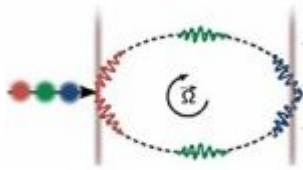


Record de performance pour un capteur inertielle à atomes froids



Date de mise en ligne : lundi 4 février 2019

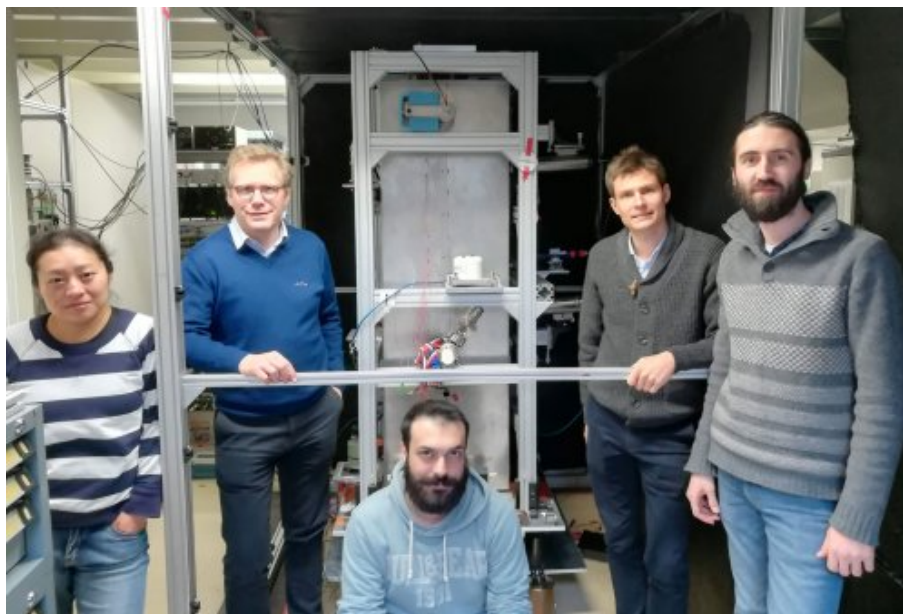
Une équipe de chercheurs du Laboratoire systèmes de référence temps-espace de l'Observatoire de Paris améliore les performances des capteurs à atomes froids, en trouvant une méthode qui booste leur cadence de mesure et augmente de ce fait, leur sensibilité.

Les capteurs à atomes froids, comme les horloges ou les gravimètres, tirent leur grande sensibilité de la possibilité d'observer des atomes sur des durées de l'ordre de la seconde.

Toutefois, ces dispositifs ne parvenaient pas à échantillonner des signaux variant plus rapidement que la seconde.

Bien que très stables, les dispositifs à atomes froids présentent un inconvénient important : leur cadence de mesure est limitée. Cet inconvénient provient du fonctionnement séquentiel des capteurs, dans lesquels les atomes sont refroidis par laser durant quelques centaines de millisecondes, puis "interrogés" durant environ une seconde, avant que soit entamé un nouveau cycle de mesure.

Augmenter la cadence ne se faisait jusqu'à présent qu'en diminuant le temps d'interrogation, d'où une diminution de la sensibilité.



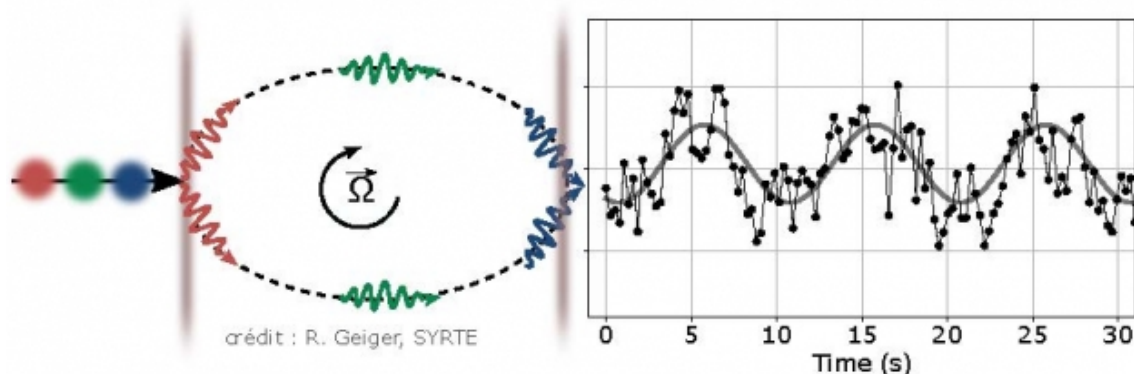
Le dispositif expérimental et l'équipe du SYRTE de l'Observatoire de Paris De gauche à droite : Bess Fang, Arnaud Landragin, Matteo Altorio, Remi Geiger, Leonid Sidorenkov. © SYRTE - Observatoire de Paris

Ce verrou vient d'être levé par une équipe de chercheurs du laboratoire Systèmes de Référence Temps-Espace (Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, Laboratoire National d'Essai).

Un entrelacs de mesure et de refroidissement

Pour ce faire, les chercheurs ont mis en oeuvre une idée consistant à entrelacer la phase de refroidissement et la phase de mesure des effets inertiels, et à entrelacer plusieurs cycles expérimentaux entre eux.

En entrelaçant 3 cycles, l'équipe est parvenue à des cadences de mesure de 3,75 Hz tout en conservant un temps d'interrogation de 0,8 seconde. L'échantillonnage rapide résultant de cette technique leur a permis d'améliorer la sensibilité de mesure de vitesse de rotation de leur capteur, une condition essentielle pour caractériser et stabiliser les biais de l'instrument.



Gauche : schéma de principe de la mesure entrelacée, où des nuages d'atomes froids (boules bleue, verte et rouge) sont injectés et circulent en parallèle dans un interféromètre atomique (traits pointillés) réalisé à l'aide d'impulsions laser (faisceaux gris). La première impulsion crée la superposition quantique correspondant aux deux chemins empruntés par les ondes atomiques, qui sont recombinaisonnées au niveau de la seconde impulsion laser. Lorsque le dispositif est animé d'une vitesse de rotation, un signal d'interférence atomique est observé. Droite : mesure d'une vitesse de rotation variant de manière sinusoïdale dans le temps. L'échelle en ordonnée est de 200 nanoradians par seconde pour une division. © Rémi Geiger - SYRTE - Observatoire de Paris

Le dispositif expérimental du SYRTE utilise des impulsions lasers pour créer une superposition quantique dans laquelle chaque atome de Cesium est délocalisé entre deux paquets d'ondes distants de quelques millimètres. Une telle superposition quantique macroscopique confère une très grande sensibilité aux forces inertiels dont la méthode d'entrelacement permet de tirer pleinement profit. Le gyromètre du SYRTE permet ainsi de mesurer des variations infimes de vitesse de rotation, deux cent mille fois plus petites que la vitesse de rotation terrestre moyenne, en 8 heures de mesure, ce qui constitue le nouvel état de l'art pour un gyromètre atomique.

Applications en vue

Ces résultats, publiés dans la revue *Science Advances*, ouvrent des perspectives d'applications dans différents domaines technologiques et scientifiques.

La grande stabilité de mesure du gyromètre à atomes froids permet d'envisager une évolution des dispositifs de guidage inertielle, en combinant la technologie actuelle des gyromètres laser offrant une grande dynamique de mesure, avec la technologie atomique.

Pour les géosciences, disposer de bonnes cadences de mesure (plusieurs Hz) et d'une grande sensibilité pourrait être mis à profit en sismologie pour l'étude de mouvements tectoniques.

En physique fondamentale, ces propriétés pourraient également être utiles pour la détection de matière noire, ou pour réaliser des détecteurs d'ondes gravitationnelles utilisant l'interférométrie atomique.

Référence

D. Savoie, M. Altorio, B. Fang, L. A. Sidorenkov, R. Geiger, A. Landragin (2018) Interleaved atom interferometry for high sensitivity inertial measurements, *Science Advances* 4, eaau7948 DOI:10.1126/sciadv.aau7948