Interfaces cerveau ordinateur

"Le contrôle par la pensée, l'interface ultime ?"

Introduction

La possibilité de contrôler des machines par la pensée n'est pas nouvelle. Elle a même donné naissance à une véritable discipline scientifique appelée "BCI" (pour "Brain-Computer Interfaces", "Interfaces Cerveau-Ordinateur" en français).
En réalité, ce terme recouvre de multiples technologies et recherches qui visent toutes, d'une manière ou d'une autre, à investiguer la manière dont nous pourrions un jour piloter une machine sans utiliser autre chose que notre pensée.

On peut distinguer deux grandes voies dans ces recherches.

• La première concerne les techniques dites "non intrusives". Schématiquement, il s'agit de capteurs, en général placés à proximité de - ou sur - la tête, qui enregistrent les ondes cérébrales et les transmettent, après décodage, à un ordinateur. Le procédé s'appuie le plus souvent sur l'électroencéphalographie (EEG) : toutes les activités humaines génèrent une activité cérébrale qui se manifeste par l'activation de zones distinctes dans le cerveau. En enregistrant ces faibles signaux et en les associant aux actions concernées, il est possible de transformer une activité cérébrale en signal numérique et le communiquer à un ordinateur.
• Le seconde famille de recherches est dite "intrusives" et consiste à introduire chirurgicalement des composants électroniques, soit connectés au système neuronal, soit directement implantés dans le cerveau, pour associer des mouvements à des impulsions électriques.

BCI technique "non intrusive"
(casque équipé d'électrodes EEG)

BCI, technique "intrusive"
(implants dans le cerveau ; expérience de Matthew Nagle - Université de Brown - USA)

Du cerveau à l'ordinateur

Les nombreuses recherches sur les techniques non-intrusives ont d'ores et déjà abouti à des résultats significatifs. Par exemple, le projet européen ABI (Adaptive Brain Interfaces) a permis d'élaborer dans les années 2000-2001 des interfaces d'un genre nouveau, basées sur l'état mental d'un individu. Ce dernier dispose d'un casque enveloppant son crâne, qui mesure les ondes cérébrales qu'il émet. A chaque état mental correspond une action. L'utilisateur apprend à se servir de l'interface, en s'efforçant de présenter un état mental distinct (relaxation, visualisation mentale, imagination du mouvement d'une main…) à chaque fois qu'il souhaite contrôler l'ordinateur par la pensée. Le système utilise un réseau neuronal qui apprend à associer les états mentaux de l'utilisateur aux actions concernées. Ainsi, cinq états mentaux distincts sont nécessaires pour déplacer un curseur sur l'écran: haut, bas, gauche, droite et clic. Le projet a permis de démontrer qu'un utilisateur entraîné pouvait parvenir à jouer à Pacman par la pensée, ou à taper des textes à l'aide d'un clavier apparaissant à l'écran.
Différents travaux récents attestent des progrès effectués dans ce domaine. Le laboratoire BrainLab de l'université de Georgie utilise par exemple le même type de procédé (enregistrement des ondes cérébrales), soit pour déplacer un curseur, soit pour piloter une chaise roulante, toujours par la pensée.

Projet Européen ABI
(Adaptive Brain Interfaces)

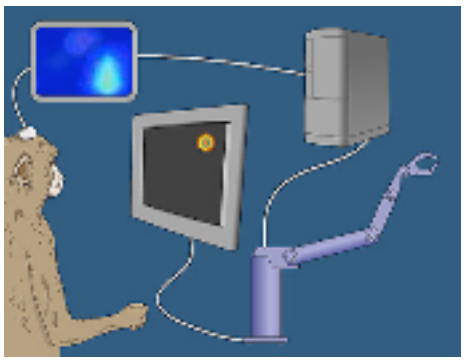
Mais ces recherches se heurtent à plusieurs difficultés de taille. D'abord l'apprentissage : l'utilisateur doit, par de formidables efforts de concentration, apprendre à présenter un état mental précis ou se représenter une action. Et pour que l'interaction avec la machine puisse s'accomplir dans de bonnes conditions, il doit changer d'état mental à un rythme soutenu. Au total, il faut des semaines - voire des mois - pour qu'un utilisateur soit capable d'interagir avec une précision satisfaisante. Dans le cadre du projet ABI, le rythme de saisie des lettres demeurait lent, avec une moyenne de 22 secondes par lettre. La deuxième difficulté tient au procédé lui-même. Écouter les ondes émises par le cerveau avec un casque externe est une tâche ardue, car les ondes émises en permanence par le cerveau sont non seulement très faibles, mais aussi très nombreuses. L'analogie la plus souvent utilisée pour décrire le procédé consiste à se représenter quelqu'un qui chercherait à écouter ce que dit une personne donnée assise sur les gradins d'un stade rempli de supporters, depuis le parking du stade…

Ce sont ces raisons qui poussent à explorer d'autres voies. Toujours sur le mode "non-invasif", certains chercheurs explorent la voie des ondes "P300_. Ces ondes particulières résultent d'une bizarrerie du fonctionnement du cerveau : lorsqu'il est confronté à un événement surprenant ou inattendu, on constate une augmentation de la tension électrique de cerveau, 300 millisecondes après cet événement. Cet particularité, parfois surnommé "l'effet 'c'est ça !'", peut être utilisé dans le cadre des BCI. On présente à l'utilisateur plusieurs choix, et quand celui qui lui convient apparaît, le simple fait de vouloir le sélectionner ("c'est ça !") augmente la tension électrique du cerveau d'une manière plus aisément mesurable que son activité habituelle ne le permet. Le principe permet de s'affranchir dans une large mesure de la phase d'apprentissage, puisqu'il repose sur l'observation du fonctionnement "normal" du cerveau. Un dispositif basé sur ce principe a été développé dès 1988 à l'université de l'Illinois, notamment pour la saisie de lettres : un clavier virtuel en forme de tableau est présent à l'écran et les lignes et les colonnes clignotent successivement. L'utilisateur exprime mentalement un "oui, c'est ça" quand la lettre apparaissant au croisement de la ligne et de la colonne choisie est la bonne, avec pour effet un pic d'activité dû à l'onde P300. Le procédé a permis récemment à des utilisateurs de saisir jusqu'à huit lettres par minute, avec une précision de 80%.

Expérimentation de la commande d'un fauteuil roulant par enregistrement des ondes cérébrales (Brain Lab. Georgie)

Mais pour certains, l'avenir n'est pas aux interfaces externes qui "écoutent" globalement ce qui se passe dans le cerveau. Une voie de recherche, qui ne fait pas toujours l'unanimité parmi les scientifiques, consiste donc à introduire des électrodes dans le cerveau, pour analyser avec une plus grande finesse le comportement de quelques neurones. On part du principe que la mesure des échanges électriques survenant dans un groupe de neurones va permettre d'associer avec plus de précision une "pensée" à l'action correspondante.

Pour expliquer le procédé, on prend parfois l'analogie de l'orchestre symphonique. Lorsqu'on entend un orchestre interpréter un morceau, il est difficile d'en isoler un seul instrument. Pourtant, en n'écoutant que certains instruments, on serait aussi en mesure de savoir quelle partition joue l'orchestre… En mesurant et en analysant très finement l'activation de quelques neurones dans un cerveau qui pense, il est possible de comprendre à quelle pensée ou quel mouvement correspondent quels neurones. Le laboratoire de Miguel Nicolelis, à l'université de Duke (Caroline du Nord), est l'un des plus avancés en la matière. En 2003, son équipe avait présenté les résultats étonnants d'une expérience menée sur des rats, puis sur des singes. Ceux-ci étaient entraînés à manipuler via un joystick un bras motorisé. Au passage, on enregistrait leur activité cérébrale au moyen de centaines de micro électrodes connectées à certains groupes de neurones. Puis on supprimait le joystick, mais cela ne changeait rien : le singe contrôlait le bras robotisé par la pensée. On avait pu déterminer quels neurones étaient impliqués par la pensée et la volonté de mouvement. Via le dispositif qui décodait les influx neuronaux, tout se passait comme si le bras robotisé était devenu celui du singe.



Travaux du laboratoire de Miguel Nicolelis
Université de Duke (Caroline du Nord)

Ce type de procédé n'a encore que rarement été testé sur des humains. Mais on peut citer par exemple le projet "Direct Brain Interface", collaboration entre l'université de Graz en Autriche et l'université du Michigan, ou encore le démarrage des tests cliniques de Braingate, une interface électronique implantée dans le cortex développé par la société Cyberkinetics. Testée sur cinq patients handicapés, la technologie vise à créer une interface directe entre le cerveau et l'ordinateur pour permettre le contrôle par la pensée d'appareils ou d'instruments de communication.

Je pense, donc je suis... un cyborg

Ces recherches concernent avant tout le domaine médical et visent principalement à redonner à des patients souffrant de lourds handicaps (tétraplégie, dysfonctionnement du système nerveux, par exemple) une forme d'autonomie. Les enjeux sont donc de taille, et les premiers succès de la recherche, qui ont par exemple permis de manoeuvrer une chaise roulante par la pensée, sont très prometteurs. Pour de nombreux individus dans le monde, les BCI ne sont pas la meilleure solution pour communiquer avec l'extérieur, mais bien la seule.
Pourtant, il est facile d'imaginer que les technologies dont il s'agit ne resteront pas confinées à la sphère médicale ou limitées aux personnes à mobilité réduite.
De multiples applications commerciales pourraient voir le jour. Au début des années 2000, plusieurs s'y sont essayés, proposant sur le marché, qui un casque capable d'enregistrer l'activité cérébrale des enfants dans le but d'améliorer leur capacité de concentration, qui un bandana permettant de générer de la musique par la simple pensée. Ces applications, forcément limitées, n'ont pas trouvé leur marché. Mais celui-ci pourrait être immense. Quel auteur n'a pas rêvé, devant sa page blanche, de voir s'afficher automatiquement le contenu de ses pensées ? Qui n'a jamais souhaité pouvoir enregistrer - ou imprimer - des images fugaces, fruit de son imaginaire conscient ou inconscient ? Ces interfaces ouvrent-elles la voie à de nouvelles formes de création artistique, supprimant toutes les barrières physiques entre l'artiste et son œuvre ?

Brain Gates System
www.cyberkineticsine.com

Conclusion

Ces applications sont encore loin de notre portée, mais en sera-t-il toujours ainsi ?
Dans une certaine mesure, on peut penser que l'afflux d'informations auxquels nous devons faire face nous prédispose à inventer de nouvelles interfaces. Dans l'immensité du web, les moteurs de recherche actuels sont imparfaits. Nous avons appris à les utiliser, ou plus exactement à en contourner les limites. Pour effectuer une recherche précise et complexe, nous savons qu'il est préférable d'indiquer plusieurs termes, dans l'espoir qu'ils figureront sur une page correspondant à ce que l'on cherche. Mais ce mécanisme est loin d'être naturel. On peut admettre qu'une interface neuronale serait mieux à même de nous permettre de naviguer dans de vastes amas de données, sans avoir à effectuer des recherches par mots-clés. Certes, l'idée évoque immanquablement des films de science fiction, à commencer par Matrix, dans lequel les héros se connectent au réseau par le biais d'une fiche plantée à la base de leur cerveau, mais la technologie a suffisamment de sens pour que des chercheurs s'y intéressent. Nous sommes encore loin d'un dispositif de "recherche en pensée naturelle" (par analogie avec les interfaces en "langage naturel"), mais la première étape pourrait consister à savoir naviguer sur le web sans souris et sans clavier. C'est ce qui a été réalisé à l'université de Georgie, avec le prototype "BrainBrowser", destiné à surfer sur le web par la pensée.

Démonstration de BCI par le Wadsworth Center (Paris - Salon de la Recherche et de l'Innovation - 8 juin 2006)

Commande l'ordinateur par la pensée. Rêve ou réalité ?

Cet "internet neuronal", comme l'appellent les responsables du projet, est pour l'instant rudimentaire : le navigateur permet à un utilisateur de passer d'une page web à l'autre en cliquant par la pensée. Mais ce qu'il sous-tend n'est pas négligeable, tant la métaphore de cerveaux mis en réseau via le net est ébouriffante.

Les technologies actuelles, bien que balbutiantes, laissent donc déjà entrevoir tout leur potentiel. En premier lieu, on peut anticiper le remplacement des outils que nous utilisons quotidiennement (clavier et souris en particulier) et qui n'ont que peu évolué depuis la naissance de la micro-informatique. On peut ensuite entrevoir des applications multiples dans le domaine militaire comme dans celui du jeu vidéo. Mais on peut également envisager de nouvelles applications, parfois troublantes. Si nous savions faire en sorte qu'un individu communique parfaitement avec un ordinateur par la pensée - ou même qu'il soit capable de déplacer un curseur avec la même aisance et la même précision qu'à l'aide d'une souris -, nous saurons assurément permettre à deux individus de communiquer entre eux. La télépathie pourrait-elle devenir réalité ?

En prolongeant plus loin le raisonnement, on peut craindre aussi de voir apparaître de nouveaux clivages. Entre ceux qui disposent de la technologie et les autres. Ou même entre ceux qui montrent une prédisposition en matière de contrôle neuronal, et savent influer à la demande et rapidement sur leurs états mentaux, et les autres. Mais alors n'y aurait-il pas une tentation d'instruire dès le plus jeune âge des enfants pour qu'ils deviennent plus tard des experts informatiques d'un genre nouveau, aux cerveaux parfaitement adaptés à la communication mentale avec des ordinateurs ?

A n'en pas douter, le potentiel des BCI est tout aussi enthousiasmant que terrifiant.

Mais plus globalement, l'un des aspects les moins spectaculaires de ces recherches en est le plus fondamental. En tentant de développer ces interfaces, nous sommes conduits, ni plus ni moins, à comprendre le fonctionnement du cerveau, et en particulier du cortex. Nous savons aujourd'hui, avec une bonne précision, associer "l'idée d'un mouvement" avec le mouvement réel. Nous savons également détecter le fait de fixer mentalement un point particulier de l'espace et lui associer les neurones concernés. Comme l'expliquent certains chercheurs spécialisés dans les BCI, la compréhension du fonctionnement du cerveau - et en particulier du "code neuronal" qui entre en jeu pour activer ou non les différents neurones à chacune de nos actions - est l'un des trois grands mystères qu'il nous reste à élucider, avec la formation de l'univers et l'apparition de la vie sur Terre. Il n'est donc pas interdit de penser que les interfaces neuronales constituent en réalité sinon un prétexte, du moins un simple moyen pour parvenir à une toute autre finalité : réaliser le rêve, cher à de nombreux scientifiques, du décryptage complet du cerveau et de son fonctionnement.

Car si nous savions déterminer avec précision quels neurones sont concernées par telle ou telle action ou pensée, nous saurions peut-être définir ce qu'est une pensée. Nous comprendrions mieux comment fonctionne le cerveau, ainsi que la mémoire. Et non seulement nous serions très probablement capables d'améliorer le fonctionnement du cerveau humain (pour penser plus vite ou améliorer notre capacité à mémoriser des choses, par exemple), mais nous pourrions aussi imaginer d'en reproduire le fonctionnement à l'identique et parvenir ainsi à de véritables intelligences artificielles.

Et ce faisant, nous serions sans doute conduits à identifier concrètement ce qui fait l'essence d'un individu : ses souvenirs, ses pensées, sa personnalité. Au fond, plus qu'à des questions éthiques, les recherches sur les BCI nous ramènent à des questions d'ordre philosophique.

© APF 2006

Réseau Nouvelles Technologies

☎ 03 20 20 97 70

Auteur

Cyril FIEVET

Ingénieur - journaliste
www.nanoblog.com

Juillet 2006