

## Interférométrie atomique de précision extrême : des séparatrices en double diffraction pour le test du principe d'équivalence

Extreme precision atom interferometry: double diffraction beamsplitters to test the equivalence principle

**Porteur(s) :** A. Landragin (SYRTE)

**Partenaire(s) :** LP2N

### Résumé du projet en Français :

L'équipe Capteurs Inertiels du SYRTE développe un nouvel interféromètre à atomes froids très performant capable de mesurer notamment des vitesses de rotation avec une sensibilité de  $10^{-9}$  rad.s<sup>-1</sup> sur 1s de temps d'intégration. Cet interféromètre atomique a été conçu afin de bénéficier d'une très grande séparation spatiale entre les paquets d'onde atomiques nécessaire à la réalisation des tests de physique fondamentale (par exemple test du principe d'équivalence ou test de neutralité de l'atome), la géophysique ou la détection d'ondes gravitationnelles. La thèse portera plus particulièrement sur l'étude des performances en terme de gyromètre de sensibilité extrême d'une part et à l'étude de nouvelle configuration comme la réalisation de séparatrices atomiques en cavité d'autre part.

### Résultats marquants :

Deux résultats principaux ont pu être obtenus. Le premier concerne la démonstration des gains pour les interféromètres et les horloges atomiques lors d'un fonctionnement en mode jointif. Nous avons fait fonctionner l'expérience en horloge de type Ramsey avec deux impulsions Raman co-propageantes pour un temps d'interrogation de 480 ms et sans temps mort entre deux mesures, en utilisant la même impulsion Raman pour deux nuages successifs d'atomes. Nous avons pu démontrer que le bruit de phase apporté par l'oscillateur local aux fréquences petites devant la fréquence de Rabi se moyennait comme l'inverse du temps de mesure et non comme ça racine carré en fonctionnement usuel, en présence de temps mort. Ce résultat peut bien entendu être utilisé pour les horloges atomiques mais sert de démonstration de principe pour les mesures inertielles par interférométrie atomique dans lesquels il permettra de moyennner les effets d'échantillonnage des vibrations comme pour MIGA. Ce résultat a été obtenu sans ajout de système d'isolation de la lumière parasite, et au prix d'une perte partielle de contrats d'environ 20% en valeur relative. Le second résultat concerne le fonctionnement du gyromètre atomique à quatre impulsions avec une aire de près de 2,4 cm<sup>2</sup>, soit plus d'un ordre de grandeur supérieure à la plus grande aire jamais utilisée. Nous avons démontré des résultats préliminaires au meilleur niveau des gyromètres à atomes froids pour la stabilité court terme ( $3 \cdot 10^{-7}$  rad.s<sup>-1</sup>.Hz<sup>-1/2</sup>) et dors et déjà une amélioration de plus d'un facteur 2 sur la stabilité long terme ( $4 \cdot 10^{-9}$  rad.s<sup>-1</sup> à 5000 s). Ces premier résultats ont mis en avant les limites liées aux problèmes de vibrations parasites qui sont en cours d'étude mais également démontré la très bonne stabilité long terme liée aux choix de géométrie initiaux.

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

I. DUTTA, M. MEUNIER, C. GARRIDO ALZAR, A. LANDRAGIN, International Conference Fundamentals and Applications of Ultra-cold Matter, Visselhövede (Germany), September 16th to 19th 2013, « Large Area Cold Atom Gyroscope ». (affiche)

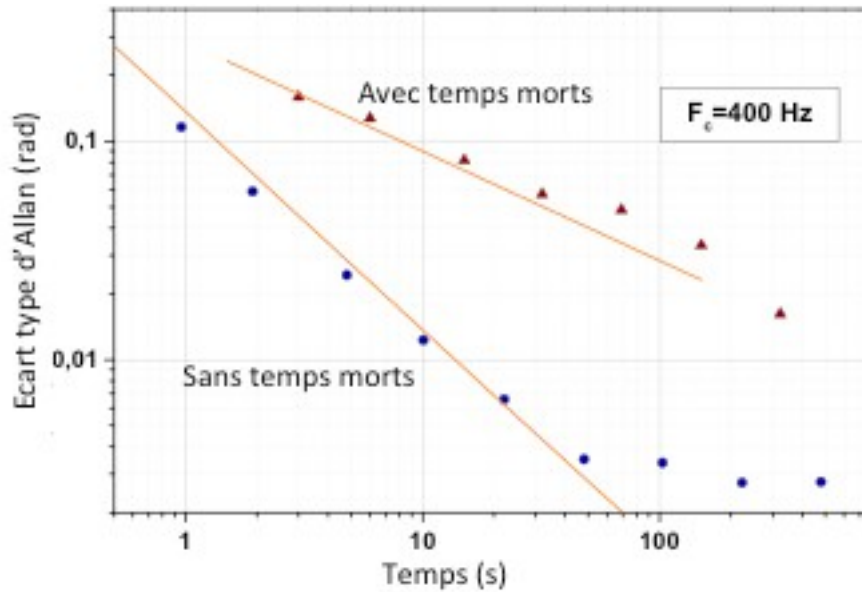
M. Meunier, I. Dutta, C. Guerlin, C. Garrido Alzar, A. Landragin, 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium, July 21<sup>st</sup> to 25<sup>th</sup> 2013, Prague (Czech Republic), « Large Area Cold Atom Gyroscope ». (affiche)

I. Dutta, M. Meunier, C. Garrido Alzar, A. Landragin, International School of Physics « Enrico Fermi », Varenna (Lake Como) - July 15<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> 2013, « Large Area Cold Atom Gyroscope ». (affiche)

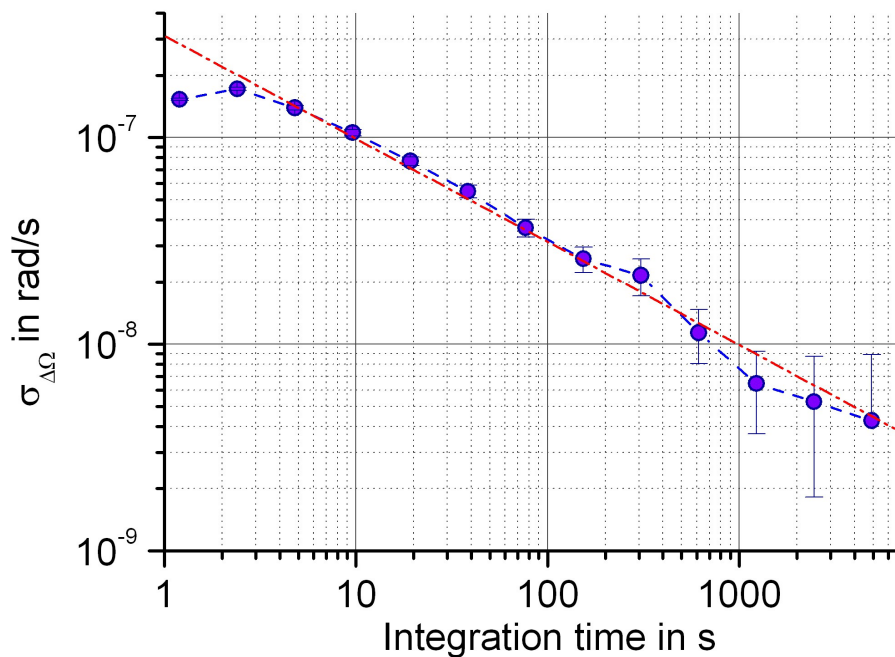
C. M. Meunier, I. Dutta, T. Leveque, C. Guerlin, C. L. Garrido Alzar, A. Landragin, International Conference on Atomic Physics, July, 23-27 2012, Palaiseau France, « High sensitivity large area atomic gyroscope ». (affiche)

C. Guerlin, M. Meunier, I. Dutta, T. Lévèque, C. L. Garrido Alzar and A. Landragin, workshop on « Gravity meets quantum and metrology », June 3-8 2012, Bad Honnef, Germany « Large area cold atom gyroscope » (affiche)

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



Ecart type d'Allan de phase en fonctionnement de type horloge de Ramsey pour  $T = 480$  ms et utilisant de une fréquence de Rabi de 14 kHz. Du bruit blanc de phase est ajouté dans la bande 0-400 Hz. Les triangles rouges correspondent à un fonctionnement normal avec temps morts et une durée de cycle de 1,5 s. Les points bleus correspondent au fonctionnement jointifs. Les lignes correspondent aux simulation avec une décroissance respective comme la racine du temps de mesure ou son inverse.



Ecart type d'Allan des variation de vitesse de rotation pour une configuration à quatre impulsions et une durées d'interrogation de 480 ms, correspondant à une aire physique de  $2,4 \text{ cm}^2$ .