

Des prothèses pilotées par la pensée

Miguel Nicolelis

Le premier exosquelette commandé par la pensée et permettant à une personne paralysée de se déplacer pourrait bientôt être opérationnel...

En 2014, lors de la coupe du monde de football, des milliards de téléspectateurs assisteront peut-être à un événement inédit : le coup d'envoi du match d'ouverture donné par un adolescent paralysé, revêtu d'un « costume » robotique. Ce costume – ou exosquelette – enveloppera ses jambes et sera commandé par des signaux électriques provenant de son cerveau (*voir l'encadré page 93*). Ils seront transmis sans fil à un petit ordinateur (placé dans un sac à dos), qui les traduira en commandes motrices.

À l'entrée sur le terrain, l'exosquelette stabilisera le corps du tireur, puis coordonnera les mouvements des jambes robotiques. Lorsqu'il sera correctement placé, le tireur devra penser à son pied tapant le ballon. Trois cents millisecondes plus tard, des signaux cérébraux donneront au pied robotique de l'exosquelette l'ordre de frapper la sphère de cuir.

Les défis à surmonter sont encore considérables, mais nous y travaillons activement, avec mon équipe de l'Université Duke, aux

L'ESSENTIEL

- On sait diriger divers dispositifs (curseurs d'ordinateurs, bras robotiques...) « par la pensée ». Pour ce faire, on enregistre au préalable des signaux cérébraux correspondant à des commandes motrices.
- On espère construire un exosquelette commandé de la sorte, qui permettrait à un paraplégique de marcher.
- Cet exosquelette pourrait être présenté à la Coupe du monde de football de 2014, au Brésil.

États-Unis, ainsi qu'avec des partenaires européens et brésiliens. Un tel événement marquerait une étape importante dans la lutte contre la paralysie. Il montrerait à plusieurs milliards d'individus que la commande de machines par le cerveau a quitté le stade des démonstrations de laboratoire et de la science-fiction pour entrer dans une ère nouvelle, où elle rendra une certaine mobilité à des personnes handicapées. Celles-ci sont des victimes d'accident ou de guerre, et des patients souffrant de maladies qui perturbent les comportements moteurs. Ces maladies gênent la préhension, la locomotion et la parole. Il s'agit par exemple de la sclérose latérale amyotrophique, ou maladie de Charcot (aux États-Unis, elle est aussi nommée maladie de Lou Gehrig), ou encore de la maladie de Parkinson.

Les dispositifs neuroprothétiques – ou interfaces cerveau-machine – ne se limiteront pas à l'aide aux personnes handicapées : ils permettront d'explorer le monde de façon nouvelle, en accroissant les capacités

LA LONGUE HISTOIRE DES PROTHÈSES

1500-1000 avant notre ère

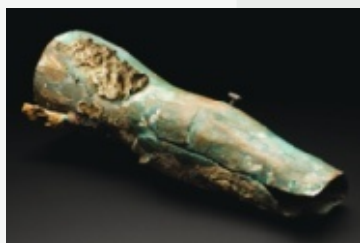
Première référence à une prothèse

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

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.



Corbis

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