

Brain Computer Interfaces (BCI)

«C'EST COMME ÊTRE PIÉGÉ DANS UNE MASSE VISQUEUSE»

Interview réalisée par Julia Rippstein

Commander une voiture au moyen de la pensée uniquement: Samuel Kunz a réalisé cet exploit lors d'une course virtuelle du Cybathlon en novembre dernier. Il a fini à la 4^e place de cette compétition réunissant personnes avec un handicap et technologies de pointe. Comment les interfaces cerveau-ordinateur fonctionnent-elles? Les explications du jeune compétiteur tétraplégique.

De quel type de paralysie êtes-vous atteint?

Je suis devenu tétraplégique à la suite d'un accident de baignade, en 2014. Je suis paralysé à la hauteur des vertèbres C4 et C5. Mes bras sont mobilisables de manière minimale.

Quelle technologie utilisez-vous dans votre vie quotidienne?

Mes deux aides principales sont mon smartphone et mon fauteuil roulant. Je peux utiliser le premier sans assistance, qui me donne accès à toute une série d'applications. En plus de me rendre mobile, le fauteuil roulant électrique me permet de me connecter à n'importe quelle souris d'ordinateur via Bluetooth. J'ai également recours au programme de reconnaissance vocale Dragon NaturallySpeaking sur l'ordinateur pour écrire des textes plus longs.

Connaissez-vous déjà les interfaces cerveau-ordinateur (BCI) avant de participer au Cybathlon?

Non, je n'avais jamais entendu parler de cette technologie. Mais je ne pourrais pas l'utiliser au quotidien. L'équipement se compose d'un capuchon avec des électrodes, un capuchon dit d'électroencéphalographie, qui est fastidieux à installer et à porter. Ce dispositif n'est encore pas suffisamment développé pour permettre à des personnes comme moi d'en faire un usage régulier. C'est particulièrement important pour celles qui sont totalement paralysées: ce sont elles qui pourraient profiter le plus de cette technologie, pour parler et contrôler des appareils tels qu'ordinateurs et fauteuils roulants.



Un processus fastidieux: Samuel Kunz a besoin d'une heure pour installer l'équipement (ETH Zurich / Cybathlon, Alessandro Della Bella).

Comment en êtes-vous venu à prendre part au Cybathlon?

C'est mon thérapeute qui m'a parlé de la compétition. J'ai tout de suite été très curieux. Ayant étudié l'ingénierie mécanique à la Haute école zurichoise des sciences appliquées et travaillant comme constructeur, je m'intéresse beaucoup à la technologie.



Samuel Kunz en pleine concentration lors de la course de voiture virtuelle au Cybathlon (ETH Zurich / Cybathlon, Alessandro Della Bella).

Que sont exactement les interfaces cerveau-ordinateur?

Les interfaces cerveau-ordinateur ou, en anglais, brain-computer interfaces, sont des interfaces de communication directe entre le cerveau et un dispositif externe tel qu'un ordinateur ou un système électronique. Cela signifie que la connexion cerveau-ordinateur se fait sans activation du système nerveux périphérique. Les BCI actuels sont capables de mesurer l'activité cérébrale.

Comment cela fonctionne-t-il concrètement?

Au Cybathlon, la plupart des équipes, dont la mienne, utilisent l'électroencéphalographie (EEG) pour détecter les signaux du cerveau. Pour ce faire, il faut mettre une sorte de bonnet composé de 64 électrodes. Chacune des électrodes est remplie d'un gel électrolytique qui assure le contact entre l'électrode et le cuir chevelu. Les câbles du bonnet sont ensuite couplés à un amplificateur de signal, qui est à son tour connecté à un ordinateur portable où se déroule le jeu vidéo. Lors de la course virtuelle, chaque pilote doit contrôler son propre avatar dans le jeu spécialement créé à cet effet. L'objectif est de guider l'avatar aussi loin que possible en l'espace de quatre minutes. Pour y arriver, l'important est d'envoyer le bon signal au cerveau au bon moment.

Pouvez-vous raconter la première fois que vous avez testé les BCI?

Comme je l'ai dit, c'était une expérience inédite pour moi. En tant que technophile, j'avais très envie de découvrir comment cela fonctionne. J'étais extrêmement motivé lors des premiers entraînements, car les progrès sont très rapides. Puis la performance stagne et l'enthousiasme initial faiblit. Avec le temps, les exercices peuvent même devenir monotones.

Comment peut-on s'entraîner à contrôler la pensée?

Il s'agit d'entraîner le cerveau pour que le bon signal soit envoyé à un moment précis afin que l'avatar exécute le bon mouvement pour se rapprocher du but. Un mauvais signal ralentit l'avatar. Je peux donner quatre ordres: si je veux diriger la voiture vers la gauche, je dois penser à bouger ma main gauche. Pour tourner à droite, c'est à ma main droite que je dois penser. Pour aller tout droit, je dois rester le plus calme possible et pour allumer les feux de la voiture, je dois penser à bouger les deux pieds en même temps. A cette fin, l'étalonnage est une phase préalable essentielle: des données étalonnées sont déduites des intentions de mouvement.

Que se passe-t-il exactement pendant l'étalonnage?

Le cerveau humain envoie toute une série de signaux. L'étalonnage sert à filtrer les signaux utilisés pour contrôler le jeu vidéo et à les identifier par l'apprentissage automatique. Ainsi, en fonction de mes pensées, un schéma différent s'établit dans la région du cortex. Ce canevas est enregistré par l'EEG et converti en un signal de commande par des algorithmes. L'étalonnage est une étape obligatoire avant chaque entraînement: elle fait office d'ajustement constant entre le développement du programme et la propre performance.

Comment une session d'entraînement se déroule-t-elle?

Jusqu'à la compétition, j'effectuais un entraînement de trois heures chaque mercredi à la maison, aidé par une étudiante en bachelor du «Neural Control of Movement Lab» de l'ETH Zurich. La première heure sert uniquement à mettre en place l'équipement, soit le capuchon d'électrodes. Puis vient la phase d'étalonnage, qui dure environ 30 minutes. Ce n'est qu'alors que je peux m'entraîner à proprement dire sur la piste d'essai, qui est similaire à celle de la compétition. Pour retirer le matériel, il me faut à nouveau presque une heure. Visuellement, il se passe peu de choses, car je suis totalement concentré, les yeux rivés sur l'écran. Une séance d'entraînement est toutefois épuisante: «bouger» son

corps par les pensées, c'est un peu comme être pris au piège dans une masse visqueuse.

Quels sont les plus gros défis lors d'une telle course?

Le plus difficile est de ne pas cligner des yeux. Les mouvements des yeux pour capter les pensées ne sont pas autorisés. Le regard permet certes de commander aisément des intentions de mouvement. Mais ce n'est pas idéal car la vue est utilisée pour d'autres tâches de la vie quotidienne. Etant donné qu'il faut saisir les pensées de manière très précise, ce qui est déjà un défi en soi, on ne peut pas se laisser distraire.

Le stress peut être un élément perturbateur important.

C'est juste. Cependant, comme la compétition ne s'est pas déroulée «in vivo», mais a été retransmise en ligne, le stress était moins palpable que si j'avais été face à un stade plein. Là, j'étais dans une salle avec les autres pilotes. Et mon passé de joueur amateur de handball m'a habitué à ce genre de situations.

Pour en savoir plus sur le Cybathlon, lisez aussi: Rippstein J. «Il n'y a pas de compétition comparable». Bull Med Suisses. 2020;101(50):1694–96.

L'industrie lorgne sur les BCI

L'équipe BCI de Samuel Kunz est menée par Rea Lehner, chercheuse pour le programme de recherche «Future Health Technologies». Elle est soutenue par la clinique de réadaptation de Zihlschlacht et la firme Brain Products, qui fournit l'équipement. L'optimisation de l'algorithme pour le traitement du signal est un processus de longue haleine: Rea Lehner et son équipe y ont consacré près de deux ans. L'algorithme permet de convertir précisément les signaux électriques du cortex moteur de Samuel Kunz en mouvements sur l'écran.

L'intérêt de l'industrie pour les interfaces cerveau-ordinateur est énorme: les géants d'internet ainsi que la société Neuralink d'Elon Musk investissent des millions dans ce domaine. Alors que l'accent était mis jusqu'ici sur la commande vocale, on mise désormais sur la commande cérébrale des smartphones et tablettes. Neuralink développe notamment de très fines électrodes implantables. Leur utilisation n'est toutefois pas sans danger. Même si les électrodes implantées directement dans le cerveau fournissent des signaux beaucoup plus clairs que ceux obtenus via un bonnet EEG, Rea Lehner est critique à l'égard de cette technique invasive. Selon elle, les complications peuvent être graves et les études sur le long terme avec de grandes cohortes manquent. On n'opte donc pour de telles interventions que si le bénéfice pour le patient est avéré. L'experte espère une amélioration rapide des technologies BCI non invasives.

julia.rippstein[at]emh.ch