métrologie des fréquences et de ses applications en mesures de très haute précision.

Cette nouvelle technique utilise un laser impulsionnel dont les impulsions, régulièrement espacées selon le taux de répétition du laser, ont une durée de quelques dizaines de fs. Le spectre d'un tel laser a l'allure d'un peigne de fréquences parfaitement équidistantes, dont l'écart est le taux de répétition du laser, et dont l'enveloppe est l'inverse de la durée d'une impulsion. Ce peigne peut servir de « règle » de fréquences pour comparer des fréquences très différentes allant du domaine radiofréquence jusqu'au visible. Lorsque ce peigne est étalonné par rapport à un étalon primaire de temps-fréquence (qui définit la s ou le Hz), cela permet de mesurer des fréquences optiques avec une précision extrême allant jusqu'au 16^{ème} chiffre significatif. On peut alors tester des effets physiques très fondamentaux, comme par exemple la variation dans le temps des constantes fondamentales ou le principe d'équivalence.

L'étudiant devra étudier cette méthode de comparaison de fréquences et présenter une ou deux applications marquantes de cette technique : la spectroscopie par transformée de Fourier avec un peigne, ou bien les comparaisons d'horloges et tests de variation des constantes fondamentales, ou bien stabilisation de lasers, ou encore génération de signaux micro-ondes.

Bibliographie générale :

- Site web du Prof. Hänsch, prix Nobel de Physique 2005 : <http://www.mpq.mpg.de/~haensch/comb/index.html>
- Site web du Prof. Hall, prix Nobel de Physique 2005 : http://www.nist.gov/public_affairs/releases/frequency_combs.cfm
- *Impulsions lumineuses ultra-courtes pour la métrologie de fréquences*, Images de la physique 2005, CNRS
- 2 articles des écoles thématiques Femto 2000 et Femto 2004 par C. Chardonnet et A. Amy-Klein
- J. Ye and S.T. Cundiff, eds. *Femtosecond optical frequency comb technology* (Springer, New York, 2005).
- S. Diddams, JOSA B 2010 "The evolving optical frequency comb"