

CERVEAU

L'incroyable machine



Véronique Bonvallot





The background is a solid orange color with several abstract geometric elements. There are several circles of different sizes, some of which are white and some are orange. There are also several diagonal lines of different thicknesses, some of which are white and some are orange. The overall effect is a modern, minimalist design.

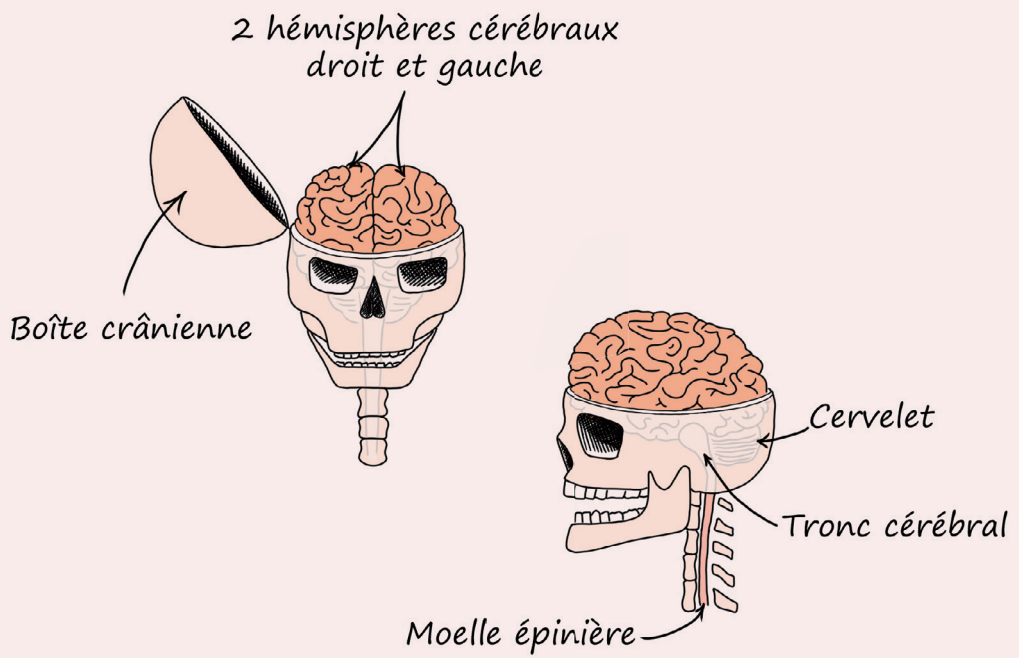
1

UN SYSTÈME NERVEUX CENTRAL...

Commençons par décrire notre cerveau. Son anatomie n'a rien d'extraordinaire, si ce n'est la multiplicité de structures et donc... la complexité du vocabulaire. Ne paniquez pas à l'idée de tout retenir, les différents acteurs réapparaîtront tout au fil du livre, dans leurs rôles variés...

La première chose à savoir est simple : le cerveau appartient au système nerveux central. Le système nerveux, un réseau de tuyaux qui transportent des liquides et supporte notre pensée ? Pas du tout, vous l'avez déjà compris. Mais c'est ce que pensaient les savants jusqu'à une véritable révolution : au milieu du XVII^e siècle, le médecin et professeur anglais Thomas Willis comprit que ce sont les plis du cortex, la partie externe du cerveau, qui soutient notre pensée, en étudiant ses patients de leur vivant et après leur mort par dissection. Et il ne comprit pas seulement cela. Il précisa la cartographie des nerfs et distingua les parties du système nerveux : le **central**, encéphale et moelle épinière, le **périphérique**, nerfs et ganglions, et l'**autonome**, qui contrôle des fonctions vitales inconscientes. Il nomma de nombreuses structures cérébrales et redéfinit les nerfs du crâne. Rien que ça ! Son travail représente un changement de cap dans l'approche du fonctionnement du système nerveux.

Il est évident aujourd'hui que le cerveau est relié à toutes les parties de notre corps via le tronc cérébral, sorte de pont qui communique avec la moelle épinière, et tout un réseau de nerfs. Il reçoit les informations provenant de l'environnement par les organes sensoriels, les analyse et centralise un vaste ensemble de réponses et de processus. Faisons le point sur ces structures et commençons par distinguer le cerveau de l'encéphale, deux mots souvent confondus dans la littérature et le langage courant.



ENCÉPHALE EN BOÎTE CRÂNIENNE

L'ENCÉPHALE

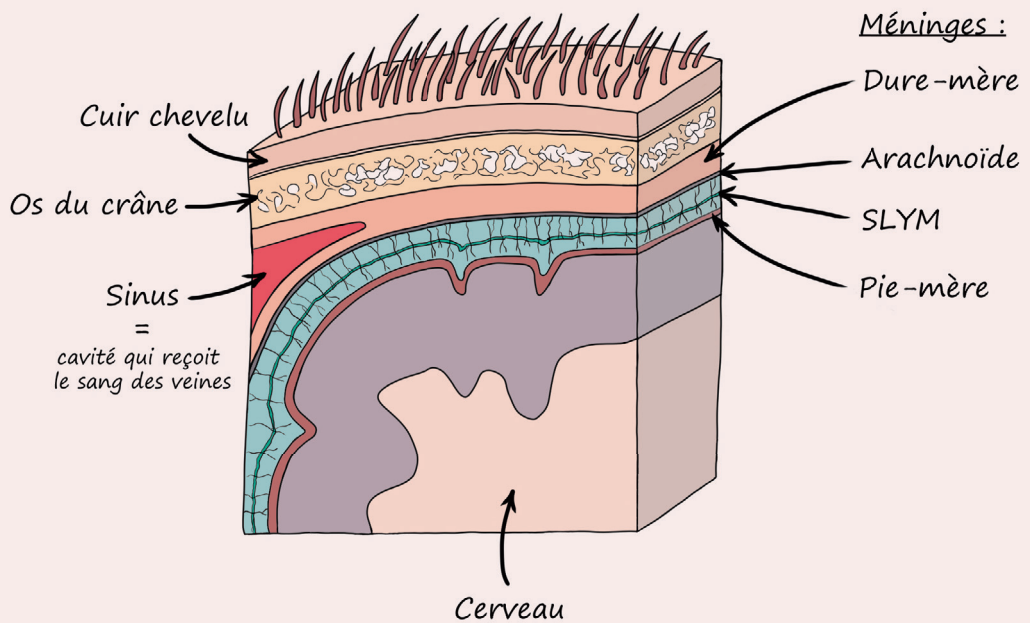
Encéphale, terme très scientifique, issu du grec ancien et signifiant littéralement « dans la tête ». Il désigne donc l'ensemble des centres nerveux situés sous le crâne. C'est justement en ouvrant des crânes de cadavres humains que les scientifiques purent découvrir au fil du temps les différentes unités de l'encéphale. Ce qui ne fut pas chose facile car la dissection de cadavres humains à des fins de connaissance fut longtemps interdite, particulièrement au Moyen Âge. Vers la fin du ^{xv}^e siècle, début du ^{xvi}^e siècle, Leonard de Vinci tenta des croquis anatomiques sur des observations directes. Il schématisa à sa façon le cerveau et les nerfs optiques. Puis, en 1543, André Vésale, anatomiste et médecin bruxellois très savant, publia des descriptions minutieuses et détaillées de coupes d'encéphale dans un ouvrage couramment appelé La Fabrica. Il y avait tant à découvrir que dès le ^{xviii}^e siècle, les scientifiques disséquaient à tout-va, dans tous les sens... Mais l'on se rendit vite compte que les méthodes de dissection très variables de l'époque, ne menaient pas toujours aux mêmes observations ni aux mêmes conclusions. Plus tard, on enleva des portions pour en révéler d'autres, on injecta des substances colorées dans les vaisseaux pour y voir plus clair, on fit bouillir le cerveau pour qu'il ne perdît pas sa forme en cours de travail. Qui l'eût cru : sa consistance molle fut un véritable problème pour le travail des scientifiques. Des observations de plus en plus précises et pointues arrivèrent avec l'utilisation du microscope. Et bien plus tard, dans la deuxième partie du ^{xx}^e siècle, l'électroencéphalographie et l'imagerie par résonance magnétique permirent d'étudier les structures et réactions de l'encéphale, vivant, à travers le crâne. Les techniques actuelles d'imagerie, extrêmement performantes, viennent compléter, encore et encore, toutes ces connaissances...

Ainsi, on sait aujourd'hui que l'encéphale contient bien :

- 2 **hémisphères cérébraux**, le droit et le gauche, le cerveau à proprement parler, qui en forme la plus grosse partie,
- le **diencéphale** qui regroupe le thalamus, l'hypothalamus et l'épithalamus, prolongé par des petites glandes, hypophyse et épiphyse,
- le **tronc cérébral** qui comprend le mésencéphale, le pont de Varole et le bulbe rachidien,
- le **cervelet** qui se situe en arrière du tronc cérébral, sous le cerveau.

L'encéphale contient aussi des cavités que l'on appelle ventricules, remplies d'un liquide proche de l'eau, le liquide céphalo-rachidien... Dites plutôt **liquide cérébro-spinal**, c'est plus fun !

L'encéphale étant mou, il est fragile et déformable. Heureusement, les os du crâne et les méninges le protègent bien.



CUBE DE CRÂNE AVEC MÉNINGES

LES MÉNINGES

L'encéphale n'est pas en contact direct avec les os du crâne. Il est bien entouré de plusieurs membranes : les **méninges**, qui entourent aussi la moelle épinière... « Se creuser les méninges », drôle d'expression indiquant une forte réflexion. Si l'une des méninges, la **dure-mère**, comme son nom l'indique, est dure et ne peut se creuser, il existe deux méninges molles, l'**arachnoïde** et la **pie-mère**. « Arachnoïde » car ses filaments font penser à une toile d'araignée, « pie-mère » car elle est noire et blanche... non pas du tout, pie-mère vient du nom latin pia mater signifiant tendre matrice. Une quatrième méninge a été récemment découverte dans l'arachnoïde, une très fine couche nommée **SLYM** pour Subarachnoid Lymphatic-Like Membrane. Si l'anglais vous rebute, retenez SLYM.

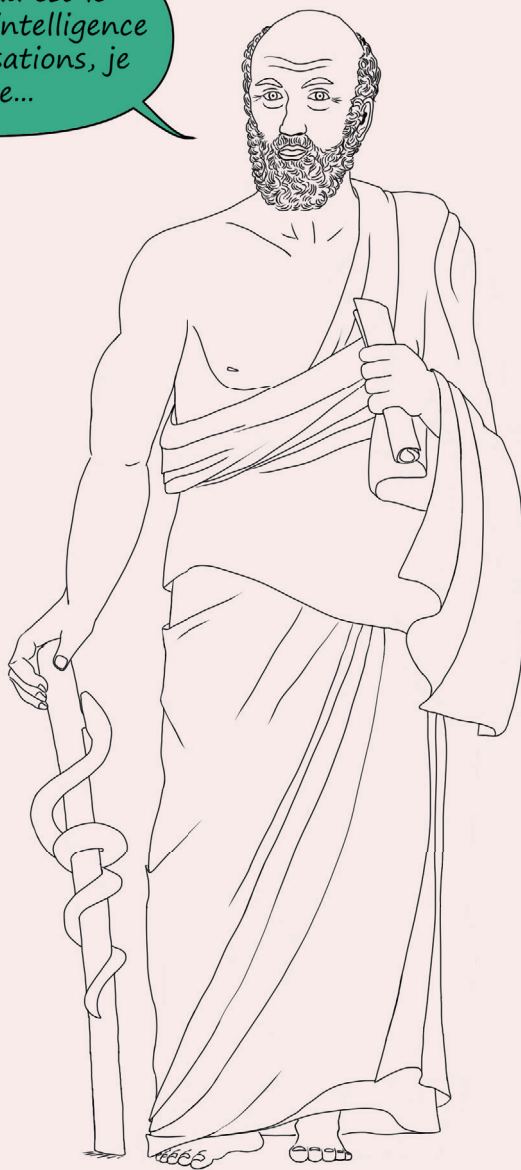
Les méninges protègent le système nerveux central des chocs, mais ce n'est pas leur seule utilité. Elles alimentent tout l'encéphale en nutriments, agissent comme une barrière contre les microbes, et sont le lieu du dialogue entre système nerveux et système immunitaire.

Le liquide cérébro-spinal est produit au niveau des plexus choroïdes, un réseau de capillaires, des tubes très fins, au milieu du cerveau. Il circule dans des cavités, les ventricules, et dans l'espace subarachnoïdien, compris entre l'arachnoïde et la pie-mère. Son volume varie pour maintenir une pression optimale à l'intérieur du crâne. Comme les méninges, il limite les chocs et empêche le cerveau de se déformer. Il véhicule de nombreuses molécules, nutriments, anticorps, lymphocytes, neurotransmetteurs ou hormones. Il joue de multiples rôles physiques et biologiques et permet même l'élimination des déchets ! Le cerveau consommant beaucoup d'énergie, il produit beaucoup de déchets...

Heureusement, le liquide cérébro-spinal est renouvelé plusieurs fois par jour, toutes les 6 à 8 h.

Les forts besoins de l'encéphale en oxygène et en glucose sont assurés par le sang qui y arrive par les artères. Un ensemble de canaux localisés dans un dédoublement de la dure-mère, les sinus veineux, récoltent le sang appauvri en nutriments et le renvoient vers les veines qui le réacheminent vers le cœur. Le sang est renvoyé vers les organes où il se recharge, revient au cœur puis au cerveau, et ainsi de suite...

Le cerveau est le
centre de l'intelligence
et des sensations, je
pense...



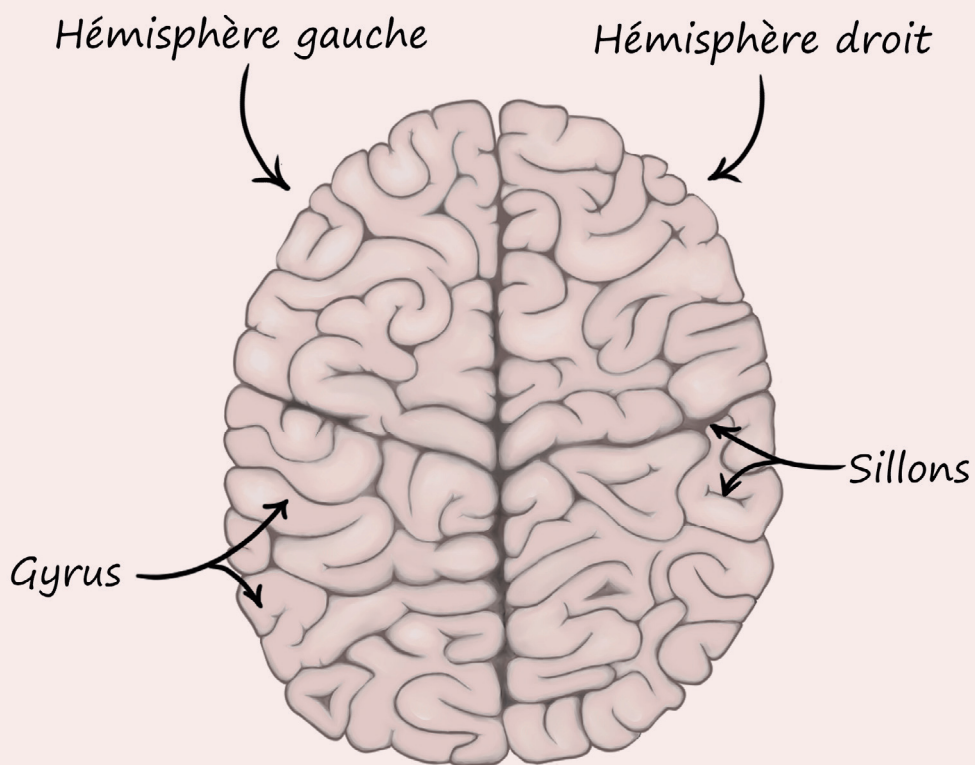
HIPPOCRATE
MÉDECIN PHILOSOPHE GREC
460-377 AVANT J.-C.

LE CERVEAU

Le cerveau n'est donc qu'une partie de l'encéphale... la plus volumineuse. Du latin *cerebellum*, « petite cervelle », diminutif de *cerebrum*, « cerveau », qui donna l'adjectif « cérébral ».

Le médecin Hippocrate, qui vécut de 460 à 377 avant notre ère, fut l'un des premiers à penser que le cerveau était le centre de l'intelligence et des sensations. Mais tous les scientifiques de l'époque n'étaient pas d'accord : Aristote (384-322 avant J.-C.) pensait, lui, que le centre de la pensée était le cœur... Il ne fait aucun doute aujourd'hui que le cerveau est bien le siège de l'intellect, des émotions, des apprentissages, des interactions sociales et bien sûr, il est le centre de commande et de production de nos mouvements, des plus simples au plus élaborés, volontaires et involontaires, et un indispensable régulateur d'hormones. Il ne s'arrête jamais, actif même pendant le repos ou le sommeil... une véritable unité centrale du corps qui récupère les informations et renvoient des messages à tout l'organisme.

Cette grosse masse molle peut être contenue dans le crâne grâce à sa structure pleine de plis et de creux. Un peu de vocabulaire : une bosse ou circonvolution est aussi nommée « gyrus », un sillon, « sulcus »... difficile à placer dans une conversation ! Aucun cortex n'est plissé de la même façon, mais certains plis sont très marqués et présents chez tout le monde. À chacun son cortex...



CERVEAU VU DU DESSUS

Le cerveau pèse entre 1,2 et 1,4 kg pour environ 1 200 cm³, taille qui ne prédit en rien une forte intelligence dans le monde animal, sinon éléphants et cachalots seraient très supérieurs à l'humain... enfin peut-être que le rapport à la taille compte tout de même, mais ça, c'est une autre histoire... Il est constitué de **deux hémisphères**, le **gauche** et le **droit**, séparés par une fissure et reliés par un pont de fibres nerveuses, le corps calleux.

Auriez-vous déjà entendu ou lu ceci : l'hémisphère droit est le siège de la créativité, l'hémisphère gauche celui de la logique. Eh bien c'est totalement faux ! C'est ce qu'on appelle un neuromythe. Si le cerveau est asymétrique dans la réalisation de certaines fonctions, les hémisphères droits et gauches sont hyper connectés et participent à nos pensées et actions de façon très coordonnée. Mais, parce qu'il y a toujours un « mais », la bizarrerie du système est que les faisceaux de communication changent de côté au niveau du tronc cérébral... Résultat ? Le côté gauche du corps est sous contrôle de l'hémisphère droit du cerveau, le côté droit sous contrôle de l'hémisphère gauche. Et ça, ce n'est pas un mythe !

Des sillons plus ou moins profonds délimitent différentes parties que les scientifiques ont nommées **lobes**. Chaque hémisphère du cerveau contient, 5 lobes distincts. Les lobes frontaux, temporaux, pariétaux et occipitaux englobent la partie externe du cerveau : les frontaux dans la partie du front, les pariétaux sur le dessus et l'arrière, les temporaux sur les côtés au niveau des tempes, les occipitaux tout en bas à l'arrière. Et cachée bien au milieu, l'insula.

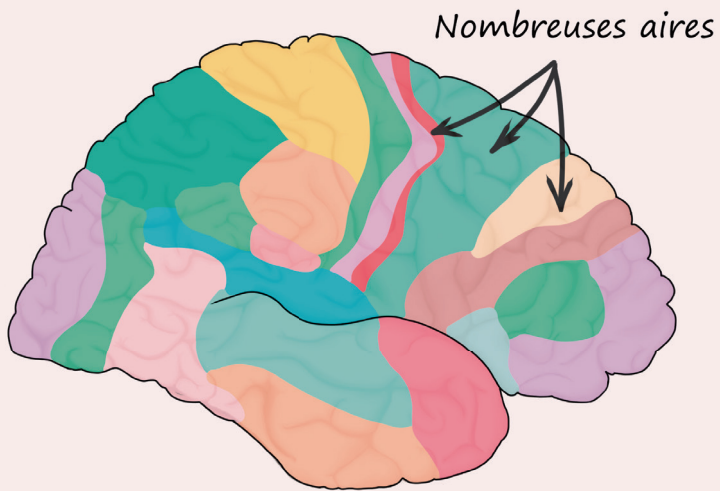
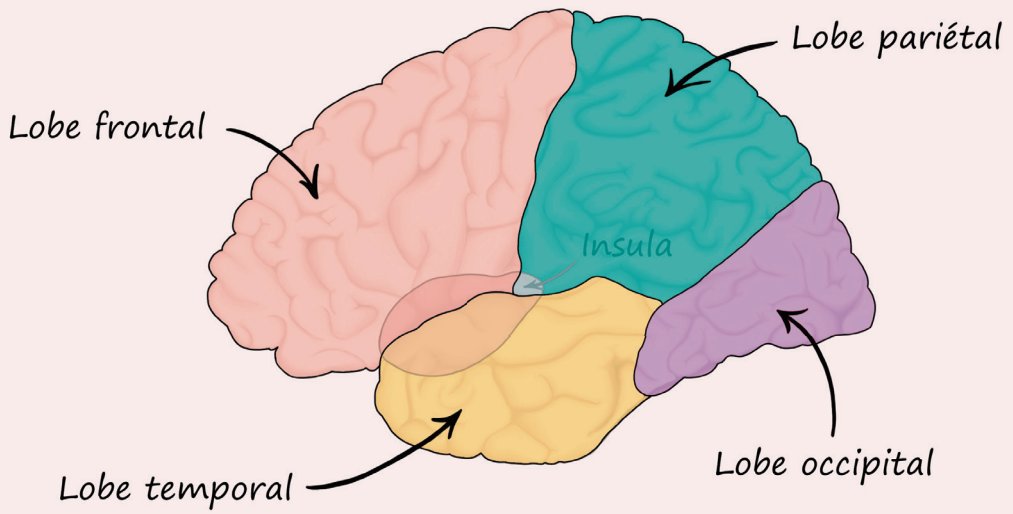
Si l'on peut globalement assigner des fonctions à un lobe spécifique, la plupart de nos activités nécessitent une étroite communication entre tous les lobes. On peut toutefois simplifier de la façon suivante.

Les **lobes frontaux** sont le lieu du raisonnement, de la planification, des comportements sociaux, des fonctions du langage, de la coordination motrice volontaire.

La conscience du corps, de sa position et de l'espace environnant est gérée dans les **lobes pariétaux**. Imaginez manipuler une paire de ciseaux ou n'importe quel outil, c'est ici que ça se passe.

Les **lobes occipitaux** sont particulièrement spécialistes du traitement des informations visuelles. Mais pas que...

Les **lobes temporaux** sont les centres de l'audition, de la mémoire et des émotions. Mais pas que non plus...



LOBES ET AIRES

L'**insula** cachée au milieu est impliquée dans la douleur, les odeurs et le goût... les émotions, le contrôle moteur, la conscience aussi. Elle intègre des données provenant des viscères.

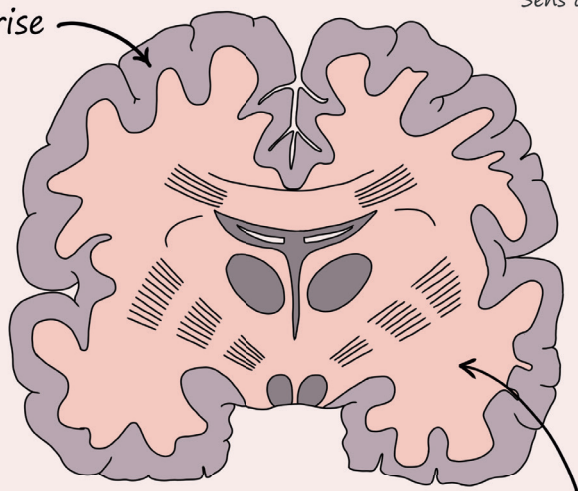
On entend aussi parfois parler de lobe limbique ou système limbique dont l'anatomie n'est pas clairement définie. Il s'agit d'une zone regroupant les hippocampes, amygdales, septum, gyrus cingulaire et quelques autres structures et noyaux.

Le **cortex** ? C'est la partie superficielle plissée du cerveau, une couche d'environ 2,5 millimètres d'épaisseur. Le mot « cortex » provient du même nom latin qui signifie « écorce ». Logique. Il a donné l'adjectif « cortical », relatif au cortex.

Le cortex a été découpé en zones de structure et de taille variable, les **aires cérébrales** ou **corticales**. La première carte complète de ces aires a été élaborée vers la fin du XIX^e siècle par le neurologue allemand Brodmann. Il avait à l'époque repéré 43 aires différentes selon leur structure mais ne leur avait pas attribué de fonctions particulières. Les neuroscientifiques ont ensuite cherché plus en profondeur. Aidés des puissantes techniques d'IRM, ils ont depuis permis de largement compléter son travail. Plus de 200 aires ont été identifiées, sachant que toutes n'ont pas encore été finement cartographiées. Autre point d'intérêt : ils ont trouvé une certaine variabilité d'une personne à l'autre. Chacune est bien présente dans nos cerveaux, mais les contours varient, pouvant se déplacer d'un centimètre ou moduler leur surface.

Chaque fonction consciente ou inconsciente est élaborée par une aire du cortex. Les aires primaires reçoivent simplement les informations captées par les organes sensoriels, tandis que les aires associatives sont des centres d'intégration dirigeant des processus complexes. Elles permettent par exemple d'associer des informations provenant de plusieurs sens, comme un son avec une image, elles sont impliquées dans le langage, la mémoire, la planification, dans à peu près toutes les fonctions complexes en fait... Environ les trois quarts du cortex humain sont faits d'aires associatives, ce qui est plus que chez la plupart des animaux : une particularité humaine ?

Cortex
=
Substance grise



Substance blanche



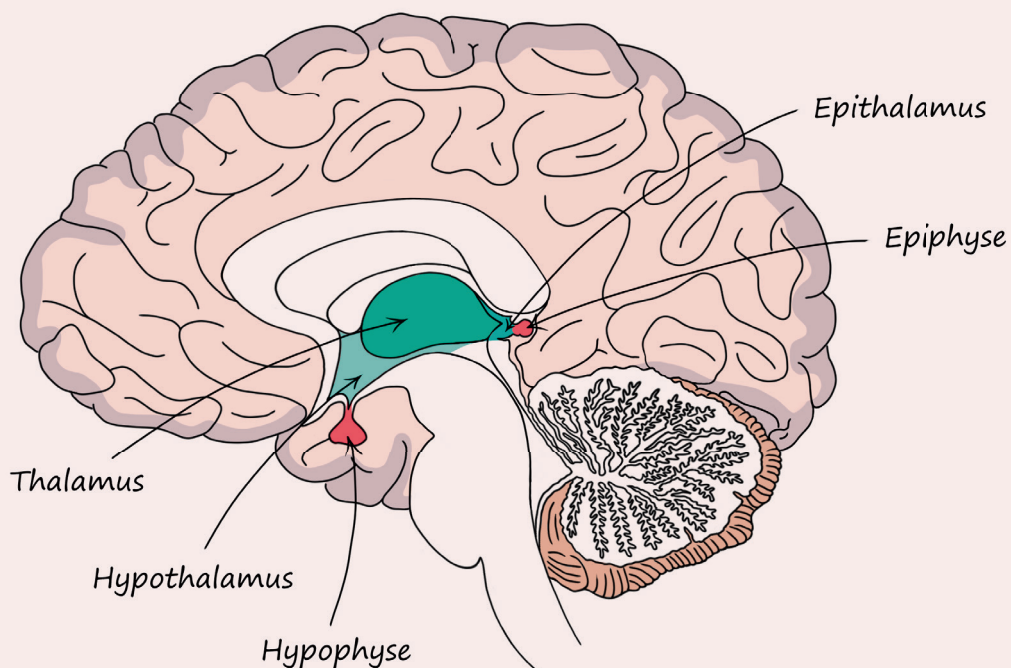
COUPE APPROXIMATIVE DE CERVEAU

Pour faire vraiment simple, les **aires primaires** reçoivent les messages sensoriels des noyaux thalamiques (les yeux du pokémon sur le schéma), les envoient aux **aires secondaires** qui les analysent avec davantage de précision et les renvoient aux **aires associatives** qui en font quelque chose, une décision, un mouvement, une mise en mémoire... Mais attention ! Ce n'est pas parce que des fonctions ont été attribuées à ces aires qu'elles fonctionnent en modules séparément. Ni les lobes, ni les aires ne fonctionnent de façon indépendante : ils interagissent entre eux.

Niveau matériau, le cortex est une couche de **substance grise** qui rassemble les corps cellulaires des neurones et d'autres cellules gliales disposés en plusieurs couches. Patience si vous ne connaissez pas la glie, vous trouverez des détails un peu plus loin. Les bosses et les sillons du cortex fournissent une surface très étendue qui lui permet de stocker un très grand nombre de neurones et donc d'enregistrer dans des endroits précis d'innombrables informations.

Et la **substance blanche** alors ? Elle se situe sous le cortex. Elle est constituée de fibres, les prolongements des neurones, qui forment comme des millions de câbles reliant les zones du cerveau et de la moelle épinière. Elle contient de la glie, aussi. Celle-ci représente quasiment la moitié du cerveau ! Elle apparaît blanche car les prolongements de ses neurones sont recouverts de myéline, substance d'intérêt sur laquelle on reviendra plus tard. Et entre la substance grise et la substance blanche profonde, une autre couche très fine de substance blanche dite de surface, la SBS, un méli-mélo de très petites fibres qui, telles des microcâbles, relient les gyri entre eux. Elle a la particularité d'être très variable d'une personne à l'autre.

Alors comme nos activités dépendent de l'activation de circuits entiers, ces faisceaux de câbles enregistrent eux aussi un très grand nombre de choses...



LE DIENCÉPHALE

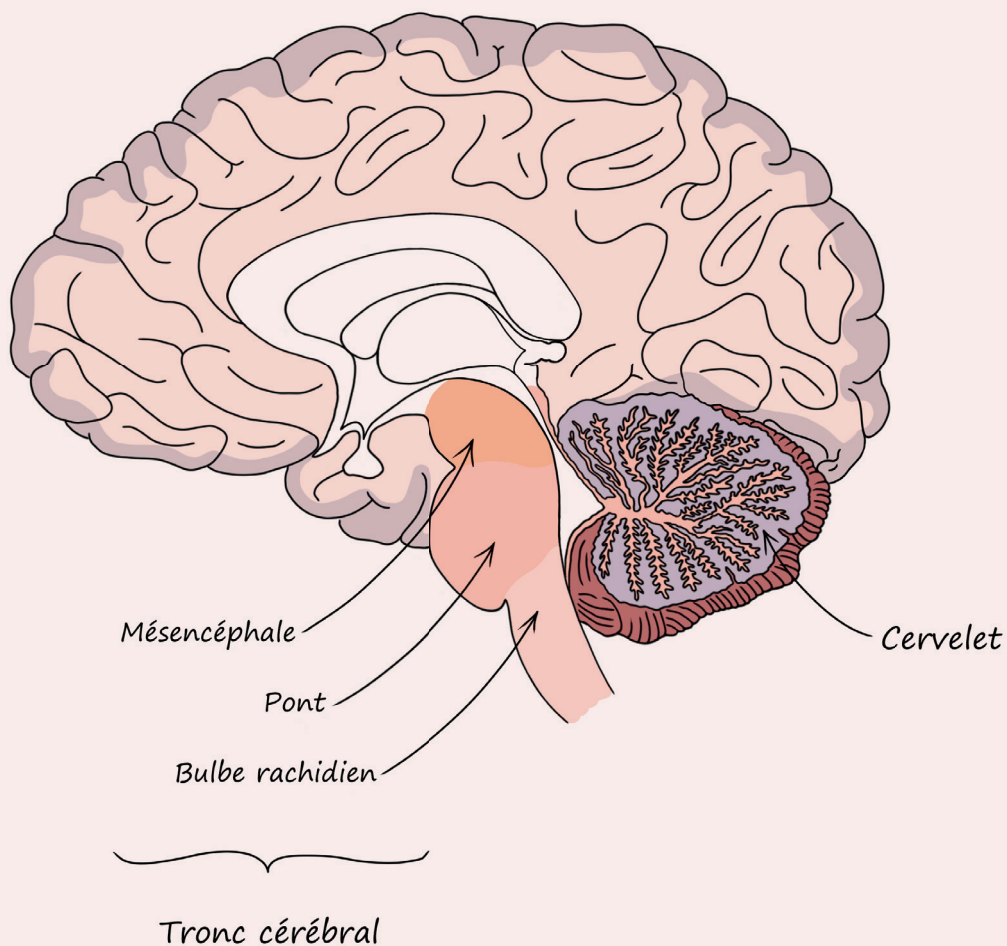
LE DIENCÉPHALE

Encore plus à l'intérieur, bien cachées au centre du cerveau, au-dessus du tronc cérébral, d'autres parties aux noms compliqués forment le diencephale : **le thalamus, l'hypothalamus, l'épithalamus**. Ils sont très importants avec des rôles variés, servant de lien entre le cortex, le tronc cérébral et le reste du corps.

Le **thalamus**, par exemple, trie les informations sensorielles et autres qu'il reçoit avant de les transmettre au cortex. Il facilite ou empêche leur projection dans les différentes zones. Et heureusement, sinon burn-out garanti, tous les signaux que nous recevons ne pouvant être analysés. Il fait aussi relais pour les informations provenant du cortex et dirigées vers le reste du corps. Presque toutes les informations sensorielles et motrices passent par le thalamus avant de rejoindre le cortex. Et des chercheurs ont mis en évidence assez récemment son intervention active dans les prises de décision. Il tient donc une place bien plus importante qu'un simple poste de relais. Il intervient dans de très nombreux processus comme la sensibilité, la motricité, les émotions, les rêves, il apprend et met en mémoire... il semble même impliqué dans l'apprentissage par essai-erreur.

L'**hypothalamus** régule la température, fabrique des hormones, commande la soif, le plaisir, la douleur, intervient dans les réactions liées aux émotions... On l'appelle aussi cerveau émotionnel et viscéral. Il est relié à une toute petite glande grosse comme un petit pois qui contrôle à peu près toutes les autres glandes du corps : l'**hypophyse**. Il reçoit des informations des bulbes olfactifs *via* les amygdales. Hypothalamus et hypophyse travaillent ensemble pour mesurer les besoins en hormones et envoient aux autres glandes les ordres de production... Ils nous préviennent de la faim, nous préparent lors d'une activité physique, nous aident à maintenir nos rythmes, à synchroniser notre corps avec l'alternance jour/nuit...

L'**épithalamus** est la partie dorsale du diencephale. Il régule le sommeil et les rythmes biologiques, notamment grâce la mélatonine produite par une autre petite glande qui lui appartient, l'épiphyse. Sa forme ressemblant à un pignon de pin, on l'appelle aussi glande pinéale.



TRONC CÉRÉBRAL ET CERVELET

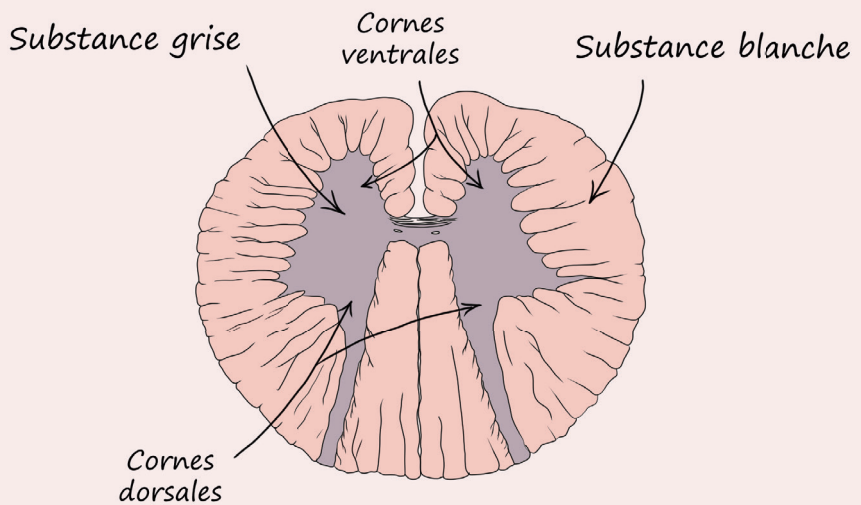
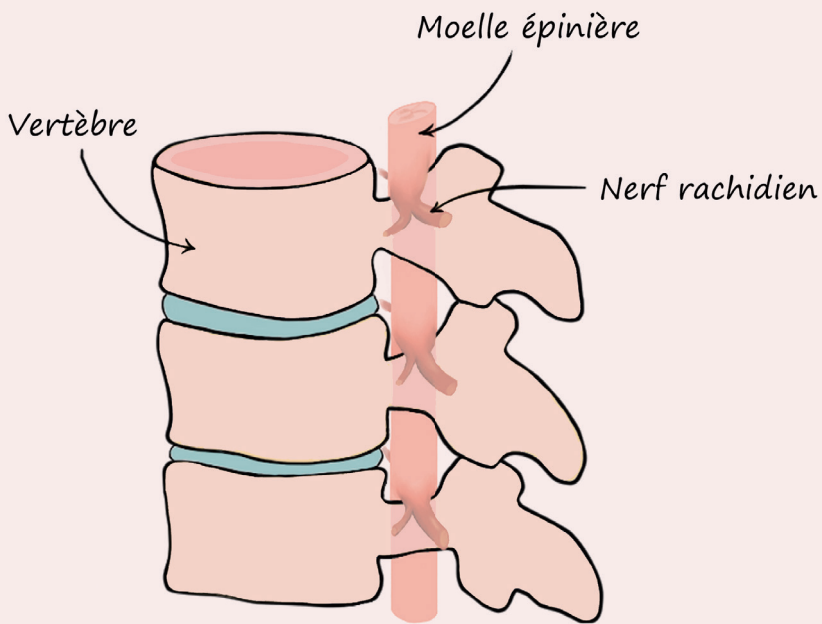
LE CERVELET

Pendant ce temps, le cervelet, « **petit cerveau** », s'active à coordonner les muscles et les mouvements. On se tient droit, on sait comment on est mis, on tient en équilibre... il nous permet de retenir des mouvements appris sans trop y penser comme marcher ou parler, il intervient donc aussi dans les apprentissages. Mais ce n'est pas tout : il est très impliqué dans des processus complexes comme les interactions sociales, les comportements, les émotions ou certaines formes de mémoire, d'attention, de planification. Il reçoit les signaux des systèmes sensoriels ainsi que de la moelle épinière et d'autres parties du cerveau. Il envoie beaucoup de signaux au thalamus. Comme le cerveau, il est formé de 2 hémisphères montrant un cortex plissé, des lobes et des noyaux. Ses plis sont très serrés et à peu près parallèles. Ne représentant que 10 % environ du volume de notre cerveau, sa structure compacte lui permet d'en concentrer les trois quarts des neurones ! Ceux-ci sont très ramifiés, disposés à plat, en parallèle et empilés les uns sur les autres, d'autres petits neurones faisant courir leur prolongement en perpendiculaire... Cette disposition lui confère un très haut niveau d'interconnectivité, et donc une capacité gigantesque de traitement des informations. Il contient de la substance grise en surface et de la substance blanche à l'intérieur avec quatre petits noyaux de substance grise enfouis dans la substance blanche. Vous suivez toujours ?

LE TRONC CÉRÉBRAL

À côté de lui, le tronc cérébral, formé du mésencéphale, d'un pont et du bulbe rachidien, fait le lien entre le cerveau, le cervelet et la moelle épinière. Il joue un rôle essentiel dans les fonctions fondamentales du corps humain, contenant par exemple des neurones « respiratoires » et des neurones « cardiaques » qui contrôlent... les muscles respiratoires et l'activité cardiaque. Point de départ de dix paires de nerfs crâniens, c'est un lieu de passage d'un très grand nombre de fibres nerveuses qui descendent de l'encéphale vers le corps ou remontent, du corps vers l'encéphale.

Il a donc une importance cruciale même s'il n'est *a priori* pas le centre de fonctions cognitives complexes.



LA MOELLE ÉPINIÈRE

LA MOELLE ÉPINIÈRE

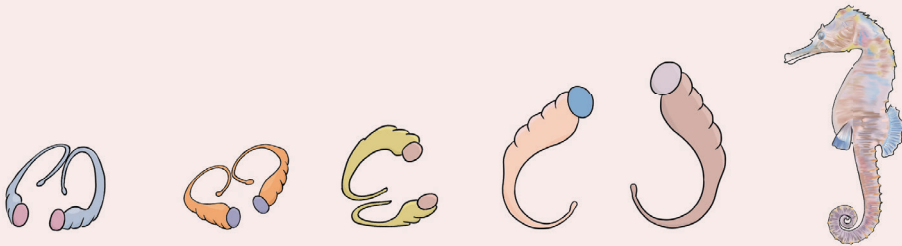
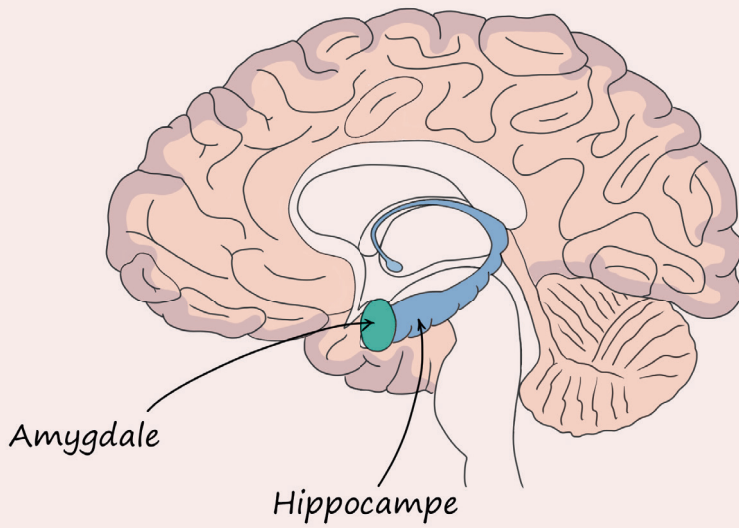
Un bon os à moelle... Ah non, non, non, là, on n'y est pas du tout ! Ne surtout pas confondre la moelle épinière avec la moelle osseuse, elles n'ont strictement rien à voir, si ce n'est le mot moelle, du latin *medulla*, « ce qui est au milieu ». Si la moelle osseuse, molle et spongieuse, est contenue à l'intérieur de certains os, elle fabrique les cellules du sang : elle ne fait donc pas partie du système nerveux.

La moelle épinière, elle, est totalement centrale dans la connexion des éléments du système nerveux. Elle passe dans le canal rachidien, l'espace créé par l'empilement des « trous » situés vers l'arrière des vertèbres. Elle est ainsi protégée par les vertèbres, mais aussi par les méninges qui l'entourent.

La moelle épinière descend le long de la **colonne vertébrale**. Elle est un peu plus courte : partant de la première vertèbre cervicale, en haut du cou, elle court jusqu'à la deuxième vertèbre lombaire, dans la partie supérieure du bas du dos. Elle mesure autour de 44 cm de long et ne pèse qu'environ 35 g chez l'humain adulte.

C'est le tronc cérébral qui relie la moelle épinière au cerveau. Elle est d'ailleurs, comme le cerveau, constituée de substance grise et de substance blanche, mais dans un ordre inversé.

La moelle épinière renvoie vers le cerveau un très grand nombre d'informations provenant de tout un tas de récepteurs, des capteurs qui détectent des signaux sur la position des membres, sur la douleur, sur tout et n'importe quoi... Elle reçoit d'autres informations du cerveau qu'elle transmet aux différents organes, les ordres de mouvements par exemple, qu'elle renvoie vers les muscles. Elle est aussi le siège de certains réflexes qui ne passent pas par le cerveau...



HIPPOCAMPE ET HIPPOCAMPE

ET L'HIPPOCAMPE ?

En fait, il y en a deux, symétriques. Ils font partie du système limbique, dans les lobes temporaux sous le cortex. Ils font partie du cerveau donc. Ils côtoient les amygdales – non, pas celle de la gorge – et le striatum, une structure striée au milieu du cerveau regroupant de petits noyaux. Leur forme fait penser à celle d'un hippocampe, d'où leur nom... pour une fois, c'est facile à retenir. Leur rôle dans la mémorisation et l'apprentissage est central, si bien que leur endommagement conduit à l'incapacité à former des souvenirs durables. Ils sont très efficaces dans la formation de souvenirs liés à un événement vécu : ce sont eux qui nous permettent de retenir des trajectoires de déplacement très complexes. Contrairement à la plupart des structures du cerveau, c'est une **usine de production de neurones**, durant toute notre vie.

Pourquoi ne vous ai-je pas décrit le cerveau reptilien, dont vous avez certainement déjà entendu parler ? Parce que c'est encore un neuromythe courant ! Explication... Au milieu du xx^e siècle, la théorie du cerveau triunique découpait le cerveau en trois parties correspondant chacune à une étape de l'évolution. Le cerveau reptilien, *grosso modo* le tronc cérébral, était censé être la plus ancienne et gérer les besoins primitifs. Le cerveau paléomammalien, système limbique actuel, commun à tous les mammifères, commandait les émotions de base. Et le cerveau néomammalien, le plus récent, présent chez les primates dont l'humain et correspondant au cortex, se chargeait des fonctions cognitives et exécutives. Sauf que : le cerveau reptilien n'est pas présent depuis les reptiles mais chez tous les vertébrés, le système limbique n'est pas apparu avec les mammifères, mais présent chez d'autres reptiles, oiseaux et amphibiens. Le cortex est lui bien présent chez tous les mammifères et probablement chez d'autres animaux, on l'a récemment découvert chez les oiseaux. Selon cette théorie, les trois cerveaux cohabitaient très mal. On sait pourtant aujourd'hui que toutes ces parties sont hyperconnectées. Vous l'aurez compris, le cerveau reptilien n'existe pas !