



LE TISSU NERVEUX

By Mew



*TUTORAT NIÇOIS
2020-2021
PASS/LAS*

GÉNÉRALITÉS SUR LE TISSU NERVEUX

Du point de vue de l'organisation générale, le **tissu nerveux** comprend :

- Le **système nerveux central** (SNC) qui comprend l'**encéphale** (**cerveau, cervelet, tronc cérébral**) ainsi que la **moelle épinière**
- Le **système nerveux périphérique** (SNP) qui est destiné aux **membres** et aux **viscères**. Il comprend les **fibres nerveuses** (axones et dendrites), les **terminaisons nerveuses** et les **corps cellulaires** situés en dehors du système nerveux central (**ganglions**).

Mais on distingue aussi :

- Le système nerveux **somatique** qui comprend : le système nerveux **sensitif** impliqué dans la **perception** et le système nerveux **moteur** sous contrôle **volontaire** (son effecteur est le **muscle squelettique**).
- Le système nerveux **autonome** ou **viscéral** qui est à destination des organes et tissus (muscle lisse, muscle cardiaque, glandes) qui sont sous contrôle **involontaire** des systèmes nerveux **sympathique** et **parasympathique**.

SNC et SNP contiennent du **tissu nerveux**. Il comprend :

- Des **cellules nerveuses** : les **neurones**
- Des **cellules de soutien** : les **cellules gliales**

Les tissus nerveux sont **ubiquitaires** (présents dans tout l'organisme) et forment un **réseau** de communication aux **connexions multiples**.

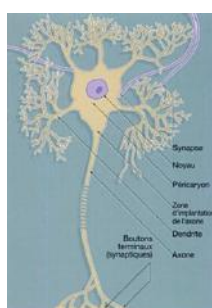
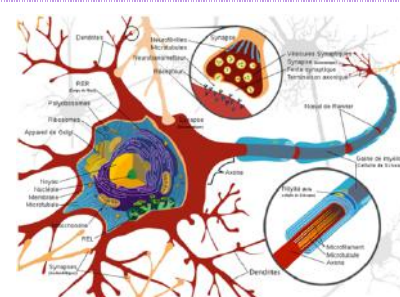
Dans le SNC le tissu nerveux est étroitement associé au **liquide cébrospinal** (LCS) produit par les **épendymocytes** au niveau des **plexus choroïdes**. Le LCS circule dans les **cavités** du SNC : les **ventricules** et le **canal épendymaire** mais il n'entre pas en contact avec le tissu nerveux car ce dernier est enveloppé par des **membranes** : les **méninges**.

Le tissu nerveux est un tissu spécialisé dans la **réception**, le **traitement**, le **stockage** et le **transfert** de l'**information** afin d'apporter une **réponse adaptée** et **coordonnée**.

LES NEURONES

GÉNÉRALITÉS ET STRUCTURE

Il existe **différents types** de neurones présentant des **variations morphologiques** d'une région à l'autre. Ils ont aussi certaines caractéristiques communes comme la présence de nombreux **prolongements cellulaires** ainsi que de **jonctions intercellulaires** hautement **spécialisées** appelées **synapses**. On estime à plus de **50 milliards** le nombre de neurones dans le système nerveux.

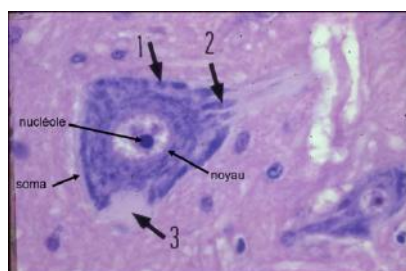


Les neurones présentent une structure en **trois parties** :

- Un **corps cellulaire**
- Un **axone unique**
- Des **dendrites multiples**

LE CORPS CELLULAIRE

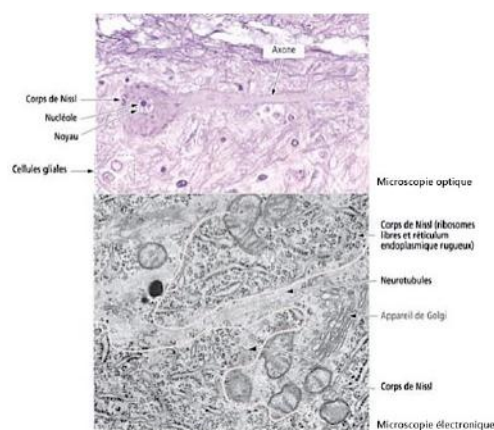
Le corps cellulaire, aussi appelé **soma**, représente la partie **centrale** généralement **polygonale** du neurone. Il peut prendre cependant **différentes formes** et **tailles** (5 à 150 μm) selon les **topographies**. Il contient un **noyau** et du **cytoplasme**.



Le **noyau** présente un certain nombre de caractéristiques visibles sur la micrographie en MO ci-contre. Il est **proéminent, sphérique, central**, avec un **nucléole bien visible** et une **chromatine dispersée**, c'est-à-dire **transcriptionnellement active**. En effet, le neurone est une cellule qui a une **activité de synthèse protéique très importante**.

Le **cytoplasme** situé autour du noyau est appelé **péricaryon**. Il contient le **corps Golgien**, un **réticulum endoplasmique granuleux (REG) volumineux** en lien avec l'importante synthèse protéique de ces cellules et il forme des **amas** appelés **corps de Nissl**. On trouve aussi des **mitochondries**, du **cytosquelette**, des **filaments intermédiaires** et des **microfilaments**.

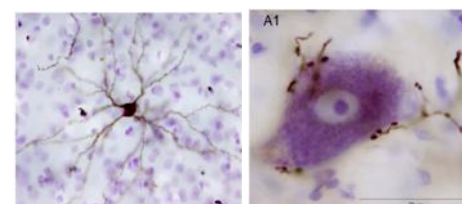
Certaines de ces structures peuvent être observées ci-contre en microscopie optique et électronique.



LES PROLONGEMENTS CELLULAIRES

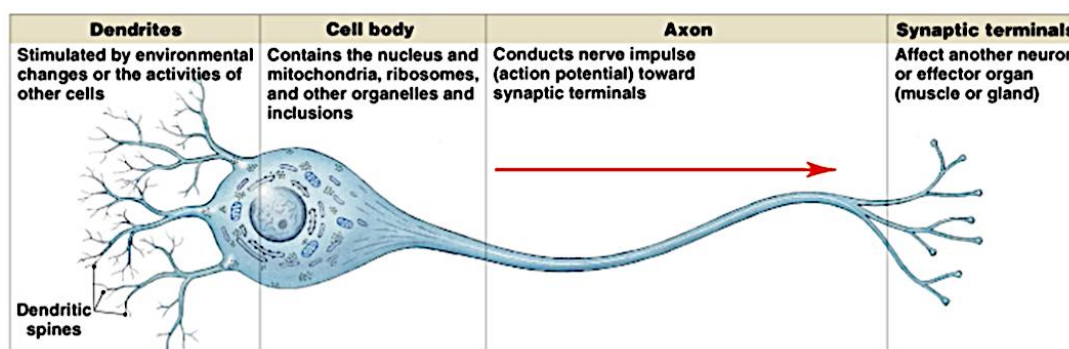
L'axone

Il n'existe qu'un **seul** axone par neurone. En revanche, un axone possède de **multiples terminaisons** se terminant par un **renflement** : le **bouton synaptique**. L'axone naît du soma au niveau d'une zone appelée **cône d'implantation** et a pour rôle la **conduction** de l'**influx nerveux** depuis le **corps cellulaire** vers les **synapses**. Il est aussi le siège d'un transport axonal **bidirectionnel** permettant le transport d'**organites** et de **protéines** notamment.



Le transport étant bidirectionnel, porte deux noms différents selon le sens :

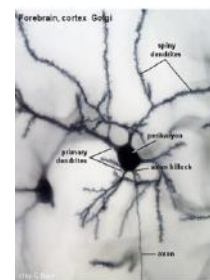
- Transport **antérograde** : du corps cellulaire vers l'extrémité de l'axone
- Transport **rétrograde** : de l'extrémité de l'axone vers le corps cellulaire



Les dendrites

Les dendrites sont **courtes, multiples** et **très ramifiées** : on parle d'**arborisation dendritique**.

Leur surface est recouverte d'**épines dendritiques** qui sont le lieu de **réception** des différents **stimuli** provenant d'**autres neurones** par l'intermédiaire des **synapses**. L'influx nerveux est ensuite conduit vers le **corps cellulaire** du **neurone**.



LA CLASSIFICATION DES NEURONES

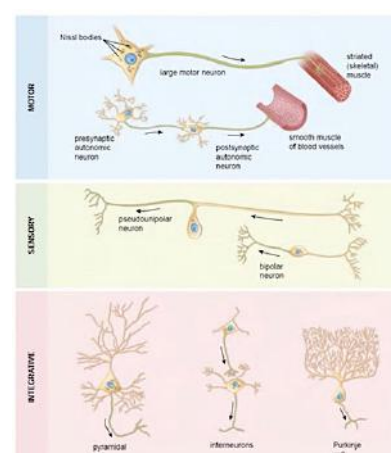
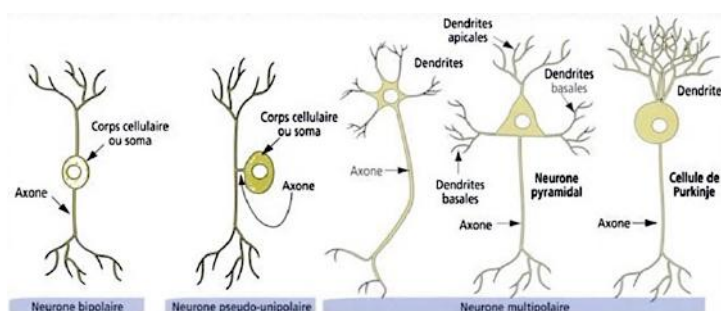
Les neurones peuvent être **classés** selon :

1) Leur **morphologie** et plus précisément selon le **nombre de prolongements** :

<u>Neurones bipolaires</u>	<u>Neurones pseudo-unipolaires</u>	<u>Neurones multipolaires</u>
Axone unique qui émerge d'un côté du corps cellulaire	Axone unique et court qui se divise en deux à proximité du corps cellulaire	Nombreuses dendrites et un axone long . Les plus répandus
Localisations : Structures sensorielles : - rétine - épithélium olfactif - systèmes vestibulaire & auditif	Localisations : Ganglions sensoriels des nerfs crâniens et spinaux	Ex : - cellule pyramidale du cortex cérébral - cellule de Purkinje du cortex cérébelleux

2) Leur **fonction** :

<u>Neurones sensitifs / afférents</u>	<u>Neurones moteurs / efférents</u>	<u>Interneurones</u>
Reçoivent les informations des récepteurs sensoriels et les transmettent au SNC (récepteurs sensoriels → SNC)	Conduisent les informations provenant du SNC aux effecteurs (muscles, glandes) (SNC → effecteurs)	Établissent des connexions entre neurones au sein de circuits neuronaux

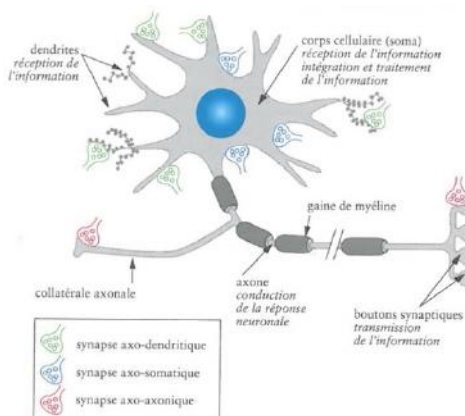
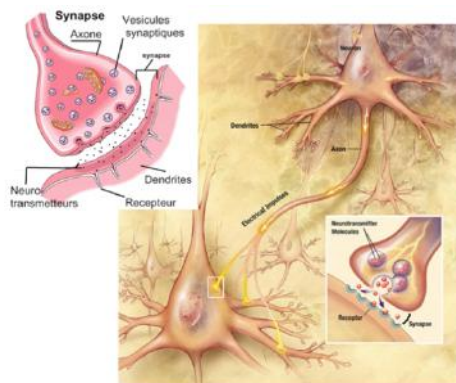


LES SYNAPSES

Les synapses sont des **zones de contact spécialisées** entre neurones ou entre neurones et cellules musculaires. Il existe deux grands types de synapses :

- Les synapses **électriques**
- Les synapses **chimiques** : les **plus répandues**. Elles permettent à une information **électrique** (celle qui circule dans le neurone) de passer d'une cellule à l'autre grâce à des **messagers chimiques** appelés **neurotransmetteurs**.

Elles représentent la **zone de transmission** de l'influx nerveux : elles permettent aux neurones de **communiquer** entre eux.



Il existe trois grands types de synapses selon les structures qu'elles font communiquer :

- Les synapses **axo-dendritiques** (entre axone et dendrite)
- Les synapses **axo-somatiques** (entre axone et corps cellulaire)
- Les synapses **axo-axoniques** (entre axone et axone)

LES PROPRIÉTÉS PRINCIPALES DES NEURONES

- **Excitabilité** en réponse à une stimulation ou stimulus
- **Réception, intégration** et **traitement** des informations reçues
- **Conductibilité** : ils sont capables de **propager** la réponse à **distance** par un processus **électrochimique**
- **Communicabilité** : **transmission** du message à un neurone ou à toute autre cellule

En résumé, les neurones sont des cellules **excitables** capables de **générer** des **influx nerveux** en réponse à des stimuli et de les **transmettre**. Il existe diverses classifications des neurones selon la **morphologie** et la **fonction** notamment.

LE TISSU GLIAL

GÉNÉRALITÉS

Les cellules gliales servent de **support métabolique** et **structural** pour les neurones. Elles sont **non excitables** contrairement aux neurones et occupent l'**espace localisé entre** ces derniers. Les cellules gliales **peuvent se diviser** et **proliférer**.

On distingue différents types d'origines **embryonnaires** pour les cellules gliales. En effet, les **neurones** et la **macroglie** dérivent du **neuroectoderme** tandis que les cellules de la **microglie** dérivent du **mésoderme** (lignée myéloïde).

De la même manière qu'on distingue SNP et SNC on distingue les cellules de la neuroglie **périphérique** des cellules de la neuroglie **centrale**.

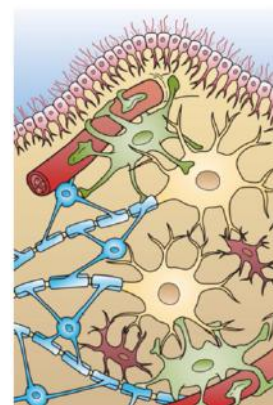


Schéma A

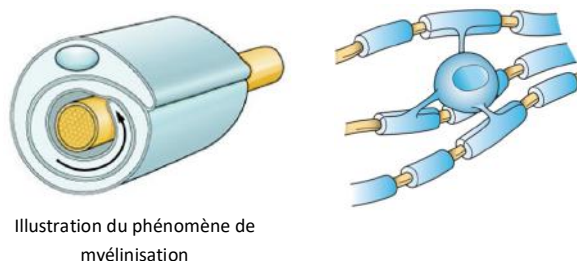
Au sein de la **neuroglie périphérique** on retrouve :

- Cellules **de Schwann**
- Cellules **satellites gliales**.

Au sein de la **neuroglie centrale** on retrouve

- La **macroglie** composée de diverses cellules :
 - Les **astrocytes** : ont des fonctions **mécaniques, métaboliques et immunologiques**
 - Les **oligodendrocytes** : participent à la formation des **gaines de myéline**
 - Les **épendymocytes** : **revêtement** interne des espaces ventriculaires et épendymaire
- La **microglie** composée de **microgliocytes** qui interviennent dans la **défense** du SNC et sont considérés comme des représentants du **système monocytes-macrophages (cellules du système immunitaire)**

Ci-dessous : sont représentés de manière schématique deux types de cellules gliales avec à gauche une cellule de Schwann et à droite un oligodendrocyte.



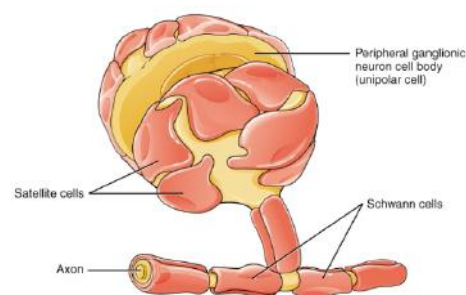
Certes, ces cellules sont **différentes** par leur **localisation** mais elles peuvent avoir des **points communs** : ici le point commun entre ces deux cellules gliales est la faculté à former une **gaine de myéline** autour de l'axone ici en jaune.

SYSTÈME NERVEUX PÉRIPHÉRIQUE

Parmi les **cellules gliales** du système nerveux périphérique on distingue :

- Les cellules de **Schwann**
- Les cellules **satellites gliales**
- Les cellules **enveloppantes olfactives**
- Les cellules **gliales entériques**
- La **glie** des **terminaisons nerveuses sensorielles** représentée par exemple par les **corpuscules de Pacini**

On ne détaillera que les cellules de Schwann et les cellules satellites gliales dans la suite du cours.



Cellules de Schwann

Les cellules de Schwann représentent les **principales** cellules gliales du SNP. On distingue deux types de cellules de Schwann : les **myélinisantes** et les **non myélinisantes**.

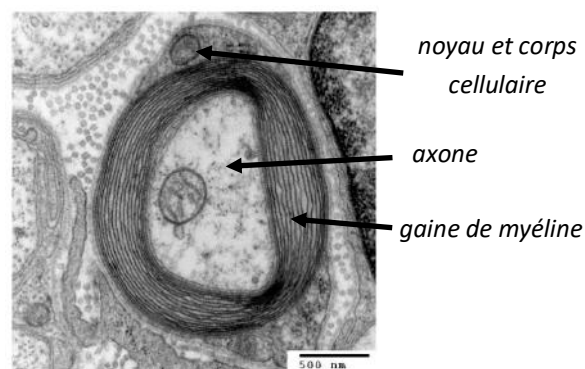
Les cellules de Schwann **myélinisantes s'enroulent** autour des axones des neurones **moteurs** et **sensoriels** pour former la **gaine de myéline**.

Ces cellules de Schwann interviennent dans de nombreux aspects importants de la **biologie** des nerfs périphériques :

- La **conduction** des impulsions nerveuses le long des axones
- Le **développement** et la **régénération** nerveuse
- Servent de **support trophique** pour les neurones (support mécanique et nutritif)
- Participent à la **production** de la **matrice extracellulaire** nerveuse
- Interviennent dans la **modulation** de l'**activité synaptique** neuromusculaire
- Interviennent dans la **présentation d'antigènes** aux lymphocytes T

Schéma B : on observe un axone entouré sur toute sa longueur de multiples cellules de Schwann qui forment des gaines de myéline ce qui en fait un axone myélinisé.

Ci-contre : photo en microscopie électronique qui illustre au centre la présence d'un axone et autour de cet axone on retrouve la gaine de myéline avec une disposition concentrique de multiples lamelles et en périphérie on observe le noyau et le corps cellulaire de la cellule de Schwann qui a réalisé cette myélinisation



Cellules satellites gliales

Au sein du SNP on retrouve un autre type de cellules gliales : les **cellules satellites gliales**. Elles recouvrent la **surface** des **corps cellulaires** neuronaux localisés dans les **ganglions** du système nerveux périphérique.

Elles ont de multiples rôles avec des **fonctions similaires** aux **astrocytes** du SNC. Ainsi ces cellules :

- **Contrôlent** le **microenvironnement** des ganglions du SNP
- **Fournissent** des nutriments aux neurones environnant
- **Assurent** une **protection** mécanique
- **Expriment** des **récepteurs** qui permettent des interactions avec des **médiateurs neuroactifs**. De cette façon, elles sont impliquées dans des phénomènes **pathologiques** notamment de douleur chronique et de réurrence herpétique.

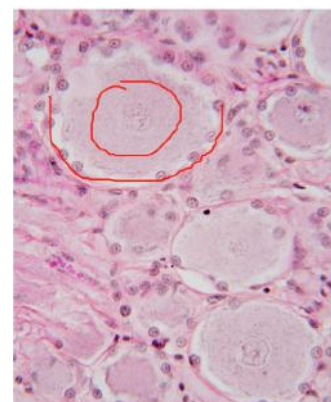


Photo ci-dessus en MO en coloration standard qui permet d'observer ces cellules. On observe un volumineux corps cellulaire neuronal au centre (rond) et en périphérie toute une série de cellules satellites gliales (demi-cercle).

Schéma B : on peut observer ces cellules satellites en périphérie du corps cellulaire neuronal

SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

Parmi les **cellules gliales** du **SNC** on distingue :

- Les **astrocytes**
- Les **oligodendrocytes**
- Les **microgliaocytes**
- Les **épendymocytes**

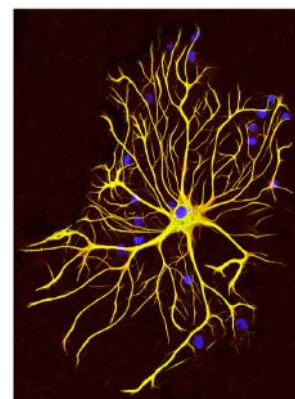
Astrocytes

Les astrocytes sont les cellules gliales les **plus nombreuses**. Elles servent de **support fonctionnel** et **mécanique** pour les **corps cellulaires** et les **prolongements** des **neurones**.

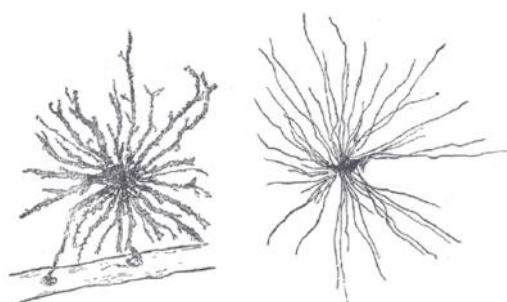
Les astrocytes comprennent deux types :

- Les astrocytes **protoplasmiques** présents dans la **substance grise**, présentent de **nombreuses** ramifications **courtes** et **larges**
- Les astrocytes **fibreux** dans la **substance blanche** ont la particularité d'avoir des **expansions longues, minces** et **peu ramifiées**

Ces cellules sont capables de **proliférer** chez l'adulte, ainsi, la **majorité** des **tumeurs** du SNC sont d'origine **astrocytaire**. Par ailleurs, les astrocytes stimulent la formation de **cicatrices** secondaires à une agression, bien souvent dans un contexte de **réparation** suite à une lésion.



*Ci-dessus : observation d'un astrocyte avec une technique de fluorescence qui met en évidence la **morphologie** très **particulière** de cette cellule qui lui donne son nom d'astrocyte (astre → étoile → forme étoilée)*



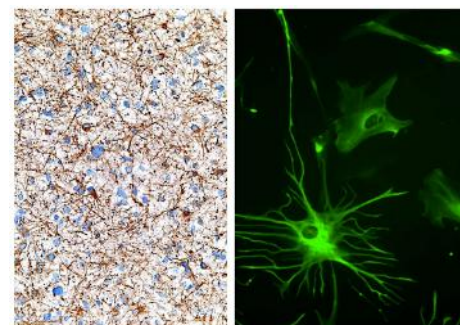
mise en évidence schématique de la morphologie des astrocytes

En effet, ces cellules :

- Ont une morphologie **étoilée**
- Sont pourvues de nombreux **prolongements ramifiés** de manière à **occuper** tout l'**espace** entre les neurones. Ces prolongements prennent appui contre la lame basale des **vaisseaux** formant ainsi des « **pieds** » **peri vasculaires**.

*Schéma A : on les observe en **vert** avec, pour l'astrocyte du haut, des prolongements qui se dirigent sur la droite vers le corps cellulaire d'un neurone et sur la gauche vers un vaisseau de manière à réaliser des « **pieds** » **peri vasculaires***

Les astrocytes présentent dans leur cytoplasme des **filaments intermédiaires** particuliers qu'on appelle « **protéine gliale fibrillaire acide** » (**GFAP**) pouvant être mise en évidence par des techniques d'**immunohistochimie** (IHC) ou d'**immunofluorescence** (IF) illustrées ci-contre. Elles permettent la mise en évidence des nombreux **prolongements** et **ramifications**.



IHC

IF

Les astrocytes ont de multiples **fonctions** :

- Servent de **support** aux neurones et **contrôlent** ainsi les **échanges métaboliques** entre les **neurones** et le **sang** grâce aux « **pieds** » **peri vasculaires**.
- Ils **sécrètent** des **substances** qui permettent la **trophicité** (nutrition et croissance) **neuronale**
- Ils ont un rôle de **support** pour la **migration** des **cellules** nerveuses notamment pendant le **développement**.
- Ils **stockent** le **glycogène** de manière à participer à la **nutrition** et au **métabolisme énergétique** des cellules nerveuses.
- Au niveau des **synapses**, en les recouvrant, ils servent d'**isolants électriques** et **limitent** la **propagation** des **neurotransmetteurs** libérés dans la **fente synaptique** (forment une barrière) et les **absorbent** pour **limiter** leur **action** à la fois dans l'**espace** et dans le **temps**.
- Dans l'environnement neuronal ils **régulent** la **composition** du **milieu extracellulaire** du système nerveux et contrôlent l'**environnement ionique** et **chimique** des neurones. Grâce à leur « **pieds** » **peri vasculaires** ils forment la **barrière hémato-encéphalique** (BHE).

Oligodendrocytes

Les oligodendrocytes présentent un **petit corps cellulaire** avec **peu** de **prolongements**. On les retrouve dans la substance blanche et dans la substance grise selon lesquelles leur localisation varie :

- Substance **blanche** : le long des **fibres nerveuses myélinisées** : on parle d'oligodendrocytes **interfasciculaires**
- Substance **grise** : **autour** des **corps cellulaires** des cellules nerveuses : on les appelle oligodendrocytes **satellites**.

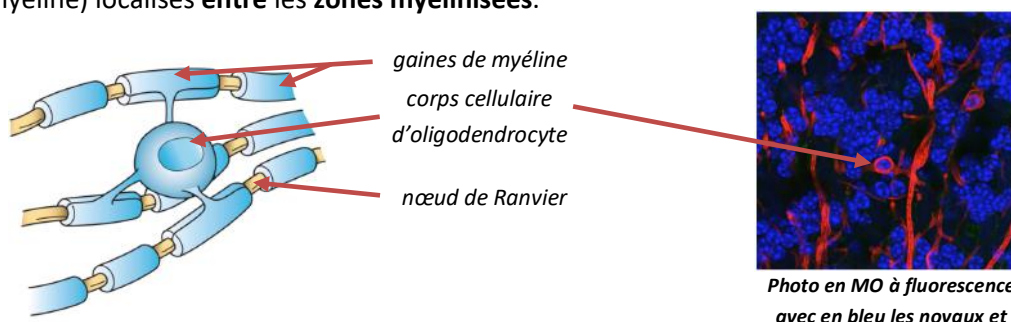
Ces cellules sont **dépourvues** de **filaments intermédiaires** c'est pourquoi lorsqu'on recherche le marqueur GFAP elles sont **négatives**.

Schéma A : les oligodendrocytes sont schématisés en **bleu** avec la mise en évidence de leur petit corps cellulaire et leurs prolongements qui se dirigent vers les segments d'axones

Les oligodendrocytes **interfasciculaires** ont certaines propriétés :

- Ce sont les cellules gliales les **plus nombreuses** de la substance **blanche**
- Ils participent à la **formation** et à la **maintenance** des **gainnes** de **myéline** (**myélinisation** des **axones** du SNC). Ces dernières participant à **l'isolation** du SNC.
- Un oligodendrocyte forme **un segment** de myéline pour **plusieurs axones adjacents**. Ainsi, un **unique oligodendrocyte** enveloppe **plusieurs axones** (40 à 50).

Via la formation des gainnes de myéline on a la formation des **nœuds de Ranvier** qui correspondent aux **intervalles libres** (dépourvus de myéline) localisés **entre** les **zones myélinisées**.



Microgliocytes

Les microgliocytes sont les représentants du système **monocyte-macrophage** dans le SNC. Ils le **protègent** contre les **virus** et **microorganismes**. Ils sont **dispersés** dans les substances **grise** et **blanche** ont un rôle de **cellule présentatrice d'antigène** (CPA).

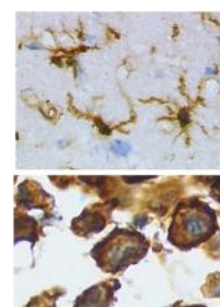
Le morphologie se caractérise par :

- Un **noyau allongé**
- Un **cytoplasme peu abondant**
- Des **prolongements fins, très ramifiés**.

En **l'absence** d'infection ils sont **inactifs** et **au repos** et lors d'une **lésion tissulaire** les microgliocytes **s'activent** et deviennent de **volumineuses cellules phagocytaires**.

Schéma A : on les observe en **rouge bordeaux**

Première photo en MO + IHC ci-contre : mise en évidence des protéines spécifiques des microgliocytes, on peut ainsi appréhender leur morphologie, leur petite taille et leurs prolongements. Ici, ils sont au **repos** tandis que sur l'image du dessous ils sont **activés** et donc plus **volumineux** pour jouer un rôle de **phagocytose**



Épendymocytes

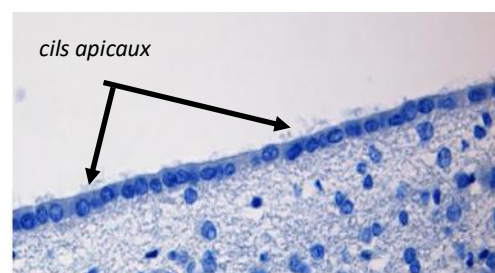
Les épendymocytes sont des cellules **cubiques** ou **cylindriques**. Ils présentent à leur pôle apical de **nombreux cils** au contact du **liquide cérobrospinal** (LCS) afin de **faciliter** sa circulation. Ils sont reliés entre eux par des **jonctions cellulaires** et laissent passer entre eux **uniquement** des molécules de **petite taille**.

Ces épendymocytes ont donc plusieurs fonction :

- Ils **bordent** les **cavités** du système nerveux **remplies** de **LCS** : les **ventricules** et le **canal de l'épendyme**
- Participent à la **formation** et à la **circulation** du **LCS**
- Interviennent dans les **échanges** entre le **LCS** et le **parenchyme**. En effet, au **pôle apical** on a des phénomènes d'**absorption** et au pôle **basal** des phénomènes de **sécrétion**. Ces échanges concernent des **hormones**, des **neuromédiateurs** mais aussi d'**autres molécules** contenues dans le LCS.

Schéma A : on les observe en **rose** sur la partie supérieure de l'image avec une mise en évidence de leurs cils au pôle apical et leur cohésion

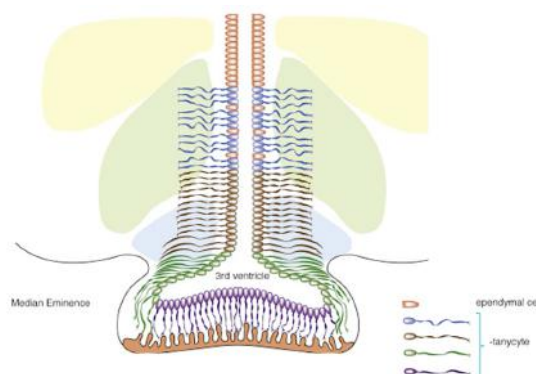
Ci-contre : image en MO illustrant des épendymocytes qui forment une couche traversant l'image de gauche à droite. Les cellules apparaissent cohésives entre elles, avec des cils qui flottent dans la cavité



Il existe des **formes particulières** d'épendymocytes :

Tanocytes

Ils sont localisés sur le **plancher** du **3^{ème} ventricule** au niveau d'une zone recouvrant l'**éminence médiane** de l'**hypothalamus**. Ils présentent à leur **pôle apical** des **microvillosités** et au **pôle basal** de **longs prolongements**. Grâce à ces derniers, les tanocytes établissent des **contacts** avec les **capillaires sanguins**, les **neurones** et les **astrocytes** sous-jacents. Ces prolongements s'étendent **profondément** dans l'**hypothalamus**. Par ailleurs, ces cellules participent aux **échanges** entre le **LCS** et le **parenchyme cérébral**.



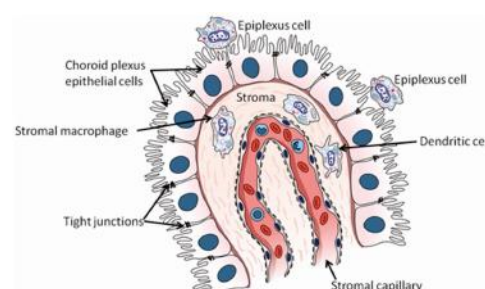
Ci-dessus : Cavité bordée de cellules épendymaires (épendymocytes) en continuité avec le 3^{ème} ventricule. Les épendymocytes sont en continuité avec différents types de tanocytes qui bordent le 3^{ème} ventricule. On observe les prolongements au pôle basal des tanocytes qui s'enfoncent dans le parenchyme (sur les côtés du schéma) et d'autres (en bas du schéma) qui entrent en contact avec les capillaires.

Épendymocytes des plexus choroïdes

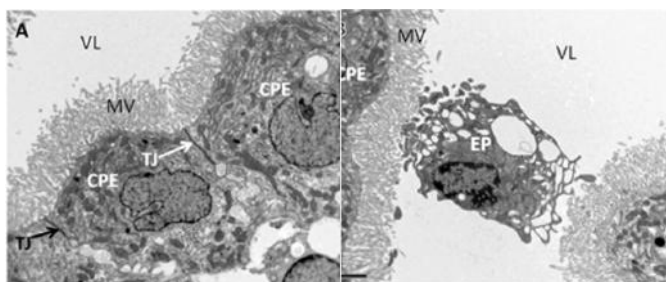
Comme leur nom l'indique ils recouvrent la **surface** des **plexus choroïdes**. Ils sont de forme **cubique** et présentent à leur **pôle apical** de très **nombreuses microvillosités**. Au **pôle basal** ils ont de nombreux **replis** et établissent des **contacts étroits** avec les **capillaires fenêtrés** présents dans l'**axe des villosités choroïdiennes**.

Parmi leurs autres fonctions on retrouve :

- **Sécrétion** du **LCS** et de ses **constituants**
- Formation de la **barrière sang-LCS**.



Ci-contre : l'axe de la villosité qui comporte un capillaire lui-même renfermant des globules rouges et blancs. En périphérie se trouvent les épendymocytes des plexus choroïdes avec leurs microvillosités au pôle apical



photos en ME mettant en évidence les microvillosités apicales et les jonctions inter-cellulaires

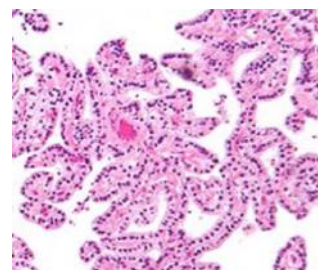


photo en MO mettant en évidence l'alignement des cellules qui bordent les cavités

RECAP DU PROF

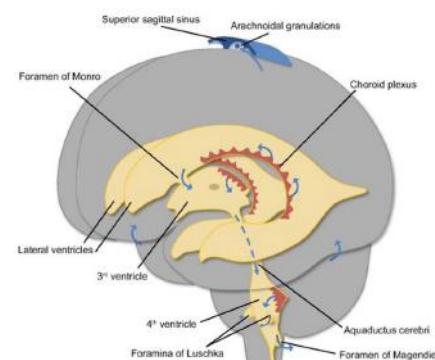
CELLULE	EPENDYMOCYTE	TANYCYTE	CELLULE ÉPITHÉLIALE CHOROÏDIENNE
FONCTION	<ul style="list-style-type: none"> • Aide à la circulation du LCR par battement ciliaire • Absorbe le LCR par les microvillosités 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte les substances chimiques du LCR vers le système porte hypophysaire • Rôle dans le contrôle de la production d'hormones par l'hypophyse antérieure 	<ul style="list-style-type: none"> • Production et sécrétion de LCR à partir du plexus choroïde

PLEXUS CHOROÏDES ET LIQUIDE CÉRÉBROSPINAL

Les plexus choroïdes correspondent à des structures **richement vascularisées** issues de la **paroi** des **ventricules** et **synthétisent** la **majorité** du **liquide cérébrospinal**.

Ces plexus choroïdes sont formés de **villosités** qui présentent un **axe central** formé de **tissu conjonctif lâche** qui contient un **système** ramifié de **vaisseaux capillaires fenêtrés**. Ils sont revêtus d'un **épithélium cubique simple**.

Ci-contre : en gris le SNC et en jaune les différentes cavités (ventricules)



Les plexus choroïdes participent à la **formation** de la **barrière** entre le **sang** et le **LCR/LCS** qui est **plus perméable** que la **barrière hémato-encéphalique**. Cette barrière est composée de :

- L'**endothélium** capillaire fenêtré
- La **membrane basale** continue de l'**endothélium capillaire**
- La **membrane basale** continue des **cellules épithéliales choroïdiennes**
- **Cellules épithéliales choroïdiennes** avec des **jonctions serrées**

cf. schéma plus haut des épendymocytes des plexus choroïdes

Cette barrière intervient dans la **protection** du **parenchyme** cérébral contre de potentielles **substances sanguines nocives**. Mais elle intervient aussi dans le **transport sélectif** de **substances** depuis le sang par un **système de transport spécialisé**.

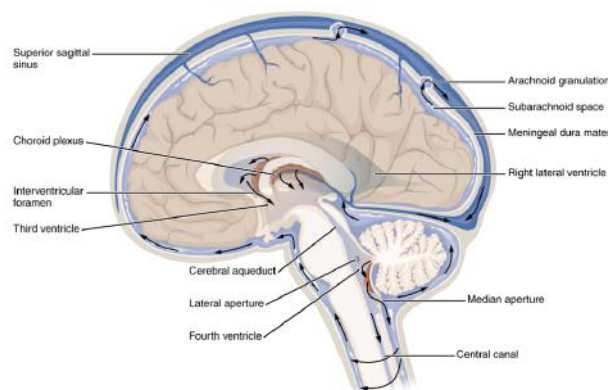
Le **LCR** (ou LCS) est synthétisé principalement par les **cellules épithéliales** des **plexus choroïdes**. Cette synthèse se fait à **partir du sang** via la **sécrétion active** d'ions Na^+ dans la cavité (où se trouve le LCR) et le **passage passif** d'**eau** depuis les capillaires à **travers les plexus choroïdes**.

Le LCR est contenu dans les **cavités ventriculaires**, le **canal rachidien** et l'**espace sous arachnoïdien**. C'est un liquide **clair, incolore**, composé en grande **majorité (99%) d'eau**, de **lymphocytes (3-5 lymphocytes/cm³)** et sa production est de l'ordre d'**1/2 litre par 24h**.

Il possède un **débit de production constant**. Ainsi, il est **réabsorbé** par le **système veineux** au niveau du **sinus sagittal supérieur** à partir de l'**espace sous-arachnoïdien** par l'intermédiaire des **villosités arachnoïdiennes** (granulations de Pacchioni).

Il a des fonctions multiples :

- **Mécanique** : **protection** via l'**amortissement** des déplacements du cerveau.
- **Métabolique** : permet un **apport énergétique** au diverses structures, l'**évacuation** de différents **métabolites** produits par le cerveau grâce à son **renouvellement rapide** ainsi que le **transport d'hormones**.



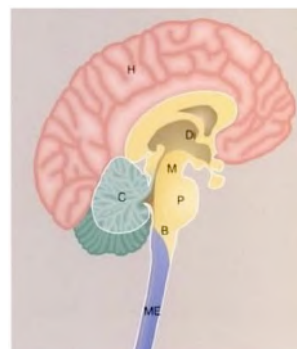
PARENCHYME NERVEUX

Dans cette partie il s'agira de décrire l'organisation du tissu nerveux

SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

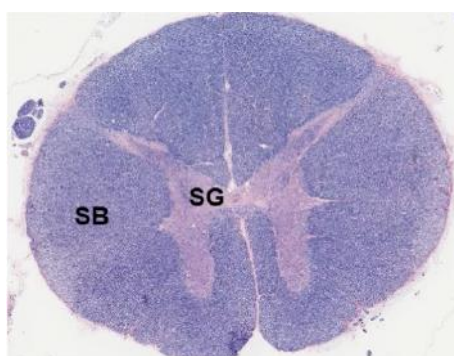
L'organisation du tissu nerveux au sein du SNC permet de distinguer :

- **Moelle épinière** ou **moelle spinale**
 - **Tronc cérébral**
 - **Cervelet**
 - **Cerveau**
- } **Encéphale**



H : hémisphères cérébraux
Di : diencephale
M : mésencéphale
P : protubérance annulaire = pont
B : bulbe rachidien
C : cervelet
ME : moelle épinière

On va détailler dans la suite chaque structure du schéma ci-contre

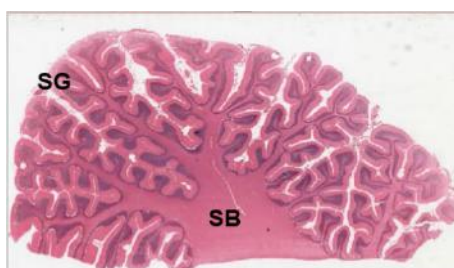


Le SNC est caractérisé par la présence de zones de **substance grise (SG)** et de **substance blanche (SB)**.

La substance grise :

- Est constituée principalement de **cellules gliales** et de **Corps cellulaires neuronaux**
- Renferme les **synapses** du SNC

→ c'est le siège **d'intégration** des **informations**



La substance blanche :

- Est constituée principalement d'**axones myélinisés** et de **cellules gliales**
- Doit son nom à la présence de la **myéline** qui est de couleur **blanche** dans les tissus frais
- Est **dépourvue de synapses**

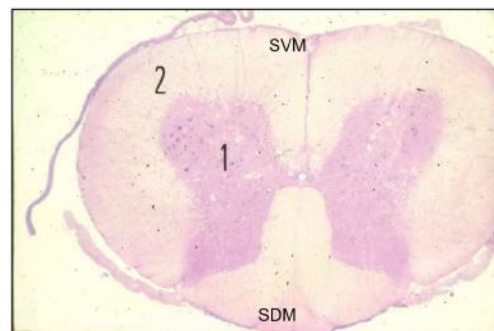
→ c'est le siège de la **conduction** des informations.

La **distribution** de la substance grise et de la substance blanche **varie** selon les régions du SNC. En effet, dans la **moelle épinière** la SG est **centrale** (*forme de papillon*) et la SB est **périphérique** tandis que dans l'**encéphale** la SG est **périphérique** et la SB est **centrale**.

Le SNC est entouré par les **méninges** et il est le siège d'une **vascularisation importante** surtout dans la **SG**.

Dans la substance grise les corps cellulaires neuronaux se regroupent pour former **trois types** de structures :

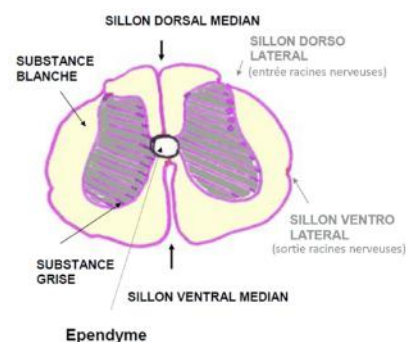
- Les **cortex** : situés en **périphérie** des **lobes** du **cerveau** et du **cervelet**. Ils s'organisent en **couches**.
- Les **noyaux** : situés en **profondeur** de l'**encéphale** et du **tronc cérébral** constituent des **espaces tridimensionnels** ayant la forme d'un **noyau** au sein desquels les **neurones** ont une **organisation stricte** et **spécifique**.
- Les **cornes** : sont des **regroupements** retrouvés par exemple dans la **SG** de la **moelle épinière**.



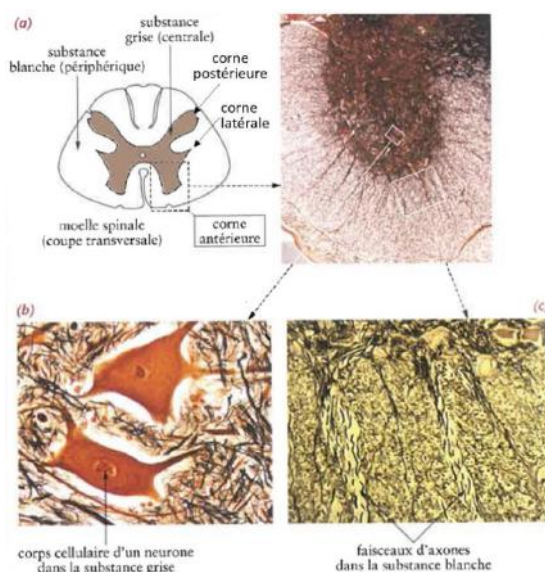
micrographie transversale de la moelle spinale :
SG centrale (1) ; SB périphérique (2)

Lorsqu'on observe une coupe **transversale** de moelle il faut être attentif à l'orientation. Ainsi, on localise différentes **structures** :

- Le **sillon ventral médian** (SVM) qui est très profond
- Le **sillon dorsal médian** (SDM) beaucoup plus petit
- Deux **sillons latéraux** sont également observables :
 - Un sillon **dorsolatéral**, où se fait l'**entrée** des **racines nerveuses dorsales** (postérieures) **sensitives**
 - Un sillon **ventrolatéral**, par lequel se fait la **sortie** des **racines nerveuses ventrales** (antérieures) **motrices**



Le canal central appelé **canal de l'épendyme** est bordé de cellules **épendymaires** et contient le **liquide cébrospinal**.



Sur une coupe transversale, la substance grise centrale est en forme **d'ailes de papillon** et contient les **corps cellulaires** des **neurones moteurs** et **sensitifs**.

- Dans les cornes **ventrales** (antérieures) on retrouve de **volumineux corps cellulaires** de neurones **moteurs** (motoneurones)
- Dans les cornes **dorsales** (postérieures) se trouvent de **petits neurones sensitifs** (interneurones)
- Dans les cornes **latérales** se trouvent des neurones **sympathiques efférents préganglionnaires** (dorsal, lombaire supérieur)

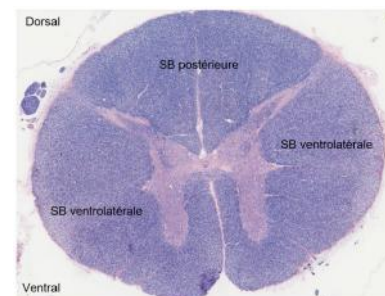
À noter : le volume de SG est **plus important** dans les régions **cervicales** et **lombaires** à cause de l'**innervation** motrice et sensitive des **membres** (*en effet il y aura une concentration de fibres à destination des membres à ces niveaux*).

Moelle épinière (spinale)

La substance blanche est **périphérique**, **postérieure** et **ventrolatérale**. Elles contiennent différents types de fibres :

- SB postérieure : **fibres ascendantes sensibles**
- SB centrolatérale : **fibres ascendantes sensibles** et **descendantes motrices**

Le volume de SB **augmente** depuis la région **sacrée** jusqu'à la région **cervicale** à cause de l'**augmentation** du nombre de **fibres entrant** et **sortant** de la **moelle épinière**.



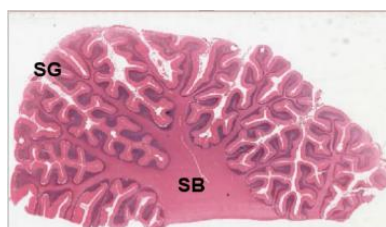
Tronc cérébral

Il est formé du **bulbe** (qui assure la liaison avec la moelle) et de la **protubérance annulaire**.

La substance blanche est **centrale** et **majoritaire**. Elle représente la zone de **passage** des fibres **axonales ascendantes** et **descendantes**. Ces fibres sont **longitudinales** au niveau du **bulbe** (partie inférieure du TC) et **longitudinales et transversales** au niveau de la **protubérance** (partie moyenne du TC).

La substance grise est **périphérique** et les **corps cellulaires** des neurones sont regroupés en **noyaux**.

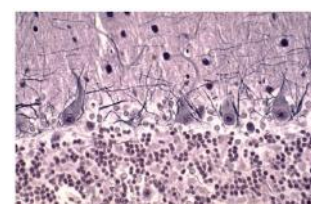
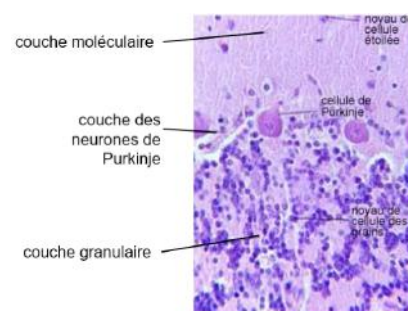
Cervelet



Il est constitué d'une partie **centrale** appelée **vermis** et de **deux hémisphères** au niveau desquels la SG périphérique forme un **cortex** réalisant des **circonvolutions ramifiées, foliées (en forme de feuilles)**. La SB médullaire est **centrale**.

Le **cortex cérébelleux** comprend **3 couches** :

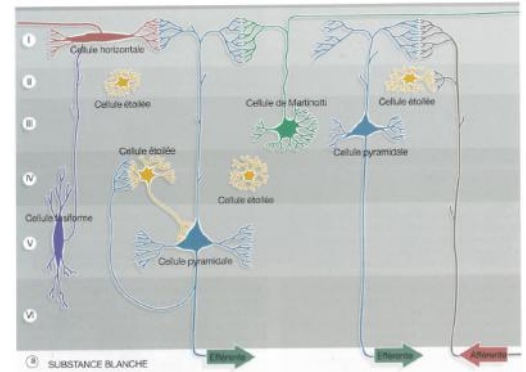
- **Couche externe** ou **couche moléculaire** : elle est **faiblement cellulaire** et contient surtout les **dendrites** des **neurones de Purkinje**
- **Couche intermédiaire** ou **couche des neurones/cellules de Purkinje** : contient des corps cellulaires **volumineux** avec de **nombreuses dendrites** se **ramifiant** dans la **couche moléculaire**. L'axone descend dans la SB en **traversant** la **couche granulaire interne**
- **Couche interne** ou **couche granulaire** : contient des neurones de **petite taille** avec de **petites dendrites** et dont les axones remontent dans couche moléculaire et font synapse avec les dendrites des neurones de Purkinje



Cerveau

Le cerveau comprend **deux hémisphères** au niveau desquels la SG périphérique est appelée **cortex cérébral** et contient **six couches superposées**. Chez mammifères il est appelé **néocortex**. Ce cortex présente des **sillons** et des **circonvolutions en surface**. On y trouve **cinq types morphologiques** de neurones dont les principaux sont les **cellules pyramidales** et les **cellules étoilées**. Chez les et contient **six couches superposées**.

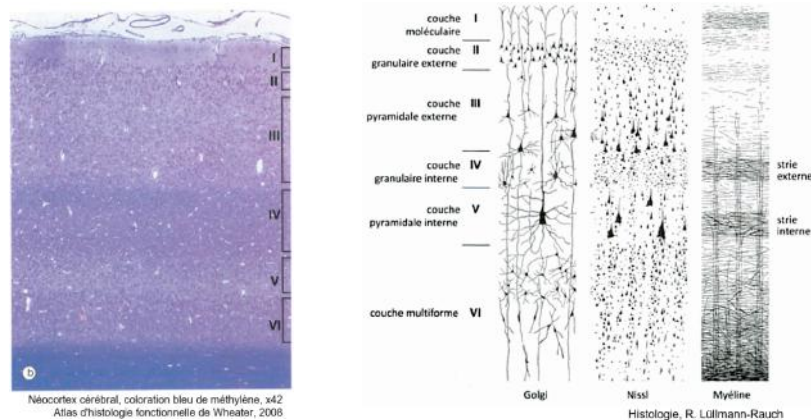
La SB est centrale et contient des fibres **axonales afférentes** et **efférentes** au cortex.



Ci-dessus, est illustrée très schématiquement l'organisation en six couches du cortex cérébral :

- I = couche **plexiforme** ou **moléculaire** : contient **peu** de **neurones** mais de **nombreuses fibres axonales** et **dendritiques**
- II = couche **granulaire externe** : contient une population **dense** de **cellules étoilées** et de **petites cellules pyramidales**
- III = couche **pyramidale externe** : contient surtout des **cellules pyramidales de taille moyenne**
- IV = couche **granulaire interne** : contient une population **très dense** de **cellules étoilées**
- V = couche **pyramidale interne** : contient surtout de **grandes cellules pyramidales**
- VI = couche **multiforme** : contient un **mélange** de **neurones de petite taille**

Ci-dessous : on peut comparer à gauche une micrographie prise en microscopie optique du néocortex cérébral avec une coloration au bleu de méthylène et à droite une illustration qui vous permet de replacer les différentes couches et ce qu'elles contiennent.



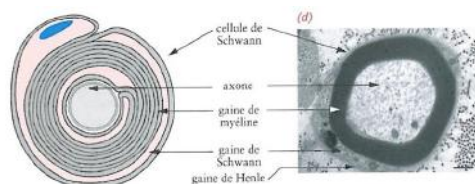
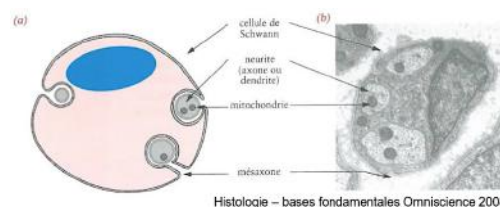
SYSTÈME NERVEUX PÉRIPHÉRIQUE

Dans le système nerveux périphérique le tissu nerveux est organisé en **nerfs** et **ganglions nerveux**. Il permet la **communication** entre le **système nerveux central** et les **organes** et **tissus de l'organisme**. Les nerfs périphériques sont représentés par les **nerfs crâniens** et **spinaux**. Ils sont constitués de faisceaux de fibres nerveuses **myélinisées** ou **amyéliniques** et de **tissu conjonctif**. On trouve des fibres **afférentes** ou **efférentes** du système nerveux **somatique** ou **autonome**.

Les ganglions nerveux **sensitifs** et **autonomes** sont des **regroupements** de **neurones en dehors** du SNC. Ils contiennent aussi des **cellules gliales** appelées **cellules gliales satellites**.

Fibres nerveuses myéliniques et amyéliniques

Les fibres nerveuses **amyéliniques** sont formées d'**un ou plusieurs** axones logés dans les **gouttières** d'**une** cellule de Schwann.

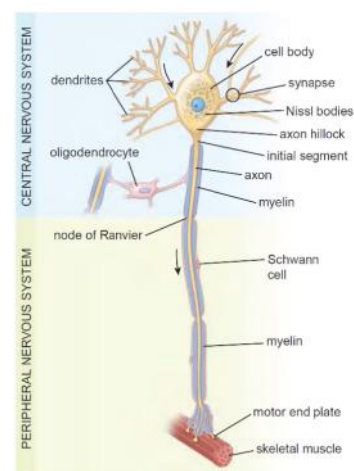


Dans les fibres nerveuses **myélinisées** un **unique** axone est entouré par un **enroulement** de la **membrane plasmique** de la cellule de Schwann formant une **gaine de myéline** de nature **phospholipidique**.

Comme dans le SNC, cette gaine est **interrompue** au niveau des **nœuds de Ranvier**. **Une seule** cellule de Schwann entoure **un seul segment internodal** de l'axone. Elle **augmente** la **vitesse de conduction** de l'**influx nerveux** par rapport aux fibres **amyéliniques** de même calibre.

Rappel sur les fibres nerveuses myélinisées du SNC : un oligodendrocyte peut **myéliniser plusieurs segments internodaux** sur **plusieurs axones** et le **corps cellulaire** de l'oligodendrocyte n'est **pas étroitement associé** à la **gaine de myéline**.

Attention à bien **différencier** l'organisation du SNC de celle du SNP !



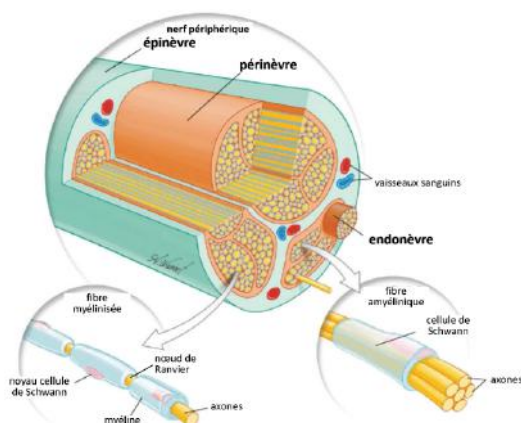
Nerfs périphériques

Les nerfs périphériques comprennent **trois gaines** de **tissu conjonctif** :

- L'**épinèvre** (E) est la plus périphérique : **recouvre l'intégralité du nerf**
- Le **périnèvre** (P) : **sépare** les axones en **faisceaux** (F)
- L'**endonèvre** la plus interne : entoure les **axones** et les **cellules de Schwann**



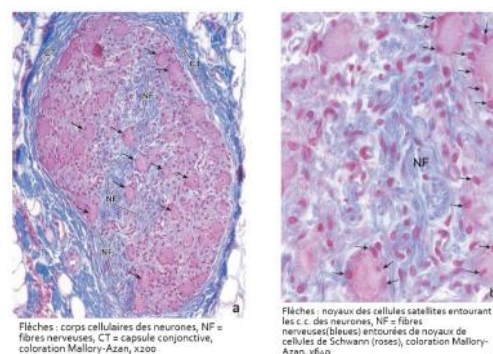
V : vaisseaux sanguins



Ganglions nerveux

Les ganglions nerveux sont entourés par une **capsule conjonctive**. Ils contiennent de **petits amas** de **corps cellulaires** appelés **cellules ganglionnaires** situés **en dehors** du système nerveux central. Les cellules ganglionnaires sont entourés par des **cellules gliales satellites**.

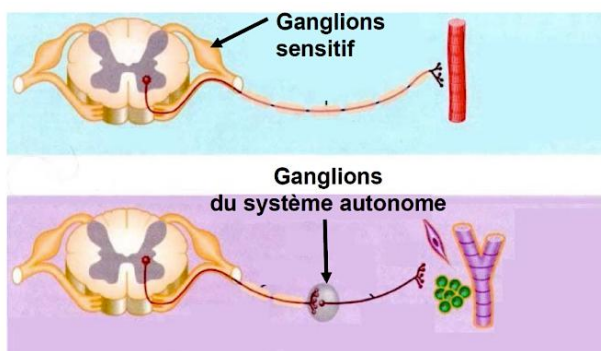
Ci-contre : deux micrographies prises au microscope optique à différents grossissements



Flèches : corps cellulaires des neurones, NF = fibres nerveuses, CT = capsule conjonctive, coloration Mallory-Azan, x200

Flèches : noyaux des cellules satellites entourant les c.c. des neurones, NF = fibres nerveuses (bleues) entourées de noyaux de cellules de Schwann (roses), coloration Mallory-Azan, x400

On peut distinguer les **ganglions spinaux** et les **ganglions autonomes**.



Les ganglions **spinaux** :

- Sont situés au niveau des **racines dorsales** (postérieures) de la moelle épinière
- Contiennent les **corps cellulaires** des neurones **sensitifs primaires, pseudo unipolaires**.

Les ganglions **autonomes sympathiques** et **parasympathiques** :

- Sont situés à proximité des **organes effecteurs** au sein de ce qu'on appelle des **plexus**
- Contiennent des **neurones multipolaires**

PARENCHYME NERVEUX : RÉSUMÉ

En résumé, l'organisation du tissu nerveux est **différente** dans le système nerveux **central** et le système nerveux **périphérique**. Le système nerveux central contient des zones de substance grise dont le rôle principal est **l'intégration** des informations et de substance blanche dont le rôle principal est la **conduction** des informations. La distribution des substances grise et blanche est **variable** selon les régions du système nerveux central. Dans la substance grise, les corps cellulaires neuronaux peuvent former différents types de **structures** : **cortex, noyaux, cornes**.

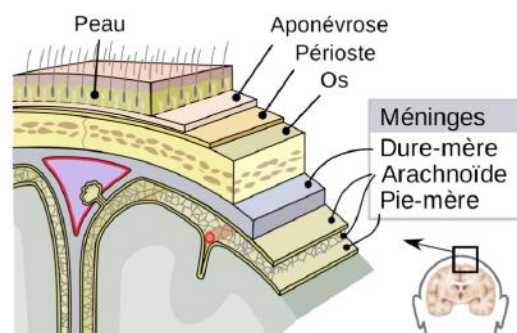
Le système nerveux **périphérique** contient des **nerfs** et des **ganglions** nerveux. Les nerfs périphériques contiennent des fibres nerveuses **myélinisées** ou **amyéliniques**. Et les ganglions contiennent des **neurones** situés **en dehors** du système nerveux central et des **cellules gliales satellites**.

LES MÉNINGES

GÉNÉRALITÉS

Les méninges correspondent au **tissu recouvrant** le **cerveau** et la **moelle épinière**. Elles assurent les rôles de **protection** et de **stabilisation** de ces structures. On distingue **trois couches méningées** :

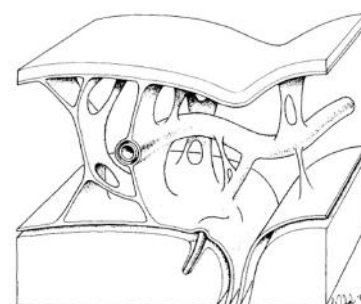
- Une couche correspondant à la **pachyméninge** qui est d'origine **mésoblastique** : la **dure-mère**
- Deux couches regroupées au sein de ce qu'on appelle **leptoméninge** qui est d'origine **ectoblastique** : l'**arachnoïde** et la **pie-mère**



Ci-dessus : une coupe frontale avec à la partie supérieure le revêtement cutané sous lequel on observe l'aponévrose, le périoste puis l'os et enfin, les 3 couches de méninges. On peut visualiser l'espace sous arachnoïdien contenant des vaisseaux

Il existe entre ces différentes membranes des espaces :

- **L'espace sous arachnoïdien** : localisée **entre** la **pie-mère** et l'**arachnoïde**. Des **veines** sont présentes et traversent ce territoire. C'est le cas, par exemple, des **veines cérébrales**.
- **L'espace sous-dural** est localisé **entre** l'**arachnoïde** et la **dure-mère**.
- **L'espace péri-dural** ou **épidural** est localisé **entre** la **dure-mère** et le **canal vertébral** au sein de la colonne vertébrale.



Ci-dessus : les différentes couches méningées avec en haut la dure-mère, en bas la pie-mère et au milieu l'arachnoïde et l'espace sous-arachnoïdien traversé par une structure vasculaire

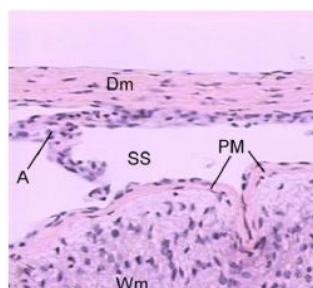
DURE-MÈRE

La dure-mère correspond à un **tissu conjonctif dense** qui contient :

- Des **fibres de collagène**
 - De l'**élastine**
 - Des **cellules** tels que des **fibroblastes**
 - Des **sinus veineux**
 - Des **nerfs**
 - Des **lymphatiques**
- Au niveau du **crâne** : la dure-mère se confond avec le **périoste**. Elle est traversée par les **villosités arachnoïdiennes** qui assurent la **résorption** du **liquide cérobrospinal**. Elle est **séparée** de l'**arachnoïde** par un **espace virtuel** : l'**espace sous-dural**. Elle est composée de **deux couches** ou **lamelles** qui délimitent l'**espace épidual**. Les **sinus veineux duraux** ou **sinus cérébraux**, sont localisés **entre** les **deux couches**. Ils reçoivent le **sang** des **veines cérébrales**.
 - Au niveau du **canal vertébral** : la dure-mère est **séparée** du **périoste** par l'**espace épidual**. À ce niveau, l'espace épidual est rempli de **tissu fibro-adipeux** très **vascularisé**. Au niveau de la moelle épinière elle constitue le **sac dural** qui s'organise en **une seule couche**.



photographie macroscopique : dure-mère découpée et repliée par une pince → c'est une membrane relativement épaisse et fibreuse

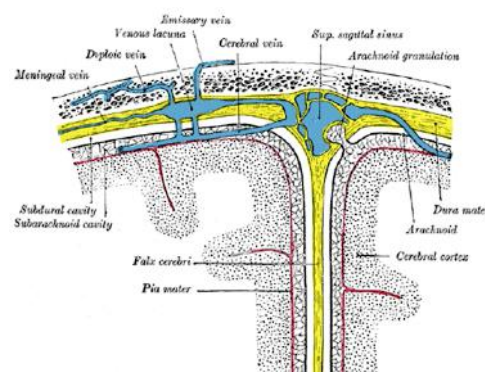


photographie en microscopie optique avec coloration standard : la dure-mère fibreuse englobe quelques éléments cellulaires

Par ailleurs, la dure-mère forme des **cloisons** :

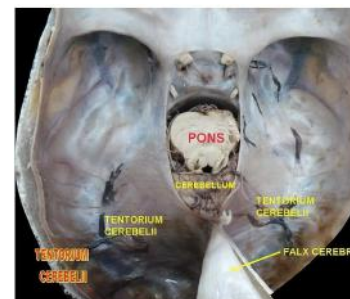
- La **tente** du **cervelet**
- La **faux** du **cerveau**
- La **faux** du **cervelet**
- La **tente** de l'**hypophyse**

Ci-contre : La dure-mère colorée en jaune et elle est traversée par des sinus schématisés en bleu qui correspondent à des cavités vasculaires veineuses drainant une partie des veines cérébrales.



Décrivons plus en détail chacune des **cloisons** formées par la **dure-mère** :

- La **tente du cervelet** délimite **deux loges** : une loge **cérébrale** qui correspond au territoire des **lobes occipitaux** du **cerveau** et une loge **cérébelleuse** qui comporte le **cervelet** et le **tronc cérébral** (*imaginez une cloison entre l'arrière du cerveau et l'ensemble cervelet/TC*)
- La **faux du cerveau** sépare **sagittalement** les deux **hémisphères cérébraux** au niveau de la **scissure inter-hémisphérique** longitudinale
- La **faux du cervelet** sépare les deux **hémisphères cérébelleux**
- La **tente de l'hypophyse** recouvre la **selle turcique**. Elle est **étendue** entre les **apophyses clinoides antérieur** et **postérieur** et elle est **perforée** pour permettre le **passage** de la **tige pituitaire** et des **veines hypophysaires** (*elle est difficile à visualiser quand on n'a pas fait d'anat donc je vous ai ajouté le schéma ci-contre pour vous aider*)



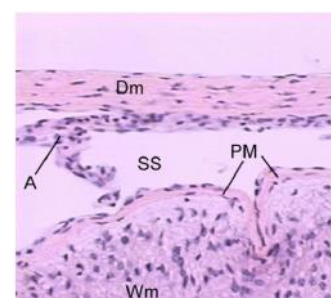
ARACHNOÏDE

L'arachnoïde correspond à une **couche fibreuse avasculaire** dont le nom provient du fait qu'elle présente une apparence de **fine toile d'araignée**. Ses fibres s'étendent **vers le bas** à **travers l'espace sous-arachnoïdien** jusqu'à se **fixer** à la **pie-mère**. L'arachnoïde ne tapisse **pas** le **cerveau** dans les **sillons** contrairement à la **pie-mère** **sauf** au niveau de la **faux du cerveau** (*cf. schéma des méninges ci-dessus*).

L'espace sous-arachnoïdien est localisé entre la **pie-mère** et l'**arachnoïde** et en son sein il y a formation de **citernes** contenant des **vaisseaux sanguins** issus du **système nerveux central**. Les **espaces** sont remplis de **liquide céphalo-rachidien**.

Les **villosités arachnoïdiennes** réalisent de petites **protubérances** qui traversent la **dure-mère** et atteignent les **sinus veineux** du **cerveau** afin de permettre au **LCR** de **sortir** de l'espace sous-arachnoïdien de manière à **entrer** dans la **circulation sanguine**.

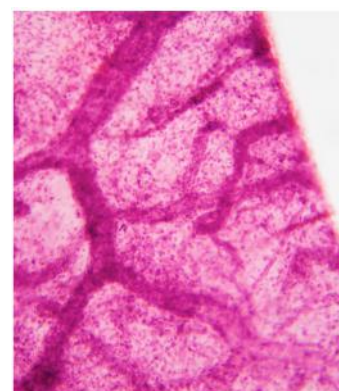
Ci-contre : photo en microscopie optique en coloration standard. La **dure-mère** en haut et la **pie-mère** en bas. L'**arachnoïde** au centre présente des **projections** qui se **fixent** à la **pie-mère** en traversant l'**espace sous-arachnoïdien**.



PIE-MÈRE

Elle correspond à une enveloppe méningée **mince, translucide** qui réalise un **maillage** couvrant la **quasi-totalité** de la **surface** du **cerveau**. Elle adhère **intimement** au système nerveux central dont elle **épouse** tous les **replis** (*2P le prof d'anat l'assimilait à une couche de vernis*). Elle est aussi traversée de **vaisseaux sanguins** qui irriguent le **parenchyme cérébral**. Par ailleurs, elle est composée de **fibres de collagène**, de **fibres élastiques** et de quelques **fibroblastes** aplatis. La **pie-mère** est **séparée** des **astrocytes** sous-jacents par une **lame basale**.

Ci-contre : une photo en microscopie optique et en coloration standard illustrant la **pie-mère**. On peut visualiser des **fibroblastes aplatis** qui constituent les **éléments cellulaires** de cette méninge. On peut observer quelques **noyaux** et des **vaisseaux** qui sont plus **denses** et qui réalisent un **maillage** au sein de la **pie-mère**.



LA BARRIÈRE HÉMATO-MÉNINGÉE

La **barrière hémato-méningée** autrement appelée **barrière hémato-encéphalique**, correspond à une barrière **semi-perméable** et **hautement sélective**. Elle assure la **protection** du **cerveau** contre la **circulation** de **substances nocives** du sang. Elle empêche notamment les **solutés** du sang à la **traverser** de manière **non sélective** et de se retrouver au niveau du **liquide extracellulaire** du système nerveux central où résident les **neurones**. Ainsi cette barrière participe au **maintien** d'un **environnement biochimique** et **métabolique stable** pour les neurones (*imaginez la cata si tout et n'importe quoi pouvait s'infiltrer dans votre système nerveux...*)

La **BHE** est composée de :

- Cellules **endothéliales** de la paroi **capillaire** qui sont reliées par de nombreuses **jonctions** et qui ne présentent **pas** de **fenestration** (*protection maximale les gars*)
- **Pieds** des extrémités des **astrocytes** qui enveloppent les capillaires
- **Péricytes** et de la **membrane basale continue** des **capillaires**

On y retrouve deux types de **transports** :

- La diffusion **passive** : permet le passage des éléments **cruciaux** pour la **fonction** neurale. Ceci est valable pour des molécules **essentielles** au **fonctionnement cérébral** mais également pour certains **toxiques**, notamment **l'alcool**.
- Transports **sélectifs** : c'est le cas pour divers **nutriments**, **ions** et **anions organiques** ainsi que pour certaines **macromolécules** comme le **glucose** l'**eau** et les **acides aminés**.



Pour bien apprendre/comprendre ce cours :

- **Visualiser** toutes les structures avec ce qu'elles comprennent, les schémas sont là pour ça ! Donc faites bien attention à l'apparence de chaque structure pour mémoriser sa forme, sa localisation et donc sa fonction !
- Associez la **forme** et les **propriétés** de chaque cellule à sa fonction : par exemple les astrocytes et leurs pieds peri vasculaire -> régulation des échanges -> barrière
- Faites bien attention aux **différences** parfois très subtiles entre SNC et SNP !
- C'est un cours assez particulier donc le **lien** avec d'autres cours est difficile à faire mais dès qu'il est question de **tissus conjonctifs**, d'**épithéliums** vous allez voir que ce n'est que de la logique
- Travaillez sur des **fiches récap** (que je vous sortirai prochainement) pour mieux visualiser l'ensemble du cours et donc mieux l'apprendre

La fiche est complète, je l'ai faite à partir de ma ronéo. C'est juste plus aéré et en couleurs (c'est pour ça que c'est aussi long voir plus) ;) Beaucoup de structures sont importantes à visualiser donc si il y a encore des choses que vous avez du mal à visualiser posez la question sur le forum et je vous joindrai des schémas plus explicatifs ! J'insiste sur ce point parce que la visualisation est une grande part de l'apprentissage du cours +++

Des fiches récap vont sortir sous peu pour réviser plus rapidement le cours ainsi que des DM pour être au top ! Courage, vous pouvez le faire, accrochez-vous, l'histo est avec vous.