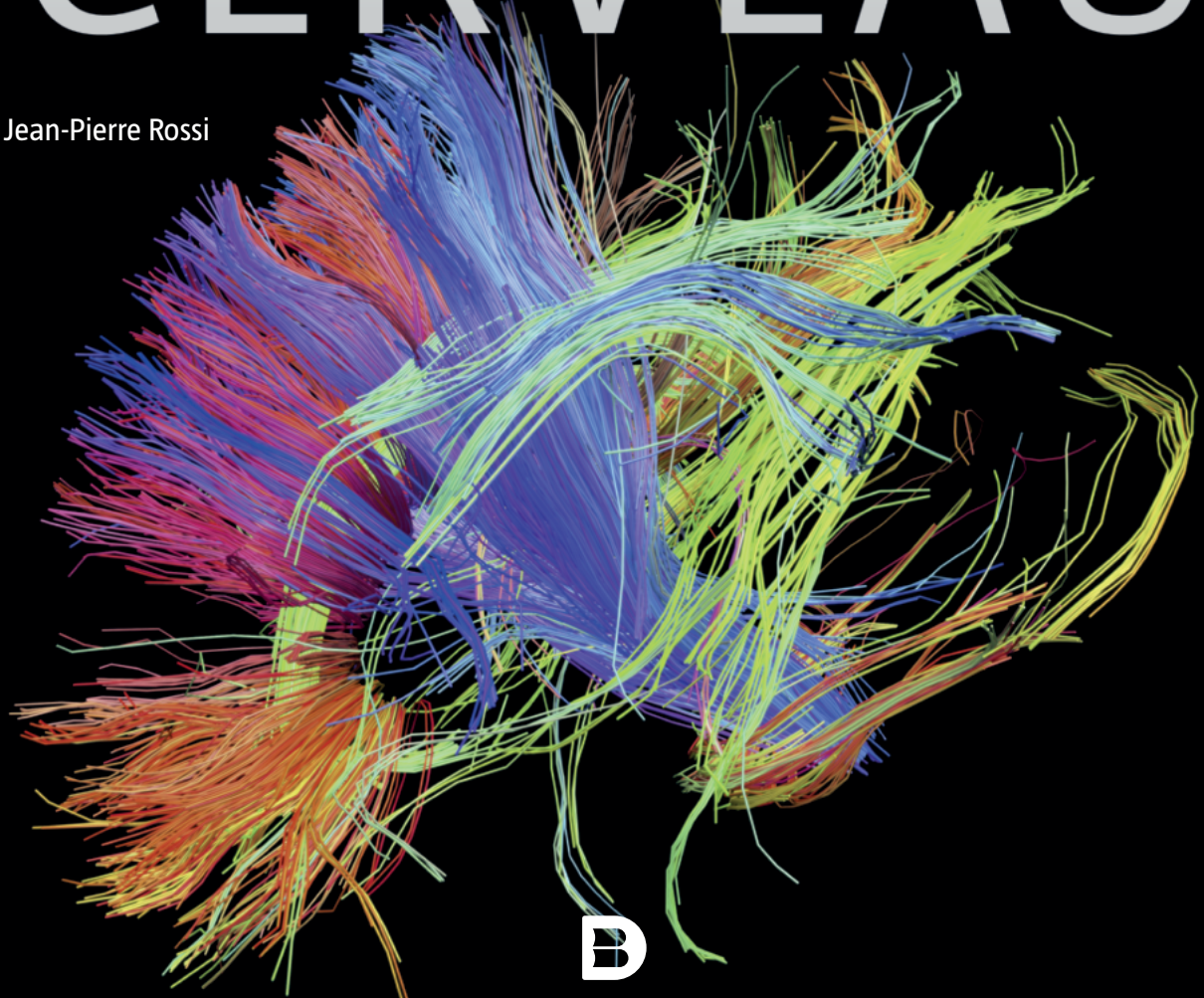
LA BELLE HISTOIRE DU CERVEAU

Jean-Pierre Rossi



LA BELLE HISTOIRE DU CERVEAU

Jean-Pierre Rossi

L'AUTEUR

Professeur honoraire de psychologie cognitive, **Jean-Pierre Rossi** a dirigé un laboratoire associé au Centre national de la Recherche scientifique dans le secteur des sciences de la vie. Partisan de la nécessité d'articuler les explorations du fonctionnement du cerveau et les études du comportement, il a publié sur ce thème quinze ouvrages et près de deux cents articles dans des revues scientifiques internationales.

Table des matières

Introduction 11

La place du cerveau dans le système nerveux 12

Le cerveau, partie de l'encéphale 14
ZOOM Les huit cerveaux périphériques de la pieuvre 17
La moelle épinière et les réflexes 18
Le tronc cérébral, centre relais 20
Le cervelet, motricité et cognition 22
Les principales parties du cerveau 24
ZOOM L'unité du système nerveux central 27
Le cerveau est divisé en lobes 28
Les cortex 30
Principales structures sous-corticales 32
Neurones et cellules gliales 34
ZOOM La vie de la ruche 37
Développement du cerveau durant la gestation 38
Conclusion 41

L'évolution du cerveau des premiers vertébrés à l'*Homo sapiens* 42

−500 Ma La classification phylogénétique 44
−450 Ma Le cerveau des vertébrés 46
ZOOM Les mammifères 49
−220 Ma L'évolution du cerveau des mammifères 50
ZOOM Poids du cerveau et capacités cérébrales 53

– 220 Ma Intelligence animale et cerveau ... 54
– 60 Ma Primates et hominidés ... 56
– 2,3 Ma La famille des *Homo* ... 58
– 2,3 Ma L'évolution du cerveau depuis *Homo habilis* ... 60
– 30 000 L'énigme de l'extinction de l'homme de Néandertal ... 62
– 3,3 Ma Les premiers outils des hominidés ... 64
– 40 000 Les premiers dessins préhistoriques ... 66
ZOOM Sépultures et socialisation ... 69
– 2,5 Ma L'apparition du langage, étape cruciale ... 70
Conclusion ... 73

Les conceptions du cerveau de l'Antiquité au Moyen Âge 74

2650 av. J.-C. Imhotep, fondateur de la médecine égyptienne ... 76
900 av. J.-C. En Mésopotamie, la pensée est produite par le foie ... 78
400 av. J.-C. La médecine d'Hippocrate ... 80
400 av. J.-C. Les blessures de la tête dans la collection hippocratique ... 82
400 av. J.-C. La théorie humorale d'Hippocrate ... 84
ZOOM Le « cerveau » des insectes ... 87
166 ap. J.-C. Dans la Rome antique, l'œuvre de Galien ... 88
1010 La médecine arabo-islamique ... 90
1453 La théorie ventriculaire du Moyen Âge chrétien ... 92
Conclusion ... 95

De la cartographie cérébrale à la chimie du cerveau
De la Renaissance à la fin du XIX^e siècle 96

1497 Léonard de Vinci publie un recueil d'anatomie ... 98
ZOOM Michel-Ange poursuit l'étude du corps humain ... 101
1543 L'atlas d'anatomie d'André Vésale ... 102

1662 Pour Descartes, le cerveau est une machine ... 104
ZOOM Descartes situe l'âme dans la glande pinéale ... 107
1664 Le terme de neurologie est créé par Thomas Willis ... 108
1744 Swedenborg poursuit l'identification des parties du cerveau ... 110
1756 La découverte de l'effet de l'électricité sur le corps ... 112
1786 Vicq d'Azyr précise la description des zones cérébrales ... 114
1800 La controverse sur l'origine de la contraction musculaire ... 116
1810 La phrénologie, avatar de la cartographie cérébrale ... 118
1854 Le découpage du cerveau en gyri ... 120
1861 Broca découvre le centre de production du langage ... 122
1868 Le rôle du cerveau dans la motricité ... 124
ZOOM Les aires de la compréhension du langage ... 127
1874 La cartographie du cortex se précise ... 128
1875 L'identification des cellules du cerveau ... 130
Nouveaux microscopes ... 132
1882 Charcot est nommé à la première chaire de neurologie ... 134
1896 Freud et la fondation de la psychanalyse ... 136
1897 Les synapses ... 138
Conclusion ... 141

De l'étude des neuromédiateurs à l'imagerie cérébrale
Le début du XXe siècle 142

1921 Les neurotransmetteurs ou neuromédiateurs ... 144
ZOOM Adrénaline et dopamine : hormones et neuromédiateurs ... 147
1908 L'effet excitateur du glutamate ... 148
1914 L'acétylcholine, excitatrice ou inhibitrice ? ... 150
1920 L'EEG, mesure de l'activité électrique du cerveau ... 152
1939 L'influx nerveux ... 154
Capacité d'inhibition et développement ... 156
1950 Effets inhibiteurs de la glycine et du Gaba ... 158

1952 L'endorphine, neurotransmetteur et « hormone du bonheur » ... 160
1972-2003 Des images de l'activité du cerveau ... 162
1980 Scanner et IRMf ... 164
Conclusion ... 167

50 ans d'images du cerveau en activité
Depuis 1972 168

Les rythmes biologiques ... 170
Le sommeil ... 172
ZOOM Quand les dauphins dorment-ils ? ... 175
Le travail de nuit et les vols transméridiens ... 176
ZOOM L'hypothalamus ... 179
Sensibilité du corps et motricité ... 180
La perception visuelle ... 182
Audition et équilibration ... 184
Les goûts et les odeurs ... 186
Les apprentissages et la loi de Hebb ... 188
ZOOM Les apprentissages sont consolidés durant le sommeil paradoxal ... 191
Réflexes et conditionnements ... 192
ZOOM Les applications des conditionnements ... 195
La mémoire de travail ... 196
Les mémoires à long terme ... 198
Le langage ... 200
ZOOM Les neurones conceptuels ... 203
Neuropsychologie du bilinguisme ... 204
Les motivations primaires ... 206
Les addictions ... 208
Les émotions ... 210
ZOOM Les peurs ... 213
La douleur ... 214
Conclusion ... 217

Possibles développements des recherches sur le cerveau 218

1980 La neurogenèse de l'adulte 220
1980 Le vieillissement du cerveau 222
ZOOM La découverte des neurones miroirs 225
1949 L'intelligence artificielle 226
1957 IA et apprentissages 228
1997 Applications de l'intelligence artificielle 230
ZOOM La connectomique 233
1997 Cerveau et intelligence artificielle 234
2018 L'avenir de l'intelligence artificielle 236
Conclusion 239

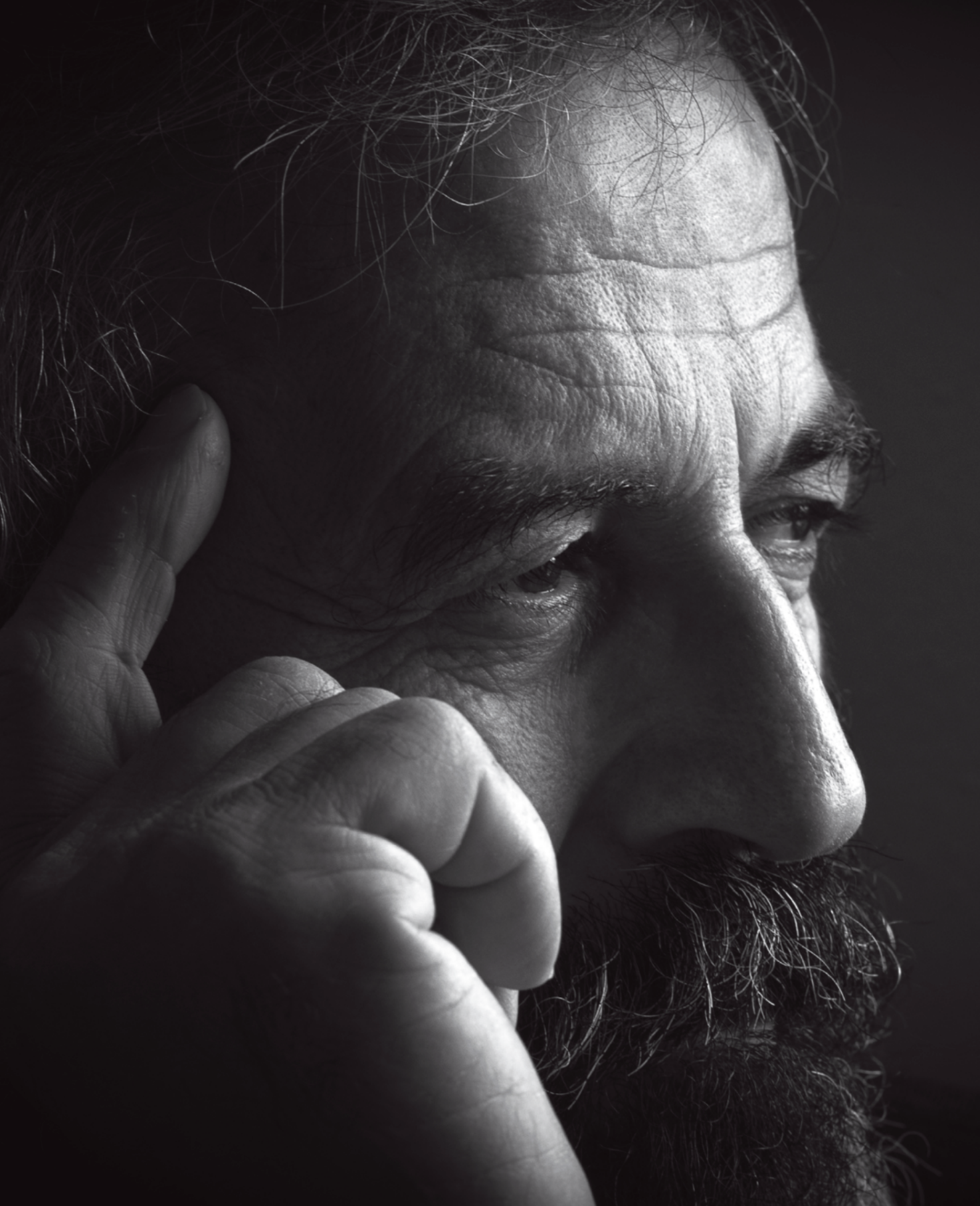
Conclusion générale 241

Annexes 242

Bibliographie 243
Glossaire 245
Index des noms propres 251

Les termes et expressions répertoriés dans le glossaire sont repérés par un * au long du texte.

L'échange de regards est aussi parlant qu'un long discours.



Introduction

Quel curieux organe que le cerveau de l'homme qui, avec ses 80 à 100 milliards de neurones*, permet de percevoir, de souffrir, de bouger, d'apprendre, de se souvenir, de communiquer, de penser, de programmer des actions et des stratégies, de désirer et d'avoir des émotions… bref, qui intervient dans chacune de nos activités.

Comment une structure d'environ 1,5 kg peut-elle être à l'origine de tous nos comportements ? Que savons-nous de son fonctionnement ? Comment les cellules nerveuses qui le composent sont organisées pour nous permettre de nous émouvoir, de réfléchir, de conceptualiser, de concevoir des ordinateurs simulant nos actions et programmant des stratégies ? Que nous apprennent les recherches actuelles sur la façon dont ces cellules naissent, se développent, communiquent, déclinent et même meurent ?

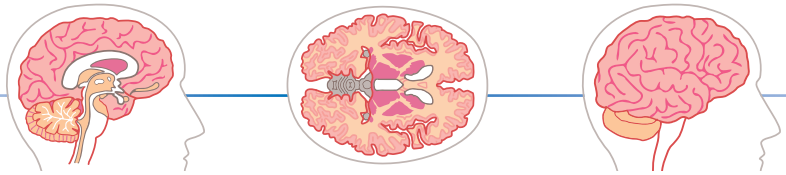
Pour chacune de ces questions, les progrès actuels de la biochimie et des techniques d'imagerie cérébrale nous font espérer des avancées décisives non seulement dans notre conception de l'organisation et du fonctionnement du cerveau mais aussi dans le traitement des maladies tant neurologiques que psychiatriques.

Réfléchir, penser, rappeler le passé, se projeter dans l'avenir est le propre de l'homme.

Avant tout, il est important de préciser le vocabulaire nécessaire à la compréhension des étapes qui ont marqué la découverte de cet organe extraordinaire qu'est le cerveau, de décrire les parties qui le composent en explicitant leurs rôles et leurs spécialisations. Quelle partie du cerveau a en charge la perception des objets, des paysages ou des autres êtres vivants ? Où sont situées les structures qui organisent les mouvements ? Comment s'articulent-elles avec les zones en charge des perceptions ? Comment le cerveau produit-il la pensée, où sont stockés nos mémoires, nos besoins et nos sentiments ? Mais aussi comment le cerveau intervient-il sur les autres parties du système nerveux central, joue-t-il un rôle dans les réflexes, dans la recherche des équilibres ?

Ce cerveau est constitué de cellules nerveuses. Que sont-elles ? Et aussi comment le système nerveux central est-il formé durant la vie intra-utérine ?

La place du cerveau dans le système nerveux

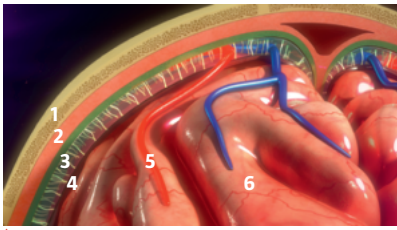


Le cerveau, partie de l'encéphale

L'encéphale* de l'homme est composé du cerveau, du cervelet*, du tronc cérébral* et de la moelle épinière*. Dans cet ensemble, le cerveau est la «partie du système nerveux central logé dans la boîte crânienne des vertébrés* et, par extension, centre nerveux des invertébrés correspondant plus ou moins, par sa position et par ses fonctions, au cerveau des vertébrés» (*Trésor de la Langue française*, 2020). Cette définition présente l'avantage de distinguer le cerveau des vertébrés qui est contenu dans leur crâne de l'extension du terme aux invertébrés qui devient plus vague car faisant référence non à une localisation mais à des fonctions qui s'exercent sur différentes parties du corps. En effet, le contrôle de la quasi-totalité des comportements est centralisé dans le cerveau des vertébrés alors qu'il est dispersé dans différents segments du corps des invertébrés.

Le cerveau des vertébrés est composé de deux hémisphères* comprenant des cortex enveloppant un ensemble de structures sous-corticales formant le diencéphale*.

Le système nerveux central est entouré de trois méninges (dure-mère, arachnoïde et pie-mère). La dure-mère est une toile dure et rigide qui tapisse le crâne. L'arachnoïde qui tient son nom du fait qu'elle se présente comme une toile d'araignée est constituée de deux feuillets à l'intérieur desquels se trouve le liquide céphalorachidien qui permet d'amortir les chocs lors des mouvements de la tête. Enfin la pie-mère, fortement vascularisée, épouse le relief des sillons, scissures et circonvolutions* marquant le cerveau.



Représentation des trois méninges et de l'irrigation sanguine du cerveau : (1) l'os crânien, (2) la dure-mère, (3) l'arachnoïde, (4) la pie-mère comportant (5) les vaisseaux sanguins et entourant (6) le cortex.

Représentation du cerveau, du cervelet et de la moelle épinière.

À LIRE AUSSI

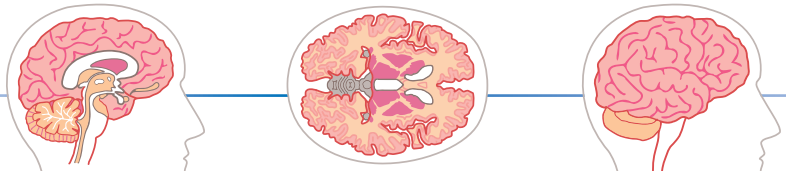
- La moelle épinière et les réflexes (P.18-19)
- La vie de la ruche (P.36-37)

Les huit cerveaux périphériques de la pieuvre

La pieuvre est réputée être un animal «intelligent» (voir définition page 54). Autour de son nid, elle dispose des appâts pour attirer les crabes et les poissons dont elle se nourrit. Profitant des émanations des volcans sous-marins qui tuent des crustacés, elle en fait un lieu de chasse privilégié. Elle est capable d'ouvrir un bocal contenant une proie. Paul, une pieuvre élevée par des chercheurs allemands, a prédit le vainqueur de la Coupe du monde de football de 2010. Bref, voilà un invertébré particulièrement doué, capable d'apprendre et donc de mémoriser mais aussi… de prédire.

La pieuvre est équipée d'un «cerveau» central et de huit «cerveaux» périphériques logés dans ses huit bras. Les huit «cerveaux» brachiaux prennent des décisions sans intervention du «cerveau» central. Ils sont connectés entre eux et s'envoient des messages

Les ventouses des bras réagissent de façon réflexe aux stimulations sensorielles (odeur, texture, mouvement…) sans intervention du «cerveau» central.



La moelle épinière et les réflexes

La moelle épinière* ou moelle spinale se situe sous le tronc cérébral*. Chez l'homme, ce tube d'environ 40 à 50 cm de long est contenu dans la colonne vertébrale composée de vingt-quatre vertèbres, 7 cervicales, 12 thoraciques et 5 lombaires. La moelle présente un renflement cervical, où sont situés les neurones* sensoriels et moteurs innervant les bras et les mains, et un renflement lombaire où se trouvent les cellules innervant les jambes.

Le centre de la moelle est gris car composé des corps des neurones tandis que la périphérie est blanche car formée des axones. Trente et une paires de nerfs émergent de la moelle. Ceux qui sont sensitifs reçoivent les informations provenant des systèmes sensoriels tandis que les moteurs se projettent vers les muscles.

La plupart des réflexes câblés dans la moelle épinière sont décrits par des arcs* formés par les axones des neurones provenant des récepteurs sensoriels qui, dans la moelle, relayent avec les neurones moteurs activant les organes effecteurs : muscles ou glandes. Ce type d'arc peut être illustré par le réflexe rotulien qui consiste en l'extension de la jambe provoquée par la percussion du genou ; il se produit dans la moelle épinière au niveau des vertèbres lombaires 3 et 4.

À chaque zone de la moelle épinière correspondent les réflexes d'une partie du corps : pour la tête (réflexe pupillaire, …, naso-palpébral, mandibulaire), pour les membres supérieurs (flexion des doigts, du triceps…), pour les membres inférieurs (réflexe rotulien, plantaire…) et le bassin (réflexe anal…).

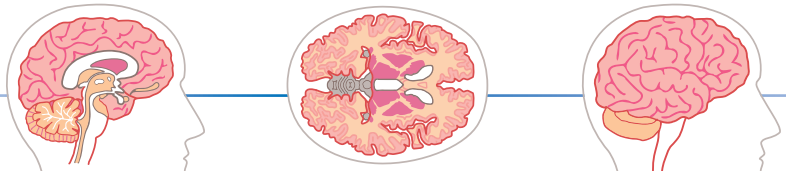
Tous les réflexes ne sont pas localisés dans la moelle. Un grand nombre d'entre eux font intervenir différentes structures cérébrales, ainsi en est-il du réflexe de salivation qui est provoqué par la vue d'un mets particulièrement appétissant et nécessite donc le traitement des informations visuelles (cortex* occipital et identification de l'image…), puis le déclenchement de la salivation contrôlée par différentes structures cérébrales.

Principales innervations partant de la moelle épinière.

Le réflexe de préhension ou d'agrippement consiste, chez le nourrisson, à agripper tout objet stimulant la paume de la main. La présence de ce réflexe témoigne de l'intégrité du système moteur pyramidal.

À LIRE AUSSI

- Réflexes et conditionnements (P.192-193)
- Glossaire : arc réflexe (P.245)



Le tronc cérébral, centre relais

Le tronc cérébral* se situe au-dessus de la moelle épinière* et devant le cervelet*. Il est relié à la fois à la moelle épinière, au cervelet et au cerveau ; c'est le lieu où transitent différentes voies sensitives et motrices. Il est composé du mésencéphale, du pont et de la moelle allongée.

Le mésencéphale ou cerveau moyen comporte des noyaux oculomoteurs en charge du mouvement des yeux, le locus niger (substance noire) qui contrôle la motricité et dont les lésions sont responsables de la maladie de Parkinson, ainsi que des noyaux rouges responsables du tonus musculaire et du contrôle moteur des membres supérieurs. Il est responsable, entre autres, de la déglutition, du vomissement et de la toux. Il contrôle aussi la fréquence cardiaque, la pression artérielle, le rythme respiratoire et son amplitude.

Le mésencéphale est prolongé par le pont constitué de deux renflements, les pédoncules cérébraux qui le connectent au cerveau.

Le pont mesure, chez l'homme, entre 25 et 30 cm. Son plancher est formé des noyaux des 12 nerfs crâniens qui innervent le visage. Trois d'entre eux sont sensitifs (auditif, olfactif et optique), trois sont moteurs (mouvements des yeux) et six sont à la fois sensoriels et moteurs et contrôlent entre autres les mimiques, les mandibules ou les fonctions végétatives : digestion, rythme cardiaque… Les nerfs mixtes possèdent une racine sensitive et une racine motrice. Ainsi, par exemple, la racine sensitive du nerf trijumeau innerve la peau de la face tandis que la racine motrice a en charge la mastication. À cet ensemble, il faut ajouter un nerf accessoire qui innerve le cou et une partie du crâne et le nerf hypoglosse qui a en charge les muscles de la langue.

L'ensemble des nerfs sensitifs après différents relais envoient des messages aux cortex* sensoriels correspondants tandis que les nerfs moteurs activent les muscles de la face ou des yeux.

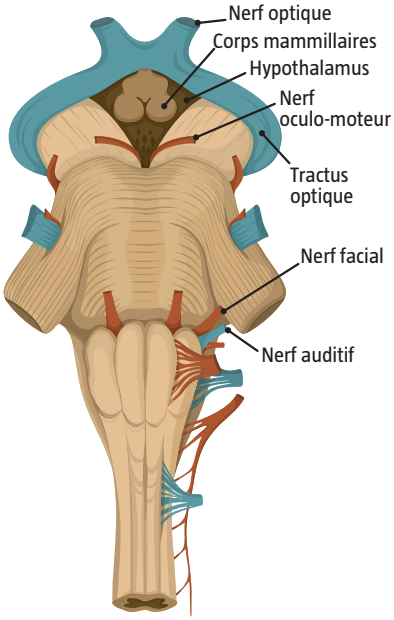
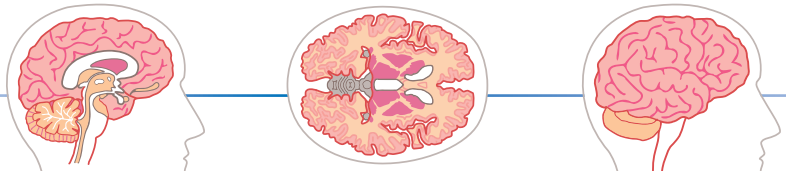


Schéma du tronc cérébral.

Mimique de surprise due à l'activité des muscles faciaux.

À LIRE AUSSI

- L'atlas d'anatomie d'André Vésale (P.102-103)
- Sensibilité du corps et motricité (P.180-181)



Le cervelet, motricité et cognition

Le cervelet* est situé sous le lobe* occipital en face du tronc cérébral* et au-dessus de la moelle épinière*. Il est composé d'un lobe médian (vermis) et de deux lobes latéraux formés de dix lobules plus petits. Il ne représente que 10 % du cerveau de l'homme.

Les couches supérieures du cervelet sont composées d'une part des cellules de Purkinje qui sont de gros neurones* (20 µm de diamètre) en forme de poire et aux nombreuses ramifications et, d'autre part, de neurones granulaires plus petits.

Le cervelet reçoit essentiellement des informations provenant de la moelle épinière et donc des différentes parties du corps, du tronc et des membres. Il est ainsi informé de l'état des muscles, de leur tension, de leur fatigue, de la position des segments du corps… Il reçoit aussi des informations provenant des cortex* cérébraux et particulièrement des messages l'informant sur l'équilibre. D'où sa gestion de l'équilibration.

Compte tenu de ces informations, le cervelet envoie des influx principalement vers le thalamus* qui gère l'éveil et l'attention, le noyau rouge responsable d'une partie de la motricité ; la moelle épinière assurant les activités réflexes du maintien de l'équilibre et l'ajustement des mouvements précis. Sans être à l'origine des mouvements, il intervient dans la coordination et la précision des mouvements. Ajustant, par exemple, la saisie des objets en fonction de leur taille et de leur dureté. Son rôle dans les apprentissages moteurs est avéré.

Ces différentes connexions ne doivent pas faire oublier les relations entre les différents lobules du cervelet de sorte que soient coordonnées les informations provenant de l'extérieur et les adaptations et ajustements de la motricité corporelle.

Les études d'imagerie fonctionnelle ont mis en évidence que le cervelet de l'homme intervenait aussi dans des fonctions cognitives telles que l'attention, le langage et même lors des réactions de peur et de plaisir.

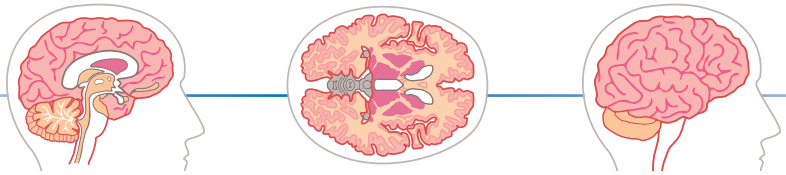
La maîtrise de la motricité vocale de la grive musicienne est telle que non seulement son chant est particulièrement mélodieux mais de plus elle peut imiter celui d'autres oiseaux.

L'activité du cervelet permet au funambule de se tenir en équilibre sur un fil tout en jouant du violon.

À LIRE AUSSI

- Audition et équilibration (P.184-185)
- Le langage (P.200-201)

THE WOOLLEN MILL
CASHMERE
TARTANS
TWEEDS
Purveyors of the finest Scottish Country Clothing
SUMMER STOCK CLEARANCE UP TO 60% OFF
SANDEMAN NEW EUROPE
NEW EDINBURGH



Les principales parties du cerveau

Localisé dans la tête, protégé par le crâne, le cerveau est situé au-dessus du cervelet*. Celui de l'homme pèse environ 1,5 kg pour un volume approximatif de 1 350 cm^3. Vu de l'extérieur, il apparaît aussi ridé qu'une noix. Il est traversé par des canyons profonds (scissures) qui délimitent des lobes*. Ces plissements et circonvolutions* permettent d'augmenter sa surface en la contenant dans un volume restreint. En effet, lorsque l'on déplie l'enveloppe du cortex*, on obtient une surface de 2,4 m^2.

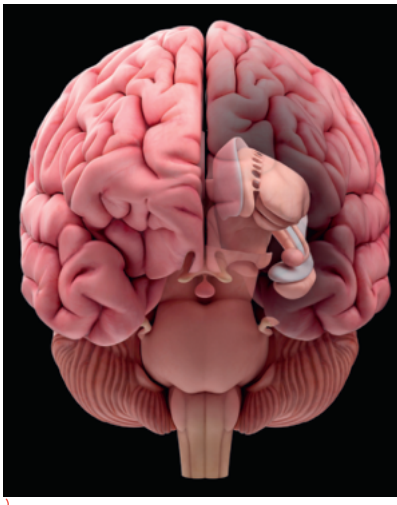
Le cerveau humain est constitué d'environ 80 à 100 milliards de cellules nerveuses (neurones*) dont chacune est alimentée, nettoyée et protégée par au moins trois autres cellules (les cellules gliales*), soit approximativement entre 240 à 300 milliards de cellules gliales.

Le cerveau est irrigué par des artères qui le nourrissent. Comme l'ensemble du système nerveux central, il est enveloppé de trois méninges (la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère).

Il est constitué de deux hémisphères* presque symétriques connectés par le corps calleux* formé de fibres. Si les fonctions remplies par chaque hémisphère sont proches, il faut souligner une certaine spécialisation. Pour les droitiers, l'hémisphère gauche est plus spécialisé dans le traitement du langage tandis que le droit gère préférentiellement les questions d'espace et de localisation.

On distingue dans le cerveau le télencéphale qui comprend le cortex, la substance blanche et certaines structures sous-corticales, et le diencéphale* formé des substances grises : thalamus*, hypothalamus*, épiphyse* et hypophyse*.

Le cerveau en coordination avec le cervelet, le tronc cérébral* et la moelle épinière* régule les fonctions végétatives (digestion, respiration, circulation artérielle et veineuse, pression artérielle, sécrétion et excrétion…), les perceptions visuelles, auditives, gustatives, les odeurs et la sensibilité somesthésique*, les mouvements, les motivations, les émotions et l'ensemble des activités cognitives.

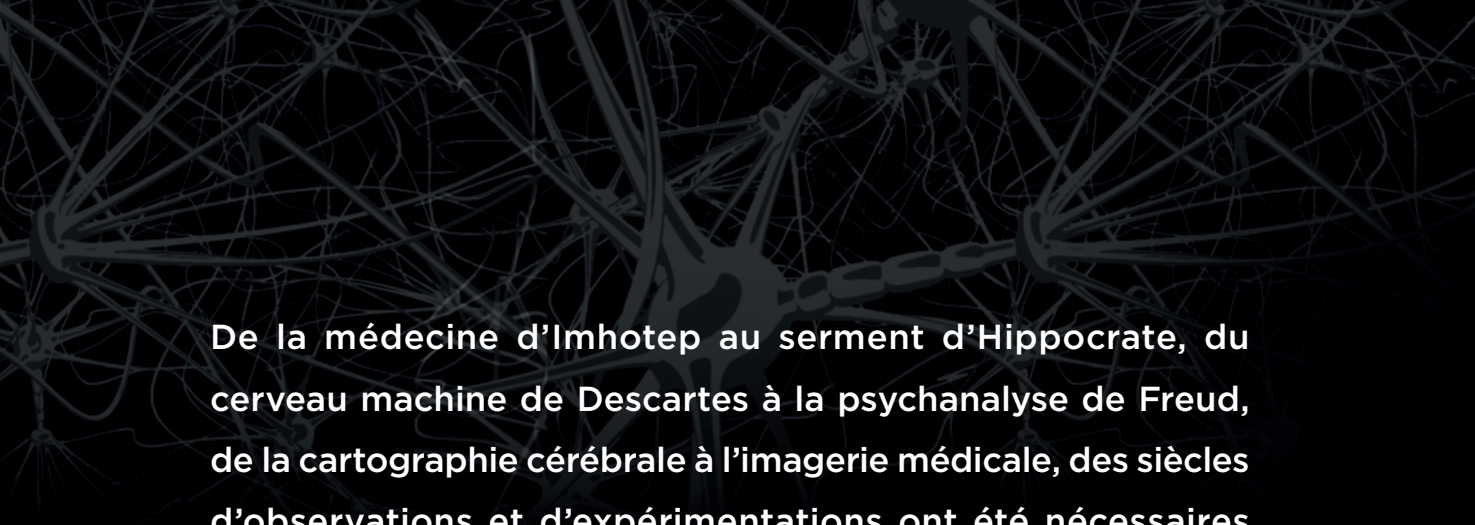


Vue d'ensemble du cerveau, du cervelet, du tronc cérébral et, dans la partie gauche, d'une partie des structures sous-corticales.

La statue de Rodin illustre parfaitement « le penseur ».

À LIRE AUSSI

Zoom : L'unité du système nerveux central (P.26-27)



De la médecine d'Imhotep au serment d'Hippocrate, du cerveau machine de Descartes à la psychanalyse de Freud, de la cartographie cérébrale à l'imagerie médicale, des siècles d'observations et d'expérimentations ont été nécessaires pour amorcer une première description du rôle du cerveau dans les comportements cognitifs et émotionnels. Les recherches en biologie et le développement des modèles en intelligence artificielle nous aideront-ils à progresser dans la connaissance du cerveau et de ses pathologies ? Le XXIe siècle ne s'annonce-t-il pas, déjà, comme celui des neurosciences ?

Une aventure passionnante pour saisir
l'exceptionnelle richesse de notre humanité !

29,90 €

ISBN : 978-2-8073-2656-9

9 782807 326569

Création graphique : Primo&Primo