

Thèse de doctorat : MIGA

Les laboratoires LTE et LP2N sont fortement impliqués dans le projet MIGA [Canuel2018], antenne gravitationnelle souterraine basée sur l'interféromètre atomique en cours de construction au laboratoire Souterrain Bas Bruit (LSBB). Cette expérience consiste en un réseau d'interféromètres atomiques d'une longueur de base de 150 m permettant de mesurer simultanément des effets de strain et les effets inertiels agissant à l'intérieur d'une cavité optique. Toute première infrastructure de ce type au monde basée sur les technologies quantiques, MIGA ouvrira des perspectives nouvelles pour la détection des ondes gravitationnelles à basse fréquences mais également pour les géosciences à travers la mesure long terme des fluctuations spatio-temporelles du champ de gravité terrestre.



Gauche : antenne MIGA dans l'infrastructure souterraine du laboratoire LSBB. Droite : Source d'atomes froids de Rb de l'antenne

Fruit d'un important travail préparatoire d'une dizaine d'année ayant permis de développer les différents sous-systèmes de l'antenne, le projet est entré récemment dans sa phase finale de construction et d'importants progrès ont ainsi été réalisés concernant la mise en place de MIGA au LSBB. Un des défis techniques majeures de l'expérience, concernant la mise en place du système à vide, a ainsi été relevé en 2025 (voir Figure). L'ensemble du système est ainsi sous vide à une pression résiduelle de 10^{-7} mbar, ce qui permet d'envisager la mise en place des sources d'atomes froids de l'antenne d'ici fin 2025.

Dans ce cadre, le doctorant participera à la mise en place du système laser d'interrogation des atomes et à l'installation et optimisation des différentes sources d'atomes de Rb sur site, afin d'obtenir les premières mesures d'interférométrie atomique corrélées du projet.

Le doctorant participera également à l'analyse de ces données, en s'assurant d'une part de leur qualité métrologique grâce à la modélisation et à l'étude de l'impact des différentes sources de bruit instrumentaux. D'autre part, il participera à leurs premières interprétations géophysiques : les mesures de fluctuations temporelles de la gravité sur différentes longueurs de base obtenues avec MIGA permettront de modéliser les phénomènes de transport de masse autour de l'antenne. Ces effets sont reliés à la caractérisation des processus hydrogéologiques qui ont rôle central au LSBB.

Contexte de la thèse :

Le laboratoire LTE mène des recherches fondamentales dans le domaine de la métrologie temps-fréquence. C'est un des leaders mondiaux du domaine des horloges atomiques micro-ondes et optiques, mais également de la réalisation de capteurs inertiels basés sur l'interférométrie atomique comme des gravimètres, gradiomètres ou gyromètres à atomes froids. Le laboratoire a également réalisé les différentes sources d'atomes de Rb utilisés dans l'antenne MIGA.

Le laboratoire LP2N est porteur du projet MIGA, il est également pionnier dans les thématiques d'interférométrie atomique. Il a en particulier étudié des interféromètres non conventionnels pour de nouveaux types d'applications (accéléromètre en microgravité pour des applications spatiales, accéléromètre multi-axe pour la navigation inertielle, interféromètre dans une cavité optique, ...).

Le laboratoire LSBB est une plate-forme de recherche multidisciplinaire provenant de la reconversion d'un des centres de commandement souterrain des installations militaires du plateau d'Albion. Le laboratoire bénéficie d'un niveau de bruit anthropogénique parmi les plus bas au monde, en particulier pour les bruits sismiques et magnétiques auxquels sont particulièrement sensibles les interféromètres atomiques. Le laboratoire se situe également dans la zone non saturée de l'aquifère de la fontaine de Vaucluse, un des plus vastes aquifères souterrains en Europe, et apparaît donc comme un site privilégié pour l'étude des transferts de masse dans le sous-sol. Le LSBB dispose d'un réseau d'instruments indispensables pour l'analyse des signaux géophysiques : deux gravimètres supraconducteurs, un imageur radar large bande, un réseau sismométrique 3D, un réseau de caméra muons et un magnétomètre supraconducteur.

Pour mener à bien ce projet de thèse, des déplacements réguliers sont à prévoir entre le LP2N, le LTE et le LSBB. En particulier, en ce qui concerne le système d'interrogation et l'optimisation des sources, le doctorant collaborera étroitement avec les équipes MIGA au sein du LP2N («3 doctorants, un chercheur et un ingénieur de recherche) et du LTE (un chercheur et un ingénieur de recherche). En ce qui concerne le travail sur site au LSBB, le doctorant bénéficiera également du support d'une équipe de deux ingénieurs dédiés au projet.

[1] B. Canuel, A. Bertoldi, L. Amand et al. **Exploring gravity with the MIGA large scale atom interferometer**. Sci Rep 8, 14064 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32165-z>

Contacts :

- Arnaud Landragin, Arnaud.landragin@obspm.fr
- Canuel Benjamin, benjamin.canuel@institutoptique.fr