

Titre : Méthodes numériques avancées pour la matière quantique intriquée

Date de début : 1^{er} octobre 2023

Directeur de thèse : A. Honecker (andreas.honecker@cyu.fr), Laboratoire de Physique Théorique et Modélisation, LPTM, CY Cergy Paris Université / CNRS, Cergy-Pontoise.

Date limite de candidature : 7 septembre 2023

Les matériaux quantiques sont au centre des applications futures pour les processeurs, l'énergie, le calcul quantique. Ces systèmes complexes requièrent des algorithmes et analyses de pointe pour comprendre leurs propriétés microscopiques. L'atout de la mécanique quantique provient de l'intrication entre les degrés de liberté macroscopiques, ce qui est un avantage mais aussi une difficulté pour la simulation numérique à cause de la complexité exponentielle du problème.

Dans le cadre d'une collaboration entre le Département de Physique de l'Université de Hong-Kong, l'Université Toulouse 3—Paul Sabatier et CY Cergy Paris Université financée par l'ANR, ce projet théorique vise à développer et améliorer des algorithmes de pointe pour dépasser cette difficulté et permettre la compréhension des mécanismes microscopiques dans les systèmes quantiques fortement intriqués. Nous développons des méthodes numériques complémentaires: Monte-Carlo quantique, diagonalisation exacte, réseau de tenseur, réseaux de neurones, afin de proposer un cadre unifié pour simuler les matériaux quantiques.

Parmi les défis que nous aborderons figurent les modèles quantiques avec contraintes ou bien les mesures efficaces de l'intrication dans les systèmes quantiques à N corps. Ces situations sont directement applicables à plusieurs systèmes de fermions corrélés comme les matériaux magnétiques frustrés, les réseaux d'atomes de Rydberg ultrafroids ou autres simulateurs quantiques développés expérimentalement.

Dans ce contexte, nous recherchons un.e doctorant.e, basé au LPTM, CY Cergy Paris Université, pour développer des méthodes de diagonalisation exacte, en particulier une approche de typicité quantique des propriétés dynamiques à température finie, pour étalonner la méthode, la mettre en œuvre dans un code performant, et enfin de l'appliquer à des situations expérimentalement pertinentes. Un Master en Physique Théorique ou équivalent est attendu, ainsi que des compétences en programmation. Une expérience avec les systèmes de spin quantique ou l'information quantique sera considérée comme un plus.

Pour postuler, envoyer une lettre de motivation, CV et relevés de notes récents à A. Honecker (andreas.honecker@cyu.fr) au plus tard le **7 septembre 2023**.

Title: **Advanced Numerical Methods for Highly Entangled Quantum Matter**

Starting date: October 1, 2023

Supervisor: A. Honecker (andreas.honecker@cyu.fr), Laboratoire de Physique Théorique et Modélisation, LPTM, CY Cergy Paris Université / CNRS, Cergy-Pontoise

Application deadline: September 7, 2023

Quantum materials are the cornerstones of many near-future applications including new computing chips, energy or quantum computing platforms. The success of these future applications depends heavily on a detailed understanding of the microscopic quantum phenomena at play. Unfortunately, the quantum advantage ultimately emanating from the entanglement between microscopic degrees of freedom comes with an exponential complexity when one needs to perform accurate modeling of quantum materials.

Within an ANR-funded collaboration between the Department of Physics, the University of Hong-Kong, the Université Toulouse 3—Paul Sabatier, and CY Cergy Paris Université, this theory project aims at developing and harnessing advanced computational techniques to fight this complexity and unveil the microscopic mechanisms in strongly entangled quantum matter. Our team develops state-of-the-art complementary numerical methods ranging from quantum Monte Carlo, exact diagonalization to tensor network and machine learning techniques, aiming at a unified computational paradigm for quantum material investigations.

We will address challenging computational situations, such as quantum systems with constraints or efficient measures of entanglement in quantum many-body systems. Precise physical systems to be investigated include frustrated magnets, strongly correlated fermionic systems or cold-atomic Rydberg arrays quantum simulators, with direct relevance to recent experimental developments.

Within this context, we are looking for a PhD student, based at the LPTM, CY Cergy Paris Université, to develop exact-diagonalization methods, in particular a quantum-typicality approach to dynamical properties at finite temperature, to benchmark the method, implement it in a high-performance code, and finally to apply it to experimentally relevant situations. A Master degree in Theoretical Physics or equivalent is expected, as are programming skills. Experience with quantum spin systems or quantum information will be considered a plus.

To apply, send a motivation letter, CV, and recent transcripts to A. Honecker (andreas.honecker@cyu.fr) no later than **September 7, 2023**.