

La mission spatiale ACES et ses successeurs: au-delà du Modèle Standard et de la Relativité Générale

Porteur : P. Wolf (SYRTE)

Partner : C. Guerlain (LKB)

La mission spatiale ACES amènera début 2017 la première horloge à atomes froids dans l'espace, PHARAO, sur la Station Spatiale Internationale. Elle réalisera une échelle de temps très précise et stable dans l'espace qui sera comparée aux meilleures horloges terrestres sur 4 continents. La différence d'altitude entre PHARAO et les horloges terrestres permettra la mesure la plus précise du décalage gravitationnel prédit par la Relativité Générale. Les autres objectifs scientifiques incluent la recherche d'une violation de l'Invariance Locale de Lorentz, ou d'une variation temporelle de la constante de structure fine. ACES ouvre la voie à la métrologie par atomes froids dans l'espace, avec différents types d'horloges atomique et/ou d'interféromètres atomiques pour les mesures inertielles, comme dans la mission STE-QUEST présélectionnée par l'ESA en 2010 et resoumise cette année (<http://sci.esa.int/ste-quest/>). Dans toutes ces expériences la recherche d'une violation des principes fondamentaux de la physique moderne requiert l'utilisation d'un cadre théorique au-delà de la Relativité Générale et du Modèle Standard. Nous proposons d'étudier dans cette thèse un des cadres théoriques les plus exhaustifs, récemment développé pour traiter les violations de l'invariance de Lorentz: le Modèle Standard Étendu (SME). Des modélisations génériques d'expériences de comparaison d'horloges dans le cadre du SME existent dans la littérature, mais doivent être adaptées au scénario de mission ACES, en incluant en particulier les bruits et biais expérimentaux spécifiques. La thèse inclut la simulation numérique d'une violation de l'invariance de Lorentz dans les comparaisons d'horloges d'ACES, l'analyse de ces données simulées dans le cadre du SME et l'extraction des contraintes atteignables sur les paramètres SME, ainsi que l'application de ce travail aux premières données d'ACES attendues pour 2017. En parallèle, d'autres types de tests SME seront considérés, au sein de ACES et pour d'autres expériences d'interféromètres à atomes froids sur terre ou dans l'espace comme STE-QUEST, participant ainsi à l'élaboration de nouveaux scénarii de mesure.

Space mission ACES and follow-ups: beyond Standard Model and General Relativity

The ACES space mission will bring beginning of 2017 the first cold atom clock in space, PHARAO, onboard International Space Station. It will realize a highly accurate and stable time scale in space which will be compared to the best on-ground atomic clocks worldwide. The altitude difference between space and ground clocks will allow the most accurate measurement of the gravitational redshift predicted by General Relativity. Other scientific objectives include a search for a violation of Local Lorentz Invariance or for a possible temporal variation of the fine structure constant. It opens the way for cold atom metrology in space, with different types of atomic clocks and/or atom interferometers for inertial measurements as in the STE-QUEST mission, preselectionned by ESA in 2010 and resubmitted this year (<http://sci.esa.int/ste-quest/>). In all these experiments, the search for a violation of fundamental principles of modern physics requires the use of a theoretical frame beyond General Relativity and Standard Model. We propose to explore in this PhD thesis one of the most exhaustive theoretical frames, recently used for treating Lorentz violations : the Standard Model Extension (SME). Generic SME modelization of clock experiments already exist in the literature, but have to be adapted to the specific ACES mission scenario, including in particular specific experimental noises and biases. The thesis includes simulating numerically a Lorentz violation in the ACES clock comparison measurements, analyzing these simulated data in the SME framework and extracting reachable constraints on SME parameters, and finally applying this work to the first ACES data expected from 2017. In parallel, other types of SME tests will be considered, within ACES mission, and for other ground or space atom interferometers experiments such as STE-QUEST, thereby participating to the elaboration of new measurement scenarii.