



## **B/Origine :**

### **1-Phénomènes passifs :**

#### a-Différences des concentrations ioniques :

Au repos, il existe une inégalité de répartition des ions de part et d'autre de la membrane (tableau). La séparation de charge qui en résulte est à l'origine d'un mouvement passif d'ions à travers des « canaux de fuite » sélectifs à chaque espèce ionique. Ces mouvements passifs s'effectuent selon deux gradients :

- Un gradient de concentration (osmotique) .
- Un gradient électrique dû à la ddp ( $V_m$ ) de repos .

ION	INTRACELLULAIRE mM	EXTRACELLULAIRE Mm	POTENTIEL D'EQUILIBRE
K+	400	20	-75
Na+	50	404	+55
Cl-	52	560	-60
A-	385	-	-

concentrations ioniques : (exemple de l'axone géant de calmar)

#### b-Potentiel d'équilibre : équation de NERNST

Cette équation permet de calculer le potentiel d'équilibre d'un ion ( $E_{ion}$ ) c'est-à-dire le potentiel de membrane pour lequel cet ion est en équilibre vis-à-vis des forces électrochimiques.  $E_x = R.T/ZF.Ln X_e/X_i$

#### c-Perméabilité membranaire :

En réalité, la membrane est perméable à plusieurs ions et les flux ioniques sont fonction non seulement des forces électrochimiques ( $E_m - E_{ion}$ ) mais aussi des perméabilités ou conductances « g » respectives, d'où l'équation de Goldman.

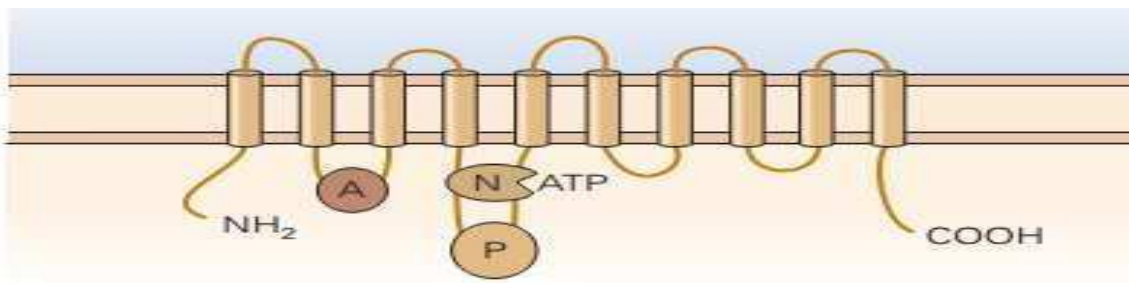
$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_o + P_{Na} [Na^+]_o + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_o}$$

### **Goldman Equation**

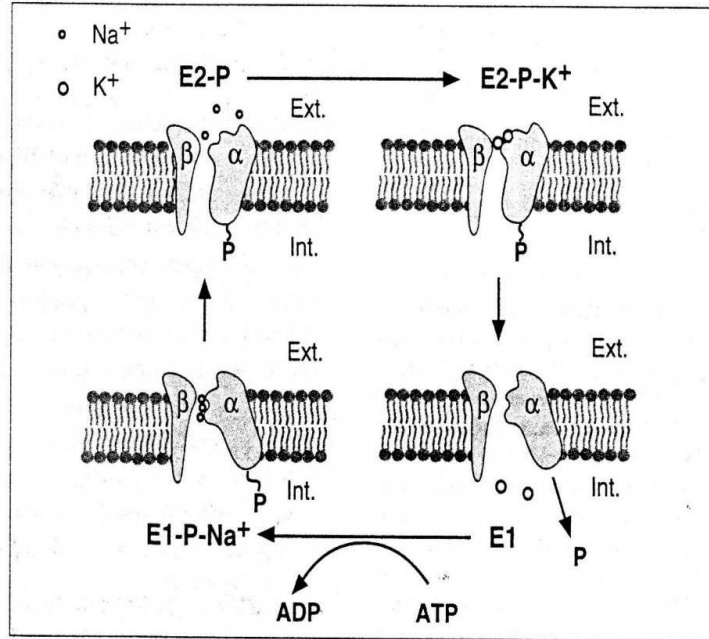
## **2-Phénomènes actifs :**

Pour assurer la stabilité des concentrations ioniques il faut l'intervention d'un processus actif de transport en sens inverse (contre les gradients électrochimiques) : C'est la pompe à  $Na^+ - K^+$  ATP ase.

- Fonctionnement : schéma

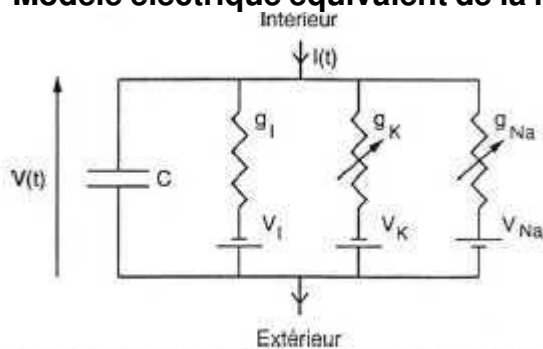


**Figure 20.** Le cycle de la pompe Na/K. Sous sa forme E1, l'ATPase a une forte affinité pour le Na<sup>+</sup>. Son site de fixation étant ouvert vers l'intérieur de la cellule, elle fixe trois ions Na<sup>+</sup> intracellulaires et hydrolyse une molécule d'ATP dont elle fixe le phosphate inorganique (P). Cette fixation modifie la conformation du site, qui s'ouvre vers l'extérieur ; simultanément, l'enzyme perd son affinité pour le Na<sup>+</sup> qui est libéré dans le milieu extracellulaire. Elle acquiert alors une forte affinité pour le K<sup>+</sup> et en fixe deux ions. Étant instable, elle reprend ensuite sa forme E1, en même temps qu'elle libère le K<sup>+</sup> et son phosphate inorganique dans le compartiment intracellulaire.



Les variations locales du potentiel de membrane se manifestent sous deux formes :  
**IV/EFFET D'UNE STIMULATION INFRALIMINAIRE : LES POTENTIELS LOCAUX (ELECTROTONIQUES)**

**-Modele électrique équivalent de la membrane :**



**Figure 2.3.** Circuit électrique équivalent de la membrane du neurone avec les courants de fuite (I), potassique (K) et sodique (Na).

Ces phénomènes locaux sont dus aux propriétés physiques passives de la membrane.

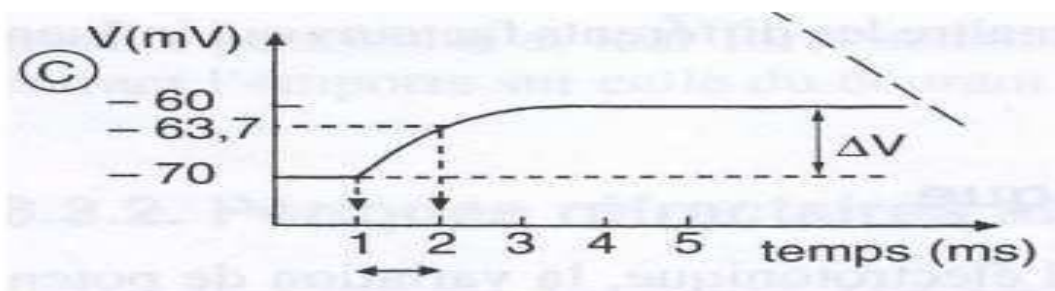
La bicouche lipidique isolante constitue l'équivalent d'un condensateur (Cm) ; les protéines conductrices opposent une résistance Rm au courant Im traversant la membrane.

La membrane peut donc être comparée à la juxtaposition de circuits élémentaires reliés par des résistances longitudinales (RL) du milieu intracellulaire .

On définit deux constantes :

-Réponse locale : constante de temps. C'est une fonction des valeurs de Cm et de Rm.

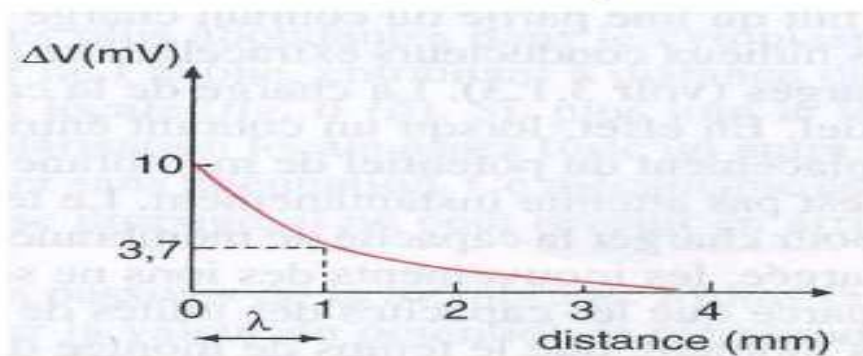
## Constante de temps



Constante de temps = temps mis pour que le potentiel électrotonique pour atteindre -63,7 mV

-Réponse propagée : constante d'espace.  
elle est fonction des valeurs de RL

## Constante d'espace



Constante d'espace = distance nécessaire pour enregistrer un potentiel dont l'amplitude n'est plus que que 37% des sa valeur de référence

## V/EFFET D'UNE STIMULATION SUPRALIMINAIRE : LE POTENTIEL D'ACTION PROPAGE (PA) :

C'est le mode de communication du système nerveux sur de longues distances.

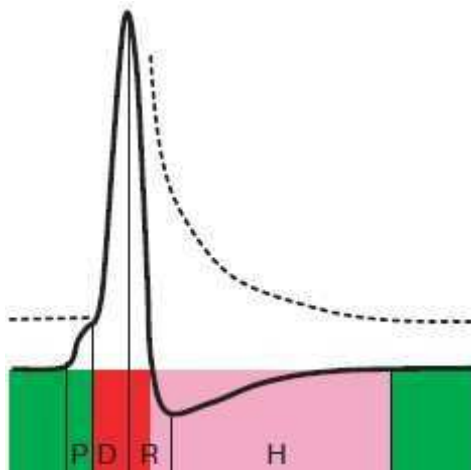
**-Caracteristiques** : on distingue plusieurs phases :

-Dépolarisation rapide et brusque avec inversion du  $V_m$  (de -70 à +30) et début d'une repolarisation rapide, sa durée est de 0,5 à 1 m sec et correspond à la période réfractaire absolue (PRA).

-Repolarisation plus lente : Correspond à la période réfractaire relative (PRR)

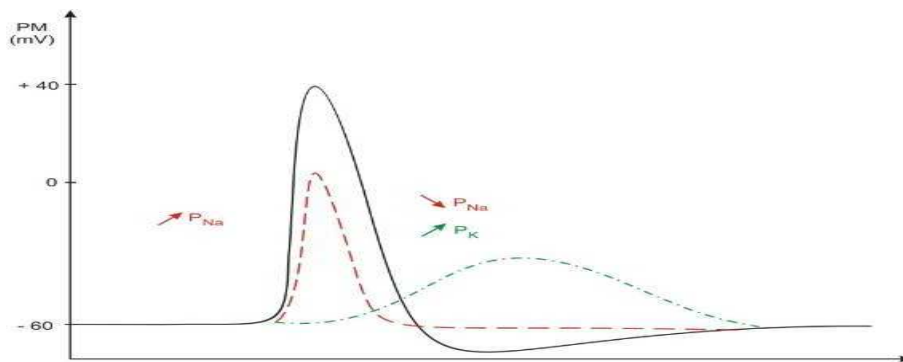
-Une post dépolarisation

-Une post hyperpolarisation

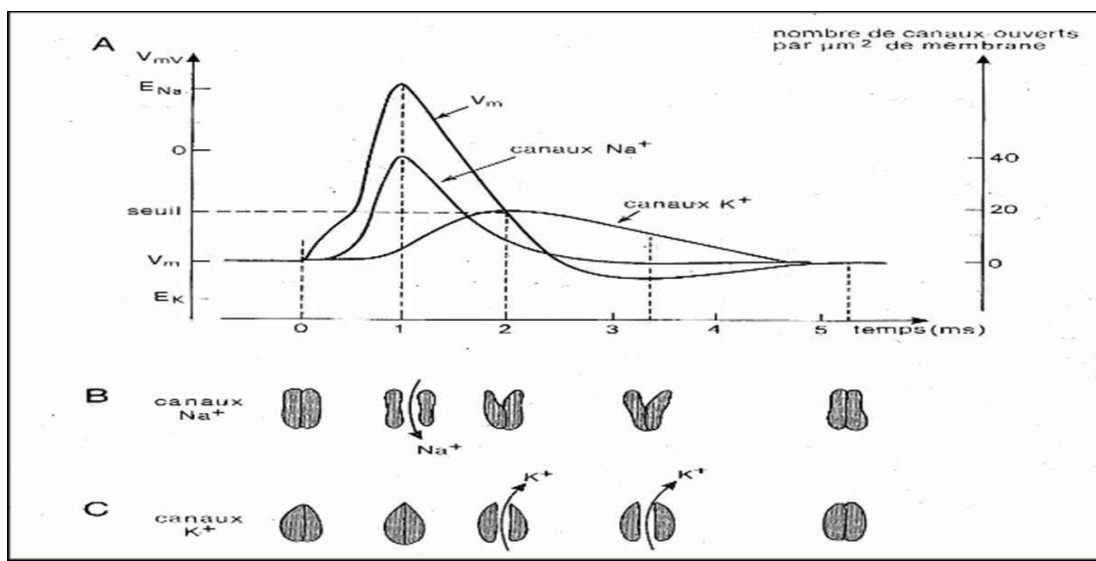


Le potentiel d'action

P :prepotentiel  
D :dépolarisation rapide  
R :repolarisation rapide  
H :hyperpolarisation post-spike

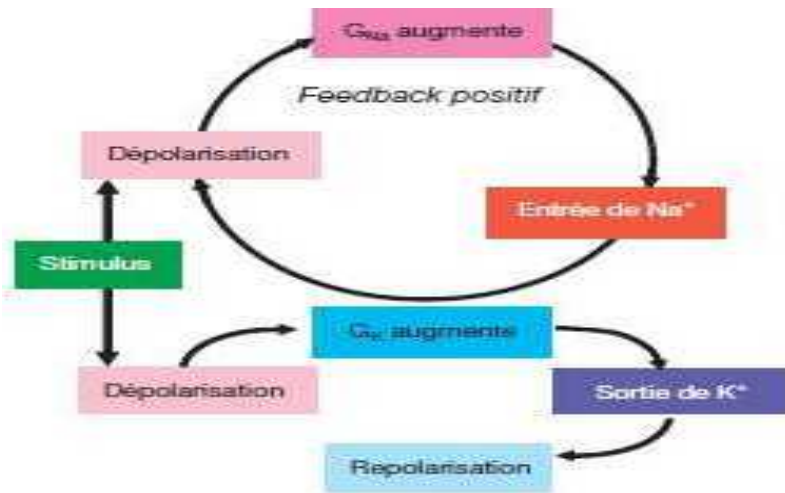


- le potentiel d'action résulte d'une augmentation brutale de  $g_{Na^+}$  avec entrée massive de  $Na^+$  et inversion du  $V_m$ .
- La repolarisation est due à l'inactivation des canaux  $Na^+$  VD et surtout à l'activation « retardée » des canaux  $K^+$  VD.
- Le retour à l'équilibre de repos est assuré par la pompe à  $Na^+ K^+$  ATP ase.



- A la valeur du potentiel seuil, les canaux  $Na^+$  VD « fermés activables » passent à l'état « ouvert » d'où dépolérisation et ouverture d'autres canaux  $Na^+$  VD (processus régénératif).
- en PRA ils sont tous inactivables
- en PRR ils se désinactivent progressivement

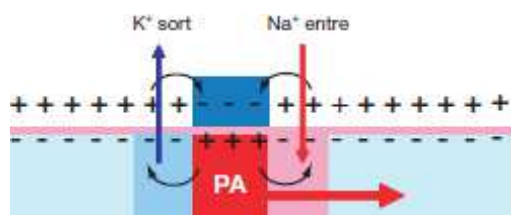




## VI-Conduction nerveuse : deux situations :

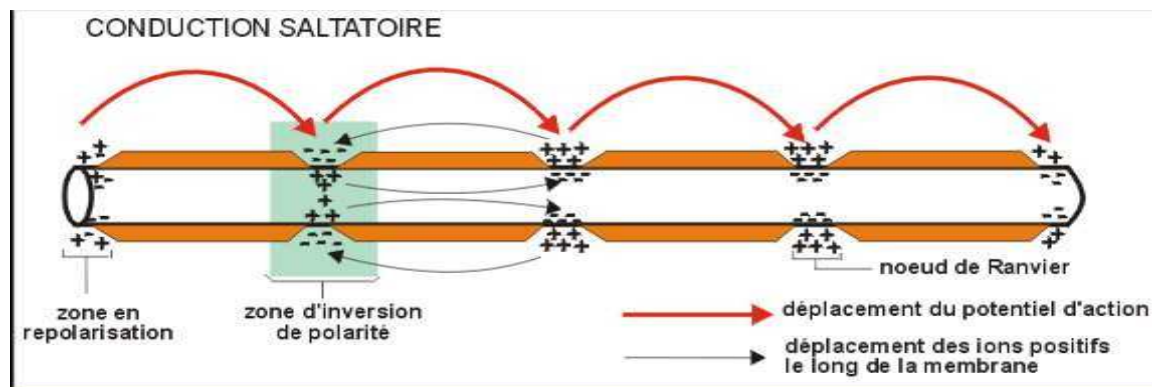
### -Fibres non myélinisées :

La dépolarisation membranaire induit des « courants locaux » qui dépolarisent les régions voisines d'où ouverture des canaux  $Na^+VD$  et formation d'un potentiel d'action à distance. L'influx nerveux ne peut revenir en arrière. La vitesse de conduction est proportionnelle au diamètre de l'axone (RL faibles).



### -Fibres myélinisées :

Le potentiel d'action formé au premier nœud se déplace vers le second du fait de la présence de la gaine de myéline (isolante) : c'est la conduction saltatoire ; et de la rareté des canaux  $Na^+VD$  dans les régions inter nodales .



## VII/SYNAPSES NEURONEURONALES :

La cellule nerveuse présente la particularité de communiquer de façon précise et rapide, cette communication n'est possible que grâce à deux mécanismes :

- La conduction nerveuse
- La transmission synaptique

C'est donc au niveau de ces contacts que s'effectue la transmission de l'information. Cette zone de contact comprend : Un élément pré synaptique ,une fente synaptique et un élément post synaptique ,Peuvent être classer :

### **A-Selon la nature des connections :**

1-Synapses neuro-neuronaux :

2-Synapses neuro-effectrices : constituées par un élément présynaptique (terminaison axonale) et un élément post synaptique : fibre musculaire lisse ou striée ou une cellule glandulaire.

### **B-Selon le mode de fonctionnement :**

1-Synapses électriques : Elles permettent un couplage électrique et métabolique entre les cellules à travers des zones de contact appelées « gap junctions »

2-Synapses chimiques : Elles nécessitent l'intervention d'un intermédiaire chimique (neuromédiateur) entre l'élément pré et l'élément post synaptique.

### **C-Selon l'effet post synaptique :**

1-Synapses excitatrices      2-Synapses inhibitrices

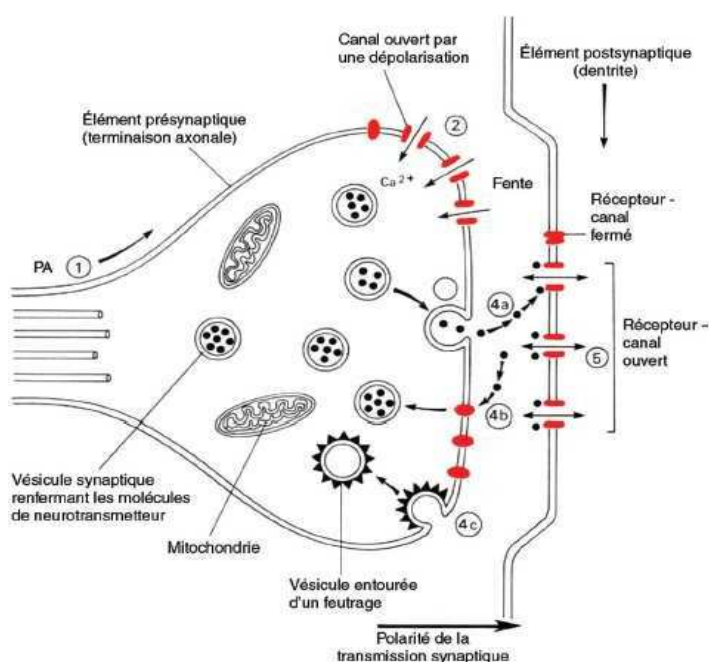
### **D/Schéma général du fonctionnement des synapses :**

1-L'arrivée du potentiel d'action au niveau de la terminaison pré synaptique dépolairise la membrane suivie d'une entrée d'ions calcium.

2-Le signal calcique induit le processus d'exocytose par fusion des membranes pré synaptique et vésiculaire.

3-Les vésicules synaptiques libèrent leur contenu dans la fente synaptique.

4-Les molécules de neuromédiateurs se fixent sur des récepteurs spécifiques de la membrane post synaptique :

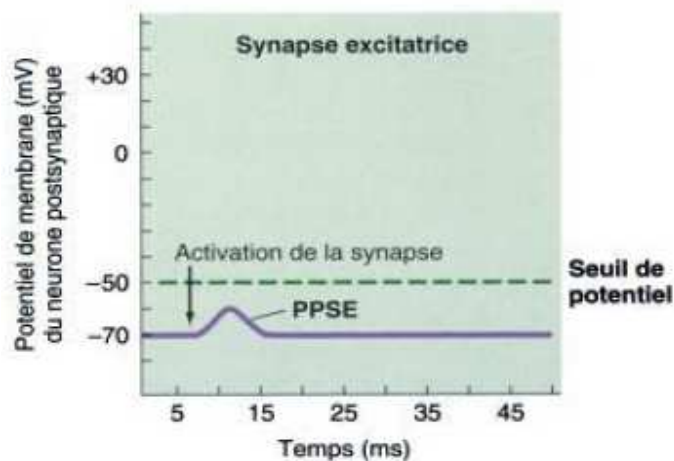


Au niveau du système nerveux central, un même neurone peut recevoir de multiples contacts synaptiques (excitateurs et inhibiteurs). Ces influx afférents au neurone post synaptique déterminent sa réponse c'est-à-dire l'émission ou non de potentiels d'action.

Les potentiels post-synaptiques (excitateurs ou inhibiteurs) se propagent le long de l'arborisation somato-dendritique jusqu'au segment initial de l'axone.

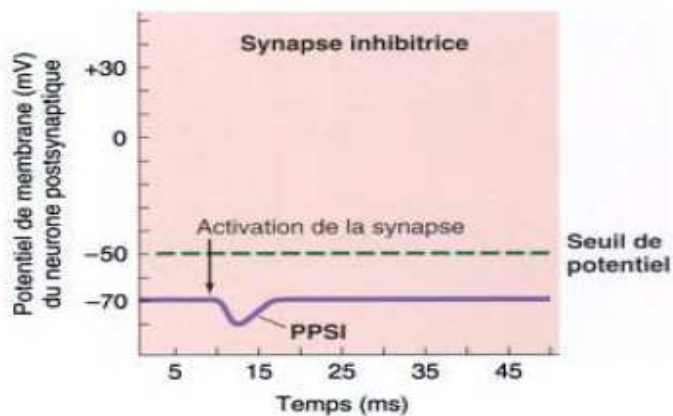
**1/Potentiels post synaptiques excitateurs (PPSE) :** dépolarisation locale.

Mécanismes ioniques : augmentation simultanée de  $g_{Na^+}$  et  $g_{K^+}$  à l'origine d'une dépolarisation locale



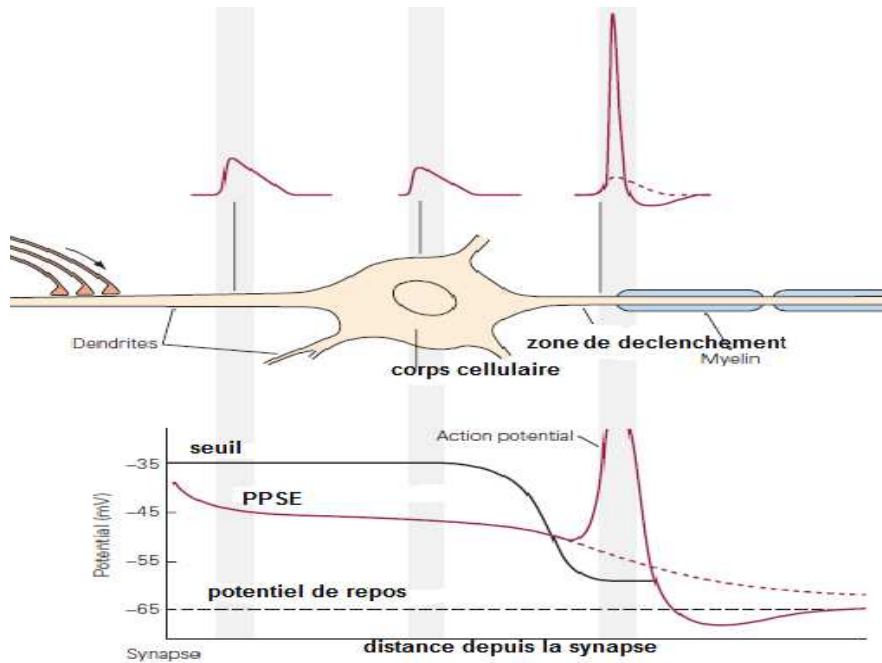
**2/Potentiels post synaptiques inhibiteurs (PPSI) :** hyperpolarisation locale

Mécanismes ioniques : augmentation de  $g_{Cl^-}$  ou  $g_{K^+}$  à l'origine d'une hyperpolarisation.





## Intégration synaptique



Rôle du segment initial de l'axone dans le déclenchement du potentiel d'action  
 La survenue de plusieurs PA de plusieurs axones permettant une sommation spatiale aboutissant à la réponse neuronale

### 3/Neuromédiateurs du système nerveux central :

#### 3-1/Critères d'identification d'un neuromédiateur :

- 1-Critère de biosynthèse
- 2-Critère de libération
- 3-Critère d'identité d'action
- 4-Critère de rapidité d'action
- 5-Critère pharmacologique

#### 3-2/Classification

NEUROMEDIATEUR	PRECURSEUR
Acetylcholine	Choline
Biogenic amines	
Dopamine	Tyrosine
Norepinephrine	Tyrosine
Epinephrine	Tyrosine
Serotonin	Tryptophan
Histamine	Histidine
Melatonin	Serotonin
Amino acids	
Aspartate	Oxaloacetate
γ-Aminobutyric acid	Glutamine
Glutamate	Glutamine
Glycine	Serine
ATP	ADP
Adenosine	ATP
Arachidonic acid	Phospholipids
Carbon monoxide	Heme
Nitric oxide	Arginine

## **Classe I**

Acétylcholine

## **Classe II : les amines**

Noradrénaline

Adrénaline

Dopamine

Sérotonine

Histamine

## **Classe III : les acides aminés**

Acide  $\gamma$ -aminobutyrique (GABA)

Glycine

Glutamate

Aspartate et NMDA

## **Classe IV : les peptides (actuellement, plus de 100 peptides sont considérés comme neurotransmetteurs)**

A. Facteurs hypothalamiques de libération hormonale

Stimuline de l'hormone thyroïdienne

Stimuline de l'hormone lutéinisante

Somatostatine (facteur inhibiteur de l'hormone de croissance)

B. Peptides hypophysaires

ACTH (hormone corticotrope)

$\beta$ -endorphine

Stimuline des  $\mu$ -mélanocytes

Vasopressine

Ocytocine

C. Peptides agissant sur le système digestif et le cerveau

Leucine enképhaline

Méthionine enképhaline

Substance P

Cholécystokinine

Polypeptide intestinal vasoactif (VIP)

Neurotensine

Insuline

Glucagon

D. D'autres tissus

Angiotensine II

Bradykinine

Carnosine

Bombésine