

gauche dans un accident de feux d'artifice qui s'est produit lorsqu'il était âgé d'une vingtaine d'années. Nous l'avons rencontré en 2008. Depuis longtemps, il percevait des sensations dans sa nouvelle main, ce qui indiquait que les nerfs sensoriels avaient achevé leur croissance. Il était capable de localiser un contact n'importe où sur sa main greffée, avec une précision inférieure de quelques millimètres seulement à celle de sa main intacte. Grâce aux examens d'IRMf, nous avons montré que chacun de ses doigts activait des zones distinctes dans l'aire du cortex sensoriel correspondant à la main.

Nous ne pouvons pas en conclure que l'organisation de son cortex sensoriel est identique à celle qu'il avait avant de perdre sa main. Nous ne disposons d'aucune information sur son cerveau d'alors et, même si tous les cerveaux présentent *grosso modo* la même organisation, il existe de légères différences. Certaines sont d'origine génétique. D'autres sont acquises au cours de la vie. Ce que nous pouvons affirmer, c'est que le cortex sensoriel de Matthew Scott est dans la norme, similaire à celui d'individus dotés de leurs deux mains. Néanmoins, neuf ans après la greffe, des traces de l'amputation persistaient dans son cerveau : chez lui aussi, la stimulation de la main droite intacte augmentait l'activité de la zone cérébrale de son ancienne main. Comment, alors, sa main greffée fonctionnait-elle aussi bien ? Nous supposons que d'autres régions du cerveau, situées en amont des zones de la main et non impliquées directement dans les fonctions sensorielles et motrices, contribuent à cette efficacité.

DES AIRES CORTICALES PLUS EN AMONT IMPLIQUÉES ?

Au laboratoire, grâce à des tâches simples (bouger un doigt, effleurer une main...), nous explorons l'organisation des cortex moteurs et sensoriels. Mais, dans la vie réelle, nous devons saisir et manipuler des objets. Ce sont des actions bien plus complexes et entreprises dans un but précis. Elles impliquent des zones du cerveau dotées d'un niveau supérieur d'intégration d'informations, comme les aires pariétales et prémotrices. Ces aires utilisent des informations multisensorielles sur les propriétés de l'objet et le positionnement du corps humain pour planifier des mouvements visant un objectif spécifique, comme saisir une tasse et y boire.

Les expériences que Ken Valyear, de l'université de Bangor, dans le Pays de Galles, a menées à partir de 2014 dans notre laboratoire appuient cette hypothèse. À l'aide de techniques de capture de mouvement et d'IRMf, il a étudié comment un autre greffé, Donald Rickelman, parvenait à se saisir d'objets placés dans son champ de vision. Cet homme avait bénéficié d'une greffe en 2011, quatorze ans après avoir perdu sa main gauche dans un

accident. Nous nous sommes particulièrement intéressés au rôle du cortex intrapariétal antérieur, une petite région située juste derrière l'aire sensorielle de la main et impliquée dans la forme que la main adopte pour saisir un objet, en fonction de ce que le cerveau perçoit de cet objet (taille, forme, orientation...).

Comme les autres receveurs que nous avons étudiés, Donald Rickelman, vingt-six et quarante et un mois après la greffe, présentait des signes de réorganisation dans les zones corticales motrices et sensorielles de sa main. Sans surprise, il a lui aussi rencontré des obstacles pour recouvrer certains usages de sa main. En analysant ses mouvements tandis qu'il essayait de saisir un objet, nous avons étudié ses progrès au cours de cette période. Comment compensait-il ses déficiences motrices et sensorielles ? Pour le découvrir, nous avons construit un dispositif spécial qui, couplé à l'IRMf, nous permettait de répondre spécifiquement à cette question. Résultat : quand, vingt-six mois après son opération, Donald Rickelman attrapait des objets, l'activité de son cortex intrapariétal antérieur et de son cortex prémoteur était inférieure à celle de personnes dont les bras étaient intacts. En revanche, quarante et un mois après l'opération, elle avait augmenté, s'approchant de celle des sujets témoins. Cette amélioration de sa capacité à prendre des objets avec sa main transplantée pourrait être liée à ces régions cérébrales de niveau supérieur, qui compenseraient les performances amoindries des zones motrices et sensorielles réorganisées.

Aujourd'hui, de nombreuses années après la greffe, les fonctions sensorielles et motrices des nouvelles mains de Donald Rickelman et Matthew Scott continuent de progresser. Cela suggère que les modifications cérébrales liées à l'apprentissage perdurent et contribuent à la récupération fonctionnelle longtemps après que les nerfs périphériques ont été entièrement reconstitués. Nous cherchons désormais à établir le lien entre de tels réarrangements cérébraux et l'activité des mains dans la vie de tous les jours, que nous mesurons à l'aide de capteurs sans fil.

Si le superpouvoir de nerfs périphériques est leur capacité à se régénérer en cas de lésion, celui du cerveau est son aptitude à se reconfigurer en réponse aux sollicitations. Les deux tiennent des rôles complémentaires dans la récupération après une blessure. Bien que les recherches avec les personnes ayant bénéficié d'une greffe de main n'en soient qu'à leurs débuts, elles ont déjà montré que le cerveau humain est capable de répondre à une stimulation après en avoir été privé durant des années. Elles interrogent aussi les limites de la neuroplasticité chez l'adulte, apportant de l'espoir à ceux qui luttent pour surmonter les effets de l'amputation et d'autres blessures. ■

BIBLIOGRAPHIE

K. F. Valyear *et al.*, **Grasping with a new hand : Improved performance and normalized grasp-selective brain responses despite persistent functional changes in primary motor cortex and low-level sensory and motor impairments**, *Neuroimage*, vol. 190, pp. 275-288, 2019.

S. Kikkert *et al.*, **Revealing the neural fingerprints of a missing hand**, *eLife*, vol. 5, article e15292, 2016.

B. A. Philip et S. H. Frey, **Compensatory changes accompanying chronic forced use of the nondominant hand by unilateral amputees**, *J. Neurosci.*, vol. 34(10), pp. 3622-3631, 2014.

S. H. Frey *et al.*, **Chronically deafferented sensory cortex recovers a grossly typical organization after allogenic hand transplantation**, *Current Biology*, vol. 18, pp. 1530-1534, 2008.

ALESSANDRO FARNÈ

est directeur de recherche de l'Inserm au sein du centre de recherches en neurosciences de Lyon, où il codirige avec Denis Pélisson l'équipe Intégration multisensorielle perception action et cognition (Impact). Il est aussi coresponsable avec Romeo Saleme de la plateforme de neuro-immersion du centre.



Au lieu de plasticité cérébrale, il faudrait parler d'équilibre dynamique

Depuis quelques années, il paraît de plus en plus clair, grâce aux études sur des sujets amputés et sur les greffes de main, que les régions cérébrales du contrôle moteur et de la perception tactile tendent en permanence à maintenir un équilibre qui préserverait les fonctions des membres. Le point avec Alessandro Farnè, chercheur en neurosciences cognitives.