

CERVEAU

La prothèse,
extension du corps ?

Le cerveau humain est capable de percevoir un outil comme une extension tactile du corps en réutilisant des mécanismes neuronaux initialement consacrés au toucher. Appliquées à une prothèse, ces découvertes pourraient avoir un impact médical majeur.

Nos yeux voient le monde, nos oreilles l'entendent, notre nez le sent, nos doigts le touchent... et les outils nous aident à le percevoir. L'équipe ImpAct, en association avec la plateforme Neuro-immersion du Centre de recherche en neurosciences de Lyon, s'est intéressée au potentiel tactile des outils. « *Nous avons montré que l'humain est remarquablement doué pour savoir à quel endroit l'outil qu'il tient en main est touché, de manière aussi précise que si vous lui demandiez d'identifier un impact sur son bras* », explique **Luke Miller**, premier auteur d'une étude récemment publiée dans *Current Biology*. Comment ? Les vibrations qui émanent de l'outil relayent l'information sensorielle au cerveau par des mécanorécepteurs[❧] sur la main. « *Selon le type et la localisation de l'impact sur l'outil, les vibrations diffèrent et, avec l'expérience, le cerveau est capable d'interpréter ces motifs vibratoires sensoriels en information biologique puis en renseignements spatiaux.* » Il faut environ 20 ms de vibration pour que le système nerveux localise le point d'impact. En observant les réponses cérébrales à une échelle temporelle très précise par électroencéphalographie (EEG)[❧], les chercheurs ont observé que le cerveau représente la position de l'impact sur l'outil en 52 ms environ. « *L'EEG permet de savoir très précisément quand une information arrive au cerveau, à la milliseconde près, tandis que d'autres technologies comme l'IRM fonctionnelle[❧] sont utilisées pour savoir où celle-ci est traitée dans le cerveau* »,



❧ Activité cérébrale enregistrée par EEG pour comprendre la perception d'un outil

explique Luke Miller. S'il faut 20 ms pour que les vibrations communiquent avec précision une information spatiale et qu'en moyenne les études montrent que, dans un contexte optimal, il faut 20 ms pour que l'information se déplace du bout des doigts jusqu'au cerveau, les détails sensoriels provenant de l'outil devraient arriver au cerveau aux alentours de 40 ms après impact. « *Cette différence, qui n'est que de 12 ms entre nos prédictions et nos mesures, montre bien que le cerveau est extrêmement efficace pour utiliser un outil comme une extension du corps* », précise le chercheur. Et ce, d'autant plus que la réponse cérébrale semble n'être que très légèrement plus rapide si une personne est touchée sur le bras directement plutôt que sur l'outil. Des algorithmes mathématiques montrent en effet que le cerveau réutiliserait les mécanismes neuronaux initialement consacrés au toucher sur le corps pour localiser un impact sur un outil. Notre cerveau est donc capable d'intégrer un outil tenu en main comme un organe sensoriel à part entière. Et si cet outil prend l'aspect d'une prothèse, ces découvertes pourraient avoir un impact médical majeur. Énormément de travaux ont été consacrés au contrôle précis des prothèses, mais on ne peut avoir une bonne maîtrise des appendices robotiques sans retour

d'informations sensorielles. « *Aujourd'hui le sens du toucher est intégré à une prothèse grâce à des chirurgies très invasives qui attachent les terminaisons nerveuses du patient à des capteurs sur la prothèse*, explique Luke Miller. Nos découvertes pourraient engendrer des méthodes plus douces fondées sur des capteurs de vibration placés sur le moignon pour amplifier et transmettre les informations tactiles. Cela demanderait cependant un apprentissage de la part du cerveau afin

« Le cerveau est extrêmement efficace pour utiliser un outil comme une extension du corps »

d'interpréter le toucher sur la prothèse et pleinement l'incarner. »

Mia Rozenbaum

❧ **Mécanorécepteur.** Neuron sensoriel de la peau sensible aux déformations mécaniques

❧ **Électroencéphalographie (EEG).** Méthode d'exploration qui mesure l'activité électrique du cerveau à l'aide d'électrodes

❧ **IRM fonctionnelle.** Technique d'imagerie qui permet de visualiser l'activité du cerveau en fonction de la quantité d'oxygène transportée localement dans le sang

Luke Miller : unité 1028 Inserm/CNRS/Université Jean-Monnet - Saint-Étienne/Université Claude-Bernard - Lyon 1, CRNL, équipe ImpAct

Denis Pelisson : directeur de l'équipe ImpACT

Alessandro Farnè : directeur de la plateforme Neuro-immersion

Olivier Bertrand : directeur du CNRL

❧ L. Miller et al. *Curr Biol.*, 16 décembre 2019 ; doi : 10.1016/j.cub.2019.10.043