

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 130 (2004)
Heft: 13: Ordinateur quantique

Artikel: Sur la trace des bits quantiques
Autor: Imamoglu, Ataç / Hohler, Anna
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99325>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sur la trace des **bits** **quantiques**

Construire une nouvelle génération d'ordinateurs ? Pas forcément : Ataç Imamoglu, professeur d'électronique quantique à l'EPF de Zurich, aime la recherche en soi. S'il tente de fabriquer et d'assembler des « Quantum Dots », des atomes artificiels susceptibles de servir de support matériel à des qubits, c'est avant tout pour étudier les phénomènes physiques qui régissent le comportement de ces « boîtes quantiques ». Ce faisant, il espère toucher aux questions fondamentales de la mécanique quantique.

TRACÉS: Dans quelques années, nous travaillerons tous sur des ordinateurs quantiques, capables d'effectuer une multitude de calculs en une fraction de seconde... Un scénario qui tient de la science-fiction ?

Ataç Imamoglu : A mon avis, oui. Je ne veux pas être pessimiste, mais je ne crois pas que les ordinateurs quantiques prennent réellement le dessus un jour. Ils seront utilisés pour des tâches bien précises, comme la factorisation de très grands nombres, mais ne remplaceront jamais les PC ou les Mac d'aujourd'hui. Tout indique que l'on aura toujours besoin des ordinateurs classiques, ne serait-ce que pour héberger des parties d'ordinateurs quantiques.

T. : Mais il sera possible d'en construire ?

A. I. : Tout dépend de la définition de l'« ordinateur quantique ». Si vous considérez qu'un assemblage cohérent de cinq à dix qubits est déjà un ordinateur, alors il sera possible d'en construire le prototype dans les dix ans à venir. Mais cet ordinateur-là ne résoudrait pas grand-chose. Je pense plutôt que le prochain grand pas en avant sera réalisé dans dix à vingt ans : à ce moment-là, il sera probablement possible de mettre en réseau jusqu'à 30 qubits. Ce serait un outil relativement performant, mais pas assez pour pouvoir servir à la factorisation, par exemple. L'avantage de cet engin-là serait sa capacité de simulation des systèmes quantiques. Une telle machine aura donc beaucoup d'intérêt pour la recherche, mais pas tellement pour l'industrie.

Au fond, il se pourrait qu'il ne soit jamais possible de construire des ordinateurs quantiques à grande échelle, même après avoir résolu tous les problèmes techniques. Néanmoins, cet échec serait tout aussi instructif qu'un succès. Imaginez qu'un jour, on découvre pourquoi il est impossible de fabriquer et de faire fonctionner ensemble un grand nombre de qubits. Ce serait exceptionnel ! Si l'on arrivait à connaître les raisons théoriques de cet échec, cela signifierait que l'on se trouverait, en physique, face à un changement de paradigme de première importance. Il faut préciser toutefois que c'est un scénario improbable, et que même si l'on se rend compte qu'il est impossible de construire un tel ordinateur pour des raisons théoriques - et pas simplement technologiques -, il serait extrêmement difficile d'en détenir la preuve.

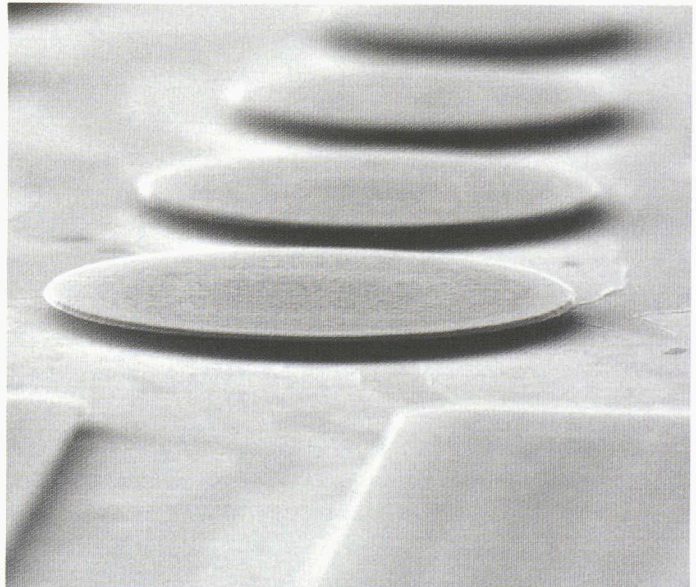
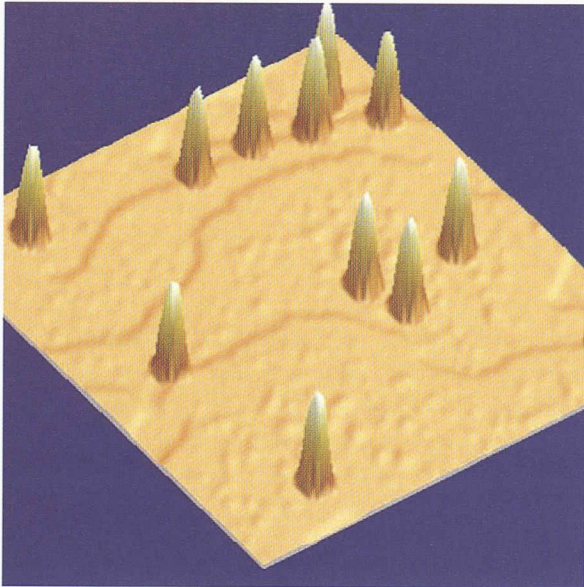
T. : Venons à votre recherche dans le cadre du pôle de recherche national sur la photonique quantique. Qu'est-ce qu'on utilise comme support physique d'information quantique ? Comment est-ce que l'on construit un qubit ?

A. I. : Il existe d'innombrables variantes : presque chaque domaine de la physique propose la sienne. Théoriquement, n'importe quel système quantique qui vous permet d'isoler deux états fait l'affaire. Pour fabriquer des qubits, on peut utiliser des atomes neutres, des photons, des électrons flottant dans de l'hélium liquide ou encore ce qu'on appelle des « ions piégés », qui seront manipulés par des lasers... Une autre possibilité consiste à travailler avec des spins nucléaires. Chacune de ces réalisations a ses avantages. Mais si l'une permet de résoudre telle difficulté, elle va poser problème ailleurs, par exemple dans l'assemblage de plusieurs qubits. On ne sait pas aujourd'hui quelle est la solution d'avenir.

Mon propre travail concerne encore une autre variante : les « Quantum Dots (QD) », des « boîtes quantiques » ou atomes artificiels (fig. 1 et 2). Avec mon équipe, nous essayons d'isoler un électron dans un cube d'arête d'environ 10 nm (ou 10^{-24} m³). Le spin d'un tel électron isolé peut être manipulé avec des lasers, l'électron a un temps de cohérence relativement élevé et il peut ainsi servir de support

Fig. 1 : « Boîtes quantiques » auto assemblées, en arséniure d'indium sur substrat d'arséniure de gallium. Ces « boîtes » devraient pouvoir émettre des photons uniques pour des applications à la cryptographie et au calcul quantiques. Observation par microscope à force atomique, hauteur des « boîtes » : 14 nm. Les marbrures sur le substrat correspondent aux sauts de plans atomiques sur le cristal substrat. (Document Laboratoire d'optoélectronique quantique, EPFL/SB/IPEQ, Blandine Alloing)

Fig. 2 : Cavités à microdisques contenant en leur centre une « boîte quantique » (Document Valéry Zwiller, ETHZ)



matériel à un qubit¹. Ou, autrement dit, le qubit est représenté par le spin de l'électron isolé. Concrètement, notre but est tout d'abord d'arriver à mesurer les spins des électrons isolés à l'aide de techniques optiques. Ensuite, nous voudrions réussir à intervenir sur les spins, donc à les modifier de manière artificielle et bien précise avec des lasers. Enfin, nous essaierons de mettre ensemble deux « Quantum Dots » qui contiennent un électron chacun, et de les mettre dans un état d'intrication².

¹ Pour en savoir plus : <<http://nccr-qp.epfl.ch/Jahia/site/nccr-qp/pid/43365>>

² Le terme d'intrication quantique (du latin *intricare*, embrouiller) désigne le fait qu'un couple d'objets quantiques peut présenter des propriétés qui sont liées quand bien même les deux objets se sont éloignés l'un de l'autre. Si l'on modifie l'état de l'objet A, l'ensemble des objets A et B réagit comme un tout et l'objet B se trouve modifié à son tour.

T. : Lorsqu'on se représente un qubit et que l'on sait qu'en mécanique quantique, chaque intervention sur un objet peut en modifier la teneur, l'une des choses les plus difficiles à imaginer est de savoir comment on peut récupérer l'information représentée par les spins. Dès qu'on les mesure, ils changent...

A. I. : Il est vrai qu'en physique quantique, le fait de procéder à une mesure change en général l'état de l'objet mesuré. Dans certains cas, la mesure détruit même le système qu'on est en train d'observer. Toutefois, cela ne veut pas dire qu'il est impossible de le manipuler : concrètement, on prépare d'abord un système quantique, puis on exécute des opérations et enfin seulement on procède à des mesures, pour extraire l'information recherchée.

Prof. Ataç Imamoglu, dr ès sc.
Institut für Quantenelektronik
ETH Hônggerberg, HPT G 12
Wolfgang-Pauli-Str. 16, CH - 8093 Zürich

Propos recueillis par Anna Hohler