

TECHNIQUES D'OPTIMISATION QUANTIQUE À L'AIDE D'UN RÉSEAU DE RÉSONATEURS NON LINÉAIRES À COMMANDE PARAMÉTRIQUE

PROBLÈME ADRESSÉ

La résolution de problèmes mathématiques complexes d'optimisation revêt une importance cruciale dans les domaines tels que la physique, la chimie, la biologie, les sciences sociales ainsi que dans un nombre croissant d'industries. De nombreux problèmes d'optimisation difficiles, tels que le repliement des protéines ou la planification des vols aériens, peuvent être grandement améliorés en choisissant une approche quantique.

La puissance de l'informatique quantique pourrait permettre de résoudre des problèmes qui sont impossibles à résoudre avec des ordinateurs classiques, ou suggérer une accélération considérable par rapport aux algorithmes classiques les plus connus. Même avec les ordinateurs les plus puissants disponibles aujourd'hui, le temps requis pour résoudre plusieurs de ces problèmes dépasse l'âge de l'univers. Il y a beaucoup d'espoir que les ordinateurs quantiques pourraient en fait conduire à une accélération significative. Par conséquent, il y a beaucoup d'empressement à construire des optimiseurs quantiques, comme en témoignent les investissements d'entreprises telles que D-Wave Systems, Google, IBM, la NASA, Lockheed Martin et d'autres.

TECHNOLOGIE

Le processeur que nous proposons ici est conçu pour intégrer un problème général d'Ising dans des états à variables continues, et pour implémenter un recuit quantique adiabatique afin de trouver la configuration la plus basse en énergie des spins d'Ising. Il n'existe aucune autre technologie de recuit quantique à variables continues qui soit à la fois entièrement programmable, entièrement connectée, ainsi qu'évolutive. Le recuit quantique, basé sur l'informatique quantique adiabatique (AQC), vise à trouver des solutions au problème d'Ising. De nombreux problèmes difficiles d'optimisation peuvent être associés à la recherche du minimum global (état fondamental) du modèle d'Ising.

Notre processeur quantique consiste en un réseau de résonateurs non linéaires dans chacun desquels un spin physique est codé à l'aide d'un lecteur paramétrique. Un ensemble d'autres lecteurs locaux à un photon, ainsi que de couplages locaux, sont fournis pour cartographier le problème d'Ising. La fréquence et les forces des lecteurs sont ajustées de manière adiabatique afin de trouver la configuration d'énergie la plus basse des spins. En pratique, il y a des couplages errants, et les résonateurs peuvent entraîner des pertes, causant l'introduction d'erreurs lors du calcul. Dans ce processeur, les lecteurs et les couplages sont sélectionnés afin de minimiser ces effets et ainsi préserver les caractéristiques quantiques. Par conséquent, la présente invention se penche pour la première fois sur les problèmes pratiques d'intégration et de contrôle quantique pour le recuit sur des systèmes à variables continues.

AVANTAGES

AVANTAGES TECHNIQUES

- **Technologie de recuit quantique à variables continues** : un processeur à la fois évolutif, entièrement connecté et entièrement programmable.
- Les fluctuations quantiques de l'état de plus basse énergie à variables continues (qui constitue la solution optimale au problème d'Ising) le rendent **stable au bruit, préservant ainsi l'effet quantique plus longtemps**.
- Notre processeur simplifie considérablement les architectures actuelles pour l'optimisation quantique à grande échelle et promet d'importantes accélérations comparées à leurs homologues classiques.
- **Des résonateurs** (au lieu de qubits) comme unité de mappage des spins d'Ising.
- **Peu dispendieux** : les composants pour fabriquer ce processeur existent déjà.
- **Infiniment plus rapide** : permettra la résolution de certains problèmes d'optimisation qui nécessiteraient l'âge de l'Univers à résoudre avec des ordinateurs conventionnels.



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA

t 819 821-7961

- **Conception optimisée** : minimise les effets de bruit et préserve les effets quantiques souhaitables.
- **Des simulations numériques** démontrant que notre processeur est fonctionnel.

AVANTAGES COMMERCIAUX

- Un processeur capable de trouver efficacement des solutions optimales à des problèmes d'optimisation très difficiles sera extrêmement bénéfique pour la communauté, la science et les entreprises.
- Les entreprises ayant besoin de résoudre ces problèmes sont : compagnies aériennes, compagnies de biotechnologies, de sécurité, de l'IA et autres.
- Dans le court terme : intérêt des institutions académiques pour la construction d'appareils de petite taille.
- Dans le moyen terme : appareils de test de taille intermédiaire – Google, NASA, Lockheed Martin, IARPA.
- À long terme : marché énorme pour un appareil à grande échelle : industries de défense, des finances, de la médecine, compagnies aériennes.

APPLICATIONS

Ce processeur quantique à variables continues peut résoudre tout problème d'optimisation pouvant être cartographié à un hamiltonien d'Ising, tels que :

- Repliement des protéines.
- Horaires de vols des compagnies aériennes.
- Reconnaissance d'images.
- Intelligence artificielle.
- Le problème du vendeur itinérant.

STATUT DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

MATURITÉ DE LA TECHNOLOGY (TRL)

- TRL 3 : un prototype du processeur, représentant le spin d'Ising dans un oscillateur non linéaire à commande paramétrique, a été récemment démontré expérimentalement.

<https://arxiv.org/abs/1907.12131>

PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

- Brevet canadien no. 2 968 830, publié le 29 novembre 2018.
- Brevet américain no. 10262276 B2, publié le 16 avril 2019.

CE QUE NOUS RECHERCHONS

- Partenaires de développement.
- Partenaires commerciaux.

CONTACT TRANSFERTECH SHERBROOKE

François Nadeau, directeur de projets
f.nadeau@transfertechn.ca
Cellulaire : 873 339-2028
www.transfertechn.ca

AUTRE

Photo : l'image utilisée provient de la source : Institut Quantique, Université de Sherbrooke, <https://www.usherbrooke.ca/iq>