

LA LONGUE HISTOIRE DES PROTHÈSES

1500-1000 avant notre ère

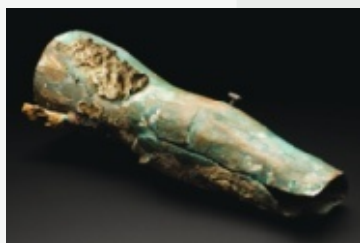
Première référence à une prothèse

Un livre sacré hindou rédigé à cette période mentionne Vishpala, une femme amputée de la jambe après avoir été blessée lors d'une bataille. Elle est dotée d'une jambe de fer, qui lui permet de marcher.

IV^e siècle avant notre ère

Les plus anciennes prothèses

L'un des plus anciens membres artificiels découverts (*voir une copie ci-contre*) a été mis au jour dans le Sud de l'Italie en 1858. Fabriqué en cuivre et en bois vers 300 avant notre ère, il semble avoir été destiné à un individu amputé sous le genou.



Science & Society Picture Library



Corbis

XIV^e siècle

Armes à feu et amputations

L'apparition de la poudre à canon sur les champs de bataille européens accroît notablement le nombre de blessures. Au XVI^e siècle, le chirurgien Ambroise Paré développe alors de nouvelles techniques pour attacher aux moignons des prothèses de membres inférieurs ou supérieurs.

1861-1865

La guerre de Sécession

Aux États-Unis, la guerre entre les États du Nord et les États confédérés du Sud entraîne de nombreuses amputations (*ci-contre, le général de brigade Stephen Joseph McGroarty*). À cette époque, les techniques prothétiques s'améliorent, notamment grâce à un apport de fonds du gouvernement et à la découverte de l'anesthésie, autorisant des opérations plus longues.



Corbis

1963

Une interface cérébrale rudimentaire

Le neurophysiologiste José Manuel Rodríguez Delgado implante une électrode télécommandée dans le noyau caudé (une aire cérébrale profonde) d'un taureau. Il parvient à stopper net, à distance, la course de l'animal, quand il fait passer un courant dans cette électrode.

1969

Une expérience pionnière

Eberhard Fetz, de l'Université de Washington, entraîne des singes à activer un neurone particulier de leur cerveau, dont l'activité est enregistrée par une microélectrode métallique.

sensorielles et motrices. Dans ce scénario futuriste, les ondes électriques cérébrales qui sous-tendent la pensée manœuvreront des robots à distance, commanderont des avions, et permettront peut-être même le partage de pensées et de sensations dans un réseau où les cerveaux seraient directement connectés.

L'exosquelette prévu pour notre jeune footballeur, qui n'a pas encore été désigné, est en cours de développement. Un prototype est en construction au laboratoire de Gordon Cheng, de l'Université technique de Munich – l'un des membres fondateurs du projet *Walk Again* (littéralement « marcher à nouveau »), une collaboration internationale qui vise à rendre leur mobilité aux personnes handicapées grâce à des prothèses commandées par la pensée. Cette collaboration réunit le Centre de neuro-ingénierie de l'Université Duke, l'Université technique de Munich, l'École polytechnique fédérale de Lausanne, et l'Institut de neurosciences Edmond et Lily Safra, à Natal, au Brésil. Quelques nouveaux membres la rejoindront dans les prochains mois.

Le projet *Walk Again* repose sur presque deux décennies de travaux novateurs sur les interfaces cerveau-machine à l'Université Duke. Ces travaux font suite à des études sur des animaux remontant aux années 1960. Depuis 1990, nous avons développé une méthode pour implanter des centaines de capteurs nommés microélectrodes, flexibles et fins comme des cheveux, dans des cerveaux de rats et de singes. Ces capteurs détectent les minuscules signaux électriques, ou potentiels d'action, circulant dans les neurones. Les capteurs sont répartis dans le cortex frontal et le cortex pariétal des animaux, qui appartiennent à un réseau d'aires cérébrales à l'origine des mouvements volontaires.

Une rétroaction tactile artificielle

Grâce à cette interface, nous avons utilisé des signaux provenant du cerveau pour commander des membres robotiques. En 2011, nous avons mis au point un dispositif où un bras virtuel touchait des objets, eux aussi virtuels, sur un écran d'ordinateur : la nouveauté était que le dispositif fournissait également un signal artificiel de rétroaction tactile, transmis directement au cerveau. Le signal était envoyé au cortex

somatosensoriel, une aire cérébrale dédiée au traitement des stimulations tactiles. Deux singes ont appris à utiliser ce dispositif. Ils ont ainsi été entraînés à avoir l'impression de toucher un objet en se servant de doigts virtuels commandés par leur cerveau.

Assisté par une équipe internationale de neuroscientifiques, de roboticiens, d'informaticiens, de neurochirurgiens et de professionnels de la rééducation, le consortium *Walk Again* a commencé à tirer parti de ces découvertes sur l'animal, en apprenant à des patients paralysés à utiliser des interfaces cerveau-machine. Notre futur tireur de la cérémonie d'ouverture débutera son entraînement dans une «chambre de réalité virtuelle», une pièce où des images sont projetées sur chaque paroi, y compris le plancher et le plafond. Il sera équipé de lunettes spéciales et d'une sorte de casque,

qui détectera ses ondes cérébrales de façon non invasive, par électroencéphalographie (EEG) et magnétoencéphalographie (MEG). Il sera alors immergé dans un environnement virtuel. Là, il apprendra à commander un avatar informatique par la pensée. Les déplacements de cet avatar gagneront peu à peu en complexité : il devra être capable de marcher sur un sol accidenté ou d'ouvrir un robinet.

Des électrodes dans le cerveau

Les mouvements d'un exosquelette ne peuvent pas être commandés aussi facilement que ceux d'un avatar informatique, et la technologie et l'entraînement seront donc plus compliqués. Nous devons planter les électrodes directement dans

L'AUTEUR



Miguel NICOLELIS est professeur de neurosciences et codirecteur du Centre de neuro-ingénierie

de l'Université Duke, aux États-Unis.

DES SIGNAUX MOTEURS À LA RÉTROACTION TACTILE

L'exosquelette exploitera des signaux allant du cerveau à la machine, puis de la machine au cerveau. Lorsque le sujet pensera au mouvement à effectuer, l'interface extraira les signaux moteurs de son cerveau, imprimera le mouvement à la prothèse, puis créera une rétroaction tactile qui lui permettra de rendre le mouvement plus précis.

1 Les signaux moteurs issus de plusieurs dizaines de milliers de neurones sont enregistrés par des capteurs implantés dans le cerveau. Ils sont accompagnés de microprocesseurs, qui analysent l'activité électrique détectée pour extraire les signaux moteurs.



2 Les signaux moteurs sont transmis par les ondes à un ordinateur installé dans un sac à dos. L'ordinateur détermine à quels mouvements ces signaux correspondent et élabore les commandes mécaniques adéquates, qu'il envoie à l'exosquelette.



3 Les différentes articulations sont actionnées pour effectuer le mouvement souhaité. L'exosquelette est doté de capteurs qui mesurent divers paramètres de position et de force associés au mouvement. Ces mesures sont envoyées à l'ordinateur.



4 L'ordinateur analyse les mesures émises par les capteurs de l'exosquelette. Il gère certains ajustements grossiers et envoie des signaux de rétroaction au cerveau (via des électrodes stimulant une aire cérébrale appropriée). Une nouvelle boucle s'enclenche alors pour que le mouvement soit de plus en plus précis et efficace.