

> des cellules spécialisées, les neurones. Le nombre de neurones varie d'un organisme à l'autre: on en compte de l'ordre de 100 milliards chez l'humain – dont 500 millions environ se situent dans notre intestin – et 100 000 chez le homard ou le crabe.

À quelle vitesse l'information neuronale est-elle transmise? Cela dépend surtout de l'épaisseur et de la nature des neurones, notamment de leur partie centrale nommée axone: plus le diamètre de l'axone augmente, plus la résistance interne baisse et plus la vitesse du signal est grande. Ainsi, de grands organismes tels que le calmar géant (jusqu'à 13 mètres de long, tentacules compris) ont des neurones dont les axones sont très épais, afin de transmettre le signal assez rapidement.

Mais ce n'est pas tout. Une substance principalement composée de lipides nommée myéline peut gainer certains axones et jouer le rôle d'isolant électrique, ce qui accroît la vitesse de propagation du potentiel d'action: cette vitesse peut passer de 0,5 à 10 mètres par seconde dans des axones sans myéline à près de 150 mètres par seconde avec myéline.

Même dotés d'axones à myéline, des êtres imaginaires de grande taille et ressemblants aux organismes terrestres, comme King Kong (un primate géant) ou Godzilla (un horrible reptile mutant), seront donc très lents à réagir. En effet, le potentiel d'action mettra de l'ordre d'une seconde pour aller d'une extrémité de leur corps au cerveau. Leurs réflexes lamentables les rendent beaucoup moins dangereux qu'ils n'en ont l'air!

UN TRÈS GROS CERVEAU EST UN CERVEAU LENT

La durée de transmission de l'information neuronale limite aussi la taille du cerveau. En effet, pour qu'une pensée puisse se développer et agir utilement, il faut bien sûr un cerveau suffisamment complexe, mais aussi une «durée de pensée» suffisamment brève. La vitesse des transmissions neuronales étant de l'ordre d'une centaine de mètres par seconde, un signal nerveux traverse le cerveau humain en environ un millième de seconde. Durant sa vie, le cerveau d'un humain sera donc, selon ce modèle simpliste des pensées, traversé par plusieurs milliers de milliards d'impulsions nerveuses. Si notre cerveau était 10 fois plus gros, avec la même vitesse de propagation de l'influx nerveux et la même durée de vie, nous aurions 10 fois moins de «pensées» au cours de notre vie.

Pour être traversé par le même nombre d'impulsions que celui de l'humain, un cerveau de la taille du Système solaire et où la vitesse de transmission serait égale à celle de la lumière aurait besoin d'une durée de l'ordre de l'âge de l'Univers. Il est donc raisonnable d'affirmer que

des organismes ayant un cerveau rivalisant en complexité avec le cerveau humain ne peuvent pas être trop grands, car, sinon, ils n'auraient pas le temps de penser à grand-chose. De ce point de vue, le «nuage noir», mis en scène par l'astrophysicien anglais Fred Hoyle dans son roman éponyme (1957), n'est guère plausible: avec une taille de l'ordre de celle du Système solaire, le rythme de ses pensées doit être extraordinairement lent. Pas facile de discuter avec lui, donc.

SANS NEURONES ET SANS CERVEAU

Notons enfin que les neurones ne sont pas obligatoires, car il existe d'autres cellules capables de transmettre un potentiel d'action. C'est le cas des cellules musculaires et endocrines, mais aussi des cellules tubulaires des plantes vasculaires ou «trachéophytes» (c'est-à-dire presque toutes les plantes sauf les mousses). Comme ces dernières transmettent le signal moins rapidement que les cellules animales, les grands végétaux communiquent plus lentement. C'est peut-être pourquoi J. R. R. Tolkien, dans le *Seigneur des Anneaux* (1954-1955), imagine de grandes plantes humanoïdes, les Ents, qui parlent et agissent très lentement. Il est aussi difficile d'imaginer un réseau planétaire de plantes connectées tel que celui mis en scène sur la planète Pandora dans *Avatar* (James Cameron, 2009). Notons enfin que, sur notre planète, le plus grand organisme vivant n'est ni une plante ni un animal; il s'agit d'un champignon armillaire (*Armillaria solipides*) âgé de plusieurs milliers d'années et couvrant 9,6 kilomètres carrés dans les Blue Mountains de l'Oregon, aux États-Unis!

Revenons aux animaux. Le système nerveux central (qui centralise l'information, mais n'est pas forcément au centre de l'organisme) n'est pas obligatoire non plus! C'est le cas des échinodermes (oursins, étoiles de mer, etc.) qui ont une sorte d'anneau ramifié entourant la bouche (système nerveux péribuccal) et d'où partent cinq cordons nerveux. Il en est de même des arthropodes (crustacés, insectes, arachnides, etc.) dont le système nerveux dessine une sorte de «corde à nœuds» dans l'ensemble du corps, avec parfois des ganglions au niveau de la tête et de l'œsophage. Faut-il imaginer Godzilla, King Kong ou d'autres monstres géants avec des systèmes nerveux d'oursins ou d'araignées géantes? Cela améliorerait sans doute leurs réflexes en distribuant les centres de commande musculaire.

Si la science-fiction met souvent en scène des êtres extraordinaires, la vie réelle explore et teste des possibles qui peuvent surprendre, voire dérouter: toutes deux nous rappellent que l'évolution est une incroyable source de questions, d'inspiration et d'émerveillement. ■

BIBLIOGRAPHIE

D. Purves et al.,
Neurosciences,
De Boeck, 2015.

G. W. Koch et al.,
The limits to tree height,
Nature, vol. 428,
pp. 851-854, 2004.

G. B. West et al.,
**Allometric scaling
of metabolic rate from
molecules and mitochondria to cells
and mammals**,
PNAS, vol. 99,
pp. 2473-2478, 2002.

Galilée, **Discours
concernant deux sciences
nouvelles**, PUF, 1995.

Tous les papiers se recyclent,
alors trions-les tous.

**C'est aussi
simple à faire
qu'à lire.**

La presse écrite s'engage pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.



L'expérience du cerveau coupé en deux

QUE SE PASSE-T-IL QUAND LES COMMUNICATIONS SONT ROMPUES ENTRE LES DEUX HÉMISPHÈRES CÉRÉBRAUX? C'EST CE QU'A ÉTUDIÉ MICHAEL GAZZANIGA DANS LES ANNÉES 1960, PRÉCISANT AINSI LES FONCTIONS DE CHAQUE HÉMISPHÈRE...

Au début des années 1960, le neuroscientifique américain Michael Gazzaniga a conscience de vivre un moment historique quand il teste les capacités cognitives de patients au «cerveau divisé». Ces derniers sont des épileptiques dont les deux hémisphères cérébraux ont été déconnectés par une opération chirurgicale afin de limiter leurs crises. «C'était ma première journée de chercheur, raconte Michael Gazzaniga quarante ans plus tard. À peine la porte d'entrée franchie, une tâche me fut assignée. Les expériences sur le cerveau divisé que j'avais élaborées durant ma dernière année à Dartmouth College allaient enfin être pratiquées sur des patients, ici, à Rochester.»

Les tests révéleront alors un fait étonnant: lorsque les patients voient un objet dans la moitié gauche de leur champ visuel – analysée par l'hémisphère droit du cerveau –, ils sont incapables de donner son nom. Une découverte qui remplit le jeune chercheur de fierté: «Ce résultat, nous l'avons obtenu grâce à une expérience que j'avais conçue, mise au point et réalisée, moi, un simple doctorant de l'Institut de technologie de Californie! C'est ainsi qu'a commencé l'histoire moderne de la recherche sur le cerveau divisé. J'ai passé les cinq années suivantes dans une sorte d'état de grâce, à travailler tous les jours dans l'une des institutions scientifiques les plus intéressantes du monde, avec l'un des plus grands biologistes de tous les temps, Roger Sperry.»

Si l'étude des cerveaux divisés (*split brains* en anglais) commence vraiment avec les expériences de Michael Gazzaniga, ses prémices remontent aux années 1940. Les neurologues cherchaient alors à soigner des patients épileptiques sur qui les médicaments n'avaient aucun effet. Ils s'étaient aperçus que les crises se transmettaient parfois d'un hémisphère cérébral à l'autre à travers le corps calleux, un faisceau de fibres reliant les deux moitiés du cerveau comme un câble électrique. Pourrait-on les contenir en sectionnant ce câble, profondément enfoui dans la fissure entre les deux hémisphères? Les neurochirurgiens tentèrent l'opération sur des animaux, puis sur vingt-six patients souffrant de crises épileptiques sévères. Avec des résultats peu probants, qui conduisirent à l'abandon provisoire de la technique.

Il faudra attendre plus de vingt ans pour que deux neurochirurgiens de Los Angeles tentent à nouveau de l'appliquer. Certains >



© Stefano Fabbri

L'ESSENTIEL

> Il y a un demi-siècle, des neurochirurgiens ont sectionné le corps calleux – le principal réseau de fibres reliant les deux hémisphères cérébraux – de certains patients épileptiques, afin d'endiguer leurs crises.

> En étudiant ces patients, Michael Gazzaniga a pu attribuer différentes fonctions à chaque hémisphère du cerveau.

> Si le gauche prend généralement en charge le langage, le droit traite la perception des visages.

L'AUTEURE



DANIELA OVADIA
codirectrice du laboratoire Neurosciences
et société de l'université de Pavie,
en Italie, et journaliste scientifique



Les personnes dont le cerveau est coupé en deux ont une vision altérée de leur environnement. Ce qui apparaît dans certaines parties de leur champ visuel, notamment, ne peut être verbalisé...

> patients acceptent de subir l'intervention, car les crises rendent leur quotidien invivable : elles surviennent jusqu'à dix fois par jour et menacent même d'être fatales. Les neurochirurgiens sectionnent alors leur corps calleux de façon plus précise et plus profonde que lors des précédents essais, et, cette fois, le succès thérapeutique est au rendez-vous. Les crises d'épilepsie ont grandement diminué, mais qu'en est-il des capacités cognitives des patients ? Certains neurologues ne s'attendent pas à des changements spectaculaires. Chaque hémisphère possède en effet des compétences et des tâches spécifiques – déduites du « modèle lésionnel » de l'époque, qui associe un trouble particulier à chaque zone lésée chez des patients victimes d'un accident vasculaire cérébral. D'ailleurs, les tests menés dans les années 1940 par le neurologue Andrew Akelaitis sur le premier groupe de patients au corps calleux sectionné n'avaient révélé aucune anomalie.

Mais pour le neurobiologiste Roger Sperry, qui a sectionné quelques années plus tôt le corps calleux de rats, de chats et de singes, l'intervention n'est pas anodine sur le plan cognitif. Les animaux opérés avaient en effet des comportements étranges. Quant aux tests d'Akelaitis, peut-être n'étaient-ils pas assez précis ?

C'est à ce moment qu'entre en scène la jeune neurologue Michael Gazzaniga. Durant ses études, il imagine une série de tests pour évaluer les fonctions cognitives des deux hémisphères, avec le fol espoir d'être autorisé à les expérimenter sur les patients opérés dans les années 1940. Son travail attire l'attention de Sperry, qui le convoque à l'Institut de technologie de Californie (Caltech) lorsqu'il apprend que certains neurochirurgiens pratiquent à nouveau la callosotomie thérapeutique.

UN DISPOSITIF QUI NE SOLLICITE QU'UN SEUL HÉMISPHERE

L'histoire des neurosciences retiendra les initiales de deux patients soumis aux tests du jeune chercheur : W. J. et V. P. Le premier a 47 ans quand il accepte de passer les tests, au début des années 1960. Souffrant de crises d'épilepsie depuis une blessure contractée à la tête à l'âge de 25 ans, il vient d'être opéré. Des années plus tard, l'invention de l'imagerie par résonance magnétique permettra de confirmer que son corps calleux est complètement sectionné.

Le test le plus connu passé par W. J. sert à mesurer les capacités mathématiques. Au centre d'un écran d'ordinateur s'affiche brièvement une opération simple – une addition ou une multiplication. Juste après, des nombres sont présentés en alternance d'un côté ou de l'autre d'un repère, également situé au centre de l'écran, et que le patient doit fixer. Pour chacun d'eux, le patient doit dire s'il s'agit ou non

du résultat de l'opération. Grâce à ce dispositif astucieux, chaque nombre est perçu par un seul hémisphère. S'il est présenté dans la moitié droite du champ visuel, c'est l'hémisphère gauche qui le voit, et *vice versa*, puisque les fibres du nerf optique se croisent pendant leur parcours de la rétine au cortex visuel.

Le résultat de l'expérience est clair : lorsque les nombres sont présentés dans la moitié droite du champ visuel, et donc perçus par l'hémisphère gauche, W. J. identifie correctement les réponses exactes. Quand ils sont affichés dans la partie gauche du champ visuel, et donc traités par l'hémisphère droit, il répond au hasard.

CHRONOLOGIE

1940

Des chercheurs établissent que les crises épileptiques diffusent d'un hémisphère à l'autre en passant par le corps calleux. Deux neurochirurgiens américains, William Van Wagenen et Yorke Herren, tentent alors de les endiguer en sectionnant ce dernier – une opération nommée callosotomie –, créant des patients au « cerveau divisé » (ou patients *split-brain*).

1944

Le psychiatre et neurologue Andrew Akelaitis décrit pour la première fois les effets cognitifs de l'opération.

1956-1958

Roger Sperry, biologiste spécialisé dans l'étude du comportement animal, met au point une batterie de tests pour analyser le cerveau divisé chez les rats, les chats et les singes.

1962-1967

Michael Gazzaniga, Joseph Bogen et Roger Sperry appliquent les protocoles expérimentaux mis au point

sur les animaux à une nouvelle série de patients *split-brain*.

1971

Les tests effectués sur des patients ayant subi une callosotomie partielle révèlent que chaque section du corps calleux possède une fonction spécifique.

1978

Michael Gazzaniga et Joseph LeDoux introduisent le concept d'un hémisphère gauche « interprète », qui nous permettrait de décrire et d'expliquer ce que nous voyons et ce que nous faisons.

1981

Roger Sperry remporte le prix Nobel de médecine pour ses découvertes sur la spécialisation des hémisphères cérébraux.

1982

Jeffrey Holtzman montre que les deux hémisphères collaborent encore parfois pour traiter les informations, même après la section du corps calleux, grâce à des connexions résiduelles.

1989

Steven Luck montre que chez des patients ayant subi une callosotomie totale, chaque hémisphère peut diriger son attention visuelle sur une zone spécifique.

2003

L'hémisphère droit étant supérieur dans le traitement de l'information visuospatiale, Paul Corballis suggère qu'il tranche entre les perceptions visuelles ambiguës et crée une représentation fiable du monde.