

Proposition de stage M1/M2 pour l'année 2011-2012

DES PAQUETS D'ONDE LARGEMENT SEPARES DANS
UN INTERFEROMETRE A ATOMES PIEGES

Responsable du stage /internship supervisor			
Nom/name :	Pereira Dos Santos	Prénom/first name	Franck
Tél :	+1 40 51 23 86	Fax : +1 43 25 55 42	
Courriel/mail :	franck.pereira@obspm.fr		
Nom du Laboratoire / Laboratory name : SYRTE			
Code d'identification: UMR8630	Organisme : Observatoire de Paris/UPMC/CNRS/LNE		
Site Internet/web site :	http://syрте.obspm.fr/tfc/capteurs_inertiels/		
Adresse/ address :	61 av de l'observatoire 75014 PARIS		
Lieu du stage/ Internship place:	Observatoire de Paris		

Résumé/summary

Le but de notre expérience est de réaliser, à l'aide de techniques d'interférométrie atomique, des mesures de précision de l'interaction atome-surface, et de tester des interactions de type QED (Van der Waals, Casimir-Polder) et de type gravitationnelle (modification par un potentiel type Yukawa) avec une excellente sensibilité. Ces mesures permettront de tester la validité des théories sous jacentes, aux échelles de distance courte (de l'ordre du μm), et d'explorer dans ces limites d'éventuelles violations de ces lois. La sensibilité visée permettra d'améliorer de 2 à 3 ordres de grandeur la qualité des tests de gravité à courte distance, avec une technique alternative aux expériences « classiques » qui utilisent des objets massifs macroscopiques.

Le principe de l'expérience consiste à piéger des atomes froids dans un réseau optique vertical au voisinage d'une surface, et au moyen d'un interféromètre atomique, de réaliser une mesure du potentiel vu par les atomes en fonction de la distance atome-surface (voir [1] pour plus de détail). L'interféromètre est créé en plaçant, à l'aide d'impulsions lumineuses Raman, les atomes dans une superposition de deux paquets d'onde localisés dans deux puits adjacents, puis en les laissant évoluer, et enfin en recombinant les deux paquets d'onde. Le signal d'interférence permet de mesurer la différence de phase accumulée par les paquets d'onde atomique. Ce déphasage est proportionnel à la différence d'énergie entre les puits, qui révèle entre autre le gradient du potentiel d'interaction atome-surface.

Le but du stage consistera à étudier la possibilité d'augmenter la séparation spatiale entre les deux paquets d'onde partiels afin d'améliorer la sensibilité de l'interféromètre. Dans un dispositif expérimental préliminaire, dans lequel la surface d'intérêt était placée loin des atomes, nous avons démontré qu'il était possible de réaliser à l'aide d'un interféromètre de type Ramsey une mesure de la fréquence de Bloch, qui correspond à la différence d'énergie potentielle de pesanteur entre les deux puits voisins [2]. Des transitions jusqu'au dixième puits voisins ont été observées, ce qui correspond à une séparation de seulement $2.7 \mu\text{m}$. La sensibilité relative sur la mesure de la fréquence de Bloch, et donc de l'accélération de la pesanteur est actuellement au mieux de l'ordre de $2 \cdot 10^{-5}$ sur une seconde, limitée par le bruit de détection, le temps de vie des atomes dans le réseau, mais aussi la faible séparation des paquets d'onde. Nous envisageons d'augmenter cette séparation à l'aide 1) d'une séquence de pulses Raman permettant le transport des paquets d'onde partiels dans le réseau en escaladant l'échelle des états de Wannier-Stark ou bien 2) à l'aide de réseaux en mouvement, qui permettront de transporter de façon sélective vers le haut ou vers le bas, mais simultanément, deux paquets d'onde partiels différant initialement par leur état d'impulsion.

[1] Wolf P., et al., "From optical lattice clocks to the measurement of forces in the Casimir regime", Phys. Rev. A75, 063608, (2007).

[2] Q. Beaufils, G. Tackmann, X. Wang, B. Pelle, S. Pélisson, P. Wolf and F. Pereira dos Santos, "Laser controlled tunneling in a vertical optical lattice", Phys. Rev. Lett. 106, 213002 (2011)