
Sujet : Condensat de Bose-Einstein par refroidissement évaporatif dans un piège dipolaire pour la métrologie par interférométrie atomique

Résumé : Le travail de recherche réalisé dans le cadre de mon projet de doctorat a consisté à concevoir, construire et caractériser un nouveau dispositif expérimental fondé sur une source atomique refroidie par évaporation dans un piège dipolaire optique. Il vise à améliorer l'incertitude sur la mesure du rapport h/m entre la constante de Planck et la masse d'un atome de rubidium, en réduisant l'effet de la phase de Gouy et de courbure du front d'onde.

Dans un premier temps, nous avons étudié différentes configurations optiques pour optimiser le taux de chargement du piège dipolaire : le faisceau de 50 W à 1070 nm est mis en forme pour constituer un double faisceau réservoir de 93 μm de waist, ainsi qu'un faisceau fin croisé de waist 20 μm . Après avoir optimisé et caractérisé le processus d'évaporation, nous avons obtenu un condensat de Bose-Einstein.

Par ailleurs, nous avons mis en place, pour l'interférométrie Raman, un nouveau système laser utilisant des sources primaires à 1560 nm doublées en fréquence. Nous avons conçu un double asservissement : il permet d'une part d'asservir en phase les deux sources laser et, d'autre part, de corriger le bruit de phase accumulé dans les amplificateurs à fibres.

Le nouveau dispositif expérimental est aujourd'hui prêt à réaliser l'interférométrie atomique sur le condensat de Bose-Einstein.

Mots clés : Métrologie, interférométrie atomique, constante de structure fine, gravimètre compact, refroidissement évaporatif, piège dipolaire, condensat de Bose-Einstein, contrôle de la phase laser.

Subject : Bose-Einstein condensate by evaporative cooling in a dipole trap applied to metrology by atom interferometry

Abstract: This research work fulfilled as part of my PhD project involved to design, build and characterise a new experimental setup based on an atom source by evaporative cooling in an optical dipole trap. It goes after the improvement of the uncertainty on the measurement of the ratio h/m between Planck's constant and the rubidium atom mass, reducing the Gouy phase and wavefront curvature.

In a first step we have studied several optical configurations to optimise the dipole trap loading: the 50 W beam at 1070 nm is shaped in a double 93 μm waist reservoir and one crossed 20 μm waist dimple. After having optimised and characterised the evaporative process, we obtained one Bose-Einstein condensate.

Furthermore, for Raman interferometry, we set up a new laser system at 1560 nm based on frequency doubling. We developed a double servo loop: on the one hand, it allows to phase lock the two laser sources, and on the other hand to correct phase noise accumulated in fibered amplifiers.

Today, our new experimental setup is ready to perform atom interferometry on a Bose-Einstein condensate.

Keywords : Metrology, atom interferometry, fine structure constant, compact gravimeter, evaporative cooling, dipole trap, Bose-Einstein condensate, laser phase control.