



COURS DE PHYSIQUE THÉORIQUE DU SPHT

ANNÉE 2005-2006

Les vendredis de 14h30 à 16h00 au SPHT, Orme des Merisiers, Bat.774, Salle Itzykson

Introduction au calcul quantique et aux circuits à bits quantiques

Daniel ESTÈVE

Quantronique

A partir du 24 février 2006 (les 24/02, 10/03, 17/03, 28/04 et 5/05)

Service de Physique de l'Etat Condensé

CEA Saclay

Organisé en commun avec l'École Doctorale de Physique de la Région Parisienne

Des propositions de machines exploitant la richesse de la mécanique quantique au niveau de leurs variables d'état ont récemment vu le jour, avec notamment des promesses de performances spectaculaires dans le domaine du calcul. L'objet de ce cours est de présenter les concepts théoriques de ce nouveau domaine du calcul quantique, et les systèmes physiques envisagés pour l'implémenter.

Un processeur quantique consiste en un ensemble de systèmes à deux niveaux, appelés bits quantiques ou qubits. Au cours de l'exécution d'un algorithme, l'état quantique de l'ensemble des qubits est manipulé et évolue unitairement entre des étapes de lecture de qubits. L'évolution s'obtient à l'aide d'un ensemble limité de portes logiques à un et à deux qubits. Quelques algorithmes quantiques seront présentés, et notamment l'algorithme de factorisation de P. Shor, dont le gain exponentiel par rapport aux algorithmes classiques connus a fortement contribué à l'intérêt du domaine. Enfin, les limitations dues à la décohérence inévitable dans tout système complexe peuvent être repoussées en utilisant des codes correcteurs d'erreurs quantiques.

Si aucun système idéal n'a été trouvé pour implémenter des qubits, des tentatives fructueuses ont été effectuées dans plusieurs domaines de la physique. Partant de systèmes très quantiques comme des spins nucléaires (RMN), ou d'ions piégés, des systèmes à plusieurs qubits ont déjà été mis en oeuvre. Bien que naturellement moins quantiques que les atomes, la souplesse de construction des circuits de la microélectronique est un avantage important auquel il n'est pas facilement envisageable renoncer. Des circuits semiconducteurs dans lesquels le qubit est codé par l'état d'un seul électron dans une électrode, et des circuits supraconducteurs dans lesquels le qubit est codé par l'état quantique du circuit global, ont été réalisés. Les résultats obtenus sur le qubit 'quantrium' développé dans le groupe Quantronique seront présentés plus en détail.

Les cours sont de nature introductive et accessibles aux étudiants en deuxième année de troisième cycle. Ils sont ouverts aux physiciens de toute discipline et à toute personne intéressée.