

PROPOSITION DE STAGE 2021/2022

**NEAR AND FAR FIELD INTERACTION BETWEEN MOVING ATOMS MEDIATED BY THE
ELECTROMAGNETIC VACUUM**

*INTERACTION EN CHAMP PROCHE ET LOINTAIN D'ATOMES EN MOUVEMENT
MÉDIÉE PAR LE VIDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE*

Quantum friction – i.e. Friction of moving matter on the quantum vacuum – has been shown theoretically to produce a braking torque on rotating nanomaterials [1]. At SPEC, we extended this property to interacting atoms in rotation one around the other, using atomic oscillators and a semi-classical model of vacuum [2]. Recent work [3.a] showed that the extension of this property to more realistic configurations necessitates a more complete calculation of the interaction between atoms and the electromagnetic field.

The importance of electromagnetic wave propagation is well known in the long-range Casimir-Polder case, but it also affects the near field situation, where its inclusion in calculations is necessary to interpret physically the friction phenomenon and induced energy exchanges. Moreover, a fully quantum model must be developed for the rotating pair of atoms, in order to explore rigorously some properties of mixed pairs of different atoms [3.b], and other more realistic configurations.

The master's student will take up the first step, the effect of wave propagation. This effect will be studied within the already developed semi-classical model, by using both formal calculations and numerical programs. We will be interested in both potential energy and friction force determinations. The PhD student will complete those calculations and work towards of fully quantum model. The PhD research will be directed jointly with a specialist of quantum electrodynamic calculations

La friction quantique – c'est-à-dire la friction de la matière en mouvement sur le vide quantique – a été démontrée théoriquement sur des nanomatériaux en rotation [1]. Nous avons étendu cette propriété aux atomes en interaction, en calculant avec un modèle semi-classique la friction du vide sur des oscillateurs atomiques en rotation l'un autour de l'autre [2]. Des travaux récents [3.a] ont montré que l'extension de cette propriété à des configurations plus réalistes nécessite un calcul plus complet de l'interaction entre les atomes et le champ électromagnétique.

L'importance de la propagation des ondes électromagnétiques est bien connue dans le cas de l'attraction de Casimir-Polder à longue distance, mais elle affecte également la situation de champ proche, où son inclusion dans les calculs est nécessaire pour interpréter physiquement le phénomène de friction et les échanges d'énergie induits. En outre, un modèle entièrement quantique doit être développé pour la paire d'atomes en rotation, afin d'explorer rigoureusement certaines propriétés des paires mixtes d'atomes différents [3.b], et d'autres configurations plus réalistes.

L'étudiant de master se chargera de la première étape, l'effet de la propagation des ondes. Cet effet sera étudié dans le cadre du modèle semi-classique déjà développé, en utilisant à la fois des calculs formels et des programmes numériques. Nous nous intéresserons à la détermination de l'énergie potentielle et de la force de friction. Le doctorant complétera ces calculs et travaillera à l'élaboration d'un modèle entièrement quantique. La recherche doctorale sera dirigée conjointement avec un.e spécialiste des calculs d'électrodynamique quantique.

[1] Manjavacas, A., García de Abajo, F. J., "Vacuum Friction in Rotating Particles", Phys. Rev. Lett. 105, 113601 (2010).

[2] Bercegol, H., Lehoucq, R., "Vacuum friction on a rotating pair of atoms", Phys. Rev. Lett. 115, 090402 (2015).

[3] a. Klein, B. "Approche quantique de la friction du vide dans les collisions atomiques et subatomiques", CentraleSupélec, 2021.

b. De Izarra, A. "Effet du champ électromagnétique du vide sur les collisions atomique", Univ. Tours, 2016.

CONTACTS : Hervé Bercegol, 01 69 08 74 37, 06 17 91 24 79, herve.bercegol@cea.fr