

Modélisation de la dynamique des bits quantiques Silicium

Contact : Yann-michel NIQUET DRF//INAC/MEM/L_SIM yann-michel.niquet@cea.fr 0438786862

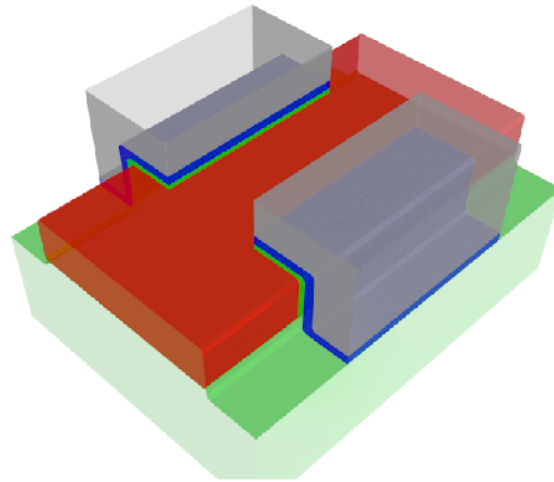
Stage pouvant se poursuivre en thèse : Oui

Résumé :

Des "ordinateurs quantiques" seront sans doute un jour capables de résoudre des problèmes hors de portée des ordinateurs classiques. De tels ordinateurs ne manipulent plus seulement les électrons comme des particules, mais aussi comme des ondes qui entretiennent des relations de phase et qu'il est donc possible de faire interférer. La préparation, la manipulation cohérente et la "lecture" d'états quantiques posent des défis immenses. L'une des options prometteuses pour réaliser des "bits quantiques" consiste à détourner des transistors MOS silicium pour y stocker quelques électrons et y manipuler leur spin. Le CEA fabrique et caractérise de tels dispositifs, et développe des outils de simulation adaptés. L'objectif de ce stage sera d'étudier la dynamique du spin dans ces dispositifs en résolvant l'équation de Schrödinger dépendante du temps en présence d'interactions électroniques, afin de mieux comprendre comment manipuler le spin des électrons, et comment les interactions de ces électrons avec leur environnement limitent le "temps de cohérence" pendant lequel il est possible de stocker une information de phase. Cette étude sera menée en étroite collaboration avec les équipes de physique expérimentale travaillant sur le sujet.

Sujet détaillé :

Les transistors MOS "classiques" permettent de contrôler le passage d'un courant entre des contacts de "source" et de "drain" en appliquant un champ électrique sur une électrode de "grille" qui attire ou repousse les électrons. A basse température, ce contrôle devient si fin qu'il est possible de piéger un (ou quelques) électron(s) sous la grille. Il est alors possible de manipuler ces électrons (en particulier leur spin) en appliquant des champs magnétiques et/ou des impulsions radiofréquence sur la grille. On peut ainsi préparer un état de spin particulier, superposition des états "up" et "down", puis le faire tourner, ou le coupler avec un autre spin sous une grille voisine (via des interactions tunnel et Coulombiennes) afin d'intriquer leur dynamique et de réaliser des manipulations complexes d'états quantiques qui préfigurent celles que devront réaliser un ordinateur quantique. L'ensemble de ces opérations peut être modélisé en résolvant l'équation de Schrödinger dépendante du temps en présence d'interactions électroniques, ce que fait le code "TB_Sim" développé au CEA Grenoble dans une géométrie réaliste (cf. image). En outre, les électrons peuvent subir toutes sortes d'interactions non souhaitées avec leur environnement (couplage aux spins des noyaux atomiques, aux bruits sur les champs magnétiques et électriques, aux défauts chargés, etc...). Ces interactions limitent le contrôle que l'on peut avoir sur leur état quantique et entraînent la "décohérence" (perte des informations de phase stockées par cet état) sur une échelle de temps T_2 . Ces processus seront intégrés à l'équation de Schrödinger dépendante du temps afin de comprendre précisément comment ils impactent la dynamique du système et comment ils peuvent être mitigés.



Model for a simulated qubit : A silicon wire (red) is controlled by two gates (gray) isolated by oxides (green/blue). An electron can be stored and manipulated under each gate. Coulomb and tunnel interactions between these electrons entangle their dynamics.

Compétences requises :

Goût pour la mécanique quantique et la simulation numérique