

Avis de Soutenance

Monsieur Arthur BRAIDA

Informatique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Calcul Analogique Quantique pour des Problèmes Combinatoires sur Graphes NP-difficile

dirigés par Monsieur IOAN CORNELIU TODINCA

Ecole doctorale : Mathématiques, Informatique, Physique Théorique et Ingénierie des Systèmes - MIPTIS

Unité de recherche : LIFO - Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans

Soutenance prévue le **jeudi 20 juin 2024** à 15h00

Lieu : 5 Rue du Carbone, 45100 Orléans

Salle : AMPHI IRD

Composition du jury proposé

M. IOAN CORNELIU TODINCA	Université d'Orléans	Directeur de thèse
M. Simon MARTIEL	IBM Quantum	Co-encadrant de thèse
M. Thomas AYRAL	Eviden QuantumLab	Examineur
M. Tameem ALBASH	University of New Mexico and Sandia National Laboratories	Rapporteur
M. Jérémie ROLAND	Université Libre de Bruxelles	Rapporteur
M. Giuseppe DI MOLFETTA	Université Aix-Marseille	Examineur

Mots-clés : recuit quantique, optimisation, problème NP-difficile sur graphe, approximation, calcul adiabatique quantique, croisement-évité

Résumé :

L'objectif principal de cette thèse est de fournir un éclairage théorique de la complexité du calcul quantique en temps continu (QA et AQC), de la compréhension du phénomène physique (AC) qui conduit à l'échec de l'AQC jusqu'à des preuves de performance de QA en temps court et constant. Pour atteindre cet objectif, nous utilisons différents outils analytiques empruntés à la physique théorique, comme l'analyse perturbative des systèmes quantiques et la borne de Lieb-Robinson sur la vitesse de corrélation dans les systèmes quantiques. La manipulation des graphes et la théorie spectrale des graphes sont nécessaires pour obtenir des résultats sur des classes spécifiques de graphes. Nous avons également introduit une nouvelle version paramétrée du QA standard afin d'affiner l'analyse. Tout d'abord, nous souhaitons obtenir une définition mathématique d'un AC afin d'en faciliter la compréhension lors de l'étude d'une classe spécifique de graphes sur lesquels nous souhaitons résoudre le problème de Maximum Cut. En plus de l'appui analytique que nous développons, nous apportons une étude numérique pour justifier la nature plus générale de notre définition par rapport à la précédente. Grâce à une analyse perturbative, nous parvenons à montrer que sur les graphes bipartis, un gap de fermeture exponentielle peut apparaître si le graphe est suffisamment irrégulier. Notre nouvelle définition de l'AC nous permet de remettre en question l'efficacité de l'AQC pour le résoudre malgré le temps d'exécution exponentiellement long que le théorème adiabatique impose pour garantir la solution optimale. Le deuxième axe est consacré à la performance du QA en temps constant court. Bien que le QA soit intrinsèquement non-locale, la borne de LR nous permet de l'approximer avec une évolution locale. Une première approche est utilisée pour développer la méthode et montrer la non trivialité du résultat, c'est-à-dire au-dessus du choix aléatoire. Ensuite, nous définissons une notion d'analyse locale en exprimant le ratio d'approximation avec la seule connaissance de la structure locale. Une borne LR fine et adaptative est développée, nous permettant de trouver une valeur numérique du ratio d'approximation surpassant les algorithmes quantiques et classiques (strictement) locaux. Tous ces travaux de recherche ont été poursuivis entre l'équipe QuantumLab d'Eviden et l'équipe Graphe, Algorithme et Modèle de Calcul (GAMOC) du Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans (LIFO). Le travail numérique a été implémenté en utilisant le langage de programmation Julia ainsi que Python avec le logiciel QAPTIVA d'Eviden pour simuler efficacement l'équation de Schrödinger.