

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 139 (2013)
Heft: 8: Les nouvelles tâches du cerveau

Artikel: Le cerveau, le corps et les prothèses
Autor: Blanke, Olaf / Aktypi, Madeleine
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-323115>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LE CERVEAU, LE CORPS ET LES PROTHÈSES

Depuis les années soixante, l'évolution des neurosciences est galopante. Plusieurs questions sont soulevées quant à leur apport et leur impact sur le corps humain.

Olaf Blanke, propos recueillis par Madeleine Aktypi

Historique abrégé des neurosciences

La renommée de Sir Charles Scott Sherrington s'est considérablement réduite, mais l'essor impressionnant que connaissent actuellement les neurosciences est dû en grande partie à sa découverte de la synapse en 1897. Dans les années 1960, Sir John Carew Eccles, son élève, fait avancer les recherches de son mentor. En 1964, il publie un ouvrage décisif portant sur la physiologie des synapses¹. C'est le début des neurosciences. «La découverte de la synapse et de ses fonctions rappelle, par l'ampleur de ses conséquences, celle de l'atome», commente le neurobiologiste Jean-Pierre Changeux dans *L'homme neuronal*². Le rôle de ce nouveau domaine devient de plus en plus central dans le paysage scientifique.

Mais qu'est-ce au juste qu'une synapse? Pourquoi est-elle si stimulante, si cruciale dans les neurosciences et dans la compréhension contemporaine du système nerveux? Selon le dictionnaire Larousse, c'est «une zone située entre deux neurones (cellules nerveuses) et assurant la transmission des informations de l'une à l'autre». Plus précisément, c'est une région d'interaction qui sert à communiquer un message chimique, et électrique, d'un neurone à l'autre ou d'un neurone à un muscle ou encore d'un neurone à un récepteur sensoriel. Le système nerveux apparaît dès lors comme un réseau aux innombrables jonctions et ramifications dont le centre est le cerveau. Dans ce modèle de compréhension que l'on peut qualifier d'informationnel, le cerveau est perçu comme une «unité centrale». A l'instar d'un ordinateur, il est possible de modifier son fonctionnement et d'augmenter ses performances. L'identification marche dans les deux sens puisque l'ordinateur est, à peu près à la même période, conçu et perçu comme un cerveau. C'est une boucle qui n'est pas sans conséquences.

Depuis la fin des années 1970, le rôle accordé à la synapse est amplifié par les nouvelles machines dont disposent désormais les laboratoires scientifiques. Au moyen de l'Imagerie par résonance magnétique (IRM) ou de la Tomographie par émission de positons (TEP), et souvent

grâce à leur action combinée, on peut disposer d'une imagerie cérébrale en temps réel, observer le cerveau et ses réseaux neuronaux à l'œuvre. Ce que ces nouvelles images donnent à voir, c'est que, si le cerveau est très complexe et souvent opaque, il est aussi plastique et ouvert au changement – à la différence, d'ailleurs, des ordinateurs actuels. Il peut apprendre, s'adapter et se modifier. Les synapses servent d'interface pour la communication entre les neurones, créant un vaste réseau interne capable de transformation et de nouveaux agencements, internes aussi bien qu'externes. Une importante branche des neurosciences concentre aujourd'hui ses recherches sur la communication entre des neurones représentant et contrôlant le corps humain et des prothèses techniques en cours d'invention. Ingénieurs, informaticiens et neurologues joignent leurs forces pour imaginer et fabriquer des neuroprothèses – c'est-à-dire des substituts inorganiques pour les membres humains manquants ou défectueux – sensorielles, motrices ou cognitives.

Rencontre avec Olaf Blanke

Olaf Blanke est le directeur du Centre des Neuroprothèses (CNP) de l'EPFL et collaborateur du projet européen Human Brain Project (HBP)³. Le CNP regroupe actuellement une centaine de neuroscientifiques, ingénieurs, et médecins dans cinq groupes appartenant à l'EPFL et travaillant dans ce domaine⁴. Le HBP regroupe des institutions scientifiques, notamment européennes, autour de la compréhension du cerveau humain. La recherche d'Olaf Blanke essaie de répondre aux questions

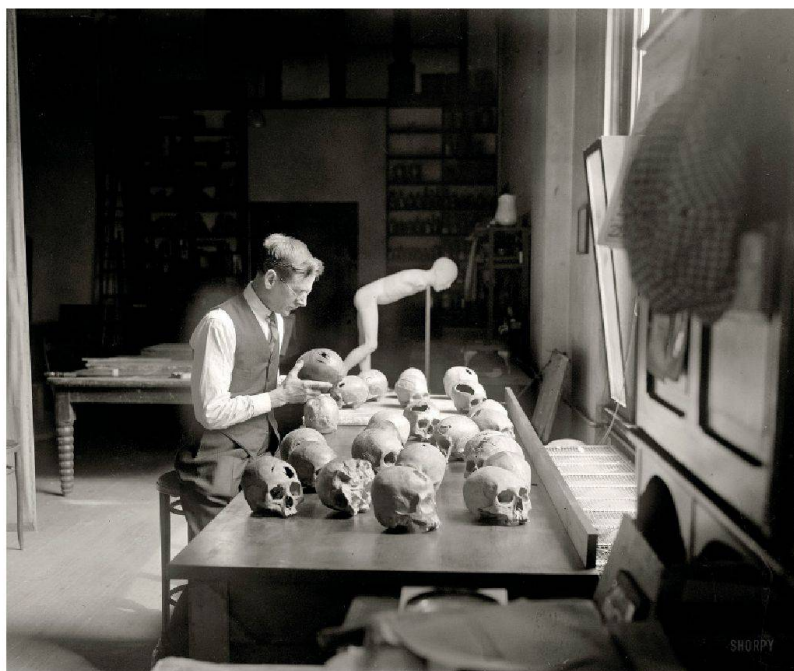
1 J. C. Eccles, *The Physiology of Synapses*, Springer, 1964.

2 J.-P. Changeux, *L'homme neuronal*, Paris, Arthème-Fayard, 1983, rééd. Hachette-Littératures, préface, pp. 7-8.

3 www.humanbrainproject.eu

4 <http://cnp.epfl.ch>

5 Plus connue comme Rubber Hand Illusion, l'expérience consiste à faire éprouver à des sujets sains une douleur sur leur propre main quand on pique une main en caoutchouc qu'ils sont en train de regarder et d'identifier à leur propre chair.



< William H. Egberts examine des cerveaux trépanés dans le laboratoire d'anthropologie du National Museum, Washington D. C., 27 mars 1926

suivantes : comment le cerveau forge-t-il la conscience de soi à travers la perception du corps ? Comment se représente-t-il le corps ? Pour y répondre, il emploie avec ses collaborateurs non seulement l'imagerie cérébrale, les sciences cognitives et les neurosciences, mais aussi la réalité virtuelle et la robotique. Le but est de proposer un modèle neurobiologique de la conscience de soi qui permettra aussi la fabrication des neuroprothèses capables d'intégrer le corps comme autant de membres naturels. Il nous a généreusement accueillis pour discuter de l'état des choses dans ce domaine en pleine expansion. Passionné par tout ce que promet cette recherche, il nous en parle avec un enthousiasme contagieux.

TRACÉS : Dans la plupart des approches actuelles, la plasticité apparaît comme la caractéristique principale du cerveau. Qu'en est-il ?

Olaf Blanke : Loin d'être préprogrammé ou rigide comme on l'a longtemps pensé, l'encéphale est doué d'une plasticité insoupçonnée. Il évolue, il change et se transforme tout au long de la vie d'un individu. Le cerveau apprend de nouvelles choses, il s'adapte et sa structure se modifie.

Y aurait-il alors des objets qui nous entourent – des objets techniques ou autres – qui influeraient de manière prédominante sur le fonctionnement du cerveau pendant qu'on les utilise ?

Tout à fait. Jouer au violon ou à la guitare, lire un poème ou faire une promenade provoquent des modifications dans certaines régions du cerveau. Concernant les objets techniques, l'exemple le plus parlant est celui du smartphone tactile. Selon certaines recherches récentes, la manière dont le cerveau réagit quand il perçoit un smartphone est similaire à la réaction qu'il a à la vue de la main droite. Cela active directement la région de la représentation de la main dans le cerveau. Ce phénomène ne se produit pas pour autant avec d'autres objets techniques de contrôle. Les raisons en sont multiples. En

tout cas, plus on utilise quelque chose, plus on l'intègre à notre corps. Ainsi, le smartphone, qu'on porte toujours sur nous, est perçu et vécu comme une extension de la main. Dans l'expérience de la main en caoutchouc⁵, que les neuroscientifiques utilisent souvent pour étudier la manière dont on identifie nos membres, si on remplace la main caoutchoutée par un smartphone, la zone du cerveau concernée n'établira pas de distinction entre la main et le téléphone. Même si d'autres régions cérébrales pourront détecter cette différence, la différenciation n'est pas effectuée dans un premier temps.

S'il est facile de confondre sa propre main avec une autre, caoutchoutée ou pas, et même avec un smartphone, qu'en est-il du visage ?

Contrairement à ce que l'on a tendance à penser, c'est la même règle qui s'applique à nouveau. Il est possible de confondre son visage avec celui d'un autre. Plus l'autre nous semble attirant, plus lisse et rapide se fait la transition. Plus il nous paraît beau et intelligent, plus facile est l'identification avec son visage. Plusieurs expériences ont montré que l'on est tout à fait capable et même enclin de croire que notre visage est celui d'un autre. En fait, on passe sa vie à apprendre à reconnaître son propre visage. C'est un processus répétitif et continu : on en fait l'apprentissage et le calibrage chaque jour, quand on se regarde dans le miroir, qu'on se perçoit dans un reflet ou qu'on se voit en photo. Le cerveau mémorise sans cesse nos traits et signes distinctifs, leur forme et leur évolution.

Pourrait-on alors aller jusqu'à confondre son corps entier avec celui d'un autre ? Qu'en est-il de la décorporation (*out-of-body experience*) ?

Comme mon équipe a pu le démontrer, la stimulation électrique du gyrus angulaire dans le cortex peut induire des illusions extra-corporelles : des décorporations. On a fait cette découverte inattendue pendant une intervention chirurgicale visant à soigner un sujet

épileptique. La patiente a eu le sentiment de sortir de son corps et de se regarder à distance. Cette sensation de dédoublement et de distanciation par rapport à son propre corps a été provoquée par un mauvais fonctionnement électrique du cerveau qui a produit cette illusion tenace chez le sujet.

Vous avez donc pu expliquer scientifiquement le mystère de la décorporation ?

Oui et non. La science nous montre comment cela a lieu et pourquoi. Mais il reste beaucoup à découvrir. Une grande partie de la magie, du mystère de la décorporation demeurent intacts. C'est comme l'arc-en-ciel. Nous en avons une explication physique depuis plusieurs siècles. Mais l'arc-en-ciel nous touche par sa beauté et induit souvent des sensations fortes. La décorporation est comme une sorte de réfraction. Comme si quelqu'un mettait un prisme qui change la façon dont le cerveau perçoit son propre corps. La décorporation et des phénomènes liés nous permettent d'étudier la relation entre le cerveau et son corps. C'est très rare d'avoir un patient qui peut provoquer ou reproduire une partie du phénomène dans le laboratoire. Mis à part les expériences extrêmes, ce qui semble sûr c'est que l'on peut être représenté par le cerveau comme étant simultanément dans deux corps ou dans le corps d'un avatar. Est-ce qu'en s'appropriant le corps de l'avatar on perd quelque chose du côté de son propre corps ? C'est aussi la question de l'architecture : quel rôle joue l'environnement, l'organisation de l'environnement, afin de faciliter, façonner ou inhiber cette représentation ? Sans pouvoir donner une réponse une fois pour toutes, on peut dire que la représentation du corps par le cerveau a une grande capacité d'incarner des mondes et des corps virtuels. Quand on joue à un jeu vidéo, on ne fait que cela. Et ça marche. Utiliser la réalité virtuelle telle qu'elle existe aujourd'hui présente un grand intérêt.

Dans votre laboratoire, vous utilisez tout cela en relation avec la douleur ?

Tout à fait. Quand on transpose cette habileté à habiter un monde de réalité virtuelle et à y activer notre conscience à notre douleur, les conclusions sont surprenantes. Une étude a démontré récemment que dès qu'on s'identifie à l'avatar, on ressent moins la douleur sur son propre corps. Le sentiment douloureux se déplace sur le corps virtuel et se trouve de ce fait significativement diminué. La douleur est donc réduite de manière non invasive. Grâce au fait que l'on est en partie convaincu d'habiter le corps de l'avatar et non plus le nôtre, on oublie la douleur ressentie.

Comment cela se fait-il ?

On ne le sait pas encore, mais on a pu démontrer qu'on sent moins son propre corps. Cela produit des effets analgésiques provenant du corps même. Il y a un groupe de chercheurs aux Etats-Unis qui, pendant la prise de sang, distrait l'attention des patients avec des jeux vidéo ; c'est très efficace. Mais les résultats devraient être encore plus puissants avec un dispositif d'immersion qui permette de se sentir vraiment dans un corps étranger et donc de nous faire oublier que notre propre corps subit une intervention douloureuse.

Il y aurait des choses à imaginer et à tester également du côté du plaisir, n'est-ce pas ?

Absolument. A ce niveau-là, tout est visuel. La scène visuelle s'adapte aux mouvements corporels du joueur. Il n'y a pas d'implantation, cela ne passe que par la vision. Nous simulons le corps à travers l'espace qui l'entoure. La vision et le facteur corporel sont toujours très importants. Nous pourrions imaginer des collaborations entre les neuroscientifiques et l'industrie des jeux vidéo.

Les mondes virtuels nous rapprochent de la science-fiction : pourrait-on, étant donné les capacités du cerveau que l'on connaît aujourd'hui, proposer la fabrication de prothèses pour le corps humain sain ? Concevoir un corps à trois mains par exemple ?

En fait, oui. Le cerveau ne semble pas du tout limité à notre anatomie. Il dispose, par exemple, d'une vingtaine de différentes représentations de chaque main. Dans une région du cerveau appelée cortex somatosensorielle primaire, il y a déjà quatre représentations différentes de mes doigts. Si on enregistrerait l'activité dans chacune de ses représentations, on pourrait peut-être apprendre à utiliser quatre mains droites en même temps. Pour la vision, c'est la même chose, il existe une dizaine de régions visuelles qui concernent le mouvement, la forme, etc., alors que l'on n'a que deux yeux.

Est-ce que ce qui freine ce type d'expérience relève uniquement de la bioéthique ?

Non, de la technique également. La communauté scientifique connaît tout cela depuis longtemps. Charles Scott Sherrington avait remarqué que plusieurs parties du cerveau servent à représenter les doigts. Reste à savoir si les quatre représentations dont on dispose ne sont pas toutes nécessaires pour utiliser une seule main !

Y a-t-il des recherches qui vont dans ce sens aujourd'hui ?

Oui, elles sont nombreuses. Leur but n'est pas d'ajouter des membres supplémentaires au corps humain. Ces recherches s'intéressent notamment à la création de substituts efficaces pour les membres malades. Le but est d'offrir une interface neuronale entre le corps du patient et l'appareil prothétique, d'arriver à restituer le toucher au bout de la prothèse. On cherche à l'intégrer de l'inorganique dans l'organique et redonner au corps malade une nouvelle vie aussi convaincante que celle de membres remplacés.

Olaf Blanke est le directeur du Centre des Neuroprothèses (CNP) de l'EPFL et collaborateur du projet européen Human Brain Project. Il est également neurologue consultant au département de neurologie de l'Hôpital de Genève.