

MASTER/GRADUATE INTERNSHIP POSITION

Academic year 2024-2025

Entanglement, fluctuations and universality

Understanding, describing, and quantifying the behavior of physical systems hinges on the ability to predict and measure physically meaningful quantities. One particularly effective procedure involves selecting a subsystem, typically by choosing a simple spatial region, and analyzing the scaling behavior of the probe as the subsystem becomes large. This approach has proven highly successful across various physical systems and with different types of probes, allowing for the extraction of valuable information such as insights into long-range correlations, quantum criticality, and topological properties. In the arsenal of the physicist, two prominent types of probes stand out: fluctuations of observables, and entanglement measures. Disentangling physical information encoded in such probes from the geometric characteristics of the selected region represents a complex and important challenge, which this project shall address.

This internship aims at introducing the topic of *entanglement in quantum many-body systems* through the lens of Lifshitz field theories. These are non-relativistic theories, characterized by a *Rokhsar-Kivelson* groundstate, which is a quantum state whose Hilbert space is spanned by the configurations of a classical model (in this case, the Euclidean scalar field). We will focus on the critical Lifshitz theory in $2 + 1$ dimensions, and study certain entanglement measures, such as the entanglement entropy (bipartite) or the Markov gap (tripartite). In particular, we will explore universal aspects of entanglement in subregions with corners. If time permits, we will also look at the fluctuations of local observables of the theory.

Keywords : Theoretical physics – Quantum information – Fluctuations – Quantum many-body physics

Environment : The successful candidate will join the condensed-matter group at LPT which counts several faculty members, postdocs and graduate students, with close ties to the quantum information group. Frequent seminars and journal clubs contribute to the dynamic life of the laboratory.

Prerequisite : Master's degree in theoretical physics, with a strong background in mathematics, quantum mechanics, quantum many-body physics or quantum field theory is recommended.

Possibility of pursuing a PhD : YES

Host institution : Laboratory of Theoretical Physics – University of Toulouse (France)

Supervisor : Clément Berthière (CNRS)

Contact : clement.berthiere@irsamc.ups-tlse.fr

Application process: Interested applicants should contact the Supervisor by email and submit a CV and transcripts of last and current diplomas.

PROPOSITION DE STAGE MASTER 2

Année 2024-2025

Intrication, fluctuations et universalité

Comprendre, décrire et quantifier le comportement des systèmes physiques repose sur la capacité à prédire et mesurer des grandeurs physiques. Une procédure particulièrement efficace consiste à sélectionner un sous-système, généralement en choisissant une région spatiale simple, et à analyser le comportement d'échelle d'une quantité à mesure que le sous-système grandit. Cette approche s'est avérée très fructueuse dans divers contextes, permettant d'extraire des informations précieuses sur les corrélations à longue portée, les transitions de phase quantiques et les propriétés topologiques des systèmes. Dans l'arsenal du physicien, deux types de sondes se distinguent : les fluctuations d'observables et les mesures d'intrication. Démêler l'information physique encodée dans ces sondes des caractéristiques géométriques de la région sélectionnée représente un défi complexe et important, qui sera le cœur de ce projet.

L'objectif de ce stage est d'introduire le sujet de l'*intrication dans les systèmes quantiques à plusieurs corps*, à travers l'étude des théories de champs de Lifshitz. Ces dernières sont des théories non-relativistes ayant pour caractéristique un état fondamental de type *Rokhsar-Kivelson*, c'est-à-dire un état quantique dont l'espace de Hilbert est engendré par les configurations d'un modèle classique (ici, le champ scalaire Euclidien). Nous nous concentrerons sur la théorie critique de Lifshitz en $2 + 1$ dimensions, et nous étudierons certaines mesures d'intrication, telles que l'entropie d'intrication (biparti) et le Markov gap (triparti). En particulier, nous explorerons les aspects universels de l'intrication de sous-régions présentant des coins. Si le temps le permet, nous regarderons également les fluctuations d'observables locales.

Mots-clés : Physique théorique – Information quantique – Fluctuations – Théorie des champs quantiques

Environnement : Vous intégrerez le groupe de matière condensée du LPT (à l'interface avec le groupe d'information quantique) qui compte plusieurs permanents, des doctorants, post-doctorants et des stagiaires. Des séminaires et journal clubs fréquents contribuent à la vie animée du laboratoire.

Prérequis : Master 2 de physique théorique, avec des bases solides en mathématiques, mécanique quantique, physique de la matière condensée ou théorie des champs quantiques sont fortement souhaitables.

Ouverture vers un sujet de thèse : OUI

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Physique Théorique (UMR 5152), Toulouse

Responsable de stage : Clément Berthière (CRCN)

Contact : clement.berthiere@irsamc.ups-tlse.fr

Processus de candidature : Les candidats intéressés doivent contacter le responsable de stage par e-mail, en joignant CV et relevés de notes de la L3 au M2.