

L'Homme qui plantait des neurones

Par Benjamin Tanguay

Son style se résume à une enfilade de traits courts et saccadés. Quelques droites ici et là, puis l'artiste s'arrête pour réfléchir. Dans une galerie d'art de Perth en Australie, une foule s'est réunie pour assister à sa démonstration. Malgré les regards interloqués et les murmures sceptiques, il poursuit son boulot, imperturbable. Chaque mouvement de ses larges bras métalliques est accompagné du bruit d'une détente d'air comprimé. On dirait du *pop-corn* qui éclate. Après un moment, le portraitiste s'interrompt : à quelques milliers de kilomètres de là, dans la boîte de Pétri d'un laboratoire d'Atlanta, un réseau formé d'une centaine de milliers de neurones de rats contemple d'un œil critique sa nouvelle création.

Quel type d'art la matière grise du rongeur affectionne-t-elle? L'art abstrait... très abstrait. En toute honnêteté, il faudrait avoir les sens drôlement aiguisés pour distinguer le visage sensé être reproduit parmi la forêt de lignes enchevêtrées. Peu importe, les œuvres du cyborg à demi-vivant n'ont pas besoin d'être esthétiquement belles pour toucher le public. « Lorsque les visiteurs de la galerie comprennent réellement ce qu'ils ont sous les yeux, leur perception du vivant et des possibilités technologiques est rudement mise à l'épreuve », confie non sans fierté Guy Ben-Ary, artiste responsable du projet MEART. Entre 2002 et 2006, cette création conjointe du chercheur Steve Potter du Georgia Institute of Technology à Atlanta et du collectif en arts biologiques Symbiotica a fait le tour du monde. Quatre portraits ont même été vendus au Musée d'art contemporain d'Estrémadure et d'Amérique latine, en Espagne.

Le cerveau qui contrôle MEART est pourtant loin d'être unique en son genre. La première culture d'un réseau de neurones, issue d'une variété d'escargots, date de 1972. Depuis le milieu des années 1980, la technique est utilisée à grande échelle dans les recherches médicales. Les années 2000 ont toutefois vu exploser le nombre et la variété des recherches faites dans le domaine. Médecine, robotique et même sciences informatiques : l'intérêt pour ces légions de neurones en culture n'a comme limite que la curiosité des scientifiques.

Pilote télépathe

« Si on savait comment transmettre l'information à la culture de neurones, on pourrait probablement lui apprendre à jouer aux échecs », rêve Kevin Warwick, professeur de cybernétique à l'Université Reading en Angleterre. À quand un réseau neuronal pouvant rivaliser avec Garry Kasparov? Il y a loin de la coupe aux lèvres.

Dans le laboratoire du chercheur anglais, un robot téléguidé évite prestement les obstacles dressés sur son chemin. Pour l'instant, l'équipe de Kevin Warwick a appris au pilote de l'appareil, l'enchevêtrement de 100 000 neurones de rats qui repose tranquillement dans un incubateur de la pièce voisine, à éviter les murs quatre fois sur cinq. Un exploit!

Pour le groupe de scientifiques dirigé par Warwick, créer une nouvelle tête pensante pour diriger leur *hybrot* – un combinaison des mots hybride et robot utilisée pour décrire la créature – n'est pas très compliqué. On prélève d'une rate enceinte un embryon dont on extrait les neurones du cortex cérébral.

Plus les tissus sont jeunes et frais, meilleur est le résultat. Les liens existants entre les neurones sont ensuite dissociés à l'aide d'une enzyme. Puis on dépose la culture sur un lit d'électrodes microscopiques.

Au bout de quelques minutes seulement, les neurones déploient les prolongements tentaculaires qui deviendront plus tard les dendrites et les axones leur permettant de communiquer entre elles. Les connexions se créent rapidement. Après une semaine, les premiers signes d'activité électrique sont enregistrés par les électrodes. Un peu comme un animal de compagnie, il faudra nourrir ce réseau et nettoyer ses déjections tout au long de sa vie en laboratoire.

Entre la troisième et la quatrième semaine de développement, les neurones sont jugés prêts à apprendre. L'équipe de Kevin Warwick teste alors une par une les électrodes branchées à la culture afin de communiquer avec elle. Pour chaque signal électrique envoyé, les chercheurs écoutent en quête d'une réponse régulière. C'est ce qui se produit lorsque, par exemple, en stimulant le réseau neuronal via l'électrode 25, ils reçoivent une réplique quelques millièmes de seconde plus tard dans la 28. S'ils captent un tel écho 30% du temps, les scientifiques savent qu'ils ont trouvé un circuit neuronal utilisable. L'équipe connecte alors la première électrode au système de détection qui sert d'yeux au robot, et la deuxième à son moteur. C'est parti. Une fois sur cinq, quand l'*hyprot* détecte un mur, la connexion dans le réseau neuronal lui permet de tourner et d'éviter la collision.

Avec le temps, le robot apprend et bientôt ses chances deviennent meilleures. Chaque fois qu'il contourne un obstacle, le chemin neuronal qui relie la première électrode à la deuxième est renforcé. « C'est comme un enfant apprenant à marcher. Au début, il trébuche et tombe quatre fois sur cinq, mais le fait qu'il ne tombe pas dans le dernier cas augmente ses chances de répéter son exploit », commente Kevin Warwick. C'est ce qu'on appelle l'apprentissage hebbien ou l'apprentissage par habitude.

À 28 jours à peine, le cerveau d'un jeune rat arrive au terme de son développement. Pour le réseau neuronal qui contrôle le bolide, cependant, c'est le début de l'âge adulte. La vie utile d'un *hyprot* est très limitée. Bien que des chercheurs aient conservé des cultures en vie pendant deux ans, la marque des trois mois sonne le glas de l'expérience pour Kevin Warwick. « Après, c'est comme si on avait affaire à une personne âgée. On augmente le voltage des stimuli, mais c'est comme si la culture n'y prêtait plus attention, explique-t-il. Le robot a l'air vieux, hésitant et fatigué. »

La prochaine étape? Tenter de répéter l'expérience sur des cultures de neurones humains. Le professeur en cybernétique espère que ces cellules amélioreront les performances de l'*hyprot* sinon « on ne publiera jamais de papier là-dessus », déclare-t-il en riant. Le tout, sans perdre de vue le but ultime de ses recherches, qui est de mieux saisir le fonctionnement du cerveau humain. « Si on peut comprendre comment la mémoire stocke l'information grâce aux modèles fournis par les cultures de neurones, on aura peut-être de meilleures chances de lutter contre l'Alzheimer. »

Les cultures au secours de la médecine

Dans son laboratoire d'Ottawa, Geoff Mealing du Conseil national de recherches Canada utilise régulièrement des cultures de neurones dans ses expériences. Les réseaux neuronaux *in vitro* lui permettent des manipulations impossibles à faire sur des animaux vivants. En une semaine, une rate enceinte produit à elle seule suffisamment d'embryons pour créer plusieurs douzaines de cultures. La

chance d'épargner plusieurs cobayes, un meilleur contrôle de l'environnement autour des cellules et une plus grande précision: les avantages de l'approche sont indéniables.

Les maladies neurodégénératives sont dans la ligne de mire de cet expert. Tant le Parkinson que l'Alzheimer ou l'épilepsie affectent la façon dont les neurones communiquent. Un dérèglement se produit. « Si on arrive à comprendre les mécanismes à l'origine de ce changement, on peut trouver des cibles à atteindre et développer des médicaments ou des traitements », explique-t-il.

Pour décortiquer cette mécanique, encore faut-il avoir l'équipement pour la voir à l'œuvre. Dans ce domaine, si les études sur les réseaux neuronaux ont une nette longueur d'avance sur les méthodes non invasives comme les électroencéphalogrammes, les outils disponibles laissent encore à désirer. Les électrodes utilisées avec les *hybrots* sont trop grosses et trop peu nombreuses pour espérer intercepter les interactions entre des neurones individuels. À sa résolution maximale, cette technologie permet seulement de suivre les échanges auxquels se livrent des groupes constitués d'une vingtaine de neurones. C'est un peu comme si les chercheurs essayaient d'observer les activités d'une fourmi du haut d'un escabeau.

La technique « patch clamp » élaborée dans les années 1970 permet de remédier à ce manque de précision. En appliquant une pipette à embout microscopique sur la paroi d'une cellule neuronale, il est possible de capter tous les influx électriques qu'elle envoie ou reçoit. La méthode exige cependant de nombreuses manipulations compliquées qui la rendent inapplicable pour l'observation à plus grande échelle.

Geoff Mealing espère moderniser la technique et surmonter ses limites. Avec son groupe de chercheurs, il a déjà réussi à automatiser le processus et peut suivre individuellement l'activité de huit neurones dans une culture et, indirectement, celle de centaines d'autres. Grâce à cette approche, il souhaite entre autres tester des médicaments et documenter leurs effets avec plus d'exactitude que jamais.

Ottawa est au Canada un centre névralgique pour la recherche sur les neurones en culture. Alors que Geoff Mealing travaille d'arrache-pied pour augmenter l'utilité des réseaux neuronaux, à quelques minutes de son laboratoire, deux de ses collègues de l'Université d'Ottawa ont fait une découverte étonnante. Elle pourrait remettre en cause la validité de plusieurs études dans le domaine.

D'après le professeur en médecine William Staines et son étudiante Sarah Schock, ce n'est qu'à la cinquième semaine de leur développement que les cultures de neurones deviennent tout à fait matures pour les expériences médicales. Or, la plupart des chercheurs commencent leurs manipulations dès la deuxième semaine de croissance du réseau. En débutant trop tôt un traitement sur une culture, ils courent le risque d'obtenir des données non significatives parce que certains récepteurs n'ont pas encore eu le temps de se développer. « Il faudrait attendre trois à quatre semaines de plus pour que leurs résultats ne soient pas affectés par la maturité des neurones », suggère William Staines.

Un rat dans votre ordinateur

Au téléphone, l'accent de Paolo Bonifazi est à couper au couteau. Le scientifique d'origine italienne a été l'un des premiers à s'intéresser au potentiel des neuro-ordinateurs. Son ambition? Programmer un réseau de neurones comme on le ferait pour un logiciel. Un rêve dont le jeune homme, aujourd'hui chercheur dans un laboratoire de l'Université de Tel-Aviv, s'est déjà rapproché en 2005 en apprenant à une culture neuronale à reconnaître la forme de la lettre « L ».

L'objectif n'est pas de montrer aux neurones de rat à lire, mais plutôt de comprendre comment ils travaillent en réseau. Le potentiel est immense. Alors que les ordinateurs effectuent leur tâche de A à Z, le cerveau subdivise les problèmes en parties. Chaque cellule nerveuse complète une petite portion du travail avant de passer l'information à ses voisines. C'est ce qu'on appelle le calcul en parallèle, une manière d'opérer qui décuple la puissance d'analyse de la matière grise.

« Si on savait comment les réseaux neuronaux fonctionnent, on pourrait tenter d'utiliser cette connaissance pour créer de nouvelles générations d'ordinateurs », explique Paolo Bonifazi. Mais on est encore loin de contrôler des cerveaux de rats d'un clic de souris. « C'est comme si on conduisait une *Ferrari* pour rouler à 50 km/h, résume-t-il. On a certainement démontré qu'il est possible d'apprendre quelque chose au réseau, mais on est très loin d'en utiliser tout le potentiel. »

L'art au service de la réflexion

En 2008, le peintre *hybrot* de Guy Ben-Ary a fait place à un autre projet : *Silent Barrage*. Toujours en collaboration avec l'équipe de Steve Potter du Georgia Institute of Technology à Atlanta, l'artiste invite cette fois le public à déambuler au cœur d'un réseau neuronal cultivé.

Dans la galerie australienne, une forêt de poteaux est agencée en fonction d'un motif bien déterminé. Chaque colonne correspond à deux électrodes connectées au réseau neuronal du laboratoire de Potter. Trente-deux tuyaux de métal pour 64 électrodes. Au plafond, quatre caméras suivent à la trace les déplacements de la foule. Un logiciel transforme ces mouvements en stimuli électriques, par après retransmis à la culture. Au gré des réactions du réseau neuronal, de petits robots glissent le long des tiges métalliques.

Silent Barrage. Le nom est porteur de sens. Au tout début de leur développement, les cultures de neurones entrent parfois en effervescence. Dans ce cas, les axones et les dendrites produisent au hasard des décharges électriques, un phénomène appelé barrage. Si certains les considèrent comme un trouble neurologique semblable à l'épilepsie, Steve Potter croit plutôt que les barrages sont causés par un manque de stimulations et nuisent aux capacités d'apprentissage du réseau. L'exposition est donc une expérience scientifique visant à approfondir cette théorie. « Ce qui est vraiment poétique dans notre œuvre, c'est que, par sa participation, nous demandons au public de réduire au silence les barrages, explique Guy Ben-Ary. Sa présence stimule la culture et l'aide à surmonter son comportement épileptique. »

Objets d'étude ou nouvelles formes de vie? Avec son installation, l'artiste invite les gens à réfléchir aux implications éthiques des réseaux neuronaux. Pendant les six mois où il a côtoyé l'équipe de Potter, Ben-Ary a remarqué que les scientifiques développaient une sorte de relation avec leurs cultures, leur donnant même des noms. Si le groupe de chercheurs américains semble considérer ses cellules comme des êtres à part entière, certains craignent qu'elles ne deviennent éventuellement des cerveaux, prisonniers de boîtes de Pétri.

Passionné notoire de cybernétique, Kevin Warwick se délecte de ce débat. « Les philosophes forment une classe à part et quand une culture neuronale atteint une certaine taille, ils commencent à se demander si elle est vivante ou consciente », commente le chercheur. « Il est toujours amusant de les voir s'énervier, lance-t-il à la blague. Steve Potter et moi, on vit pour embêter les philosophes. »

« Je crois que cette technologie est prometteuse, tant pour le traitement de l'épilepsie que pour les ordinateurs. D'un autre côté, on doit faire attention à l'utilisation qu'on en fait, résume Guy Ben-Ary. Je crois qu'un débat éthique, philosophique et culturel doit se faire. » Au bout du fil, il semble éprouver de la difficulté à mettre des mots sur son malaise. « Si pour l'instant les avancées sont symboliques, qui sait comment cette technologie évoluera », finit-il par ajouter.