

Dynamique et Nouvelle Physique Quantique

K. Le Hur, Z. Ristivojevic, L. Henriet (CPHT), Christian Glatti (SPEC, CEA), Antoine Broaways (LOA, ENSTA), Marco Schiró (IPHT).

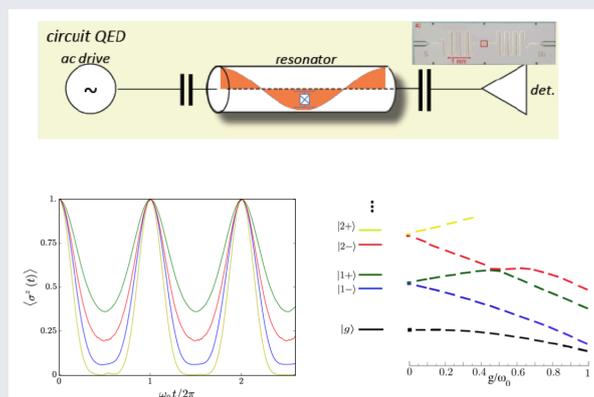
Nous rapportons nos efforts récents pour comprendre, caractériser la dynamique quantique de systèmes lumière – matière prenant en compte à la fois l'effet de la dissipation et de l'aspect « ouvert » de ces systèmes. Un exemple typique qui a des applications en optique quantique, circuit d'électrodynamique quantique et dans les atomes froids est le modèle de Rabi : $H = \frac{\hbar}{2}\sigma_z + \omega_0 \left(a^\dagger a + \frac{1}{2} \right) + \frac{\sigma_x}{2} g(a + a^\dagger)$

Ce modèle a été attiré beaucoup d'attention théorique récemment dans le régime de couplage fort lumière-matière, qui est adressé par exemple dans les expériences du Quantronics SPEC CEA Saclay. Nous avons fait des efforts récents pour inclure l'effet de la dissipation et comprendre la dynamique hors-équilibre dans ces systèmes soumis à une perturbation AC périodique dans le temps. Ce projet Quantum-Dyna était aussi relié aux expériences à l'institut d'optique sur les atomes de Rydberg couplés à la lumière.

Ce projet a financé la venue du post-doctorant Zoran Ristivojevic, qui a obtenu un poste de Chargé de Recherches au CNRS à Toulouse. Un étudiant de thèse Loic Henriet effectue sa thèse sur ce sujet. Nous avons en particulier développé une approche de type intégrale de chemin quantique à la Feynman, permettant d'inclure l'effet de la « drive AC » et de la dissipation de manière exacte, ce qui nous permet de calculer (via une résolution numérique) les observables du spin ou atome artificiel en temps réel sur la sphère de Bloch. Un exemple de résultats obtenu dans la Ref. 1 et résumé dans la revue récente 2 est montrée dans la Fig. 1. Cette revue a aussi impliqué Alexandru Petrescu (thèse, Yale et CPHT 2015 et post-doctorant à Princeton), Guillaume Roux (chercheur, maître de conférences LPTMS), Kirill Plekhanov (étudiant de thèse, co-direction avec Guillaume Roux) et Marco Schiro (chercheur CNRS IPHT Saclay). Nous avons implémenté une première version de la méthode avec Peter Orth (PhD Yale 2011, Minnesota Minneapolis et bientôt professeur assistant à Ames Lab, Iowa, USA) et Adilet Imambekov (Yale et Rice, décédé tragiquement en 2013 lors d'une expédition en montagnes au Kazakhstan).

Cette analyse a été généralisée récemment au cas de chaînes de spin dissipatives dans la Ref. 3 ou nous avons développé la méthode de manière exacte pour deux spins et ensuite pour une chaîne d'Ising avec des forces à longue portée. Nous avons montré la fiabilité de la méthode pour adresser des processus de type Landau-Zener dans le temps en relation avec des mécanismes de Kibble-Zurek dans le cas de systèmes étendus, et nous avons montré la synchronisation de spin, et l'existence de transitions de phase quantiques induites par un environnement dissipatif dans le cas de deux spins-1/2.

Avec Marco Schiro, nous avons étudié de nouveaux systèmes hybrides comprenant des cavités en circuit-QED couplés à des systèmes mesoscopiques. Nous avons montré la possibilité de générer des effets non-linéaires dans le champ électromagnétique de la cavité via le courant passant à travers le système mesoscopique. Ceci fait un lien avec une limite hors-équilibre du mouvement Brownien et de l'oscillateur de Duffing qui peuvent être testé expérimentalement (Ref. 4). En fait, le groupe Chinois de Guo-Ping Guo nous a contacté pour réaliser un système similaire et nous avons collaboré avec Loic Henriet et Marco Schiro pour apporter une analyse théorique à leur activité expérimentale. Le dispositif hybride étudié dans des systèmes mesoscopiques à base de graphène en circuit-QED reflète une physique intriquant la lumière et la matière de manière exotique en relation avec de la physique Kondo SU(4). L'article est sur ArXiv (soumis), Ref. 5. De tels systèmes sont aussi utiles pour fabriquer des « nano-engines » (Ref. 6). Ce projet a été réalisé en collaboration avec Andrew Jordan, professeur à Rochester (USA) qui a passé 1 mois au CPHT en 2014.



Exemple de circuit supraconducteur électrodynamique quantique, avec un atome artificiel à deux niveaux (spin-1/2 ou qubit). Le résonateur électromagnétique (cavité ~ 1 cm) est décrit par une ligne de transmission monomode et est couplée de façon capacitive à un moteur à courant alternatif (signal d'entrée). Nous montrons un exemple de la dynamique de spin dans le régime de couplage fort lumière-matière.

L. Henriet, Z. Ristivojevic, P.P. Orth, K. Le Hur, *Quantum dynamics of the driven and dissipative Rabi model*, Physical review A 90, 023820 (2014)

K. Le Hur, L. Henriet, A. Petrescu, K. Plekhanov, G. Roux, M. Schiró, *Many-Body Quantum Electrodynamics Networks: Non-Equilibrium Condensed Matter Physics with Light*, C. R. Physique 17 (2016) 808-835

Résultats obtenus dans le cadre du projet Quantum.Dyna financé par le thème 1 du LabEx PALM et porté par Karyn Le Hur (CPHT), Christian Glatti (SPEC, CEA), Antoine Broaways (LOA, ENSTA).

