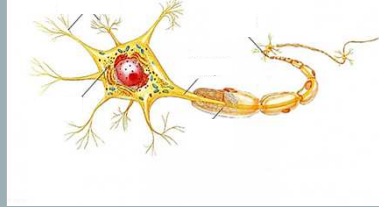


# LES SYNAPSES



N. KUBIS

*Université de Paris*

PASS



**Propriété de l'Université de Paris  
Accessible sur la plateforme Moodle  
Interdit de diffusion sur le Net**



## Objectifs du cours

- Connaitre les constituants pré- et post-synaptiques de la synapse et les différents neurotransmetteurs impliqués
- Comprendre comment est généré un potentiel électrotonique, un potentiel d'action et leur fonction dans l'organisme ; comment la synapse peut être activée, amplifiée ou inhibée

## Plan

I-Rappels électrophysiologiques

II-Définition, description anatomique et fonctionnement

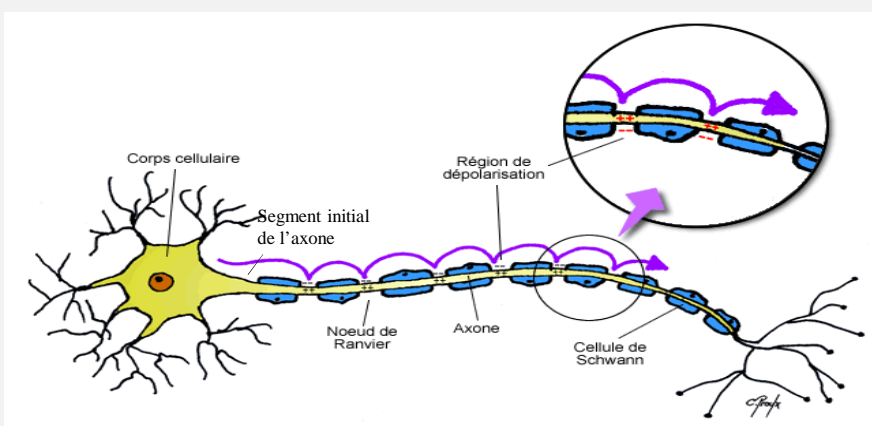
III-L' intégration synaptique

IV-Le potentiel d'action

V-Les neurotransmetteurs

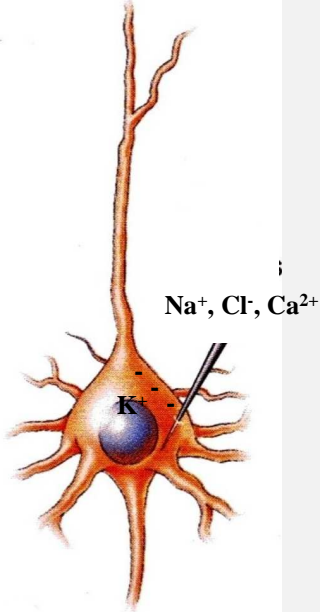
VI-La Jonction Neuro-Musculaire (JNM)

## L'unité fonctionnelle du système nerveux : le neurone

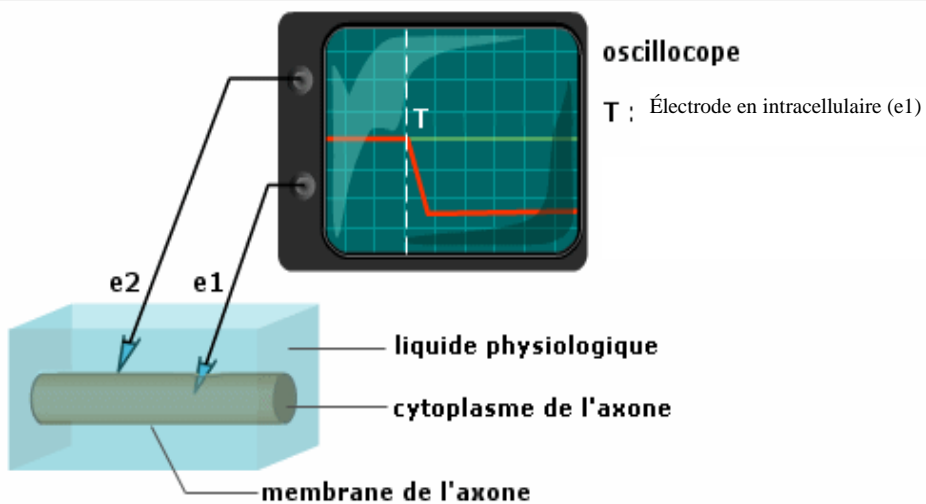


**Exemple.....**

## 1) Propriétés fonctionnelles du neurone

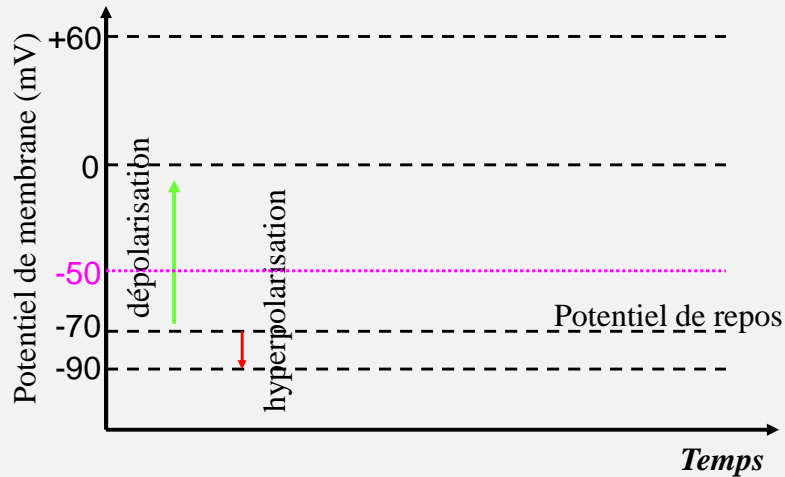


- Le neurone est une cellule polarisée
- ddp (différence de potentiel)
- Convention (0 à l'extérieur)
- Au repos = excès de charges négatives à l'intérieur de la cellule par rapport à l'extérieur = Potentiel membranaire de repos = -70mV
- Excitable : capable de répondre à un stimulus sous la forme d'un potentiel d'action et d'assurer sa propagation tout le long de l'axone



Enregistrement du potentiel de repos d'une fibre nerveuse

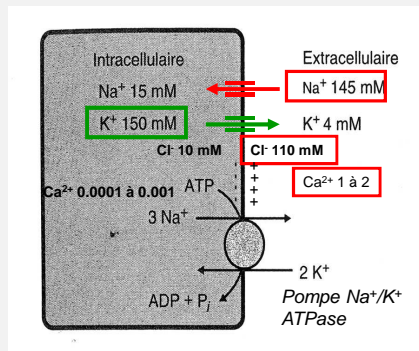
## 2) Convention et définitions



Ces phénomènes impliquent des mouvements d'ions de part et d'autre de la membrane

## 3) Les protéines transmembranaires impliquées dans le potentiel de membrane (1)

Les ions migrent du milieu le plus concentré au milieu le moins concentré (sauf pour la pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase)



### ① Canaux de fuite

- Conductance++
- Sur tous les éléments du neurone
- Fonctionnent en permanence, jusqu'au point d'équilibre
- Ne nécessitent pas d'énergie

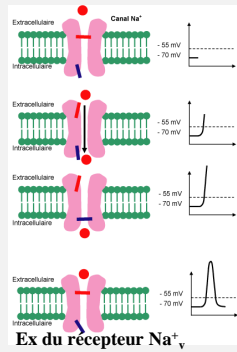
### ② Pompes Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase

- Energie+++
- Sur tous les éléments du neurone
- Fonctionnent en permanence

### 3) Les protéines transmembranaires impliquées dans le potentiel de membrane (2)

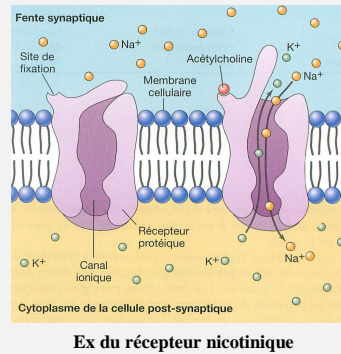
#### ③ Canaux voltage-dépendant

- Sur l'axone, à partir de son segment initial ( $\text{Na}^+_v$ ,  $\text{K}^+_v$ )
- A la terminaison de l'axone ( $\text{Ca}^{2+}_v$ )
- Lorsque la membrane sur laquelle ils se trouvent est dépolarisée

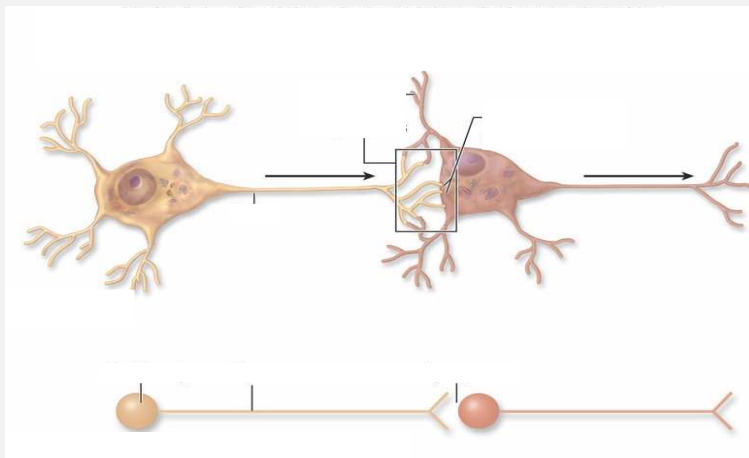


#### ④ Canaux activés par un ligand

- Sur la membrane post-synaptique
- Lorsque le neurotransmetteur spécifique s'y fixe

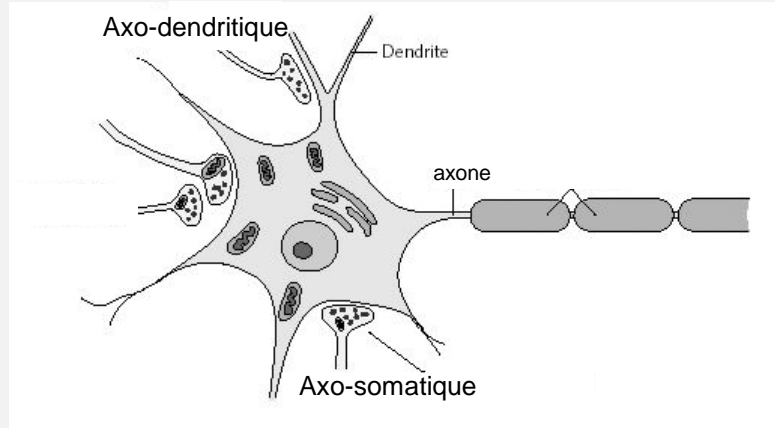


Synapse = zone de transmission de l'information entre un neurone et une autre cellule



II- Définition, description anatomique et fonctionnement

## A. Neuro-neuronale



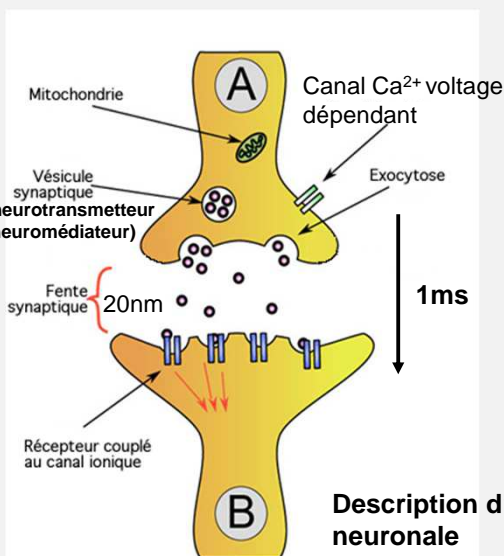
II-Definition, description anatomique et fonctionnement

## B. Neuro-musculaire

## C. Neuro-glandulaire

## La synapse est asymétrique

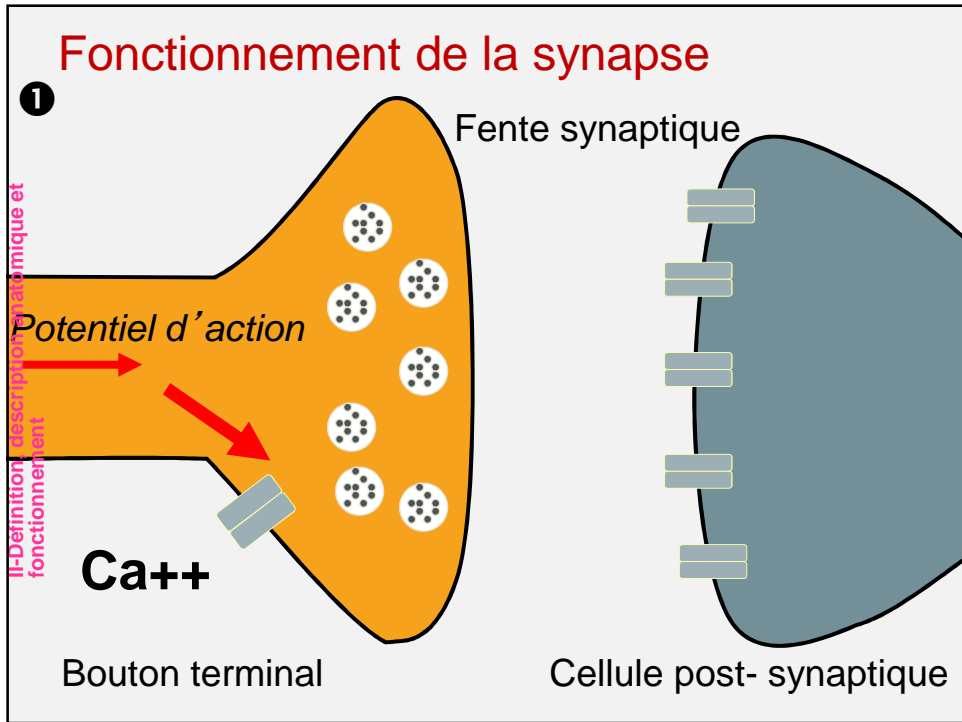
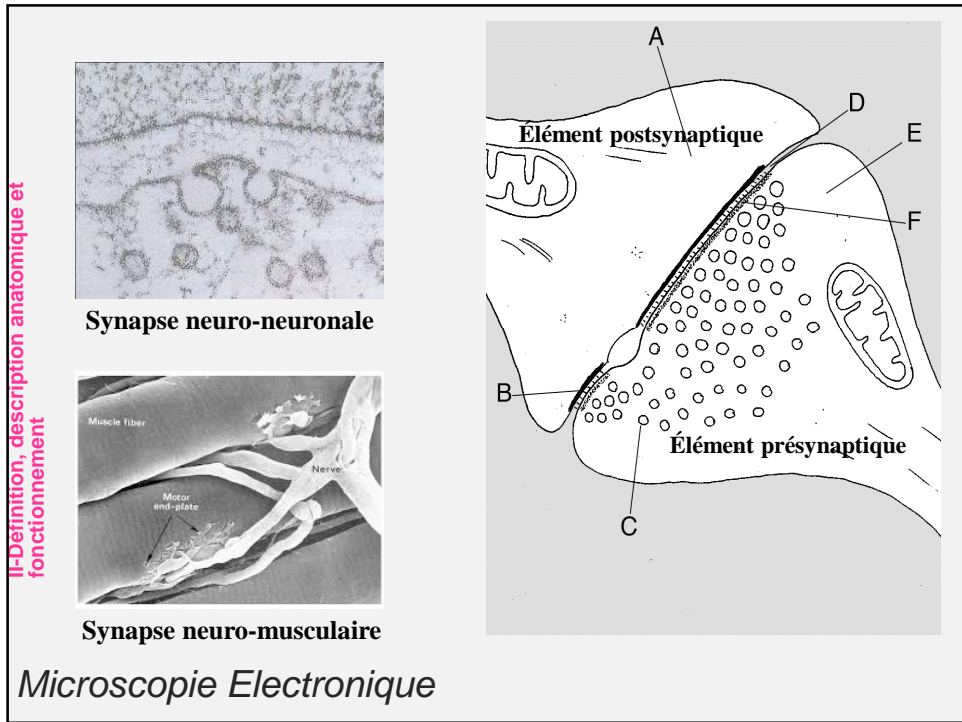
II-Definition, description anatomique et fonctionnement

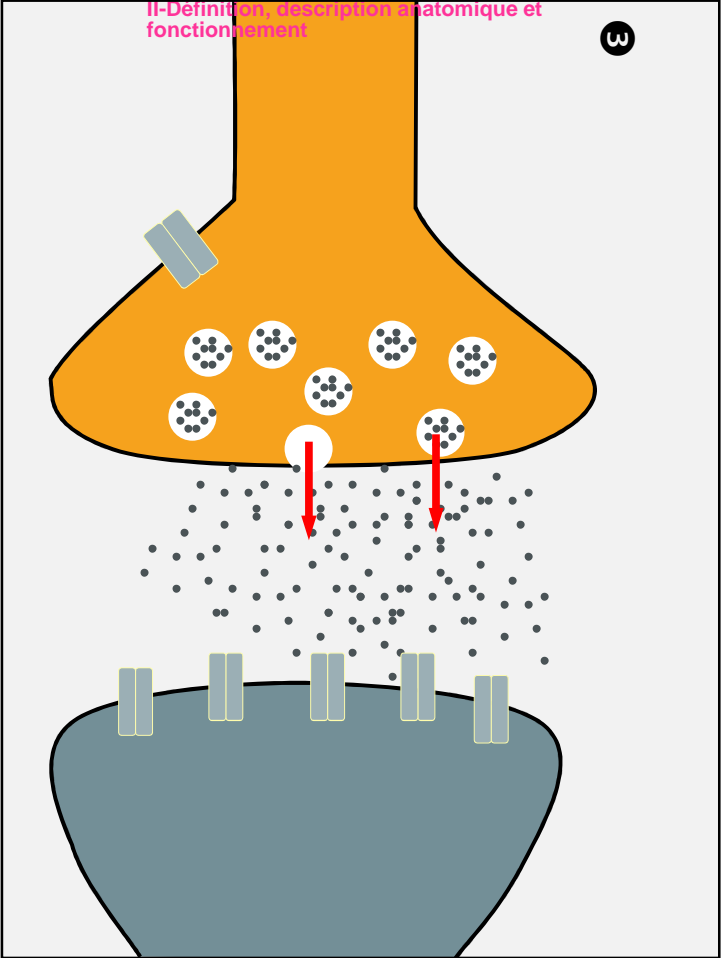
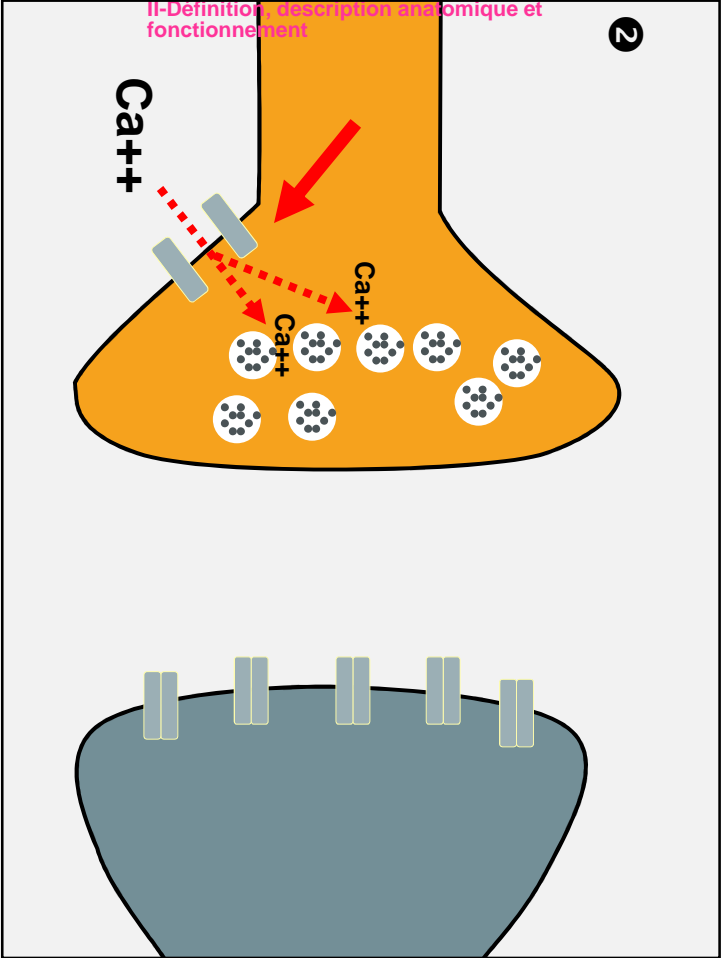


### A. Élément pré-synaptique

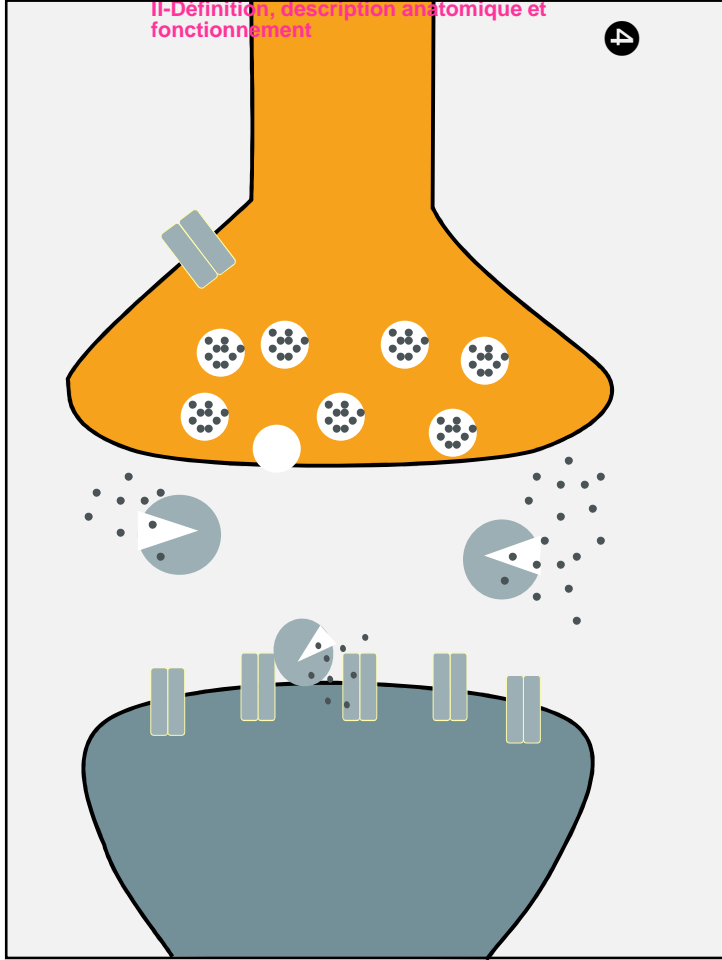
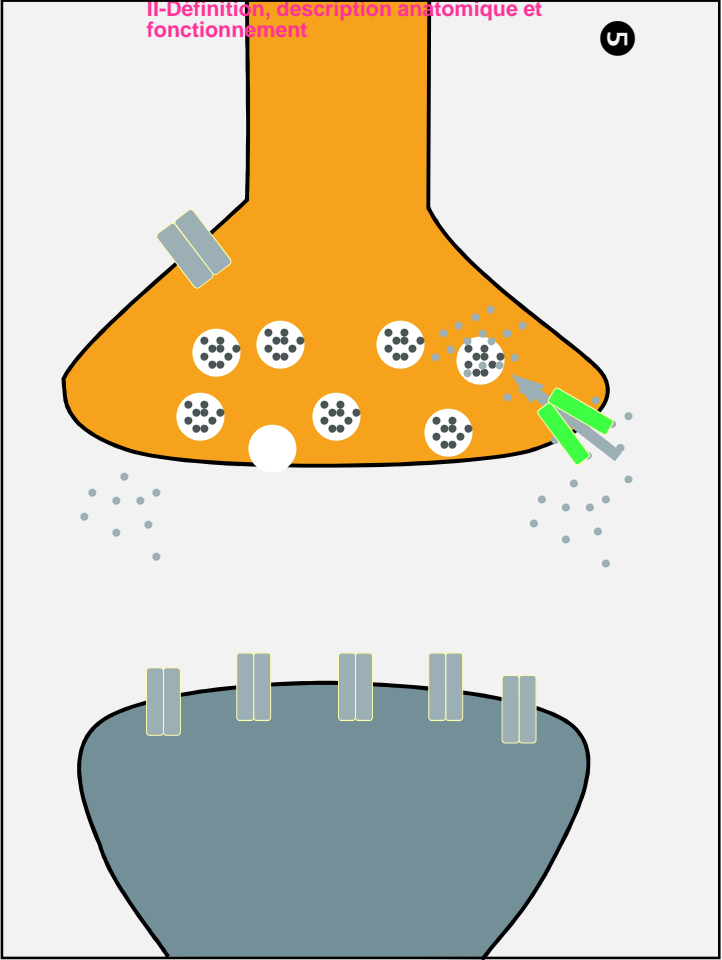


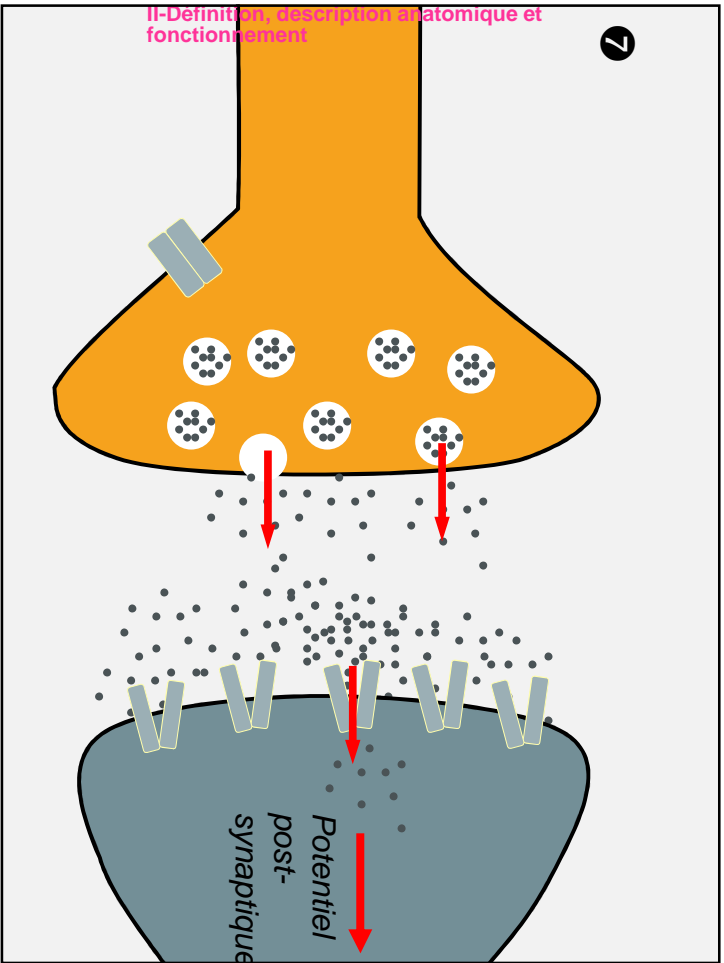
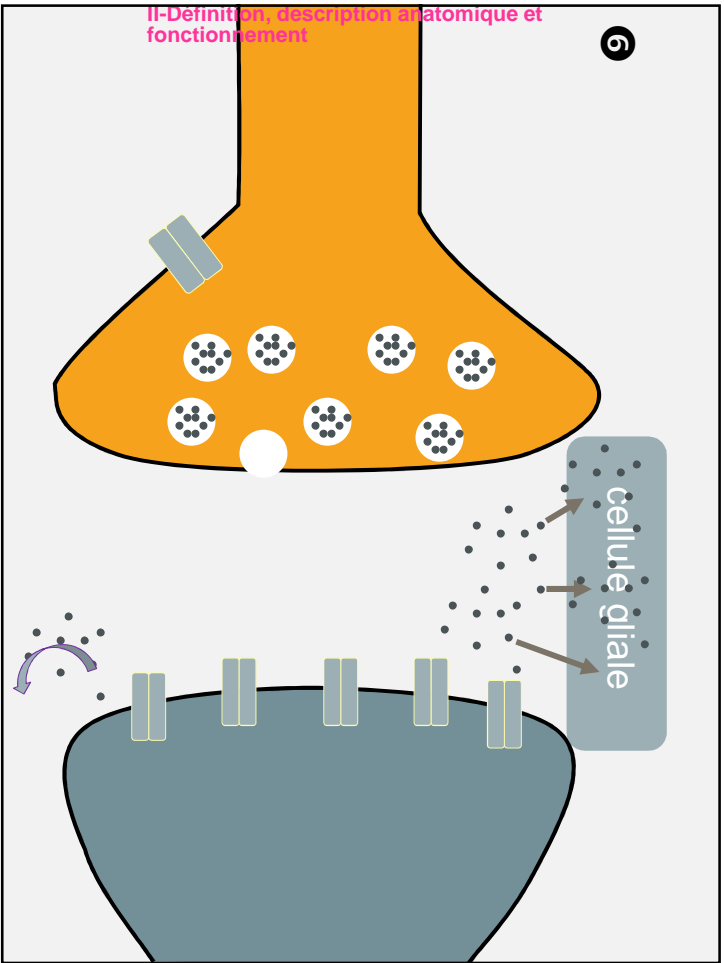
### B. Élément post-synaptique





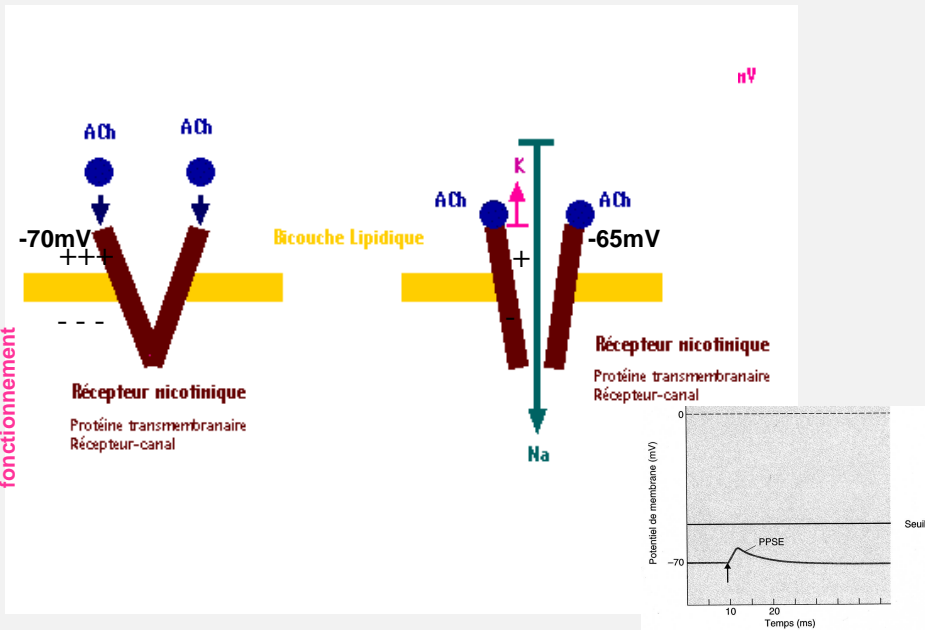






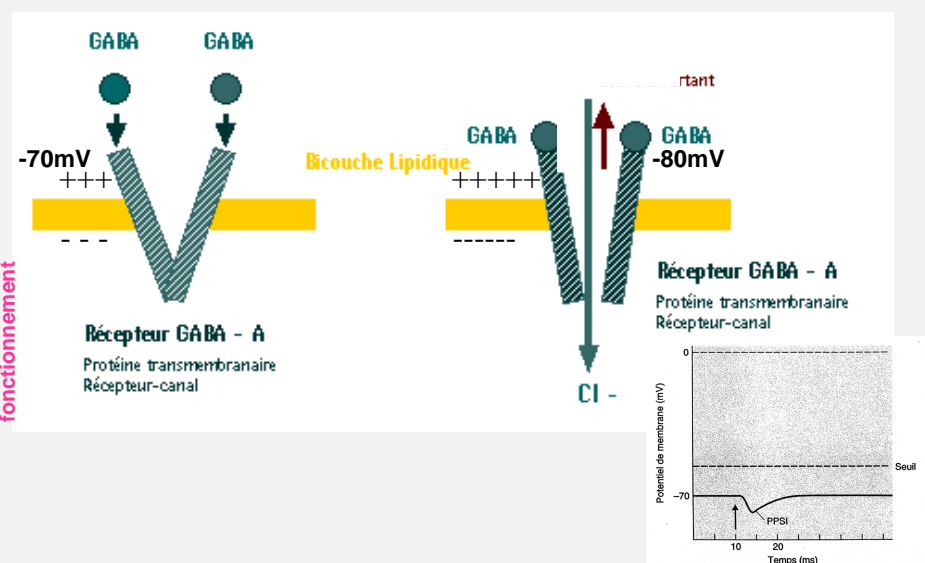
## Le Potentiel Post-Synaptique Excitateur ou PPSE (ex du récepteur nicotinique)

II-Definition, description anatomique et fonctionnement

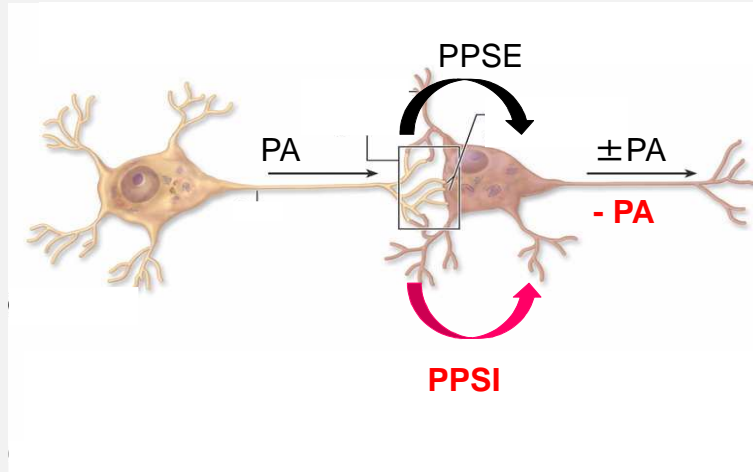


## Le Potentiel Post-Synaptique Inhibiteur ou PPSI (ex du récepteur GABA A)

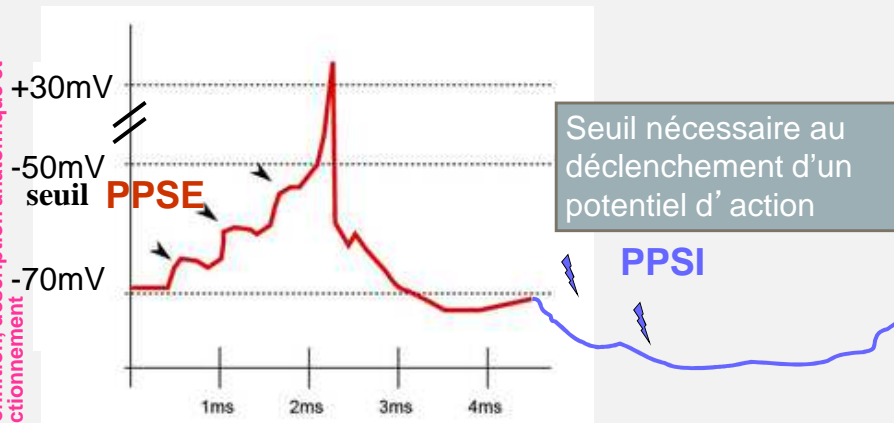
II-Definition, description anatomique et fonctionnement



II-Definition, description anatomique et fonctionnement

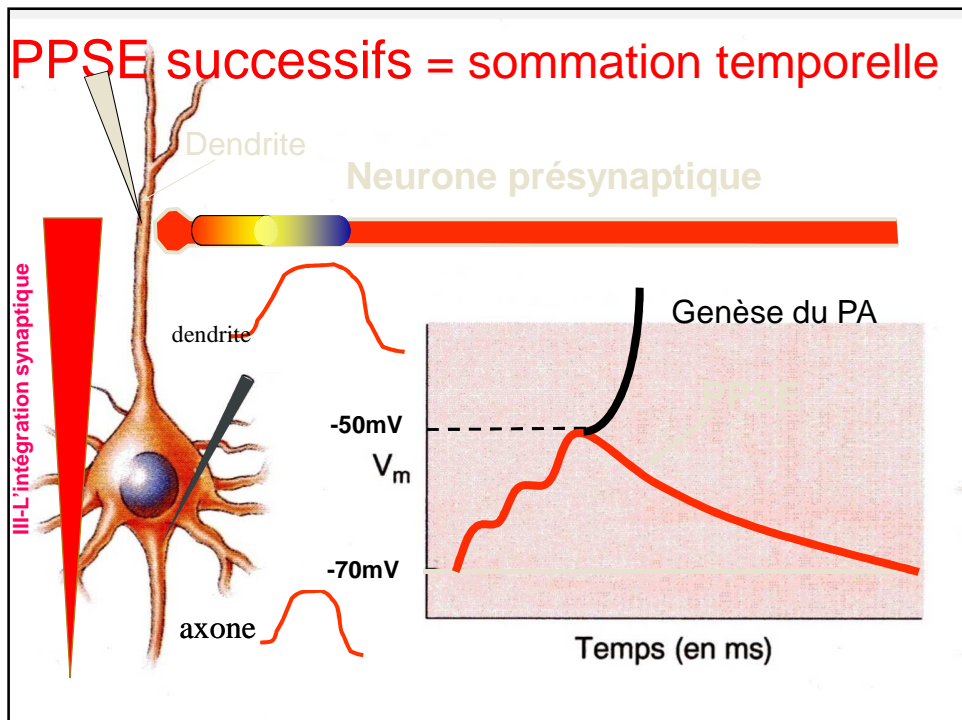
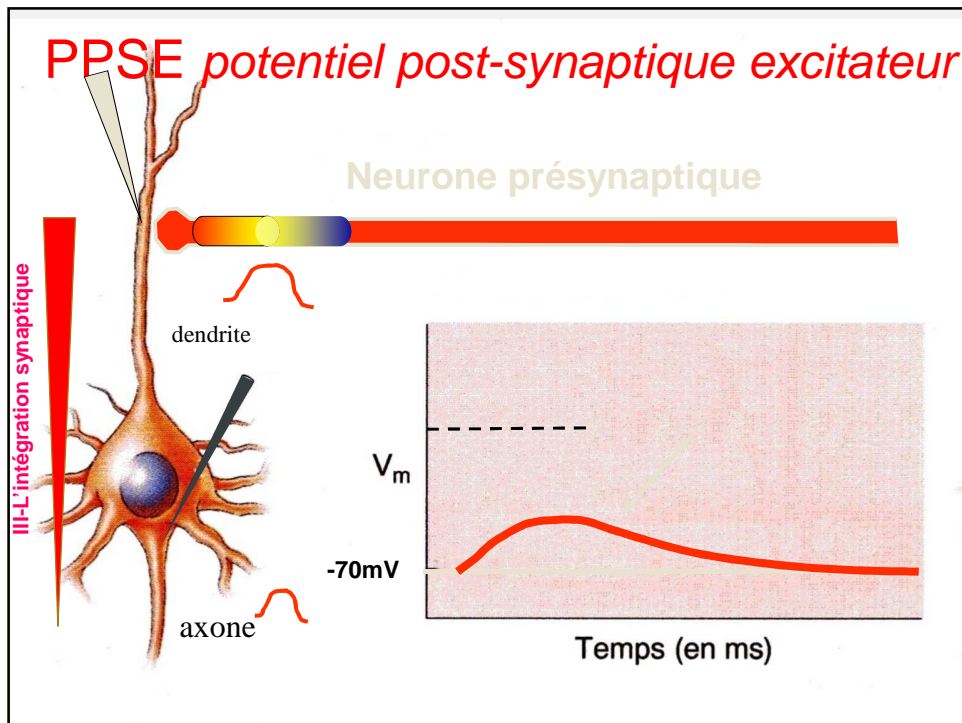


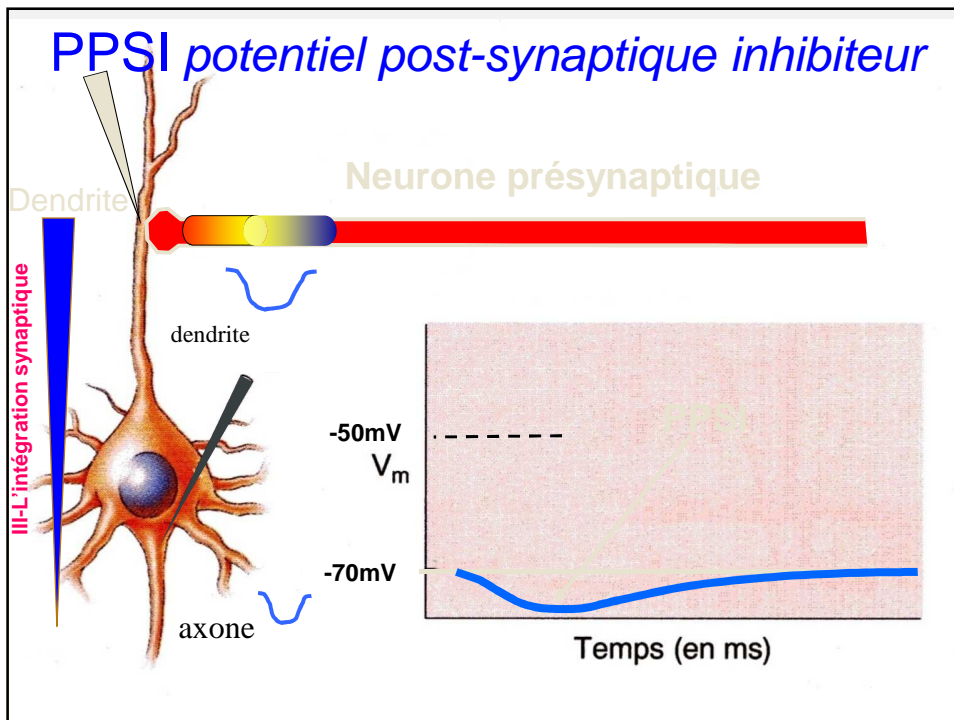
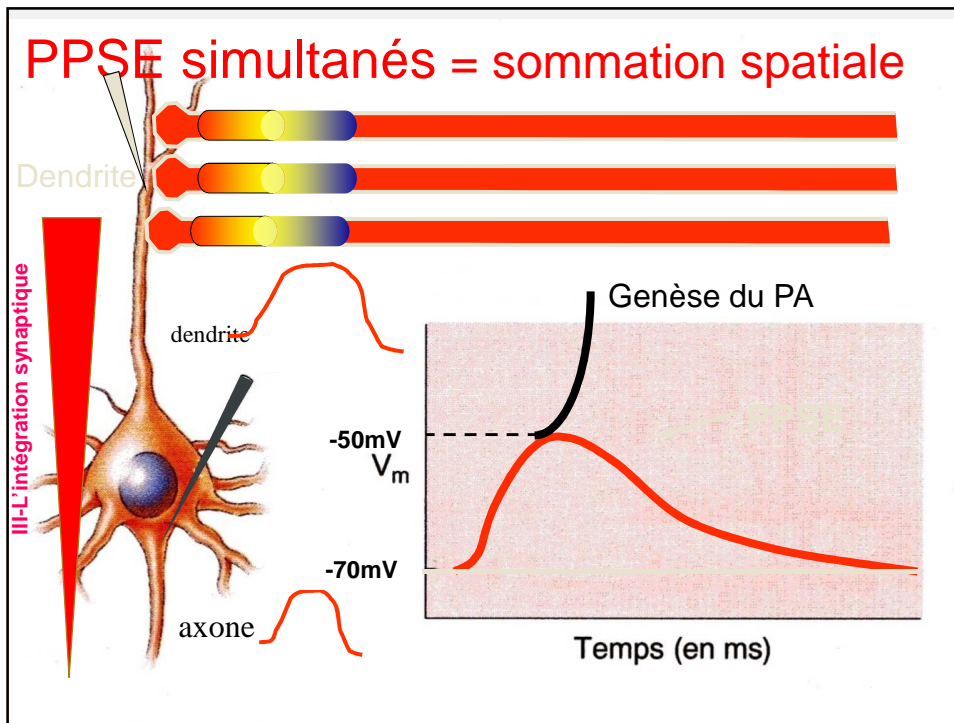
II-Definition, description anatomique et fonctionnement

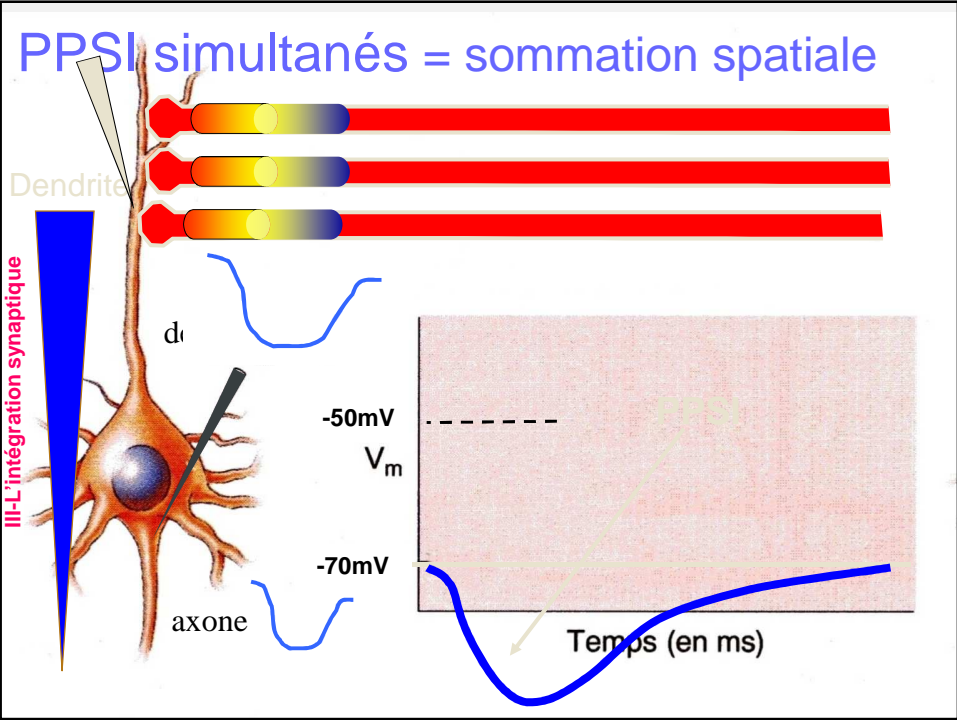
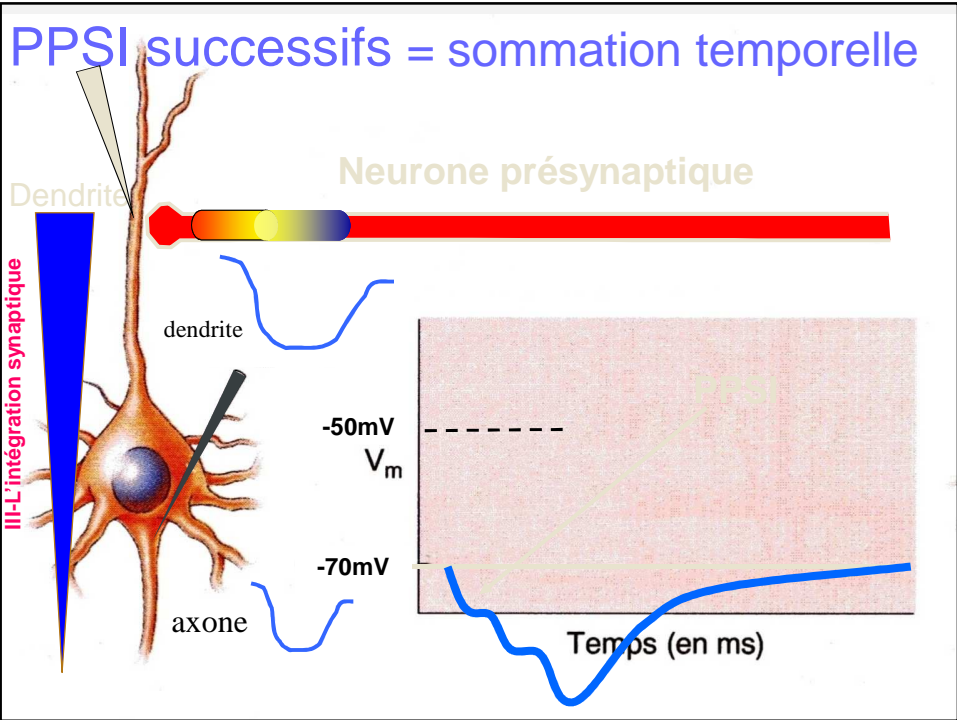


Seuil nécessaire au déclenchement d'un potentiel d'action

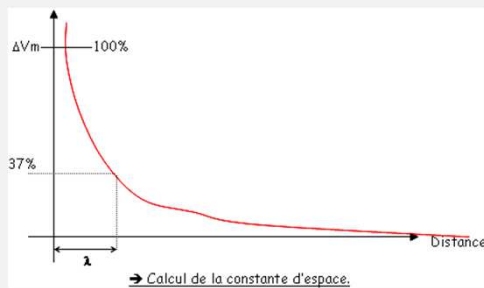
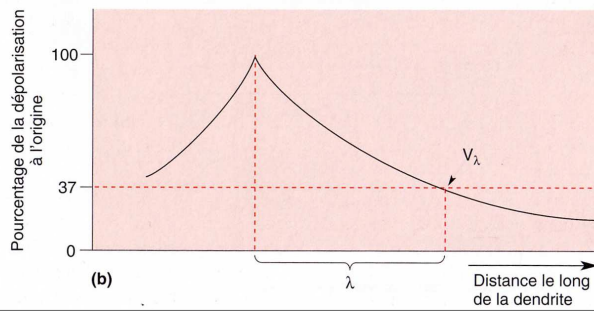
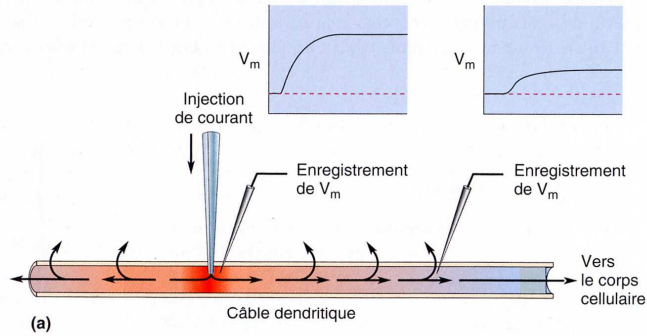
- La somme des PPSE favorise l'apparition d'un potentiel d'action
- La somme des PPSI empêche l'apparition d'un potentiel d'action







## Propriétés du potentiel électrotonique

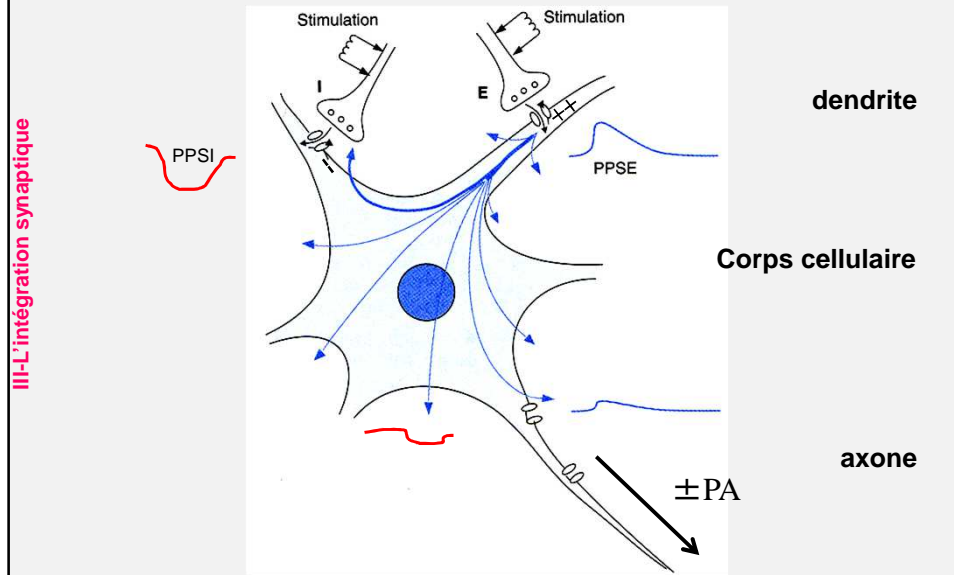


La constante d'espace ( $\lambda$ ) => distance à partir du point d'injection du courant pour laquelle le potentiel membranaire a perdu 63% de sa valeur

$$(0,1 < \lambda < 1\text{mm}).$$



## Rôle des propriétés dendritiques dans l'intégration



### POTENTIEL ÉLECTROTONIQUE

- ✓ amplitude petite 0.5mV
- ✓ amplitude variable, graduable (varie en fonction de l'intensité de la stimulation)
- ✓ décroissante, fonction constante d'espace ( $\lambda$ )
- ✓ inconstante
- ✓ dure quelques ms
- ✓ pas de seuil
- ✓ localisation : dendrite, soma, cône d'implantation de l'axone
- ✓ dépolarisation ou hyperpolarisation (PPSE ou PPSI)
- ✓ multidirectionnel
- ✓ Concourt à générer le PA

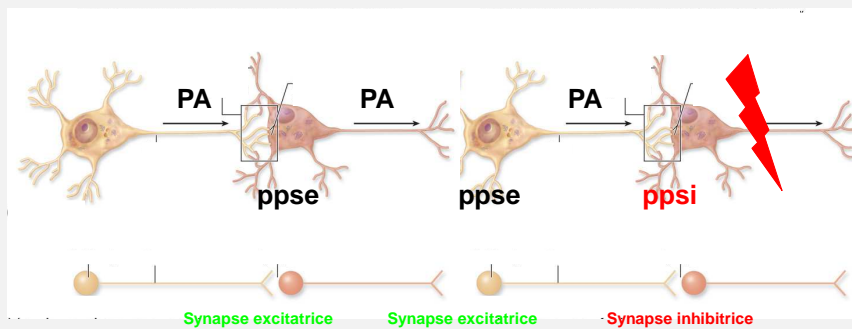
## L'intégration synaptique dépend de :

- Types de récepteurs
- Constante d'espace
- Sommation spatiale
- Sommation temporelle

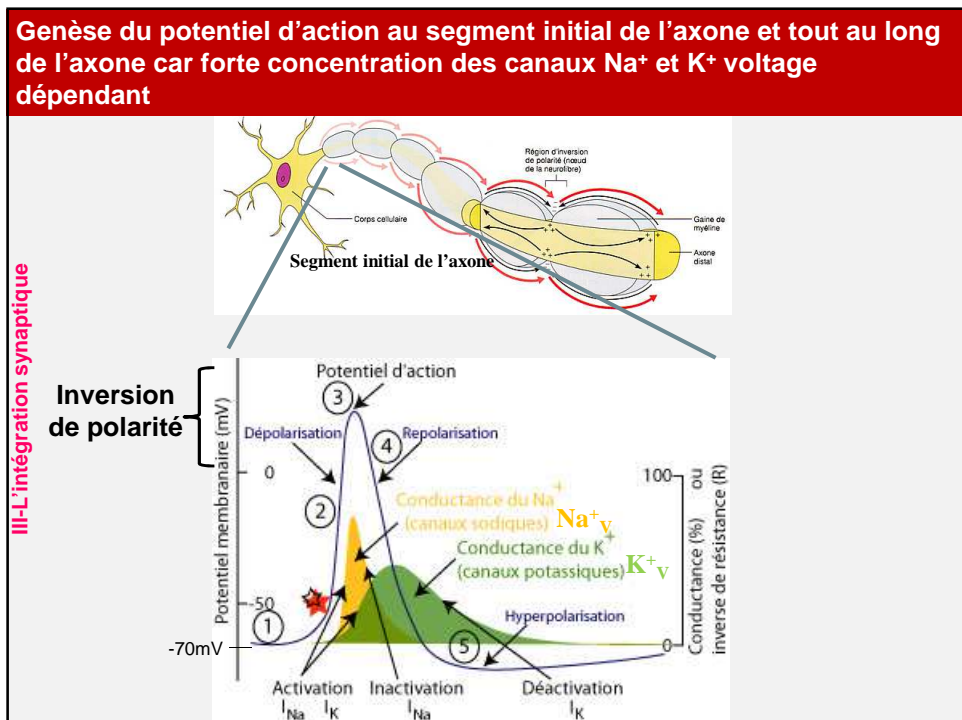
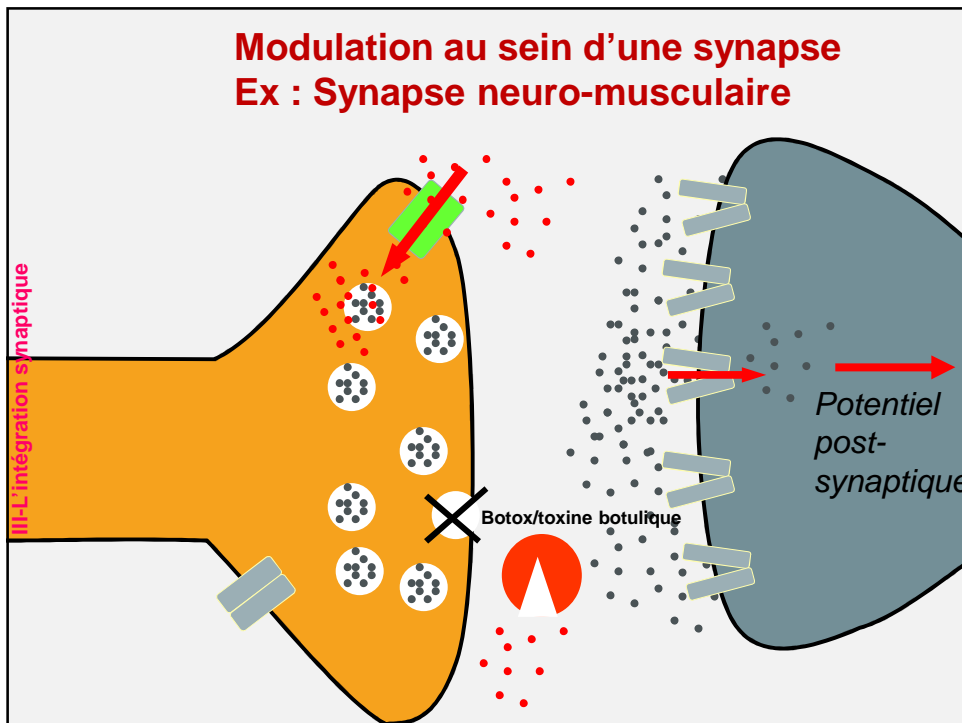
→ Un potentiel d'action ou non

III-L'intégration synaptique

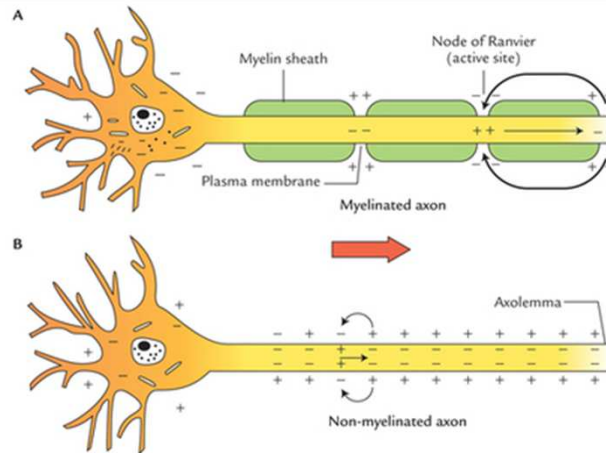
## Modulation de plusieurs synapses Rôle des PPSE et PPSI



III-L'intégration synaptique



## Propagation du PA



VIVADIFFERENCES

## LE PA

- ✓ seuil nécessaire, puis activation des canaux  $Na_v$  et  $K_v$  dans le neurone
- ✓ amplitude constante 100mV, non décrementielle
- ✓ durée brève 1 ms
- ✓ seuil
- ✓ loi du tout ou rien
- ✓ période réfractaire → unidirectionnel
- ✓ dépolarisation
- ✓ se propage de proche en proche : le PA doit être transmis fidèlement le long des voies nerveuses = moyen de communication de la cellule
- ✓ du segment initial de l'axone au bouton terminal
- ✓ objectif : transmission du message

## Neurotransmetteurs (nt) Neuromédiateurs (NM)

1. Neurone présynaptique (synthèse)
2. PA → fente synaptique
3. En fonction du type de canal ionique activé
  - synapse excitatrice
  - synapse inhibitrice
4. On donne à la synapse le nom du NT/NM prédominant
  - Ex : acétylcholine = synapse cholinergique
  - Ex : glutamate = synapse glutamaergique
  - Ex : GABA = synapse GABAergique

IV-Les neurotransmetteurs

## Classification des Neurotransmetteurs

- **Acétylcholine**
- **Amines**
  - Sérotonine (5-HT)
  - Histamine
  - Catécholamines (Adrénaline, Noradrénaline, Dopamine)
- **Peptides**
  - Endorphine, dynorphine, enképhalines
  - Tachykinines : substance P, neurokinine A
  - Somatostatine
  - Peptide vasointestinal actif (VIP)
  - Cholécystokinine (CCK)
- **Acides aminés**
  - Acide gamma-aminobutyrique (GABA)
  - Glutamate
  - Glycine
- **Gaz**
  - Monoxyde d'azote (NO)
  - Monoxyde de carbone (CO)

IV-Les neurotransmetteurs

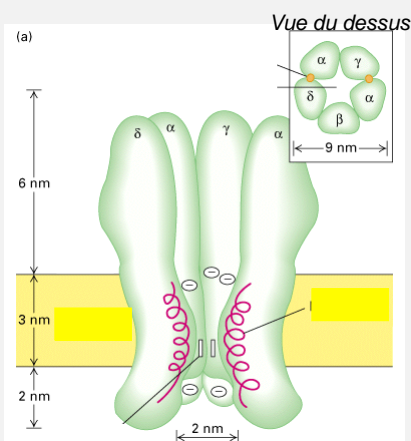
## Classification des Neurotransmetteurs

IV-Les neurotransmetteurs

- **Acétylcholine**
- **Amines**
  - Sérotonine (5-HT)
  - Histamine
  - Catécholamines (Adrénaline, Noradrénaline, Dopamine)
- **Peptides**
  - Endorphine, dynorphine, enképhalines
  - Tachykinines : substance P, neurokinine A
  - Somatostatine
  - Peptide vasointestinal actif (VIP)
  - Cholécystokinine (CCK)
- **Acides aminés**
  - **Acide gamma-aminobutyrique (GABA)**
  - **Glutamate**
  - Glycine
- **Gaz**
  - Monoxyde d'azote (NO)
  - Monoxyde de carbone (CO)

## DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS À L'ACH EX DU RÉCEPTEUR NICOTINIQUE

IV-Les neurotransmetteurs



La sous-unité  $\beta$  a été retirée afin de permettre la visualisation du canal

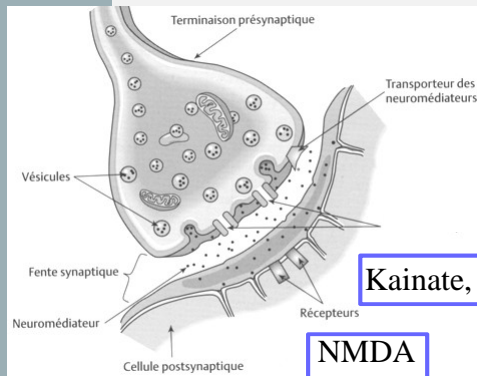
- protéine transmembranaire
- 5 sous-unités ( $2\alpha$ ,  $1\beta$ ,  $1\gamma$ ,  $1\delta$ )
- pore central, fermé si pas de NT/NM
- site spécifique de fixation de l'ACh : deux sous-unités  $\alpha$ 
  - modification conformation
  - ouverture du pore
  - entrée d'ions  $\text{Na}^+$  > sortie d'ions  $\text{K}^+$
  - PPSE

**Synapse cholinergique**

## DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS AU GLUTAMATE

Ex du récepteur Non NMDA (Kainate, AMPA)

Ex du récepteur canal NMDA



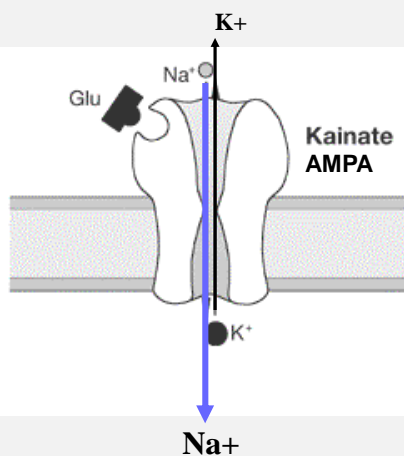
Kainate, AMPA

NMDA

**Synapse glutamatergique**

IV-Les neurotransmetteurs

## DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS AU GLUTAMATE EX DU RÉCEPTEUR NON NMDA (KAINATE, AMPA)

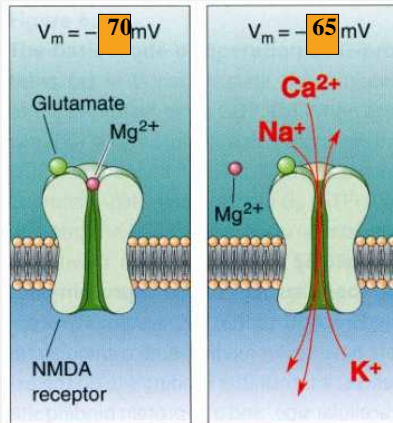


- Entrée d'ions  $\text{Na}^+$  > sortie d'ions  $\text{K}^+$
- PPSE
- Ouverture rapide
- Permet la dépolarisation minime et l'ouverture des récepteurs NMDA

IV-Les neurotransmetteurs

## DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS AU GLUTAMATE EX DU RÉCEPTEUR CANAL NMDA

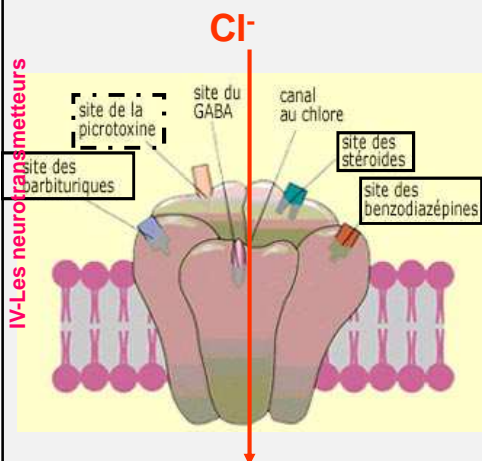
IV-Les neurotransmetteurs



- Le récepteur-canal NMDA ne s'ouvre que si sa membrane est dépolarisée
- Levée blocage ions  $Mg^{++}$ , permise par la dépolarisation
- flux d'ions  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  entrants > flux d'ions  $K^+$  sortants
- PPSE
- Ouverture lente

## DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS AU GABA EX DU RÉCEPTEUR GABA A

IV-Les neurotransmetteurs

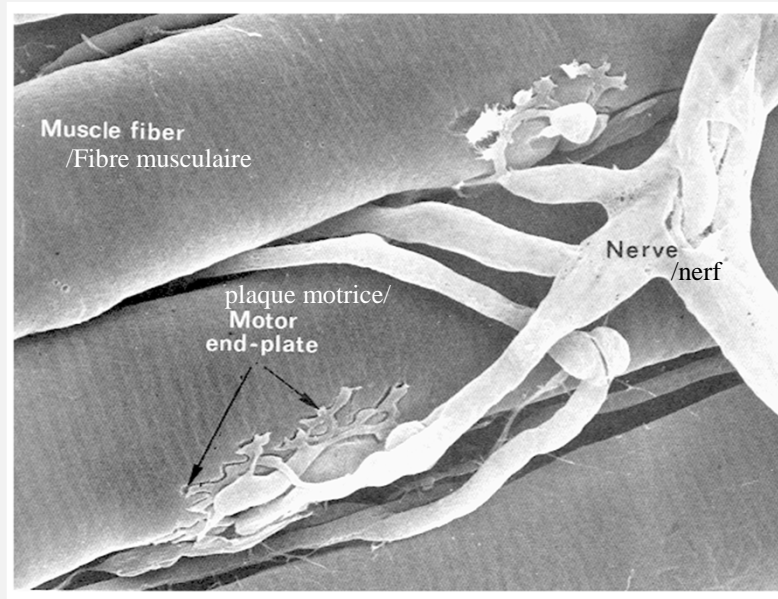


- 2 sous-unités  $\alpha$  qui fixent le NT/NM
- Entrée d'ions  $Cl^-$
- PPSI
- Différents sites de fixation : GABA, picrotoxine, stéroïdes, barbituriques, benzodiazépines

**Synapse gabaergique**

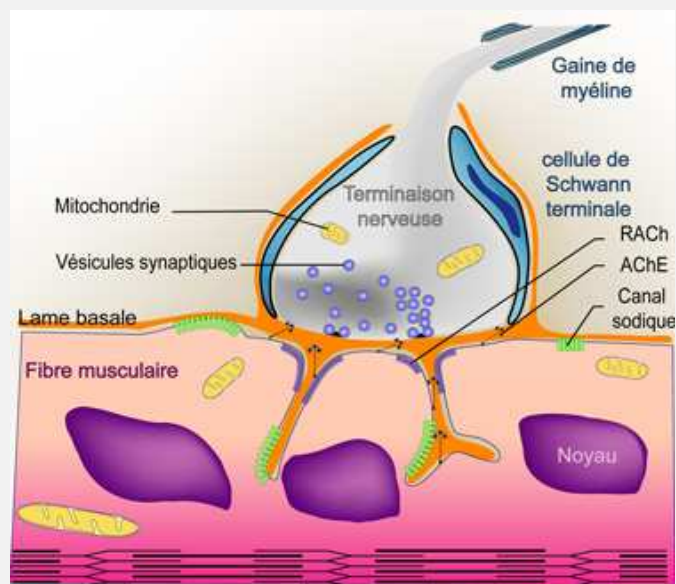


V-La Jonction Neuro-Musculaire (JNM)

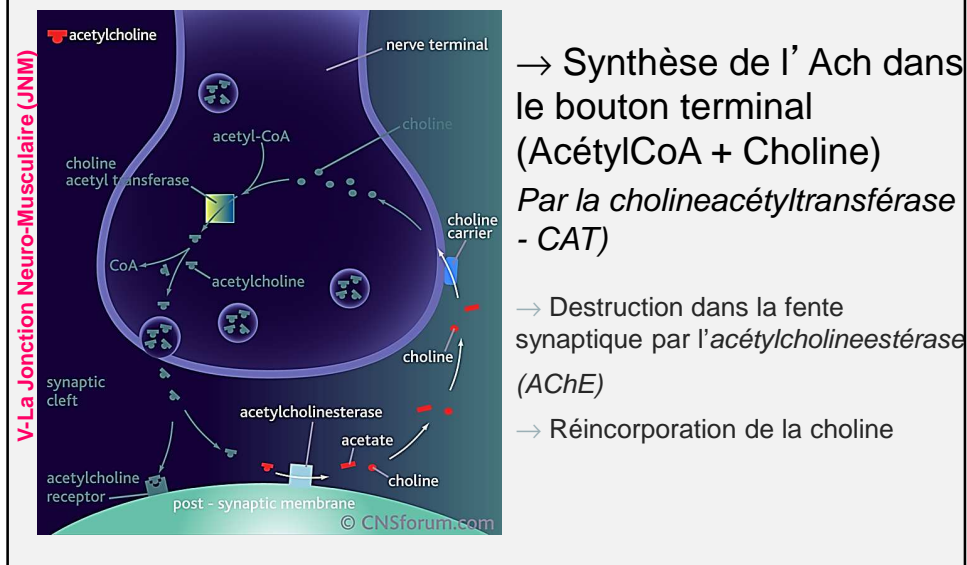


## La jonction (ou synapse) neuro-musculaire

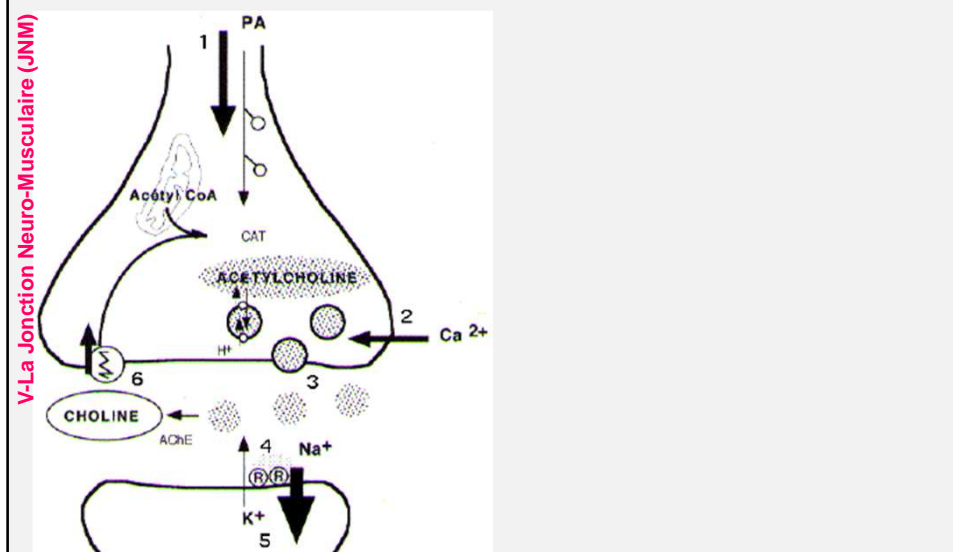
V-La Jonction Neuro-Musculaire (JNM)



## Métabolisme de l'Ach dans la synapse cholinergique

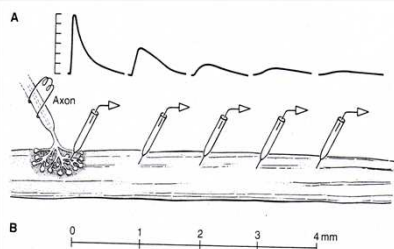


## Transmission de l'influx nerveux dans la synapse neuro-musculaire et génération d'un potentiel de plaque motrice



## Le Potentiel de Plaque Motrice (PPM) a les propriétés d'un potentiel électronique

V-La Jonction Neuro-Musculaire (JNM)

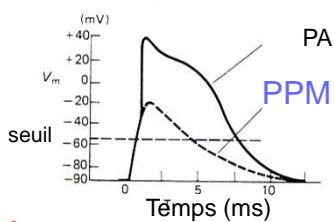


- Potentiel local
- Potentiel graduable
- Intégration

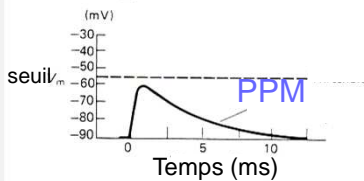
## Modulation du potentiel de plaque motrice (ppm) → ± potentiel d'action

V-La Jonction Neuro-Musculaire (JNM)

**Sans curare**



**Avec curare**

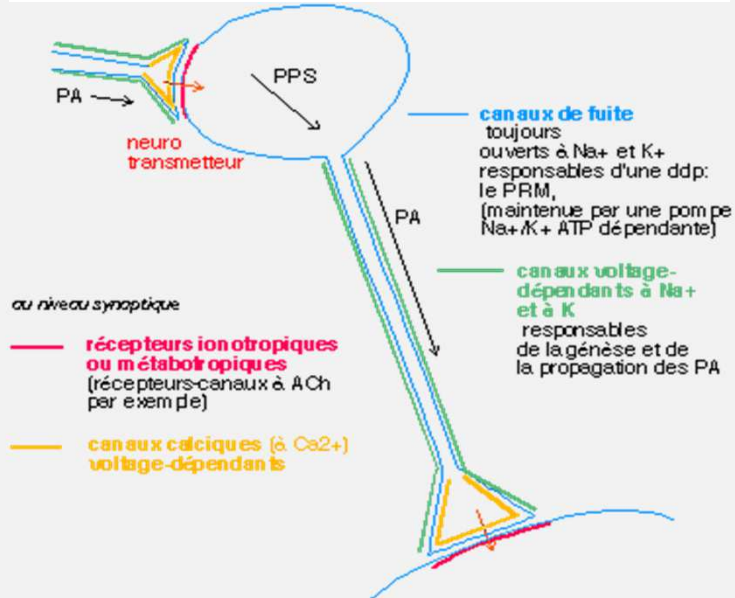


Intégration

Drogues de la jonction neuro-musculaire

- Cholinomimétiques = nicotine
- Inactivateurs de l'acétylcholinestérase : néostigmine
- Fixation sur récepteurs Ach : curare

# SYNTHÈSE



# CONCLUSIONS

