

Déplacer une chaise roulante ou jouer sur un ordinateur uniquement par l'intermédiaire des pensées. Ce sont les recherches passionnantes auxquelles s'attellent trois groupes de chercheurs, à Martigny, Lausanne et Genève.

PAR OLIVIER DESSIBOURG

# Je pense donc ça bouge!

**D**éplacer un objet par la simple force de la pensée. Ce qui relevait jusqu'à récemment de la science-fiction ou de la parapsychologie devient réalité! Une réalité qui permettrait par exemple à des personnes handicapées physiques de mouvoir leur chaise roulante ou communiquer, le tout rien qu'en y pensant!

Créer une interface portable entre un cerveau et un ordinateur qui actionnerait une machine, tel est en effet le but de ces recherches qui se basent sur une méthode non invasive vieille de huit décennies, l'électro-encéphalogramme. Celle-ci consiste à quantifier l'activité électrique du cerveau générée lorsque le sujet pense.

Dans les années 1970 déjà, l'idée a germé que les signaux ainsi mesurés pourraient être utilisés autrement que pour les seuls diagnostics, pour lancer des commandes par exemple. Trente ans plus tard, plusieurs groupes à travers le monde – dont quelques suisses – travaillent dans ce domaine, qui en encore à ses balbutiements.

«Constatant qu'aucune publication scientifique n'émanait de la Suisse, nous nous sommes lancés il y a trois ans», explique Touradj Ebrahimi, professeur à l'Institut de traitement des signaux de l'EPFL.



José del R. Millán  
avec son robot  
guidé par la pensée.

Depuis, son groupe a notamment développé un jeu informatique qui permet, par la pensée, de guider un vaisseau spatial.

## Première mondiale

D'autre part, José del R. Millán et ses collègues, installés à l'Institut Dalle Molle d'intelligence artificielle perceptive de Martigny (IDIAP), sont parvenus, dans le cadre du Pôle de recherche national IM2, à piloter un robot dans une maquette d'appartement. Une première mondiale! Qui augure des développements intéressants pour des chaises roulantes guidées par la pensée.

Pour fonctionner, ces systèmes font appel à un «bonnet de bain» sur lequel sont installées une trentaine d'électrodes. Celles-ci mesurent à travers le crâne les

courants électriques qui s'établissent entre les neurones lorsque le cerveau est actif. «Nous demandons ensuite au sujet d'effectuer mentalement certaines tâches: imaginer le mouvement d'un bras, visualiser la rotation d'un cube, effectuer des opérations arithmétiques, etc.», explique J. Millán. Or chaque tâche utilise des zones bien définies du cortex cérébral et produit donc une «carte» de courants électriques différente (voir illustration). Ne reste alors plus qu'à y associer une commande précise dans l'ordinateur. Lors des séances suivantes, celui-ci devra reconnaître ces situations caractéristiques pour exécuter lesdites commandes.

Ainsi, dans le jeu de l'EPFL, si l'ordinateur reconnaît que le sujet pense à un mouvement de la main droite, il déplacera



«Lorsque nous avons constaté qu'aucune publication scientifique n'émanait de la Suisse, nous nous sommes lancés», souligne Touradj Ebrahimi.

à une autre, la reconnaissance d'une pensée peut prendre quelques secondes. Impensable dès lors de vouloir piloter un avion de chasse simplement par les pensées, comme dans le film Firefox avec Clint Eastwood (1982).

Les scientifiques préfèrent donc utiliser des systèmes asynchrones, avec lesquels le sujet peut penser quand il le veut, et non plus quand la machine lui indique qu'il peut penser. «Pour que cela fonctionne, il faut que la reconnaissance

Myriam Ramel (2)

le vaisseau spatial vers la droite. De même, un mouvement de l'engin vers l'avant fait suite à la détection d'un calcul mental.

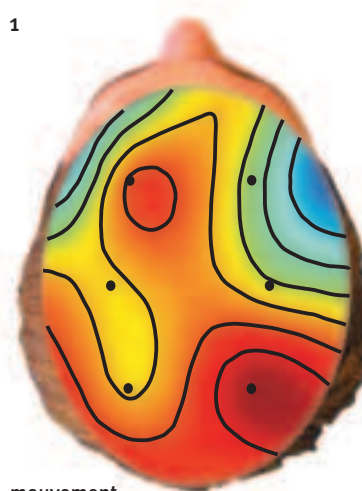
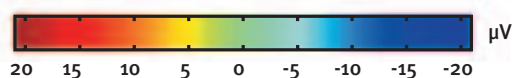
Malgré ces résultats, de tels systèmes souffrent encore de certains défauts. Vu les faibles amplitudes des signaux neuronaux – de l'ordre du microvolt contre des millivolts pour le «bruit de fond» produit par l'environnement électronique –, il se peut que leur transmission entre les électrodes et l'ordinateur soit «brouillée».

Certes, un moyen plus efficace serait de greffer ces électrodes directement dans le cerveau humain, comme cela se fait déjà avec succès sur des singes. Mais cette solu-

tion invasive est souvent éludée pour des questions éthiques.

Pour y remédier, José del R. Millán a trouvé une manière d'amplifier ces signaux dans les électrodes mêmes, et d'améliorer leur «lecture» par la machine. L'équipe lausannoise mise elle aussi sur une optimisation de l'analyse de ces signaux: «Grâce aux complexes algorithmes de calcul que nous utilisons, cela constitue notre spécialité», précise T. Ebrahimi.

Autre inconvénient du système, il est lent à la réaction. Dans un système dit synchrone, où le sujet doit suivre une séquence précise pour passer d'une tâche



1  
mouvement  
du bras gauche



2  
mouvement  
du bras droit



Le jeu informatique de l'EPFL permet de guider un vaisseau spatial grâce à la pensée.

des signaux soit très fine et rapide, et donc le taux d'erreur petit, ce qui est encore difficile à obtenir», détaille J. Millán, qui indique avoir introduit ce genre de système. Il annonce cependant déjà un temps de réponse d'une demi-seconde.

Aux Hôpitaux Universitaires de Genève, le neurobiologiste Christoph Michel et le mathématicien Rolando Grave de Peralta analysent ces signaux selon une nouvelle approche. «Les systèmes actuels se contentent de les étudier en surface du crâne. Notre projet utilise une analyse très poussée qui permet, bien sûr sans être invasif, de localiser en 3D l'activité des régions dans le cerveau», explique le professeur Michel. Cette méthode est

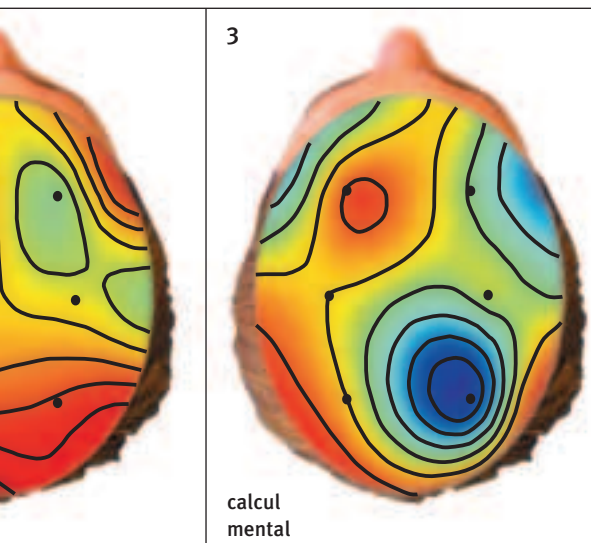


Christoph Michel (à gauche), Rolando Grave de Peralta (au milieu) et José del R. Millán utilisent un casque avec 128 électrodes pour mesurer en 3D l'activité du cerveau.

maintenant intégrée à l'interface cerveau-ordinateur par un groupe multidisciplinaire qui inclut d'ailleurs notamment José del R. Millán.

Dès lors, pour améliorer le taux de correspondance entre les « pensées » réelles et détectées, tous les chercheurs se basent actuellement sur le concept d'apprentissage mutuel: « L'ordinateur indique la pensée qu'il pense avoir détectée. Si cela ne correspond pas, le sujet doit développer des stratégies de pensée de manière à

Chaque pensée produit des cartes de signaux électriques interneuronaux différents, que l'ordinateur doit apprendre à différencier.



faciliter l'acquisition des signaux par la machine. De son côté, celle-ci procède aussi aux adaptations nécessaires», explique J. Millán. Ainsi des séances d'entraînement, à raison de quelques heures par semaine, sont nécessaires. D'autant plus que tout le processus ainsi que les « cartes » de signaux sont différentes pour chaque individu.

### Etudes de masse nécessaires

Les premiers résultats sont donc prometteurs. A l'IDIAP, deux personnes ont réussi à guider le robot dans la maquette. « Le plus étonnant, c'est que ce pilotage mental n'a pris que 35% de temps de plus que lors d'un guidage manuel », se réjouit le chercheur. Le passage à la chaise roulante n'est toutefois pas encore pour demain, pour deux



Pierre-Antoine Grison/Strates

raisons: « D'abord, les performances de ces interfaces vont souffrir du fait que le sujet sera assis sur une plate-forme en mouvement. Ceci à cause des stimuli générés dans son cerveau par la vision. D'autre part, les mécanismes de contrôle de la chaise restent simples, ce qui l'empêche de se mouvoir aisément dans des environnements trop contraignants », détaille le chercheur, qui travaille d'arrache-pied pour régler ces problèmes. Par contre, une utilisation pour des opérations simples, comme actionner un interrupteur, serait déjà réalisable.

Tout en reconnaissant l'imperfection actuelle de ces systèmes, T. Ebrahimi leur associe une possibilité future d'ajouter un canal de communication dans un environnement multimédia au sein duquel, justement, le développement des interfaces hommes-machines ne suit pas le rythme de celui des technologies.

Enfin, pour mieux encore cerner le sujet, et peut-être détecter des similarités entre individus, des études de masse sont nécessaires, comme celle initiée à l'EPFL: « Jusqu'à aujourd'hui, une trentaine de

personnes ont testé notre système. Nous espérons aller jusqu'à 200 », explique T. Ebrahimi. « Mais attention: nous pouvons seulement détecter si le sujet est en train de penser, sans toutefois dire à quoi! Des dérives qui permettraient de lire les pensées des gens sont donc impossibles! », concluent les deux chercheurs de l'IDIAP et de l'EPF, comme s'ils avaient aussitôt lu dans mon esprit, et par là dans celui de tous ceux qui, comme moi, pouvaient penser du mal de tels systèmes... ■

### A vous de penser...

Le groupe de l'EPFL cherche des sujets désirant tester son dispositif. Etes-vous intéressé (ée)? Contactez: [ulrich.hoffmann@epfl.ch](mailto:ulrich.hoffmann@epfl.ch) ou au 021 693 46 21. Infos sur: <http://bci.epfl.ch>. Les participants(es) reçoivent un diplôme attestant de leur participation, incluant des cartes de leur activité cérébrale, ainsi qu'un T-shirt.