

Processeurs : la loi de Moore sauvée par les nanotubes de carbone

La loi de Moore appliquée aux transistors en silicium atteint aujourd'hui ses limites physiques. Il est impossible de créer une porte du transistor inférieure à 7 nanomètres (nm) sans risquer de perdre le contrôle des électrons. Rappelons que la porte est la partie du transistor qui laisse entrer, ou pas, les électrons pour créer les états actif (1) ou inactif (0) propres au système binaire qui régit aujourd'hui l'informatique.

Une porte de silicium inférieure à 7 nm engendre un phénomène dit de «tunnel quantique» dans lequel le déplacement aléatoire des électrons risque d'altérer les états des transistors. Autrement dit, un transistor supposé être éteint (0) pourrait de fait être allumé (1). Au risque de fausser les applications qui les exploitent.

Cette limite physique impose donc à terme un arrêt à la loi de Moore qui, pour mémoire, édicte le doublement du nombre de transistors tous les deux ans environ grâce à la réduction de la taille de gravure. Et l'industrie n'est pas très loin de cette limite. Aujourd'hui, les [Kaby Lake](#), la dernière génération en date des processeurs Intel, sont gravés en 14 nm. L'entreprise de Santa Clara a annoncé que la prochaine génération de puces électroniques serait gravée en 10 nm. Intel, AMD et Global Foundries ont par ailleurs officiellement annoncé que la poursuite de la réduction des transistors de silicium ne serait plus viable économiquement à partir de 2021. Rappelons que chaque génération de technologie de gravure impose de nouveaux équipements et chaîne de production dont les investissements se chiffrent en plusieurs milliards de dollars.

Un transistor à 1 nm mais à quel coût?

Mais la miniaturisation des transistors n'en poursuit pas moins sa route. Des chercheurs du laboratoire national Lawrence Berkely prétendent avoir développé le plus petit transistor au monde. La taille de sa porte ne dépasse pas 1 nm. Pour y parvenir, l'équipe dirigée par Ali Jarvey ne s'est pas appuyée sur du silicium mais a utilisé des nanotubes de carbone et du disulfure de molybdène. L'exploit ne réside pas tant dans l'utilisation des matériaux, les nanotubes de carbone étant étudiés depuis plus de 10 ans déjà, que dans le procédé de fabrication pour atteindre une telle miniaturisation. Les travaux des scientifiques ont été publiés dans la revue [Science](#).

Ces transistors en nanotubes permettraient donc de repousser la problématique de la miniaturisation des transistors et ouvriraient la porte à la création de processeurs à la capacité de calcul démultipliée en autorisant l'intégration de milliards, voire dizaine de milliards, de transistors. En théorie du moins. Il reste encore à construire un tel processeur, c'est-à-dire à assembler les transistors entre eux selon une architecture définie sur un unique support connectable à une carte mère (ou un circuit électronique) et s'assurer que les électrons ne partent pas dans tous les sens. Ce qui n'est pas impossible mais il faudra vérifier que le procédé de fabrication des transistors en nanotubes reste rentable pour la production de masse. Ce qui pourrait encore prendre de nombreuses années.

Des alternatives

Face à l'impasse où mène la loi de Moore, l'industrie déploie d'autres pistes pour continuer à faire progresser les capacités de calculs de systèmes. Notamment en concevant des composants spécialisés dans des tâches uniques. Récemment, [Intel a présenté Startix 10](#), une nouvelle puce qui présente la particularité d'être programmable après sa fabrication. Elle viendrait notamment seconder des processeurs traditionnels, type Xeon x86, pour les soulager des calculs de tâches spécifiques. Une architecture adoptée par Microsoft pour ses [datacenters Azure](#). Intel a également annoncé [le rachat de Movidius](#), société qui a développé un processeur dédié à l'analyse d'images.

Nvidia de son côté développe des composants spécialisés en intelligence artificielle. L'entreprise a récemment présenté [Xavier](#), une plate-forme dédiée au calcul de la conduite autonome. Plus globalement, [le rachat de ARM par Softbank](#) est un indicateur des enjeux qui s'annoncent dans l'industrie de l'Internet des objets (IoT) et ses besoins de calculs spécifiques et économes en énergie. Et n'oublions pas les travaux en cours sur [l'informatique quantique](#) qui vise à démultiplier les puissances des super calculateurs. Bref, nombreuses sont les solutions qui permettront de palier la fin de la loi de Moore en attendant son successeur.

Lire également

[Le premier ordinateur en nanotubes de carbone construit à Stanford](#)

[KiloCore : une puce économe dotée de 1000 coeurs](#)

[Un La microélectronique à l'aube des transistors nanotubes carbone avec un passage sous les 10 nm](#)

Photo credit: ghutchis via [Visual Hunt](#) / [CC BY](#)