

Master thesis : Study of the vibration compensation with an accelerometer in an Absolute Quantum Gravimeter

Auteur : Verstraeten, Cédric

Promoteur(s) : Collette, Christophe

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master : ingénieur civil électricien, à finalité spécialisée en "electronic systems and devices"

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/17647>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Study of the vibration compensation with an accelerometer in an Absolute Quantum Gravimeter

Abstract

The Absolute Quantum Gravimeter (AQG) of the French company Exail is a device based on atomic interferometry. It measures local gravity by using cold atoms in free-fall. Unfortunately, vibrations severely degrade the sensitivity and stability of the AQG. This study aims to understand and mitigate vibration-induced noise and improve the performance of the AQG.

A review of the working principle and limitations of the AQG reveals that vibration noise is the primary limiting factor. And among the vibration mitigation techniques analyzed, real-time vibration compensation using additional inertial sensors proves to be the most promising.

Analysis of the gravity signal from the AQG and the signal from the Titan accelerometer highlights the critical role of vibration compensation in achieving sensitive and stable measurements. To understand the vibration compensation mechanism, a thorough evaluation of the relationship between the AQG and the Titan is performed. This evaluation highlights the challenges of correlating vibration and gravitational acceleration. A ground vibration study using seismometers validates the Titan accelerometer measurements and provides insight into the transmissibility of vibrations in the AQG. Finally, post-processing compensation algorithms are tested, but are limited by the low sampling frequency of the AQG, which results in aliasing and non-linear behavior of the vibration transmissibility in the AQG.

Promising avenues for improvement include the evaluation of the IGOR active isolation platform and the μ VINS accelerometer to improve AQG performance. Another idea is hybridization with a classical accelerometer to combine AQG stability and accelerometer bandwidth.

In conclusion, this thesis provides valuable insights into the analysis and improvement of AQG performance with a special focus on vibration compensation. The results contribute to a comprehensive understanding of AQG limitations and provide avenues for future advances in gravimetric applications.

Étude de la compensation des vibrations à l'aide d'un accéléromètre dans un Gravimètre Quantique Absolu

Résumé

Le Gravimètre Quantique Absolu (GQA) de la société française Exail est un dispositif basé sur l'interférométrie atomique. Il mesure avec précision la gravité locale à l'aide d'atomes froids en chute libre dans une chambre à vide. Cependant, les vibrations externes ont un impact important sur la sensibilité et la stabilité du GQA. Cette étude vise à comprendre et à atténuer le bruit induit par les vibrations aux fins d'améliorer les performances du GQA.

L'examen du principe de fonctionnement et des limites du GQA révèle que le bruit des vibrations est le principal facteur limitant ses performances. Parmi les techniques existantes pour atténuer les vibrations, la compensation des vibrations en temps réel à l'aide de capteurs inertiels supplémentaires s'avère être la plus prometteuse.

L'analyse du signal gravitationnel du GQA et du signal de l'accéléromètre Titan met en évidence le rôle crucial de la compensation des vibrations pour obtenir des mesures sensibles et stables. Dans cette optique, une évaluation approfondie de la relation entre le GQA et Titan met en évidence les défis posés par la corrélation entre les vibrations et l'accélération gravitationnelle. Une étude des vibrations du sol, utilisant des sismomètres, valide les mesures obtenues à partir de l'accéléromètre du Titan et donne un aperçu de la transmissibilité des vibrations dans le GQA. Enfin, des algorithmes de compensation post-traitement sont testés, mais ils sont limités par la faible fréquence d'échantillonnage du GQA, qui entraîne un repliement de spectre et un comportement non linéaire dans la transmissibilité des vibrations dans le GQA.

Les pistes d'amélioration prometteuses comprennent l'évaluation de la plate-forme d'isolation active IGOR et de l'accéléromètre μ VINS pour améliorer les performances du GQA. Ainsi que l'hybridation avec un accéléromètre classique pour combiner la stabilité du GQA et la largeur de bande de l'accéléromètre.

En conclusion, cette thèse fournit des informations précieuses sur l'analyse et l'amélioration des performances du GQA, avec un accent particulier sur la compensation des vibrations. Les résultats contribuent à une compréhension globale des limites du GQA et offrent des pistes pour de futures avancées dans les applications gravimétriques.