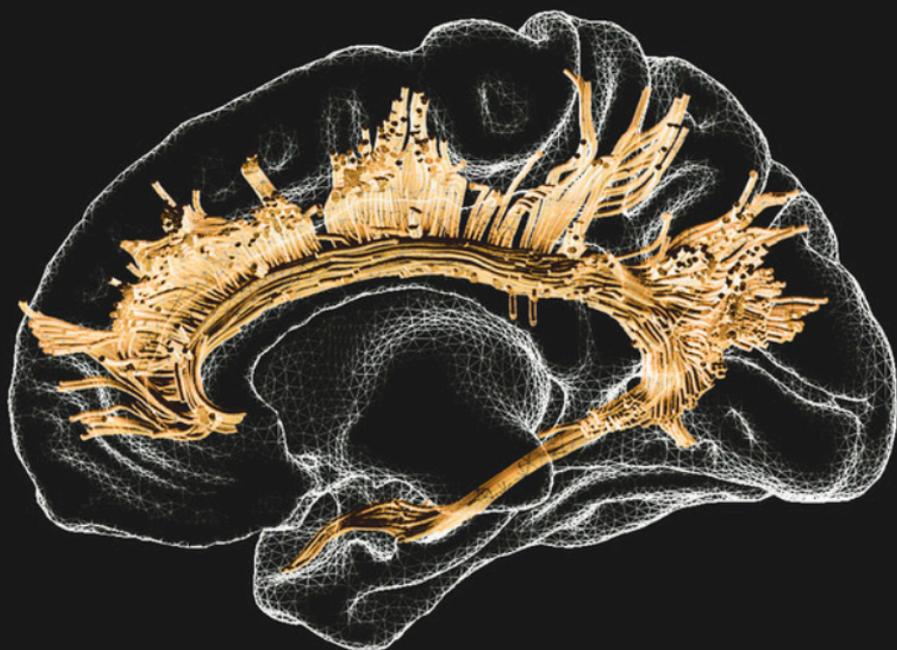


**PAOLO
BARTOLOMEO**

Dernières nouvelles
du cerveau



Flammarion

Dernières nouvelles
du cerveau

Paolo Bartolomeo
Avec la collaboration
de Francesca Bartolomeo

Dernières nouvelles du cerveau

Illustrations de Thomas Haessig

Flammarion

Illustrations : Thomas Haessig © Flammarion, 2023

p. 17 : Thomas Haessig © Flammarion, 2021,
d'après *Dernières nouvelles de Sapiens*.

p. 32 : © Jose Luis Calvo / Shutterstock.

p. 62 : © Mihai_Andritoiu / Shutterstock.

© Éditions Flammarion, Paris, 2023

ISBN : 978-2-0802-7267-6

INTRODUCTION

Au cours des trente dernières années, le développement rapide de la neuroimagerie a profondément influencé les débats menés autour des bases cérébrales des processus cognitifs. Cette évolution a également conduit les neurosciences à s'intéresser à des domaines qui leur étaient auparavant étrangers. Nous assistons à l'émergence de disciplines « neuro-quelque chose » telles que la neuroesthétique, la neuroéthique, le neurodroit et bien d'autres. Il y a malheureusement de nombreux abus, des charlatans vendant du « neuro » à toutes les sauces lors de conférences ou sur Internet.

Face à ces phénomènes, il est essentiel de prendre conscience des limites des techniques d'imagerie. Il s'agit aussi de reconnaître l'importance, souvent sous-estimée, de l'étude des patients atteints de lésions cérébrales. Celle-ci peut parfois mettre au

jour un lien de causalité entre la perte d'une fonction cognitive et la région du cerveau lésée (ou le circuit dont elle fait partie). A contrario, quand on étudie des cerveaux sains par neuroimagerie, on se contente de repérer des corrélations entre l'activité cérébrale de certaines régions et la cognition. Or, grâce aux techniques récentes d'analyse comportementale et d'imagerie, nous sommes désormais en mesure d'effectuer une étude beaucoup plus précise des patients atteints de lésions cérébrales, ce qui ouvre de nouvelles perspectives de recherche.

Dans ce contexte stimulant de découvertes et de progrès pour les neurosciences, la presse grand public a parfois tendance à exagérer la portée des résultats scientifiques – ce qui fait vendre, mais est préjudiciable à leur compréhension. De plus, la pandémie de la Covid-19 a été marquée par une prolifération de fausses informations, et rien ne semble pour l'instant endiguer ce flux constant de mensonges inondant les réseaux sociaux et autres canaux de diffusion.

En tant que neurologue clinicien et neuroscientifique, j'ai donc entrepris, à travers cet ouvrage, de partager ma propre perspective sur les avancées récentes en neurosciences. Dans les pages qui suivent, j'aborde certaines de ces problématiques actuelles tout en fournissant des

notions de base sur le fonctionnement du cerveau. J'espère ainsi aider les lecteurs à mieux interpréter les communiqués sensationnalistes qui inondent la presse, et à développer une compréhension critique face à ces informations.

À QUOI SERT LE CERVEAU ?

On retrouve souvent, sous la plume des journalistes, l'idée que le cerveau est l'objet le plus complexe de l'Univers. Ce n'est pas une formule très scientifique (peut-on prétendre connaître tous les objets de l'Univers ? Et quand bien même ce serait le cas, comment comparer leur complexité ?). Ce cliché exprime cependant la fascination bien réelle que suscitent les mystères d'un organe qui n'est pas comme les autres, car directement lié à notre vie mentale. L'importance biologique de notre cerveau saute aux yeux lorsqu'on considère ses dépenses énergétiques : cet organe qui pèse environ 1,4 kg, soit seulement 2 % de notre masse corporelle, consomme à lui seul 20 % de l'énergie totale de notre corps. Et cela même au repos, sans qu'il n'y ait aucune activité mentale ! Que l'on s'échine à démontrer un théorème compliqué ou qu'on laisse son esprit vagabonder librement, la

quantité d'énergie requise par le cerveau reste foncièrement la même.

Le cerveau du nouveau-né, proportionnellement plus gros que le cerveau adulte, est encore plus énergivore : il consomme presque deux tiers de l'énergie totale du corps. Où le cerveau trouve-t-il une telle quantité d'énergie ? Le foie et les muscles en entreposent sous forme de glucides, à travers du tissu adipeux comme la graisse, mais ce n'est pas la solution adoptée par le cerveau. L'espace disponible dans le crâne est tellement précieux qu'il n'y a pas de place pour de tels dépôts : c'est donc le reste du corps qui se charge de fournir continuellement de l'énergie au cerveau. Le cerveau serait-il un profiteur ? Paradoxalement peut-être, nous allons voir que c'est le cerveau lui-même qui nous rend capables d'explorer l'environnement pour y trouver des sources d'énergie.

Un outil d'échange avec l'environnement

Comment appréhender cette masse gélatineuse, si bien cachée et protégée dans la boîte osseuse de notre crâne ? Une possibilité serait de commencer par le commencement, et de nous pencher sur

l'origine du cerveau dans l'évolution des espèces (qui relève de la phylogenèse), ainsi que sur sa maturation, depuis le stade de l'embryon jusqu'à l'individu adulte (qui relève de l'ontogenèse).

Les premiers organismes qui ont vécu sur Terre, il y a plusieurs milliards d'années, étaient très simples, et bien sûr dépourvus de cerveau ; mais ils réagissaient déjà à des modifications de leur environnement. Même des organismes constitués d'une seule cellule et dépourvus de cerveau comme *Escherichia coli*, une bactérie qui prospère dans notre tube digestif, sont capables en apparence de prendre des décisions, en « choisissant » par exemple de se rapprocher d'une source de nourriture, ou de fuir des substances qui leur sont nuisibles. C'est le phénomène dit de chimiotaxie : *E. coli* réagit à un changement dans son environnement (ici, la concentration d'une substance dans le milieu) grâce à la transformation d'un signal sensoriel (via des récepteurs présents sur sa membrane) en une réponse d'approche ou d'évitement. Ces réactions se fondent sur le fait que les gradients de concentration n'ont pas tendance à s'inverser brusquement ; *E. coli* peut donc bouger dans une direction vers laquelle le gradient va s'intensifier ou diminuer graduellement. La concentration d'une molécule

toxique augmente-t-elle dans une direction, par exemple ? La bactérie agit de petits cils appelés flagelles pour aller dans le sens contraire, et s'éloigne ainsi du danger. Tout se passe comme si la bactérie pouvait prédire (certes de façon très élémentaire) l'évolution future de son environnement et agir en conséquence.

Des solutions de plus en plus diversifiées et élaborées sont apparues au cours de l'évolution pour réagir aux informations collectées sur l'environnement. Chez les organismes pluricellulaires, des cellules se sont ainsi spécialisées dans la reconnaissance d'événements extérieurs et dans la production d'une réponse motrice appropriée. Ces cellules effectuant un traitement « cognitif » rudimentaire ont constitué les premiers systèmes nerveux qui étaient d'abord diffus, comme chez les méduses actuelles.

Un appareil électrique, chimique et numérique

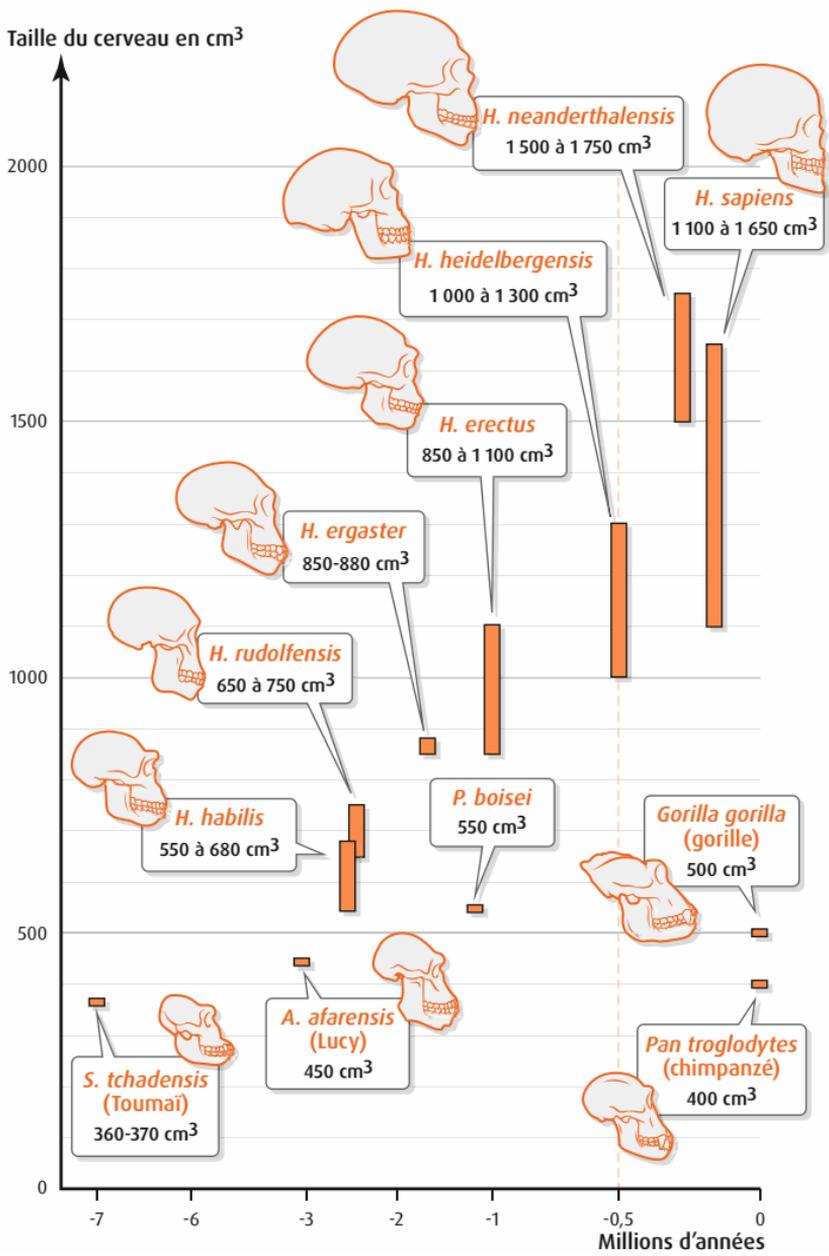
Du point de vue évolutif, avec la complexification des systèmes nerveux, cette solution a cependant trouvé ses limites : au fur et à mesure que l'organisme s'élargit, les cellules nerveuses

s'éloignent de plus en plus les unes des autres. Comment les faire dialoguer malgré la distance ? Il y a environ 500 millions d'années, une « innovation » spectaculaire a rendu possible l'échange rapide et précis d'informations entre cellules distantes : la communication électrique, via un signal électrique appelé le potentiel d'action (nous y reviendrons au chapitre suivant). Le potentiel d'action a un format « digital », en tout ou rien : soit il est absent, soit il est là. De cette façon, l'information véhiculée est moins sujette au bruit ambiant et à la dégradation lorsque le signal se propage à longue distance dans l'organisme. De plus, il voyage très rapidement dans le système nerveux, jusqu'à 100 m/s. Deux qualités importantes pour des organismes étendus dans l'espace.

L'apparition du potentiel d'action a ainsi permis l'intégration des informations nerveuses à l'échelle d'organismes composés de très nombreuses cellules. Elle a été à la base de l'*explosion cambrienne*, une période qui a vu foisonner de nombreuses formes de vie. Parmi celles-ci se trouvaient les précurseurs de presque tous les grands groupes d'animaux qui vivent sur Terre aujourd'hui – poissons, reptiles, oiseaux, mammifères, etc.

Un organe volumineux

Les premiers vertébrés consommaient d'autres organismes, animaux ou végétaux. D'abord marins, ces prédateurs possédaient un cerveau rudimentaire et identifiaient principalement leurs proies par l'odorat ; ils conquièrent ensuite la terre ferme. Il y a environ 80 millions d'années apparaissent des prédateurs bien plus redoutables : les primates, dont nous faisons partie, qui repèrent leur gibier de loin grâce à la vue, et dont les yeux, situés sur le devant de la tête, sont liés à un cerveau bien plus volumineux et organisé que celui de leurs ancêtres. Ce gros cerveau est coûteux : outre une dépense d'énergie considérable, il nécessite un développement poussé qui se prolonge bien au-delà de la vie intra-utérine. Voilà donc les parents du nouveau-né contraints de le surveiller et de le nourrir pendant une longue période, celui-ci étant entièrement dépendant d'eux à la naissance. Ce développement post-natal du cerveau est indispensable, car une boîte crânienne renfermant un cerveau pleinement développé serait trop volumineuse pour passer par le canal étroit de la naissance ; le cerveau profite aussi d'expériences bien plus riches que celles d'un fœtus dans l'utérus. Ainsi, les avantages que ce gros cerveau donne aux primates dépassent de



I. Évolution du volume du cerveau chez les hominidés.
 D'après S. Condemi et F. Savatier, *Dernières nouvelles de Sapiens*,
 2^e édition augmentée, Flammarion, 2021.

loin ses énormes coûts, et l'on constate une tendance à une augmentation de son volume chez les hominidés au cours de l'évolution (figure 1), même si la balance coûts/bénéfices a connu plusieurs ajustements.

En effet, après 2 millions d'années de croissance continue, le cerveau a rapetissé, passant de $1\,550\text{ cm}^3$ chez nos ancêtres Cro-Magnon aux actuels $1\,350\text{ cm}^3$ au cours des 20 000 dernières années. Notons que le très gros cerveau de nos parents Néandertaliens (jusqu'à $1\,680\text{ cm}^3$), une espèce très répandue en Eurasie entre 120 000 et 35 000 ans avant notre ère, ne les a pas protégés de l'extinction (figure 2). Les gros cerveaux d'*Homo sapiens* trouvent de la place dans l'espace limité de leur boîte crânienne grâce à une astuce



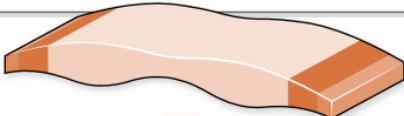
2. Comparaison du volume cérébral moyen chez l'Homme de Néandertal, nos ancêtres Cro-Magnon et l'Homme moderne.

de l'évolution : plutôt que de s'allonger progressivement comme chez les autres animaux, celle-ci garde la forme globulaire du crâne du nouveau-né jusqu'à l'âge adulte (en biologie évolutionniste, on qualifie de *pédomorphisme* une telle persistance).

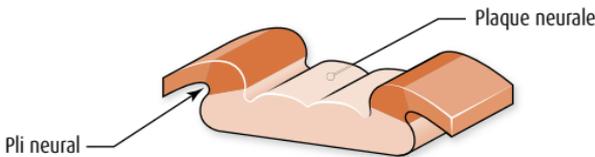
L'alimentation, un facteur crucial dans le développement du cerveau

Le développement intra-utérin du système nerveux central chez l'Homme passe par plusieurs grandes phases. Comme chez tous les vertébrés, l'embryon se développe à partir de trois feuillets (de l'intérieur vers l'extérieur : l'endoderme, le mésoderme, puis l'ectoderme). Le système nerveux central est issu de l'ectoderme, qui, à la troisième semaine après la conception, se replie en un tube courant tout le long du corps, le tube neural (figure 3). Ce tube se segmente ensuite, et la partie avant forme différentes vésicules qui se différencient pour former les structures du cerveau (figure 4). À la fin de cette séquence complexe, un manteau de six couches enveloppe le cerveau : le cortex cérébral (du latin *cortex*, « écorce »), que l'on trouve seulement chez les mammifères.

1 L'ectoderme se différencie : des cellules constitueront l'épiderme, tandis que d'autres formeront le système nerveux central.



2 La plaque neurale est constituée. Un sillon s'y dessine.

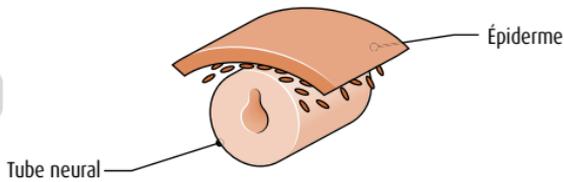


3 La plaque neurale se replie autour du sillon.



4 Le tube neural s'est refermé par fusion des plis neuraux. Il se sépare physiquement de l'épiderme.

J + 21



3. Première phase du développement du système nerveux primitif chez l'embryon.