

Machine cherche cerveau

Par Anabel Cossette Civitella

Francine Renaud comprend tout ce qui se passe autour d'elle, ressent chaque sensation sur sa peau. Elle peut rire, pleurer, avoir froid. Mais son corps tout entier est immobilisé depuis des années à cause de la sclérose en plaques. À 57 ans, Mme Renaud est emprisonnée dans son fauteuil qu'elle fait avancer en soufflant dans une paille. Inspire, expire, avance, recule.

Dans sa chambre exigüe d'un centre d'hébergement et de soins de longue durée, on se croirait dans un film de science-fiction avec tous ces fils, ces tubes, ces gadgets qui trahissent son handicap. Cependant, on comprend vite que son esprit, lui, n'a rien d'altéré, surtout pas sa capacité de s'imaginer en train d'écrire, de bouger les bras, de se dégourdir les jambes. Ou encore de rêver à la technologie qui lui faciliterait la vie.

«Je suis une passionnée de littérature. J'écris beaucoup de textes et de nouvelles à l'ordinateur grâce au code morse que je dicte en soufflant, même si à la longue, c'est fatiguant, souffler dans une paille», explique-t-elle de sa voix éraillée par la maladie.

Pour les patients qui sont «enfermés» dans leur corps, la science est en train de développer une technologie capable de forcer le bunker impénétrable du cerveau. À 6000 kilomètres de Montréal, dans les laboratoires de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, la réalité emboîte le pas à la fiction.

En partenariat avec différentes institutions de réadaptation en Europe, les chercheurs viennent tout juste de terminer le projet TOBI, pour *Tools for Brain-Computer Interaction*. L'étude a duré quatre ans, mobilisé plus de cent participants handicapés moteurs et coûté quelque 16 millions de dollars. Le sujet? Les interfaces cerveau-machine (ICM) qui permettent le contrôle d'ordinateurs, de robots et de prothèses par la seule force de la pensée.

Contrôler un robot par la pensée? Francine Renaud sourit juste à y songer. Sa condition fait d'elle la candidate parfaite.

Des pensées pleines d'électricité

Lorsqu'on bouge un bras, on envoie inconsciemment une commande de l'aire motrice de notre cerveau jusqu'au membre concerné. L'information nerveuse voyage le long de chaque cellule cérébrale en produisant de petites décharges électriques de l'ordre du millivolt. S'il n'y a pas de bris technique dans le réseau de transport, le message passera du cerveau au muscle du bras sans problème. Dans le cas de Francine Renaud, elle donne tous les jours à ses bras l'indication de bouger, mais le message relayé par les neurones se perd en cours de route. C'est là que les ICM pourraient intervenir.

La technique de l'électroencéphalogramme (EEG) utilise des électrodes placées à la surface du cuir chevelu pour attraper au vol l'activité électrique des neurones. L'EEG exprime la variation dans le temps des différences de potentiel électrique qui s'établissent entre les paires d'électrodes. Lorsque le cobaye réfléchit à une instruction précise (par exemple, lever le bras droit), la machine détecte la commande dans l'EEG, ce qui déclenche le mouvement de la prothèse.

Tout au long des quatre années de test, les volontaires de TOBI ont expérimenté la technique de l'EEG, équipés d'un casque dont les 16 électrodes touchaient directement à la peau de leur crâne. Connectés par fil à un ordinateur, les participants handicapés tentaient de contrôler tour à tour un curseur sur un écran, un robot, une prothèse, des petits jeux, etc. «On leur disait par exemple de lever un orteil pour faire avancer le robot, lever un doigt pour le faire reculer», explique José del R Millán, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne et coordonnateur du projet TOBI.

Mais attention. On ne peut pas encore donner d'ordres plus complexes : «Même s'il est tentant de croire qu'on peut lire les pensées des gens, on est bien loin de ça!», insiste le professeur Millán.

«La technologie actuelle ne comprend pas à QUOI tu réfléchis, mais comprend QUE tu réfléchis», précise Tiago H. Falk professeur à l'Institut national de recherche scientifique, basé à Montréal. Chercheur brésilien installé au Québec, il travaille sur des interfaces cerveau-machine notamment pour aider les enfants atteints du syndrome d'enfermement (*locked-in syndrome*) à communiquer. Selon lui, «le fonctionnement des ICM est équivalent aujourd'hui aux systèmes de reconnaissance vocale, comme Siri dans les appareils d'Apple.»

Lorsqu'on pose une question à Siri, le système enregistre la phrase prononcée à haute voix et la compare à une banque de phrases enregistrées dans l'appareil. De la même manière, les capteurs du bonnet EEG identifient la région du cerveau active et la fréquence à laquelle travaillent les neurones, et l'associent à une tâche mentale déjà présente dans la base de données. Une fois que la tâche demandée par le cerveau est reconnue par l'interface, la prothèse effectue la tâche pour laquelle elle est programmée, soit bouger vers le haut, par exemple.

Un dispositif intelligent

Derrière cette conversion de certains schémas de l'électricité cérébrale en un langage compréhensible par les robots, il n'y a pas de magie, mais des algorithmes d'apprentissages, sortes de recettes mathématiques intelligentes concoctées par les chercheurs. Grâce à ces algorithmes, le robot s'adapte aux circonstances.

Certains algorithmes sont plus essentiels que d'autres, indique José del R. Millán : «Peu importe la tâche que vous effectuez, à long terme, vous ne pouvez pas vous concentrer intensivement et exclusivement sur celle-ci.» En effet, si l'on devait penser aux moindres détails d'une action aussi banale que celle de lever un bras, chaque journée serait une corvée pour notre pauvre matière grise! Il en est de même pour les utilisateurs des prothèses commandées par la pensée. Le chercheur continue : «Nous avons donc développé des algorithmes qui, indépendamment de la qualité de la détection de l'intention de la personne, vont garantir la performance de l'appareil. L'intelligence du système compense la difficulté pour une personne d'envoyer un signal clair et net.»

Les robots utilisés dans le cadre de TOBI ne sont pas entièrement contrôlés par le cerveau, mais plutôt semi-automatisés, un peu comme lorsqu'on prend place dans une voiture comme co-pilote et que l'on dicte la direction à prendre. On commande de tourner à droite ou à gauche, mais on ne donne aucune indication sur la vitesse à laquelle le véhicule doit rouler selon la circulation. «Le conducteur, comme le robot, exécute l'intention du co-pilote de façon optimale selon les circonstances. Quant au co-pilote, l'utilisateur de l'ICM, il délègue toutes les autres tâches», illustre M. Millán.

Attention au bruit

Théoriquement, il suffit que les participants pensent à une commande pour que le robot s'exécute. Mais ce n'est pas si simple, car dans l'activité très intense du cerveau, il y a du «bruit». Tenter d'y détecter une activité électrique précise avec un système d'EEG, c'est comme essayer de capter une conversation particulière dans un auditorium bondé de monde en fixant des micros au plafond.

Pour compliquer la donne, si la prothèse ne répond pas immédiatement à l'ordre donné par le participant, des pensées contradictoires peuvent traverser son esprit. «Il y a une contamination dès que la personne pense "non, ce n'est pas ce que je veux dire!"» et le robot ne répond plus, explique le professeur Millán. Le bruit peut aussi résulter de la fatigue du participant, de son humeur, de son stress, de sa maladie... Le signal peut même être altéré par l'épaisseur de la peau de son crâne!

De plus, ne contrôle pas un robot qui veut. Non seulement il faut beaucoup de pratique, mais certaines personnes n'y arriveront jamais. «Ça n'a aucun lien avec l'intelligence, souligne José del R. Millán, mais certaines personnes apprennent très vite à contrôler leurs schémas d'activité, alors que pour d'autres, ça prend plus de temps.»

Des puces et des remous

Malgré toutes les avancées, le casque EEG est encore très imprécis et demande beaucoup d'entraînement pour ceux qui en testent les capacités. Pour atteindre une lecture presque parfaite de l'activité neuronale, il faudrait sauter la barrière crânienne et enregistrer l'électricité des neurones à la source, soit directement... dans l'encéphale. Comme si on pouvait descendre un micro juste au-dessus de la conversation qui nous intéresse dans l'auditorium bondé.

Et c'est possible. En décembre 2012, dans les laboratoires de l'Université de Pittsburgh aux États-Unis, Jan Scheuermann, une patiente tétraplégique, est parvenue à manger une barre de chocolat grâce à un bras artificiel entièrement contrôlé par sa pensée. Plutôt que de porter un casque hérissé d'électrodes, on lui a posé deux puces directement sur le cortex moteur. Chaque neuropuce de la taille d'une petite aspirine est installée à la surface du cerveau dans l'aire responsable des mouvements. La plaquette qui comporte une centaine d'électrodes plus fines que des cheveux humains s'enfoncent dans la matière grise pour capter directement l'électricité.

Cette même technique invasive risque d'ailleurs de voler la vedette à la Coupe du Monde de football au Brésil en 2014. Dans un partenariat international nommé *Walk Again*, des chercheurs des États-Unis, du Brésil et de la Suisse se sont engagés à construire un exosquelette contrôlé par la pensée, qu'une personne tétraplégique utilisera pour donner le coup d'envoi.

Les neuropuces fascinent par leur précision et par la rapidité avec laquelle les cobayes apprennent à s'en servir. Mais la durée de vie des implants est courte et les risques associés à la chirurgie et aux infections sont bien présents. La technologie invasive inspire même la méfiance des spécialistes qui ont une tendance naturelle à douter les uns des autres lorsqu'une percée est annoncée!

C'est le cas de Tiago H. Falk qui demeure suspicieux face à la réelle innovation technologique de *Walk Again*. Pour lui, l'exploit pourrait être truqué. «Pour les besoins des médias, il y aura certainement une personne tétraplégique qui fera le coup d'envoi au Brésil. L'exosquelette qui la soutiendra sera-t-il commandé par la pensée ou préprogrammé pour accomplir une séquence de mouvements qui ne sont pas liés à la volonté de la personne handicapée? Ça c'est une autre histoire!»

Ce qui fait aussi réagir le chercheur, c'est le caractère invasif de cette technologie, uniquement pour tester une ICM. «Recueillir les données d'une manière aussi précise serait le monde idéal, mais moi, je ne demanderais jamais à une personne d'avoir un implant cérébral simplement à des fins d'étude.»

En effet, qui souhaite donner son cerveau à la science de son vivant? Si certaines personnes handicapées sont prêtes à tout pour retrouver leur autonomie, ce n'est pas le cas de Madame Renaud qui reste sur ses gardes : «Ma tête, c'est la seule chose qu'il me reste. Je ne voudrais pas avoir à passer à travers une opération qui me ferait courir des risques.»

Dans chaque technologie, il y a ceux qui ont peur des risques et des enjeux éthiques, explique Jeffrey Stibel, co-fondateur de la première compagnie à commercialiser un implant. Je n'ai vu que très peu de cas, en-dehors de la bombe atomique, où les risques l'emportent sur les bénéfices. Pour les personnes sévèrement handicapées, cette technologie changera leur vie. Pour l'humanité, les capacités à long terme sont de loin plus bénéfiques que n'importe quel risque potentiel.»

Au-delà des difficultés technologiques et éthiques, le réel problème des ICM reste leur coût. Commercialiser les interfaces cerveau-machine n'est pas rentable si seule la clientèle restreinte de personnes aux prises avec des troubles moteurs est visée par la technologie, explique Tiago H. Falk. Pour sortir de cette impasse financière, une seule solution : «Éloigner les interfaces de leur application médicale pour leur donner une application dans la vie de tous les jours», soutient-il. L'armée américaine l'a bien compris puisqu'elle investit également dans les ICM depuis quelques temps déjà. (Voir l'encadré)

On peut déjà acheter des casques affublés d'oreilles de chat qui bougent au gré de votre état d'esprit. Des jeux de table qui font appel à la concentration des usagers sont aussi disponibles pour achat en ligne. Après la *NeuroGaming Conference and Expo* qui aura lieu en mai à San Francisco, jusqu'où ira l'industrie du divertissement qui voit le contrôle des machines par la pensée comme une réelle mine d'or?

C'est peut-être en augmentant les capacités des personnes en santé que la technologie deviendra moins chère et se développera plus vite. Mais la vie de Francine Renaud n'est pas un jeu. On cherche toujours l'investisseur qui permettra aux personnes dans sa condition de retrouver un peu de leur autonomie.

ICM sur un pied de guerre

« Le génie en physique théorique Baranovitch [...] a jumelé un radar et un dispositif de détection infrarouge avec un arsenal contrôlé par la pensée. [...] Dès que le pilote détecte une menace, les pensées déclenchent et guident un missile vers la cible qui est instantanément détruite. Si les Soviétiques pouvaient produire cet avion en masse, cela changerait la structure du monde.»

Clint Eastwood ne devait pas se douter que cette réplique, tirée de son film de science-fiction *Firefox* - qui mettait en vedette un avion de chasse dont les missiles sont guidés par la pensée- aurait un tel lien avec la réalité des années 2010. Quoique les avions ne soient pas encore contrôlés par l'esprit, les militaires s'intéressent déjà aux interfaces cerveau-machine. À l'Université de Pittsburgh, le laboratoire spécialisé dans le contrôle des ordinateurs par la pensée est financé par la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Certains voient là tout l'enjeu d'une technologie qui coûte extrêmement cher : seule l'armée peut subvenir aux besoins financiers des chercheurs.

«Il ne faut pas se leurrer, avec les frais importants qu'occasionnent ces recherches, il y a beaucoup d'intérêts en jeu, autant pour les gens qui y travaillent que pour les gens qui vont en bénéficier», souligne Éric Racine, directeur de l'unité de recherche en neuroéthique à l'Institut de recherches cliniques de Montréal (IRCM).

De surcroît, il fait valoir qu'aux États-Unis, certains s'inquiètent du manque de transparence et de la perte de la liberté académique lorsque la recherche est subventionnée par l'armée. «Les chercheurs ont-ils les coudées franches pour choisir de continuer ou d'arrêter la recherche? Appliquons-nous la même rigueur à la recherche que si elle était subventionnée par des organismes? De plus, qui a accès aux informations? Si l'armée est impliquée, les avancées demeurent-elles un secret d'état?», soulève-t-il.