

脳による高度な制御技術

ミュンヘン工科大学とベルリン工科大学の共同研究チームは、欧州連合の研究プログラム「Brainflight」の一環として、脳波によって制御するフライトシミュレーターの研究を進めてきたが、先般、無人飛行機を用いた実験を行った。脳の電氣的信号を検出する電極が付けられたヘルメットをかぶったパイロットが、「右へ、左へ、上昇、急停止…」などの指示を「思考」すると、アルゴリズムはこの脳波をリアルタイムに制御信号として伝え、無人飛行機は数分間飛行した。

同様の研究成果の発表が急増している。英国のThis Place社は、Google Glass用の基本機能（写真の撮影、SNSへの投稿等）を制御する脳波検出アプリを発表している。12月にピッツバーグ大学が発表したバイオニック実験のビデオでは、頭皮の下に96の電極が埋め込まれた被験者の脳のどの部分が腕や手の動きを制御するか、精密なレベルで見ることができる。仏グルノーブルでは、原子力代替エネルギー庁（CEA）の研究センターであるClineatのチームが、外骨格を思考によって制御し、四肢麻痺患者が歩行できるようにする研究に5年前から取り組んでいる。

しかしながら、神経の電気力により、筋肉の力によるのと同じくらい簡単に機械を制御することは大きなチャレンジである。大きな課題となっているのは、神経からの電気信号を翻訳する信号の集合である「精神的語彙」と命名された機能である。神経電気生理学は、この機能の仕組みの一部を解明している。さらなる解明には、電気の伝導率モデルを研究し、組織内を伝搬する波動の源を特定しなければならない、と専門家は述べるが、これは難題である。このような低振幅波は、顎の運動や瞬きといった小さな動きによってさえ埋没してしまい、検知するのが困難だからだ。

産業界の関心も高い。仏INRIAの「スピンオフ」であるMensia Technologies社は、この2年間、「ニューロフィードバック」のアプリケーションを提供している。「ニューロフィードバック」とは、注意力障害などの疾患を改善すべく、自身の脳活動への意識を高めるための精神医学的アプローチである。「意識の力により私達の神経配線を再構築することが可能である。」と同社社長は言う。このようなアプローチにより、スポーツによって筋力を強化するように、人工的に脳の機能を高めるように自身の脳を再調整することができるかもしれない。しかし、フランスでは、国によってそのような商業開発は禁止されている。一方、米国では、Halo Neuroscience社がこの課題に取り組んでいる。

【原文】

Les avancées du pilotage par le cerveau

Au printemps dernier, des chercheurs des universités technologiques de Munich et de Berlin, installés aux commandes d'un simulateur d'avion, étaient parvenus à piloter leur appareil par la pensée. La semaine passée, l'expérience a franchi une nouvelle étape en faisant la démonstration du système en vol réel, à bord d'un drone manoeuvré par le cerveau entraîné d'un « gamer ». L'essai a cette fois été réalisé du côté de Lisbonne par la société portugaise Tekever, un des partenaires du programme européen Brainflight, qui ambitionne de poser les bases technologiques du contrôle cérébral dans le secteur aérien. Coiffé d'un casque à électrodes détectant l'activité électrique du cerveau, le pilote n'a eu qu'à se concentrer sur les mouvements à imprimer à l'appareil : virer à droite, à gauche, monter, piquer... puis un algorithme a relié ces signaux en temps réel aux commandes. Le vol a duré plusieurs minutes et le drone ne s'est pas crashé.

Sans s'avancer sur une feuille de route, le patron de Tekever, Ricardo Mendes, pense désormais que l'avenir du « pilotage cognitif » est tout tracé. *« Conduire une voiture sans volant, piloter un drone distant, prendre les commandes d'un robot par la pensée ou s'asseoir dans le siège du commandant de bord depuis la tour de contrôle... La question n'est plus de savoir si on pourra le faire, mais seulement quand »,* estime-t-il.

Commander une prothèse

Ces derniers mois, les démonstrations rapprochant la recherche de ces objectifs de « psychokinésie contrôlée » se sont multipliées. La société britannique This Place a par exemple présenté une application connectée à un capteur d'ondes cérébrales disponible sur Amazon pour contrôler quelques fonctions basiques des Google Glass, comme prendre une photo et la poster sur les réseaux sociaux. En décembre, c'est l'université de médecine de Pittsburgh qui a montré une vidéo des progrès accomplis en deux ans par la tétraplégique Jan Scheuermann depuis l'opération qui a transformé son corps en expérience bionique. Grâce à une grille de 96 électrodes implantée sous son cuir chevelu, à un endroit du cerveau qui contrôle les mouvements du bras et de la main, on la voit manipuler ses deux prothèses avec un niveau de précision lui permettant par exemple de se saisir avec fluidité de formes réputées complexes pour les robots, comme des balles ou des crayons fins. A Grenoble, une équipe de Clinatoc, le centre de recherche médicale du CEA, travaille depuis cinq ans sur un **exosquelette piloté par la pensée** grâce à une grille de ce type. Objectif : faire marcher un tétraplégique.

Il reste toutefois de sacrés défis à relever pour mouvoir une machine avec la force électrique des neurones aussi facilement qu'avec la puissance musculaire. *« Les travaux sur le sujet ont démarré il y a une dizaine d'années et la preuve du concept est faite. Mais, dans l'état des connaissances, les meilleures interfaces offrent l'équivalent de quelques touches d'un clavier d'ordinateur fonctionnant mal »,*

compare Anatole Lécuyer, directeur de recherche Inria à Rennes et responsable de l'équipe Hybrid, qui fait partie des plus avancées sur la question.

L'un des principaux chantiers qui attendent les scientifiques, s'ils veulent configurer l'ensemble du clavier cérébral, est d'élargir ce qu'ils nomment le « vocabulaire mental ». Il s'agit de l'ensemble des signaux qui traduisent l'activité électrique des neurones. Les neuroélectrophysiologistes en ont identifié une poignée, permettant par exemple de se diriger, de tourner une page, de tracer certaines lettres... Tout juste de quoi améliorer l'expérience utilisateur de nouveaux jeux vidéo à commande mentale, comme MindShooter ou Brain Invaders. « *Pour aller plus loin, nous travaillons sur des modèles de conductivité électrique qui permettront de capter l'origine des ondes électriques qui se propagent dans les tissus* », explique la neuro-électro-physiologiste Maureen Clerc, récente lauréate du prix Pierre Faure de l'Académie des sciences pour ses travaux sur l'interprétation des signaux électriques du cerveau. La tâche est malaisée, car ces ondes de faible amplitude (de l'ordre du microvolt) sont d'autant plus difficiles à saisir qu'elles sont noyées dans l'énorme capharnaüm produit par le déplacement de la mâchoire, les clignements des yeux et même le brouhaha de l'activité cérébrale au repos. « *Les progrès du traitement de signal vont être déterminants pour ce travail de géographe* », résume Anatole Lécuyer.

Rêve transhumaniste

Pas de quoi freiner l'ardeur des industriels. Depuis deux ans, Mensia Technologies, une « spin-off » d'Inria, propose déjà des applications de « neurofeedback », une approche psychiatrique qui vise à prendre conscience de sa propre activité cérébrale pour agir sur certains désordres comme les troubles de l'attention. « *Il est possible de remodeler nos câblages neuronaux par la simple force de la conscience* », assure son président, Jean-Yves Quentel. Pour y parvenir, les patients sont confrontés à des vidéos ludiques dont ils peuvent influencer le scénario en faisant un effort de concentration : guider un poisson dans un labyrinthe, augmenter l'éclairage d'une pièce, etc.

Contrôler non plus des machines, mais soi-même... Avec cette possibilité, c'est peut-être un vieux rêve transhumaniste qui se réalisera : améliorer artificiellement ses performances cérébrales en reconditionnant son cerveau comme on renforce ses muscles en faisant du sport. En France, la question a été tranchée par le Comité consultatif national d'éthique, qui a interdit ce type de développement commercial. Mais, aux Etats-Unis, des sociétés moins scrupuleuses comme Halo Neuroscience se sont emparées du sujet. Leurs recherches sur la « neuromodulation » ont ouvertement pour objectif de retarder les effets du vieillissement cérébral et d'accroître les capacités de concentration ou de mémoire. En avril dernier, Halo Neuroscience a levé 1,5 million de dollars pour développer ces applications.

Paul Molga

Trois façons de capter les ondes cérébrales

- 1) **En coiffant un casque EEG.** Longtemps réservés aux cabinets médicaux, les casques d'électro-encéphalographie (EEG) ont fait leur apparition au début de la décennie sur le marché des jeux vidéo. Ils se posent directement sur le cuir chevelu.
- 2) **En posant des grilles d'électrodes sur le cerveau.** Des nappes d'électrodes sont placées au contact sur d'aires précises du cerveau. C'est avec ce dispositif que les handicapés moteurs profonds peuvent mouvoir des extensions bioniques.
- 3) **En implantant des puces dans le cerveau.** C'est l'interface la plus évoluée pour capter les signaux au plus près de leur source. Des chercheurs de l'Institut de neurosciences des systèmes ont par exemple conçu une puce biocompatible à base de carbone dix fois plus fine qu'un cheveu. Avec ce transistor organique, ils espèrent pouvoir pénétrer dans les replis du cortex