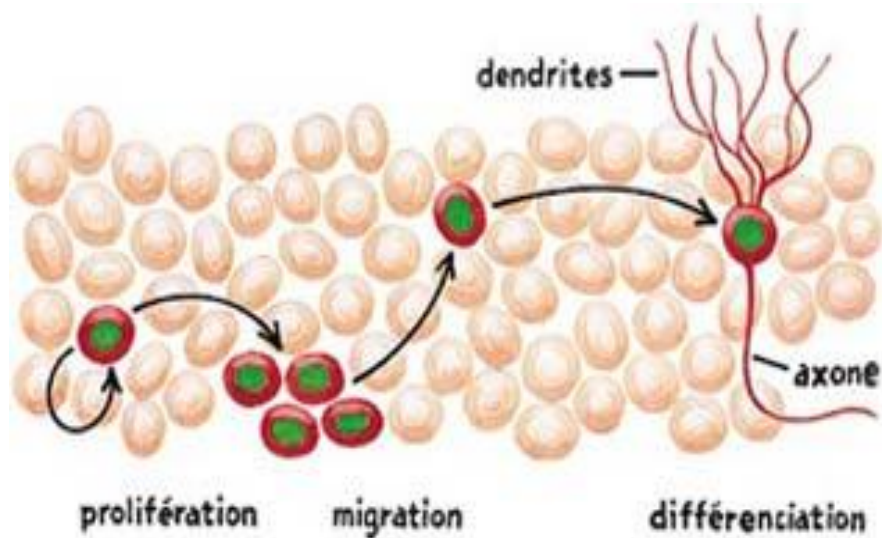
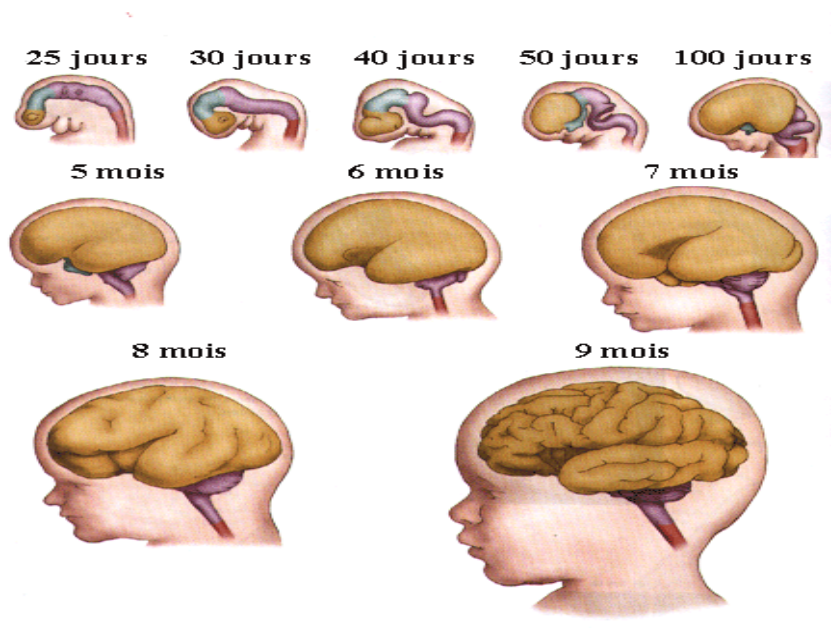


# **COURS DE PSYCHOPHYSIOLOGIE N°3**

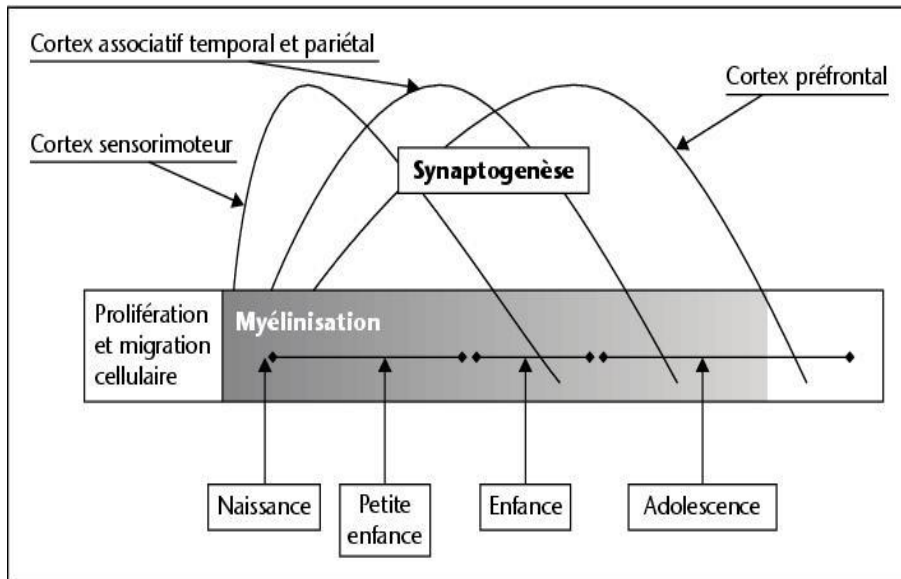


Le contingent de neurones une fois migré et fixé à leur position finale, on assiste à un processus d'élimination des neurones excédentaires qui se chiffre à environ 15 % à 50%.



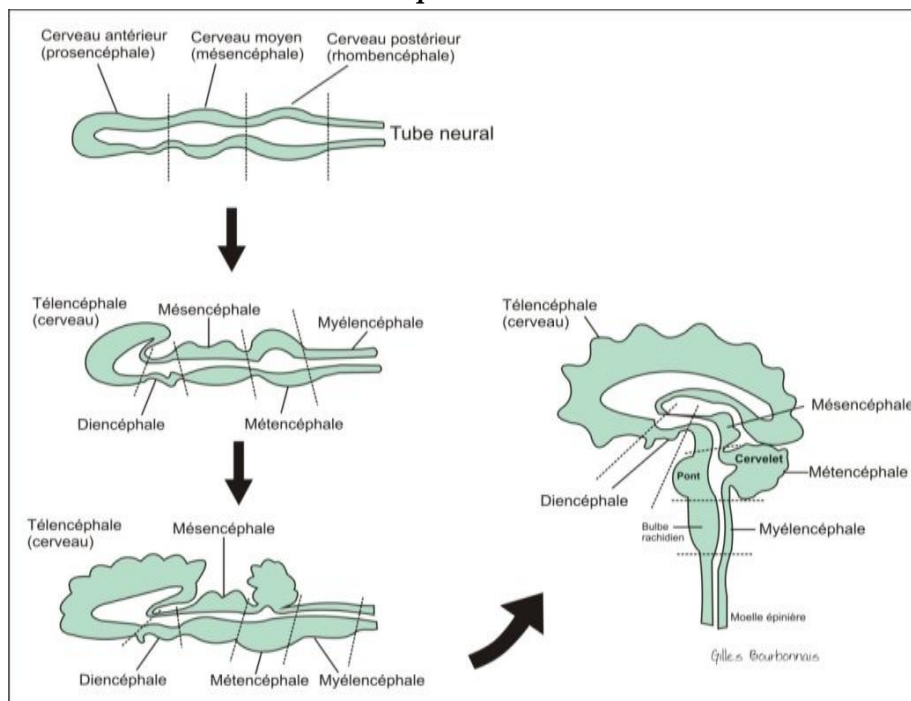
Alors que, « *la synaptogenèse* »<sup>1</sup> débute dès la seconde moitié de la grossesse et s'étend jusqu'à l'adolescence. (**Voir schéma**).

<sup>1</sup> La synaptogenèse est un processus neurobiologique par lequel se forme les connexions dites synaptiques entre les neurones. Elle s'étale de la naissance jusqu'à l'adolescence.



Le système nerveux central d'un très jeune embryon de vertébré ressemble à un tube. La paroi de ce tube est composée de cellules nerveuses, l'intérieur étant rempli d'un liquide. Quelques semaines après le début du développement d'un embryon humain, **le tube neural** commence à montrer trois divisions dans sa portion supérieure :

- **Le Cerveau Antérieur** ou *Prosencéphale* se divise lui aussi en *télocéphale* et *diencéphale*.
- **Le Cerveau Moyen** ou *mésencéphale*.
- **Le Cerveau Postérieur** ou *rhombencéphale*.



Le télencéphale possède deux hémisphères reliés par un ruban de matière blanche appelé : corps calleux. Or, les trois autres structures, à savoir le mésencéphale, le pont de Varole (ou protubérance annulaire), le bulbe rachidien constituent le tronc cérébral. Chez l'être humain, le télencéphale recouvre presque toutes les autres structures. On retrouve cette même organisation chez tous les vertébrés. Seules, la taille et les proportions des différentes parties changent.

### **1.1- ORGANISATION GENERALE DU SYSTEME NERVEUX :**

Les systèmes nerveux se différencient à partir de leur structure anatomique et de leur fonction. On distingue plusieurs systèmes :

- ▣ *Un Système nerveux central (SNC) : cerveau, tronc cérébral et moelle épinière.*
- ▣ *Un Système nerveux périphérique (S.N.P) : les nerfs crâniens et les nerfs rachidiens.*
- ▣ *Un Système nerveux de la vie de relation : pour la motricité et la sensibilité des membres.*

*Un Système nerveux végétatif : régule les fonctions vitales. Il en dérive de sa formation deux autres systèmes dits : **sympathique** et **parasymphatique**.*

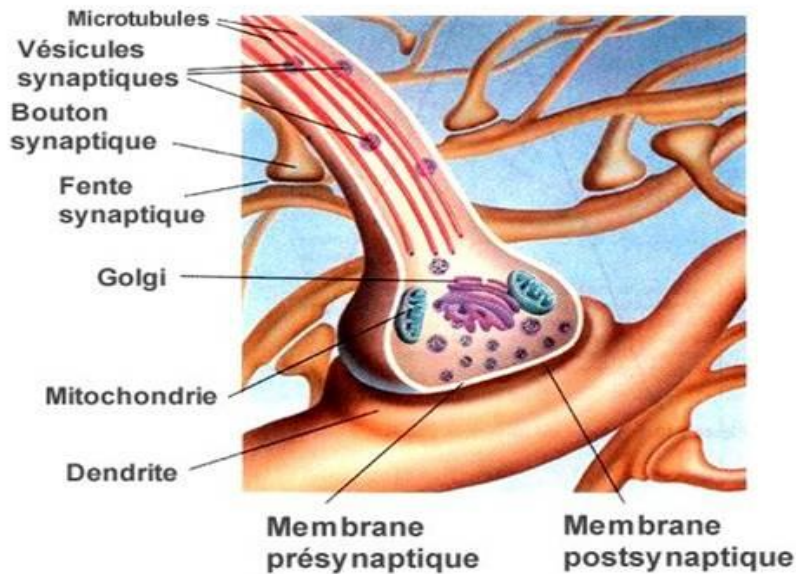
Nous débutons le cours mes chers étudiants par une description détaillée de la composition des systèmes nerveux. Bien entendu, nous n'allons pas les traiter avec autant de précision comme dans les enseignements médicaux : la neurologie, la neurochirurgie et la neuroanatomie. Mais, nous allons aborder les éclairages qu'il fallait pour étayer les structures anatomiques de base, pour que l'étudiant en psychologie arrive à comprendre les explications en ce qui concerne les organes de « *l'encéphale* »<sup>2</sup> et leurs fonctions.

### **2.3.1- LES NEURONES :**

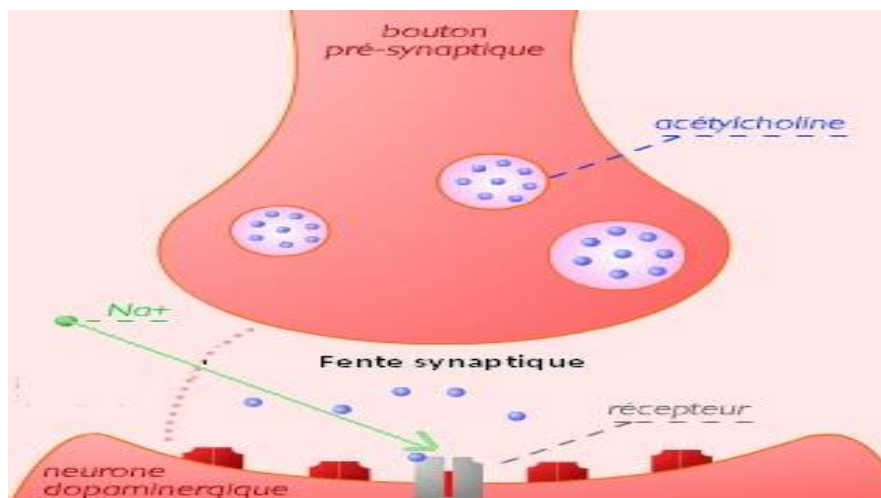
Le cerveau d'un être humain adulte comprend cent (100) milliards de Neurones. *Les neurones ou cellules nerveuses*, sont les unités fonctionnelles de base du système nerveux. Chaque neurone est composé d'un corps cellulaire entouré de dendrites, d'un axone myélinisé doté d'une zone de gâchette et d'une arborisation qui se termine par des boutons terminaux. Les gros corps cellulaires corticales (cortex) mesurent environ 100 micromètre de diamètre, c'est-à-dire 0,1 millimètre (0,1 mm = 10<sup>-4</sup> m = 100 micromètre).

---

<sup>2</sup> Le terme encéphale, est composé de « en » qui veut dire « dans » et « képhalé » veut dire « tête ». Ce qui est logé dans la boîte crânienne, c'est l'organe central du système nerveux.



Les gros axones et dendrites mesurent environ  $10\mu\text{m}$  de diamètre ( $0,01\text{mm}$ ) c'est-à-dire, ( $0,01\text{mm} = 10^{-5}\text{m} = 10\mu\text{m}$ ). Un Bouton terminal mesure environ  $1\mu\text{m}$  de diamètre. La fente synaptique mesure environ  $20$  nanomètre de largeur ( $0,1\mu\text{m} = 100$  nanomètres =  $10^{-9}\text{m}$ ). (Voir Schéma).

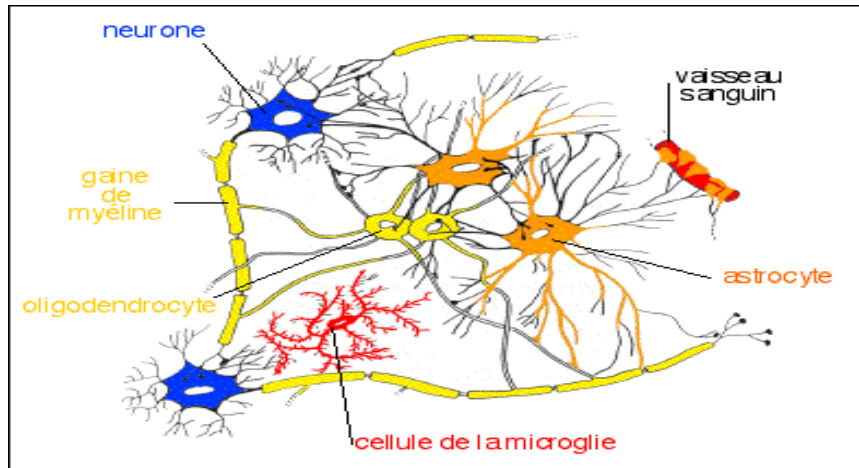


**Le tissu nerveux n'est composé de deux grands types de cellules:**

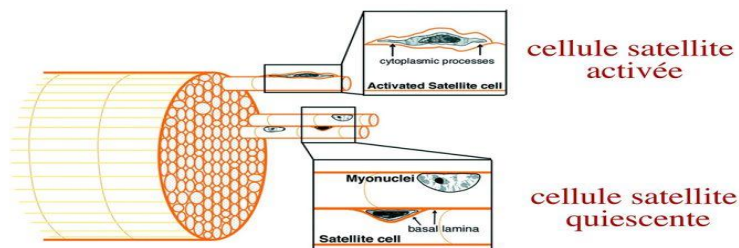
- ▣ **Les cellules de la névroglie :** Plus petites et non excitables qui entourent et protègent les neurones. Névroglie est un terme signifiant littéralement « colle nerveuse ». Les cellules de la névroglie forment l'armature du tissu nerveux et lui confèrent la moyenne partie de sa fermeté. Elles ont pour fonction, de soutenir et d'isoler les neurones et leur fournir les nutriments dont ils ont besoin : le glucose et l'oxygène. Selon leur situation, les cellules gliales sont de  $10$  à  $15$  fois plus nombreuses que les neurones.

La névroglie comprend six types de cellules:

- ▣ Les Astrocytes.
- ▣ Les Oligodendrocytes.
- ▣ Les Cellules de la Microglie.



- ▣ Les cellules épendymaires ou épendymocytes.
- ▣ Les cellules de Schwann.
- ▣ Les cellules Satellites :



**Les cellules Gliales possèdent plusieurs fonctions:**

- Elles soutiennent les neurones et remplissent les vides intercellulaires.
- Elles nourrissent les neurones à travers les capillaires sanguins en Oxygène et Glucose.
- Elles contrôlent le milieu intracellulaire.
- Elles participent à la phagocytose des cellules mortes et des corps étrangers.
- Elles forment la Gaine de Myéline (oligodendrocytes & cellules de Schwann).

**b) - Les Neurones :** Ce sont des cellules excitables qui génèrent, secrètent et transmettent les signaux électriques. Un neurone typique est doté de 1000 à 10 000 terminaisons axonales qui forment des synapses. Les neurones possèdent plusieurs caractéristiques :

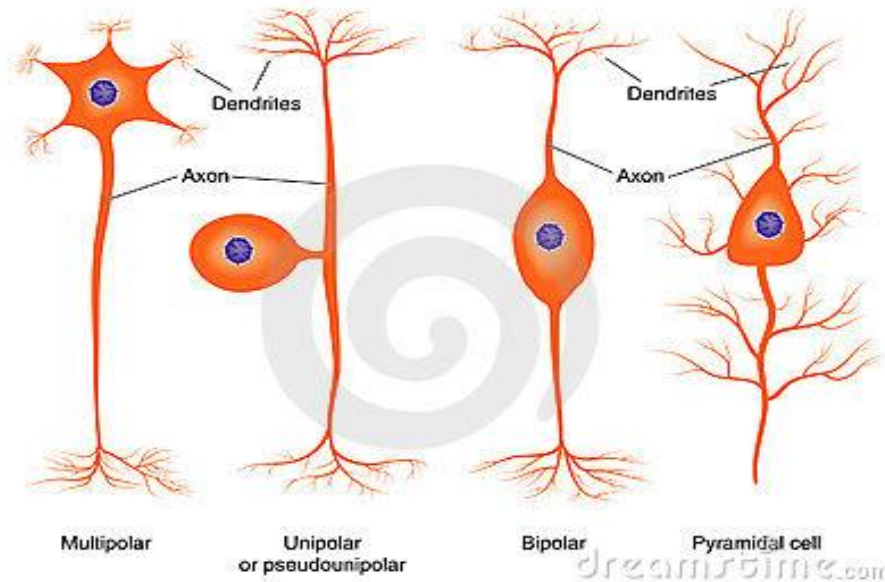
- Ce sont des cellules excitables.
- Ils sont amitotiques, mais dans d'autres structures, elles font exceptions.
- Ils possèdent une longévité conséquente.
- Ils consomment beaucoup d'énergie (le système nerveux correspond à 2% du poids du corps, mais à 20% de la consommation d'énergie). Cette consommation s'explique par le grand nombre de transporteurs actifs au niveau de la membrane cellulaire.

Les neurones sont des cellules complexes et la plupart ont trois structures fonctionnelles en commun:

- ☐ **Une structure réceptrice.**
- ☐ **Une structure conductrice.**
- ☐ **Une structure sécrétrice.**

Cependant, la classification structurale distribue les neurones en trois groupes principaux, selon le nombre de prolongements qui émergent de leurs corps cellulaires:

- ☐ **Les neurones multipolaires.**
- ☐ **Les neurones bipolaires.**
- ☐ **Les neurones unipolaires.**

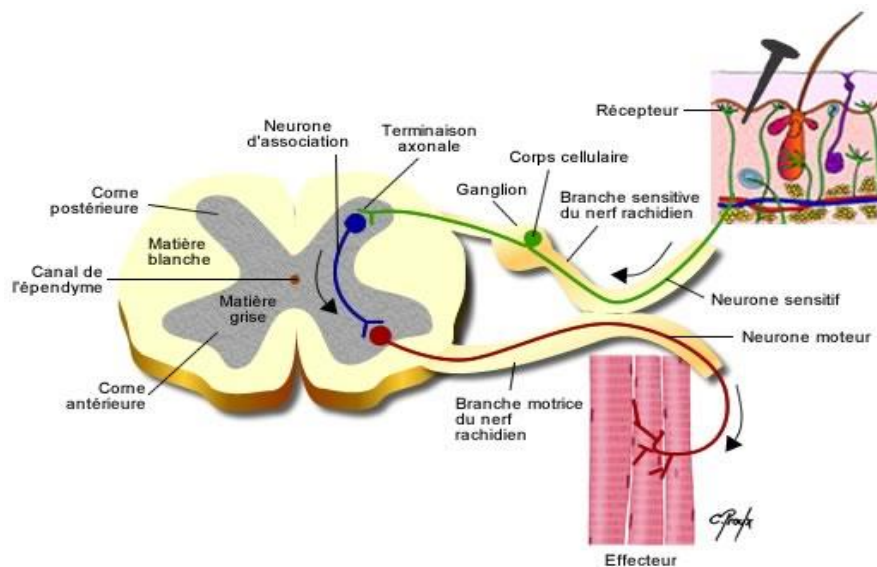


- ☐ **Les neurones multipolaires :** possèdent trois prolongements au plus. Ce sont des neurones qu'on trouve fréquemment chez les êtres humains, ils sont abondants dans le Système Nerveux Central (S.NC). Ils possèdent de nombreuses dendrites et un seul axone.

- ▣ **Les neurones bipolaires:** ont deux prolongements, soit un axone et une dendrite, qui sont issus des côtés opposés du corps cellulaires. Ils sont peu nombreux dans l'organisme adulte.
- ▣ **Les neurones unipolaires:** Comportent un prolongement unique qui émerge du corps cellulaire. Ce prolongement est d'ailleurs très court et il se divise en forme de T en une neurofibre proximale et une neurofibre distale. Les neurones unipolaires sont aussi désignés par le terme **neurone pseudo-unipolaire**, car se sont des neurones bipolaires à l'origine.

**La classification fonctionnelle,** distribue les neurones selon le sens de propagation de l'influx nerveux par rapport au système nerveux central. C'est ainsi que l'on trouve :

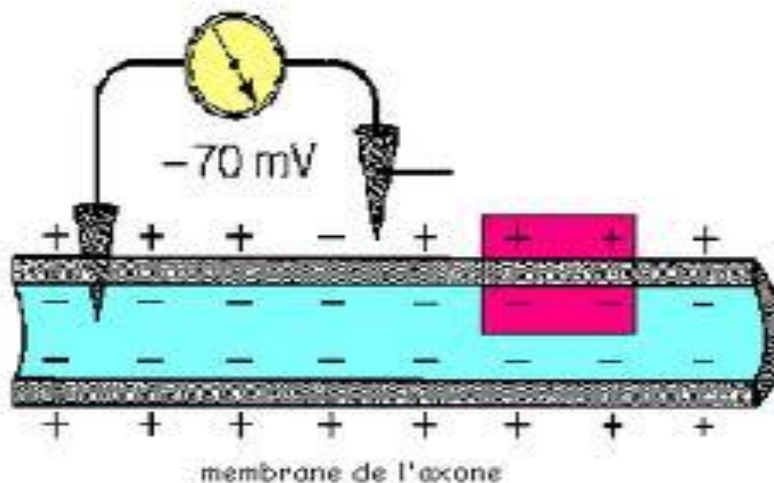
- ① **Les neurones sensitifs:** Ce sont des neurones qui transmettent les influx nerveux des récepteurs sensoriels de la peau ou des organes internes vers le système nerveux central (SNC). Ils sont appelés aussi **neurones afférents**. (*La quasi-totalité des neurones sensitifs de l'organisme sont unipolaires.*)
- ② **Les neurones moteurs :** Ils sont appelés aussi **neurones efférents**, ils transportent les influx nerveux hors du SNC jusqu'aux organes effecteurs et vers les muscles et les glandes situés à la périphérie du corps. (Les neurones moteurs sont multipolaires et leurs corps cellulaires sont situés dans le (SNC).
- ③ **Les neurones d'association ou interneurones :** Ils sont situés entre les neurones sensitifs (voies afférentes) et les neurones moteurs (voies efférentes). Ils servent de relais, aux influx nerveux qui sont acheminés vers les centres du Système nerveux central (SNC) où s'effectue l'analyse des informations sensorielles (Les interneurones sont multipolaires, et on les trouve en général dans le SNC. Ils représentent plus de 99% des neurones de l'organisme).





### 2.3.2 - Le potentiel de repos et le potentiel d'action:

Le voltage se mesure toujours entre deux points de charge contraire: on l'appelle *différence de potentiel* ou simplement *potentiel*. Lorsqu'on place une électrode d'un voltmètre sur l'extérieur de la membrane plasmique et qu'on insère l'autre électrode dans le cytoplasme, on enregistre un voltage (potentiel membranaire) qui mesure environ moins soixante dix millivolts (-70mv).



Le cytoplasme contient une plus faible concentration de sodium ( $Na^+$ ) et une plus forte concentration de potassium ( $K^+$ ). Ils sont (Potassium/Sodium) les plus importants en ce qui concerne la production du *potentiel membranaire*.<sup>3</sup>

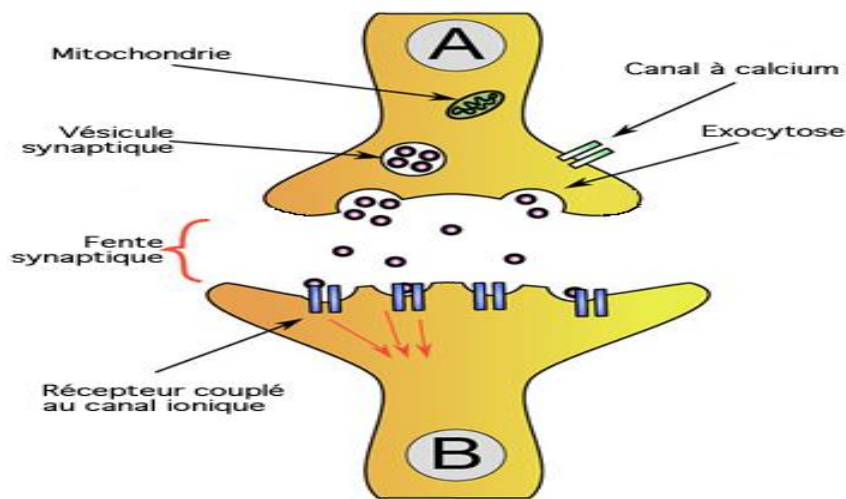
### 2.3.3- Les synapses :

Le fonctionnement du système nerveux repose sur la circulation de l'information dans des réseaux compliqués constitués de chaînes de neurones reliés par des *synapses*. Une synapse (SYNAPSIS = Point de liaison ou point de jonction) permet le transfert de l'information d'un neurone à un autre ou d'un neurone à une cellule effectrice. Synapse veut dire également la zone d'échange d'information entre deux neurones. Les deux Neurones ne se touchent pas : il existe entre eux un espace (fente synaptique). L'arrivée du signal électrique provoque la libération dans la fente synaptique de substances chimiques appelées neurotransmetteurs (Nt).

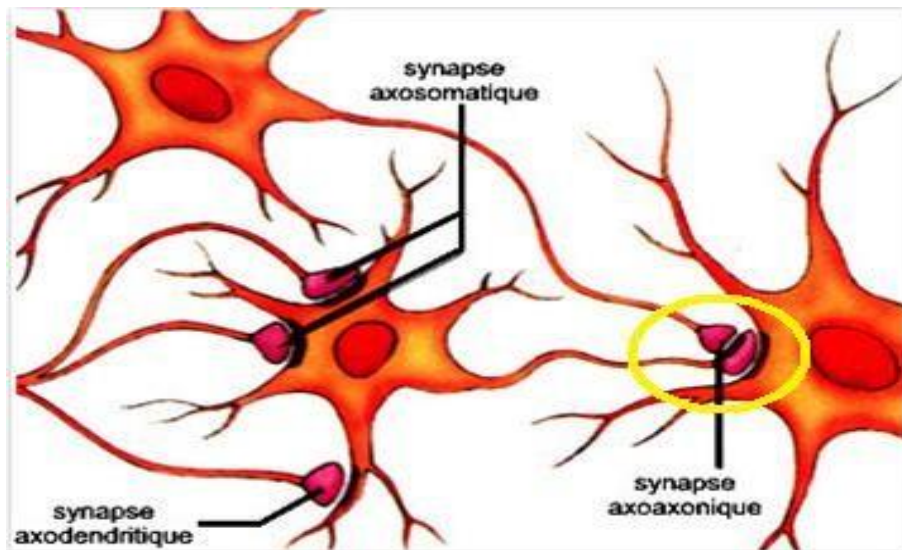
---

<sup>3</sup> La membrane neuronale qui est constituée d'une bicouche lipidique dans laquelle s'insèrent des protéines, sépare le compartiment intracellulaire du compartiment extracellulaire.

Ces Neuromédiateurs chimiques se fixent sur le neurone post-synaptique et provoquent la création d'un signal électrique en déclenchant l'ouverture de canaux et donc la dépolarisation membranaire.



La plupart des synapses sont situés entre les terminaisons axonales d'un neurone et les dendrites ou les corps cellulaires d'autres neurones; on les appelle synapses **Axo-dendritiques**, synapses **Axo-somatiques** et synapse **Axo-axoniques**.



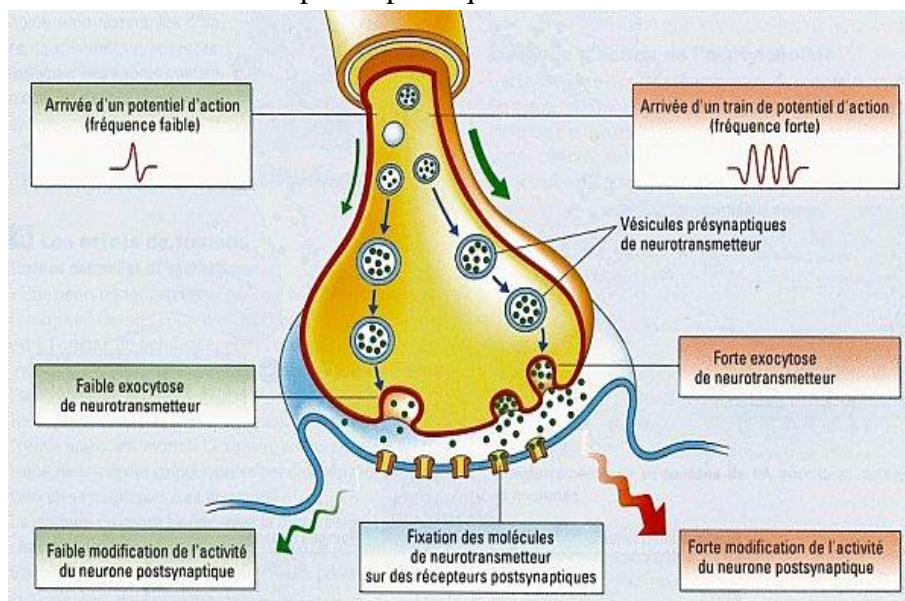
Le fonctionnement du Système nerveux repose sur la circulation de l'information dans des réseaux complexes constitués de chaînes de neurones reliés par des synapses. **Le neurone présynaptique** envoie les influx nerveux vers la synapse et émet de l'information. **Le neurone post-synaptique** transmet l'influx nerveux par-delà la synapse et reçoit de l'information. La plupart des neurones (même les interneurones) sont à la fois pré- et post-synaptiques. Un neurone typique est composé de mille (1000) à dix milles (10 000) terminaisons axonales qui forment des synapses. Il existe deux formes de synapses :

- ✓ **Une Synapse électrique** : l'information dans le système nerveux est codée par des signaux électriques : potentiels d'action répétés. Ces signaux cheminent le long des prolongements des Neurones comme du courant dans des fils électriques.

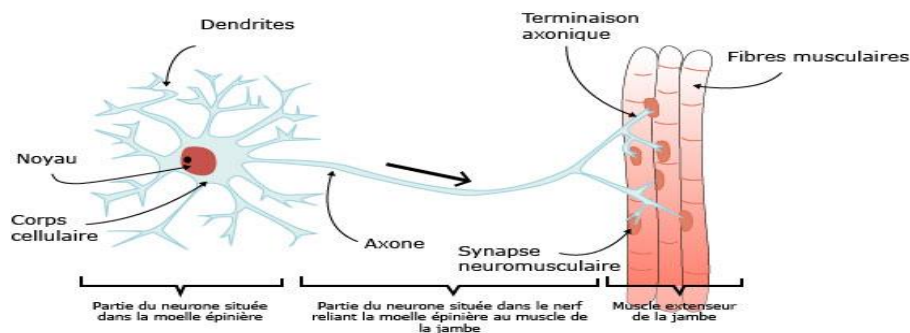
La propagation du signal électrique est favorisée et accélérée par la *myéline*, substance qui recouvre les axones. Entre deux Neurones (synapse), le courant électrique est transformé en signal chimique.

Les synapses électriques sont cependant abondantes dans certains tissus non nerveux, comme le muscle cardiaque, les muscles lisses, où elles permettent des excitations régulières et cadencés.

- ✓ **Une Synapse chimique** : Contrairement aux synapses électriques qui ont pour fonction de permettre la circulation des ions entre les neurones, et les synapses chimiques ont pour fonction de libérer et de recevoir des neurotransmetteurs ou bien les neuromédiateurs chimiques. Ceux-ci, ouvrent ou ferment les canaux ioniques qui influent sur la perméabilité de la membrane plasmique d'un neurone postsynaptique et, par conséquent, sur le déclenchement du potentiel membranaire. Les membranes présynaptiques et postsynaptiques sont proches l'une de l'autre, mais elles sont toujours séparées par la fente synaptique rempli par de liquide interstitiel. La transmission des influx nerveux le long d'un axone est un phénomène purement électrique, tandis que la transmission des signaux à travers les synapses chimiques est un phénomène chimique. Celui-ci est dû tout à la fois de la libération, de la diffusion et de la liaison du neurotransmetteur à son récepteur spécifique.



Les synapses qui mettent en contact des neurones et des cellules musculaires sont appelées synapses neuromusculaires : la contraction des muscles est déclenchée par l'arrivée d'un signal électrique conduit par les nerfs. Chaque muscle reçoit des signaux d'un nerf spécifique. Chaque nerf peut envoyer des signaux à plusieurs muscles. La jonction entre le nerf et le muscle s'appelle la plaque motrice. Lorsqu'un influx nerveux arrive, le neurone libère de l'acétylcholine, qui va se fixer sur des récepteurs présents sur les fibres musculaires, déclenchant leur contraction. Les synapses qui relient les neurones à des cellules glandulaires sont appelées synapses neuroglandulaires.



### Comment s'effectue le transfert de l'information à travers les synapses chimiques ?

Lorsque l'influx nerveux atteint la terminaison axonale, il déclenche une suite d'évènements qui aboutit à la libération d'un neuromédiateur. Celui-ci traverse la fente synaptique et modifie la perméabilité de la membrane postsynaptique en se liant à ses récepteurs. Une succession d'évènements se produit :

**1/- Les canaux de calcium** (canaux calciques) voltage-dépendants de la membrane axonale s'ouvrent momentanément pour laisser passer des **ions de calcium** du liquide interstitiel à la terminaison axonale.

**2/- Le neurotransmetteur est libéré par « exocytose »<sup>4</sup>.** L'accroissement des niveaux intracellulaires de calcium ionique ( $Ca^{2+}$ ) favorise la fusion des vésicules synaptiques avec la membrane axonale, de même que l'écoulement du neurotransmetteur dans la fente synaptique par exocytose.

Le Calcium ionique est ensuite rapidement retiré : il est absorbé par les mitochondries ou éjecté vers l'extérieur par la pompe à calcium.

**3/- Le neurotransmetteur se lie aux récepteurs postsynaptiques.** Le neurotransmetteur se diffuse à travers la fente synaptique et se lie de manière réversible à des récepteurs protéiques spécifiques qui sont regroupés sur la membrane postsynaptique.

<sup>4</sup> L'exocytose est un procédé inverse de l'endocytose, il permet à la cellule de rejeter dans le milieu extracellulaire des molécules protéiques qu'elle a fabriquées. Au cours de ce processus, les vésicules qui contiennent les produits de sécrétion se collent à la membrane cytoplasmique. La membrane lipidique des vésicules fusionne alors à cette membrane ce qui permet au contenu des vésicules, d'être rejeté dans le milieu extracellulaire. (CLARAC, F., & TERNAUX, J.P 2008).

**4/- Les canaux ioniques de la membrane plasmique s'ouvrent.** Quand les neurotransmetteurs se lient aux récepteurs des canaux ioniques ligand-dépendants, la forme des canaux change et ils s'ouvrent.

La diffusion des ions sodium provoque en général un changement du potentiel membranaire qui suffit à déclencher la dépolarisation de la membrane plasmique du neurone postsynaptique : c'est un potentiel gradué. Il en résultera soit une excitation soit une inhibition du neurone postsynaptique, selon le type de neurotransmetteurs libérés et de récepteurs protéiques auxquels ils se seront liés. Tant qu'il demeure lié à un récepteur postsynaptique, le neurotransmetteur continue à produire des effets sur la perméabilité de la membrane et bloque la réception d'autres « messages » en provenance des neurones présynaptiques. **(MARIEB, E.N.1999 : 361-362).**