

Une puce pour remplacer toutes les bibliothèques

Des chercheurs néerlandais ont construit le plus petit disque dur au monde. Leur méthode atomique de stockage et de lecture des données est révolutionnaire.



Un milliard de gigaoctets. C'est à la grosse louche le tsunami de nouvelles données créé chaque jour. Cette abondance, d'ores et déjà imposante, va aller crescendo. Dès lors, le défi technique est de parvenir à emmagasiner le maximum de ces données sur le plus petit espace possible.

Une équipe de scientifiques de l'Institut Kavli des nanosciences de l'Université de Delft (Pays-Bas) a réussi à porter cette réduction à sa limite ultime: leur densité de stockage atteint 500 téraoctets par pouce carré (Tbpsi).

Autrement dit, la mémoire qu'ils ont créée est 500 fois plus performante que celle du meilleur disque dur commercial actuellement disponible.

« En théorie, cette densité de stockage permettrait à tous les livres jamais créés par les humains d'être mémorisés sur un disque dur de la taille d'un timbre-poste », explique Sander Otte, physicien directeur de cette recherche mise en valeur dans la revue *Nature nanotechnology*.

Et pour prolonger le plaisir de l'image, les chercheurs estiment pouvoir faire rentrer tous les livres de la Bibliothèque du Congrès américain dans un tube de 100 microns. Autrement dit, le diamètre moyen d'un cheveu!

Science-fiction? Pas du tout. Tout réside dans la compréhension de la mémoire atomique et dans la maîtrise des outils pour modéliser l'infiniment petit.

Les chercheurs ont en effet réussi à stocker des données dans les atomes de chlore d'une surface de cuivre. Plus précisément, à la position de chaque atome de chlore correspond un bit.

Avant d'aller plus loin, rappelés que dans nos ordinateurs et autres smartphones, les données sont codées sous forme binaire: elles sont un assemblage particulier de 0 et de 1 à la queue leu leu. Ce sont les bits. Ces données sont exprimées en activant ou désactivant de minuscules transistors agissant comme des interrupteurs.

La mémoire atomique ex-

ploite également ce système binaire mais selon une autre approche.

Sur la plaque de cuivre, chaque atome de chlore peut glisser vers l'avant et vers l'arrière entre deux positions verticales: une haute (dans ce cas l'atome de chlore est perché au-dessus d'un vide et le bit est égal à 1) et une basse (le bit est alors égal à 0).

Si la théorie paraît relativement simple, la mise en pratique relève de l'orfèvrerie. Pour créer cette nouvelle mémoire, les chercheurs ont dû manipuler et déplacer les atomes de chlore un à un à l'aide de sondes extrêmement fines et de microscopes ultraperformants. En effet, le diamètre d'un atome étant grosso modo de 1 mm divisé par 10.000.000, une bonne paire de lunettes ne suffit pas à y voir clair.

Si la théorie paraît relativement simple, la mise en pratique relève de l'orfèvrerie

Quid de la durée de vie de la mémoire ainsi créée? Actuellement, elle est temporaire. Plusieurs essais ont révélé que l'inscription atomique des données restait stable durant plus de 40 heures (c'est-à-dire plus stable que toutes les solutions expérimentées jusqu'alors et exploitant des atomes libres), à une température de... -196°C. C'est frisquet. Et c'est la principale raison qui freine actuellement le développement commercial de la mémoire atomique.

Toutefois, il faut également noter un autre point positif: il s'agit d'une mémoire réutilisable. On peut effacer les données stockées et en inscrire de nouvelles à l'envi.

Si l'outil doit encore être perfectionné pour trouver sa place dans les applications pour le grand public, il ne fait nul doute que l'aventure de la mémoire atomique est en marche. Et qu'elle fera partie des solutions de stockage de masse de demain. Pour les livres, mais aussi les vidéos, la musique et autres photos. ■

LAETITIA THEUNIS

FONCTIONNEMENT

Des blocs de bits aux allures de code QR

Pour fabriquer une mémoire de 1 kilo-octet (8.000 bits), les chercheurs ont organisé les atomes de chlore en 127 blocs de 64 bits. Pour s'y retrouver dans cette jungle atomique, des marqueurs identiques aux codes QR (que l'on retrouve régulièrement dans les publicités) identifient l'emplacement précis de chaque bloc sur la surface de cuivre. Si un bloc est endommagé suite à la présence d'un contaminant ou d'un défaut sur la plaque de cuivre, le marqueur le signale. Environ 12 % des blocs sont impropres au stockage de données en raison de ces problèmes. Malgré cela, ce système pourrait aider à créer une mémoire atomique commerciale de très grande capacité.

L.T.H.

CLIN D'ŒIL

Rappelez-vous Richard Feynman

Pour démontrer l'efficacité de leur méthode, les chercheurs néerlandais ont fabriqué un disque dur « maison » de 100 nanomètres de large. Autrement dit un minuscule dispositif dont la taille correspond à un mètre divisé par 10.000.000. Sur cette mémoire atomique, ils ont enregistré une partie d'une des fameuses conférences données par Richard Feynman en 1959. Et pas n'importe laquelle. Il s'agit de la conférence « There's plenty of room at the bottom », dans laquelle le célèbre physicien américain parlait justement de la manipulation d'atomes. Prix Nobel de physique en 1965, il est considéré comme l'un des hommes les plus influents du XX^e siècle. Au-delà de sa mort (en 1988), il continue donc à inspirer l'audace intellectuelle. Le clin d'œil a de quoi faire sourire les geeks.

L.T.H.

l'expert « Enthousiasmant, mais pas pour un avenir proche »

ENTRETIEN

Pour Hugues Bersini, professeur d'informatique à l'ULB, les disques moléculaires ont un potentiel énorme, mais il faudra du temps avant de les maîtriser.

Un disque dur moléculaire, cela sonne un peu comme de la science-fiction, non ?

Ce n'est pas tout à fait neuf. Depuis des années, il existe de nombreuses recherches dans le domaine du stockage. Pour le moment, les applications concrètes restent tout de même assez éloignées. On a également beaucoup parlé du stockage de données via de l'ADN, mais on s'est rendu compte depuis que le support biologique était trop instable, ce qui augmentait le risque de perte de données. Un problème que ne devraient pas rencontrer ces chercheurs puisqu'ils travaillent à partir de molécules de chlore qui doivent être plus stables. Mais, oui, toutes ces recherches sont très encourageantes et enthousiasmantes. Potentiellement, ce type de système est extraordinaire. Mais il ne faut pas s'attendre à assister à la démocratisation de telles technologies dans un avenir proche, ni même à moyen terme. Je ne pense pas voir ce genre de disque dur de mon vivant.

Comment fonctionne le stockage à l'heure actuelle ?

Il existe aujourd'hui de nombreuses manières de stocker des données. La plus répandue est le disque dur magnétique. C'est à l'heure actuelle le plus économique. Lentement, le disque dur électronique, qu'on appelle SSD, commence à s'imposer. De plus en plus, on voit également sortir des disques hybrides, qui allient la fiabilité et la capacité des premiers avec la rapidité des seconds. Enfin, il convient de ne pas oublier le matériel optique comme les CD et autres DVD, qui restent populaires. Mais surtout, on assiste depuis quelques années à l'émergence



Hugues Bersini est professeur d'informatique à l'ULB.

© PIERRE-YVES THIENPONT

de la parallélisation. Ce qu'on appelle plus couramment le « cloud », le stockage sur internet. Mais ce stockage sur internet est en réalité lui aussi un stockage physique. On construit de très grandes « fermes » à disques durs, des data centers, où l'on met côte à côte des milliers de disques. On construit ce genre de centres en permanence, surtout dans les pays nordiques, pour profiter du climat frais nécessaire à l'évacuation thermique. Car l'empreinte écologique de ces data centers est considérable. On estime que les émissions de CO₂ résultant de l'informatique comptent pour 5 à 6 % des émissions globales. Et la pollution est encore plus large si on considère les déchets matériels de ces disques durs et de ses composants difficilement recyclables. L'utilisation de SSD se montre déjà moins gourmande en termes de consommation électrique, mais l'utilisation de disques magnétiques est toujours plus rentable. Il faut un certain temps avant qu'une technologie supplante une autre. Ce qui est certain, c'est que des efforts de miniaturisation peuvent encore se faire sur les technologies existantes. Mais on n'arrivera pas à les rétrécir

au niveau de ce disque moléculaire sans se heurter à la loi de Moore, annonçant que la miniaturisation et l'amélioration de la puissance informatique se heurteraient, aux alentours de 2017, à une limite physique, celle de la taille... des atomes.

Qu'est ce qui peut freiner le développement industriel de ce genre de disque ?

Les contraintes environnementales semblent énormes. Une des plus compliquées à surmonter, selon moi, reste la température extrêmement basse pour faire fonctionner le système. Pas loin de -200°C, c'est très bas, et j'ai beaucoup de mal à imaginer un ordinateur capable de maintenir un de ses composants à une telle température. L'environnement sous vide pour éviter toute contamination est aussi difficile à concevoir, mais les disques durs que nous utilisons quotidiennement sont eux aussi soumis à de très fortes contraintes. C'est pour cela que l'on ne voit jamais le disque lui-même, protégé dans un boîtier presque totalement étanche. Enfin, il est très difficile d'évaluer la fiabilité de ce genre de système. On peut parfois l'oublier mais, sur un disque dur, les données ne sont jamais parfaitement à l'abri. Le matériel a une durée de vie limitée, surtout s'il permet la réécriture. Un SSD, aujourd'hui, ne permet par exemple qu'une centaine de réécritures au même endroit. On a souvent tendance à penser qu'une fois stockées, les données sont protégées, mais mieux vaut en faire des copies. Je répète souvent qu'en matière de stockage d'informations, on n'a encore rien inventé de mieux que le papier. On retrouve encore aujourd'hui des traces écrites remontant à l'Antiquité. Je ne suis pas certain que les disques que nous utilisons aujourd'hui soient encore utilisables dans 2.000 ans. ■

Propos recueillis par THOMAS CASAVECCHIA