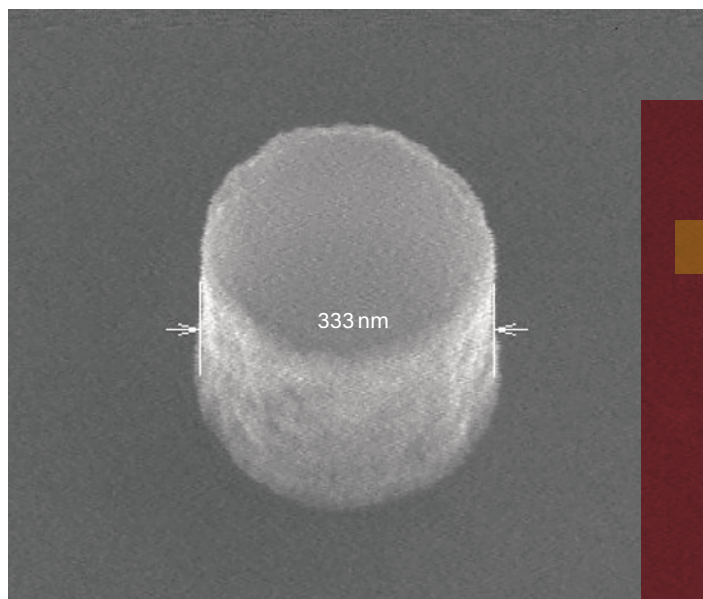




← Les jonctions tunnel magnétiques (*ici vue au microscope électronique à balayage*) sont fabriquées en plusieurs étapes. On fait croître les couches de matériaux l'une après l'autre par pulvérisation cathodique dans une enceinte sous vide. Ensuite, pour obtenir des jonctions d'un diamètre inférieur au micromètre, le matériau est recouvert d'une résine électrosensible et d'un masque sur lequel est dessinée la forme de la jonction. L'ensemble est soumis à une source d'électrons (lithographie) et la résine exposée est conservée. Les parties non protégées par la résine du matériau sont gravées et retirées pour ne garder que la forme de la jonction.

106

sur une puce de silicium. Ces mémoires trouvent déjà des applications en électronique usuelle, car elles associent les qualités des deux grandes familles de mémoires informatiques : la vitesse de lecture et d'écriture des mémoires vives et la capacité des mémoires de stockage à conserver durablement les informations.

On se rapproche de l'idée de puces neuromorphiques, car il est possible d'insérer facilement des jonctions tunnel magnétiques aux endroits les plus utiles pour stocker des données sous forme de bits au sein des circuits en silicium qui réalisent les calculs. Comme dans le cerveau, où les synapses sont au contact des neurones, ces synapses artificielles seront au plus près du cœur de calcul en silicium. Pour utiliser un algorithme de réseau de neurones dans ce dispositif, il suffit de configurer toutes ces synapses avec les bonnes valeurs pour définir la tâche du programme. Selon le jeu de valeurs mis en place, le réseau sera en mesure d'identifier des éléments dans des images, du son...

En réduisant drastiquement les échanges de données entre mémoire externe et processeur, on exécuterait des algorithmes d'intelligence artificielle en dépensant moins d'énergie. Cette piste est activement explorée dans les laboratoires académiques et industriels. Elle n'est cependant pas entièrement satisfaisante : il faut connaître à

l'avance les bonnes valeurs à mémoriser par les synapses pour effectuer une tâche. Le dispositif n'a pas les capacités d'adaptation d'un vrai cerveau. Or on souhaite, idéalement, un circuit qui soit en mesure d'apprendre de nouvelles tâches.

INITIALISER LES SYNAPSES

Dans les algorithmes de réseaux de neurones, on a souvent une première phase, dite « d'apprentissage », où le réseau ajuste la valeur des synapses afin d'exécuter de mieux en mieux la tâche assignée. Malheureusement, la technique par laquelle l'algorithme identifie les bonnes valeurs des synapses dans les réseaux de neurones artificiels est fondée sur une méthode mathématique complexe, la « rétropropagation du gradient » (*voir les Repères, page 6*). Celle-ci exige des calculs nombreux, très précis et donc énergivores. Elle est bien adaptée sur un ordinateur, mais pas nécessairement pour un système inspiré du cerveau fonctionnant avec des calculs moins précis.

Pour rester dans la logique des systèmes neuromorphiques, il serait plus judicieux de s'inspirer encore une fois de la façon dont le cerveau apprend. En particulier, les synapses biologiques ne servent pas simplement comme mémoire, elles sont aussi au cœur du mécanisme de l'apprentissage. Elles sont en effet « plastiques » : elles