

Proposition de stage de M1 (printemps 2023)
Centre de Physique Théorique
Département de Physique, Aix Marseille Université

Laboratoire: Centre de Physique Théorique CNRS UMR 7332

<http://www.cpt.univ-mrs.fr/>

Equipe de Nanophysique Quantique (E6)

Encadrant: Thierry Martin (directeur du CPT)

Co-encadrants: F. Ronetti, K. Iyer

Email: thierry.martin@cpt.univ-mrs.fr

Adresse: Centre de Physique Théorique, Bat TPR2, 163 Av. de Luminy, Case 907, 13288
Marseille Cedex 09 ; Tel: 04 91 26 95 41 06 60 32 16 52

Page web de l'équipe : <http://www.cpt.univ-mrs.fr/~jonckheere/equipe.htm>

Titre du stage:

**L'approximation semi-classique en mécanique quantique
(et sa généralisation aux potentiels dépendants du temps)**

Sujet:

L'équipe de nanophysique du CPT, qui possède une longue tradition de recherche sur le transport électronique quantique dans les nano-systèmes, recherche un(e) étudiant(e) de M1 très motivé(e) pour effectuer un stage de M1 sur un problème important de la mécanique quantique, l'approximation semi-classique, aussi appelée approximation WKB (Wentzel Kramers Brillouin) qui permet de résoudre l'équation de Schrödinger (dans le cas où le potentiel possède une variation spatiale lente comparée aux oscillations rapides de la fonction d'onde). Si le temps le permet, une extension de cette approche aux cas des potentiels dépendants du temps serait envisagée.

Dans un premier temps, on utilisera des textes classiques de Mécanique Quantique pour comprendre les bases de cette approximation. Une attention particulière sera dédiée à l'obtention du spectre énergétique (continu/discrets) dans certains cas de potentiels. Pour ce faire, il sera nécessaire de comprendre le comportement de la fonction d'onde au voisinage de points de rebroussement classiques (où cette approximation échoue malheureusement !).

L'approximation semi-classique n'est en fait pas propre à la mécanique quantique, elle s'utilise également dans le cas de la propagation des ondes électromagnétiques. On illustrera ce fait en étudiant l'approximation WKB pour comprendre l'origine des rayons lumineux de l'optique géométrique, à partir de la solution approximative de l'optique ondulatoire. Ceci explique notamment pourquoi, lorsqu'on observe un coucher de soleil à Marseille (ou Los Angeles...), le soleil semble stagner lorsqu'il approche l'horizon, puis il disparaît soudainement.

Enfin, si le temps le permet, on effectuera une recherche bibliographique pour comprendre des développements récents, issus d'articles de physique mathématique, où l'approximation semi-classique est appliquée à des problèmes où le potentiel de l'équation de Schrödinger dépend du temps.

Et si la durée du stage et la progression du stage le permet encore, on appliquera cette technique dépendant du temps au problème du « temps tunnel » : combien de temps une particule met-elle pour traverser une barrière tunnel ? (Toutefois si cette question possède un sens, ce qui n'est pas

du tout clair !)

Prérequis: la priorité est donnée aux étudiant(e)s d'Aix Marseille Université de haut niveau qui ont suivi un cours de L3 et de M1 en mécanique quantique et qui ont des bases d'analyse complexe en maths. Un avantage sera donné aux étudiant(e)s intéressé(e)s par la « physique quantique de la matière condensée » appelée aussi « physique du solide quantique », ainsi que les étudiants ayant suivi un cours de physique statistique quantique. Le fait de vouloir s'orienter plus tard vers le M2 de Physique parcours FunPhys d'AMU est un plus, mais pas indispensable.

Avertissement: les candidat(e)s pour ce stage seront soumis(es) à un processus de présélection. Ils (elles) devront soumettre un mini dossier constitué : 1) d'une lettre de motivation d'une demi-page ; 2) du relevé de notes de L3 et des notes du 1^{er} semestre du M1, 3) d'un CV succinct.

Durée: la durée normale d'un stage de M1 ou plus long si le (la) stagiaire bénéficie d'une extension de stage de la part de l'Institut IPhU d'AMU. Les étudiant(e)s issu(e)s des Écoles Normales (Ulm Paris et Paris Saclay, ou autre grandes écoles) qui possèdent leur propre financement et qui peuvent rallonger la durée du stage sont également bienvenu(e)s.

Langue : préférentiellement, le stage se déroulera en anglais (les notes émanant des encadrants seront dans cette langue). Une connaissance de l'espagnol de base sera aussi un plus (voir référence) !

References:

Landau et Lifshitz, Mécanique Quantique

Galindo & Pascual, Mecánica Cuántica

Barrier interaction time in tunneling; R. Landauer and Th. Martin, Rev. Mod. Phys. 66 217 (1994).