

**TOUT EN
FICHES**

MÉMO VISUEL DE

NEUROSCIENCES

Sous la direction de **Daniel Richard**
Ancien professeur des Universités

Yves Gianni
Ancien maître de Conférences, Université Paris 7

Monique Gauthier
Ancienne professeure, Université Paul Sabatier (Toulouse 3)

Jean-François Camps
Maître de conférences, Université Toulouse 2

Agnès Morcillo
Maîtresse de conférences, Université Toulouse 2

DUNOD

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2021

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-080725-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Avant-propos	VIII
Remerciements	VIII
Abréviations	IX

Partie 1. Cytologie du neurone et développement du système nerveux

1.1	CYTOLOGIE ET PHYSIOLOGIE DU NEURONE	
Fiche 1	La cytologie du neurone	2
Fiche 2	La cytologie des cellules gliales	3
Fiche 3	Les propriétés électriques des membranes	4
Fiche 4	Le gradient électrochimique	5
Fiche 5	Les canaux ioniques à ouverture contrôlée	6
Fiche 6	Le maintien de la concentration ionique intracellulaire	7
Fiche 7	La pompe Na^+/K^+	8
Fiche 8	Le potentiel d'action	9
1.2	CODAGE ET CONDUCTION DE L'INFORMATION	
Fiche 9	Les canaux du potentiel d'action	10
Fiche 10	La conduction du potentiel d'action	11
Fiche 11	Les canaux tensiodépendants	12
Fiche 12	Les synapses	13
1.3	LA TRANSMISSION DE L'INFORMATION	
Fiche 13	Biologie moléculaire de la transmission synaptique	14
Fiche 14	L'intégration post-synaptique	15
Fiche 15	Les neuromédiateurs (1)	16
Fiche 16	Les neuromédiateurs (2)	17
Fiche 17	La transmission cholinergique	18
Fiche 18	La transmission glutamatergique	19
Fiche 19	La transmission GABAergique	20
Fiche 20	La transmission catécholaminergique	21
Fiche 21	Les mécanismes de sommation post-synaptiques	22
Fiche 22	Les mécanismes d'inhibition post-synaptiques	23
1.4	LE DÉVELOPPEMENT DU SYSTÈME NERVEUX	
Fiche 23	L'induction neurale	24
Fiche 24	La neurulation	25
Fiche 25	La régionalisation du tube neural	26
Fiche 26	La morphogenèse cérébrale	27
Fiche 27	Divisions et migrations locales des neurones	28
Fiche 28	Les migrations tangentielles	29
Fiche 29	Les migrations radiaires	30

Table des matières

Fiche 30	La maturation des neurones	31
Fiche 31	La synaptogenèse	32
Fiche 32	La neurogenèse chez l'adulte	33

Partie 2. Neurophysiologie sensorielle

2.1

LA SENSIBILITÉ

Fiche 33	La notion de sensibilité	36
Fiche 34	Le fonctionnement des systèmes sensoriels	37
Fiche 35	Les relations intensité-durée	38
Fiche 36	Les sensations	39

2.2

LA SOMESTHÉSIE

Fiche 37	Les modalités sensorielles de la somesthésie	40
Fiche 38	La sensibilité mécanique	41
Fiche 39	La sensibilité des mécanorécepteurs	42
Fiche 40	Le codage par les récepteurs	43
Fiche 41	Codage et traitement de l'information de contact	44
Fiche 42	Les champs récepteurs cutanés	45
Fiche 43	La sensibilité thermique	46
Fiche 44	La proprioception	47
Fiche 45	Le fuseau neuromusculaire	48
Fiche 46	L'organe tendineux de Golgi	49

2.3

LA VISION

Fiche 47	La sensibilité visuelle	50
Fiche 48	L'œil humain	51
Fiche 49	La rétine	52
Fiche 50	La rhodopsine	53
Fiche 51	Organisation cellulaire de la rétine	54
Fiche 52	La transduction	55
Fiche 53	Les champs récepteurs des cellules bipolaires	56
Fiche 54	Le traitement achromatique	57
Fiche 55	Le traitement des couleurs	58
Fiche 56	Les voies afférentes	59
Fiche 57	Les champs récepteurs statiques du cortex	60
Fiche 58	Les champs récepteurs dynamiques du cortex	61
Fiche 59	L'organisation en colonnes du cortex	62
Fiche 60	Les aires visuelles secondaires	63
Fiche 61	Les mouvements oculaires	64
Fiche 62	Les saccades oculaires	65
Fiche 63	Les mouvements de poursuite et le réflexe optocinétique	66
Fiche 64	Le réflexe vestibulo-oculaire	67

2.4	L'AUDITION	
Fiche 65	La sensibilité auditive	68
Fiche 66	L'organisation anatomique de l'oreille	69
Fiche 67	Le fonctionnement de l'oreille interne	70
Fiche 68	La tonotopie	71
Fiche 69	Les cellules ciliées	72
Fiche 70	La transduction auditive	73
Fiche 71	Le traitement de l'information auditive	74
Fiche 72	La localisation spatiale des sons	75
Fiche 73	L'intégration auditive	76
Fiche 74	Le goût	77
2.5	L'OLFACTION ET LA GUSTATION	
Fiche 75	La transduction gustative	78
Fiche 76	L'intégration gustative	79
Fiche 77	L'olfaction	80
Fiche 78	L'intégration olfactive	81
2.6	LA DOULEUR	
Fiche 79	Aspects généraux de la douleur	82
Fiche 80	Les voies nociceptives	83
Fiche 81	L'inflammation	84
Fiche 82	Le contrôle de la nociception	85
2.7	LA CONTRACTION MUSCULAIRE	
 Partie 3. La motricité		
Fiche 83	Le muscle	88
Fiche 84	La fibre musculaire	89
Fiche 85	Les myofilaments	90
Fiche 86	Mécanismes moléculaires de la contraction musculaire	91
Fiche 87	Le couplage excitation-contraction	92
Fiche 88	La diversité des fibres musculaires squelettiques	93
Fiche 89	L'innervation motrice des fibres musculaires squelettiques	94
Fiche 90	L'organisation générale des réflexes	95
3.1	LES RÉFLEXES	
Fiche 91	Le réflexe myotatique	96
Fiche 92	Le réflexe ipsilatéral de flexion	97
Fiche 93	Le réflexe d'inhibition autogénique	98
Fiche 94	La notion de centre générateur de rythme	99

Table des matières

3.2	LES ACTIVITÉS RYTHMIQUES ET LA POSTURE	
Fiche 95	La nage chez la Lamproie	100
Fiche 96	La locomotion	101
Fiche 97	La posture	102
Fiche 98	Le contrôle central de la posture	103
3.3	LE MOUVEMENT VOLONTAIRE	
Fiche 99	Structures impliquées dans le contrôle du mouvement volontaire	104
Fiche 100	Contrôle cortical du mouvement volontaire	105
Fiche 101	Contrôle par le cervelet du mouvement volontaire	106
Fiche 102	Contrôle par les ganglions de la base du mouvement volontaire	107

Partie 4. Les fonctions homéostasiques

4.1	LE SYSTÈME NEUROVÉGÉTATIF	
Fiche 103	Le système neurovégétatif	110
Fiche 104	Les voies motrices du système neurovégétatif	111
Fiche 105	Les effecteurs du système neurovégétatif	112
Fiche 106	Le contrôle de la thermorégulation	113
Fiche 107	Le contrôle de la prise alimentaire	114
Fiche 108	Le sommeil lent	115
4.2	L'ALTERNANCE VEILLE-SOMMEIL	
Fiche 109	Le sommeil paradoxal	116
Fiche 110	Le passage de la veille au sommeil lent	117
Fiche 111	Le passage du sommeil lent au sommeil paradoxal	118

Partie 5. Les fonctions cognitives

5.1	LA MÉMOIRE	
Fiche 112	Les concepts de mémoire	120
Fiche 113	La mémoire sensorielle et l'organisation de la mémoire	121
Fiche 114	La mémoire à court terme et la mémoire de travail	122
Fiche 115	La mémoire à long terme	123
Fiche 116	La consolidation	124
Fiche 117	La reconsolidation et l'oubli	125
5.2	L'APPRENTISSAGE	
Fiche 118	Les principes généraux de l'apprentissage	126
Fiche 119	La potentialisation à long terme	127

Table des matières

Fiche 120	La dépression à long terme	128
Fiche 121	Les molécules de la plasticité	129
Fiche 122	L'habituation	130
Fiche 123	La sensibilisation	131
Fiche 124	Le conditionnement du réflexe de rétraction des branchies chez l'Aplysie	132
Fiche 125	Aspects généraux des émotions	133
5.3	LES ÉMOTIONS	
Fiche 126	La rage et le plaisir	134
Fiche 127	Le système limbique	135
Fiche 128	La peur et l'anxiété	136
Fiche 129	Les processus attentionnels	137
5.4	AUTRES FONCTIONS COGNITIVES	
Fiche 130	La cognition spatiale (1)	138
Fiche 131	La cognition spatiale (2)	139
Fiche 132	Concepts de besoins et addictions	140
Fiche 133	La motivation	141
Fiche 134	Les habiletés numériques	142
 Partie 6. Annexes		
6.1	ANATOMIE DES STRUCTURES NERVEUSES	
Fiche 135	L'encéphale humain (1)	144
Fiche 136	L'encéphale humain (2)	145
Fiche 137	Le cortex cérébral	146
Fiche 138	L'hippocampe	147
Fiche 139	Le cervelet (1)	148
Fiche 140	Le cervelet (2)	149
Fiche 141	La moelle épinière	150
Fiche 142	L'électrophysiologie	151
6.2	LES TECHNIQUES D'ÉTUDE DU SYSTÈME NERVEUX ET LEURS APPORTS	
Fiche 143	L'activité du cerveau chez l'Homme (1)	152
Fiche 144	L'activité du cerveau chez l'Homme (2)	153
Fiche 145	Les stratégies d'étude de la mémoire (1)	154
Fiche 146	Les stratégies d'étude de la mémoire (2)	155
Fiche 147	L'optogénétique	156
Glossaire		157
Bibliographie		162
Index		163
Crédits photographiques		172

Avant-propos

Cet ouvrage se veut être un manuel de révision richement illustré de schémas et documents synthétisant les connaissances actuelles en neurosciences. Il s'adresse en particulier aux étudiants de Licences ou de Masters de Biologie, mais permettra également aux étudiants préparant les concours (CAPES, Agrégation) de revoir rapidement leurs connaissances dans le domaine des neurosciences.

Les thèmes abordés concernent l'ensemble des neurosciences, allant des approches moléculaires et cellulaires aux principales fonctions cognitives chez l'Homme. Ils reflètent les données modernes obtenues, en particulier, par l'évolution des techniques d'investigation du fonctionnement des neurones et du système nerveux en général.

L'ensemble est découpé en cinq grandes parties : le fonctionnement des neurones et des réseaux neuronaux, ainsi que leur mise en place au cours du développement ; les fonctions sensorielles ; les fonctions motrices ; les fonctions homéostasiques ; les principales fonctions cognitives.

Par ailleurs, diverses annexes sont consacrées à l'anatomie des centres nerveux ainsi qu'aux principales techniques d'étude du système nerveux. Dans la marge, les loupes indiquent les renvois aux autres fiches ou bien à des animations présentes sur le site web dunod.com. Ces animations permettent de visualiser de façon dynamique les processus décrits.

Remerciements

Nous tenons à remercier divers collègues et amis qui, à divers titres, ont contribué à la réalisation de cet ouvrage : Marie Conrath, ancienne Directrice de recherches au CNRS ; Henri Gioanni, ancien Maître de conférences ; Christine Laclef, Maître de conférences Sorbonne Université. Institut du Fer à Moulin, Paris ; Damien Lemoine, docteur en chimie biologique, spécialiste des canaux ioniques.

Abréviations

2-DG	2-déoxyglucose
5 HT	5 hydroxytryptamine (sérotonine)
ACh	Acétylcholine
AChE	Acétylcholine estérase
ACTH	<i>Adreno Cortico Tropic Hormone</i>
ADH	Hormone antidiurétique
ADP	Adénosine di-phosphate
AMPA	<i>α-amino-3-hydroxy-5-méthylisozol-4-propionate</i>
AMPc	Adénosine monophosphate cyclique
AMS	Aire motrice supplémentaire
APM	Aire prémotrice
APO	Aire préoptique
ARC	Noyau arqué
ARF	Afférents du réflexe de flexion
ARNm	Acide ribonucléique messenger
ASIC	<i>Acid Sensing Ion Channel</i>
ATP	Adénosine tri-phosphate
ATV	Aire tegmentale ventrale
BMP4	<i>Bone Morphogenetic Protein 4</i>
CA1	Champ 1 de la corne d'Ammon (hippocampe)
CA3	Champ 3 de la corne d'Ammon (hippocampe)
CapZ	<i>Actin capping protein Z</i>
CCK	Cholecystokinine
CGL	Corps genouillé latéral
CGM	Corps genouillé median
CGRP	Peptide lié au gène de la calcitonine
CIDN	Contrôle inhibiteur diffus nociceptif
CICR	<i>Calcium Induced Calcium Release</i>
CNG	<i>Cyclic Nucleotide-Gated ions channel</i>
CPG	<i>Central Pattern Generator</i>
Cre	<i>Cyclic-AMP responding element</i> (gène)
CREB	<i>Cyclic-AMP Responding Element Binding</i> (protéine)
CRF	<i>Cortico-Releasing Factor</i>
DAG	Di-acyl glycérol
ddp	Différence de potentiel
DHP	Dihydroxypyridine

Abréviations

DMH	Noyau dorso-médian hypothalamique
DMST	<i>Delayed Matching to Sample Task</i>
DnMST	<i>Delayed non-Matching to Sample Task</i>
DNP	Dinitrophénol
EEG	Électroencéphalogramme
ENaC	<i>Epithelial Na Channel</i>
ERK	<i>Extracellular signal-Regulated Kinase</i>
GABA	Acide γ -aminobutyrique
GAD	<i>Glutamic Acid Decarboxylase</i>
GIV	Noyau giganto-cellulaire
GMP	Guanosine monophosphate
GPe	Globus pallidus externe
GPi	Globus pallidus interne
HDM	Hypothalamus dorso-médian
HLA	Aire hypothalamique latérale
Hox	<i>Transforming growth factor beta</i>
IF	<i>Inhibitory Factors</i>
IP3	Inositol trisphosphate
LC	Locus cœruleus
LH	<i>Lateral Hypothalamus</i>
LPT	Tegmentum pontin latéral
LTD	Noyau tegmental latéro-dorsal
M.O.	Microscope optique
MAO	Monoamine oxydase
MET	Microscope électronique à transmission
mGluR	Récepteur métabotrope au glutamate
MI	Aire motrice primaire
MN	Motoneurone
MT	Aire temporale médiane
MUNC 18	<i>Mammalian UNCoordinated-18</i>
NA	Noradrénaline
NB	Noyaux de la base
NCV	Noyau cochléaire ventral
NET	<i>Norepinephrine Transporter</i>
NGB	Noyaux gris de la base
NI	Noyau interposé

Abréviations

NLCT, NMCT	Noyau latéral, médian, du corps trapézoïde
NMDA	N-méthyl-D-aspartate
NO	Oxyde nitrique
NPV	Noyau para-ventriculaire
NPY	Neuropeptide Y
NS	Neurone sensoriel
NSF	<i>N-ethylimide Sensitive Factor</i>
NST	Noyau du tractus solitaire
NVL	Noyau ventral latéral du thalamus
OSM, OSL	Olive supérieure médiane, latérale
OX	Orexine
P	Phosphore
PA	Potentiel d'action
PAG	Substance grise périaqueducule
PB	Noyau parabrachial
PDE	Phosphodiesterase
PGE	Prostaglandine
PGO	Pointes ponto-géniculo-occipitales
PKA	Protéine kinase A
PKC	Protéine kinase C
PLC	Phospholipase cyclique
PO	Noyau préoptique
PPM	Potentiel de plaque motrice
PPSE	Potentiel post-synaptique exciteur
PPSI	Potentiel post synaptique inhibiteur
PPT	Noyau pédonculo-pontin
PV	Noyau paraventriculaire
PTSD	<i>Post Traumatic Stress Disorder</i>
RC	Réponse conditionnée
Rd	Raphé dorsal
REM	<i>Rapid Eye Movements sleep (SP)</i>
RH	<i>Releasing Hormones</i>
RIS	Registre de l'information sensorielle
RLM	Région locomotrice mésencéphalique
RrPa	Raphé rostral-pallidum
RYR	Récepteur à la ryanodine

Abréviations

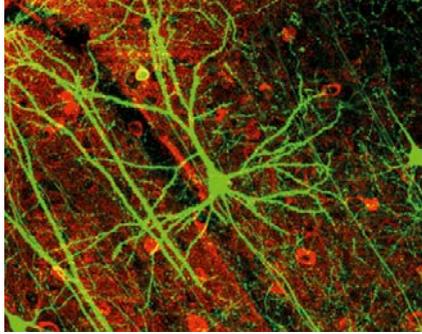
SC	Stimulus conditionnel
SC	Noyau suprachiasmatique
SGC	Substance grise centrale
SHH	<i>Sonic HedgeHog</i>
SI	Stimulus inconditionnel
SL	Septum latéral
SN	Substance noire
SNAP25	<i>Synaptosome Associated Protein of 25 kD</i>
SNARE	<i>Soluble N-éthylmaleimide-sensitive-factor Attachment protein REceptor</i>
SNc	Substance noire compacte
SOL	Sommeil à ondes lentes
SP	Substance P
SP	Sommeil paradoxal
STN	Noyau sous-thalamique
SubC	Noyau sub-cœruleus
TGFβ	<i>Transforming Growth Factor beta</i>
TMN	Noyau tubéro-mammillaire
TRP	<i>Transient Receptor Potentiel</i>
VIP	<i>Vaso Intestinal Peptide</i>
VMAT2	<i>Vesicular MonoAmine Transporter 2</i>
VMH	Hypotalamus ventro-médian
ZP	Zone parafaciale
ZSP	Zone subparaventriculaire

A microscopic image of neurons, showing cell bodies and branching processes. A red and white graphic overlay is present in the bottom left corner.

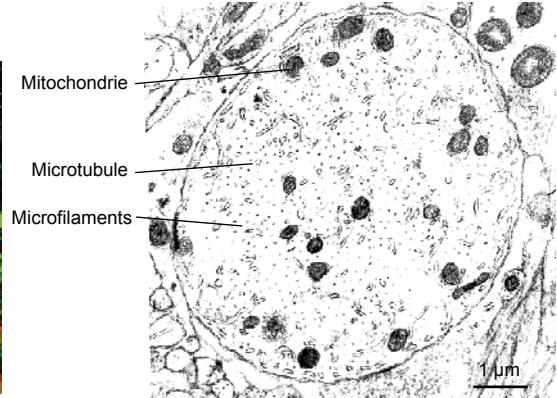
1

Cytologie du neurone et développement du système nerveux

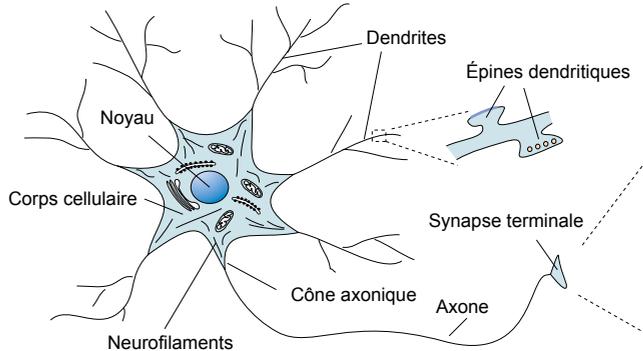
La cytologie du neurone



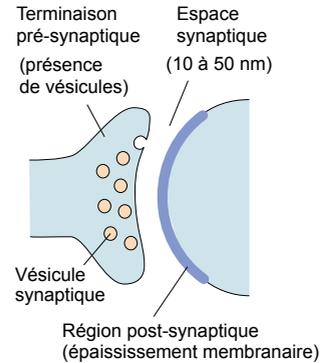
Neurone pyramidal en culture (M.O.)



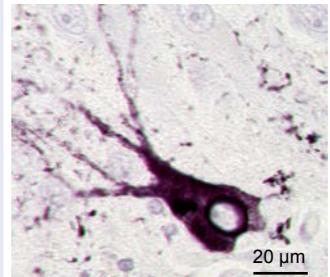
Dendrite (MET)



Structure schématique de neurone

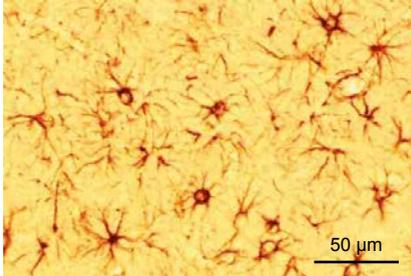


Les neurones sont des cellules possédant de nombreux prolongements, parfois très longs. Ils se caractérisent par l'importance du cytosquelette : neurotubules, microfilaments et neurofilaments. Les prolongements qui émergent du corps cellulaire sont classiquement subdivisés en dendrites et axone. Les dendrites se distinguent par la présence d'épines dendritiques formant des structures de contacts synaptiques et par la présence de ribosomes libres. L'axone est généralement lisse, son diamètre est régulier et il est dépourvu de ribosomes. Cependant, pour beaucoup de neurones courts du système nerveux central, il est impossible de dissocier ces deux types de prolongements. Les contacts assurant la communication entre les neurones sont qualifiés de synapses.

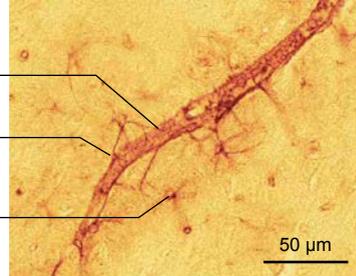


Marquage du cytosquelette

La cytologie des cellules gliales



Astrocytes (M.O.)



Astrocytes et capillaire (M.O.)

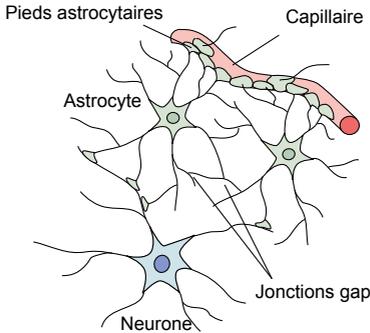
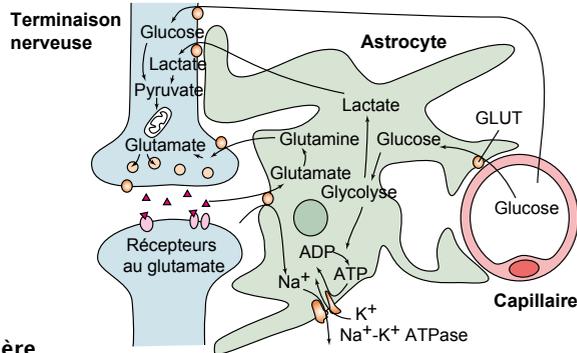
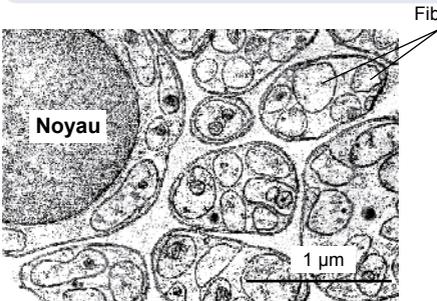


Schéma de l'organisation de la barrière hémato-encéphalique



Voies moléculaires impliquées

Les cellules gliales constituent environ 90 % du tissu nerveux. Les astrocytes sont de petites cellules étoilées liées entre elles par des jonctions *gap*. Ils participent au fonctionnement synaptique et constituent l'essentiel de la barrière hémato-encéphalique. Les oligodendrocytes constituent une gaine de myéline autour de certaines fibres nerveuses du système nerveux central, au même titre que les cellules de Schwann dans le système nerveux périphérique. Les cellules de la microglie sont des cellules immunitaires spécifiques du système nerveux.



Oligodendrocyte (MET)

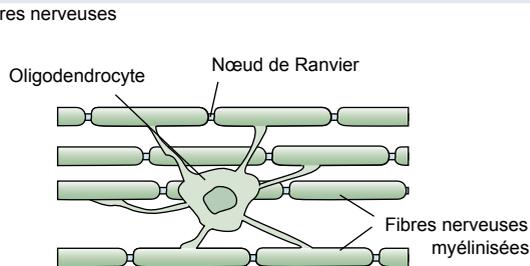


Schéma structural d'oligodendrocyte