

Flavio Abreu Araujo

L'ordinateur Neuromorphique

On pourrait croire tout connaître des particules qui font fonctionner notre électronique moderne. Mais les électrons n'ont pas dit leur dernier mot. Flavio Abreu Araujo, nouveau Chercheur qualifié à l'UCLouvain, a bien l'intention d'exploiter une de leurs propriétés remarquables, le spin, et ainsi concevoir des ordinateurs au fonctionnement proche de notre cerveau.



© JULIEN DE WILDE

Au commencement étaient les mathématiques. « Très tôt, dès l'école primaire, je me souviens avoir eu une passion pour ce qui était, pour moi, un véritable jeu », raconte Flavio Abreu Araujo d'une voix douce. Mais au fur et à mesure des études, son cœur penche vers l'informatique, puis la physique. « Et puis je me suis fixé le défi de l'examen d'entrée de l'École Polytechnique de Louvain pour un cursus en Ingénieur civil, sourit-il. Je ne l'ai jamais regretté, tant la pluridisciplinarité du parcours me correspondait. »

Il se passionne alors pour la spintronique, une discipline née à la fin des années 1980 qui exploite le spin de l'électron, c'est-à-dire l'équivalent quantique du sens de rotation de la particule sur elle-même. Il en fait alors le sujet central de sa thèse, ce qui lui permet de réunir ses trois passions. « Le but de ma thèse était de caractériser des nano-oscillateurs à transfert de spin, explique le chercheur. J'ai pu à la fois mener des mesures expérimentales, construire un modèle de simulation numérique afin de mieux en appréhender les rouages, et développer un modèle purement mathématique pour décrire des nano-oscillateurs particuliers dits à vortex. »

Pour simplifier, les nano-oscillateurs à transfert de spin (NOTS) sont des nano-objets aux propriétés magnétiques. Lorsqu'on y applique un courant électrique, celui-ci va induire une polarisation en spin des électrons de la couche dite libre. En faisant varier la tension du courant, on peut ainsi les faire osciller, un peu comme une toupie instable. « Le cœur de mon projet se trouvait dans les propriétés de synchronisation de deux nano-oscillateurs entre eux, via l'interaction magnétique dipolaire », détaille-t-il.



BIO EXPRESS

Lieu de naissance : Viana do Castelo (Portugal)

Études universitaires : Ingénieur Civil Physicien à l'UCLouvain

Thèse : Dynamical and synchronization properties of vortex based spin-torque nano-oscillators UCLouvain

Bourse : FNRS-FRIA, CDD CNRS, Chargé de recherches FNRS

Prix : Prix La Recherche 2018, catégorie Physique

Signe particulier : Organisateur et joueur de futsal dans plusieurs ligues amateurs

Histoire de neurones

Cette expertise lui permet, une fois sa thèse en poche, d'effectuer un post-doctorat en tant que théoricien à l'Unité mixte de Physique CNRS Thalès, à Paris, pionnière dans le domaine du neuromorphic computing. « Je me suis véritablement rendu à la Cathédrale de mon domaine de recherche, avoue-t-il, car j'ai pu travailler avec les gens qui m'ont inspiré durant mon cursus, et notamment le Pr Albert Fert, Prix Nobel de physique en 2007 et père de la spintronique. J'y ai découvert une ambiance de recherche à la fois très stimulante et très décontractée qui m'a beaucoup apporté, et que j'essaie aujourd'hui de perpétuer dans mon laboratoire ».

Le jeune chercheur y participe à un domaine émergent étonnant initié par la Dr Julie Grollier, un domaine qu'il continuera à explorer lors de son retour à l'UCLouvain, en tant que Chargé de recherches FNRS : démontrer que les propriétés intrinsèques des NOTS peuvent permettre de les utiliser comme des nano-neurones artificiels. En faisant varier le courant d'entrée, cela modifie

la vitesse de rotation, ce qui engendre des impulsions électriques périodiques... Exactement comme un neurone excité ! En utilisant un seul nano-oscillateur pour imiter un réseau entier de quatre cents neurones, les chercheurs ont alors montré que ce dernier pouvait reconnaître des chiffres parlés, avec un taux de succès remarquable.

Bien sûr, le cerveau ne se limite pas aux capacités de calcul des neurones et les synapses, les connexions entre les neurones jouent également un rôle primordial. « C'est là tout le sens de mon projet FNRS, explique Flavio Abreu Araujo. Lors de ma thèse, j'ai pu étudier en profondeur l'interaction qui surgit entre deux oscillateurs proches l'un de l'autre. On peut ainsi l'exploiter pour créer et contrôler un état de synchronisation, ce qui revient à créer une synapse artificielle. Aujourd'hui, je compte disposer dix nano-oscillateurs en cercle où chacun sera synchronisé avec les neuf autres. Cela créera un système complexe qui émulerait une sorte de nano-cerveau artificiel. Mon objectif est de montrer qu'il est possible de résoudre des tâches cognitives simples à cette échelle ».

Une recherche d'avenir

Cette ambition n'est pas sans rappeler les avancées de l'intelligence artificielle (IA) de ces dernières années. Cependant, les IA présentent un inconvénient majeur, souvent méconnu : leur consommation énergétique. Par exemple, les modèles utilisés pour le traitement de langage naturel consomment près de 1000 kWh, ce qui équivaut à six ans de ressources pour notre cerveau et ce, pour la totalité de son activité ! Il n'est donc guère étonnant que les chercheurs tentent de trouver des solutions alternatives. « L'ordinateur neuromorphique est intéressant à double titre, détaille Flavio Abreu Araujo. Pour son efficacité énergétique d'une part, car les calculs montrent qu'une telle architecture permet d'en diminuer la consommation jusqu'à quatre ordres de grandeur. Mais également grâce à sa taille : une puce réunissant les

deux propriétés neuronales et synaptiques ne mesurerait qu'un μm^2 , ce qui est impossible avec l'électronique standard. »

Pour réaliser ce projet, Flavio Abreu Araujo compte s'appuyer sur la somme des acquis techniques qu'il a patiemment accumulés au fil du temps. « Rien que le modèle mathématique qui permet de rendre compte du comportement précis des oscillateurs m'a pris près de dix ans, estime-t-il. Depuis mes premières années de thèse, j'ai toujours eu à cœur d'explorer différentes directions, et je peux enfin les réunir aujourd'hui. »

Reste que le chercheur, aujourd'hui à la tête de l'Unité de Neuromorphic Computing de son institut, ne se voyait pas construire un tel projet ailleurs qu'à l'UCLouvain. « Avec les années, j'ai bâti ici un environnement à la fois intellectuel, social et sportif extrêmement stimulant, confie-t-il, un peu ému. Et je suis très heureux de l'opportunité que m'offre ce poste de Chercheur qualifié FNRS de pouvoir continuer à explorer la science de façon libre et indépendante. »

Thibault Grandjean

“

Au commencement étaient les mathématiques. « Très tôt, dès l'école primaire, je me souviens avoir eu une passion pour ce qui était, pour moi, un véritable jeu ».