

Introduction & Généralités

Introduction:

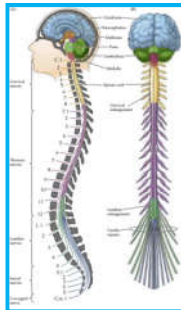
- Neurophysiologie**: étude du fonctionnement du **SN**
- L'**information** (venant des récepteurs périphériques) est analysée par le **cerveau** qui donne naissance aux perceptions et initie une action comportementale.
- Le **cerveau** commande la contraction coordonnée de muscles (effecteurs) et contrôle nos comportements.
- Base de **l'activité fonctionnelle du système nerveux (AFSN)**: transmission des signaux nerveux le long d'un réseau -d'un récepteur à un effecteur-
- AFSN** repose sur les propriétés d'excitabilité, de conduction et de transmission du signal généré par chaque NEURONE (unité structurale et fonctionnelle du SN)
- Neurophysiologie**: étude du fonctionnement du **neurone**.
- **Méthode d'investigation**: Techniques électrophysiologiques (car neurone s'exprime par des signaux électriques)

Généralités:

- SN**: organe fort complexe
- Tient sous sa dépendance toutes les fonctions de l'organisme
- Se compose de :

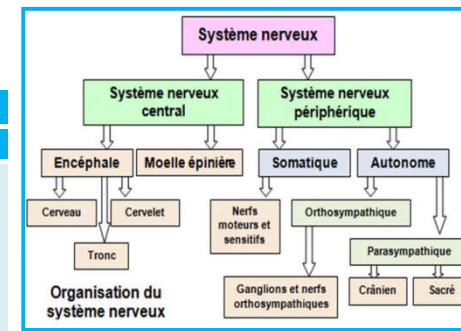
Centres nerveux	chargés de recevoir, d'intégrer et d'émettre des informations.
Voies nerveuses	chargées de conduire ces informations.

- Centre du SN de tous vertébrés
- En anatomie**, cet organe du SNC:
- Traite les informations en provenance des sens,
- Contrôle de nombreuses fonctions du corps, (motricité volontaire++)
- Constitue le siège des fonctions cognitives.
- Chez les vertébrés, l'encéphale est situé dans la tête à l'abri du crâne.



- Le cerveau humain contient 100 milliards de neurones.
- Les neurones sont des cellules très différenciées, excitable+++ (comme les cellules musculaires).
- Cette propriété d'excitabilité fait du SN un système de communication privé.

Cellules du SN	
Névroglie	Neurones
-Cellules de soutien, n'émettant pas de signal électrique	-Capables de transmettre des signaux électriques à longues distances



L'activité du système nerveux peut se faire à différents niveaux:

Niveau systémique: celui de l'organisme

Niveau cellulaire: celui du neurone

Niveau subcellulaire: celui de la synapse

Modèle de voie de communication:

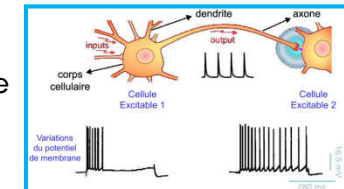
Dans les 3 cas, il y a un émetteur-capteur, un transmetteur, et un récepteur-effecteur.



- Ces voies de communication = modes de transmission rapide de l'information. Permettant:
 - La relation de l'organisme avec son environnement, une
 - Coordination parfaite des différents systèmes physiologiques

Neurones:

- Assurent la fonction de communication et de relation. Communication privée ne concernant que les cellules excitables



3 modes de communication cellulaire:

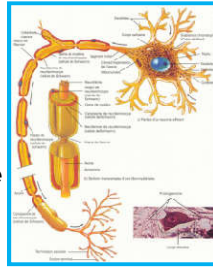
<p>A</p> <p>communication par contact via des jonctions GAP</p>	<p>C</p> <p>communication à distance par l'intermédiaire de molécules sécrétées</p>	<p>Communication synaptique: Très rapide</p> <p>Communication endocrine: Via le sang</p>
<p>B</p> <p>communication par contact par l'intermédiaire de molécules liées aux membranes</p>	<p>Courte via l'espace intercellulaire SYNAPTIQUE Neuro-transmetteur</p>	<p>Moyenne via le liquide interstitiel PARACRINE Neuro-modulateur</p>
		<p>Grande via le sang ENDOCRINE Neuro-hormone</p>

Organisation fonctionnelle du SN

NEURONES: (10 % des cellules nerveuses)

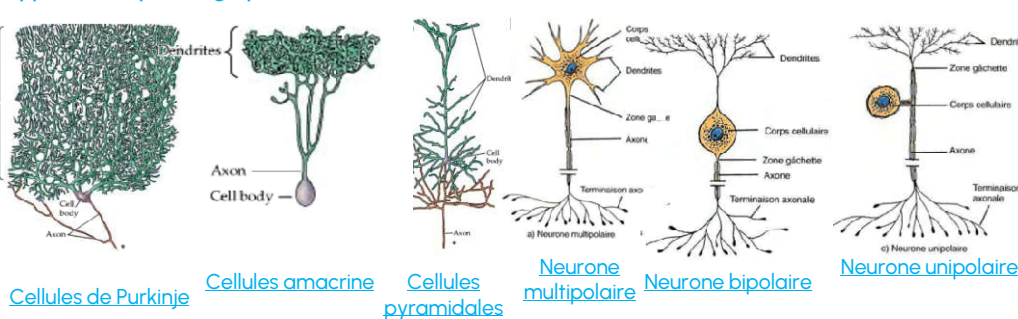
- Particularité anatomique et fonctionnelle
- Ce sont des cellules polarisées avec:
- des prolongements ou neurites (= axone + dendrites)
- une synapse qui est le lieu de communication intercellulaire
- *Les neurones peuvent communiquer notamment entre eux , avec des fibres musculaires et avec des glandes .

3 types de neurones:



Neurones sensoriels	Neurones moteurs	Interneurones
Relativement longs - captent les messages des récepteurs sensoriels et les communiquent au SNC	Longs - Conduisent la commande motrice du cortex à la moelle épinière ou de la moelle aux muscles	Les plus nombreux - connectent entre eux différents neurones à l'intérieur du cerveau ou de la moelle épinière

Types morphologiques très variés de neurones:



*La structure de base du neurone est identique mais elle change de prolongement selon le rôle.

Nerfs

- Sont principalement constitués d'axones ou dendrites (fibres nerveuses) qui sont des prolongements cylindriques des neurones;
- Les nerfs sont formés d'axones de neurones moteur et de neurones sensitifs (certains ne contiennent que des fibres sensitives).
- Nerf rachidien ~ 600 000 fibres nerveuses
- Le corps cellulaire est dans (ou tout près) du SNC.
- La plupart des nerfs sont mixtes..

Synapse

- Jonction entre axone et une autre cellule nerveuse, musculaire ou glandulaire

Neurones de la rétine

- La rétine est formée d'une **partie pigmentaire** et d'une **partie nerveuse**. La partie pigmentaire contient des pigments. La partie nerveuse se compose des **photorécepteurs** et de plusieurs couches de neurones (dont les neurones bipolaires et les cellules ganglionnaires) organisées en réseaux. L'information lumineuse passe à travers les cônes et les bâtonnets afin d'être transformée en influx nerveux. Ces influx sont acheminés vers le cerveau par le nerf optique.

NEUROGLIE (90 % des cellules nerveuses)

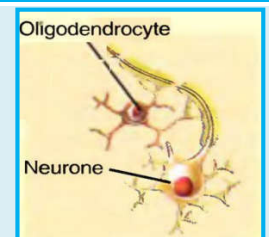
- Dans le système nerveux central, l'ensemble des cellules étroitement associées aux neurones constituent la névroglie.
- Taille plus petite que les neurones
- Occupent environ la moitié du volume total du SNC
- Comblent les espaces entre les neurones.
- Assurent aux neurones un soutien structural et métabolique

4 types cellulaires:

Microglie	Astrocytes	Névroglie épendymaire
-Cellules de défense	Présentes dans: Cerveau et moelle	-Cellules qui tapissent le système ventriculaire dans le SNC
	-Maintien d'un environnement chimique adéquat pour la fonction des neurones * Absente du SNP	

Oligodendrocytes oligodendrogli

- Autour des axones Cellules de Schwann : névroglie périphérique
- Myélinisation des axones: importance pour la propagation des PA
- *2 types: centrales et périphériques
- *1 oligodendrocyte central peut engainer jusqu'à 1000 axones
- *Plusieurs cellules de Schwann peuvent engainer une fibre du SNP



Physiologie de la cellule nerveuse

RAPPEL:

2 systèmes fondamentaux: SN somatique et SN autonome

SN Autonome

Définition:

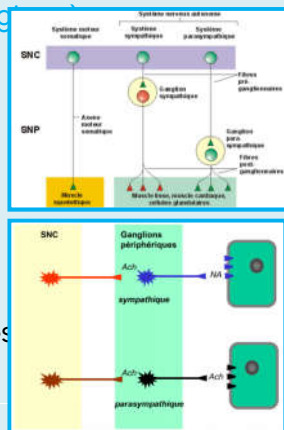
-Consiste en 4 entités anatomiques SN **sympathique**, **parasympathique**, **entérique** et **NANC (non adrénérergique non cholinergique)**

-SN sympathique et parasympathique convoient tous les stimuli sortant du SNC à l'exception de l'innervation motrice du système musculaire squelettique;

-lié au SNC, mais fonctionne indépendamment de l'influence du contrôle volontaire.

Permet le contrôle de :

- contraction et relaxation de la musculature lisse
- sécrétions des substances exocrines et endocrines
- rythme cardiaque
- métabolisme énergétique (foie et muscle squelettique)



3 acteurs principaux contrôlent le PR:

- Concentrations en différents ions et molécules des milieux liquides présents de part et d'autre de la membrane
- La membrane elle-même: perméabilité sélective
- **Protéines transmembranaires*** (canaux ioniques, pompes) rendent la membrane semi-perméable

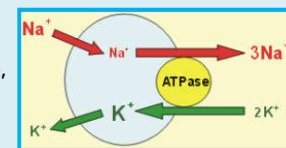
* Canaux de fuite(++) et Pompe Na/K- ATPase sont à l'origine du Potentiel de repos

Pompe Na/K

-ATP ase située dans la membrane, c'est la plus importante des pompes ionique jouant un rôle dans le maintien des gradients de concentration*.

-En consommant 1 ATP, elle fait sortir 3 ions Na⁺ de la cellule et en même temps fait entrer 2 ions K⁺ à l'intérieur et ceci contre le gradient de concentration, d'où la dépense d'énergie.

-Elle laisse un déficit net d'ions positifs, donc une négativité à l'intérieur.



$$\text{Potentiel de repos (K}^+ + \text{Na}^{+(1)}\text{)} = -3\text{mV}$$

•maintiennent les ions Na⁺ en dehors du neurone et les ions K⁺ dans le secteur intracellulaire.

Canaux de fuite

-Canaux de fuite sodique + canaux de fuite potassique

-Canaux 100 fois plus perméables aux K⁺ qu'aux Na⁺

-pour 1 Na⁺ en intra cellulaire = 100 K⁺ vers l'extra cellulaire

$$\text{Potentiel de repos (K}^+ + \text{Na}^{+(1)}\text{)} = -67\text{mV}$$

(1) Na⁺ négligeable mais son canal de fuite est présent



→Principaux déterminants de la polarité

Eq de Goldman:

$$\text{FEM} = -61 \log \frac{\sum \text{Ci} \cdot \text{Pi}}{\sum \text{Ce} \cdot \text{Pe}}$$

FEM: Force électromotrice en millivolts

C:concentration

P: Perméabilité

-Les potentiels de diffusion seuls donneront un potentiel membranaire de -67mV. La plupart sont déterminés par la diffusion des ions K⁺.

-Seulement un supplément de -3mV est ajouté au potentiel de repos par la pompe Na⁺/K⁺ qui fonctionne en permanence; en donnant un PR de -70mV. (67mV+ -3mV)

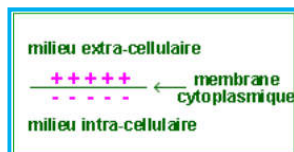
Potentiel de repos (PR):

PR= Polarité membrane à l'état de repos (en absence de toute stimulation).

Potentiel de membrane = nombre légèrement plus grand de charges (-) que de charges (+)

à l'int de la cell → Répartition inégale des ions de chaque côté de la membrane

(entre l'int et l'ext de la cell → Perméabilité sélective de la membrane aux différents ions.



Ions	Concentration en millimoles / litre	
	Milieu intracellulaire	Milieu extracellulaire
Na ⁺	15	150
K ⁺	150	5
Cl ⁻	45	145
Gros anions (A ⁻)	400	0

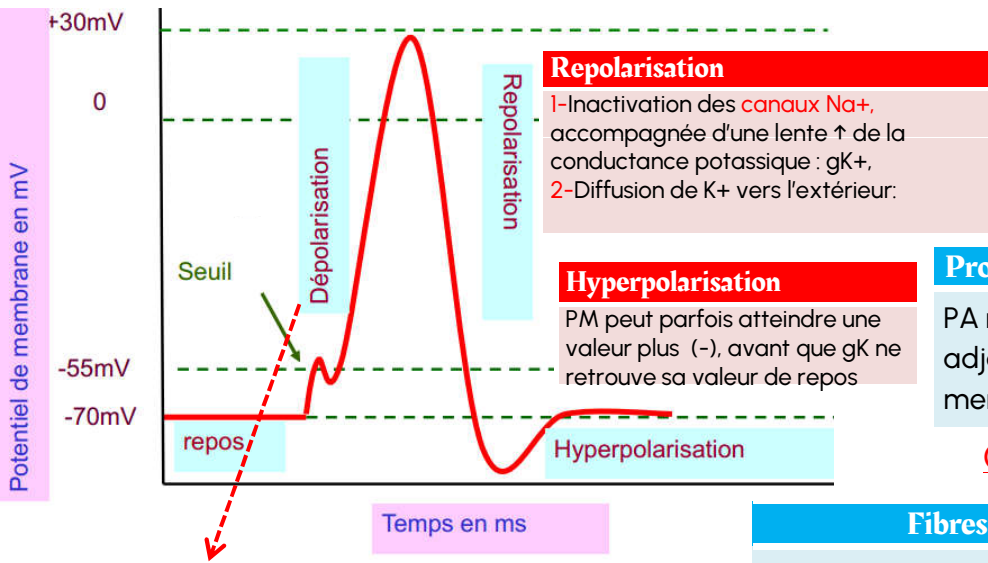
-Cellules nerveuses sont des cellules excitables =

leur membrane maintient une importante différence de potentiel entre le milieu intra et extra cellulaire.

Physiologie de la cellule nerveuse (suite)

Potentiel d'action (PA):

- Définition:** C'est une dépolarisation suivie d'une repolarisation et d'une hyperpolarisation passagère, d'une membrane plasmique de cellule excitable (neurone ou cellule musculaire).
- Il apparaît à chaque dépolarisation préalable provoquée ou due à l'excitation et qui fait atteindre au potentiel une valeur seuil.
 - Au cours d'un PA, le potentiel de membrane passe de - 70 mV à + 30 à 40 mV, puis revient à sa valeur initiale après une brève hyperpolarisation.
 - Le maintien d'un PM caractérise toutes les cellules vivantes
 - L'excitabilité caractérise les cellules spécialisées (cellule nerveuse, cellule musculaire)



- Dépolarisation**
- 1-Cellules subissent un stimulus,
 - 2-Modification transitoire des conductances ioniques et du PM,
 - 3-Naissance d'un PA.
 - 4-Pm augmente vers une valeur moins négative.
 - 5- Il atteint une valeur critique appelée seuil,
 - 6-La conductance (gNa) ↑, entrée rapide et massive de Na+ dans la cell

Les principaux canaux ioniques qui interviennent dans le PA sont:

- Les canaux sodiques voltage-dépendants: Protéine possédant 2 portes: une d'activation fermée au repos et une d'inactivation ouverte (dépolarisation)
 - Les canaux potassiques voltage dépendants: Protéine membranaire possédant 1 porte (repolarisation)
 - Canaux voltages dépendants: différencie les cellules excitables des cellules non excitables
- (Pour mieux comprendre leur mécanisme d'action veuillez voir les schémas à la page suivante)

Lois du PA:

Seuil	La cause qui déclenche le PA, doit avoir une intensité en dessous de laquelle cette cause est inefficace.
Loi du tout ou rien	Dès que le seuil est atteint, la réponse est complète et maximale quelque soit l'intensité du stimulant
Période réfractaire absolue	Durant le PA , aucun nouvel excitant n'est efficace, quelque soit son intensité
Période réfractaire relative	Pendant la dernière partie de la retombée du potentiel d'action, le seuil d'excitation est plus élevée qu'au repos, la fibre redevient excitable par un stimulus supraliminaire (légèrement supérieur au seuil normal de la cellule)

Lois générales de la conduction nerveuse :

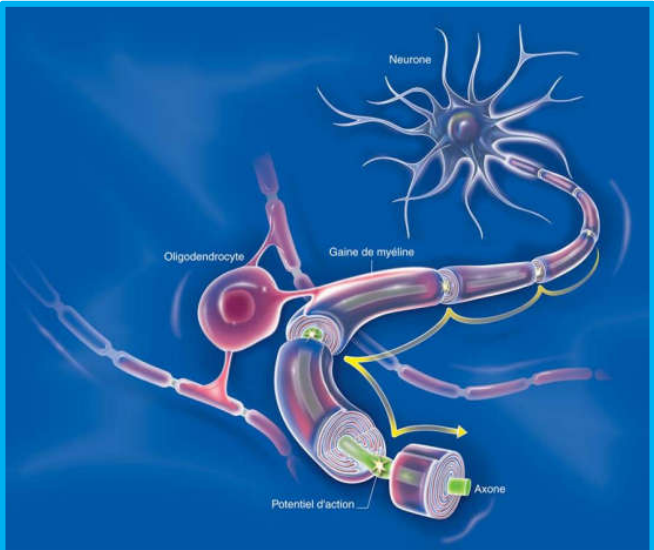
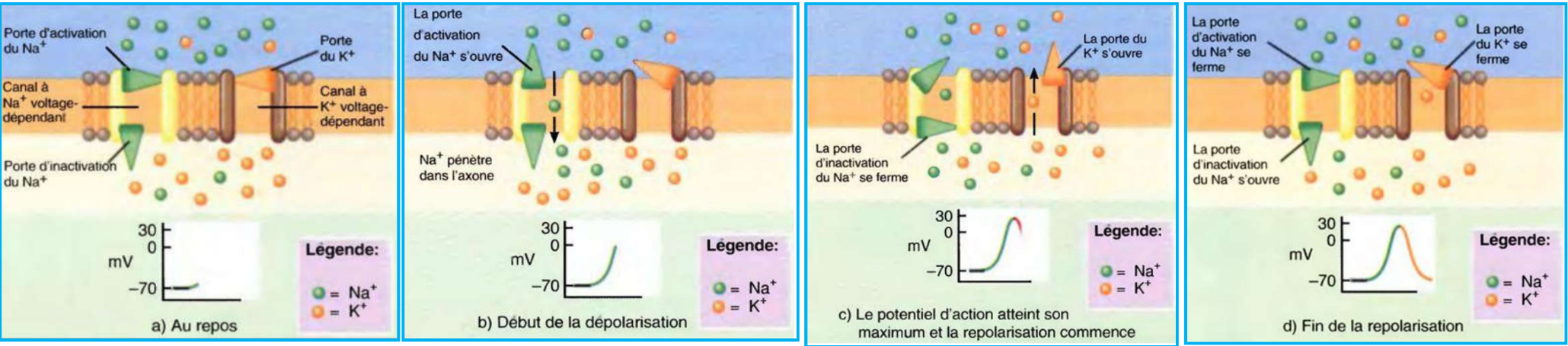
Propagation le long de la surface membranaire	Période réfractaire absolue
PA ne stimule en général des portions adjacentes (en n'importe quel point d'une membrane excitable-)	-PA ne se propage que dans 1 sens -Chaque portion devient après la passage du PA très difficilement excitable

Circulation de l'influx nerveux*

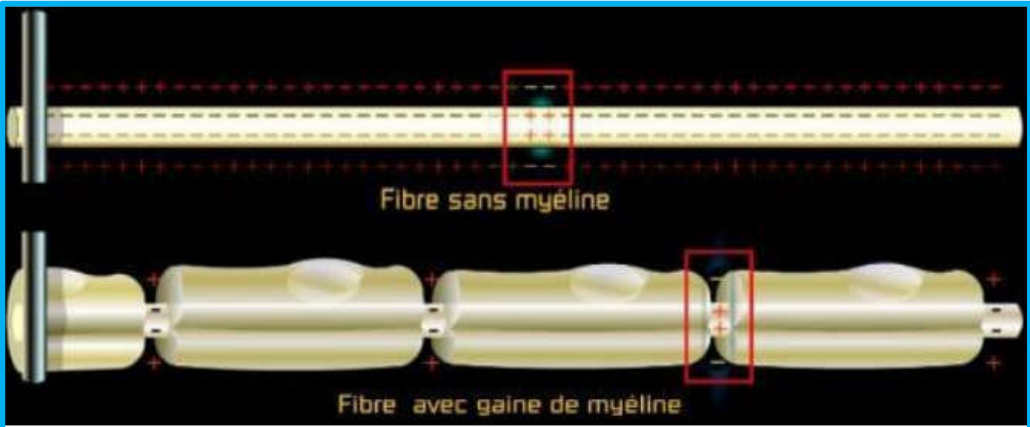
*in ux nerveux ≠ PA /in ux nerveux=déplacement du PA

Fibres nerveuses myélinisées	Fibreuses nerveuses amyéliniques
Conduction saltatoire -Conduisent l'influx vite avec une vitesse =120m/s. -PA est transmis par sauts d'un Nœud de Ranvier à l'autre	Propagation continue ou de proche en proche -Conduisent l'influx lentement avec une vitesse =1m/s. -Propagation lente. -Quand le diamètre augmente la vitesse est plus importante

Mécanisme d'action des canaux voltage dépendants:



Conduction saltatoire
(Fibres myélinisés)



Propagation continue ou de proche en proche
(Fibres amyéliniques)

Jonction synaptique

2 types de synapses:

-Synapse électrique: Nombreuses chez les invertébrés et quelques vertébrés (absente chez l'Homme)

-Synapse chimique:

1- Le neurone présynaptique synthétise les molécules de neurotransmetteurs qui sont stockées dans les vésicules synaptiques

3- Des canaux calciques voltages dépendants s'ouvrent.

4- Il y a entrée de calcium (Ca^{2+}) dans la terminaison axonale par les canaux calciques VD.

2- L'arrivée de l'influx nerveux (PA) au niveau de la terminaison présynaptique provoque la dépolarisation de la terminaison axonale.

5- Le calcium permet le mécanisme de fusion de la membrane des vésicules synaptiques à la membrane présynaptique.

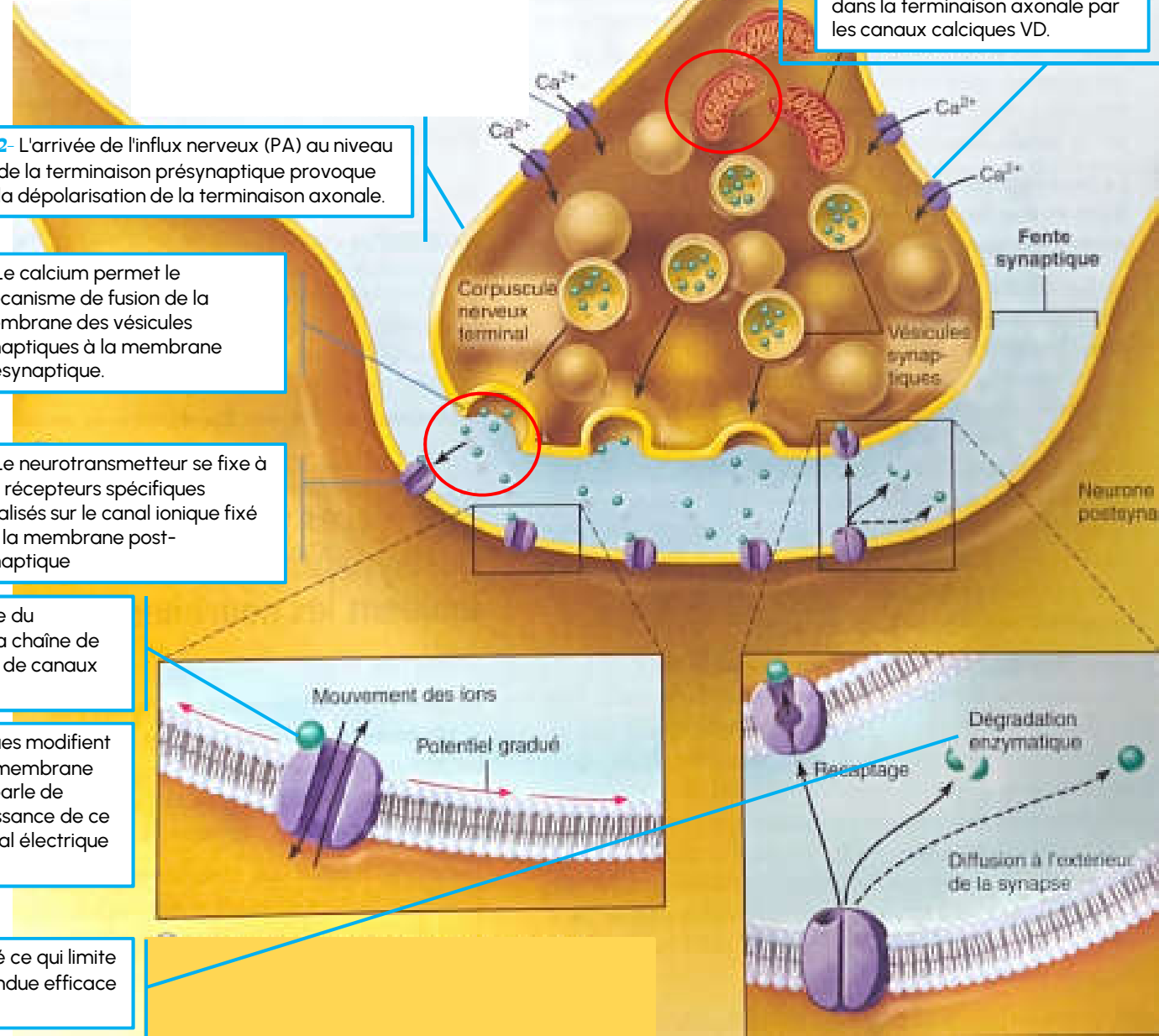
6- Le neurotransmetteur est alors libéré par exocytose dans la fente synaptique. Cette exocytose nécessite de l'énergie fournie par **les mitochondries** de la terminaison présynaptique. **(Entouré en rouge dans le schéma)*

7- Le neurotransmetteur se fixe à ses récepteurs spécifiques localisés sur le canal ionique fixé sur la membrane post-synaptique

8- Cette fixation entraîne, selon la nature du neurotransmetteur, du récepteur et de la chaîne de transduction, l'ouverture ou la fermeture de canaux ioniques postsynaptiques.

9- Les variations de conductances ioniques modifient alors la polarisation électrique de cette membrane de façon plus ou moins importante. On parle de Potentiel post-synaptique (P.P.S.). La naissance de ce courant post-synaptique modifie le signal électrique du neurone post synaptique.

10- Le neurotransmetteur après action est ensuite inactivé ce qui limite l'existence du PPS. La transmission synaptique est ainsi rendue efficace grâce à l'inactivation rapide des neurotransmetteurs.



Jonction synaptique (suite)

Les neurotransmetteurs

-Ce sont des substances neuroactives secrétées par les neurones et jouant un rôle dans la communication intercellulaire, nommées aussi **neuromédiateurs**.

Neurotransmetteurs	Neuromodulateurs	Neurohormones
Transmission synaptique Libérés par l'élément présynaptique dans l'espace synaptique, modulent la perméabilité ionique de la membrane post-synaptique après qu'ils se soient fixés sur leurs récepteurs spécifiques.	Communication paracrine Libérés par des terminaisons nerveuses dans l'espace « péri-synaptique » pour moduler à la fois les caractéristiques d'excitabilité des neurones « arrosés » et celles de la transmission synaptique	Communication endocrine Libérées par les terminaisons de certains neurones de l'hypothalamus en réponse à leur excitation.