

et le monde extérieur, sans avoir recours à nos sens ou à nos moyens d'action (membres et muscles). On imagine sans peine les applications de tels dispositifs, notamment dans le domaine médical, pour redonner, par exemple à des patients souffrant d'un handicap moteur sévère, la capacité de se mouvoir, d'agir sur le monde et de communiquer.

Une ICM se compose de deux éléments principaux: des capteurs qui enregistrent l'activité du cerveau, et un ordinateur qui décode cette activité et commande un appareil qui va la convertir en mouvements ou en messages permettant de communiquer avec l'entourage du patient. Les capteurs sont principalement de deux types: d'une part les capteurs non invasifs, tels que ceux d'électroencéphalographie (EEG), qui mesurent à la surface du crâne les différences de potentiels électriques engendrées par l'activité de larges populations de neurones; d'autre part les capteurs invasifs, qui nécessitent une intervention chirurgicale pour implanter par exemple des microélectrodes mesurant chacune l'activité d'un ou quelques neurones. L'usage de ces derniers est naturellement restreint à certains patients, susceptibles de bénéficier de ces neurotechnologies et ayant donné leur consentement.

À l'inverse des études réalisées en EEG (voir l'encadré page 69), celles qui utilisent des microélectrodes implantées sont nettement plus rares et se concentrent sur le cas d'un ou deux patients tout au plus. Elles laissent toutefois le patient libre de bouger les yeux et permettent une communication plus naturelle, entièrement guidée par le rythme de l'utilisateur. Les signaux enregistrés proviennent de quelques neurones ciblés précisément pour leur implication dans la planification et l'exécution de mouvements. L'enjeu est d'y décoder un ordre moteur, associé à la tentative d'exécution d'un mouvement que le patient n'est plus capable de réaliser.

Très peu de patients – ils sont surtout aux États-Unis – ont ainsi réussi à contrôler un bras robotisé pour se saisir d'un objet et le manipuler. Le niveau de réussite des ICM est encore plus faible pour les tentatives de communiquer avec l'entourage. À ce jour, aucune interface n'a pu directement décoder le contenu du langage en temps réel. En revanche, une équipe de l'université Stanford, dont Francis Willett faisait aussi partie, a mis au point en 2016 une interface permettant au patient paralysé de pointer successivement les lettres de son choix sur un écran pour former des mots. Il parvenait ainsi à écrire une quarantaine de caractères par minute.

Les chercheurs ont fait cette fois le pari de décoder des mouvements nettement plus complexes pour atteindre des performances comparables à celles enregistrées de façon

courante chez des personnes d'environ 65 ans (l'âge du patient ayant reçu l'implant) lorsqu'elles utilisent leur smartphone au quotidien (environ 115 caractères par minute). Et pour cela, paradoxalement, l'équipe a délaissé la stratégie consistant à décoder le geste de pointer vers une position sur l'écran, pour tenter de décoder le geste beaucoup plus complexe de l'écriture manuscrite.

DÉCODER L'ACTIVITÉ CÉRÉBRALE CORRESPONDANT À L'ÉCRITURE MANUSCRITE

Le but des chercheurs a été de restituer une communication écrite en temps réel chez ce patient, en décodant l'activité d'environ 200 neurones corticaux spécialisés dans le contrôle de la main... Pour ce faire, ils ont procédé par étapes.

Premièrement, au moyen de microélectrodes implantées, ils ont enregistré de manière continue la dynamique des décharges et des silences de chaque neurone pendant que le sujet s'efforçait d'écrire à la main, lettre par lettre, des mots qu'on lui dictait. Il s'agissait toutefois d'une tâche purement mentale, car, paralysé jusqu'au niveau de la nuque, le patient n'était capable que de micromouvements de la main.

Les chercheurs lui ont demandé de tenter d'écrire plusieurs fois un même caractère, et ont recueilli les données neuronales issues de chaque réalisation de chaque caractère. Ensuite, afin d'obtenir une «signature» neuronale pour chaque caractère, les scientifiques ont dû tenir compte du fait que la vitesse d'exécution mentale de chaque lettre pouvait être plus ou moins rapide d'une tentative à l'autre, de sorte que les décharges électriques des neurones pouvaient être plus ou moins espacées dans le temps. Il a ainsi fallu les «recaler»

Chacune de ces lettres a été tracée par l'ordinateur à partir des données captées dans le cerveau du patient en train de s'imaginer les écrire à la main.

