

Titre :

Déterminisme et aléatoire en mécanique quantique,

Travail fait en collaboration avec Martine Le Berre et Jean Ginibre

Livre : Statistical Physics of Non Equilibrium Quantum phenomena, Y. Pomeau, Trinh-Bin, Lecture notes in Physics, Springer (2019).

Résumé :

Les interrogations sur l'explication du caractère aléatoire des phénomènes quantiques ont une longue histoire qui débute, semble-t-il, avec une question de Marie Curie à Rutherford (ca 1912) sur la façon dont il explique les lois poissonniennes de décroissance des populations de noyaux lourds radioactifs émetteurs de particules alpha. L'élaboration ultérieure de la mécanique quantique avec ses équations « déterministes » d'évolution de la fonction d'onde, de Schrödinger et de Dirac semblait rendre difficile l'interprétation des phénomènes aléatoires observés. Néanmoins le calcul de Dirac (1927) du taux d'émission de photons par un atome dans un état excité, basé sur la solution précise des équations couplées du champ EM et de l'atome, montre bien qu'il n'y a aucune incompatibilité entre la description par une équation de Schrödinger généralisée et les phénomènes aléatoires. De ce point de vue l'existence d'un nombre infini de degrés de liberté (ceux du champ EM pour l'émission de photons) fait penser à l'équation cinétique de Boltzmann qui repose sur la dynamique newtonienne pour les brèves collisions binaires et sur la limite d'un nombre infini de particules dans le gaz. Suivant cette idée nous (YP, Martine Le Berre et Jean Ginibre) avons développé une approche de l'émission permanente de photons par un atome à 2 niveaux maintenu avec oscillations de Rabi dans un état excité par un champ de pompe à la fréquence de transition. La bonne description de cet atome doit utiliser une équation probabiliste de Kolmogorov dont la solution donne la probabilité de l'atome d'être ou non dans l'un des 2 états quantiques possibles à un moment donné. L'interprétation probabiliste est que cette probabilité donne le poids des univers d'Everett à un moment donné, univers qui se séparent au moment de la photoémission suite au non recouvrement des états du champ. Cette approche, comme celle de Dirac, repose uniquement sur les équations de base, sans ajouter hypothèse ou « interprétation » inutiles.

Notre théorie est exacte dans la limite (réaliste) où la durée du saut quantique (estimée par Dirac de l'ordre de la période du photon émis) est bien plus courte que l'intervalle de temps moyen entre émissions successives.

Si j'ai le temps j'expliquerai comment calculer les grandeurs liées à la suite des intervalles entre ces émissions successives, ce qui repose sur une analyse précise de l'équation de Kolmogorov.