

Effets de quantification d une association onde-particule soumise à une force centrale

S. Perrard¹, M. Labousse^{1,2}, M. Miskin^{1,3}, E. Fort², & Y. Couder¹

¹ Matière et Systèmes Complexes, Université Paris Diderot, CNRS - UMR 7057, Bâtiment Condorcet, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75013 Paris, France

² Institut Langevin, ESPCI ParisTech and Université Paris Diderot, CNRS UMR 7587, 10 rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05, France

³ James Franck Institute, University of Chicago, 929 East 57th Street, Chicago, IL 60637

stephane.perrard@univ-paris-diderot.fr

Des expériences antérieures ont démontré qu'une association d'une particule couplée à une onde pouvait avoir, en dépit de son échelle classique, des comportements rappelant ceux des particules duales du monde quantique. Dans le système considéré, la particule, une goutte rebondissant sur un bain de liquide vibré, génère à chaque impact une onde circulaire de Faraday. Le rebond de la particule sur une surface perturbée par ces ondes peut la mettre en mouvement, la goutte formant alors avec l'onde qui l'entoure un *marcheur*. La persistance des ondes émises par les chocs précédents peut être contrôlée par l'amplitude de la vibration imposée. On l'appelle la *mémoire de chemin* [1]. Si elle est faible l'onde associée est quasi circulaire et localisée autour de la goutte. Si elle est grande les ondes générées par tous les chocs antérieurs subsistent et forme une figure d'interférence complexe qui va guider la particule. La *mémoire* est à l'origine de tous les effets non usuels (diffraction de particule unique, effet tunnel, quantification des orbites circulaires etc.) observés dans cette expérience [2].

Nous présentons ici un dispositif expérimental nouveau qui permet d'exercer directement sur la goutte une force contrôlée. Pour cela nous chargeons la goutte avec une petite quantité de ferrofluide. Plongée dans un champ magnétique uniforme elle forme alors un dipôle magnétique et on peut donc avec un aimant la soumettre à une force centrale. Les résultats que nous présenterons correspondent au cas où la force exercée est attractive, harmonique et axisymétrique. On pourra, en déplaçant l'aimant verticalement, faire varier la raideur du puits de potentiel.

A faible mémoire on observe des orbites circulaires dont le rayon varie continuellement avec la force de rappel. En contraste la trajectoire la plus souvent observée à forte mémoire a l'aspect d'un plat de spaghettis. Toutefois, des orbites simples et stables subsistent à haute mémoire mais seulement pour des valeurs particulières de la force appliquée. Outre les cercles, des formes en lemniscate de Bernoulli ou en trifolium sont observées. Ces solutions n'existent que pour des valeurs discrètes du rayon moyen de l'orbite. Les orbites les plus serrées ne peuvent être que circulaires. Pour des rayons moyens plus grands les différents types d'orbites (circulaires, en lemniscates ou en trifolium) correspondent à des valeurs discrètes du moment angulaire moyen. Il apparaît ainsi une double quantification de l'énergie et du moment angulaire pour les états propres du système. Nous montrerons que cet ensemble d'état présente une analogie directe avec ceux de l'oscillateur harmonique bidimensionnel en mécanique quantique. Enfin, les trajectoires complexes observées dans le cas général sont issues d'une superposition d'états propres, avec transitions intermittentes entre modes.

Références

1. A. EDDI, E. SULTAN, J. MOUKHTAR, E. FORT, M. ROSSI AND Y. COUDER, Information stored in Faraday waves : the origin of a path memory *J. Fluid Mech.*, **674**,p 433, (2011).
2. E. FORT AND Y. COUDER, Single-Particle Diffraction and Interference at a Macroscopic Scale *Phys. Rev. Lett.*, **97**(1) (2006).