



*Service de Biologie
de la Reproduction*



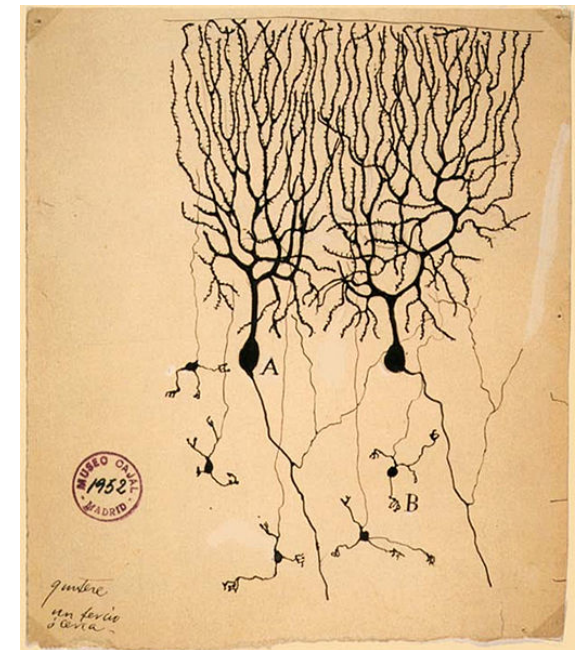
LES NEURONES ET LES TISSUS NERVEUX

Manuel MARK

Institut d'Embryologie

Faculté de Médecine et Hôpital Universitaire de Strasbourg

Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire



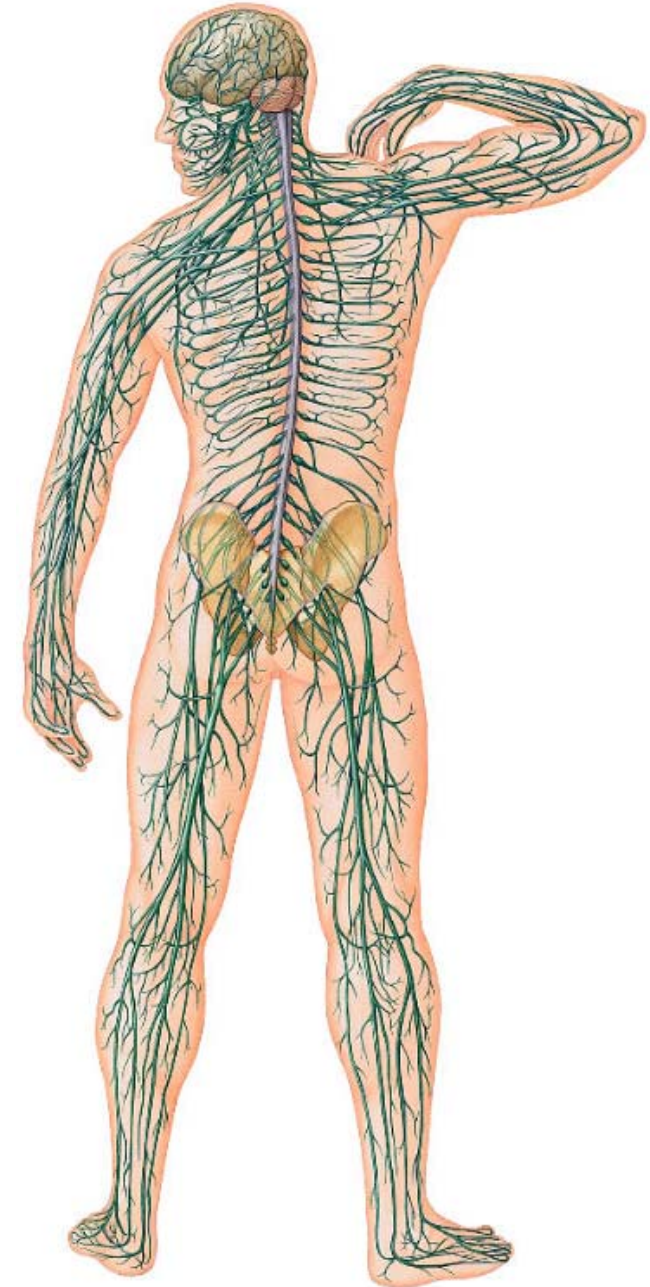
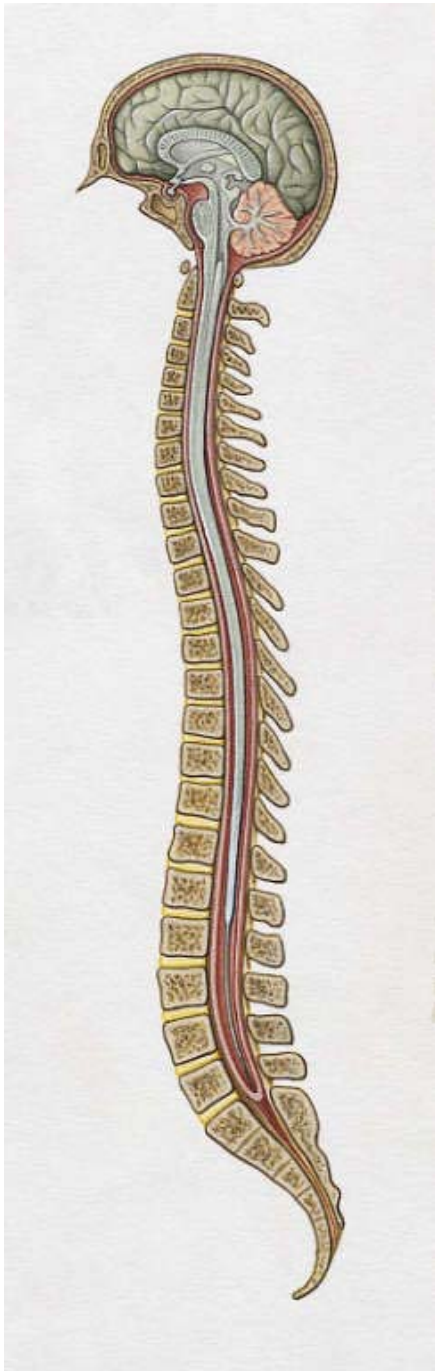
INTRODUCTION

En anatomie:

1. **Système nerveux central (SNC)** = encéphale et la moelle épinière
2. **Système nerveux périphérique (SNP)** = ganglions nerveux et nerfs

En histologie:

Tissus nerveux = les **neurones** (ou cellules nerveuses) et les **cellules gliales**.





*Service de Biologie
de la Reproduction*



LES NEURONES

Manuel MARK

Institut d'Embryologie

Faculté de Médecine et Hôpital Universitaire de Strasbourg

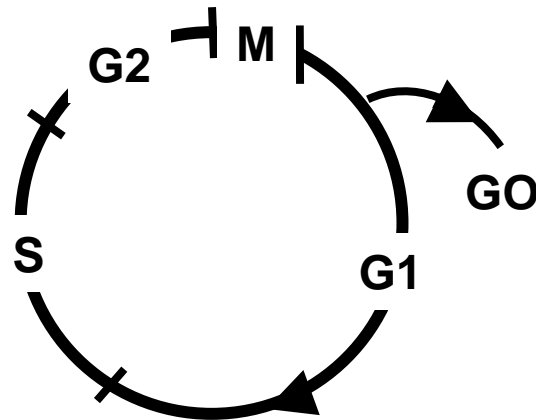
Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire

PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES CARACTÉRISTIQUES DES NEURONES

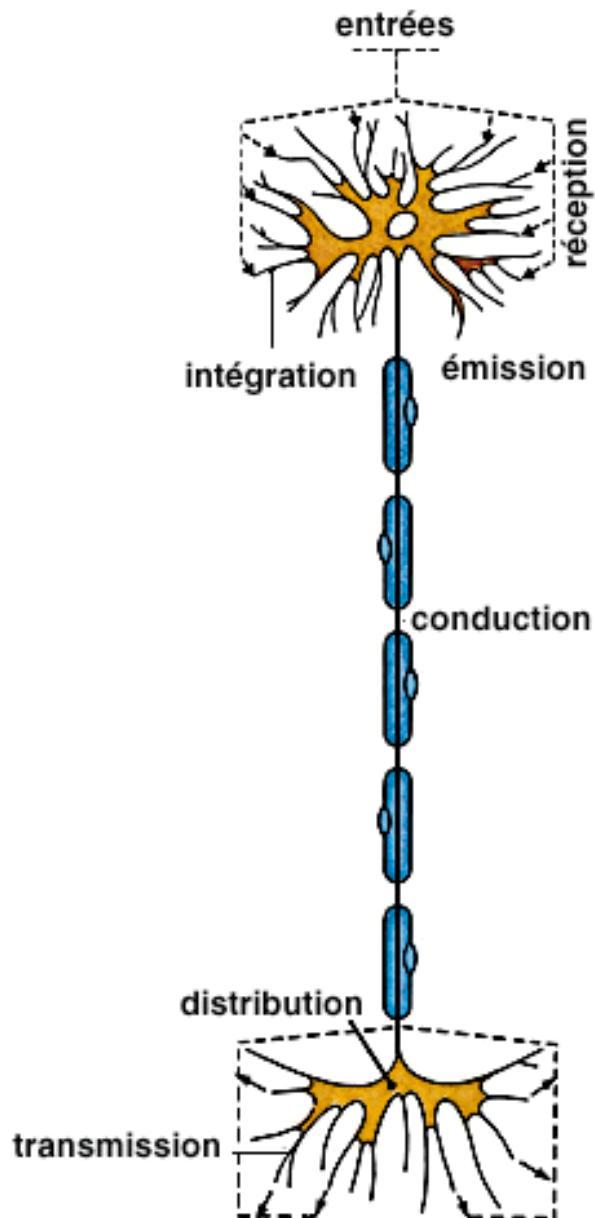
A. Les neurones matures sont post-mitotiques

Les neurones ne se renouvellent pas (sauf cellules neuro-sensorielles olfactives et gustatives). Ils sont **post-mitotiques** avant la naissance.

Il existe cependant dans le cerveau adulte des **cellules souches neuronales** capables de se différencier en neurones (in vitro).



PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES CARACTÉRISTIQUES DES NEURONES

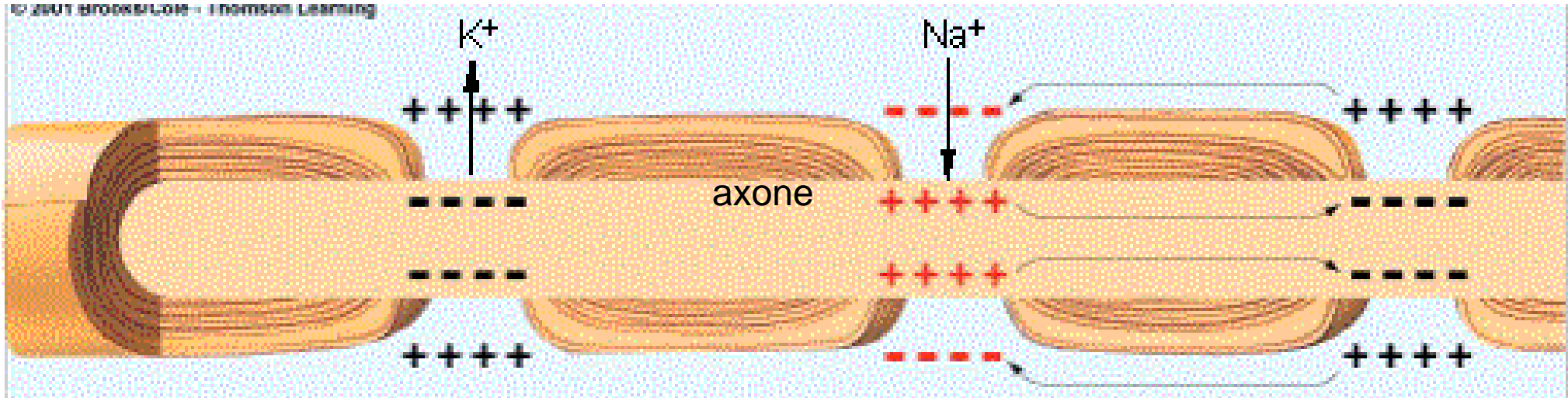


B. Les neurones sont spécialisés dans la communication intercellulaire

- Les neurones:
- reçoivent des informations de plusieurs origines;
 - intègrent (traitent) ces informations;
 - les conduisent;
 - les distribuent;
 - les transmettent à d'autres cellules.

PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES CARACTERISTIQUES DES NEURONES

C. Les neurones produisent des potentiels d'action

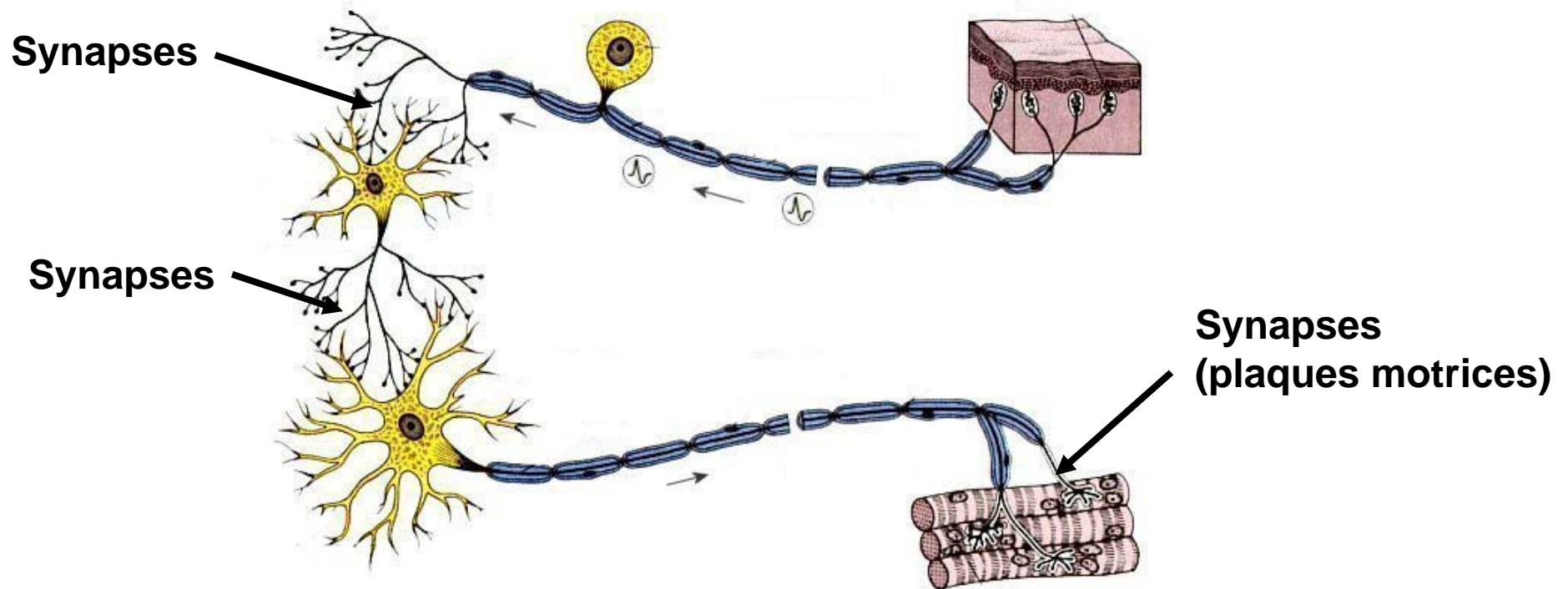


Les neurones (et les cellules cardionectrices) peuvent modifier leur activité électrique transmembranaire et la propager en faisant varier la perméabilité de la membrane plasmique aux ions Na⁺ et K⁺.

- L'activité électrique propagée = **potentiel d'action ou influx nerveux**

PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES CARACTERISTIQUES DES NEURONES

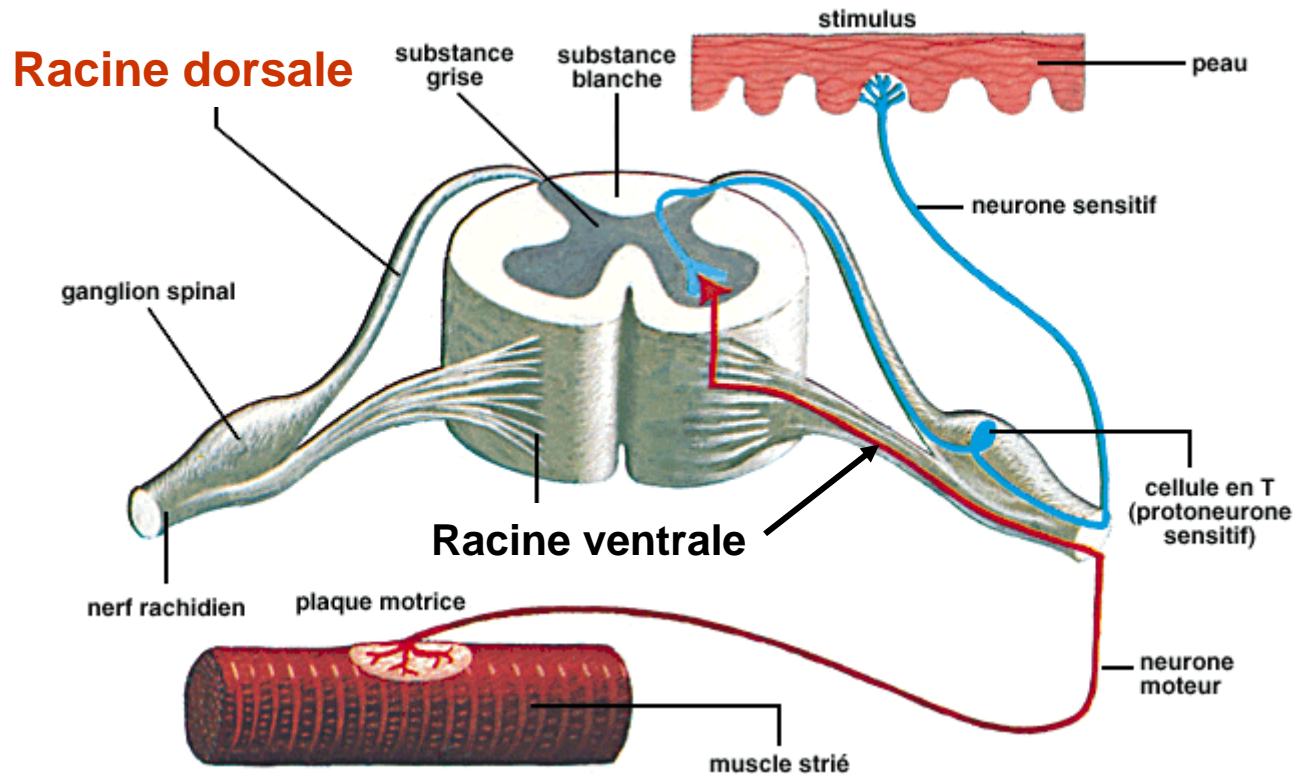
D. Les neurones fonctionnent en réseaux



- Un neurone isolé n'a pas de signification fonctionnelle.
- Les neurones doivent communiquer au niveau de **synapses**, réalisant ainsi des **réseaux neuronaux**.

PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES CARACTERISTIQUES DES NEURONES

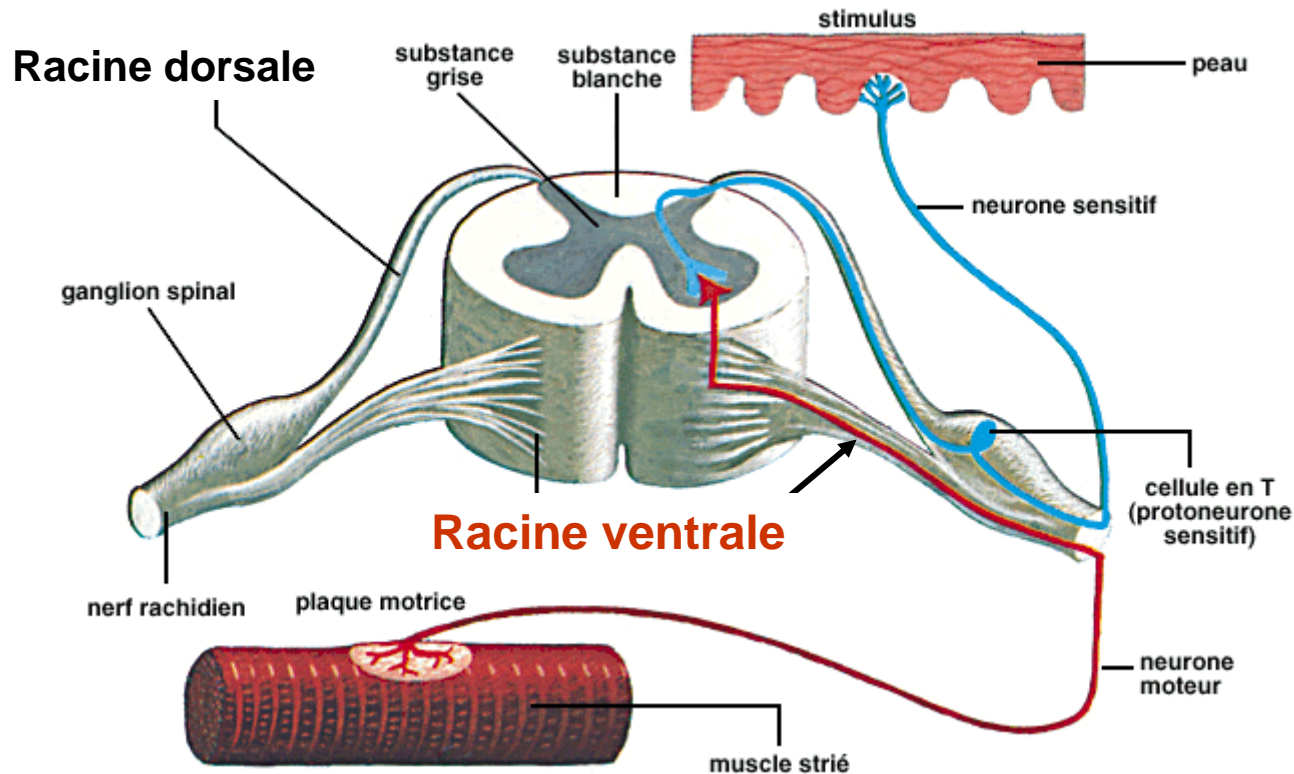
L'arc réflexe simple: un exemple de réseau



Une **information sensitive afférente** (tact, douleur = influx nerveux) véhiculée par le nerf du membre (ex: n. médian), puis par la racine dorsale du n. spinal, est transmise dans la substance grise médullaire à un neurone d'association, puis à un motoneurone alpha.

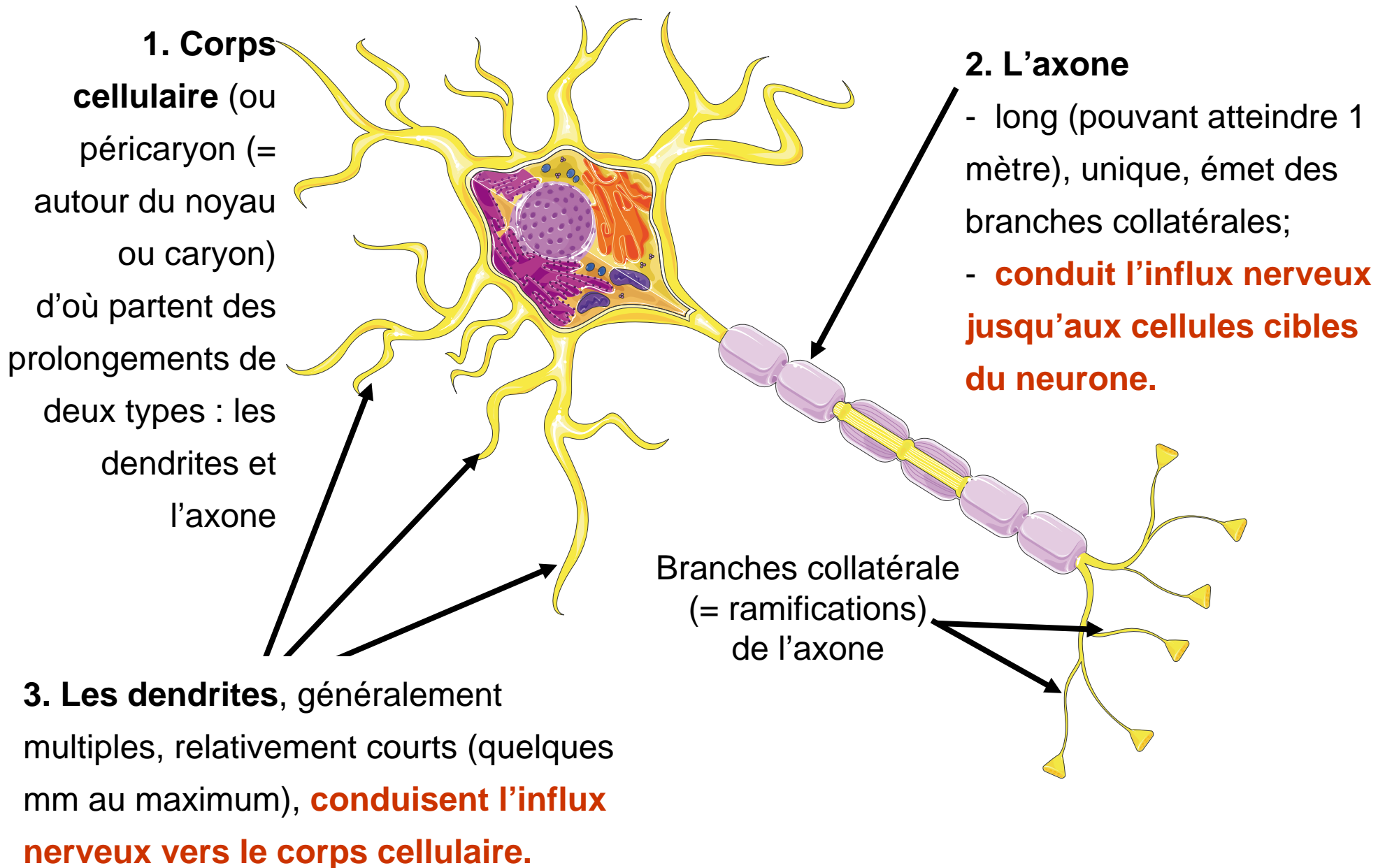
PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES CARACTERISTIQUES DES NEURONES

L'arc réflexe simple: un exemple de réseau



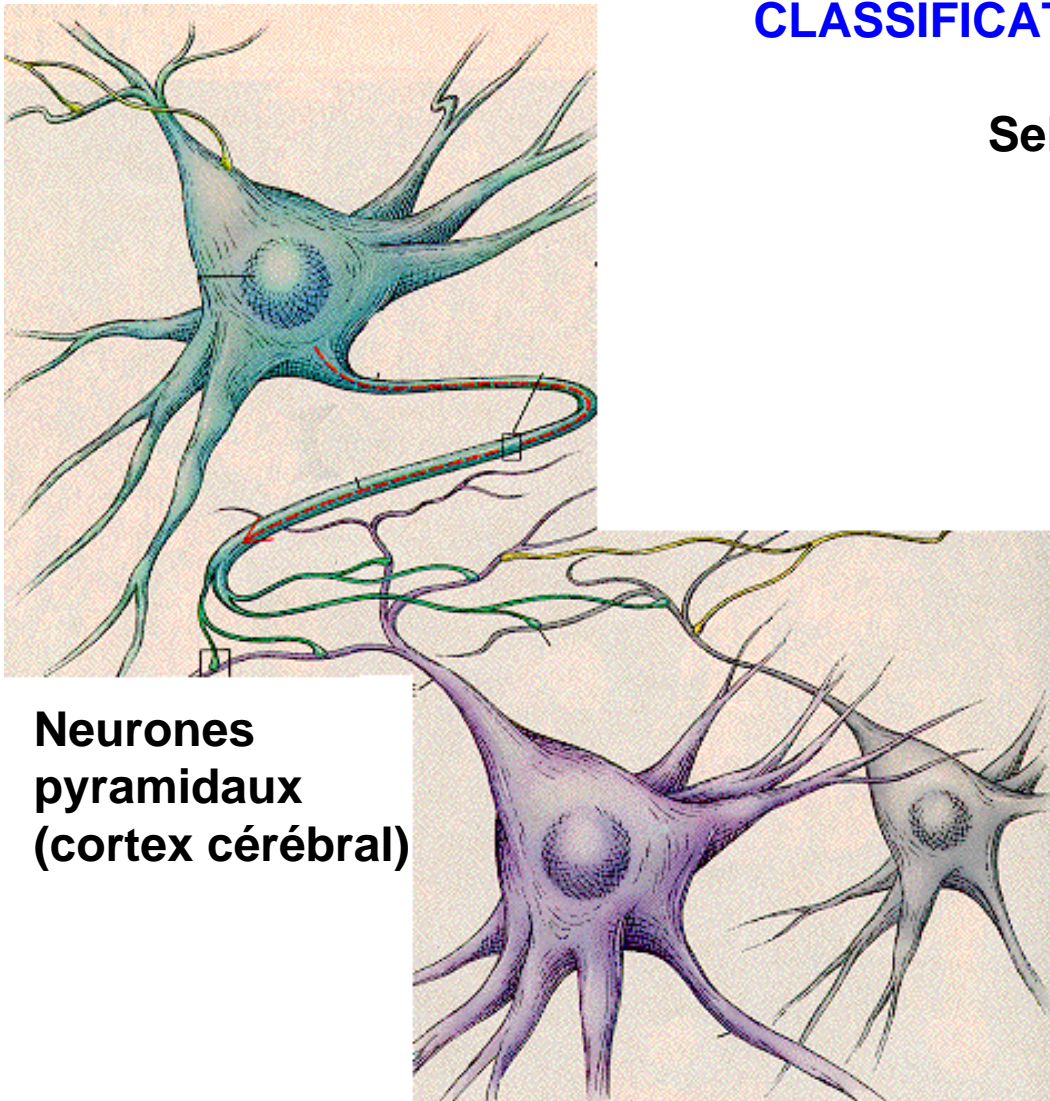
L'influx nerveux moteur efférent chemine dans la racine ventrale du nerf spinal jusqu'à la plaque motrice de la fibre musculaire qui réagit par contraction.

LES CONSTITUANTS CARACTÉRISTIQUES DU NEURONE

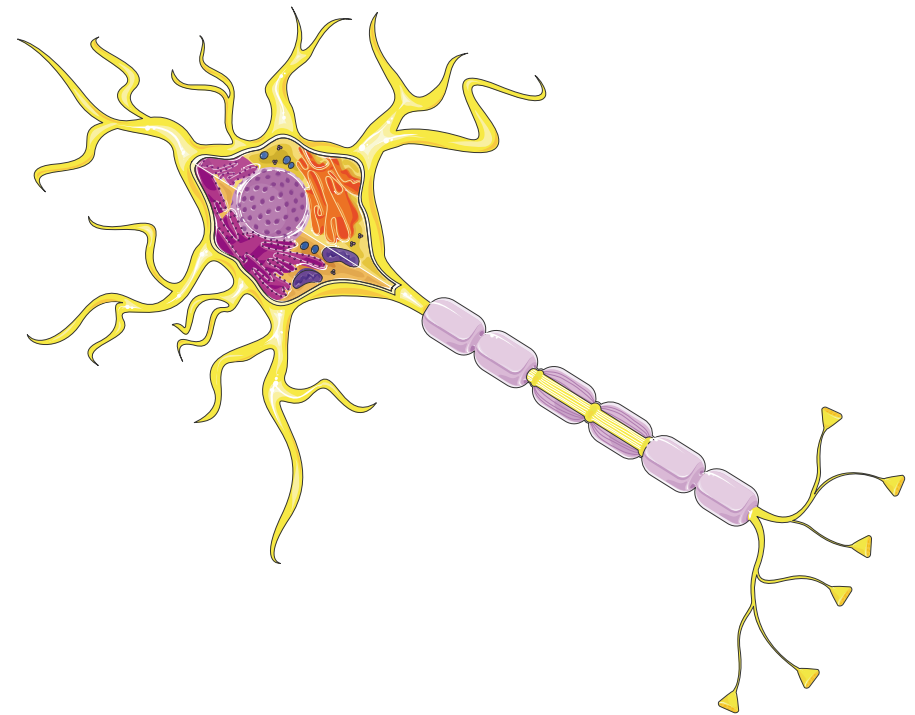


CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

Selon la forme du corps cellulaire



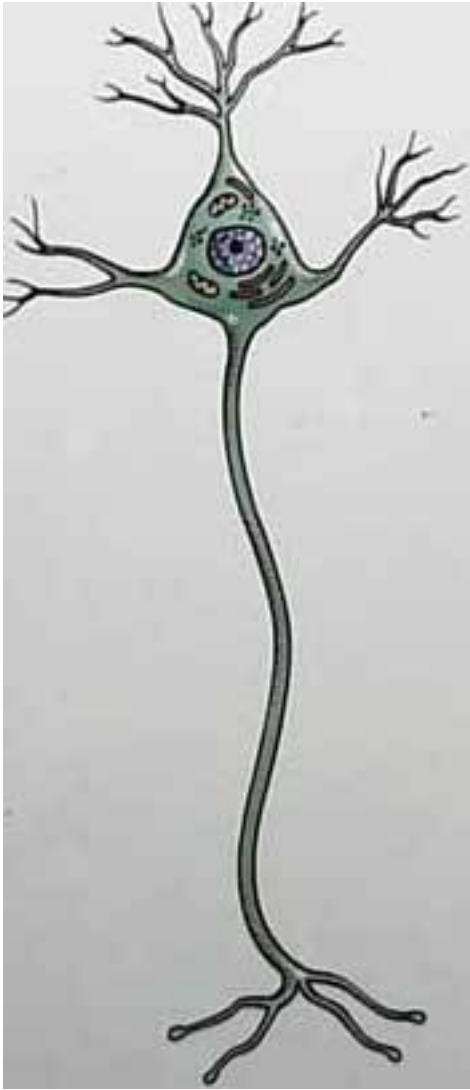
**Neurones
pyramidaux
(cortex cérébral)**



**Neurone polyédrique
(motoneurone alpha des colonnes
ventrales de la moelle épinière)**

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

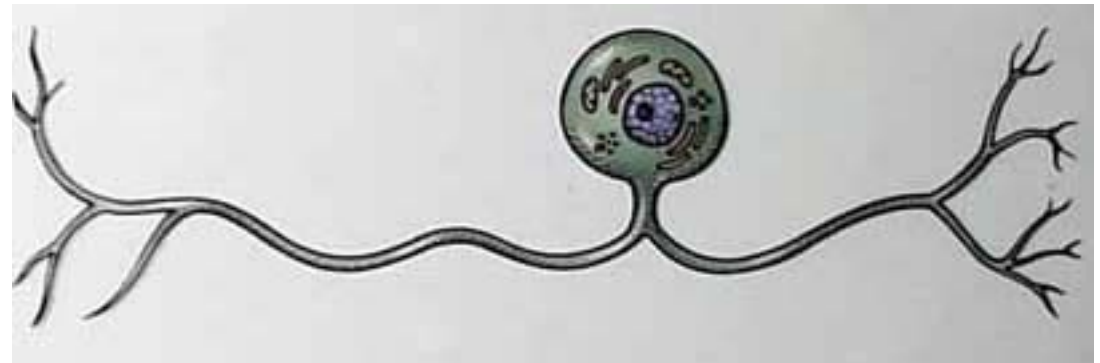
Selon la disposition des prolongements



Neurone multipolaire

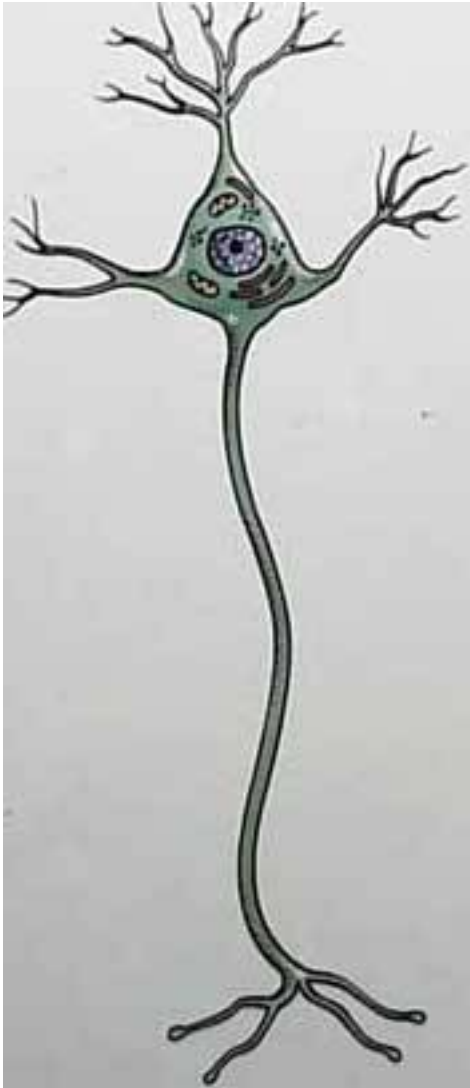


Neurone bipolaire



Neurone pseudo-unipolaire

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES



Selon la disposition des prolongements

Neurones multipolaires:

- Prolongements multiples : un axone, de nombreux dendrites.
- Représentent la majorité des neurones

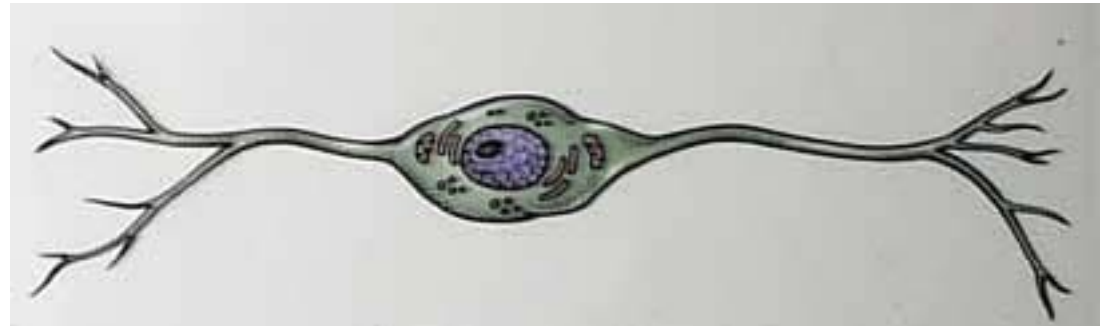
Exemples :

- motoneurone alpha des colonnes antérieures de la moelle épinière;
- cellules de Purkinje du cervelet;
- cellules pyramidales du cortex cérébral.

Neurone multipolaire

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

Selon la disposition des prolongements



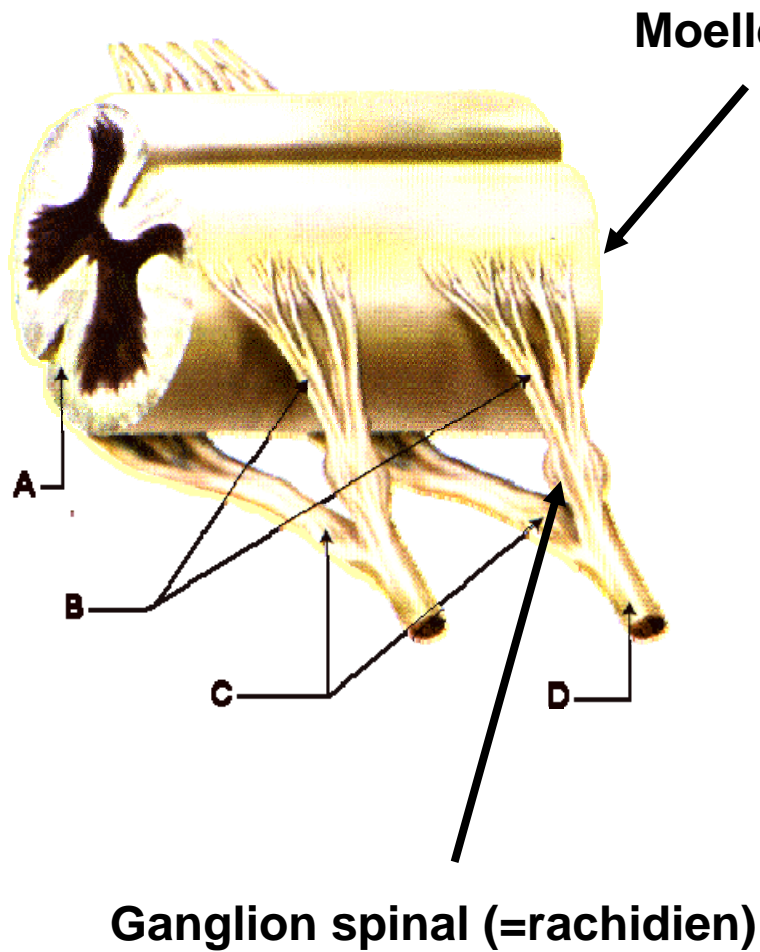
Neurone bipolaire

Neurones bipolaires:

- Un prolongement afférent et un prolongement efférent;
- Dans les organes sensoriels : rétine, épithélium olfactif, système vestibulaire et auditif.

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

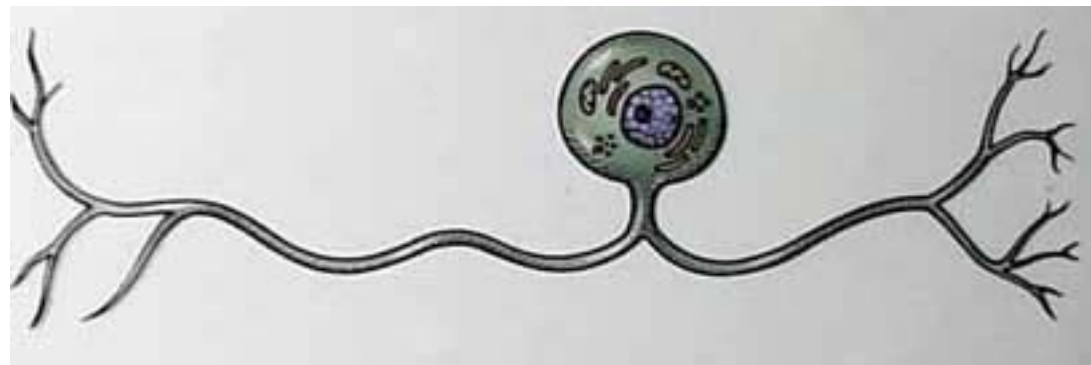
Selon la disposition des prolongements



- **Neurones pseudo-unipolaires:**

- un prolongement unique se bifurque à courte distance du corps cellulaire en **prolongements afférent et efférent;**

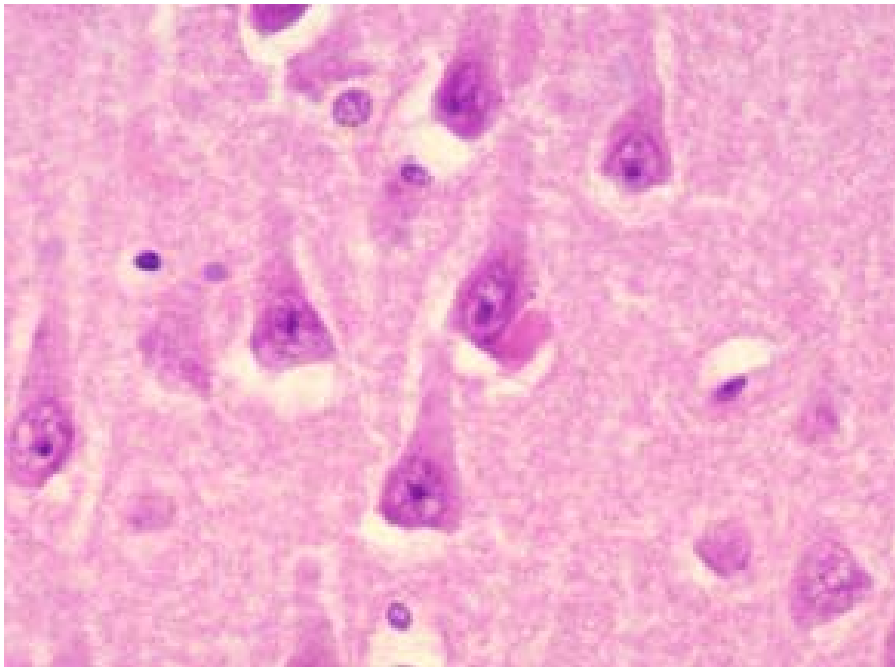
- Dans les ganglions sensitifs des nerfs crâniens et spinaux



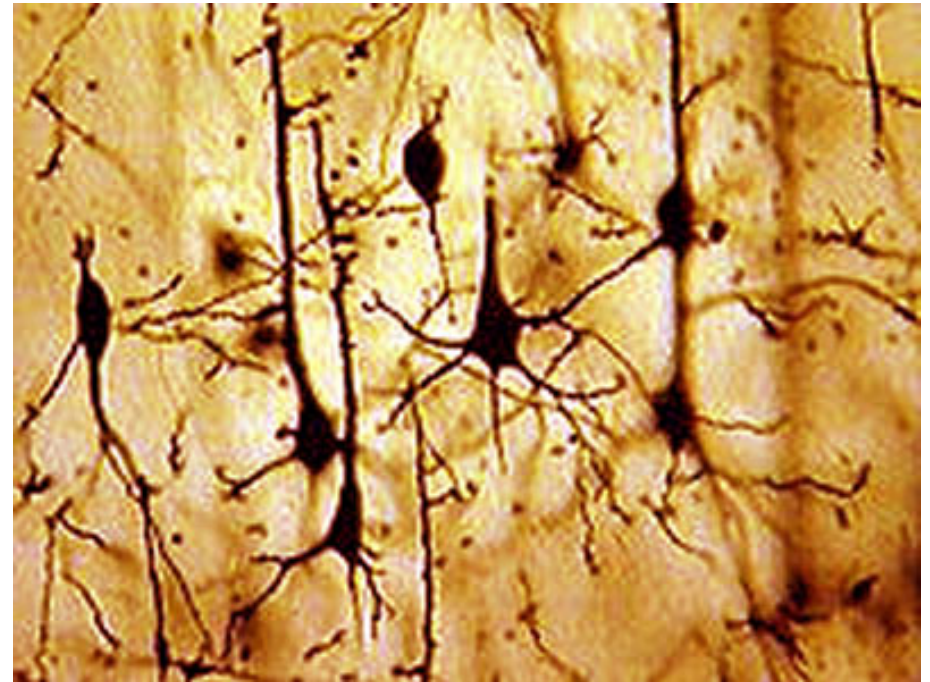
Neurone pseudo-unipolaire

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

Exemples (forme du corps cellulaire)



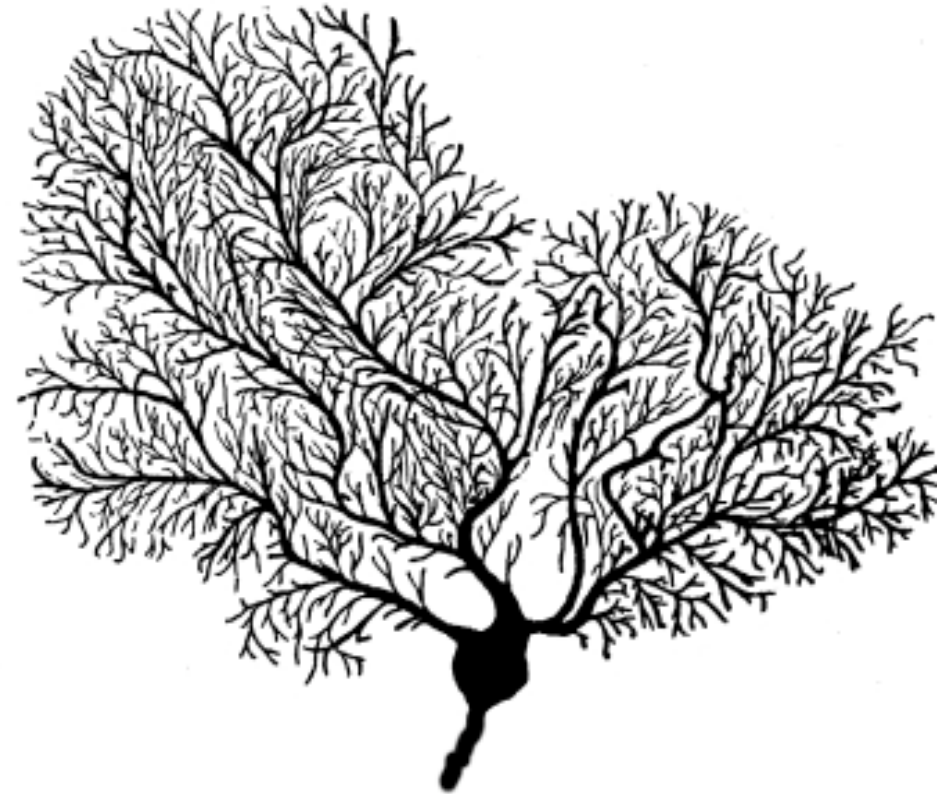
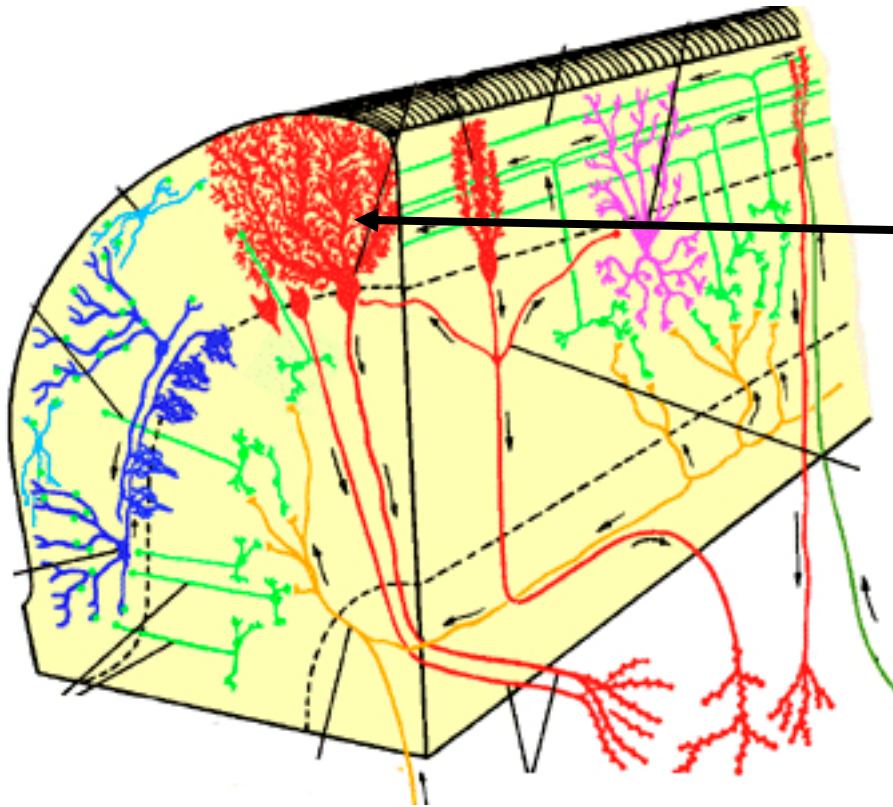
*Neurones pyramidaux du cortex cérébral.
Coupe histologique colorée
par l'hématoxyline et l'éosine*



*Neurones pyramidaux du cortex cérébral.
Technique de Golgi*

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

Exemples (prolongements)

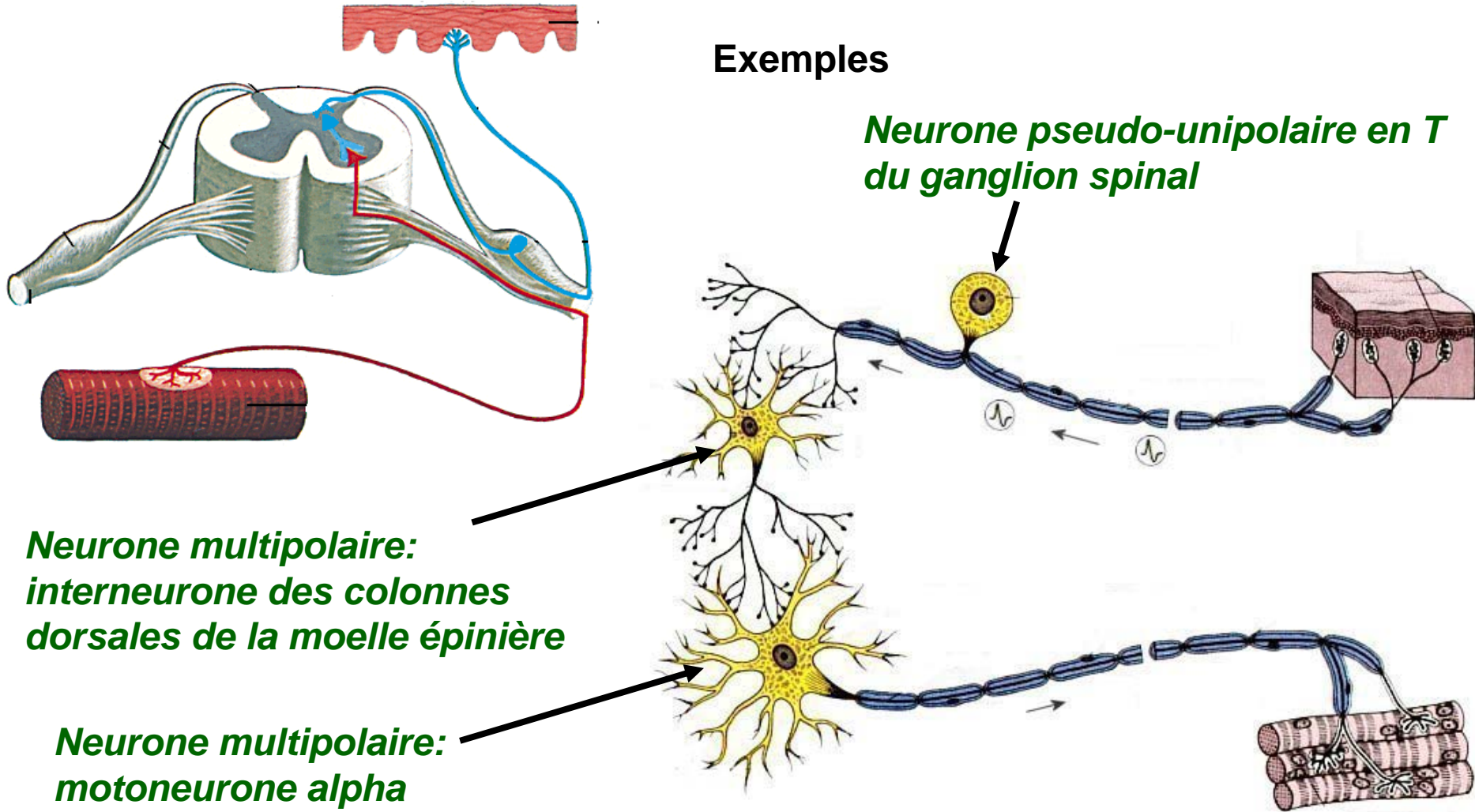


Neurone multipolaire (cellule de Purkinge du cortex cérébelleux)

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES

Exemples

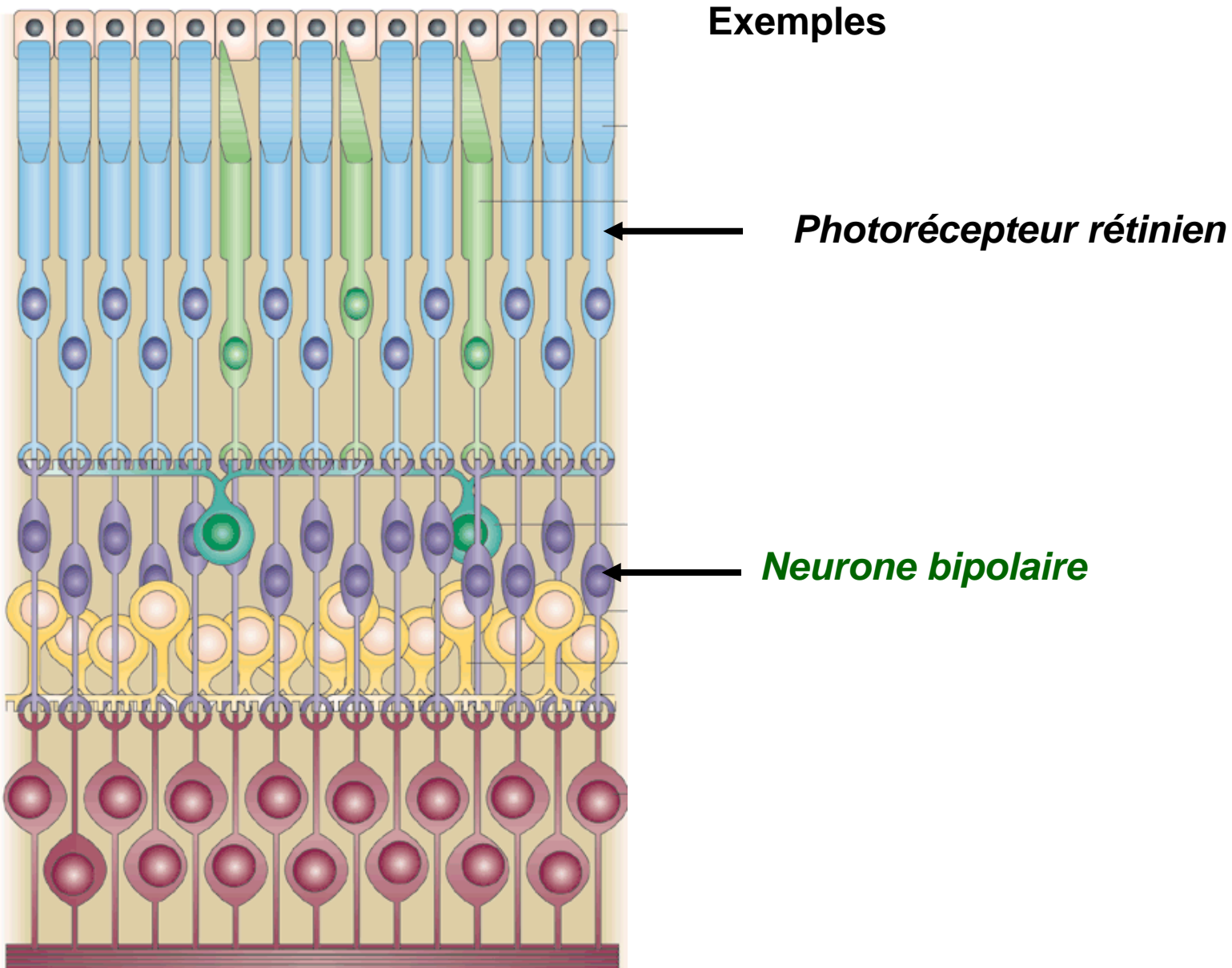
*Neurone pseudo-unipolaire en T
du ganglion spinal*



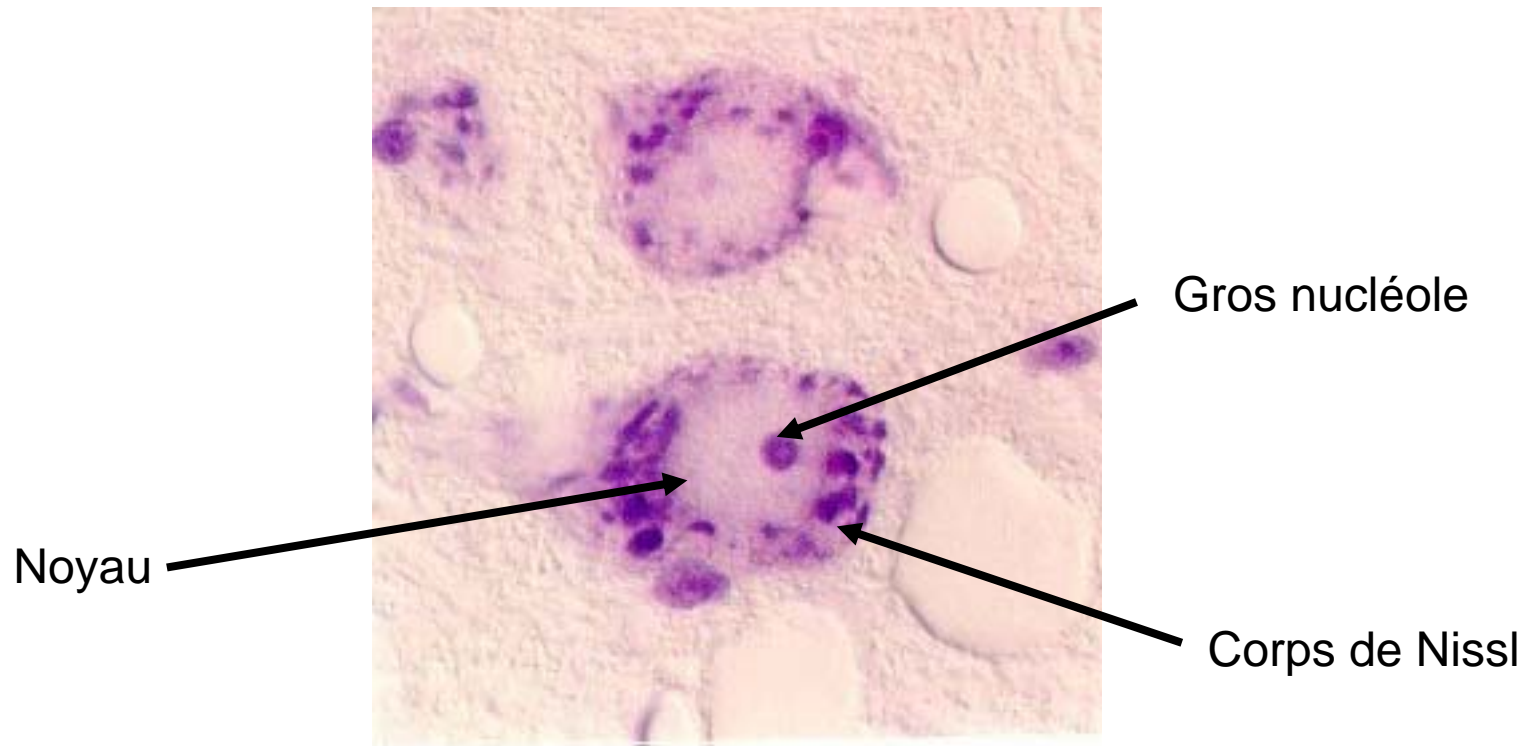
*Neurone multipolaire:
interneurone des colonnes
dorsales de la moelle épinière*

*Neurone multipolaire:
motoneurone alpha
des colonnes
ventrales de la
moelle épinière*

CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES NEURONES



LES AUTRES CONSTITUANTS DU NEURONE



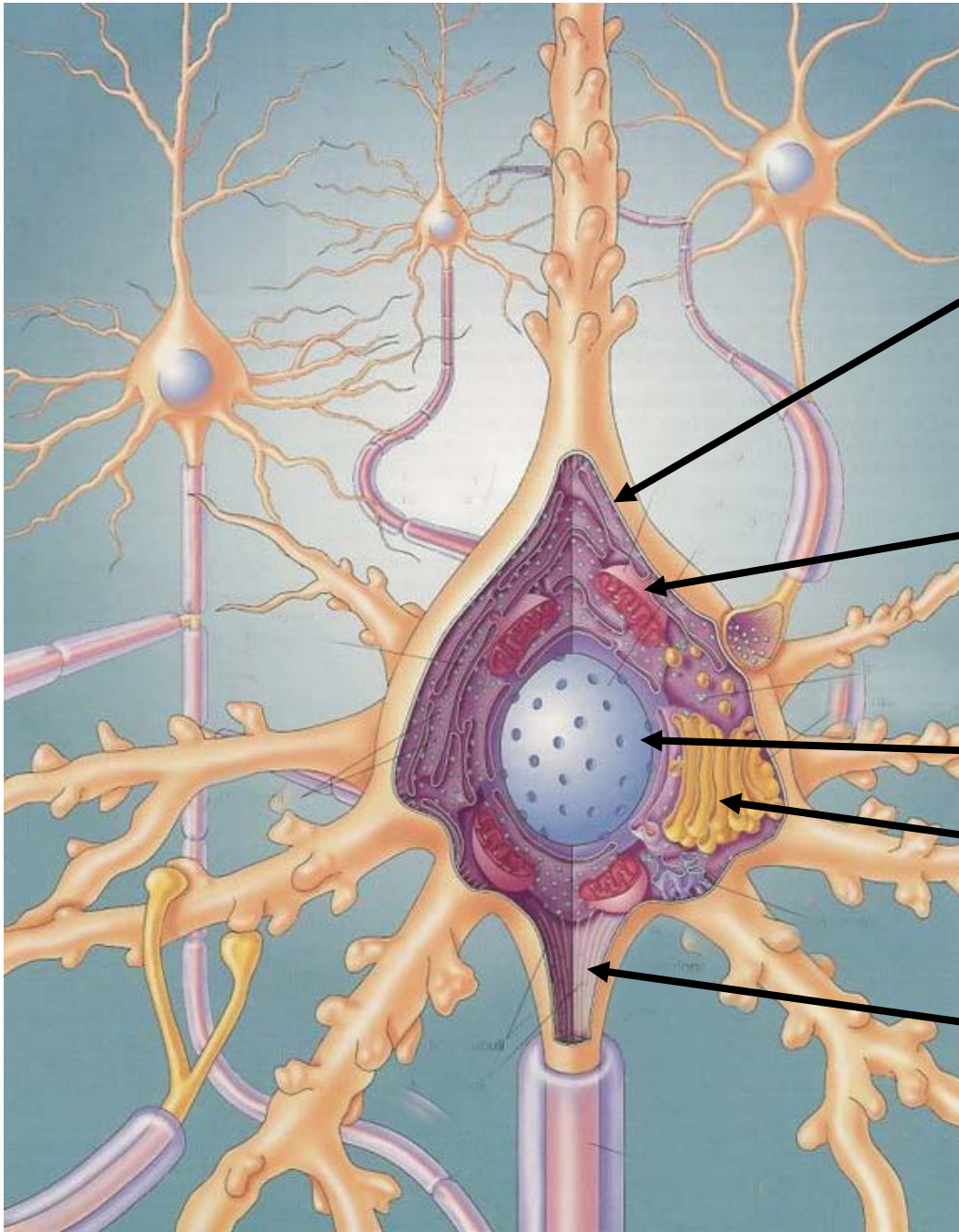
Le noyau: unique volumineux et sphérique, un gros nucléole*.

L'appareil de Golgi: volumineux*, en position juxta-nucléaire

Les corps de Nissl* : dans le corps cellulaire et les dendrites = amas de réticulum endoplasmique granuleux (REG),

*témoins de l'importance des synthèses protéiques de la cellule nerveuse.

LES AUTRES CONSTITUANTS DU NEURONE



Corps de Nissl: absents de l'axone et de son cône d'émergence

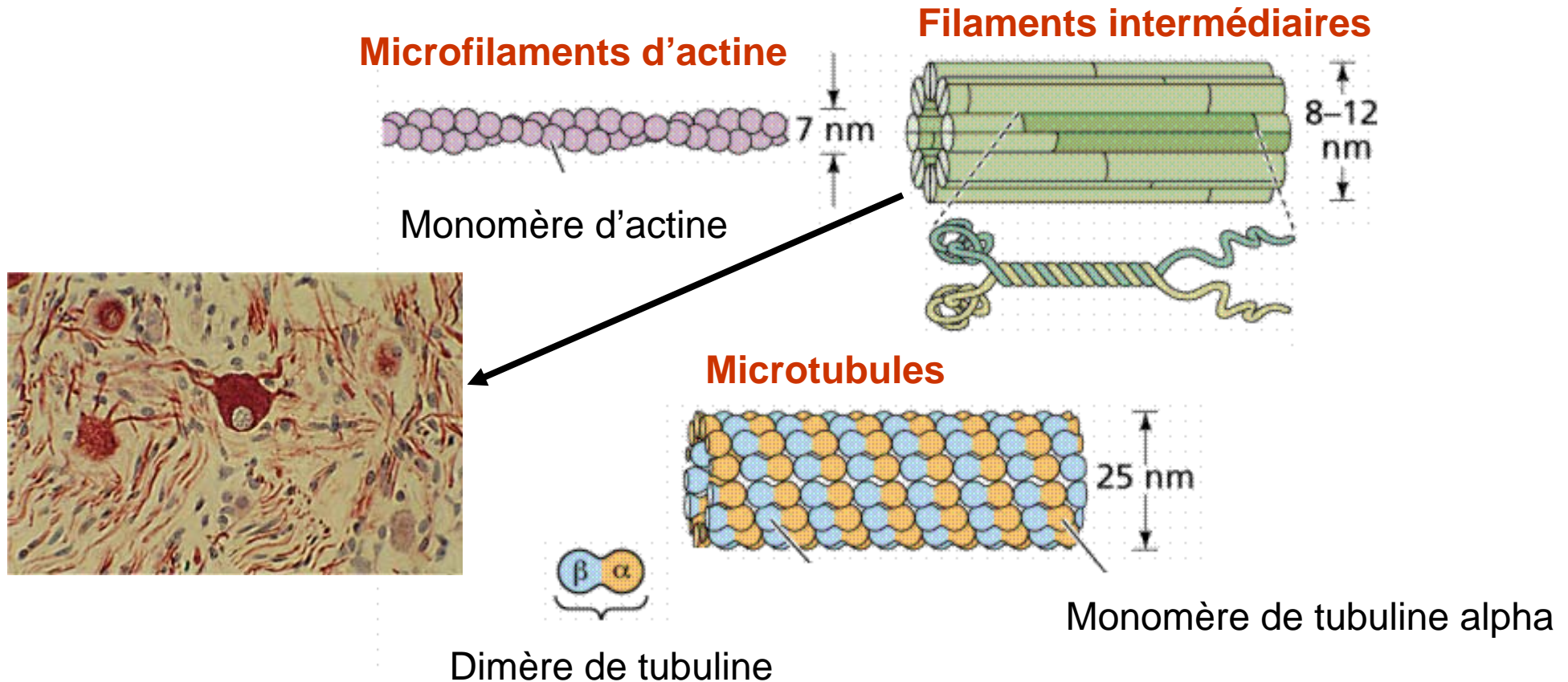
Mitochondries: dans tout le neurone

Noyau

Golgi

Cône d'émergence de l'axone

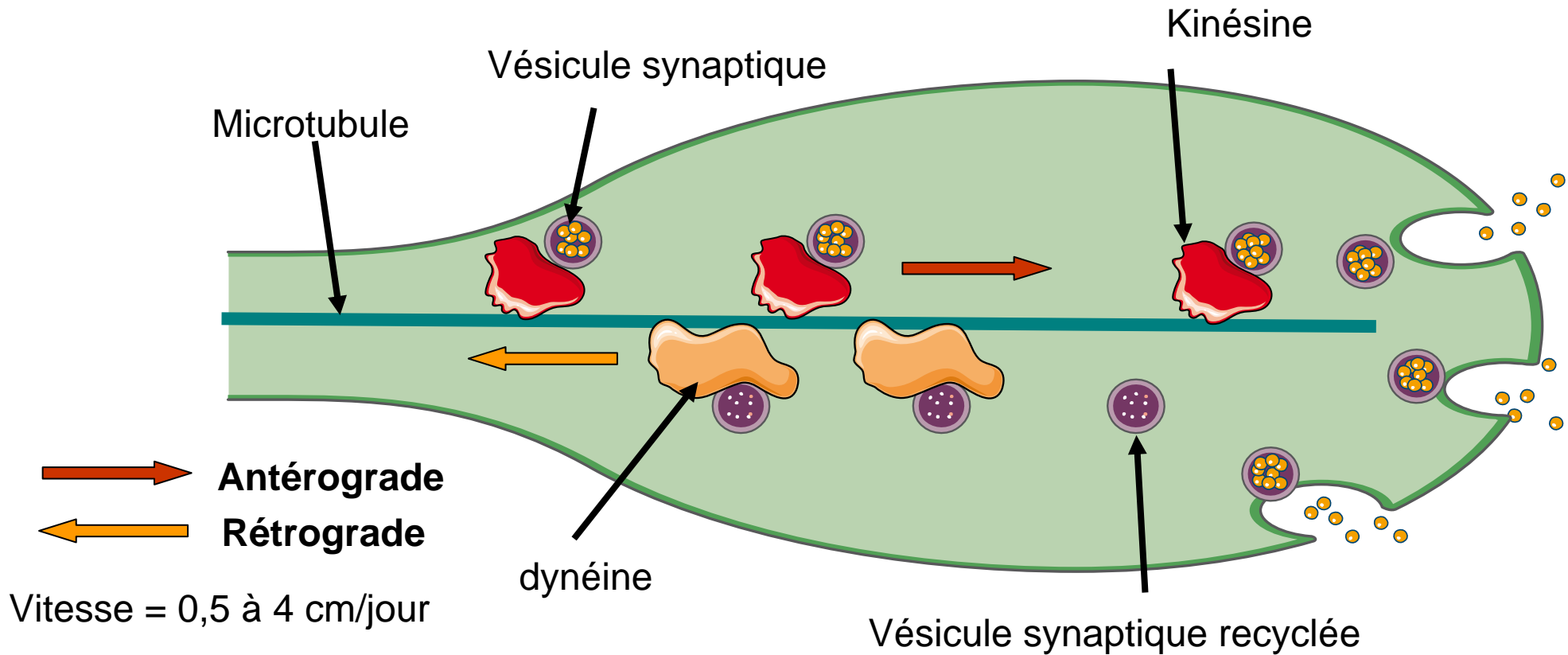
LES AUTRES CONSTITUANTS DU NEURONE



Le cytosquelette composé:

- de **microfilaments d'actine**;
- de **filaments intermédiaires** (constitués de **protéines de neurofilaments**);
- de **microtubules**.

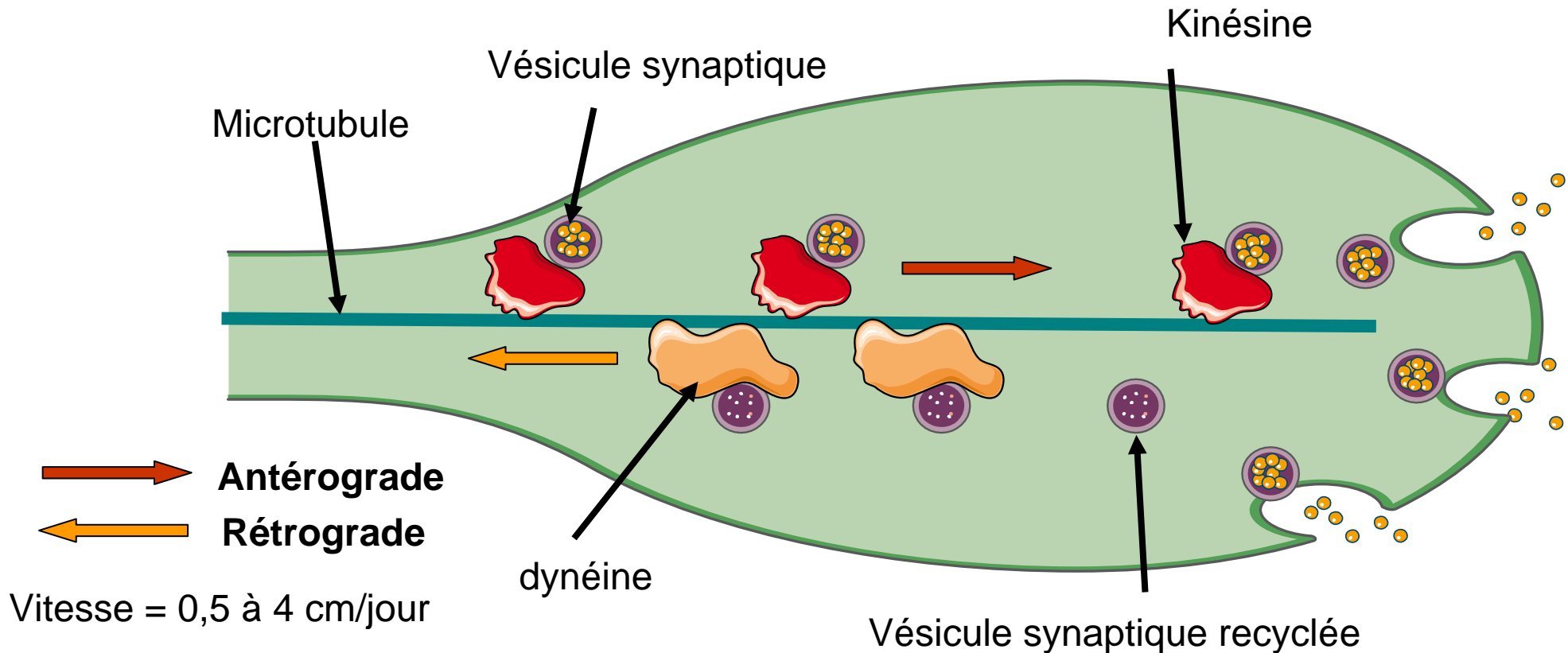
HISTOPHYSIOLOGIE: TRANSPORT AXONIQUE



Les synthèses ont lieu dans le péricaryon; les produits doivent cheminer le long de l'axone pour permettre:

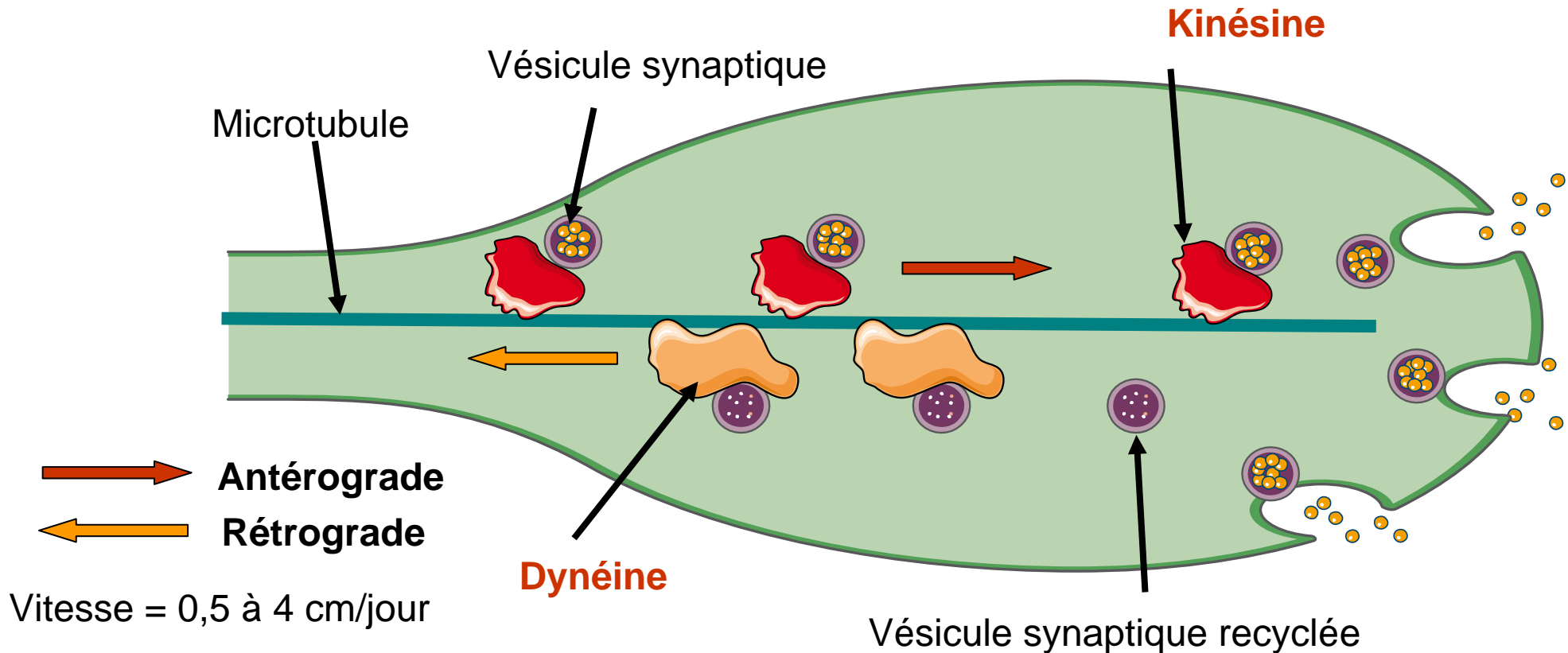
- La transmission synaptique;
- le maintien de l'intégrité de la terminaison nerveuse.

HISTOPHYSIOLOGIE: TRANSPORT AXONIQUE



Les microtubules sont indispensables à la réalisation du **transport axonal** (ou **flux axonal**) qui permet le transport bidirectionnel d'organites (mitochondries, vésicules synaptiques) et de protéines entre le corps cellulaire et les extrémités axonales.

HISTOPHYSIOLOGIE: TRANSPORT AXONIQUE



- **Le flux axonal** (rapide) **antérograde** est assuré par les **kinésines**.
- **Le flux axonal rétrograde** est assuré par les **dynéines**
- Kinésines et dynéines se lient aux organites à transporter et aux microtubules axonaux
- Le mouvement est généré par l'activité ATPasique de ces molécules.

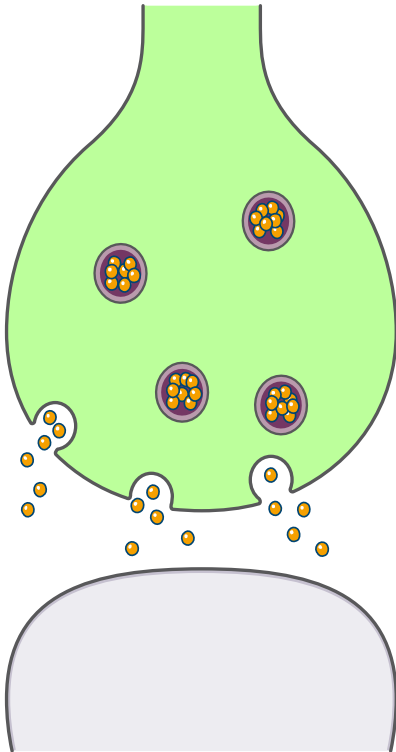
TRANSPORT AXONIQUE ET PATHOLOGIE



- Dans la rage, le virus est introduit dans l'organisme par morsure.

- se réplique dans le muscle pendant plusieurs semaines
- se fixe sur le récepteur de l'acétylcholine
- est acheminé par transport axonal rétrograde vers le corps cellulaires des neurones innervant le muscle atteint.
- se réplique dans les neurones infectés, est disséminé dans le SNC.
- chemine par transport axonal antérograde le long des nerfs jusqu'au glandes salivaires; une fois présent dans la salive peut être transmis par morsure.

LES SYNAPSES

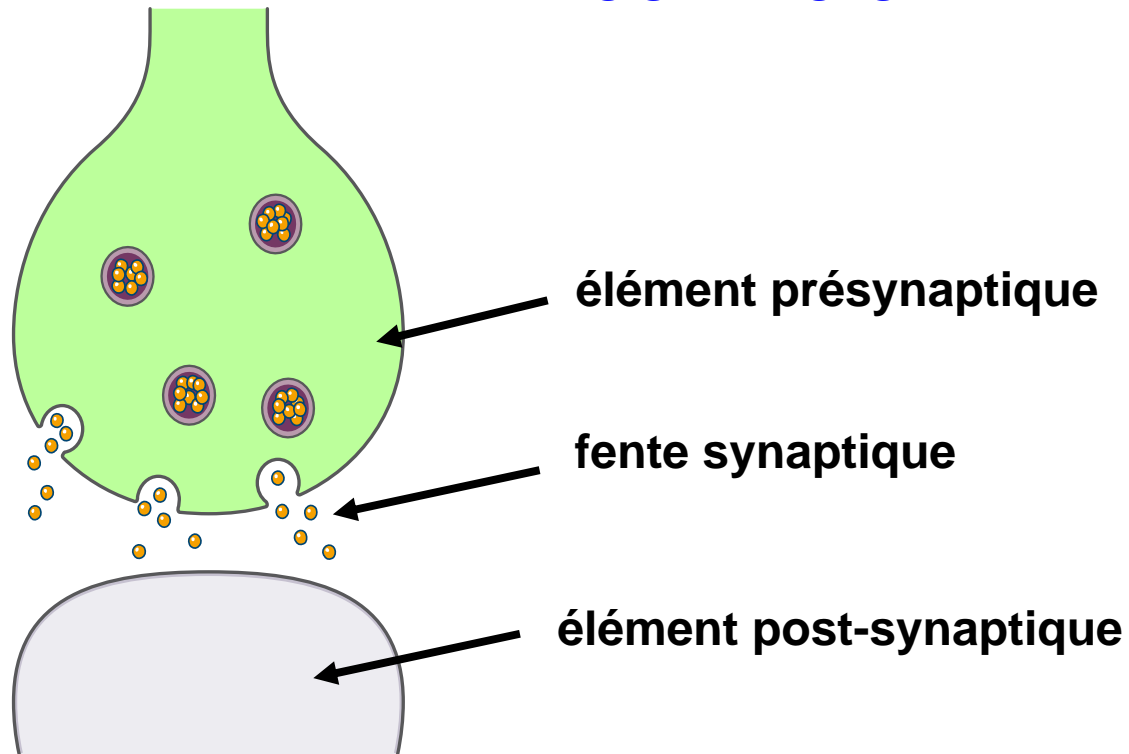


Contacts membranaires spécialisés permettant la transmission de l'influx nerveux

- d'un neurone à un autre neurone;
- d'une cellule réceptrice à un neurone;
- d'un neurone à une cellule effectrice,

de **façon unidirectionnelle** par l'intermédiaire de **neurotransmetteurs**.

LES SYNAPSES

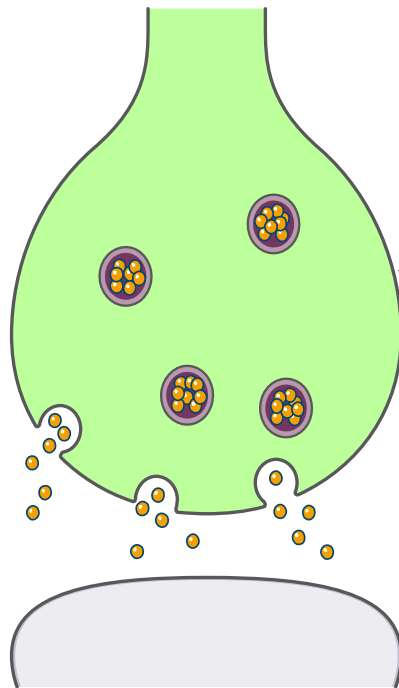


Les synapses ne sont pas visibles en MO.

Chaque synapse comporte:

- un **élément pré-synaptique**;
- un **élément post-synaptique**;
- une **fente synaptique** comprise entre la **membrane présynaptique** et la **membrane postsynaptique**.

LES SYNAPSES



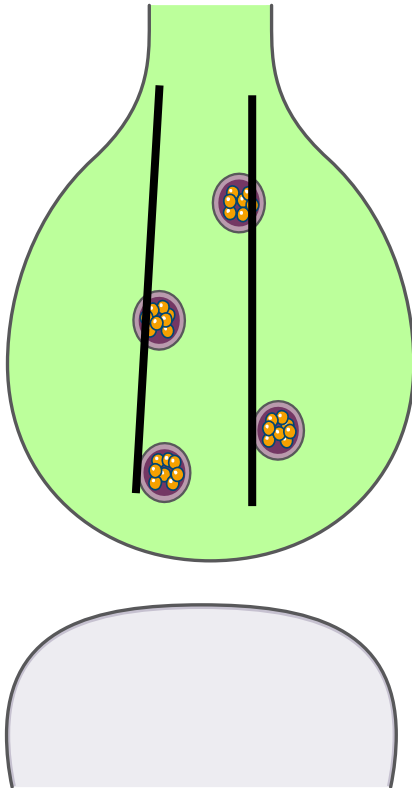
L'élément pré-synaptique

- Le plus souvent, c'est une terminaison axonale
- Il contient des mitochondries du cytosquelette et des **vésicules synaptiques** .

Celles-ci renferment un **neurotransmetteur** dont il existe différents types :

- **Acétylcholine**
- **Catécholamines**: dérivées de la tyrosine (dopamine, adrénaline, noradrénaline)
- **Sérotonine**: dérivée du tryptophane
- **Purines** : ATP, adénosine
- **Acides aminés**: glutamate, acide gamma amino-butyrrique (GABA).
- **Neuropeptides opioïdes** (ou endorphines).

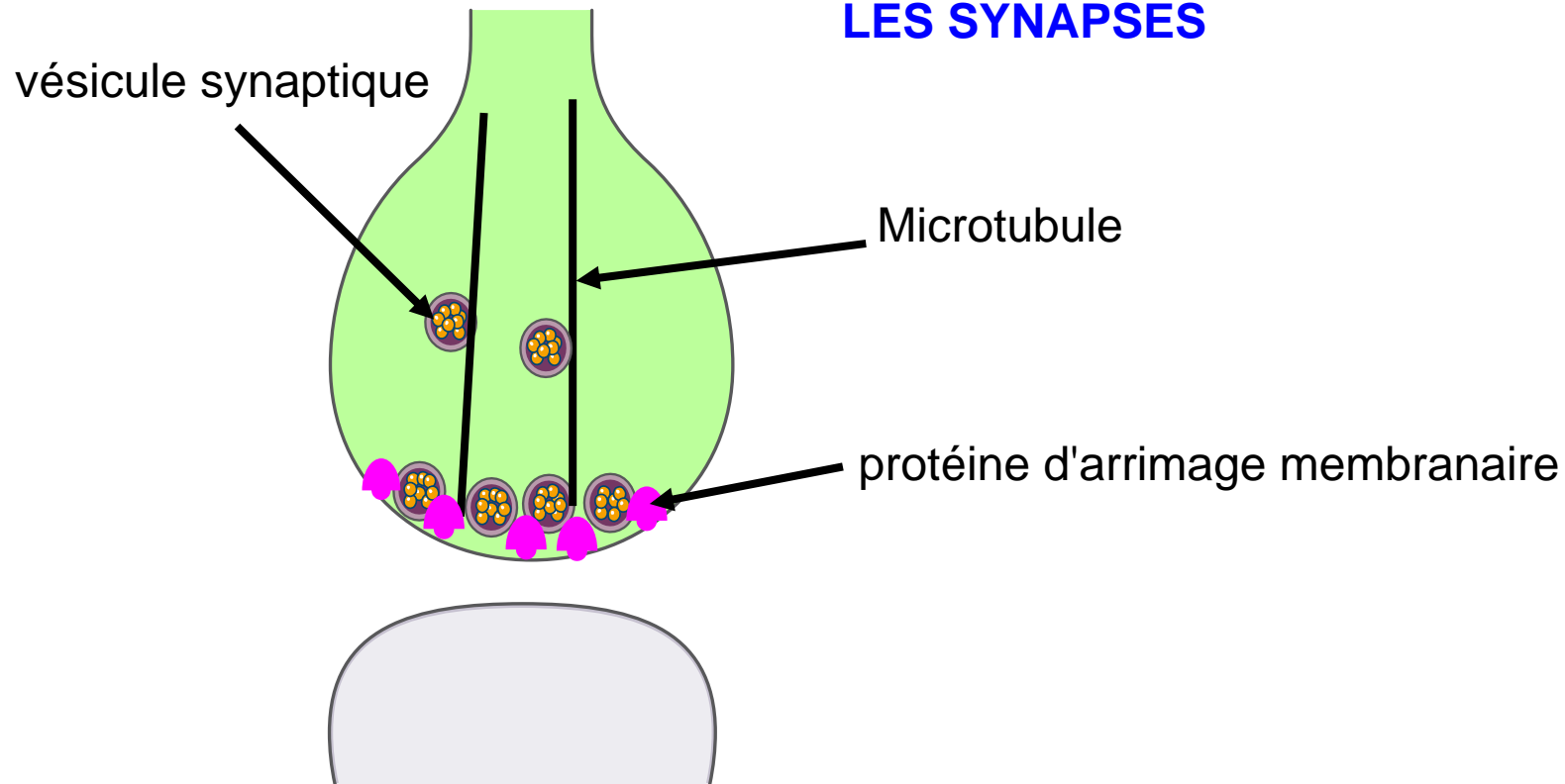
LES SYNAPSES



vésicule synaptique

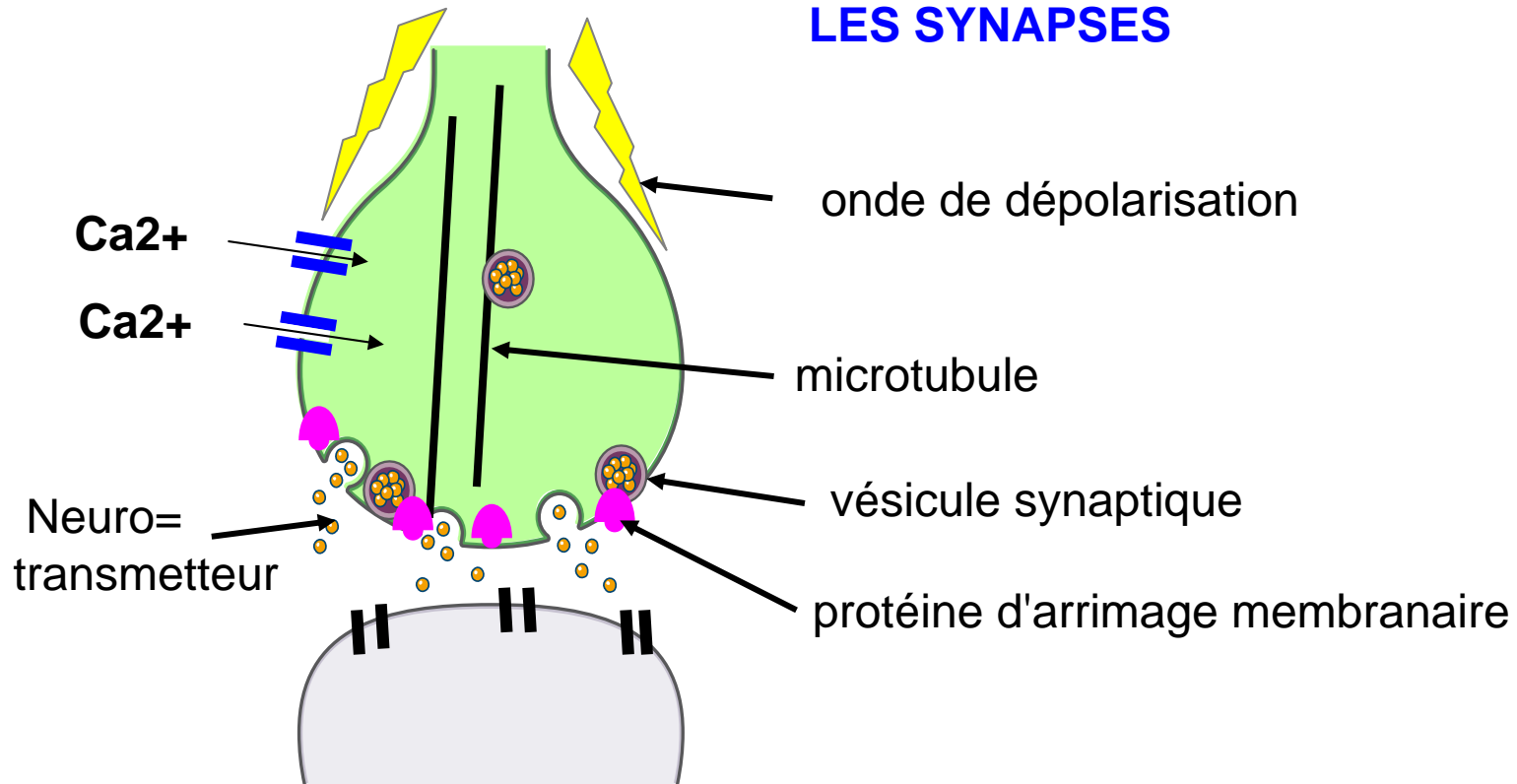
Schématiquement, les neurotransmetteurs sont stockés dans les vésicules synaptiques et cheminent vers la terminaison synaptique par transport antérograde (relayé par la kinésine).

LES SYNAPSES



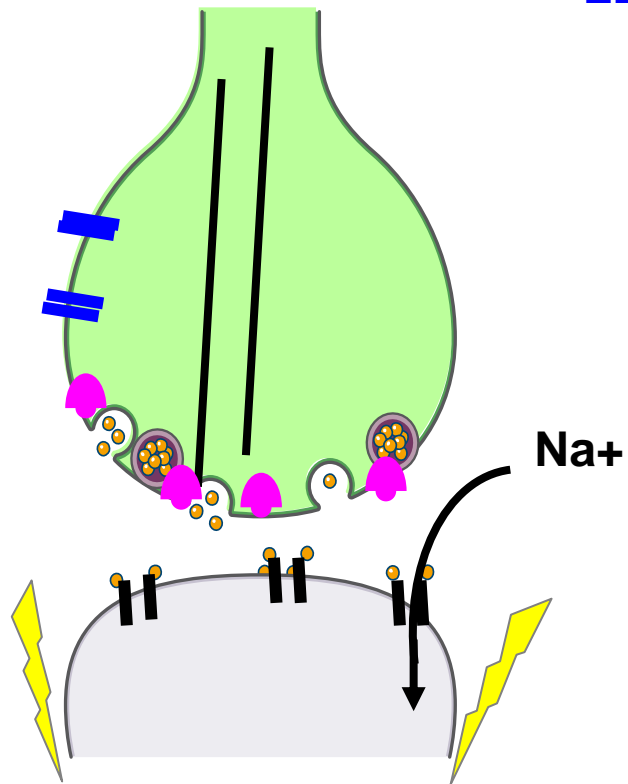
La vésicule synaptique contient des **protéines d'arrimage vésiculaires** qui se fixent sur des protéines d'arrimage membranaires de la membrane présynaptique.

LES SYNAPSES



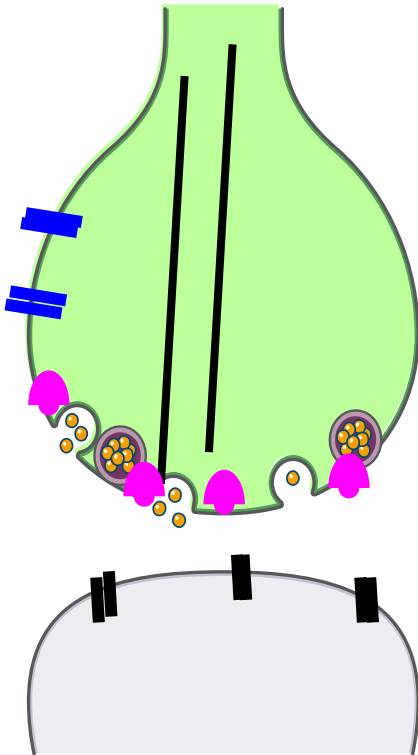
L'arrivée de l'onde de dépolarisation au niveau de la terminaison axonale aboutit à l'apport d'une forte concentration de Ca^{2+} à l'intérieur de la terminaison par ouverture de **canaux calciques voltage-dépendant**. Cet afflux de Ca^{2+} , induit l'exocytose de la vésicule synaptique .

LES SYNAPSES



- Le neurotransmetteur libéré dans la **fente synaptique** se fixe sur un récepteur (par ex: cholinergique ou adrénergique) de la **membrane post-synaptique**
- La liaison du neurotransmetteur à son récepteur dans la membrane de l'élément post-synaptique provoque l'ouverture de **canaux ioniques à Na+ et K+** et la naissance d'un potentiel d'action .

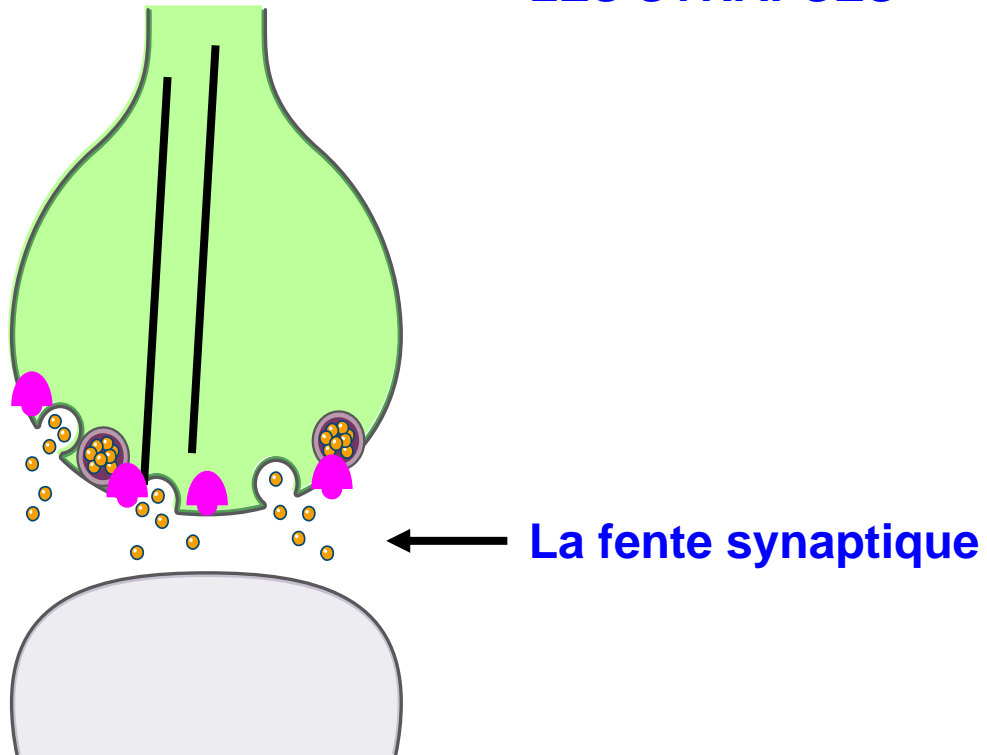
LES SYNAPSES



Le neurotransmetteur est :

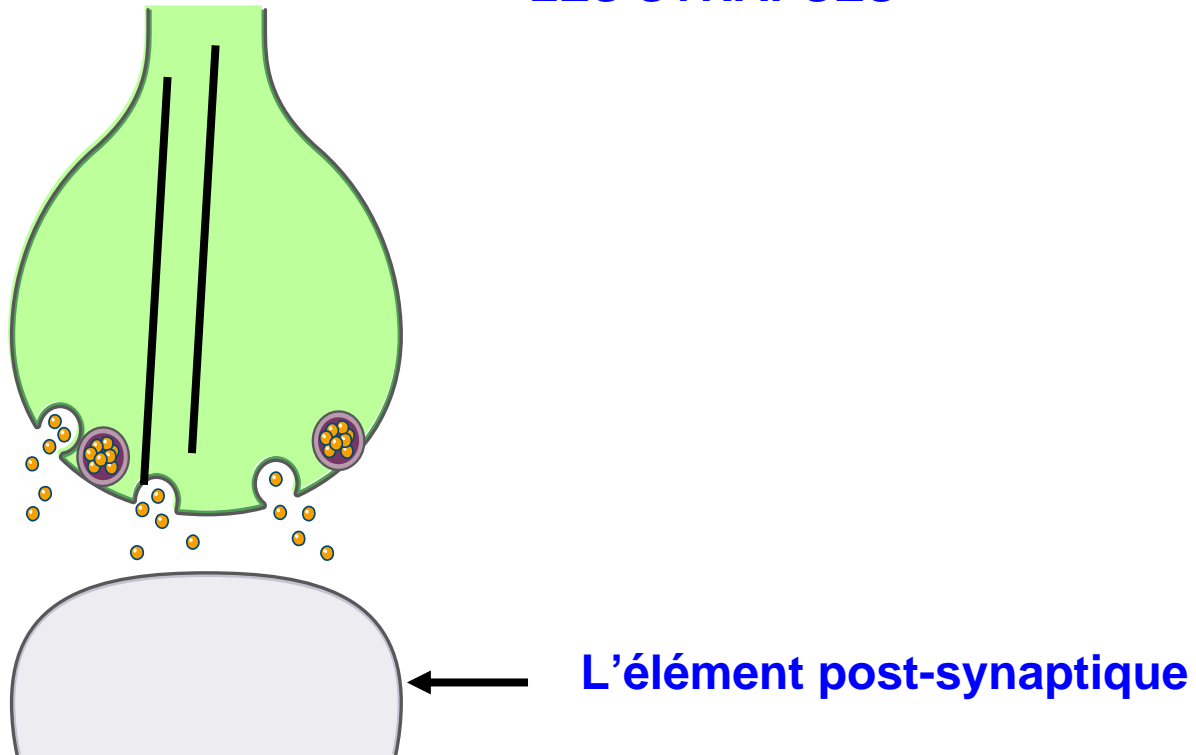
- soit dégradé enzymatiquement dans la fente synaptique (cas de l'acétylcholine par l'acétylcholinestérase);
- soit recapté par endocytose et dégradé (cas de la noradrénaline, par la monoamine-oxydase (MAO)).

LES SYNAPSES



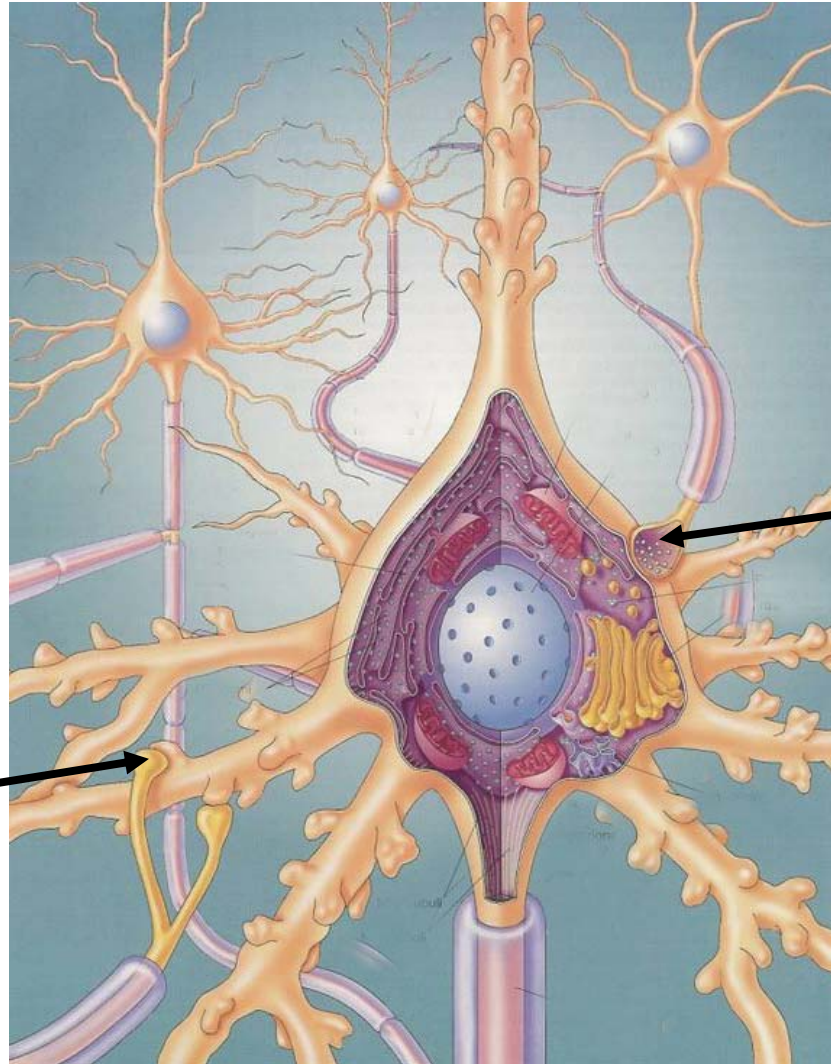
C'est le très mince espace (20 nm) qui sépare les membranes pré- et post-synaptiques

LES SYNAPSES



C'est le plus souvent un dendrite (**synapses axo-dendritiques**) ou un corps cellulaire (**synapses axo-somatiques**).

LES SYNAPSES

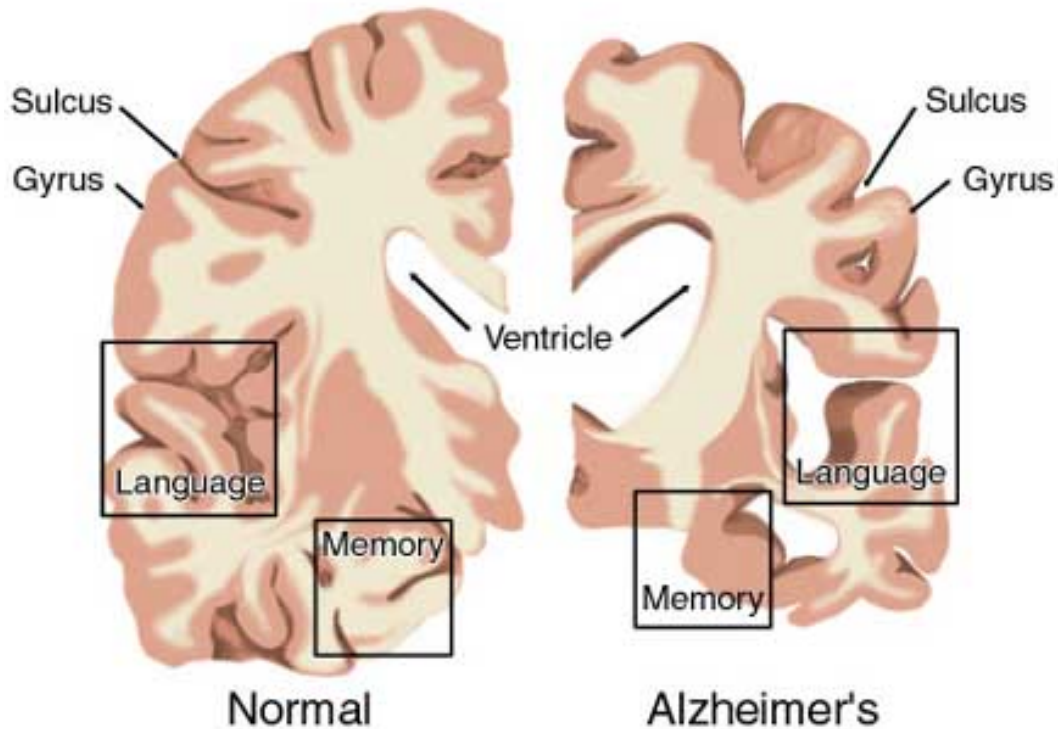


Synapse
axo-dendritique

Synapse
axo-somatique

PATHOLOGIE FRÉQUENTE DU NEURONE: LA MALADIE D'ALZHEIMER

Brain Cross-Sections



Atrophie cérébrale

✓ **caractérisée cliniquement** par le développement progressif d'une démence (troubles de la mémoire, du langage, des fonctions intellectuelles)

✓ **caractérisée histologiquement** par des **plaques séniles** (ou **plaques amyloïdes**)

- correspondant à l'accumulation autour des neurones d'un peptide neurotoxique, synthétisé par les neurones du fait d'un mauvais clivage de la protéine APP (Amyloid Protein Precursor).

- entraînant la mort du neurone par nécrose ou par apoptose.

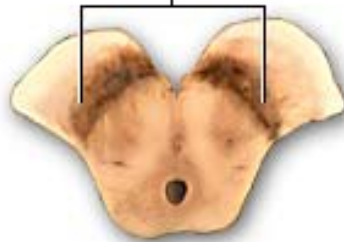
PATHOLOGIE FRÉQUENTE DU NEURONE: LA MALADIE DE PARKINSON



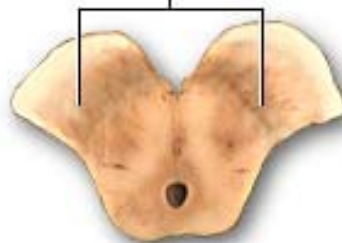
Cut section
of the midbrain
where a portion
of the substantia
nigra is visible



Substantia nigra



Diminished substantia
nigra as seen in
Parkinson's disease



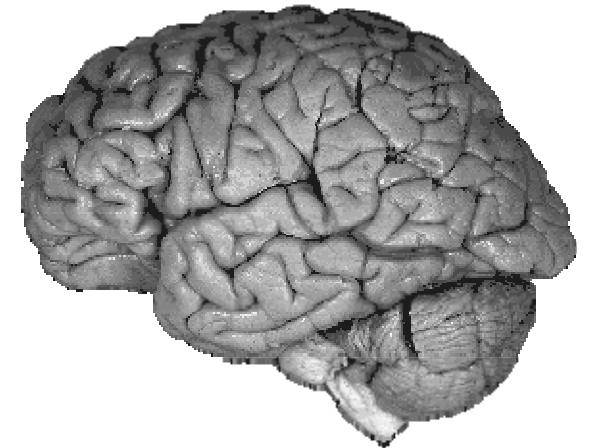
© ADAM, Inc.

- ✓ Deuxième maladie neuro-dégénérative, après la maladie d'Alzheimer.
- ✓ **Caractérisée cliniquement** par des anomalies motrices (tremblement, rigidité musculaire, akinésie).
- ✓ **caractérisée histologiquement** par une **perte des neurones du locus niger** (ou substance noire)
 - dont les causes sont inconnues;
 - entraînant un déficit en dopamine.



LE SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

1. Cellules gliales
2. Myélinisation
3. Barrière sang cerveau
4. Plexus choroïdes
5. Méninges



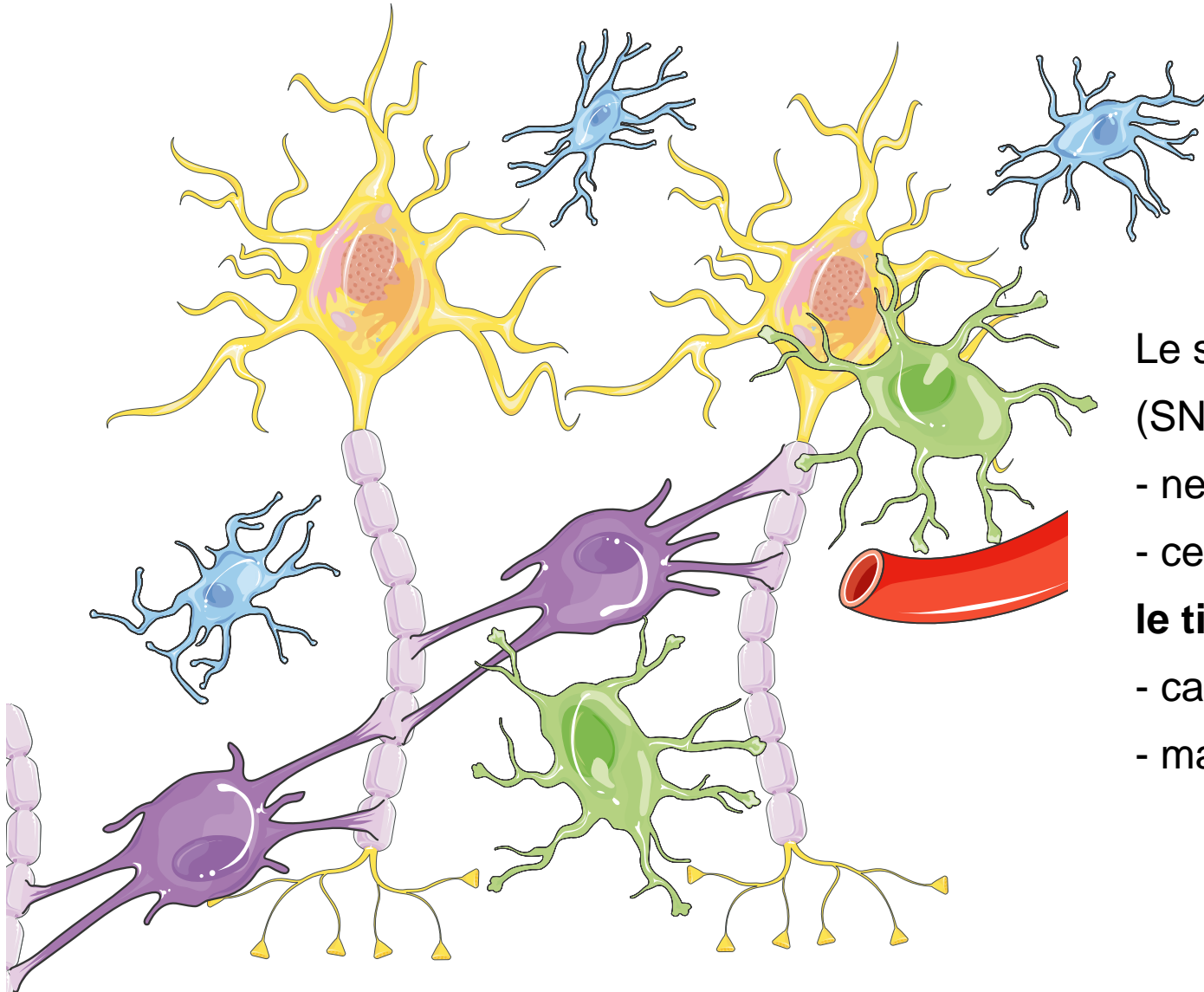
Manuel MARK

Institut d'Embryologie

Faculté de Médecine et Hôpital Universitaire de Strasbourg

Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire

SYSTÈME NERVEUX CENTRAL: COMPOSITION CELLULAIRE



Le système nerveux central (SNC) est constitué de:

- neurones (~10% des cellules);
- cellules gliales (~ 90%) formant **le tissu glial = névroglie = glie**;
- capillaires sanguins;
- matrice extracellulaire (MEC).

SYSTÈME NERVEUX CENTRAL: ORGANISATION TISSULAIRE

Le SNC est organisé en **substance grise** (SG) et **substance blanche** (SB). Sa surface interne est bordée par **l'épithélium épendymaire**. Sa surface périphérique est formée par le **revêtement astrocytaire marginal** (ou glia limitans).

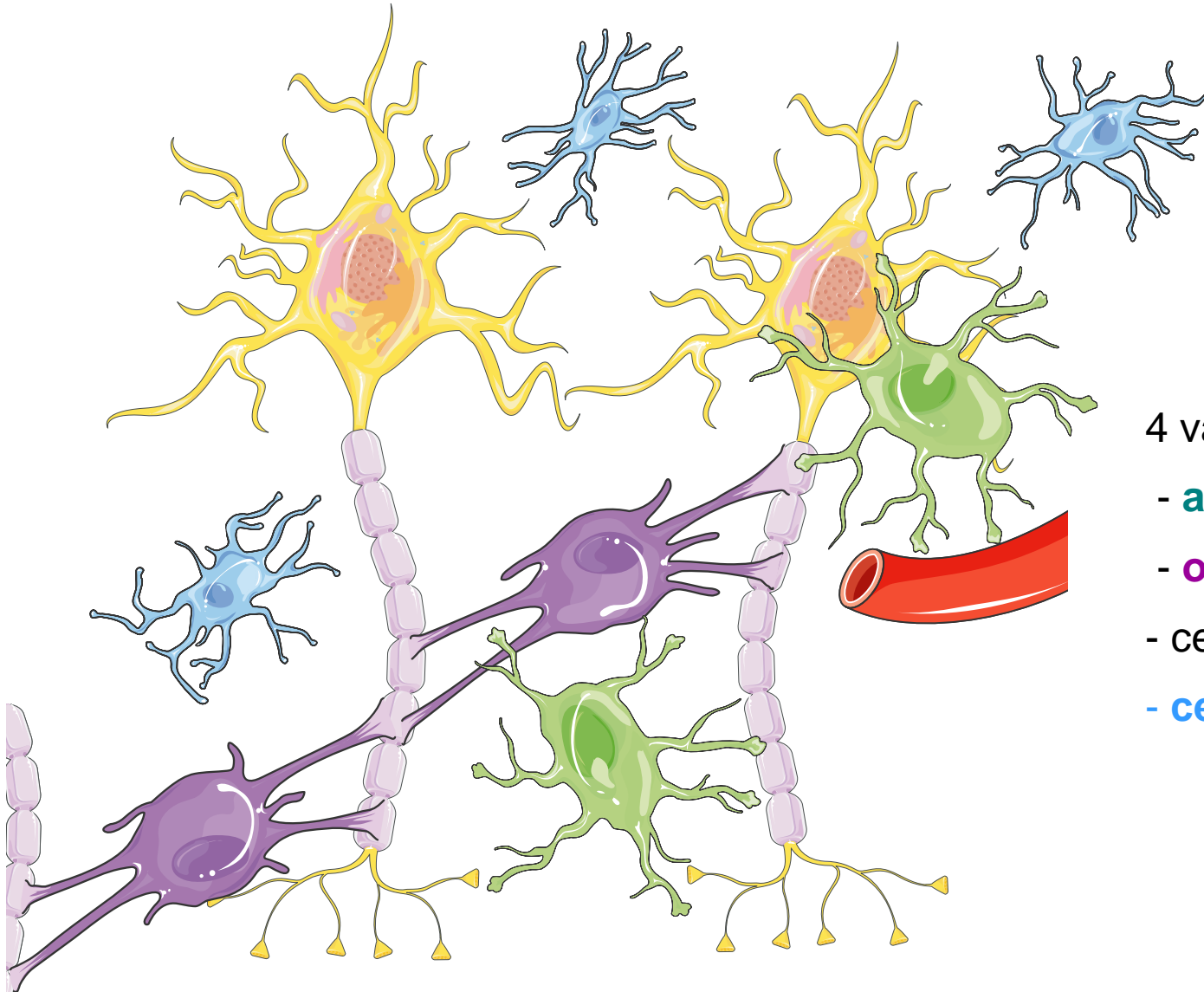
La substance grise:

- contient tous les corps cellulaires neuronaux et toutes les synapses du SNC;
- c'est à son niveau que sont intégrées les informations;

La substance blanche:

- tissu de conduction;
- formée par des faisceaux d'axones myélinisés entre lesquels on trouve des cellules gliales;
- dépourvue de synapses.

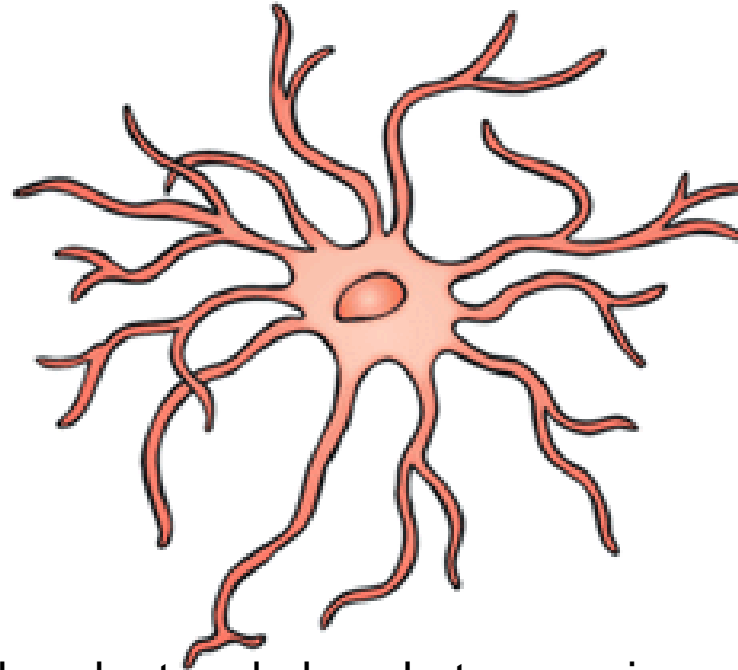
SYSTÈME NERVEUX CENTRAL: LES CELLULES GLIALES



4 variétés de cellules gliales:

- **astrocytes**;
- **oligodendrocytes**;
- cellules épendymaires;
- **cellules microgliales.**

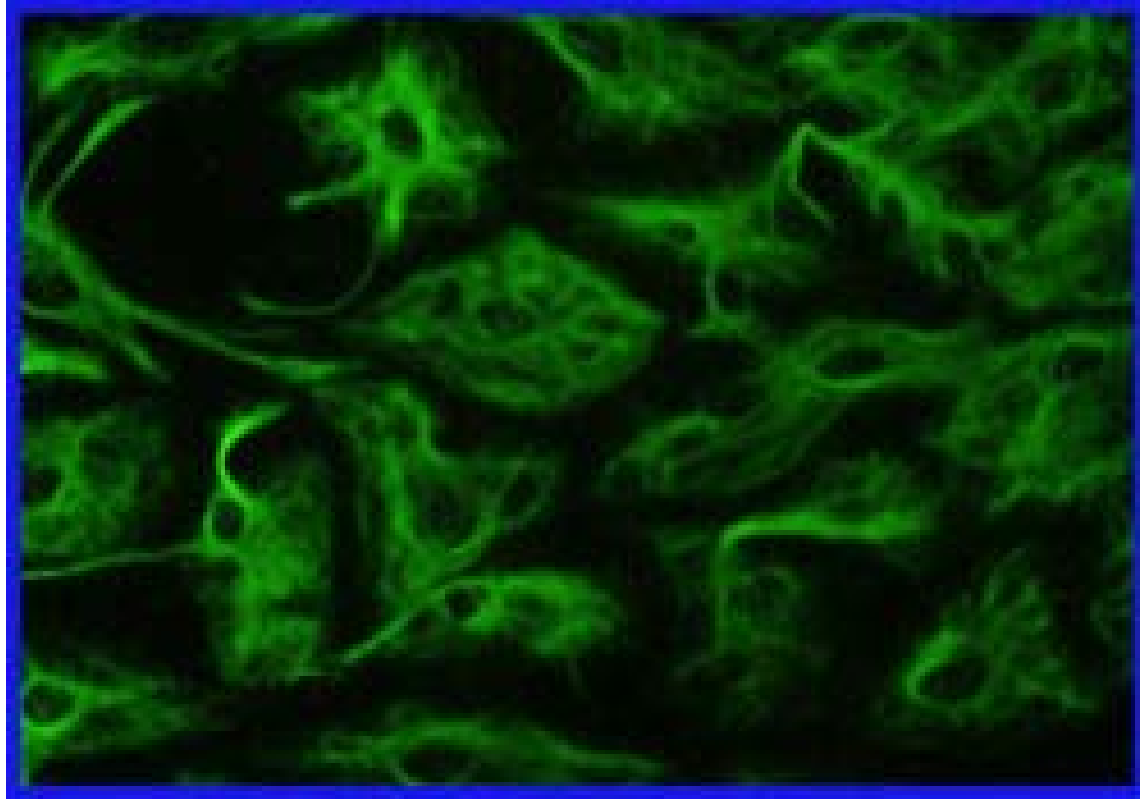
ASTROCYTES



Cellules les plus abondantes de la substance grise

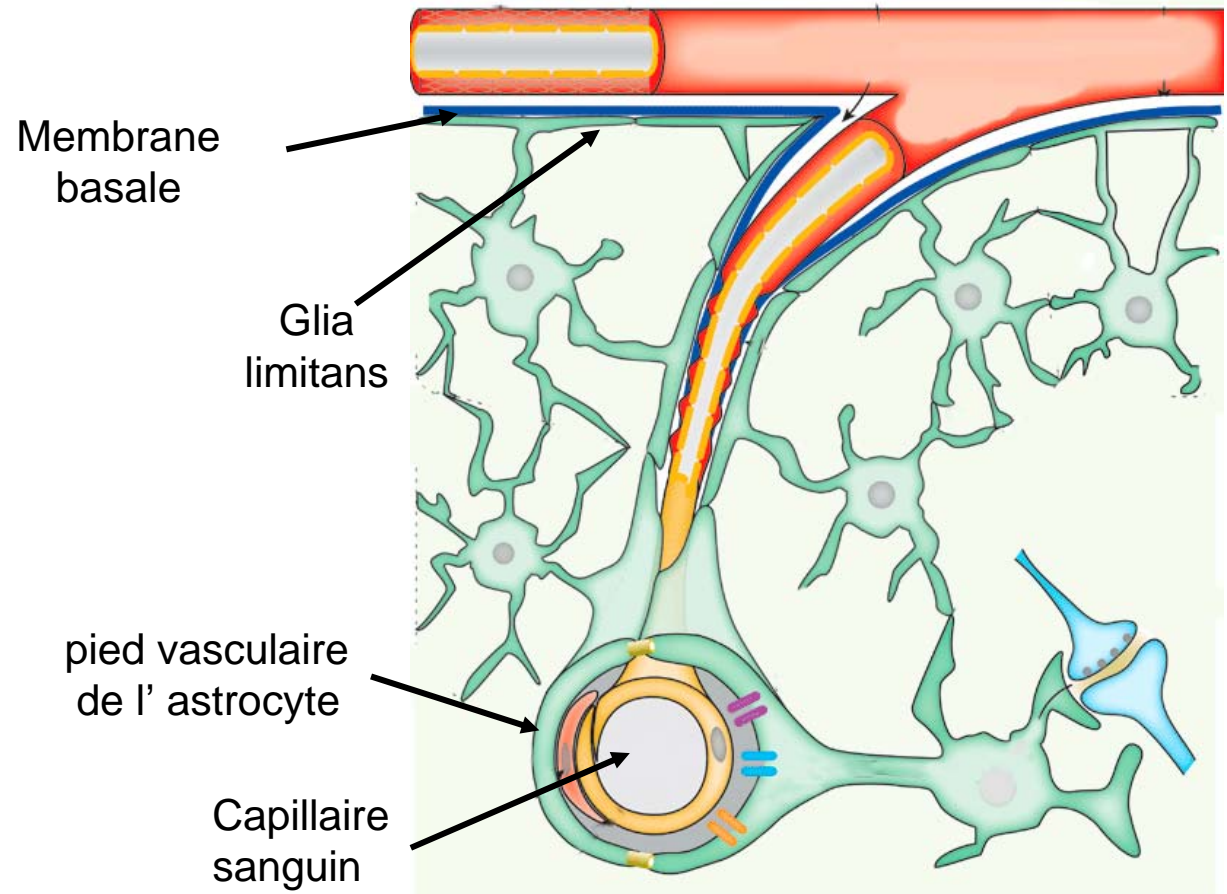
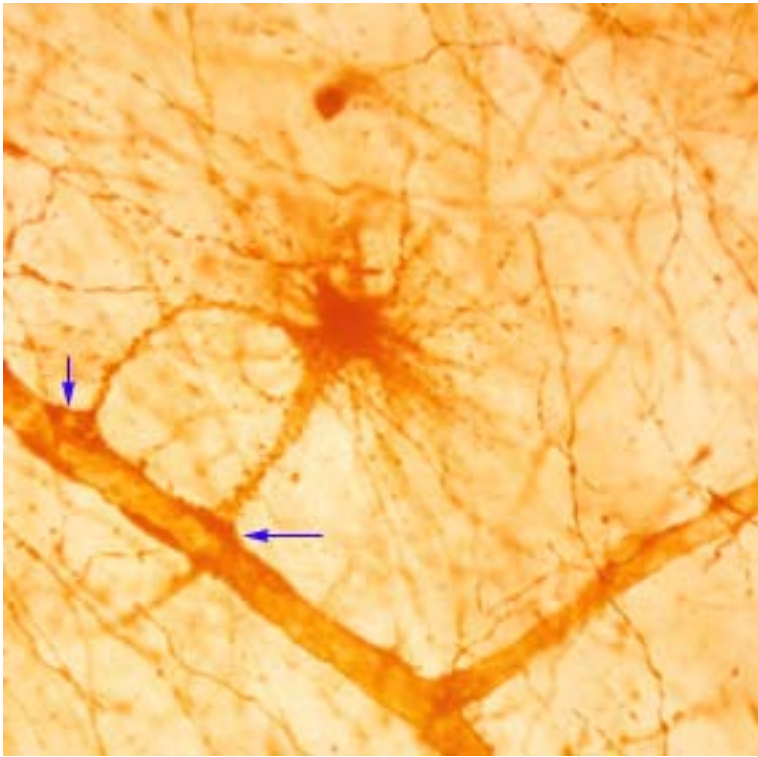
- forme étoilée;
- corps cellulaire contenant le noyau ;
- prolongements cytoplasmiques nombreux et ramifiés;
- En ME: abondance de filaments intermédiaires (gliofilaments) riches en **GFAP (protéine gliale-fibrillaire acide)** et de **grains de glycogène** (principale réserve énergétique cérébrale).

ASTROCYTES



GFAP = marqueur pour détecter les astrocytes par immunohistochimie

ASTROCYTES

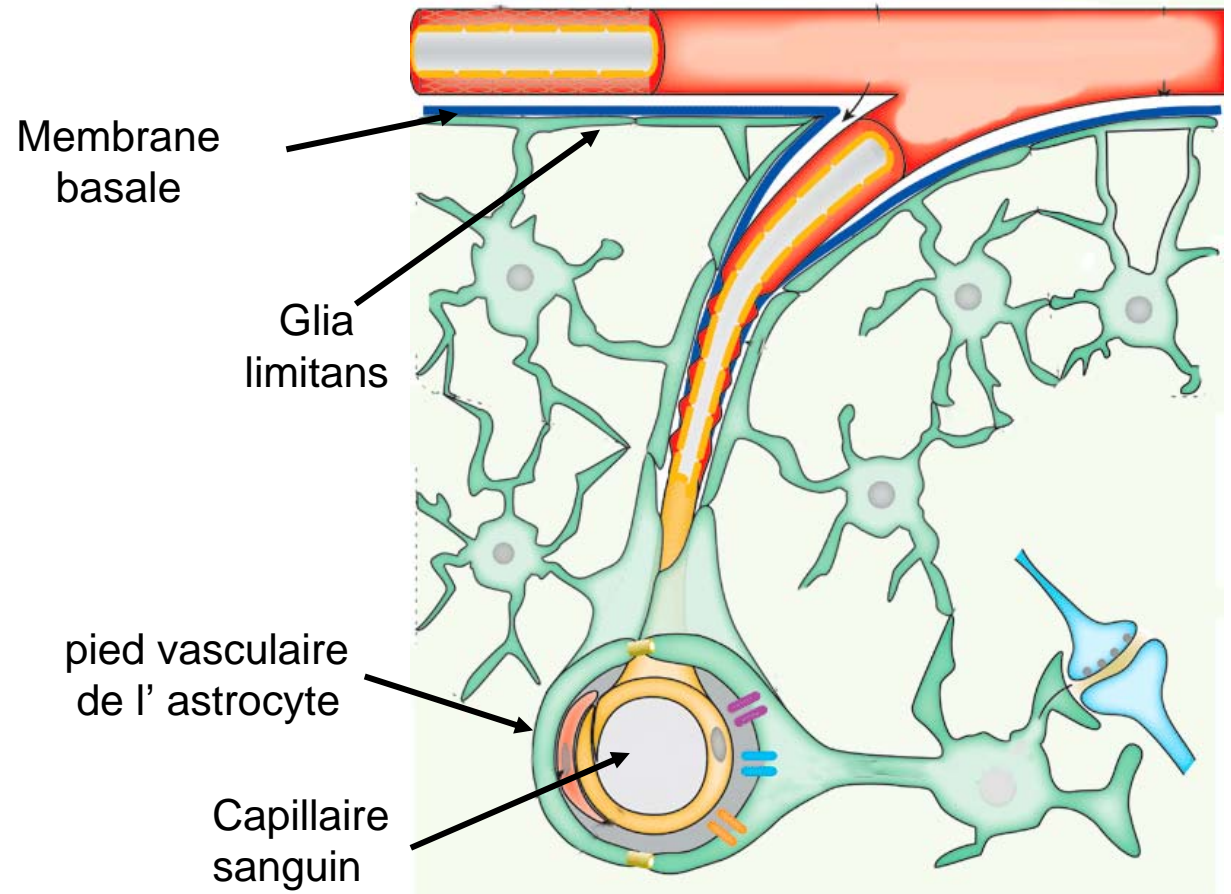
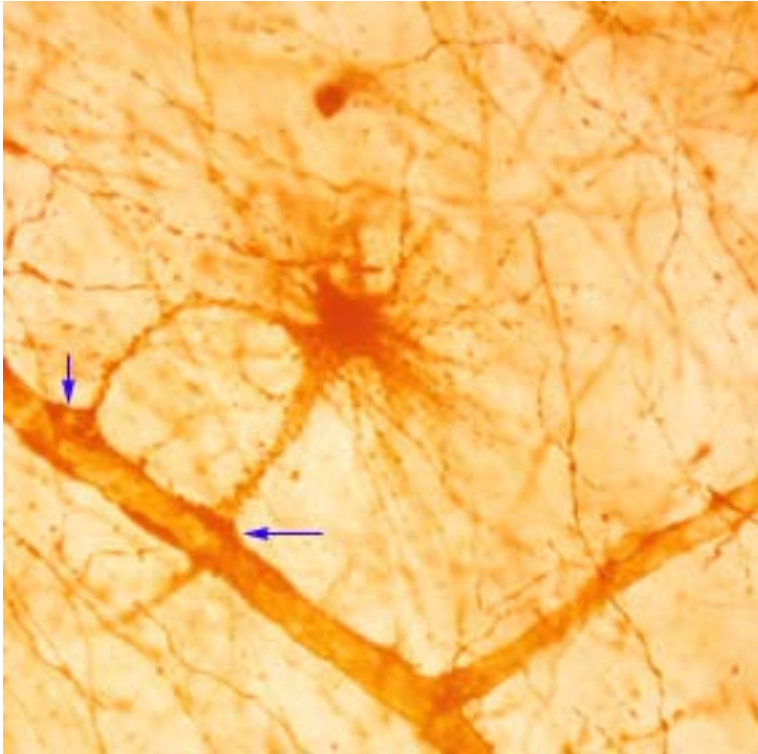


Pieds vasculaires d'un astrocyte

Les prolongements cytoplasmiques des astrocytes entourent:

- 1. les neurones dans la substance grise et forment (avec les oligodendrocytes) **le tissu de soutien de la substance grise;**
- 2. les synapses, permettant la sélectivité de la transmission nerveuse;
- 3. les capillaires sanguins qu'ils séparent des neurones.

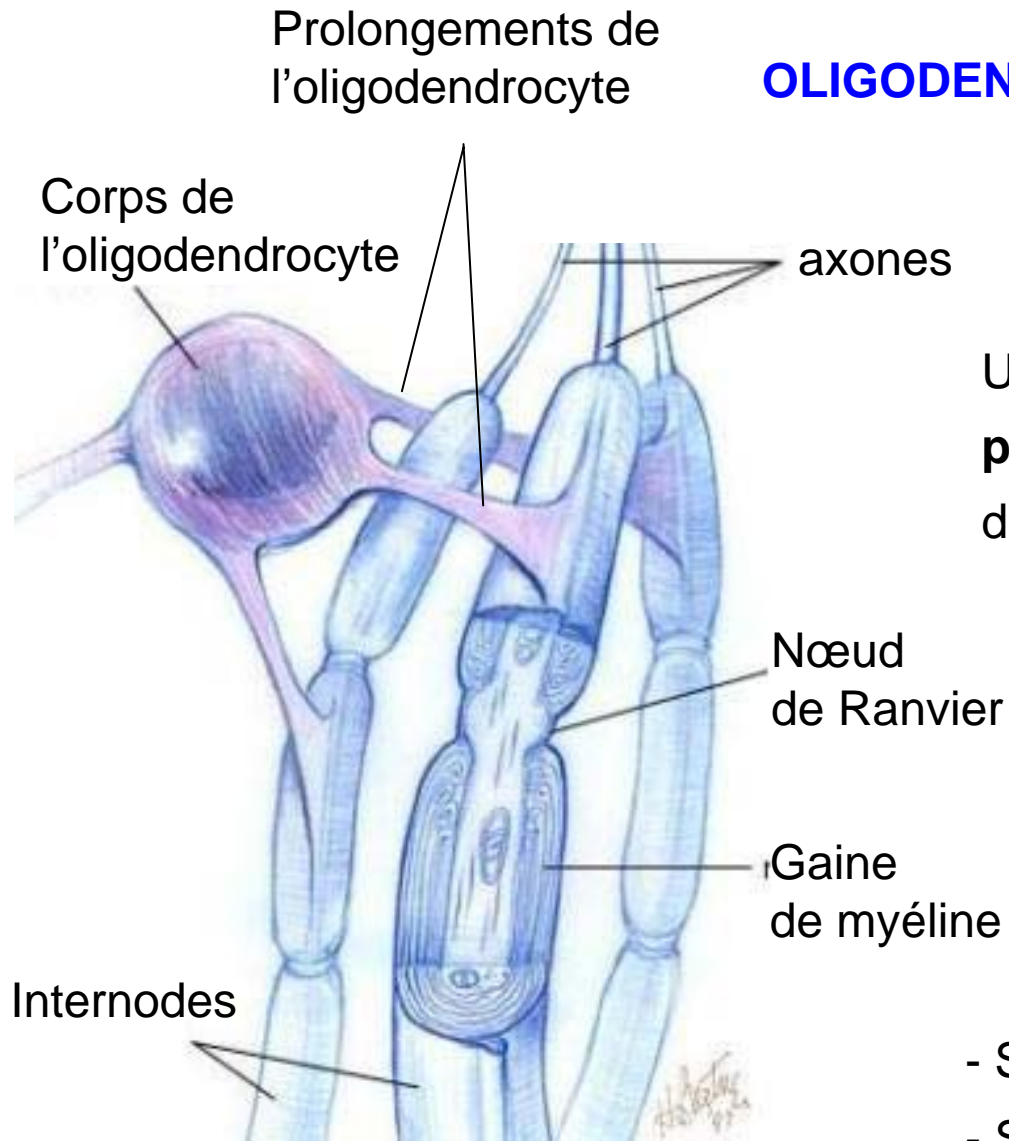
ASTROCYTES



Pieds vasculaires d'un astrocyte

Leur juxtaposition au niveau de la membrane basale séparant le tissu nerveux de la pie-mère forme le revêtement astrocytaire marginal du SNC (ou glia limitans) dont le rôle est structural.

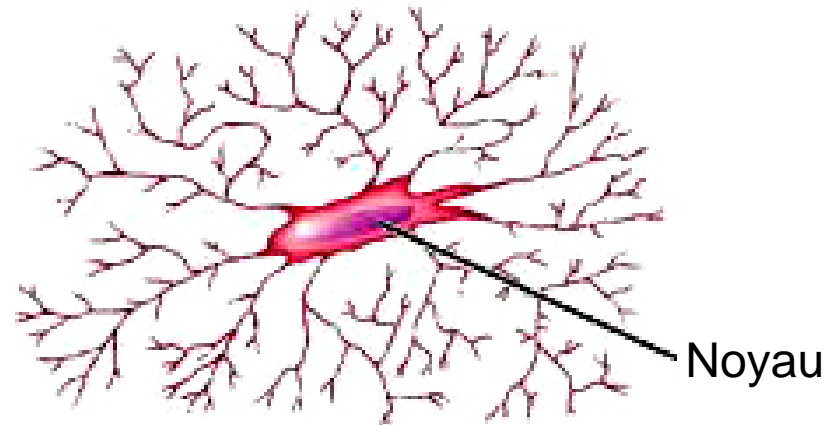
OLIGODENDROCYTES



Un **corps cellulaire** d'où partent des **prolongements** moins nombreux que ceux des astrocytes.

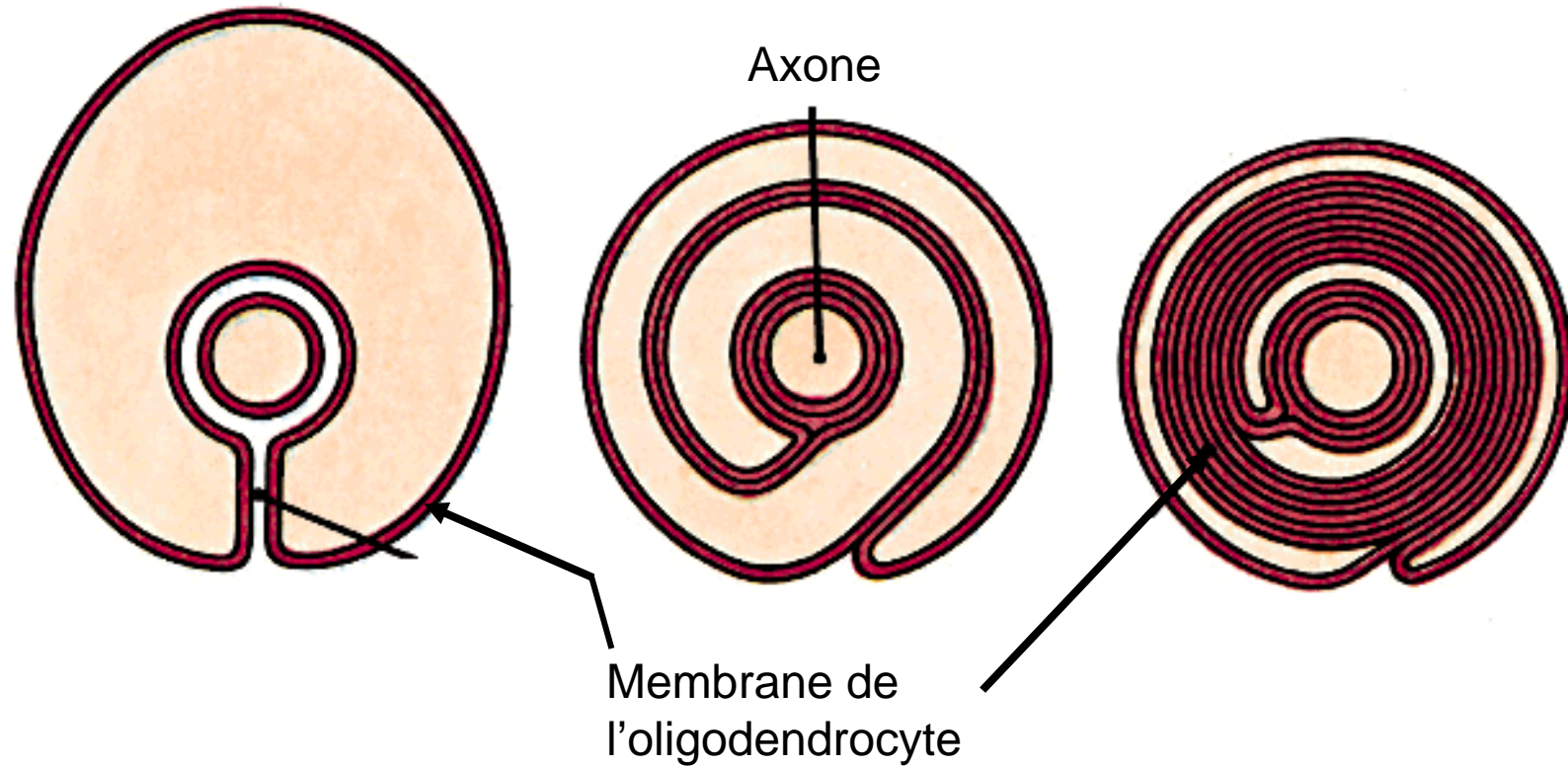
- Substance grise: rôle de soutien des neurones;
- Substance blanche (où ils sont plus nombreux)
élaborent la myéline du SNC.

MICROGLYOCYTES



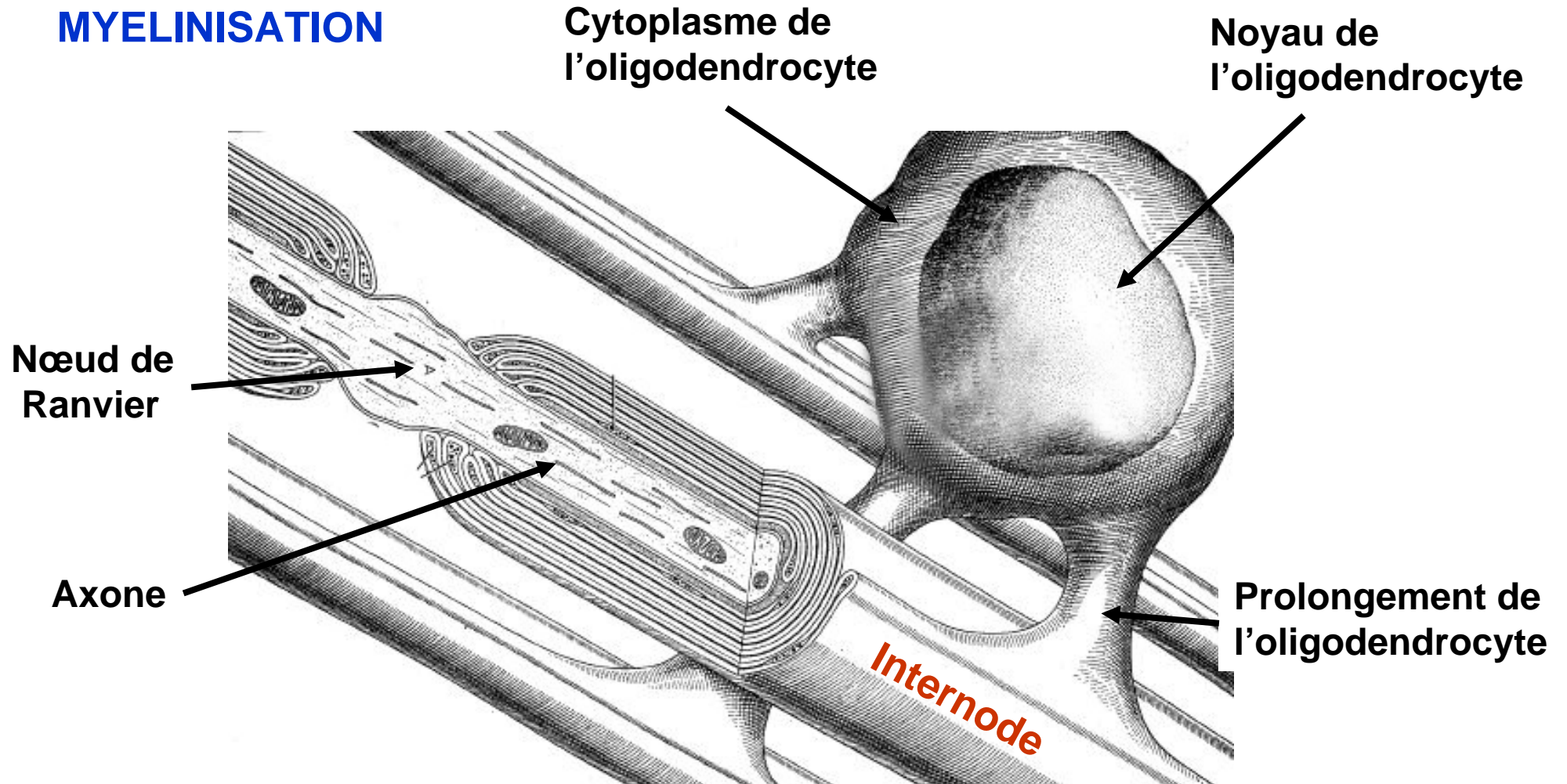
- Aussi nombreux dans la substance blanche que dans la substance grise;
- Proviennent des monocytes sanguins ayant pénétré dans le parenchyme du SNC;
- Peuvent, lors de lésions du tissu nerveux, se transformer en macrophages;
- Sont aussi les cellules présentatrices d'antigènes du SNC.

MYELINISATION



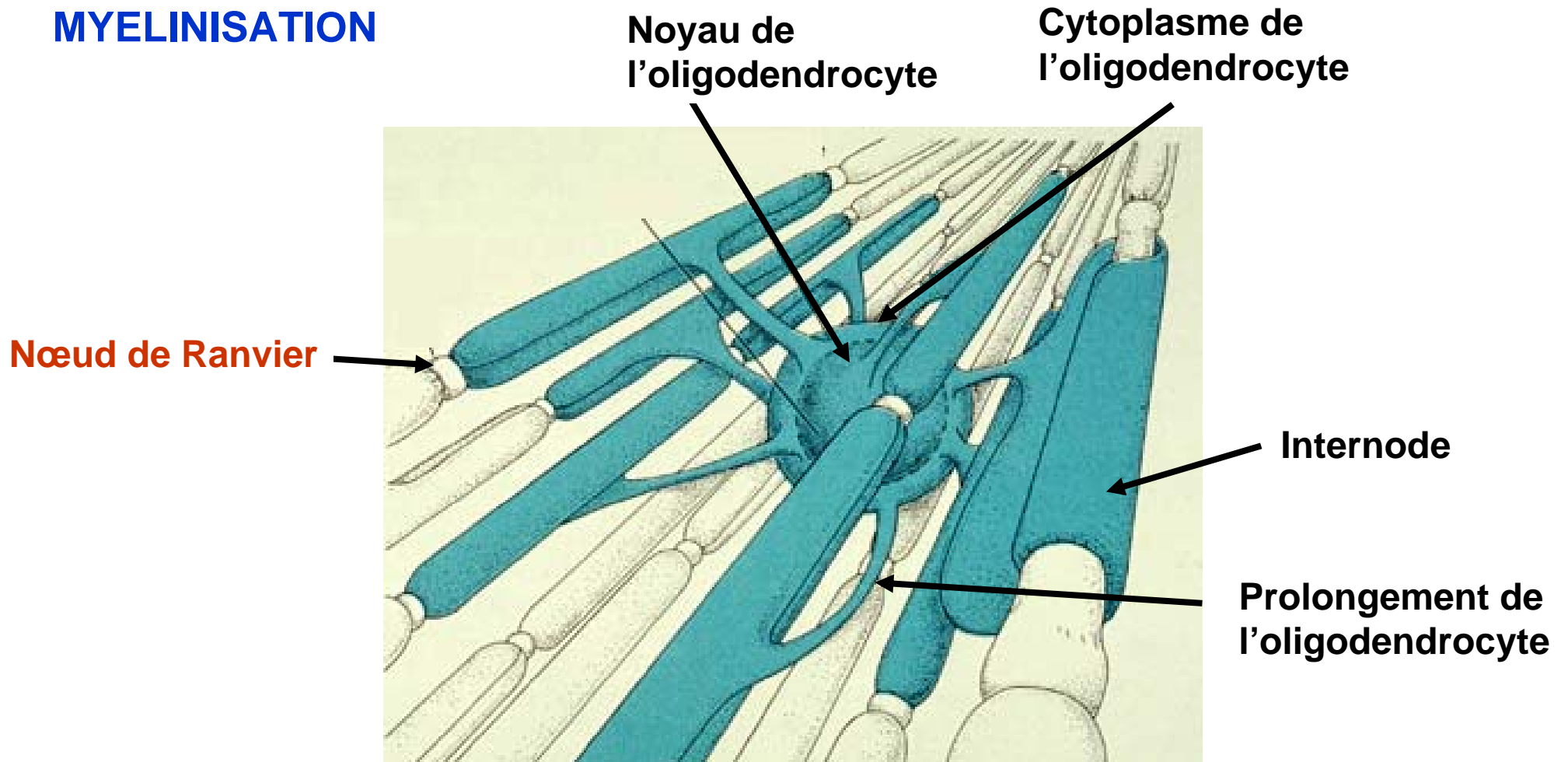
- La myéline est formée par **l'enroulement en spirale et par l'accolement des membranes plasmiques** des prolongements des oligodendrocytes autour des axones.
- Sa structure n'est visible qu'au ME.

MYELINISATION



Cet enroulement est à l'origine de couches membranaire superposées autour d'un segment de l'axone appelée **internode**

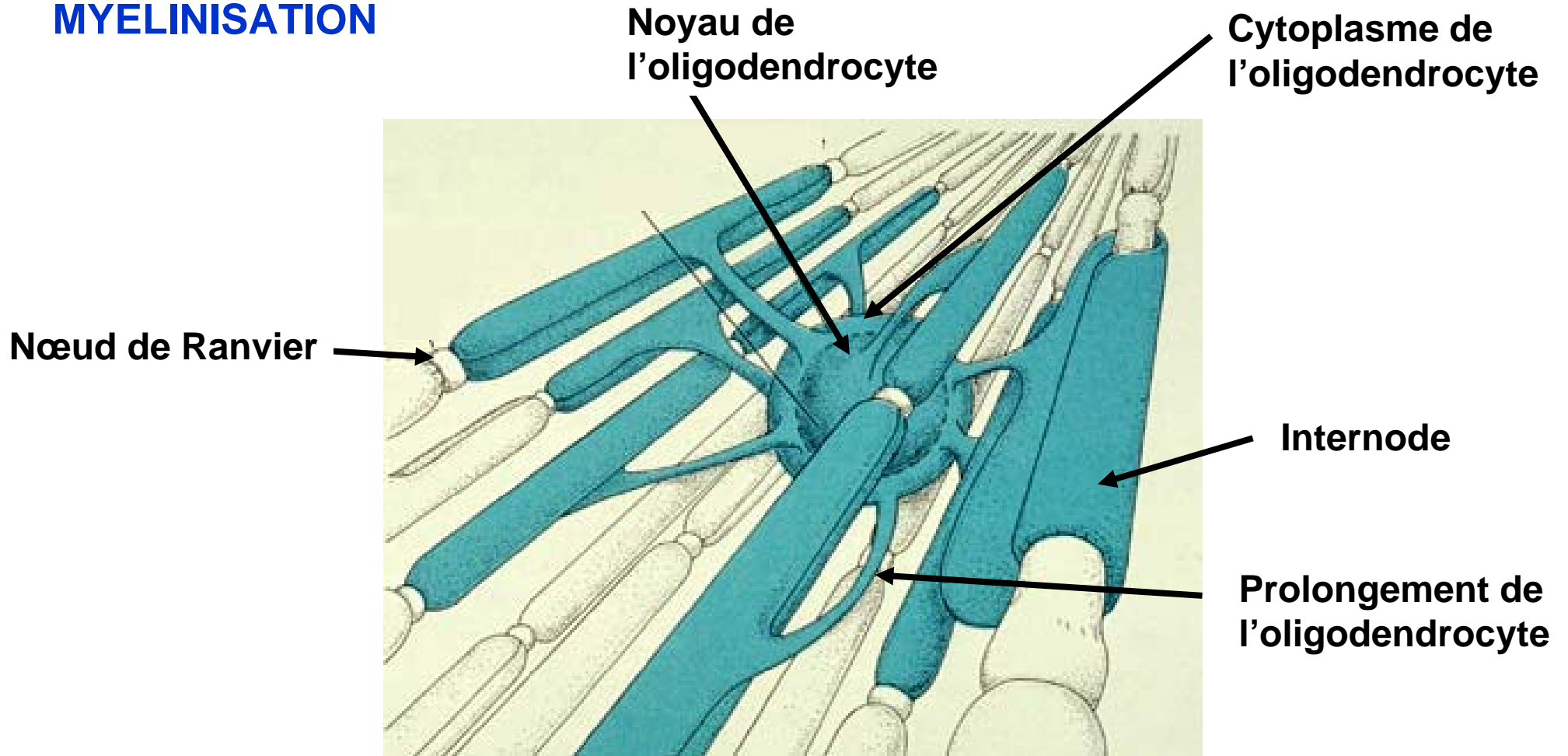
MYELINISATION



Les internodes sont séparés par les **nœuds de Ranvier**:

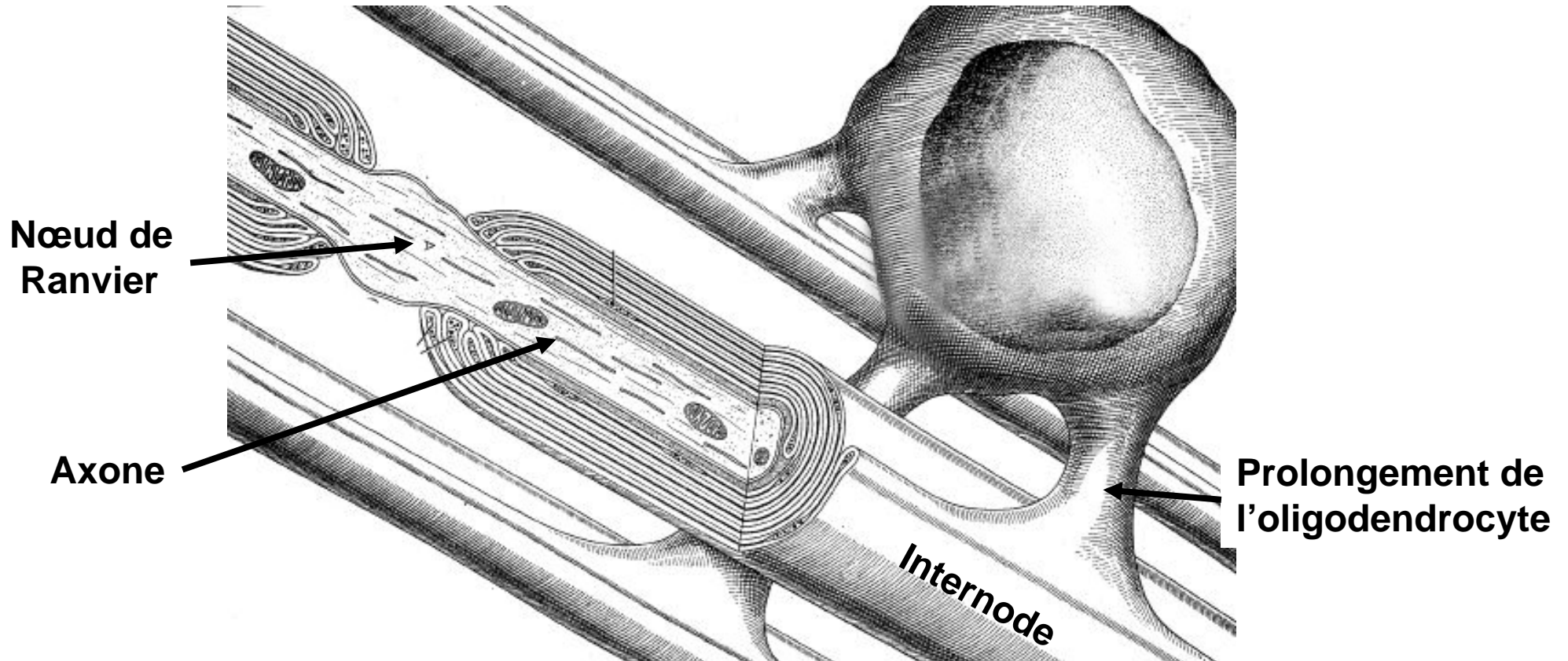
- dépourvus de myéline;
- au niveau desquels l'axone est entouré par des prolongements astrocytaires.

MYELINISATION



Les prolongements d'un oligodendrocyte s'enroulent autour de plusieurs axones : un oligodendrocyte myélinise en moyenne quarante internodes **situés sur différents axones**

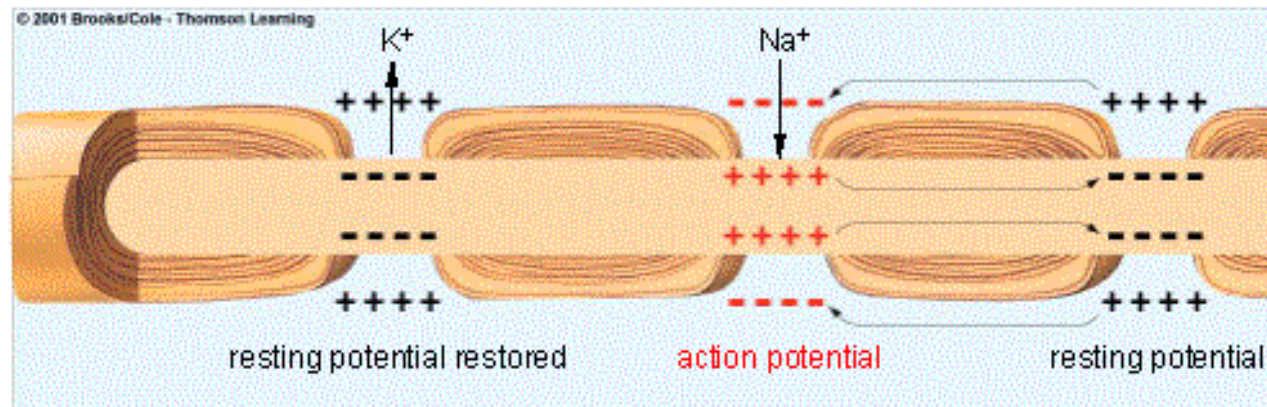
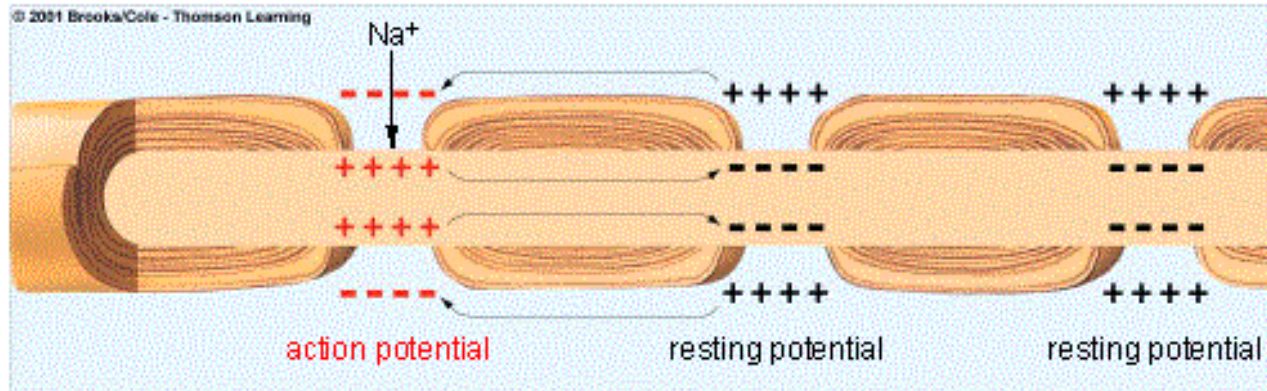
COMPOSITION CHIMIQUE DE LA MYELINE



70 % de lipides (cholestérol, phospholipides et glycolipides) et 30 % de protéines

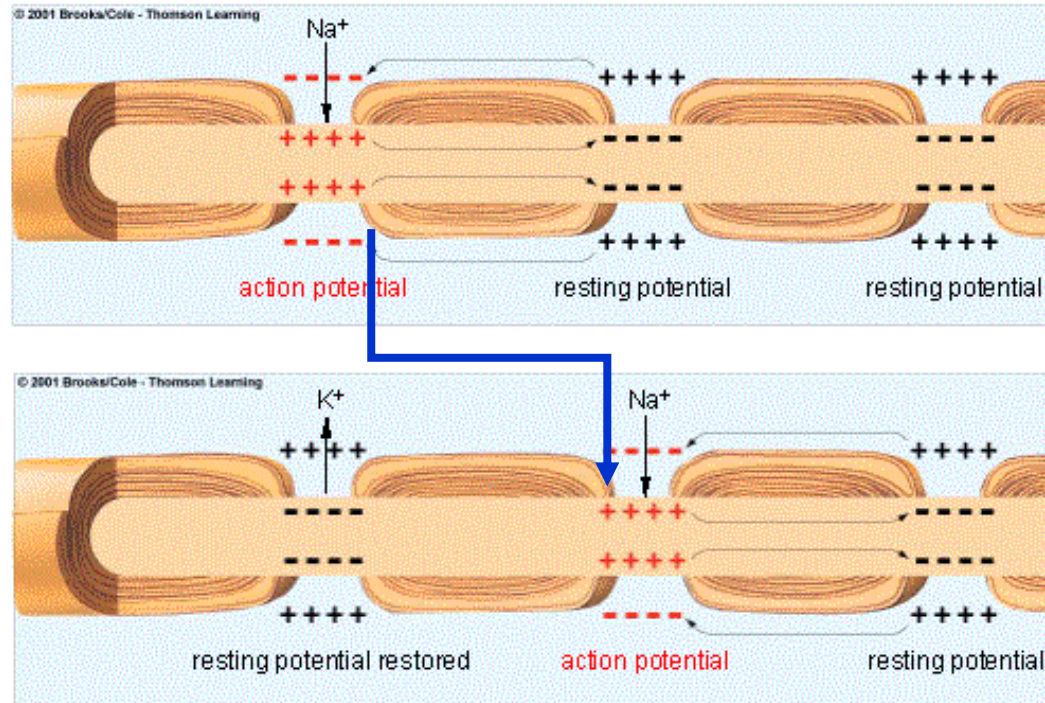
Cette richesse en lipides fait de la myéline un **isolant électrique**

HISTOPHYSIOLOGIE : la myélinisation des axones et la discontinuité de la gaine de myéline accélèrent la conduction de l'influx nerveux



- La myéline (= isolant électrique) bloque les mouvements d'ions
- Les nœuds de Ranvier, où sont concentrés les canaux ioniques à Na^+ et K^+ de l'axone, constituent les lieux du déclenchement des potentiels d'action.

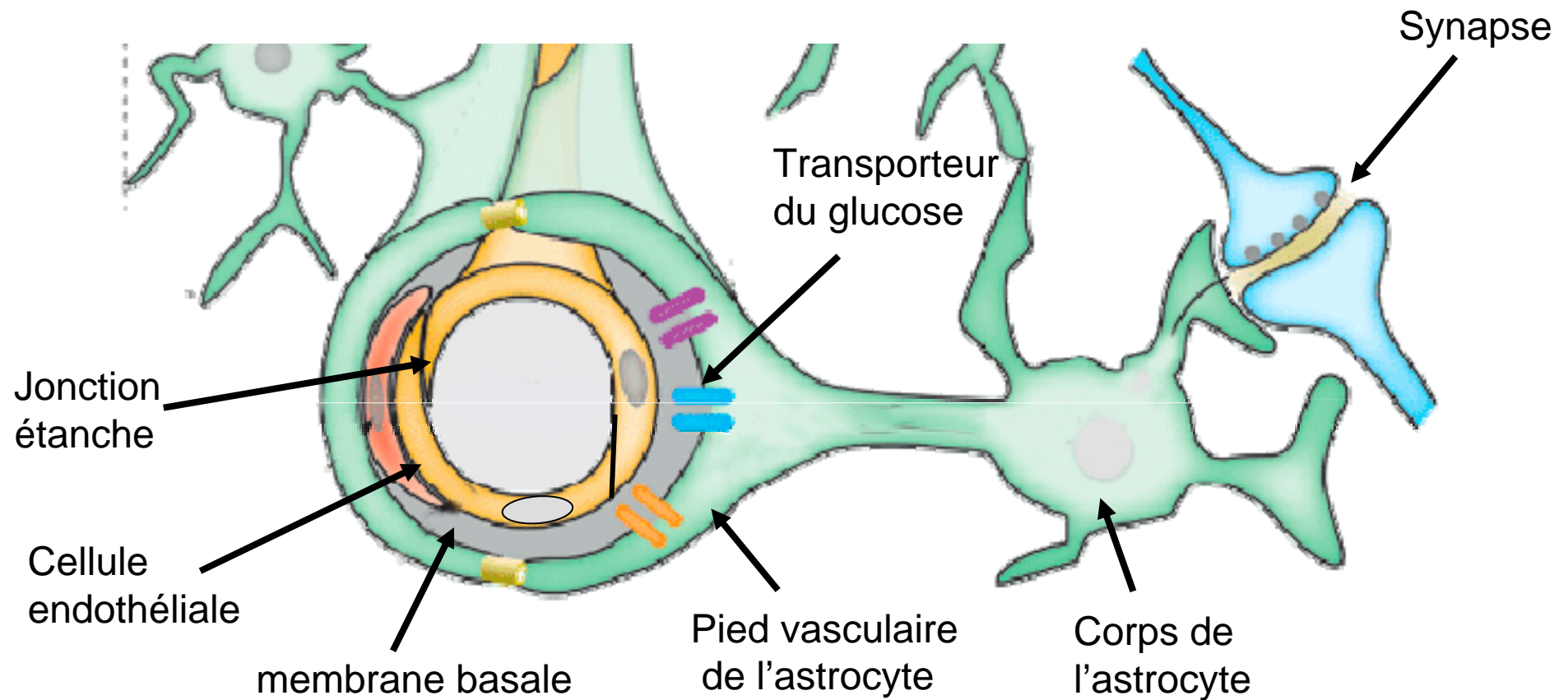
HISTOPHYSIOLOGIE : la myélinisation des axones et la discontinuité de la gaine de myéline accélèrent la conduction de l'influx nerveux



La propagation des potentiels d'action s'effectue par saut d'un noeud de Ranvier à l'autre = **conduction saltatoire** augmentant grandement la vitesse de conduction des axones.

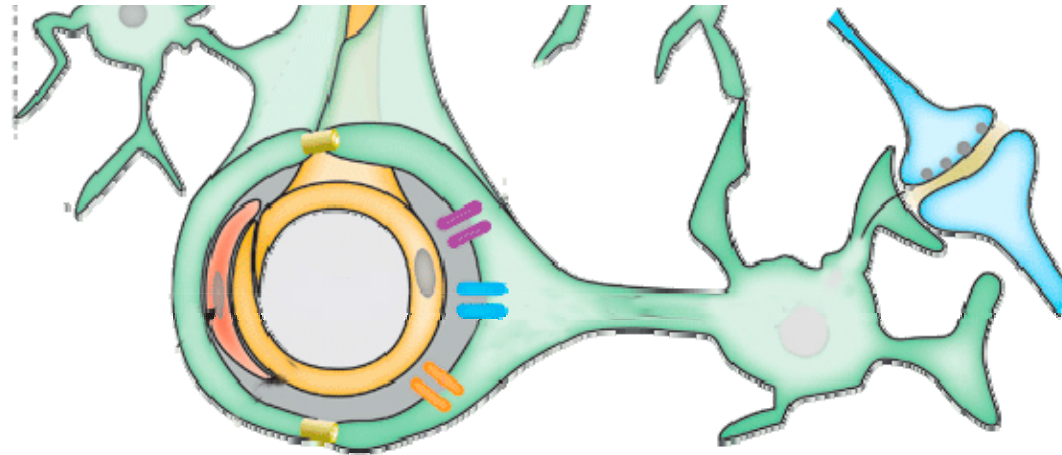
Les axones les plus larges ont les gaines de myéline les plus épaisses, les internodes les plus longs, la vitesse de conduction la plus élevée.

LES CAPILLAIRES DU SNC: STRUCTURE



- Leurs cellules endothéliales:
- sont unies par des **jonctions étanches continues**
- sont complètement entourées par une membrane basale et par les pieds vasculaires des astrocytes.

FONCTION DES CAPILLAIRES DU SNC : LA BARRIÈRE HÉMATO-ENCÉPHALIQUE



- Barrière anatomique principalement assurée par les **jonctions étanches continues des cellules endothéliales des capillaires**
- **Empêche le libre passage des substances hydrosolubles** du sang au liquide extracellulaire de la substance grise → ces molécules doivent utiliser des transporteurs membranaires (transporteurs du glucose, d'acides aminés ect...) pour pénétrer dans le cerveau.
- Les pieds vasculaires des astrocytes participent accessoirement à cette barrière: tous les échanges des neurones avec le sang s'effectuent par l'intermédiaire des astrocytes

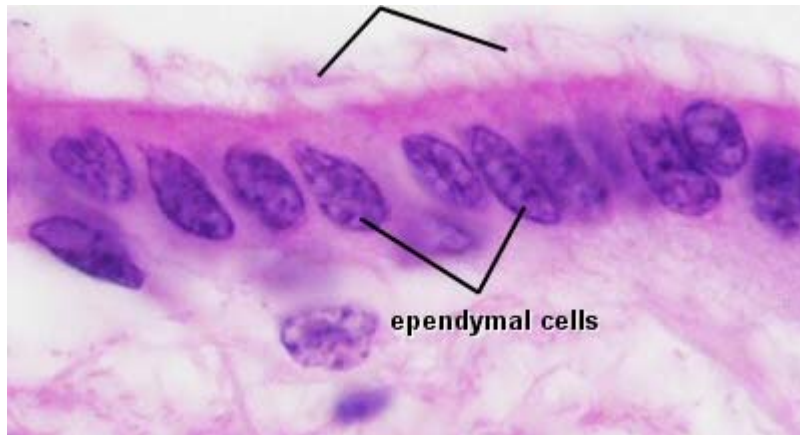
EPENDYMOCYTES



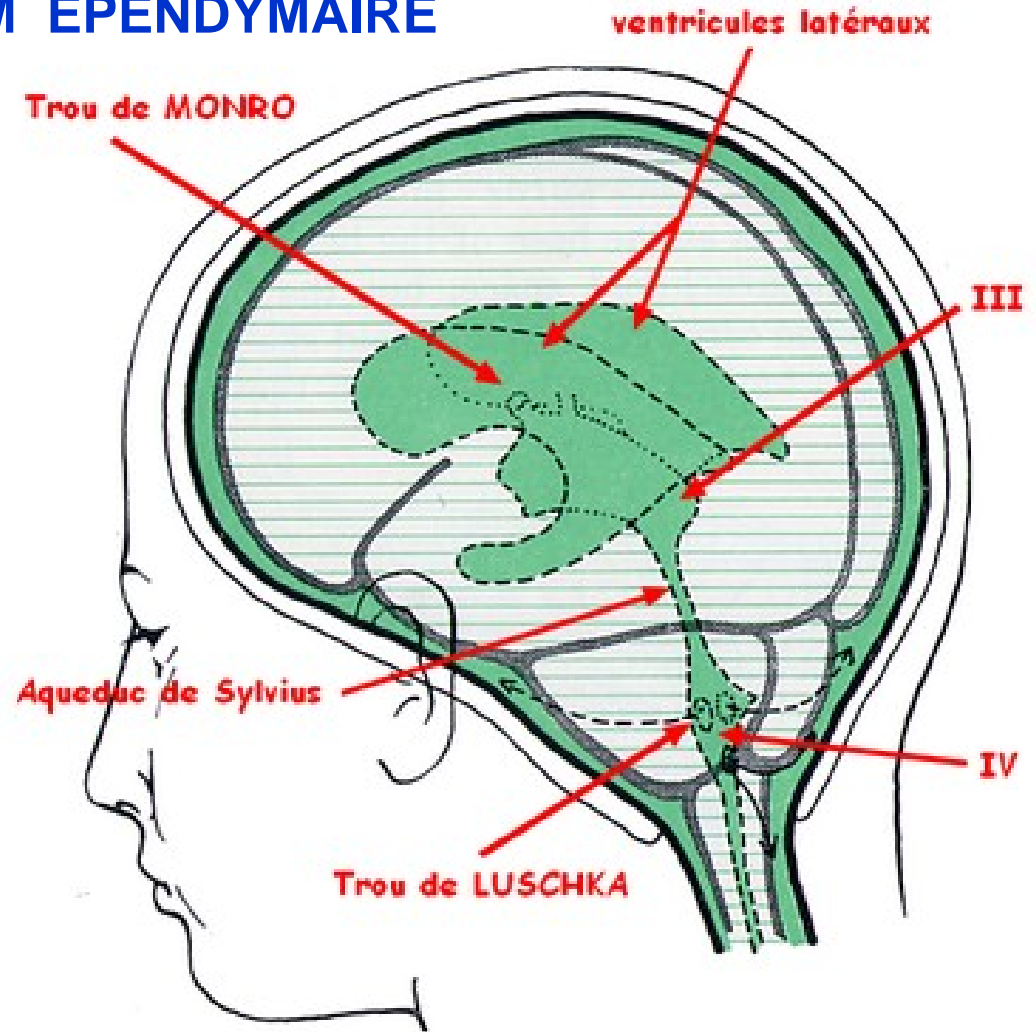
Moulage des ventricules cérébraux

Les **épendymocytes** (ou **cellules épendymaires**) forment le revêtement des cavités ventriculaires du SNC (**ventricules latéraux**, **troisième ventricule**, **aqueduc de Sylvius**, **quatrième ventricule**, canal de l'épendyme) et jouent un rôle dans les échanges entre le LCR et le SNC

EPITHELIUM EPENDYMAIRE

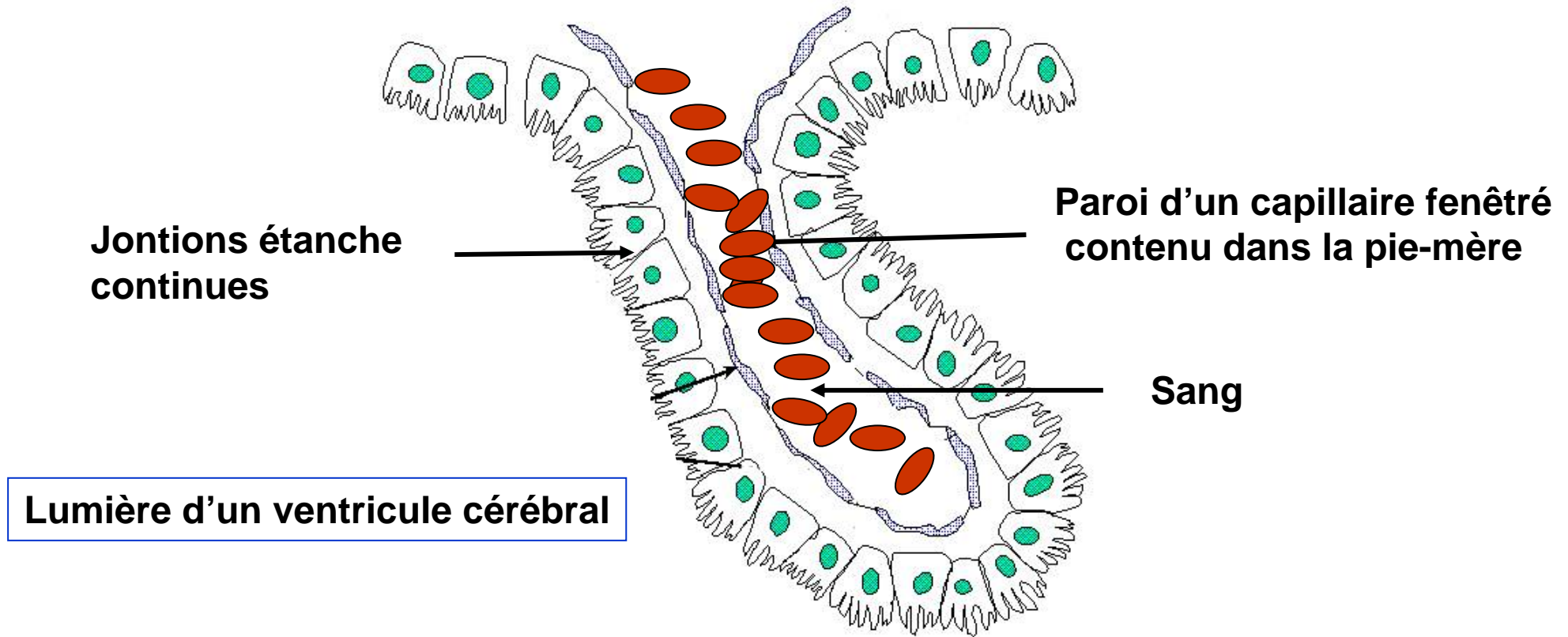


Les **épendymocytes** forment un épithélium simple, cubique ou prismatique
Leur pôle apical présente des cils et des microvillosités



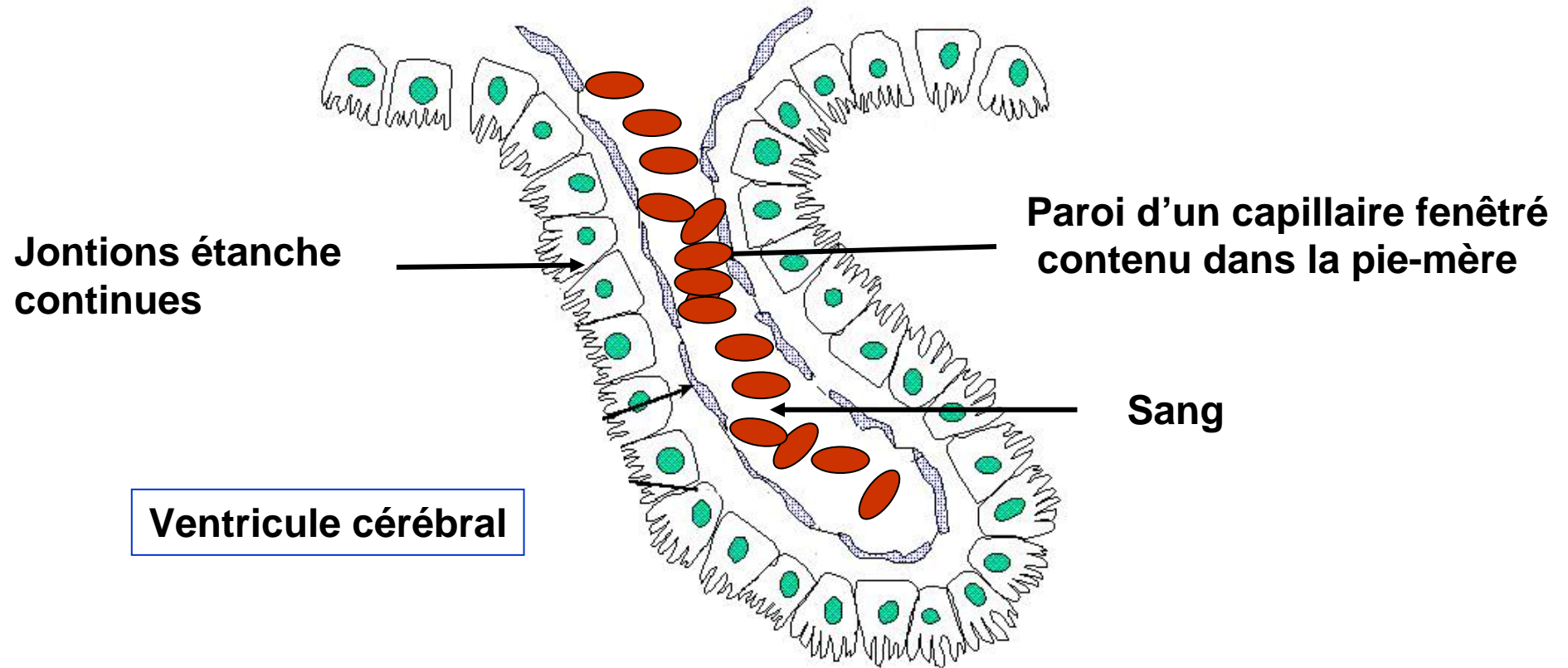
- L'épithélium épendymaire règle les mouvements d'eau entre **le liquide céphalo-rachidien (LCR)**; contenu dans les ventricules cérébraux) et le liquide extracellulaire SNC (localisé entre les cellules du tissu nerveux).

EPITHELIUM EPENDYMAIRE ET PLEXUS CHOROÏDES



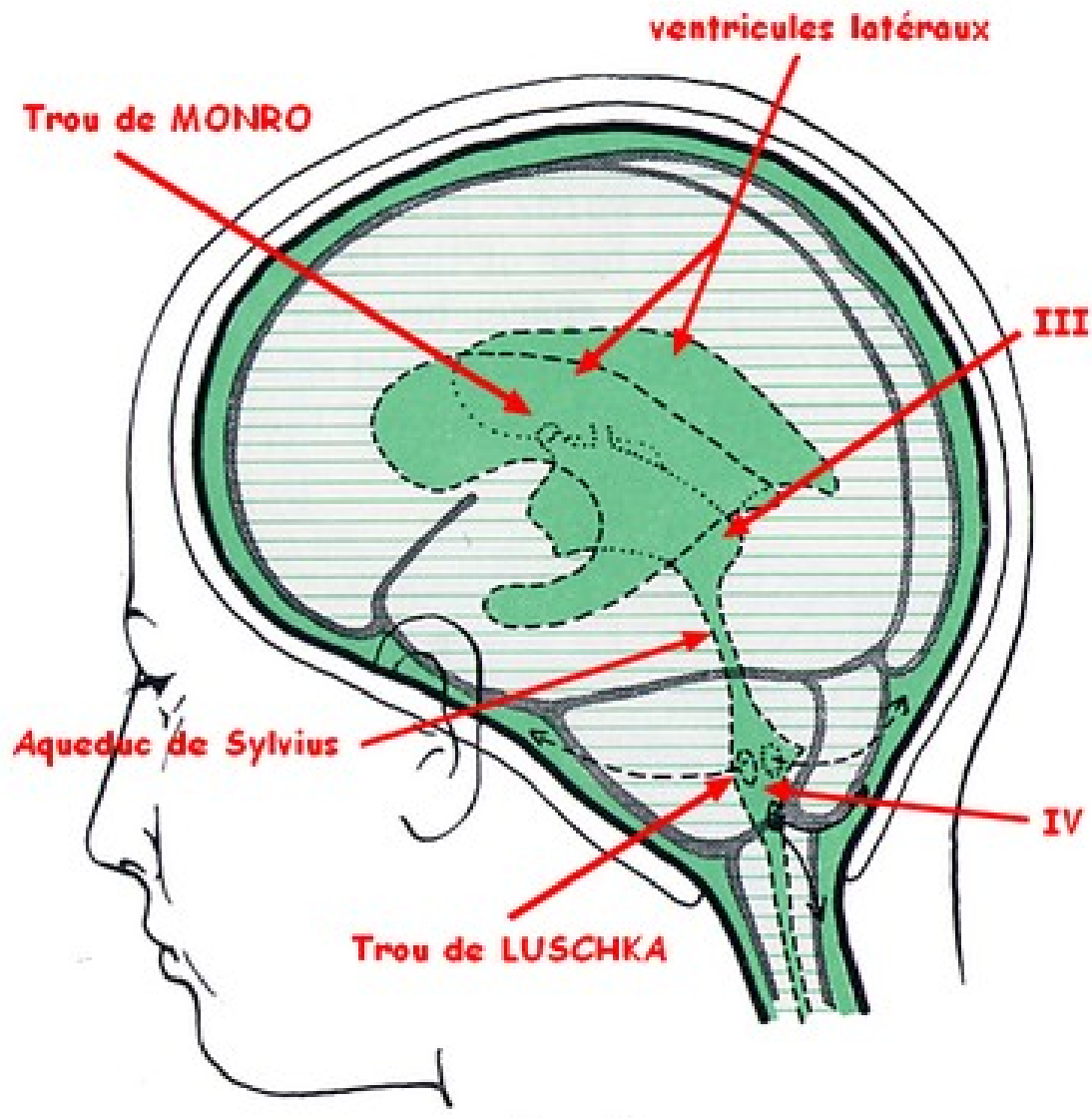
L'épithélium épendymaire doublé par la pie-mère (= tissu conjonctif lâche très vascularisé) forme des projections locales dans les ventricules cérébraux, les **plexus choroïdes**.

PLEXUS CHOROÏDES ET LCR



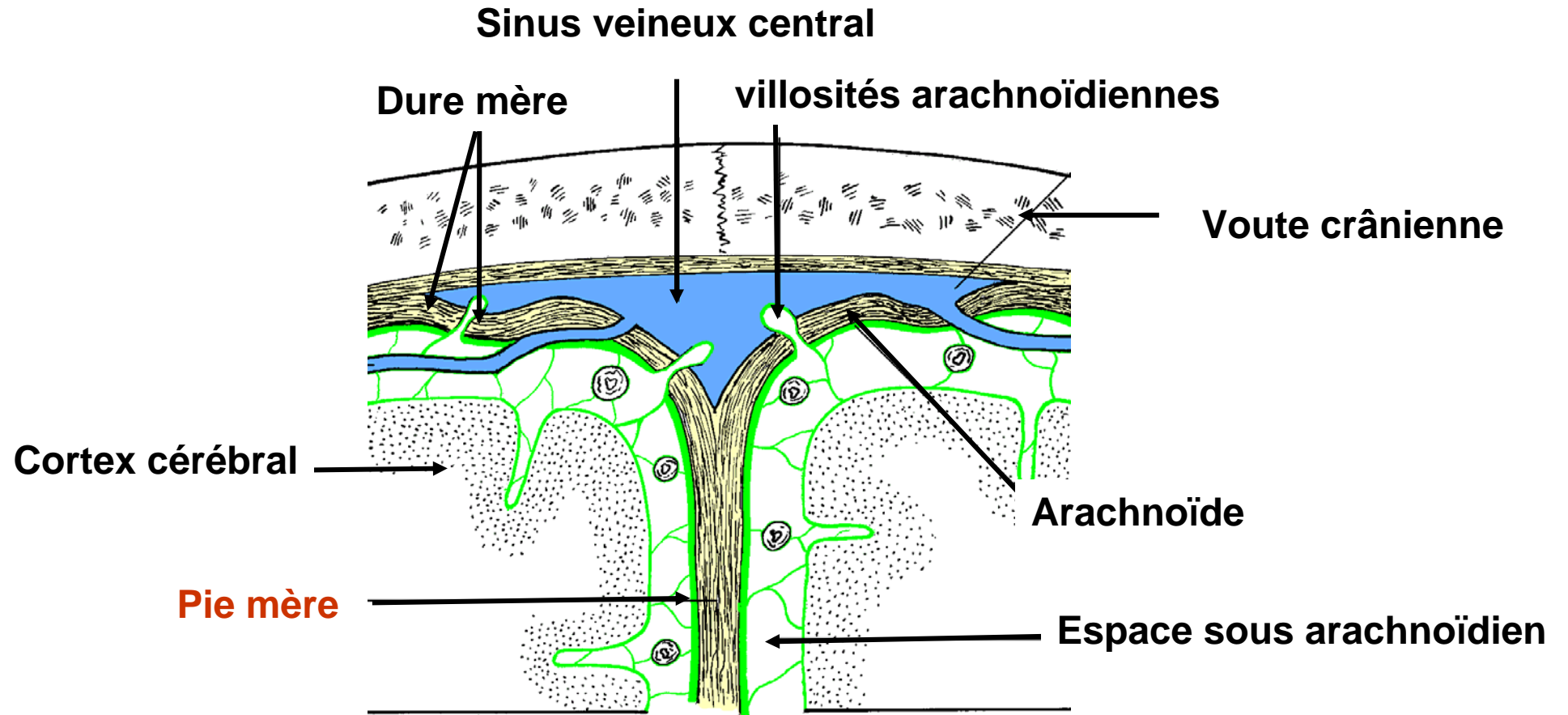
- Les plexus choroïdes sont spécialisés dans la sécrétion du LCR, un ultrafiltrat du plasma sanguin
- A leur niveau, les cellules épendymaires sont unies par des **jonctions serrées continues** qui forment la **barrière sang-LCR**

PLEXUS CHOROÏDES ET LCR



Le LCR sort des ventricules cérébraux par 3 orifices ménagés dans le toit du 4^e ventricule (les 2 **orifices latéraux de Luschka** et l'**orifice médian de Magendie**).

PLEXUS CHOROÏDES ET LCR



- Le LCR circule ensuite dans les **espaces sous-arachnoïdiens** (péricérébraux) et est résorbé au niveau des **villosités arachnoïdiennes** (= granulations de Pacchioni), projections de l'arachnoïde dans le sang veineux (à travers la dure mère)
- Les villosités arachnoïdiennes drainent le LCR vers le système veineux.



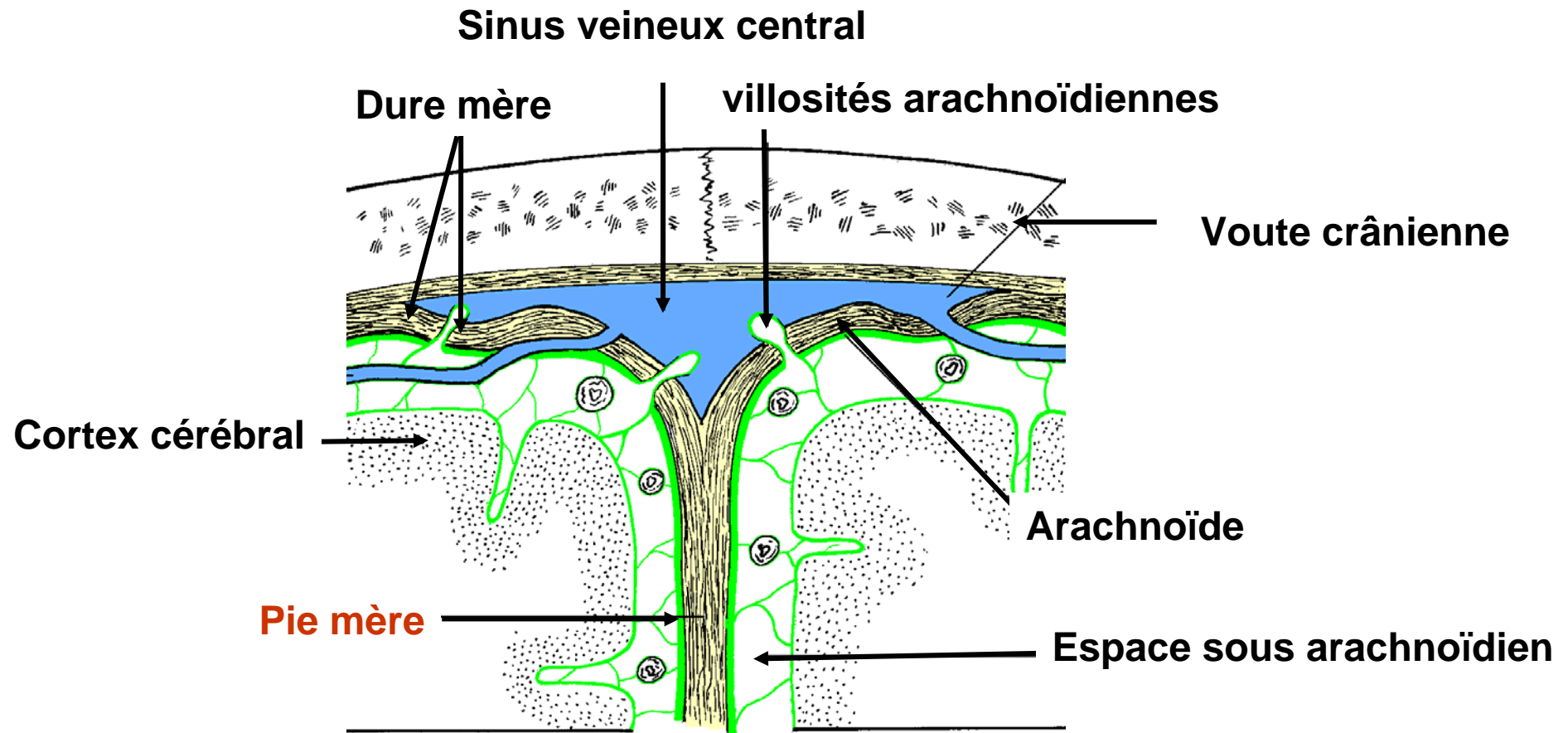
*Service de Biologie
de la Reproduction*



MENINGES

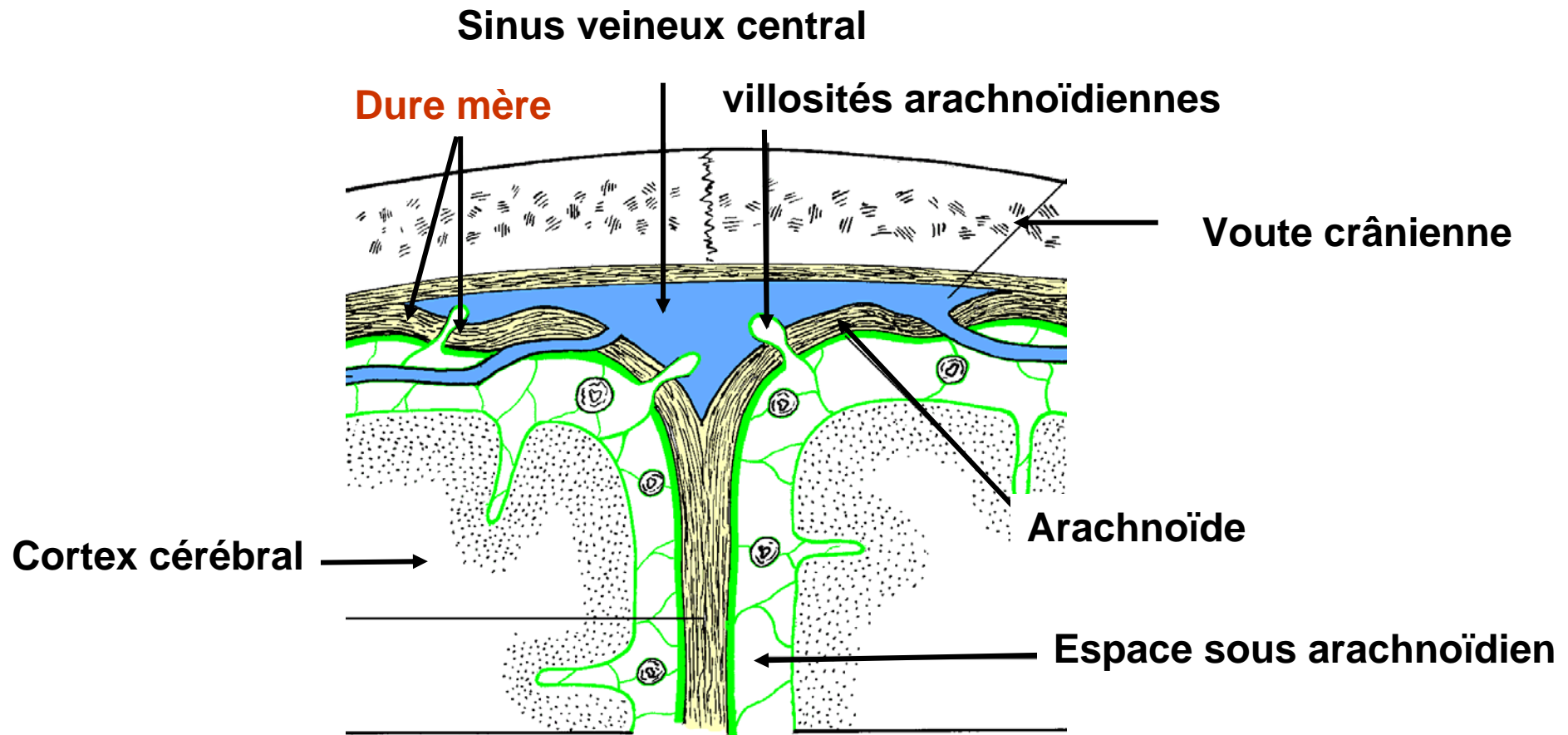
- Enveloppes conjonctives du SNC;
- Comprennent de dehors en dedans: la **dure-mère**,
l'arachnoïde et la pie-mère;
- Enveloppent intégralement le cerveau et la moelle épinière.

MENINGES: DURE MÈRE



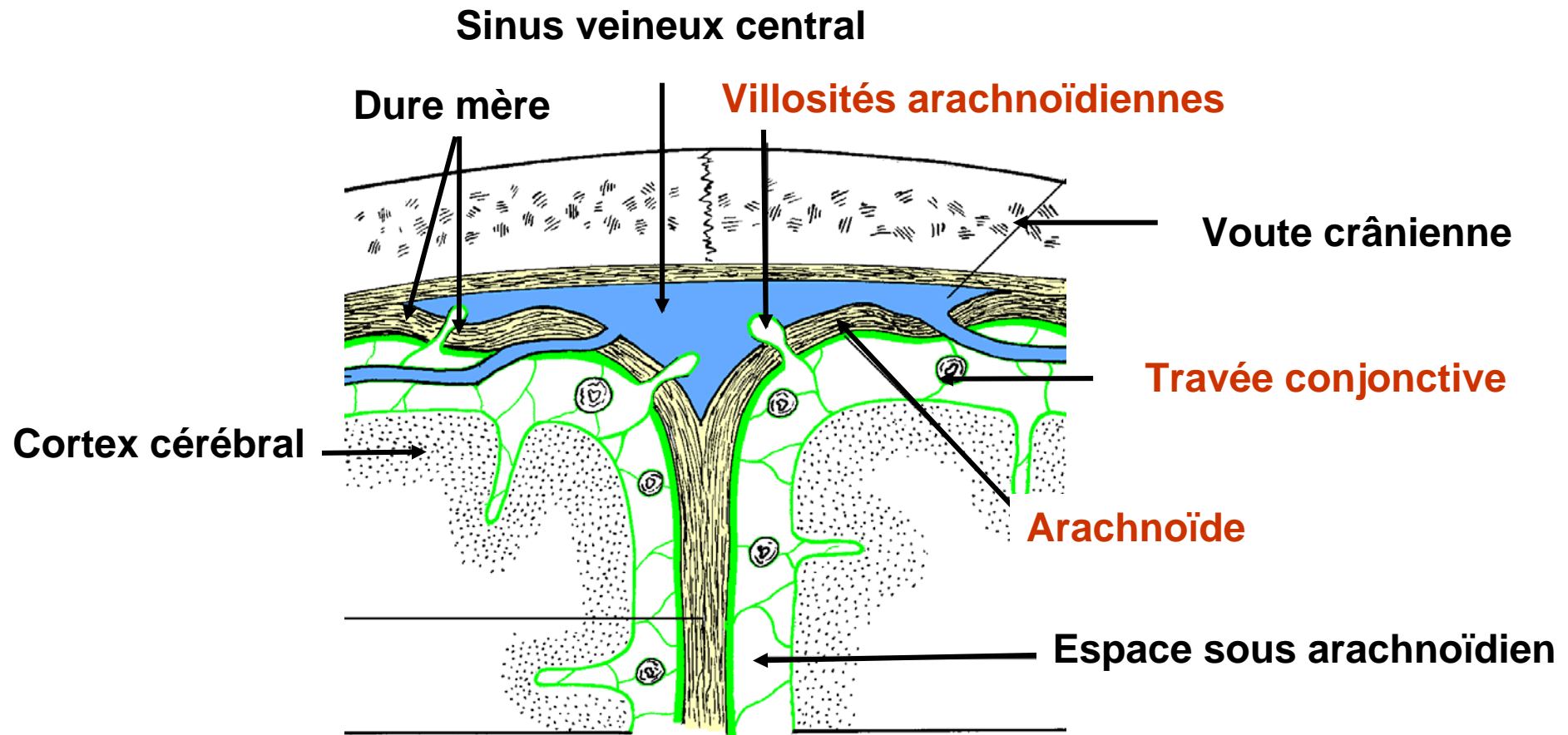
- Tissu conjonctif dense très résistant, inextensible, de couleur blanc nacré
- Situé immédiatement sous l'os (**dure mère =méninge externe**)

MENINGES: DURE MÈRE



- Au niveau du crâne : elle se poursuit dans le **périoste**
- Au niveau du rachis (colonne vertébrale) : **l'espace épidural** contient de la graisse et des veines.
- Elle se termine par un cul de sac au niveau de la deuxième vertèbre sacrée (S2).
- Au-delà, elle se prolonge par le **ligament coccygien** qui s'insère sur le coccyx.

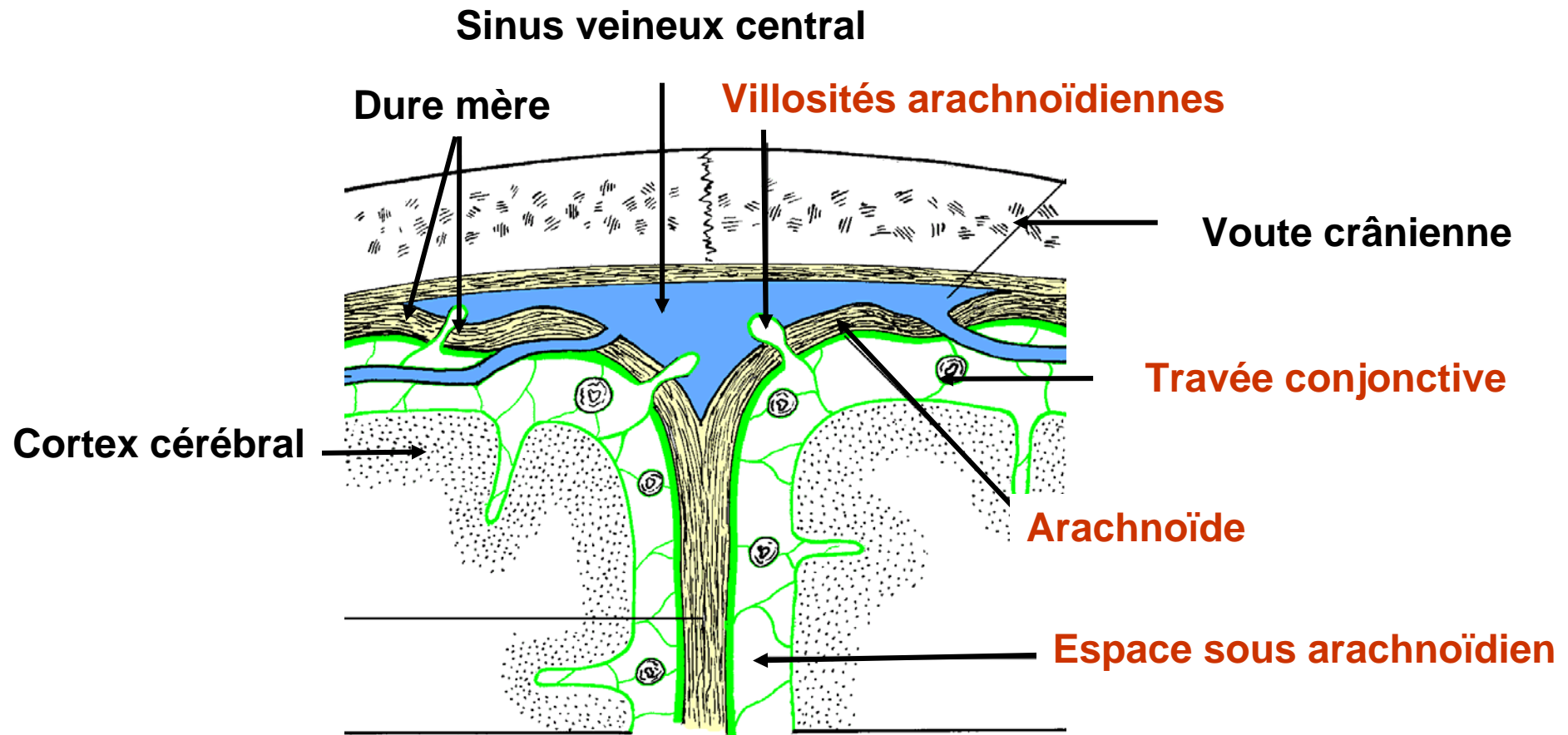
MENINGES: ARACHNOÏDE



L'arachnoïde = tissu conjonctif lâche dépourvu de vaisseaux sanguins

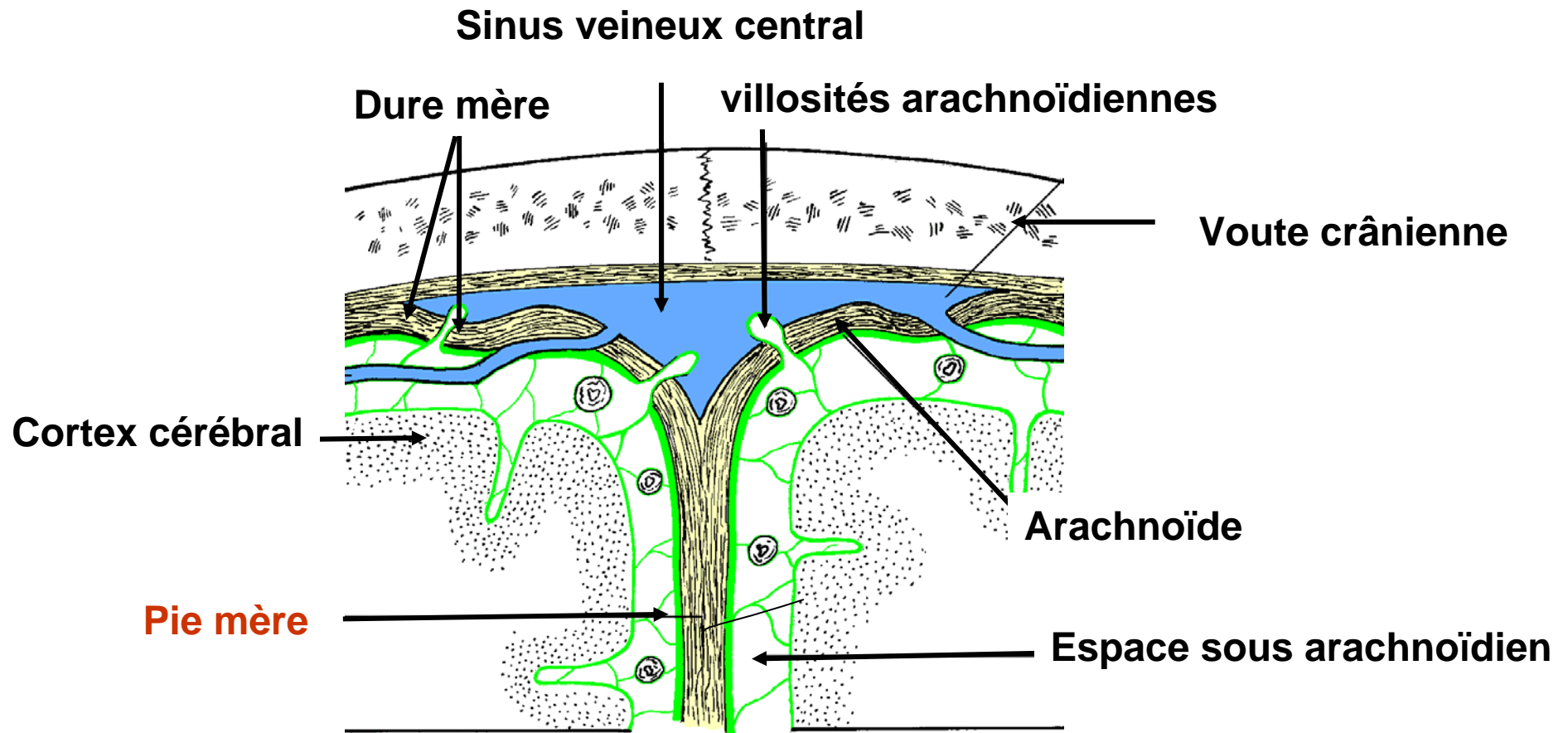
- tapissant la face interne de la dure-mère au niveau du crâne,
- séparée de la dure-mère par l'espace épidural au niveau du rachis.

MENINGES: ARACHNOÏDE



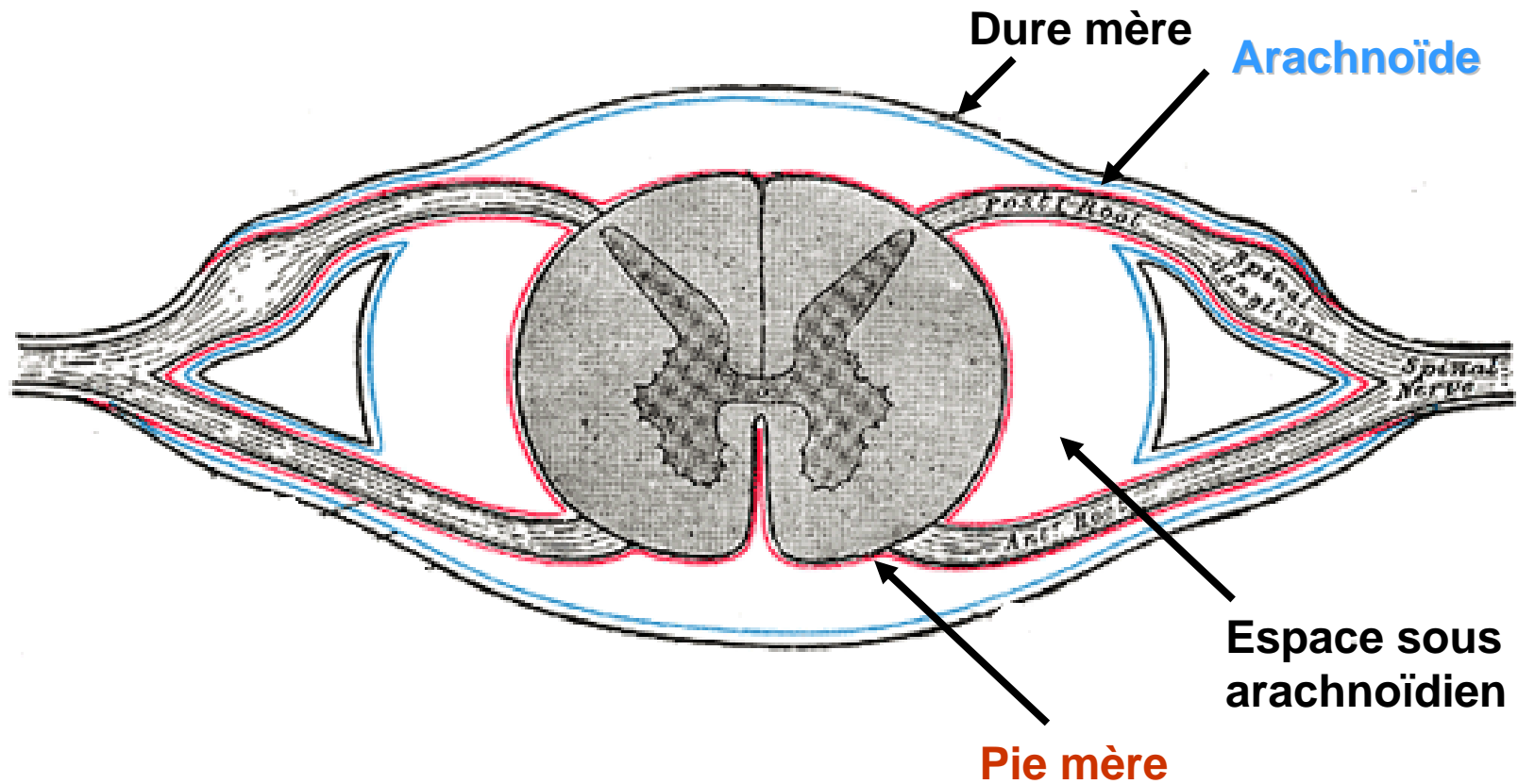
- Envoie des travées conjonctives jusqu'à la pie-mère qui délimitent l'**espace sous-arachnoïdien** contenant du LCR
- Fournit les systèmes de résorption du liquide céphalorachidien (= **granulations de Pacchioni**) le long du sinus veineux central

MENINGES: PIE MÈRE



Tissu conjonctif lâche et très vascularisé, adhérant à la surface du cerveau.

MENINGES: FONCTIONS



Avec:

- le crâne et le rachis
- le LCR

Les méninges protègent le système nerveux central

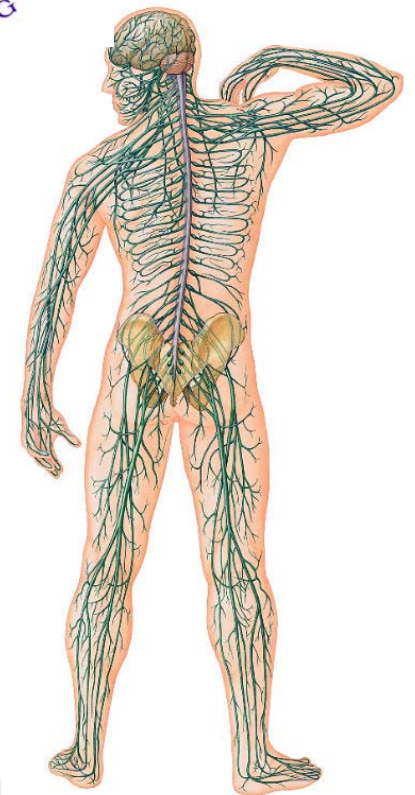


*Service de Biologie
de la Reproduction*



SYSTÈME NERVEUX PERIPHERIQUE

1. Nerfs
2. Ganglions nerveux



Manuel MARK

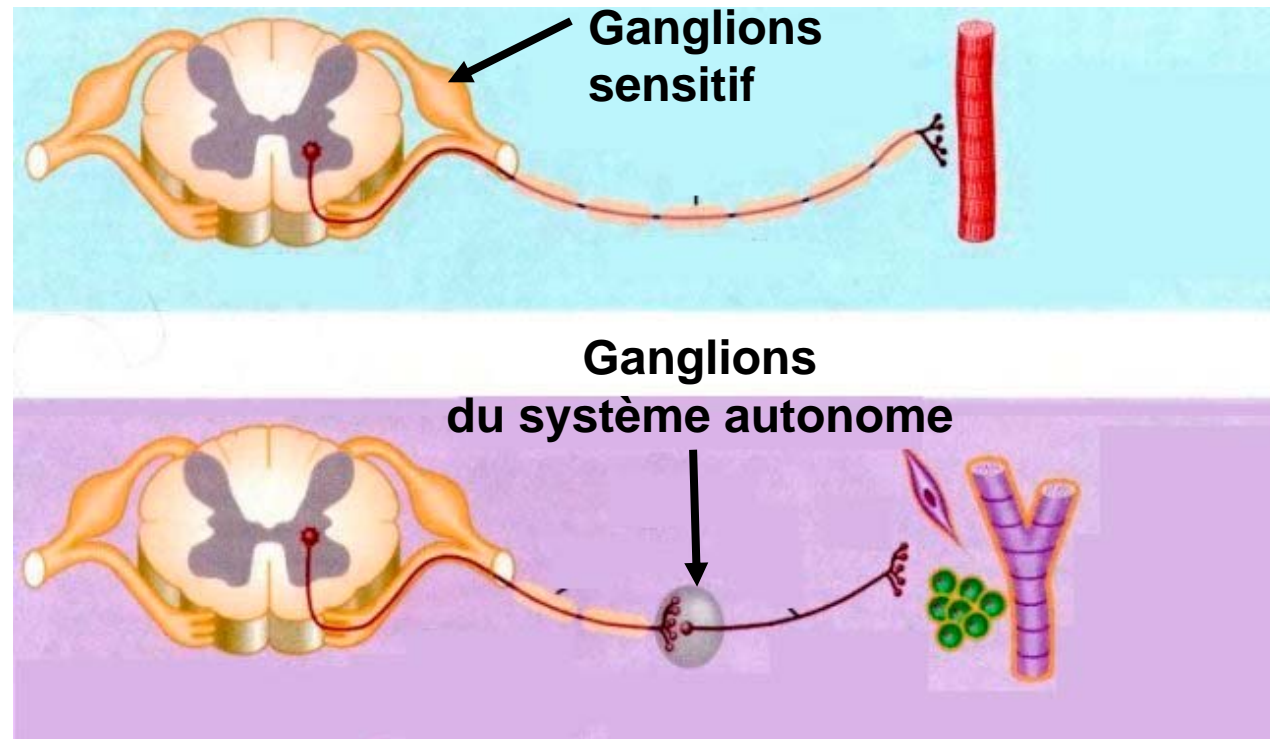
Institut d'Embryologie

Faculté de Médecine et Hôpital Universitaire de Strasbourg

Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire

INTRODUCTION

Le SNP est constitué des ganglions nerveux et des nerfs

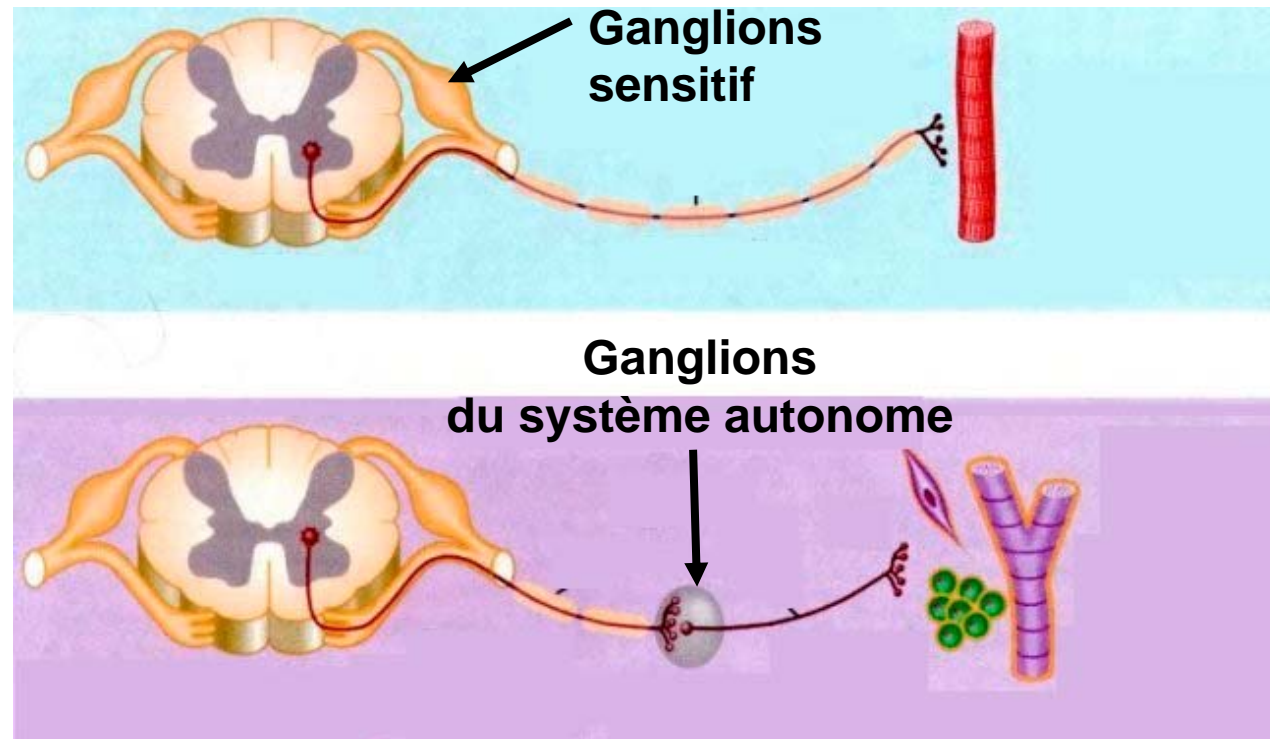


Les axones formant les **nerfs périphériques** partent de corps cellulaires localisés:

- dans les **colonnes ventrales de la moelle épinière**;
- dans les **noyaux des moteurs des nerfs crâniens** situés dans la substance grise du tronc cérébral;
- dans des **ganglions nerveux (sensitifs ou du système nerveux autonome)**.

INTRODUCTION

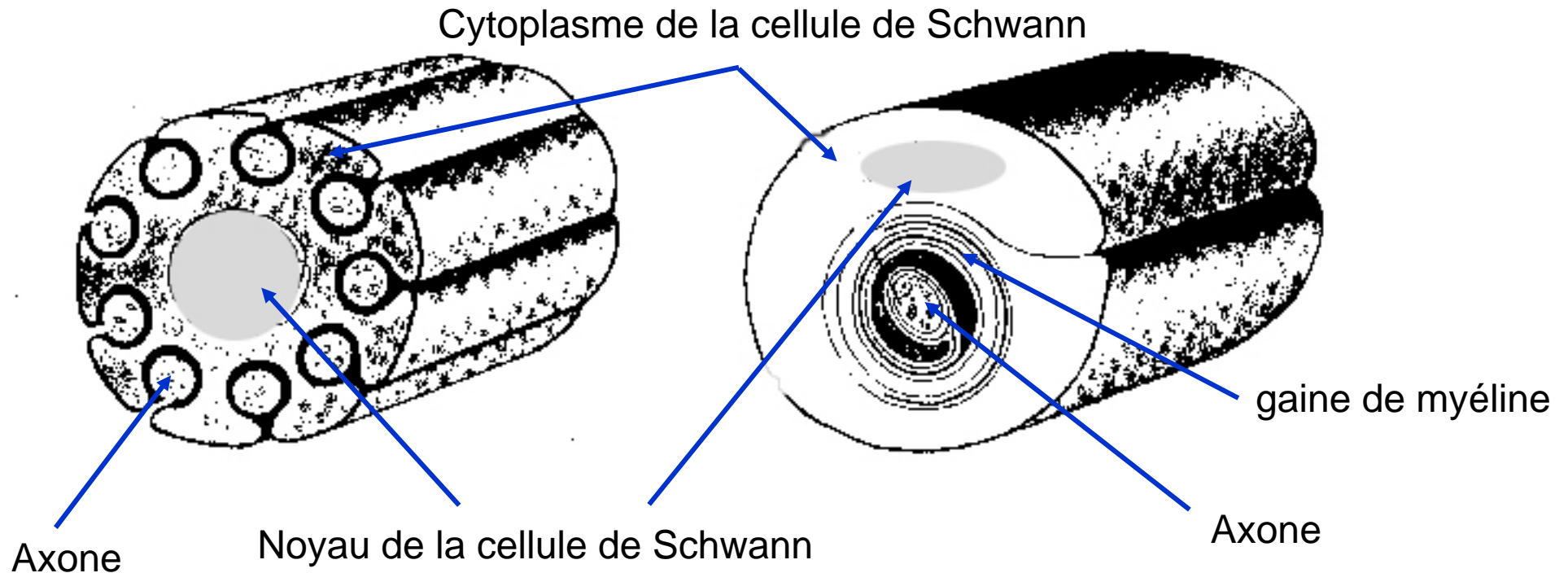
Le SNP est constitué des ganglions nerveux et des nerfs



Les **cellules gliales du SNP** sont de 2 types:

- **Les cellules de Schwann** entourent les axones (myélinisés ou non) des nerfs périphériques. **L'ensemble axone(s) + cellules de Schwann = une fibre nerveuse périphérique;**
- **Les cellules gliales satellites** (dans les ganglions nerveux).

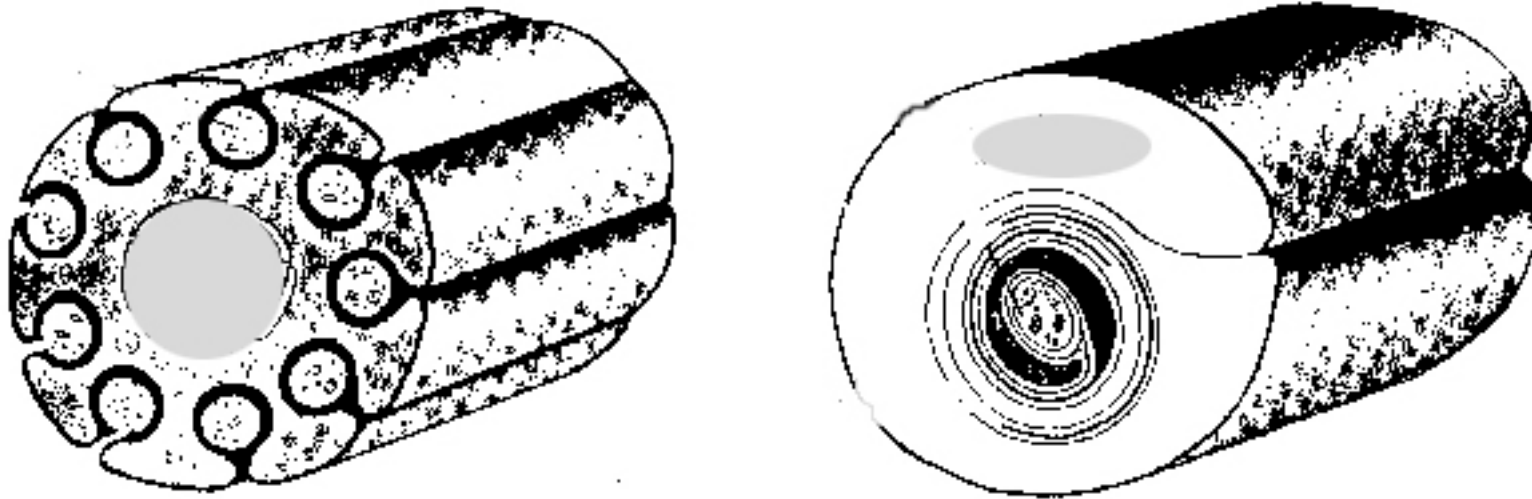
LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE.



Les cellules de Schwann:

- sont le **support structural et métabolique des axones du SNP**;
- possèdent un noyau ovalaire et un cytoplasme contenant les organites habituels de la cellule;
- sont limitées par une membrane plasmique et revêtues d'une membrane basale.

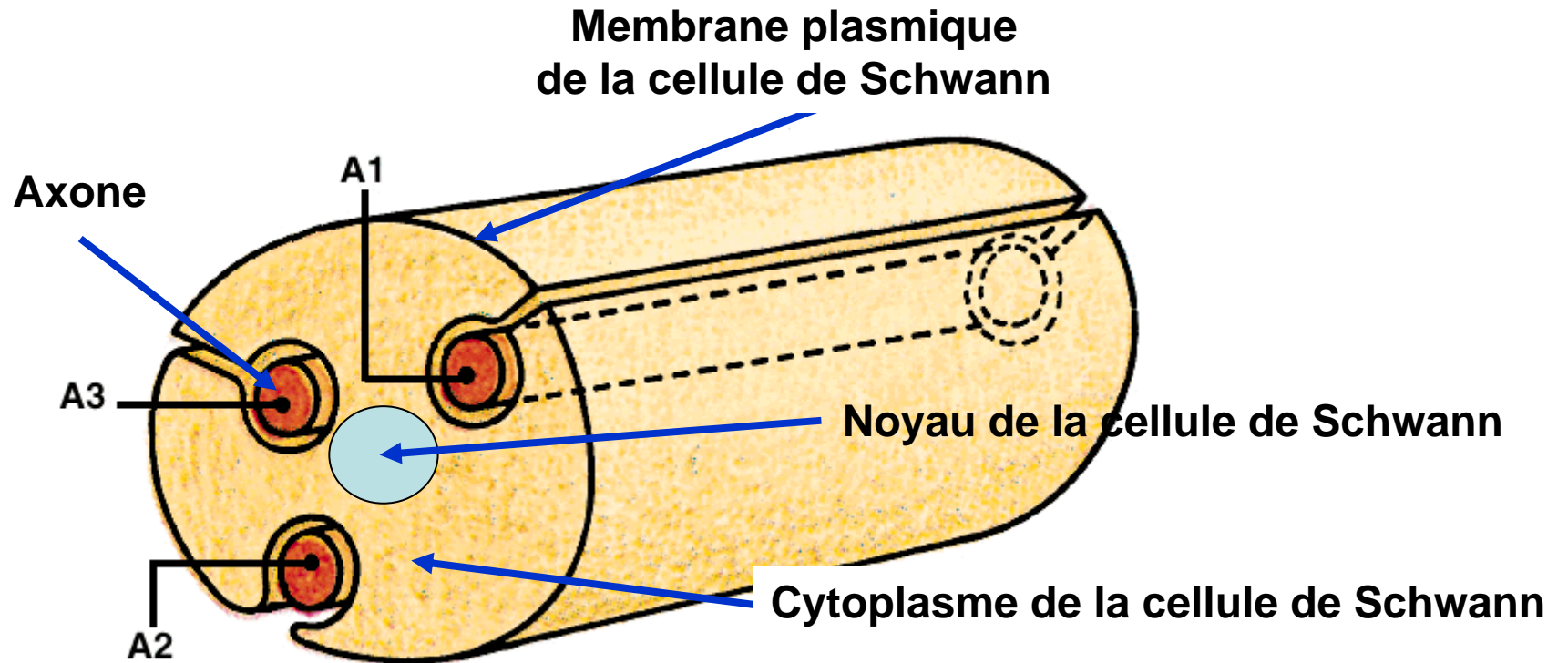
LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE.



Selon les rapports des cellules de Schwann avec les axones, on distingue deux types de fibres nerveuses périphériques :

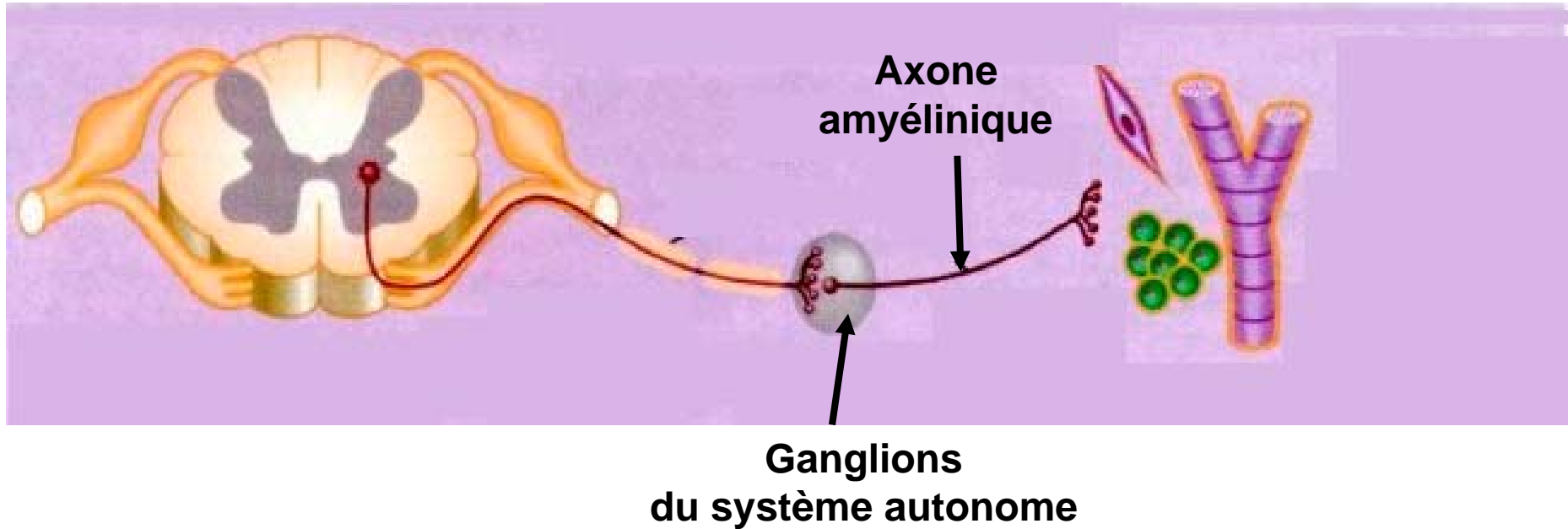
- **les fibres nerveuses amyéliniques;**
- **les fibres nerveuses myélinisées.**

LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE AMYÉLINIQUE



Un (ou plusieurs) axone est logé dans une invagination de la membrane plasmique de la cellule de Schwann

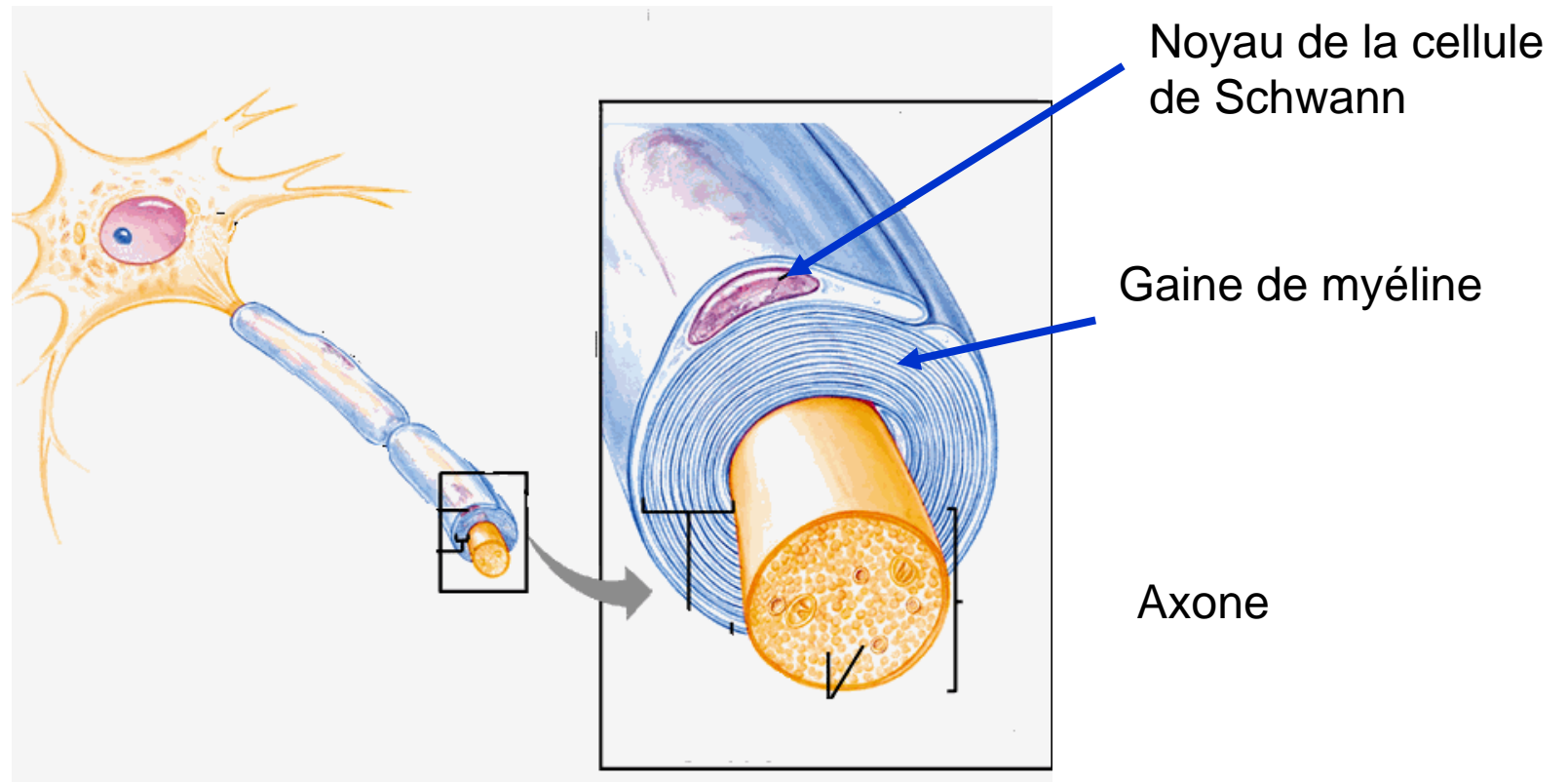
LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE AMYÉLINIQUE



Les fibres nerveuses amyélinique comprennent:

- Les axones post- ganglionnaires du système nerveux autonome;
- Les fibres véhiculant des informations relatives à la douleur.

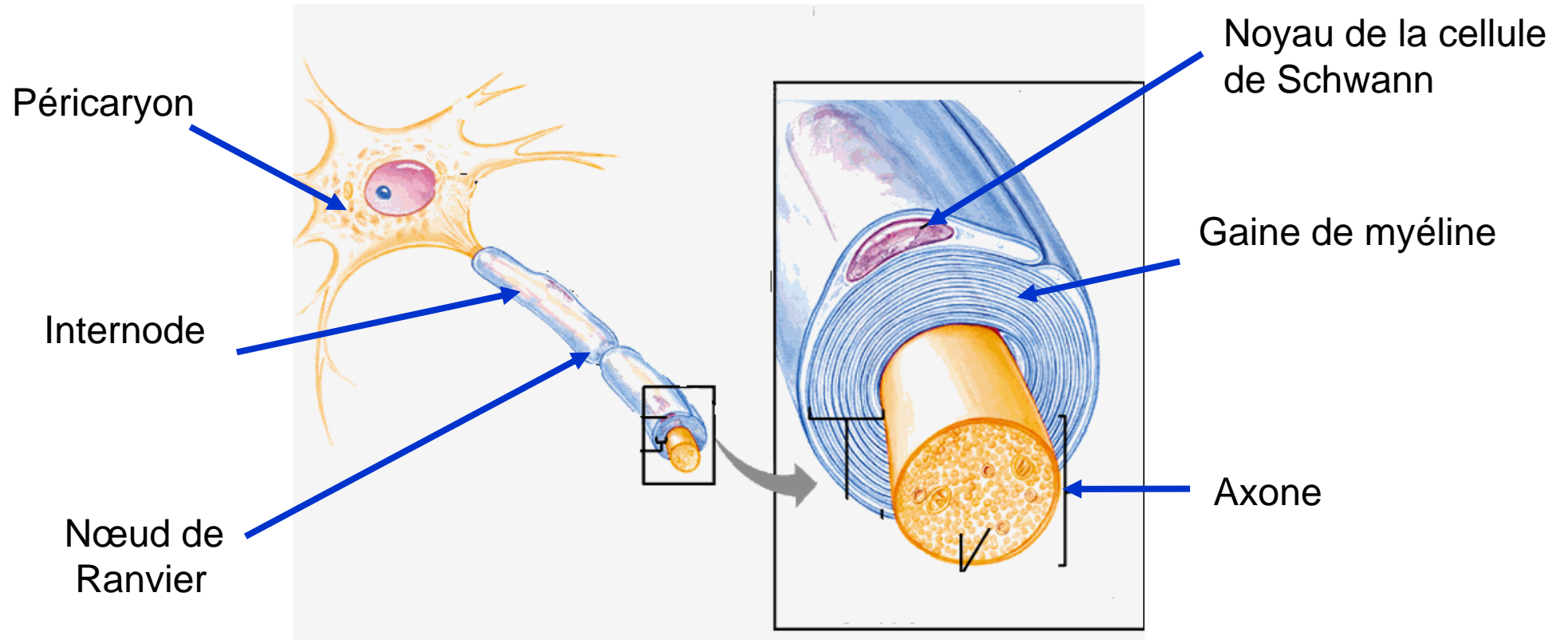
LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE MYÉLINISÉE



La myéline:

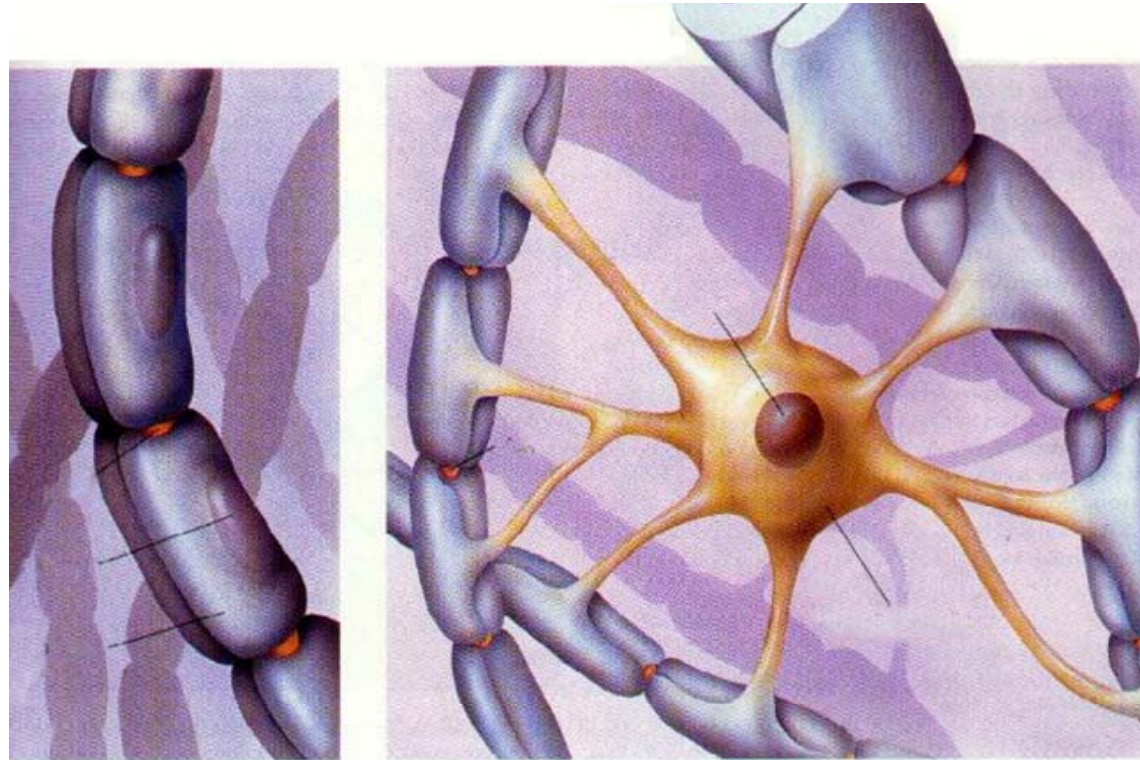
- entoure un segment de l'axone (= **segment internodal ou internode**);
- est interrompue au niveau des **nœuds de Ranvier** (comme dans le SNC).
- **Une cellule de Schwann fournit la gaine de myéline d'un seul segment internodal.**

LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE MYÉLINISÉE



La myélinisation augmente fortement la vitesse de conduction de l'influx nerveux par rapport aux fibres amyéliniques de calibre identique.

LA FIBRE NERVEUSE PÉRIPHÉRIQUE MYÉLINISÉE: COMPARAISON AVEC LA SUBSTANCE BLANCHE



SNP

SNC

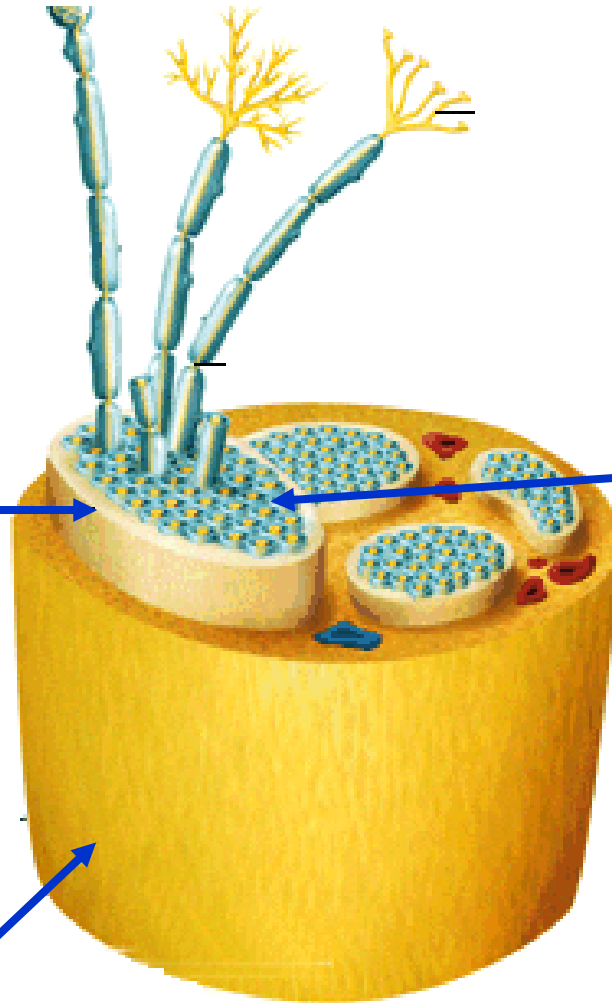
RAPPEL : dans le SNC le mécanisme de la myélinisation est similaire, mais:

- l'oligodendrocyte peut participer à la myélinisation de plusieurs internodes localisés sur plusieurs axones;
- le corps cellulaire de l'oligodendrocyte n'est pas étroitement associé à la gaine de myéline.

LES NERFS PÉRIPHÉRIQUES

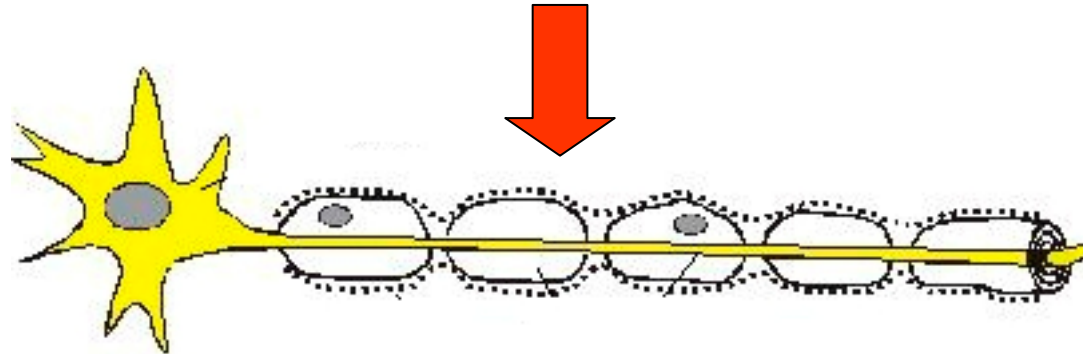
2. Périnèvre = tissu conjonctif qui entoure chaque faisceau .

3. Epinèvre = tissu conjonctif dense qui enveloppe le tronc nerveux (nerf)

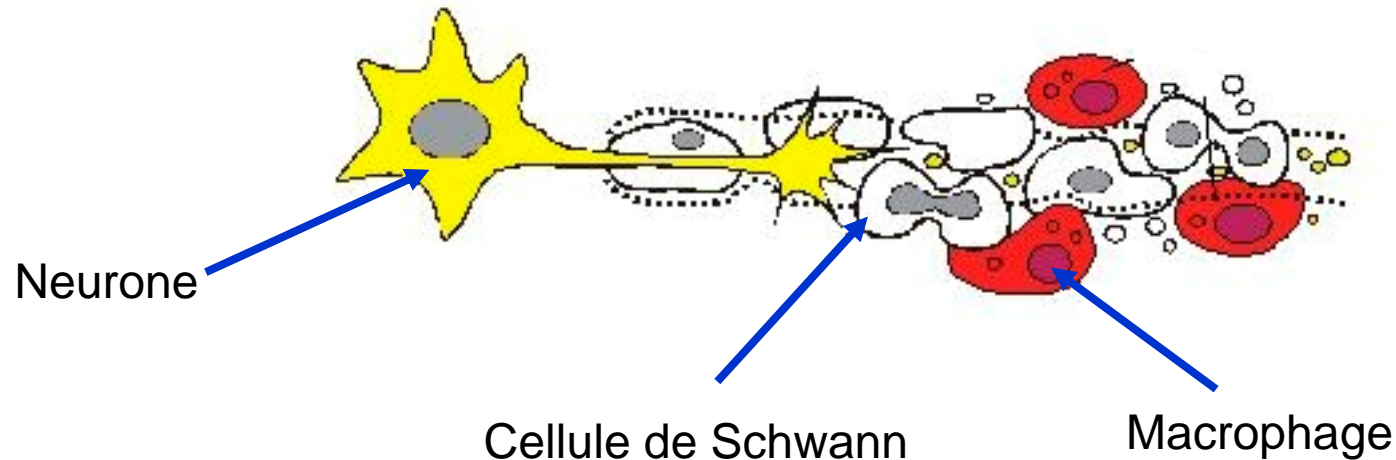


1. Endonèvre = **tissu conjonctif lâche** à l'intérieur des faisceaux d'axones; contenant des capillaires sanguins de type continu formant **la barrière sang-nerf** (analogue à la barrière sang-cerveau du SNC).

HISTOPATHOLOGIE: LA REGENERATION DES NERFS

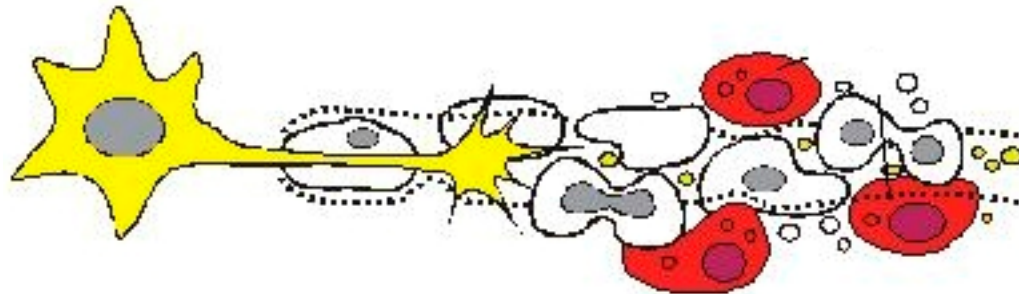


Si la blessure ne siège pas à proximité immédiate du noyau, les cellules nerveuses récupèrent rapidement après le traumatisme.

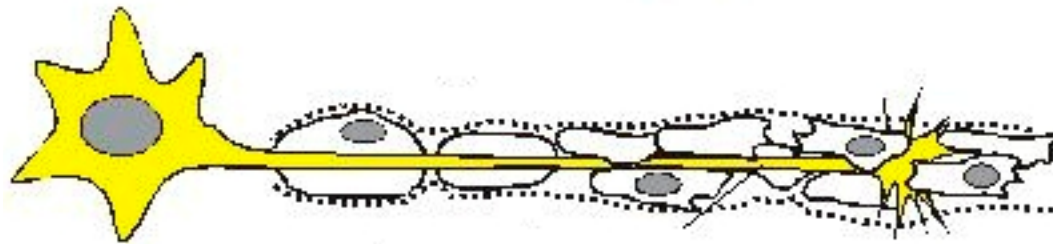


Pendant les deux mois qui suivent la lésion, la gaine de myéline se fragmente et ses débris sont phagocytés par des macrophages

HISTOPATHOLOGIE: LA REGENERATION DES NERFS



Les cellules de Schwann situées aux extrémités des moignons distal et proximal se divisent et forment des travées cellulaires

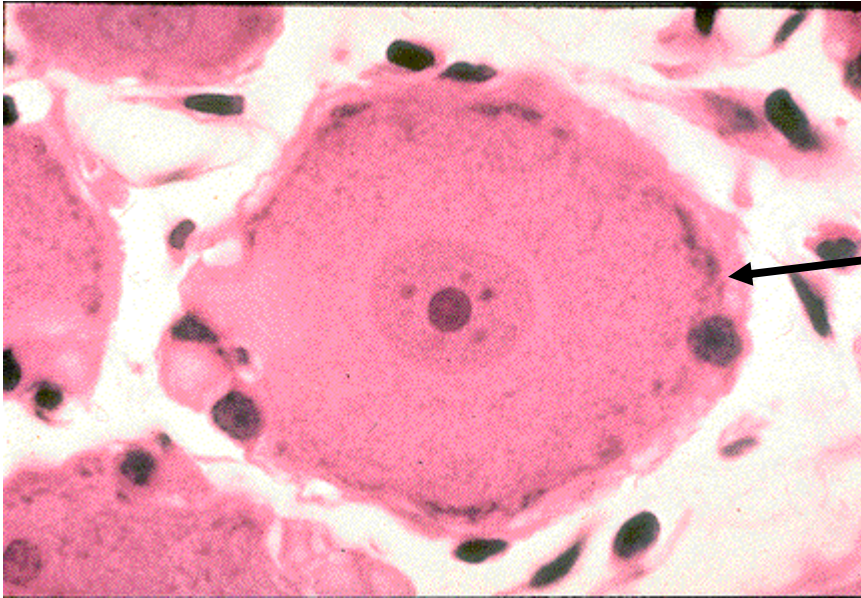


L'axone progresse entre les travées gliales (environ 1 à 2 mm/ jour) et reconstitue au fur et à mesure sa gaine de myéline

Pendant cette période de réparation, qui peut durer jusqu'à trois mois, les fibres musculaires squelettiques se sont atrophiées par inactivité

LES GANGLIONS NERVEUX

LES GANGLIONS SENSITIFS SPINAUX ET CRÂNIENS



corps cellulaires neuronal, volumineux, sphérique, sont centré par un gros noyau clair nucléolé

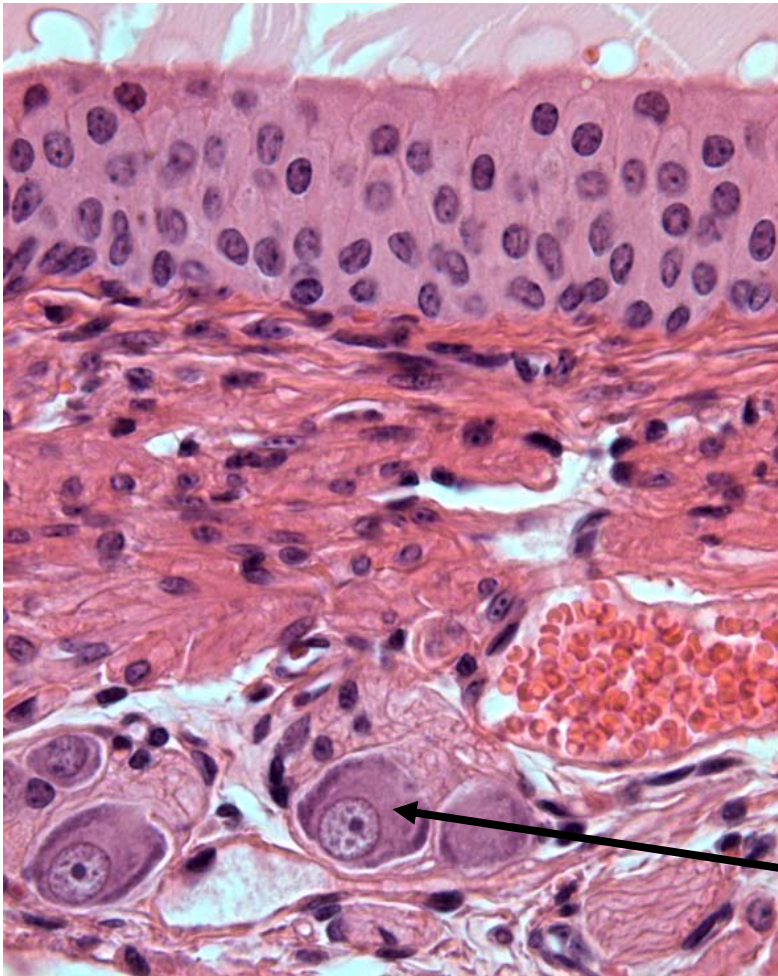
Contiennent le corps cellulaire des **neurones sensitifs pseudo-unipolaires en T** entourés par des **cellules gliales satellites**.

Aucune synapse ne s'y fait.

LES GANGLIONS NERVEUX

LES GANGLIONS NERVEUX SYMPATHIQUES ET PARASYMPATHIQUES

Paroi de la vessie

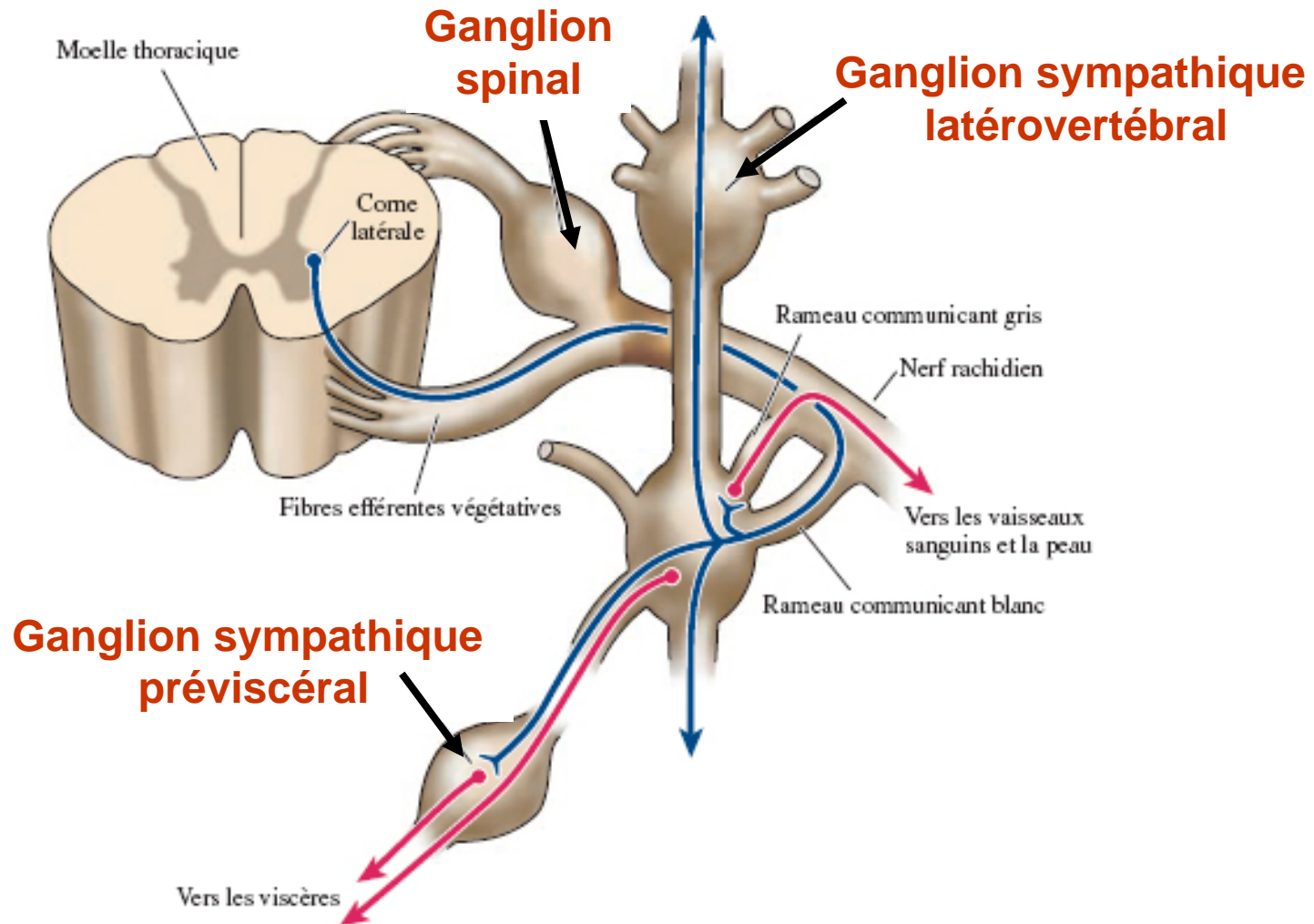


- contiennent les corps cellulaires de **neurones multipolaires** entourés par des **cellules gliales satellites**;
- sont le siège de nombreuses **synapses**;

Les ganglions parasympathiques sont souvent inclus dans la paroi des viscères qu'ils innervent (sauf au niveau de la tête et du cou).

Neurone
parasympathique

LES GANGLIONS NERVEUX



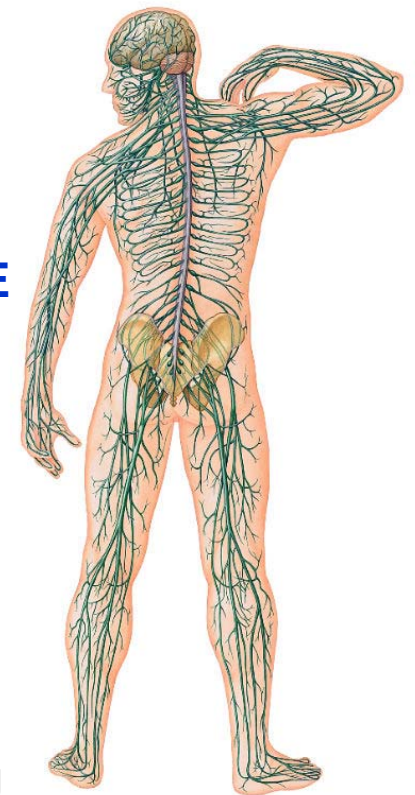
Ce sont des amas de neurones entourés d'une capsule fibreuse
(sauf micro-ganglions intra-viscéraux)



*Service de Biologie
de la Reproduction*

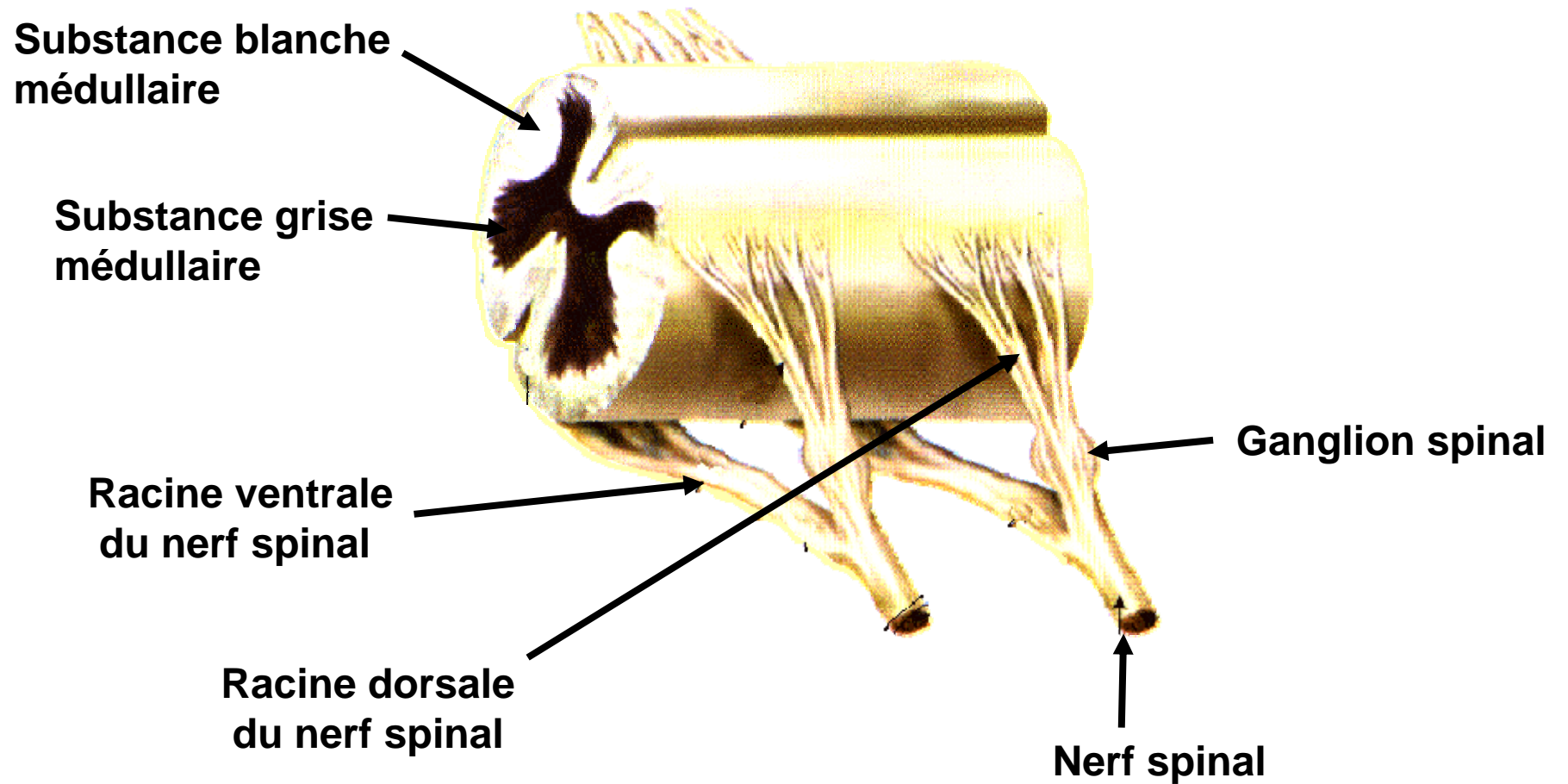


ORGANISATION DU SNP ET SES CONNECTIONS AVEC LA MOELLE EPINIÈRE

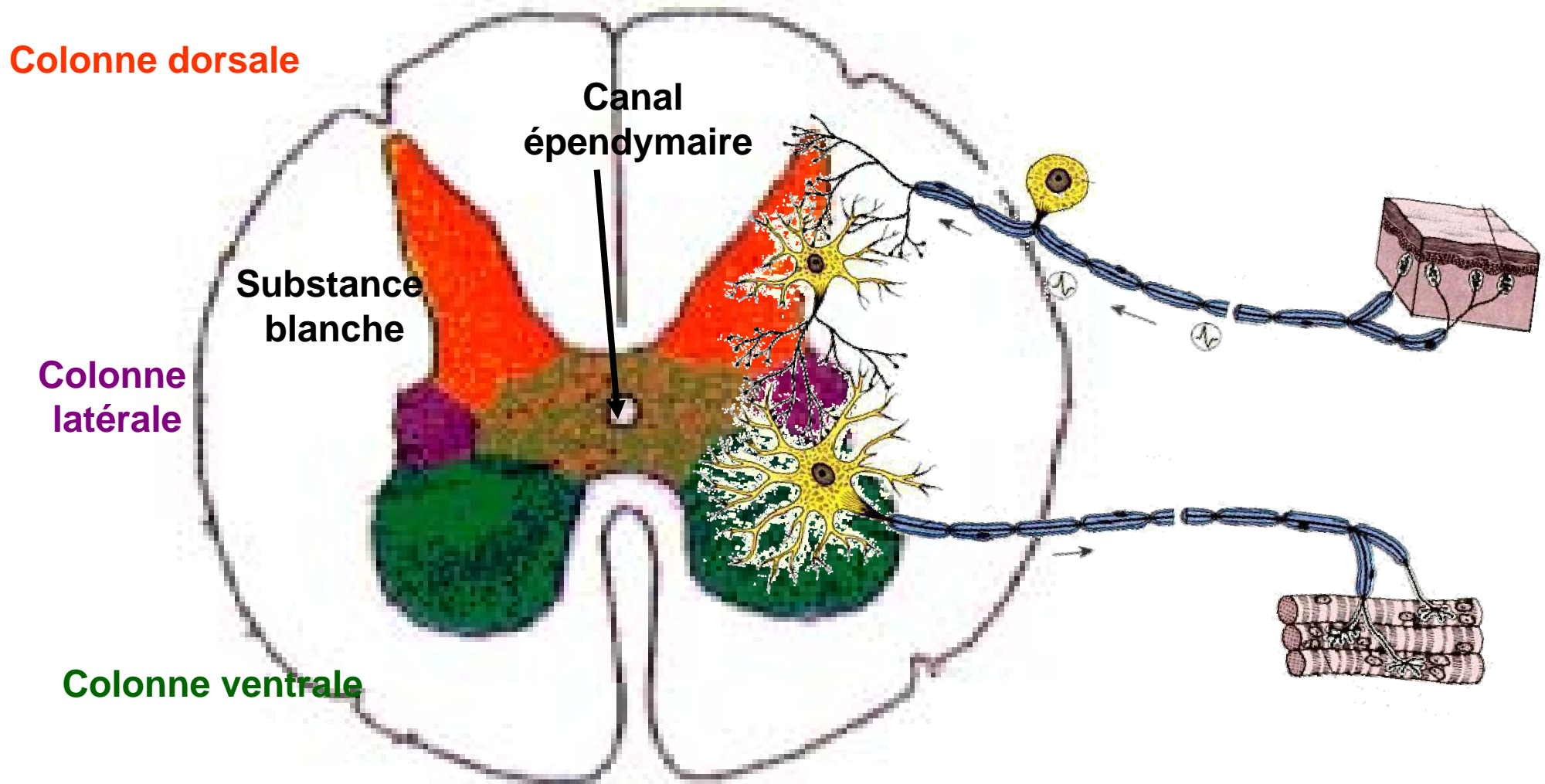


Manuel MARK
Institut d'Embryologie
Faculté de Médecine et Hôpital Universitaire de Strasbourg
Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire

NERFS MOTEURS; NERFS ET GANGLIONS SENSITIFS

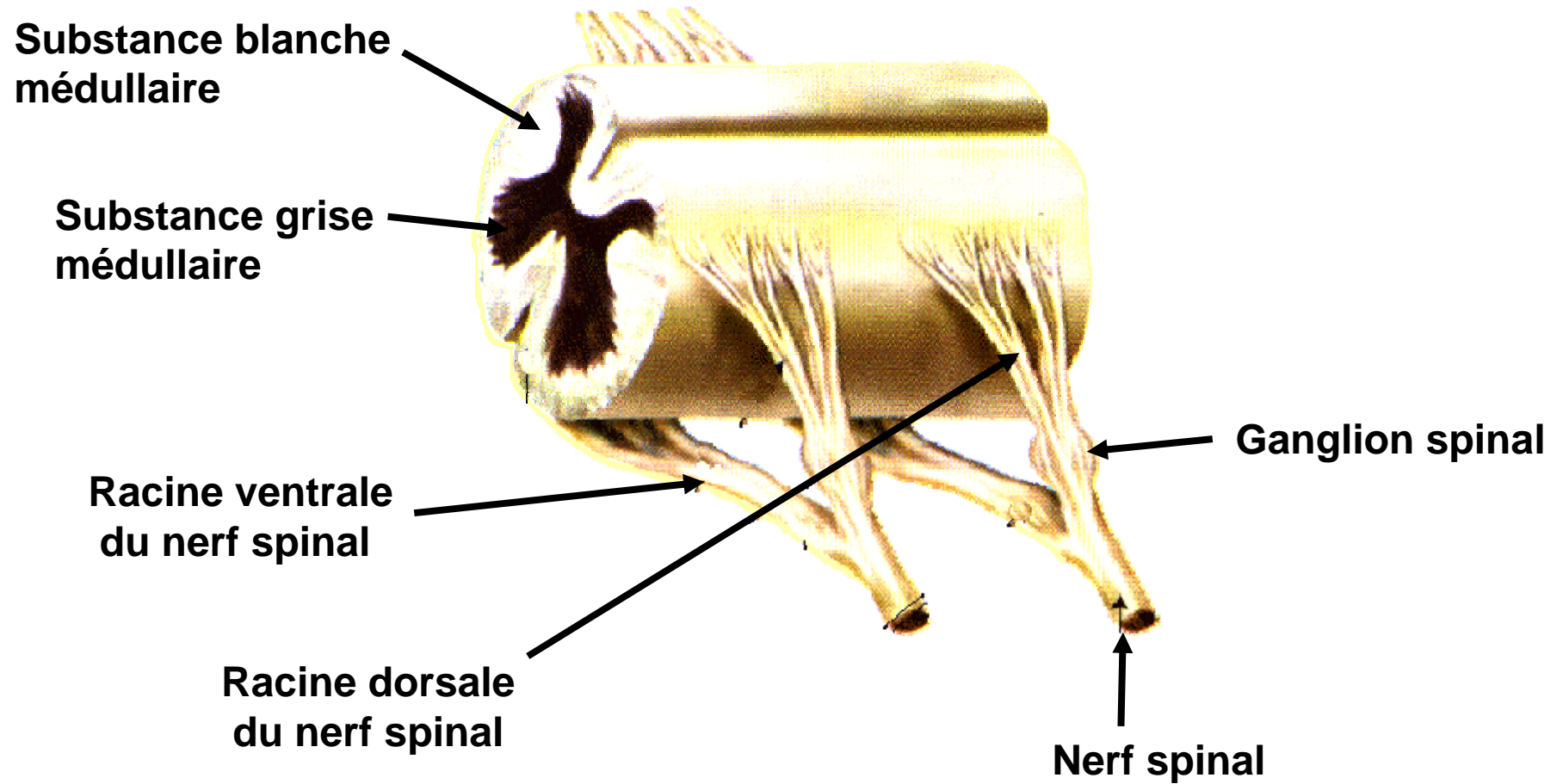


NERFS MOTEURS; NERFS ET GANGLIONS SENSITIFS



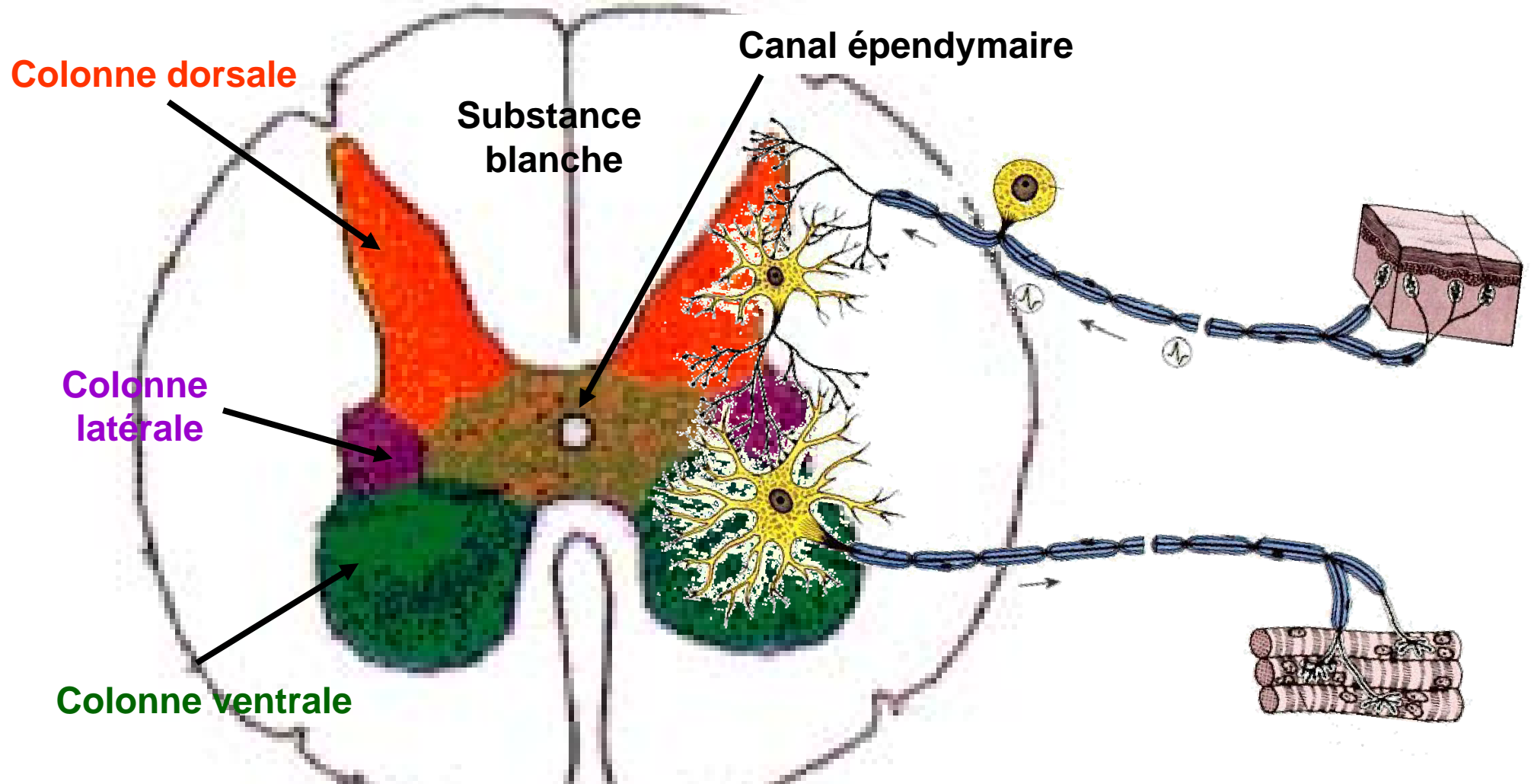
Les **colonnes ventrales** contiennent les (grands) **motoneurones alpha** innervant les muscles striés des parois du corps ainsi que ceux des membres et les (petits) **motoneurones gamma** assurant l'innervation des fuseaux neuro-musculaires.

NERFS MOTEURS; NERFS ET GANGLIONS SENSITIFS



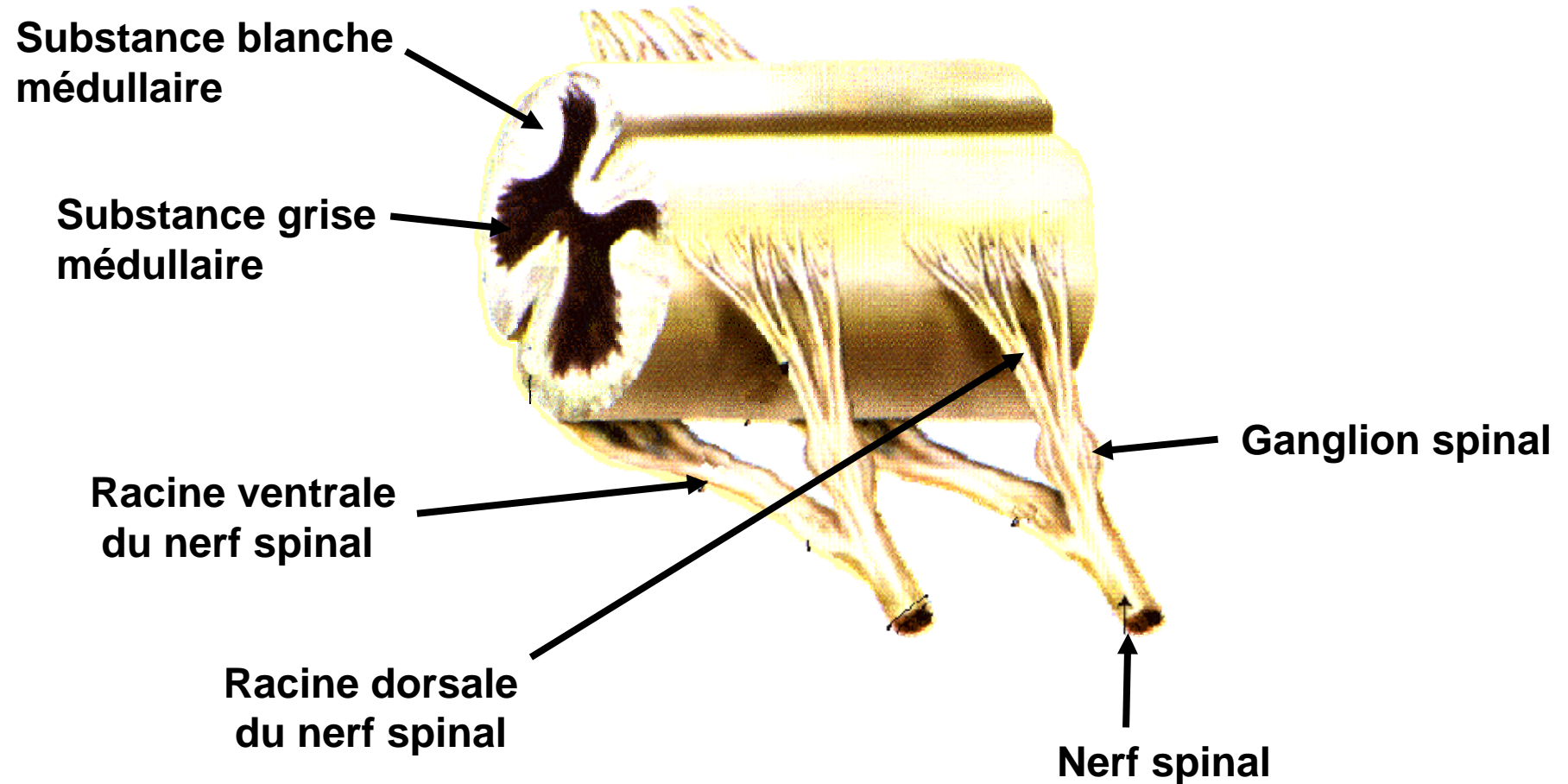
Les **axones des motoneurones alpha** forment l'essentiel des **racines ventrales des nerfs spinaux**.

NERFS MOTEURS; NERFS ET GANGLIONS SENSITIFS



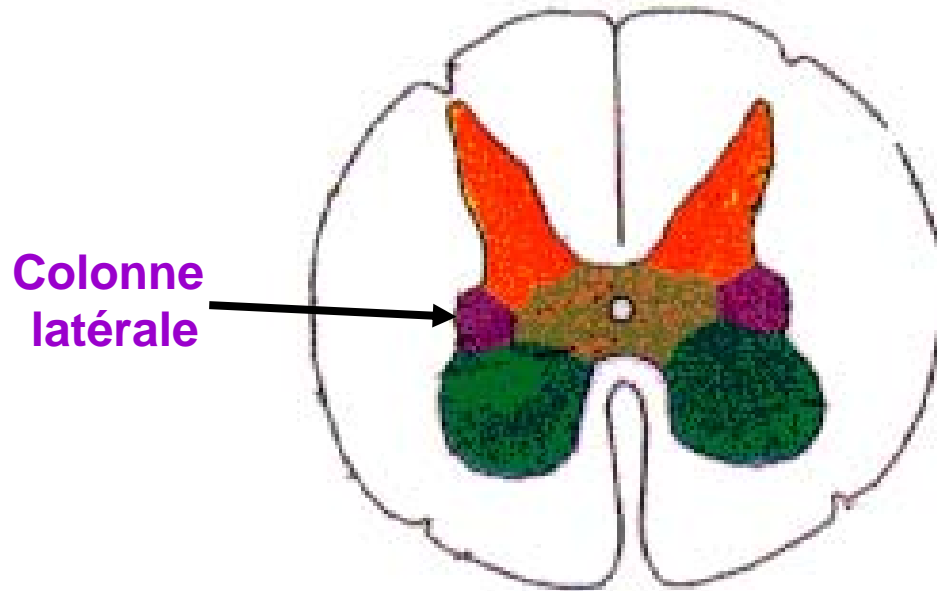
Les **colonnes dorsales** contiennent des **neurones d'association ou interneurones**, connectant les axones afférents des neurones pseudo-unipolaires (sensitifs) des ganglions spinaux aux motoneurones (somatiques et viscéraux)

NERFS MOTEURS; NERFS ET GANGLIONS SENSITIFS



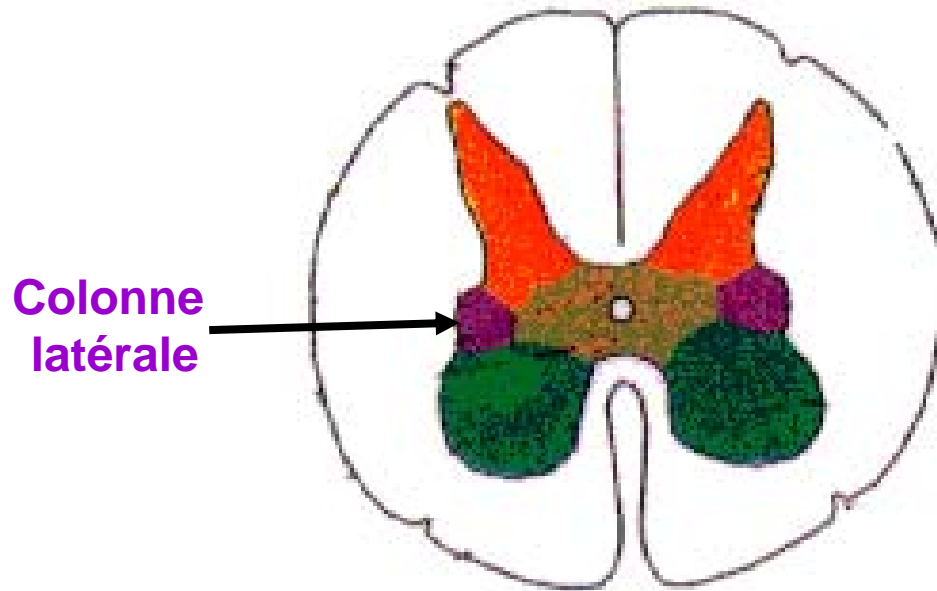
Les **axones afférents des neurones pseudo-unipolaires** (sensitifs) des ganglions spinaux forment l'essentiel des **racines dorsales des nerfs spinaux**.

NERFS ET GANGLIONS DU SYSTÈME VEGETATIF



- Les **colonnes latérales de la moelle épinière** se localisent dans la plupart des régions de la moelle [tous les niveaux de la moelle thoracique, niveaux lombaires de L1 à L3 et niveaux sacrés de S2 à S4].
- Elles contiennent les **motoneurones centraux (ou pré ganglionnaires) du système nerveux végétatif (= autonome)**.

NERFS ET GANGLIONS DU SYSTÈME VEGETATIF



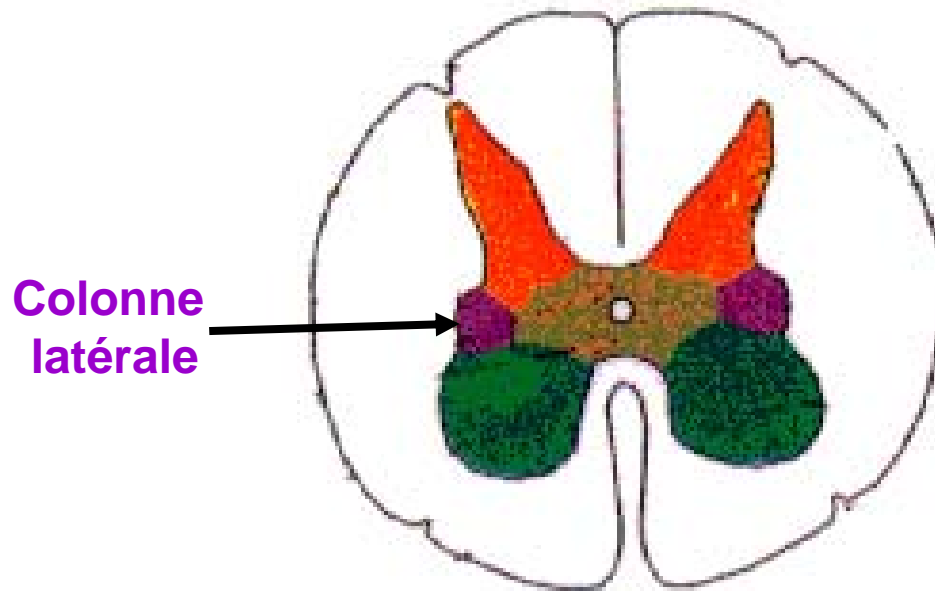
NOTES. Ce système contrôle des **activités viscérales inconscientes** qu'il adapte aux contraintes de l'environnement, assurant ainsi son rôle dans **l'homéostasie** (la constance du milieu intérieur).

Les activités inconscientes contrôlées par le système végétatif sont par exemple :

- la pression artérielle;
- les rythmes cardiaque et respiratoire;
- la motricité du tractus gastro-intestinal;
- les sécrétions glandulaires : sudation, salivation ect.

LE SYSTEME NERVEUX SYMPATHIQUE

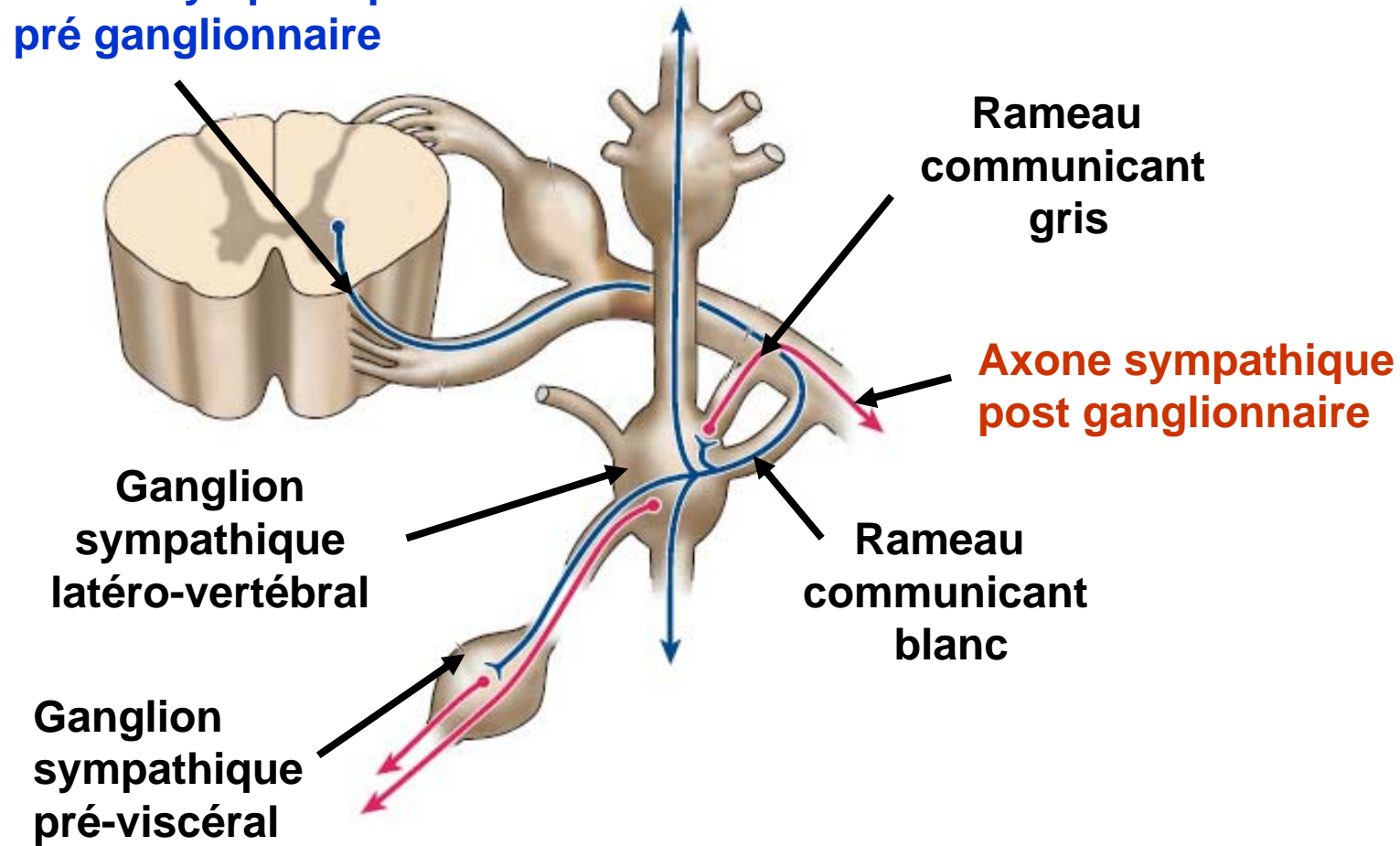
Sa fonction est de contrôler les activités involontaires mises en œuvre dans des conditions d'urgence et de stress : combat ou fuite



Les motoneurones centraux du système sympathique sont contenus dans les colonnes latérales au niveau thoracique et lombaire haut (de T1 à L3)

LE SYSTEME NERVEUX SYMPATHIQUE

Axone sympathique
pré ganglionnaire



Rameau
communicant
gris

Axone sympathique
post ganglionnaire

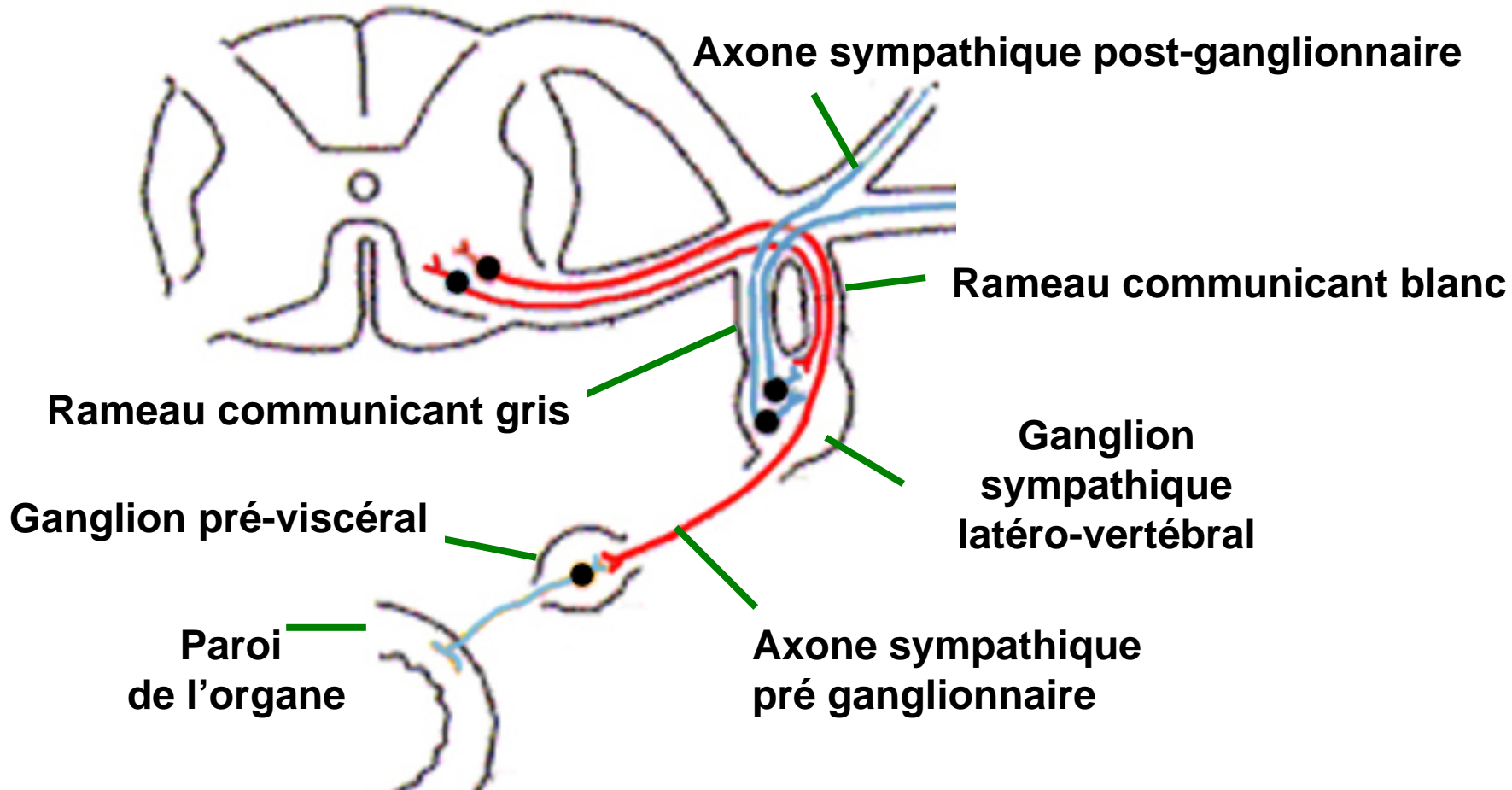
Ganglion
sympathique
latéro-vertébral

Rameau
communicant
blanc

Ganglion
sympathique
pré-viscéral

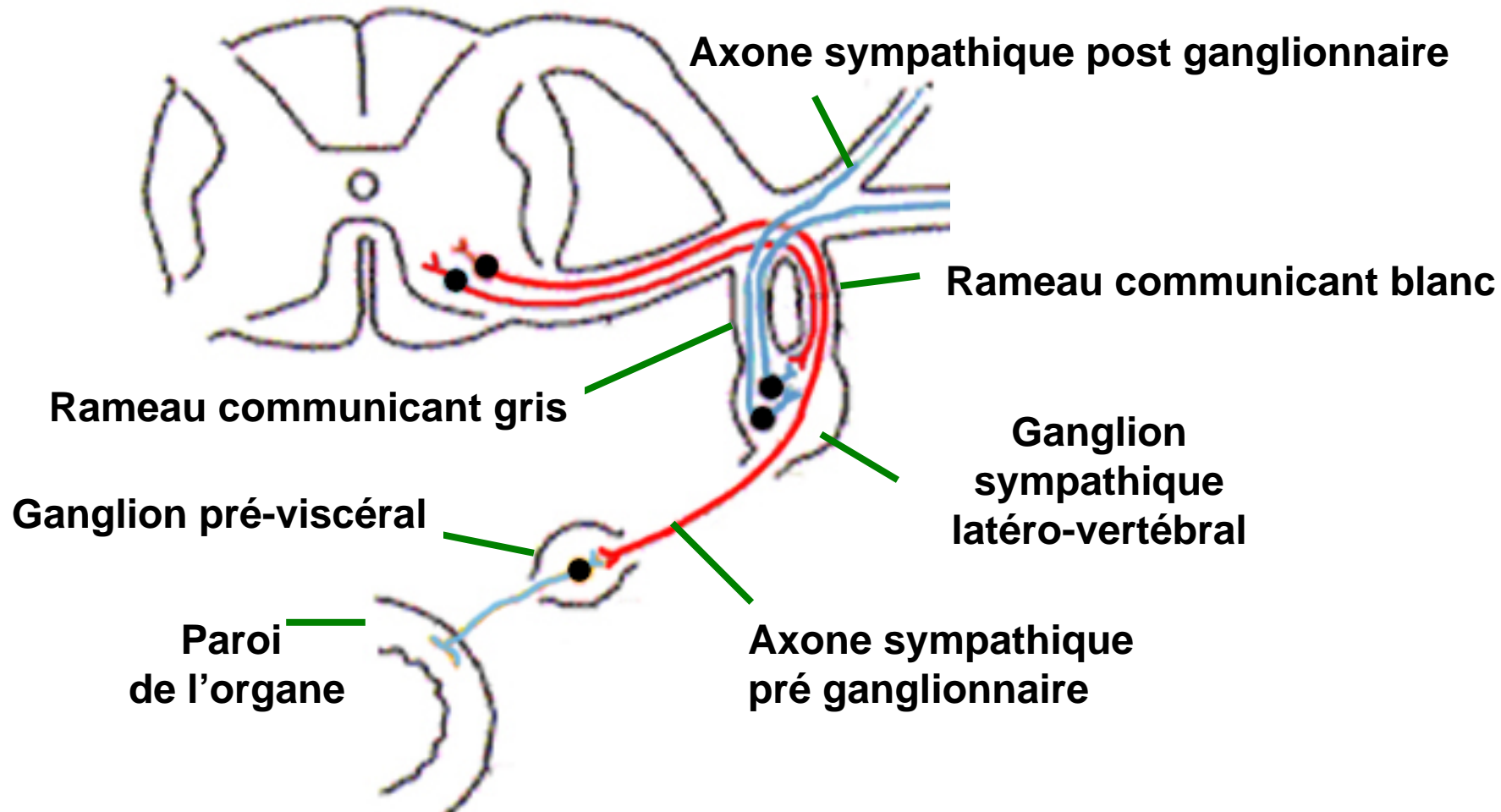
Les axones des motoneurones centraux du système sympathique (= **axones sympathiques pré-ganglionnaires**) empruntent la racine ventrale du nerf spinal puis le **rameau communicant blanc** (= car myélinisé) pour gagner la chaîne sympathique **latérovertébrale**.

LE SYSTEME NERVEUX SYMPATHIQUE

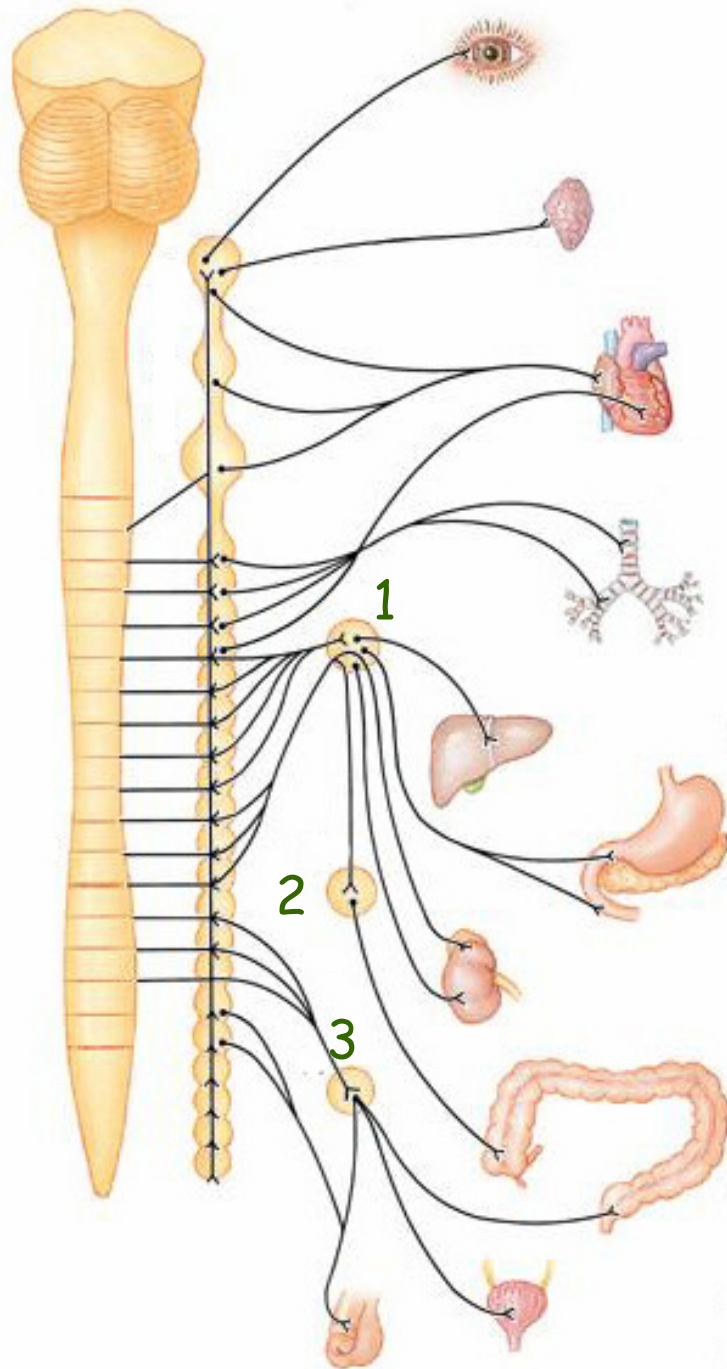


- soit les axones pré-ganglionnaires sympathiques font synapse avec le **neurone ganglionnaire sympathique** dont l'axone (**axone sympathique post-ganglionnaire**) rejoint le nerf spinal par le **rameau communicant gris** (= car non myélinisé) pour gagner son organe cible.

LE SYSTEME NERVEUX SYMPATHIQUE



- soit les axones pré-ganglionnaires sympathiques traversent les ganglions des chaînes latéro-vertébrales (sans y faire relais) et établissent des synapses dans **les ganglions pré-viscéraux** ou dans la **médullosurrénale** .



LE SYSTÈME SYMPATHIQUE

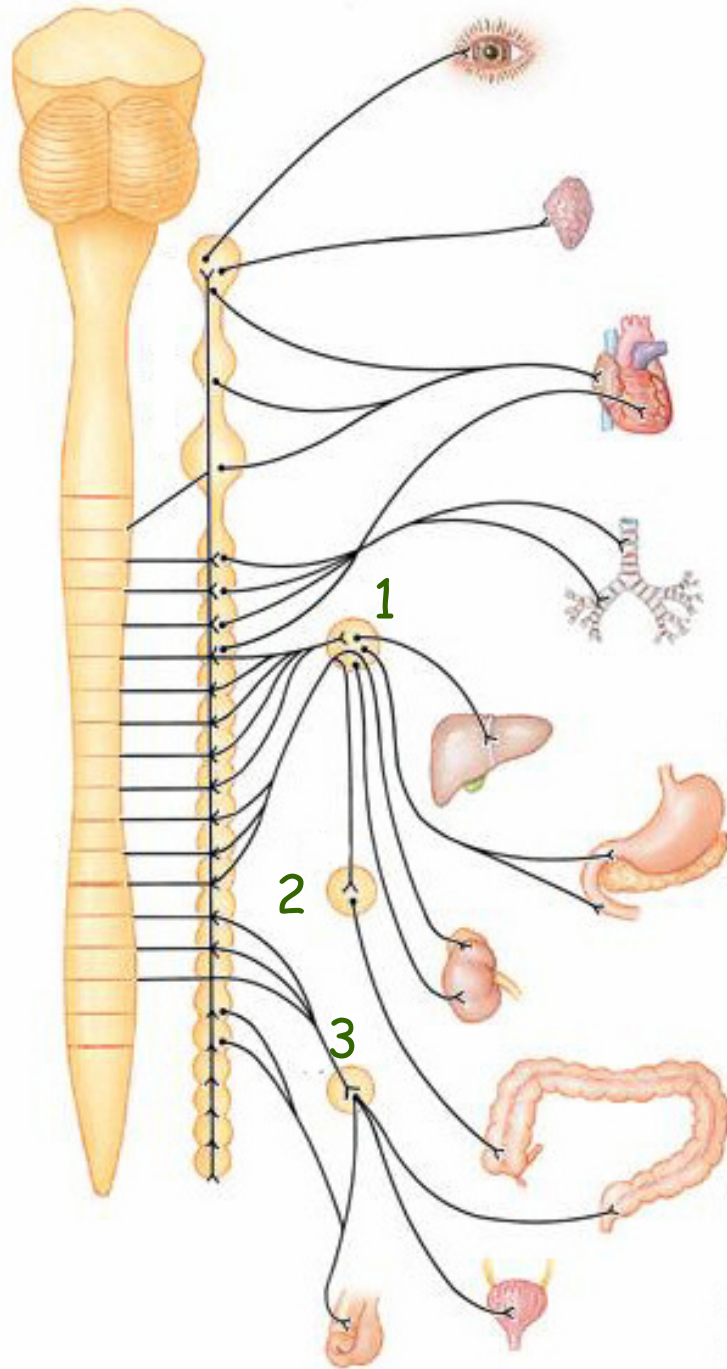
Dans les régions thoraciques, lombaires il y a une paire de **ganglions sympathiques latéro-vertébraux** pour chaque segment corporel

Au niveau cervical seuls 3 gros ganglions sont formés (**ganglions cervical supérieur, moyen et inférieur**). Du ganglion cervical supérieur partent toutes les fibres post-ganglionnaires qui innervent la tête

LE SYSTÈME SYMPATHIQUE

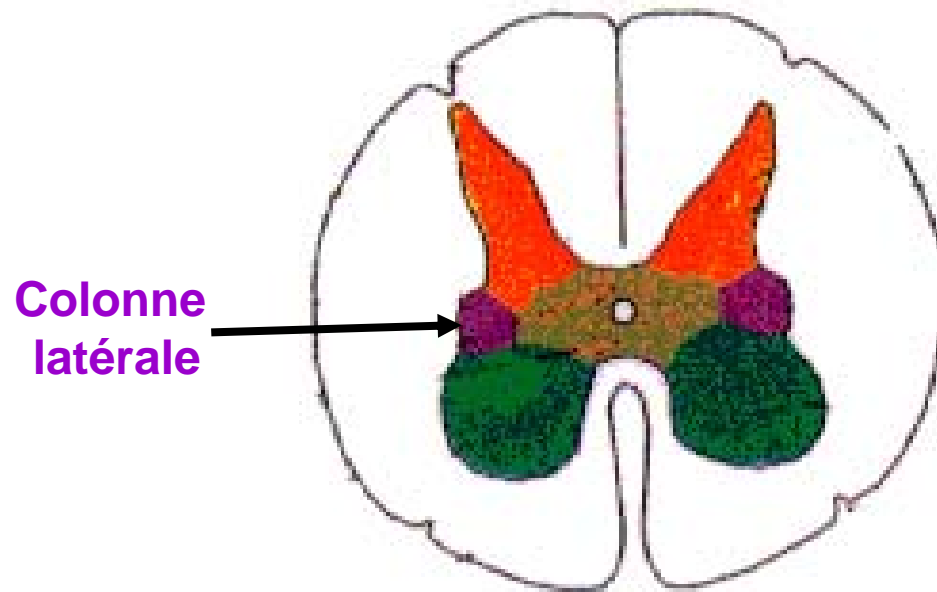
Les ganglions sympathiques pré-viscéraux principaux sont:

1. Le ganglion coeliaque
2. Le ganglion mésentérique sup.
3. Le ganglion mésentérique inf.

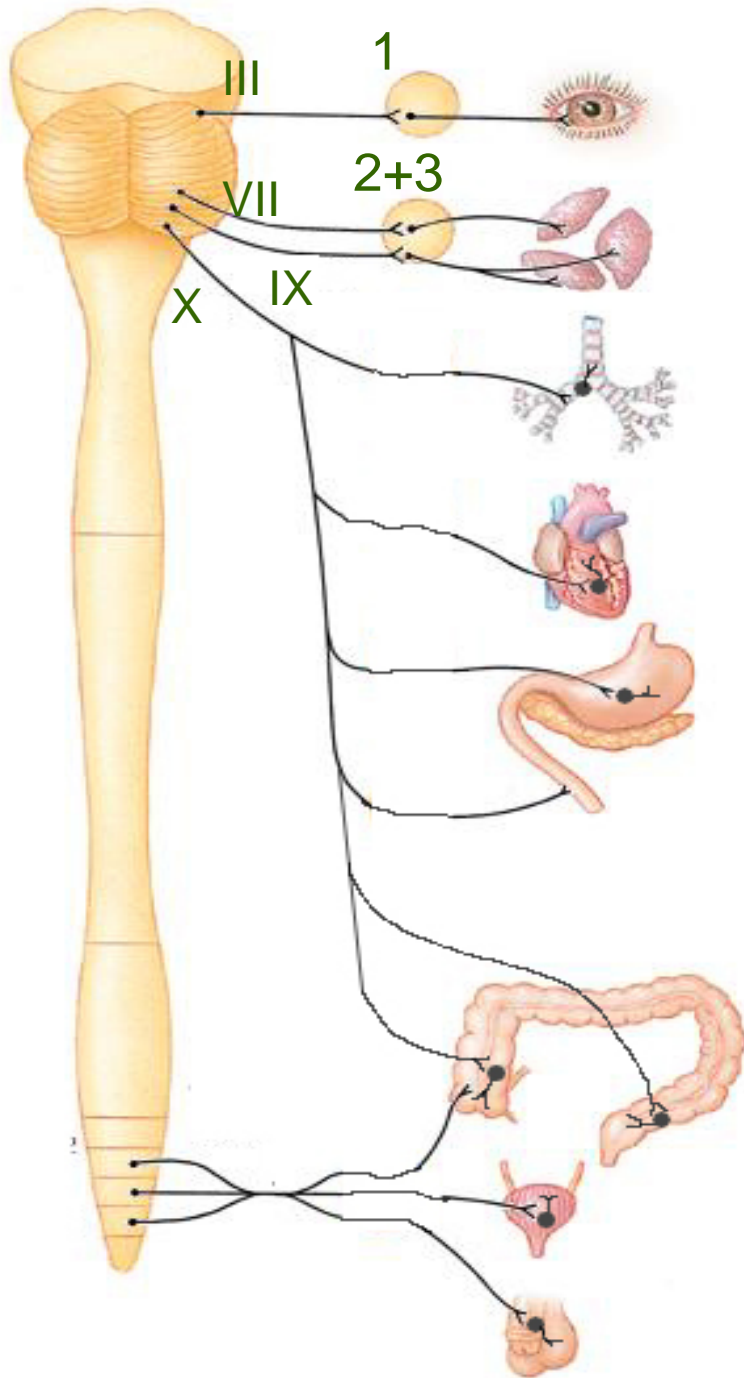


LE SYSTEME NERVEUX PARASYMPATHIQUE

Le système parasympathique contrôle des activités involontaires associées à des périodes de paix, de récupération et de reconstruction des réserves



Des **motoneurones centraux du système parasympathique médullaire** sont contenus dans les colonnes latérales de la moelle sacrée (S2-S4).



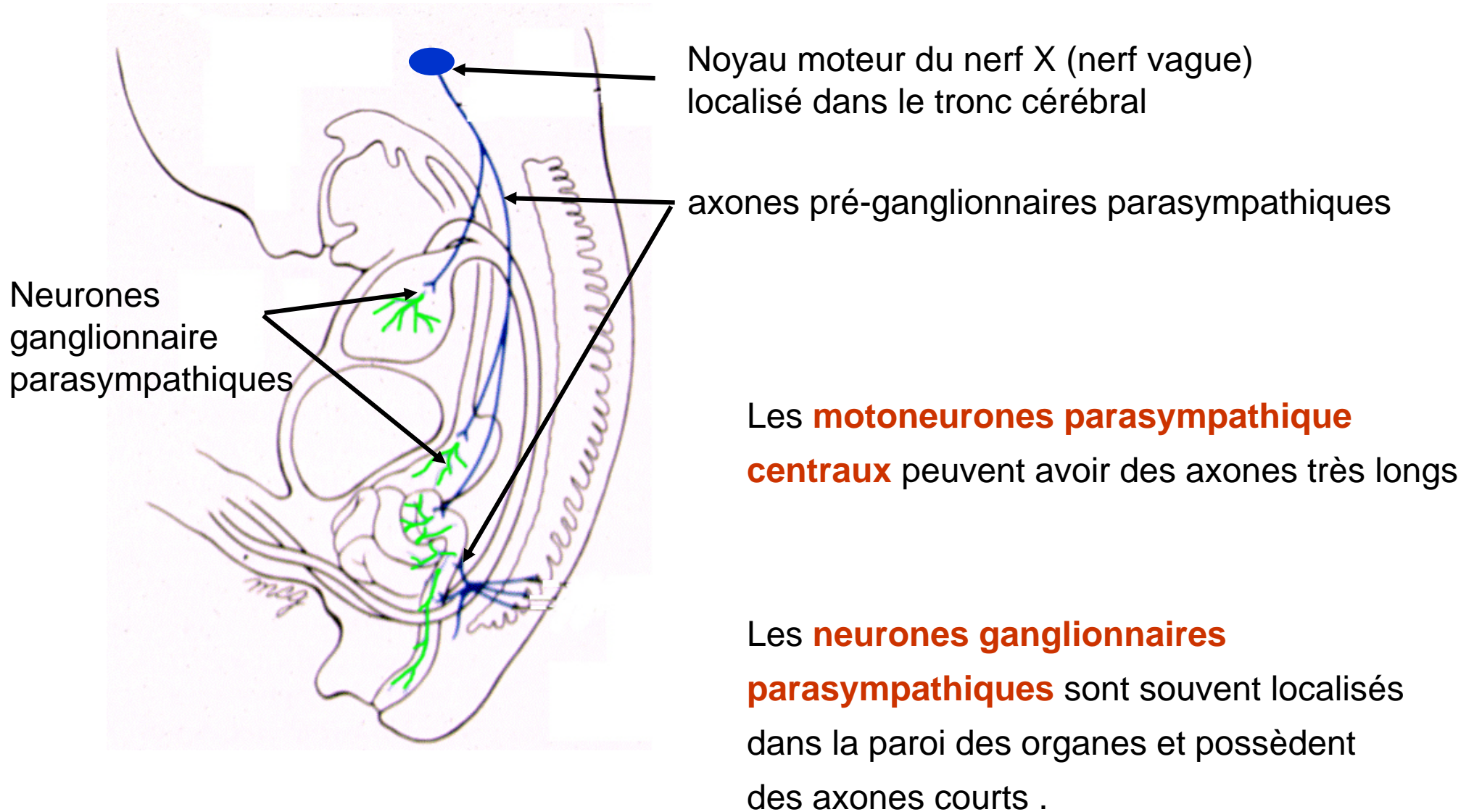
SYSTÈME PARASYMPATHIQUE

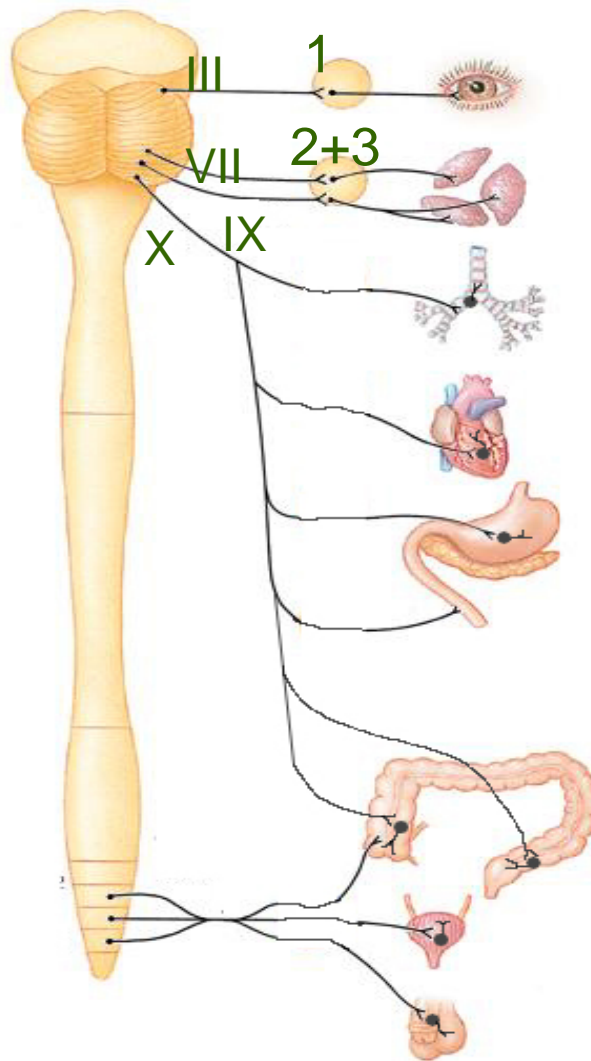
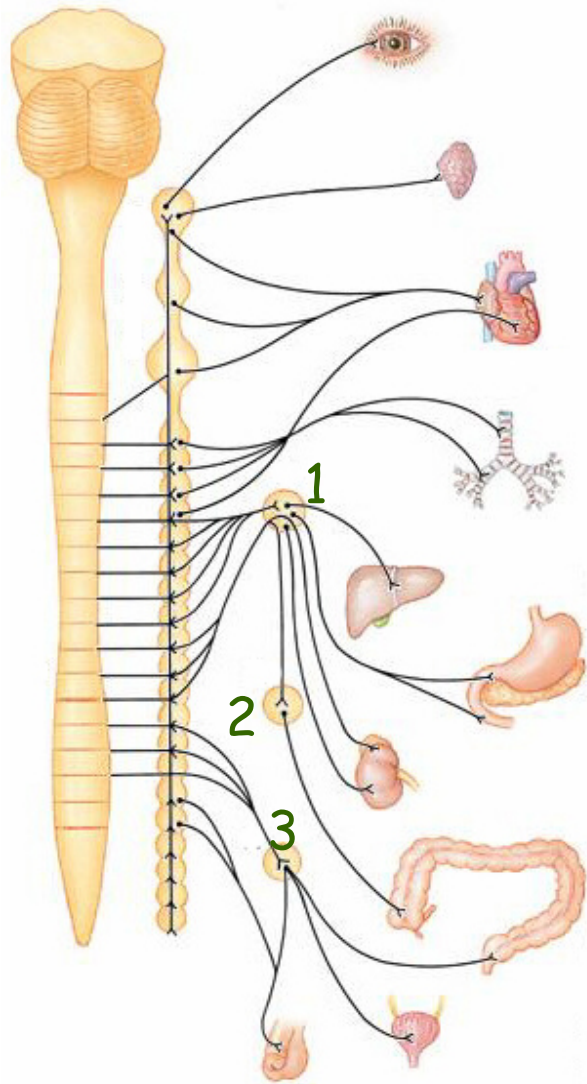
Il existe également des **centres parasympathiques dans le tronc cérébral** et des **ganglions parasympathiques crâniens** .

Le système parasympathique est donc **crânien et sacré** par opposition au système sympathique (**système thoraco-lombaire** = dont les centres sont thoraciques et lombaires).

1. **Ganglion ciliaire (III)**
2. **Ganglion sous maxillaire (VII)**
3. **Ganglion otique pour la parotide (IX)**

LE SYSTEME NERVEUX PARASYMPATHIQUE





La plupart des organes ont une double innervation: sympathique et parasympathique



Abraham-L Kierszenbaum (2006) **Histologie et biologie cellulaire : Une introduction à l'anatomie pathologique**, de boeck.

Alan Stevens, James Steven Lowe (2006) **Histologie humaine** (3e Ed), Elsevier.

Jean-Pierre Dadoune et coll. (2007) **Histologie** (2e Ed), Médecine Sciences Flammarion.

Jacques Poirier, Martin Catala, et coll. (2006) **Histologie: Les tissus** (3e Ed), masson

Jacques Poirier et coll. (1999) **Histologie moléculaire: Texte et atlas**, Masson.