

**Porteur(s) :** R. Geiger (SYRTE)

**Partenaire(s) :** P. Bouyer (LP2N)

#### Résumé du projet en Français :

La France est engagée dans la conception, la construction et l'exploitation d'un instrument gravitationnel souterrain à grande échelle basé sur l'interférométrie optique et atomique. Cet effort est coordonné dans le cadre du projet MIGA Equipex (Antenne gravitationnelle interférométrique par ondes de matière) qui regroupe 18 laboratoires français experts en interférométrie atomique, en physique des lasers, en physique gravitationnelle et en géophysique, ainsi que des entreprises privées. Dans le cadre du projet MIGA, le SYRTE est en charge de la conception et de la réalisation des sources atomiques et de la coordination de la partie interférométrie atomique, et le LP2N est en charge de l'ensemble du projet. Le but du projet proposé est de tester les nouvelles techniques clés qui seront utilisées dans l'expérience MIGA. Nous étudierons également théoriquement la mise en œuvre optimale de ces techniques dans un détecteur d'ondes gravitationnelles tel que MIGA.

#### Abstract in English:

France is engaged in designing, building and operating a large-scale underground gravitational instrument based on optical and atom interferometry. This effort is coordinated in the framework of the MIGA Equipex project (Matter-wave Interferometric Gravitational Antenna) which involves 18 expert French laboratories in atom interferometry, laser physics, gravitational physics and geophysics, as well as private companies. Within the MIGA project, SYRTE is in charge of the design and realization of the atomic sources and of the coordination of the atom interferometry part, when LP2N is in charge of the whole project. The goal of the proposed project is to test the new key techniques which will be used in the MIGA experiment. We will also theoretically study the optimal implementation of these techniques in a gravitational wave detector such as MIGA.

#### Résultats marquants :

Nous avons démontré pour la première fois le fonctionnement continu (i.e. sans temps morts) d'un capteur inertielle à atomes froids, à partir de l'expérience de gyromètre du SYRTE. Le fonctionnement sans temps morts, qui limite aujourd'hui les performances des interféromètres atomiques et réduit leur potentiel d'application, présente de nombreux avantages, notamment d'éviter de perdre l'information sur les effets inertiels que l'on souhaite mesurer. Pour implémenter le fonctionnement sans temps mort et démontrer des niveaux de sensibilité record, il a été nécessaire de mener plusieurs améliorations au dispositif expérimental. Nous avons ainsi montré pour la première fois en 2016 un fonctionnement continu d'un capteur inertielle à atomes froids, et sommes parvenus à des niveaux de sensibilité 10 fois meilleurs que les précédents résultats.

#### Highlights:

We have demonstrated for the first time the continuous operation (i.e. without dead times) of a cold-atom inertial sensor, from the SYRTE gyroscope experiment. Operation without dead times, which today limits the performance of atomic interferometers and reduces their potential for application, has many advantages, in particular to avoid losing the information on the inertial effects that we want to measure. To implement non-time-out operation and demonstrate record sensitivity levels, it was necessary to make several improvements to the experimental setup. In 2016, for the first time, we showed the continuous operation of a cold-atomic inertial sensor, and achieved sensitivity levels 10 times better than the previous results.

## Publications and communications linked with the funded project:

### Peer-reviewed articles:

Continuous Cold-atom Inertial Sensor with 1 nrad/sec Rotation Stability I. Dutta, D. Savoie, B. Fang, B. Venon, C.L. Garrido Alzar, R. Geiger, A. Landragin

Phys. Rev. Lett. 116, 183003 (2016), arXiv:1604.00940

Gyromètre à atomes froids de grande sensibilité - High sensitivity cold atom gyroscope Remi GEIGER, Indranil DUTTA, Denis SAVOIE, Bess FANG, Carlos L. GARRIDO ALZAR, Christine GUERLIN, Matthieu MEUNIER, Thomas LEVEQUE, Bertrand VENON, Michel LOURS et Arnaud LANDRAGIN

Revue Française de Métrologie n° 41, Vol. 2016-1, 21-27, DOI : 10.1051/rfm/2016003

Metrology with Atom Interferometry: Inertial Sensors from Laboratory to Field Applications Bess Fang, Indranil Dutta, Pierre Gillot, Denis Savoie, Jean Lautier, Bing Cheng, Carlos L Garrido Alzar, Remi Geiger, Sebastien Merlet, Franck Pereira Dos Santos, Arnaud Landragin

Journal of Physics: Conference Series, Volume 723, conference 1, arXiv:1601.06082

### Proceedings:

Cold-atom Inertial Sensor without Deadtime Bess Fang, Indranil Dutta, Denis Savoie, Bertrand Venon, Carlos L. Garrido Alzar, Remi Geiger, Arnaud Landragin

Proceeding of EFTF 2016, arXiv:1605.03869

MIGA: Combining laser and matter wave interferometry for mass distribution monitoring and advanced geodesy

B. Canuel, S. Pelisson, L. Amand, A. Bertoldi, E. Cormier, B. Fang, S. Gaffet, R. Geiger, J. Harms, D. Holleville, A. Landragin, G. Lefèvre, J. Lhermite, N. Mielec, M. Prevedelli, I. Riou, P. Bouyer

Proceedings of SPIE Photonics Europe conference, Brussels (Belgium), 3-7 April 2016 arXiv:1604.02072

### Oral communications:

- OSA Frontiers in Optics, Laser Science, Washington D.C., USA, Sept. 2017

Precision Inertial Measurements with Cold Atom Interferometers

Remi Geiger

- 7th IQFA Colloquium, Telecom ParisTech, November 16-18, 2016

State of the art cold atom gyroscope without dead times

Remi Geiger

- SPIE Photonics Europe 2016, Quantum Technologies conference

Continuous Cold-atom Inertial Sensor with 1 nrad.s<sup>-1</sup> Rotation Stability

Remi Geiger

- Les Houches, 24th-29th January 2016, workshop "Continuous atomic sources and extreme cooling of atoms and molecules: techniques and applications"

Continuous cold atom inertial sensor with 1 nrad/s rotation stability

Remi Geiger

### Invited talks:

Landragin Arnaud, Dutta Indranil, Gillot Pierre, Savoie Denis Anh, Cheng Bing, Fang Bess, Garrido Alzar Carlos L., Geiger Rémi, Merlet Sébastien, Pereira Dos Santos Franck. Metrology with Atom Interferometry: inertial sensors from the laboratories to the field. Symposium of Frequency Standards and Metrology. 12-16 octobre 2015. Potsdam, Germany. 2015.

Landragin Arnaud, Dutta Indranil, Gillot Pierre, Kohlhaas Ralf, Lautier Jean, Meunier Matthieu, Savoie Denis Anh, Cheng Bing, Fang Bess, Garrido Alzar Carlos L., Geiger Rémi, Merlet Sébastien, Pereira Dos Santos Franck. Atom Interferometry for inertial sensors: fundamental and practical sensitivity limits. 23ème Congrès Général de SFP. 24-28 août 2015. Strasbourg, France. 2015.

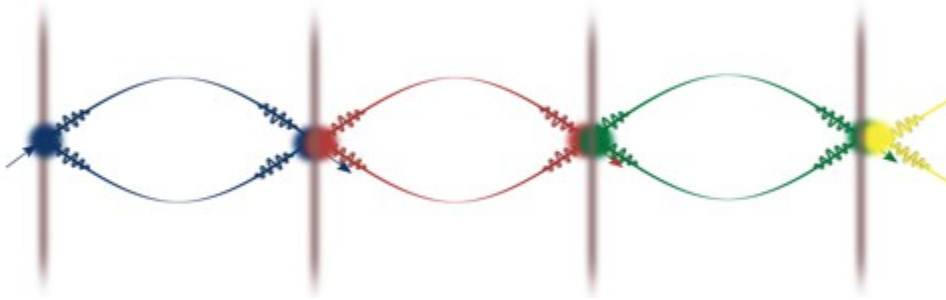
Landragin Arnaud, Dutta Indranil, Gillot Pierre, Savoie Denis Anh, Cheng Bing, Fang Bess, Geiger Rémi, Merlet Sébastien, Pereira Dos Santos Franck. Metrology with atom interferometers: from the laboratory to the field. Journées des doctorants en atomes froids. 4-5 juin 2015. Bordeaux. 2015.

### Others:

Communiqué de presse du CNRS

<http://www.insu.cnrs.fr/node/5824>

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



*Illustration de la méthode de mesure jointive dans un gyromètre à atomes froids. Les traits grisés représentent les lasers utilisés pour séparer et recombinaer les ondes de matière empruntant différents chemins dans les interféromètres (bleu, rouge, vert, jaune). Les mesures sont raccordées par la méthode jointive qui permet d'annuler les temps morts entre cycles successifs. Crédit : Rémi Geiger, SYRTE*

*Illustration of the joint measurement method in a cold atom gyroscope. The gray lines represent the lasers used to separate and recombine the matter waves using different paths in interferometers (blue, red, green, yellow). The measurements are connected by the joint method which makes it possible to cancel the dead time between successive cycles.*