

## CIRCUIT ÉLECTRONIQUE PERMETTANT LE CONTRÔLE ET LE COUPLAGE DE PORTEURS DE CHARGES ET DE SPIN INDIVIDUELS

### PROBLÈME ADRESSÉ

Le transistor est à la base des technologies de l'information, des super-ordinateurs prédisant la météo aux appareils portables donnant un accès quasi instantané au savoir de l'humanité. L'efficacité des transistors à traiter l'information réside dans leur agencement par millions en circuits intégrés, grâce à la technologie CMOS sur silicium (Complementary Metal-Oxide Semiconductor), une classe de circuits intégrés. Employée par les grands manufacturiers comme que Intel, la technologie CMOS a amené notre société à l'ère de l'information.

L'information quantique, elle, cherche à exploiter les propriétés uniques du monde de l'infiniment petit pour la résolution de problèmes complexes, similaires à celui de chercher une aiguille dans une botte de foin. En théorie, un ordinateur quantique pourrait résoudre ces problèmes en quelques minutes, ce qui prendrait un temps équivalent à l'âge de l'univers pour un ordinateur classique aussi puissant soit-il.

Or, il se trouve que les verrous technologiques de l'ordinateur quantique se déverrouillent un par un, suite aux percées scientifiques dans la manipulation du spin dans le silicium. Le spin est une propriété intrinsèquement quantique des porteurs de courant électrique dans les transistors, les électrons, jusqu'à maintenant inexploitée. La présente invention facilite une deuxième révolution informatique utilisant la technologie CMOS en simplifiant le traitement de l'information dans un ordinateur quantique.

### TECHNOLOGIE

Notre invention permet d'exploiter les propriétés quantiques du spin des électrons, à l'intérieur de structures CMOS semblables aux transistors, le « qubit CMOS ». Les qubits de spin en points quantiques sont une plateforme prometteuse pour le traitement de l'information quantique. Notre invention permet de simplifier la mise en œuvre et le contrôle des qubits de spin de manière évolutive, en utilisant une technologie compatible CMOS, exploitant ainsi tout le potentiel de l'industrie des semi-conducteurs pour l'intégration et la fabrication à grande échelle. Notre invention représente la maille élémentaire à laquelle toutes les fonctionnalités requises pour le traitement quantique de l'information peuvent être intégrées. Comme pour les transistors, les structures peuvent être agencées en circuits intégrés afin de révéler le plein potentiel des ordinateurs quantiques.

Nous basons notre approche sur les qubits de spin plutôt que les qubits supraconducteurs. Dans notre cas, une structure de points quantiques ayant une géométrie à grille divisée (« split-gate ») est fournie. Le point quantique est configuré pour être incorporé dans une matrice de points quantiques d'une unité de traitement quantique. Les qubits possèdent un réservoir individuel, permettant leur initialisation à un électron et leur lecture pour un grand nombre de qubits. Un espace entre une grille d'accumulation de réservoir et une grille d'accumulation de point quantique constitue une barrière tunnel entre un réservoir de charge électrique et un puits de point quantique. Un potentiel électrique appliqué aux grilles définit la hauteur, la largeur et le taux de transfert de charge de la barrière tunnel entre le puits et le réservoir, sans recourir à une grille de barrière dédiée pour contrôler le taux de transfert de charge.



200-35, Radisson  
Sherbrooke QC J1L 1E2  
CANADA

t 819 821-7961

## AVANTAGES

### AVANTAGES TECHNIQUES

- Notre approche utilise les **qubits de spin** plutôt que les qubits supraconducteurs :
  - La performance des qubits de spin est comparable à celle des meilleurs qubits supraconducteurs avec l'avantage de pouvoir intégrer des millions de fois plus de qubits par centimètre carré que l'architecture supraconductrice.
  - Un état quantique encodé dans un qubit de spin dans le silicium isotopiquement purifié peut être conservé beaucoup plus longtemps que dans un qubit supraconducteur.
  - Le couplage entre qubits est beaucoup plus aisé pour les spins électroniques dans les points quantiques.
- Procédé de fabrication pratiquement identique à la technologie usuelle des transistors CMOS.
  - Ne requiert pas d'hétérostructures coûteuses.
- Contrôle indépendant des qubits de façon simple et répondant aux critères de DiVincenzo (initialisation, manipulations, lecture) prérequis pour obtenir un ordinateur quantique universel.
- Grilles fabriquées en poly-silicium (le standard en micro-électronique) au lieu de l'aluminium.

### AVANTAGES COMMERCIAUX

- **Technologie peu coûteuse** : contrairement aux qubits supraconducteurs, cette architecture est basée sur le silicium MOS, une technologie à la base des fonderies à microprocesseur.
  - **Bas prix** : des milliers de dispositifs contenant des centaines de cellules élémentaires peuvent être produits rapidement à des coûts très bas.
- **Industrie de la Micro-électronique** : la fabrication ne nécessite **aucun investissement majeur en infrastructure** et bénéficie du savoir-faire de l'industrie pour la conception de circuits intégrés.
- Les **technologies quantiques** ont le potentiel de **redéfinir le secteur** des technologies de l'information et de la communication (TIC), d'une valeur de plusieurs milliards de dollars. Plus important encore, l'impact des technologies de l'information quantique ira **bien au-delà** des TIC actuelles.

## APPLICATIONS

- **L'ordinateur quantique** : son potentiel n'a pas encore été imaginé!
- **Résolution de problèmes d'optimisation** : reconnaissance d'images, simulation de molécules, correction d'erreurs, simulation de systèmes quantiques, problèmes de factorisation.
- Cryptographie, communications sécurisées.
- Applications « More than Moore » : mono-électronique, automates cellulaires quantiques, biosenseurs.

## STATUT DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

### MATURITÉ DE LA TECHNOLOGIE (TRL)

- **TRL-4**
  - **Premier prototype** : résultats publiés en Février 2019 :
    - Revue avec évaluations d'experts : <https://doi.org/10.1063/1.5091111>
    - Quantum dots with split enhancement gate tunnel barrier control.
  - **Deuxième prototype** : prototype industriel, travail commencé.



200-35, Radisson  
Sherbrooke QC J1L 1E2  
CANADA

t 819 821-7961

- **Développement de la technologie**
  - Recherchons partenaires de développement.
  - Technologie disponible pour licence exclusive ou non-exclusive – entreprises de la micro-électronique.

## PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

- Demande de brevet canadien no 3,027,982 publiée le 14 décembre 2017.
- Demande de brevet américain no 16/094,176 publiée le 2 mai 2019.
- Demande de brevet européen no 17809503.0 publiée le 17 avril 2019.

## CE QUE NOUS RECHERCHONS

Partenaires de développement.

## CONTACT TRANSFERTECH SHERBROOKE

François Nadeau, directeur de projets

[f.nadeau@transfertechn.ca](mailto:f.nadeau@transfertechn.ca)

Cellulaire : 873 339 2028

[www.transfertechn.ca](http://www.transfertechn.ca)

## AUTRE

Source de la photo : Julien Camirand Lemyre, Université de Sherbrooke.

