

CALCULER PLUSIEURS NIVEAUX D'ÉNERGIE AVEC UNE MÉTHODE DE RÉSEAUX DE TENSEURS



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA
t 819 821-7961

PROBLÈME ADRESSÉ

La résolution des équations de la mécanique quantique est d'une importance capitale pour comprendre le fonctionnement des matériaux à un niveau fondamental. À la base, l'équation centrale de la mécanique quantique - connue sous le nom d'équation de Schrödinger - peut être formulée comme un problème de valeur propre en algèbre linéaire. La résolution des valeurs propres de ces équations conduit à la structure du problème au niveau énergétique. Les énergies les plus faibles sont les plus importantes pour la modélisation d'un système. En trouvant les énergies les plus faibles, on peut modéliser avec précision les systèmes avant même qu'ils ne soient créés en laboratoire.

Une méthode qui permet de calculer efficacement les plus petites solutions énergétiques absolues est basée sur un ensemble de techniques d'algèbre linéaire connues sous le nom de réseaux de tenseurs. La méthode de réseaux la plus connue, appelée groupe de renormalisation de la matrice de densité (GRMD ou DMRG en anglais), a été proposée pour la première fois il y a près de 30 ans. Les réseaux de tenseurs ont ainsi été utilisés pour simuler une grande variété de modèles physiques et ils ont fait d'importantes prédictions.

Cette invention est une extension clé des concepts fondamentaux de la GRDM. Plutôt que de calculer les valeurs propres de manière séquentielle (l'une après l'autre), cette invention permet de calculer simultanément un grand nombre de ces valeurs propres. Cette solution est très fiable et rapide à calculer. De plus, elle est plus performante que toutes les autres méthodes, y compris celles qui fonctionnent de manière séquentielle. Plus particulièrement, la méthode proposée est très applicable à la conception et à la caractérisation des technologies de circuits supraconducteurs - un candidat de premier plan pour construire un ordinateur quantique. L'équipe de recherche a même déjà démontré que les propriétés observées de ces circuits peuvent être modélisées avec précision par cette méthode.

TECHNOLOGIE

Cette technologie calcule simultanément plus d'une des valeurs propres les plus basses. Elle a des applications dans le calcul des propriétés des qubits supraconducteurs et plus encore.

Les réseaux de tenseurs sont connus depuis longtemps pour trouver efficacement les valeurs propres extrêmes aux extrémités du spectre complet, en particulier pour les systèmes avec des interactions locales obéissant à la loi de la zone.

Trouver l'énergie de l'état du sol avec la DMRG est souvent insuffisant pour caractériser complètement un système donné. C'est un problème courant dans les systèmes à plusieurs corps. Trouver des niveaux d'énergie excitée au-delà de l'état fondamental est également nécessaire pour mieux comprendre les systèmes quantiques en général.

Cette invention est un algorithme qui trouve plus d'un niveau d'énergie en même temps. Plus important encore, cette méthode évite les problèmes de précision dont souffrent les autres techniques DMRG, ce qui rend cette invention très fiable en comparaison.

Une application est celle des circuits supraconducteurs, qui sont constitués d'un réseau ou d'un maillage de nombreuses jonctions supraconductrices. Avec cette invention, la représentation du problème du maillage en un réseau de tenseurs permet de déterminer les niveaux d'énergie les plus bas du circuit. Ces valeurs peuvent être utilisées pour trouver

des quantités expérimentales pertinentes - telles que les temps de cohérence du qubit - et trouver un degré élevé de précision avec des observations expérimentales connues.

Figure 1 et Figure 2.

AVANTAGES

AVANTAGES TECHNIQUES

- Mise à l'échelle linéaire en fonction de la taille du système.
- Résolution des niveaux d'énergie selon la précision choisie de l'algorithme du réseau de tenseurs.
- Peut résoudre un nombre quelconque d'excitations simultanément.

AVANTAGES COMMERCIAUX

- Des modèles de circuits supraconducteurs jusqu'alors insolubles peuvent être résolus grâce à cette méthode.
- Rapide et efficace : la méthode permet de déterminer des centaines d'excitations pour des circuits supraconducteurs à grande échelle.
- Évite les erreurs courantes : résout les dégénérescences et n'omet pas les niveaux d'énergie.
- Modèle indépendant : cette méthode ne dépend d'aucun modèle et peut, en principe, fonctionner avec n'importe quel système physique.
- Plusieurs partenaires et institutions potentielles intéressées : partenaires industriels potentiels tels qu'IBM, Microsoft, Google, Northrup Grumman et des institutions universitaires comme le MIT Lincoln Laboratory, l'ETH Zurich, Berkeley et Yale.

APPLICATIONS

- Conception et caractérisation de circuits supraconducteurs.
- Application potentielle à d'autres systèmes en interaction (exemple : dans le domaine des matériaux quantiques).

STATUT DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

MATURITÉ DE LA TECHNOLOGIE

Niveau de préparation technologique (TRL) : 6,5 - cela comprend une bibliothèque de réseaux tensoriels pleinement fonctionnelle (DMRJulia).

- Des simulations de modèles auparavant insolubles ont déjà été réalisées, notamment le circuit fluxonium.
- Des extensions des modèles Hubbard sont en cours.
- L'équipe de recherche forme des collaborations pour utiliser cette méthode au maximum.

PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Demande de brevet déposée.

CE QUE NOUS RECHERCHONS

Licences, investissements.

CONTACT TRANSFERTECH SHERBROOKE

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



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA
t 819 821-7961

AUTRES

Figure 1

Image fournie par TransferTech Sherbrooke. Source : Quantum Device Lab, ETH Zurich.

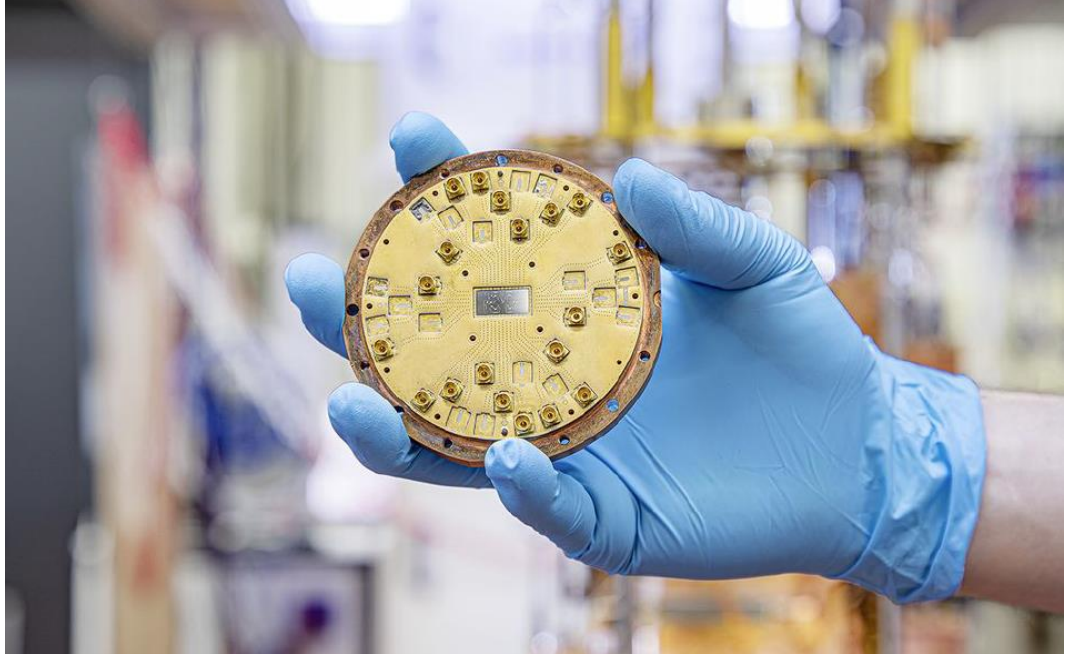


Figure 2

Image fournie par TransferTech Sherbrooke. Source: Quantum Device Lab, ETH Zurich,
<https://arxiv.org/abs/2005.05275>

Lacroix, Nathan, et al. "Improving the Performance of Deep Quantum Optimization Algorithms with Continuous Gate Sets". arXiv:2005.05275 (2020).

