

**Partie 4 :
système nerveux**

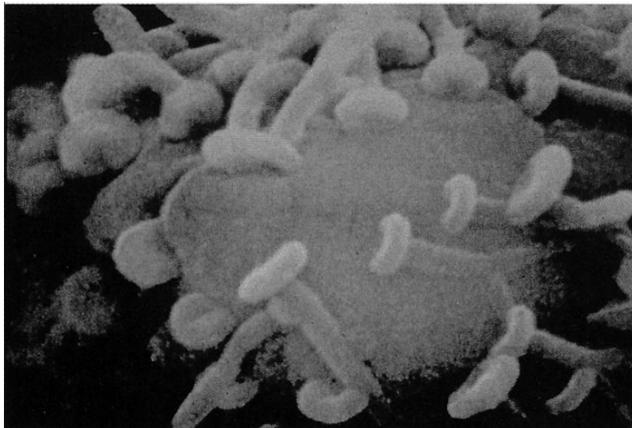
**Chapitre 4 : l'intégration au
niveau du neurone
postsynaptique**

Le circuit neuronique est composé de neurones connectés au niveau des synapses. Au niveau de la synapse le message de nature électrique est transformé en message chimique (quantité de neurotransmetteur). Ce message génère au niveau de la membrane postsynaptique un PPS.

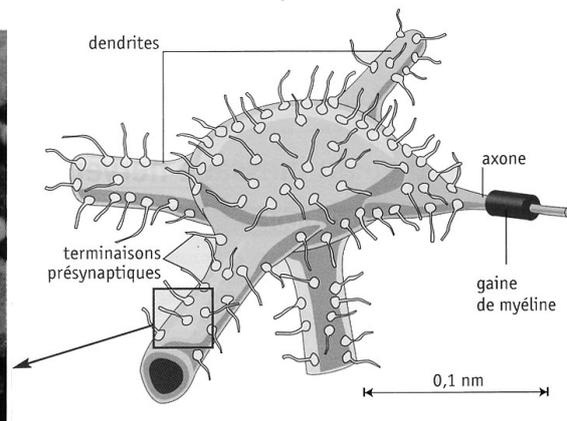
On distingue **2 types de synapses** selon la nature du PPS qui est généré :

- Synapses excitatrices
- Synapses inhibitrices

De plus un neurone est connecté à des centaines de neurones : il reçoit donc des informations (Message nerveux) de diverses origines, de divers endroits et en même temps.



Boutons synaptiques sur un corps cellulaire au MEB



Corps cellulaire d'un neurone moteur de la moelle épinière

Le motoneurone doit donc intégrer divers PPS qui modifient son potentiel de membrane.

I- le fonctionnement des 2 types de synapses

II- Les conditions de genèse d'un potentiel d'action efférent

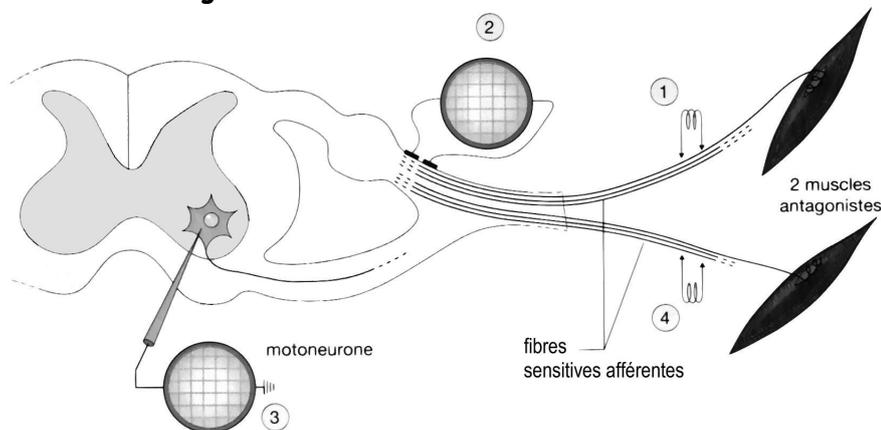
III- la sommation spatiale

IV- la sommation temporelle

I – le fonctionnement des 2 types de synapses

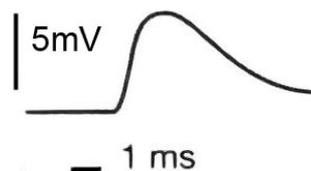
Potentiel postsynaptique : PPS = enregistrement effectué au niveau du neurone postsynaptique pour des modalités de stimulation différentes.

Protocole d'enregistrement



Etude 1 : protocole et résultats

On porte une stimulation électrique efficace sur des fibres issues de récepteurs sensoriels d'un muscle (1)

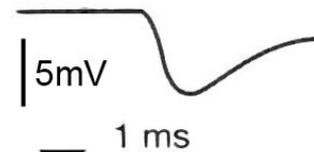


On enregistre, au niveau du **corps cellulaire** d'un **motoneurone** le potentiel transmembranaire.

Etude 2 : protocole et résultat

On porte une stimulation électrique de même intensité sur des fibres issues de récepteurs sensoriels du muscle antagoniste (4).

On enregistre au niveau du **même corps cellulaire** le potentiel transmembranaire



Etude 1 : les PA afférents provoquent une **dépolarisation** du neurone postsynaptique

→ Ce PPS est appelé **potentiel postsynaptique excitateur ou PPSE**

⇒ Cette dépolarisation rapproche la valeur de la tension transmembranaire du neurone postsynaptique du seuil de dépolarisation : la synapse est **excitatrice**.

Etude 2 : les PA afférents provoquent une **hyperpolarisation** de la membrane du motoneurone.

→ Ce PPS est appelé **potentiel postsynaptique inhibiteur ou PPSI**

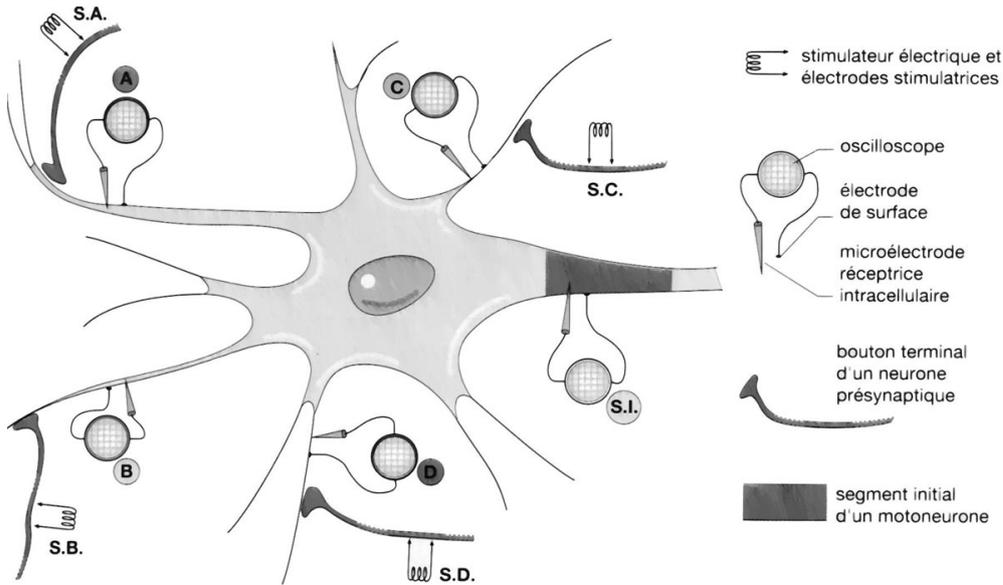
⇒ L'hyperpolarisation éloigne le potentiel transmembranaire du motoneurone du seuil de dépolarisation : la synapse est **inhibitrice**.

Le mode de fonctionnement est le même selon le type de synapse. Ce qui change est la nature chimique du neurotransmetteur.

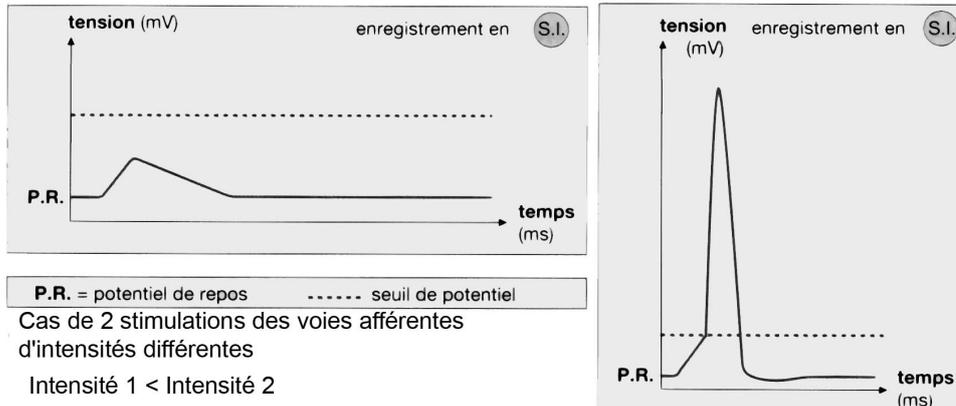
Comment le motoneurone génère-t-il un PA efférent suite à la stimulation des fibres afférentes?

II - Les conditions de genèse d'un potentiel d'action efférent

Dispositif expérimental



Enregistrement au niveau du segment initial du motoneurone



Cas de la stimulation 1 :

- Une dépolarisation est enregistrée au niveau du segment initial → PPSE
- Ce PPSE est inférieur au seuil de dépolarisation → aucun PA efférent n'est généré

Cas de la stimulation 2

- Une dépolarisation de grande amplitude (100 mV) est enregistrée → il s'agit d'un PA efférent.
- Au départ on voit la dépolarisation correspondant au PPSE qui a atteint le seuil de dépolarisation.

Le message nerveux efférent est généré au niveau du **segment initial** ou **cône axonique** du motoneurone.

Pour qu'il soit généré, il faut que le potentiel postsynaptique atteigne une certaine valeur appelée **seuil de potentiel** ou **seuil de dépolarisation**.

La fréquence des PA générés est fonction de l'amplitude et de la durée du PPS → tant qu'il est supérieur au seuil des PA sont générés.

⇒ **Au niveau du segment initial, l'amplitude et la durée du PPS va être traduite en un message nerveux codé en fréquence de PA.**

⇒ Toute afférence excitatrice ne se traduit pas par un message nerveux efférent. On dit que la **synapse ne fonctionne pas au coup par coup**.

Comment le PPS atteint-il le seuil de dépolarisation au niveau du segment initial ?

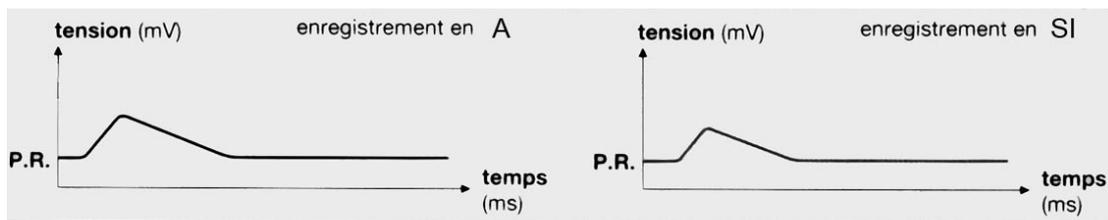
III – la sommation spatiale

Un motoneurone est connecté à de très nombreuses afférences excitatrices et inhibitrices. Il reçoit donc de très nombreuses informations en même temps. De nombreux PPS sont générés en divers points de la membrane du motoneurone.

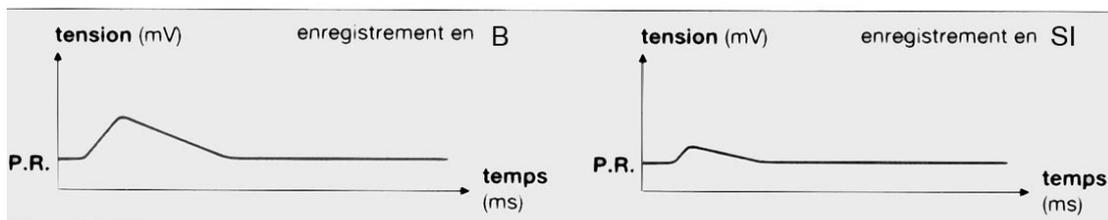
Comment sont traitées ces différents PPS ?

A partir du dispositif expérimental précédent, on peut enregistrer les phénomènes suivants :

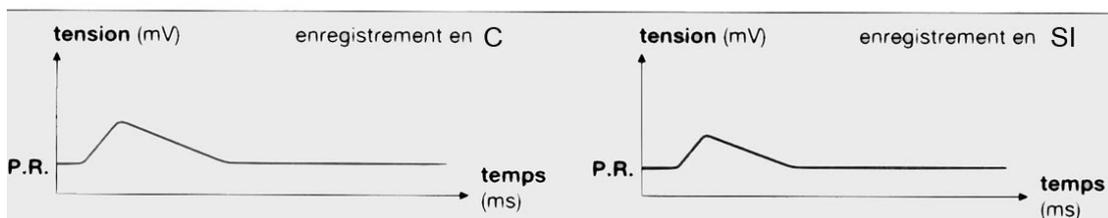
Enregistrements au niveau synaptique et au niveau du segment initial lors de la stimulation des 3 fibres afférentes A, B et C



a. Cas d'une stimulation efficace d'un neurone présynaptique appliquée en SA.

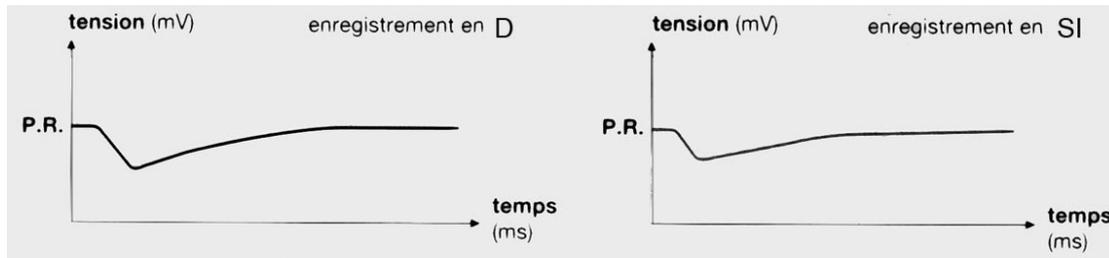


b. Cas d'une stimulation efficace d'un neurone présynaptique appliquée en SB.



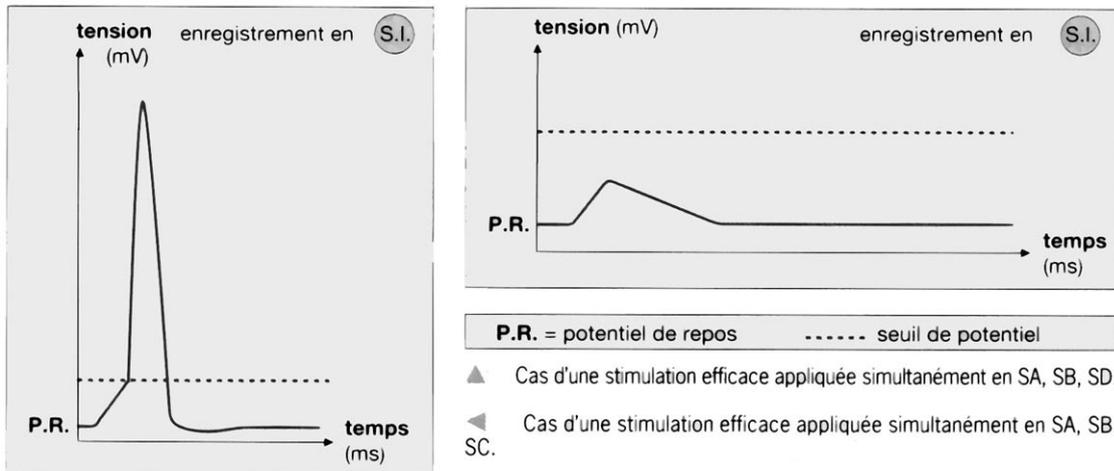
- Les 3 PPS sont des dépolarisations → les 3 synapses sont excitatrices
 - Le PPS a une amplitude qui diminue de la synapse au segment initial → le PPS est **un potentiel électrique** qui est conduit très vite de façon électrique mais il **s'amortit**, le neurone présentant une certaine résistance. De ce fait, le PPS est qualifié de **phénomène local**.
 - Le PPSE au niveau du segment initial a une amplitude inférieure au seuil de dépolarisation → pas de PA
- ⇒ Confirme le fait que les synapses neuroniques ne fonctionnent pas au coup par coup.

Enregistrement suite à la stimulation de la fibre D



- Le PPS est une hyperpolarisation → la synapse est inhibitrice
- Le PPSI s'amortit au cours de la conduction jusqu'au segment initial.
- Le potentiel transmembranaire est éloigné du seuil de dépolarisation → pas de PA

Enregistrement au niveau du segment initial



Cas de la stimulation des fibres A, B et C en même temps avec la même intensité que précédemment :

- genèse d'un PA au niveau du segment initial
- Le PPS a donc dépassé le seuil de dépolarisation
- Le PPSE enregistré est donc un PPSE global correspondant à la somme des PPSE élémentaires

$$PPSE_g = PPSE_A + PPSE_B + PPSE_C$$

Cas de la stimulation des fibres A, B et D simultanément et avec la même intensité que précédemment :

- Pas de PA efférent
- Le PPSE n'a pas atteint le seuil de dépolarisation.
- Le corps çaire a sommé les différents PPS, PPSE et PPSI

$$PPSE_g = PPSE_A + PPSE_B + PPSI_D$$

⇒ On dit que le corps çaire du motoneurone a **intégré** l'ensemble des informations en sommant les différents PPS qui l'atteignent. Cette sommation permet le déclenchement d'un PA si le seuil de potentiel est atteint. Le corps çaire a réalisé la **sommation spatiale des PPS**.

La sommation spatiale est donc la somme à un moment donné des différents PPS générés en différents points du motoneurone c'est à dire au niveau de différentes synapses.

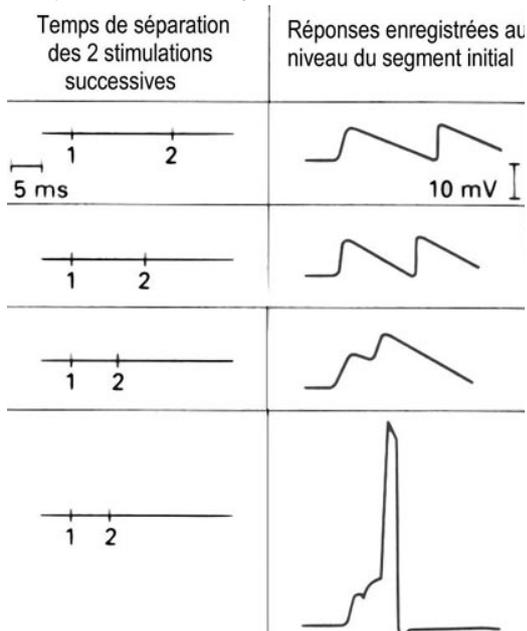
Le message nerveux arrivant au bouton synaptique est rarement constitué d'un seul PA. C'est en général un train de PA.

Comment le motoneurone gère-t-il cette arrivée successive de PA en un même point du motoneurone c'est à dire au niveau d'une synapse ?

IV – la sommation temporelle

Le dispositif expérimental est le même que précédemment mais on fait des stimulations successives plus ou moins rapprochées dans le temps.

Stimulation de la fibre A :



- **Cas n°1 : les 2 stimulations et donc les 2 PA afférents sont espacés :**

→ 2 PPSE séparés : la membrane a le temps de retrouver son potentiel de repos avant le 2^{ème} PPSE.

- **Cas 2 et 3 : 2 PA plus rapprochés (8 et 6 ms)**

→ La membrane n'a pas retrouvé son potentiel de repos lorsque est généré le 2^{ème} PPSE → il se greffe sur le 1^{er}.

→ Cependant, il n'y a pas de PA déclenché.

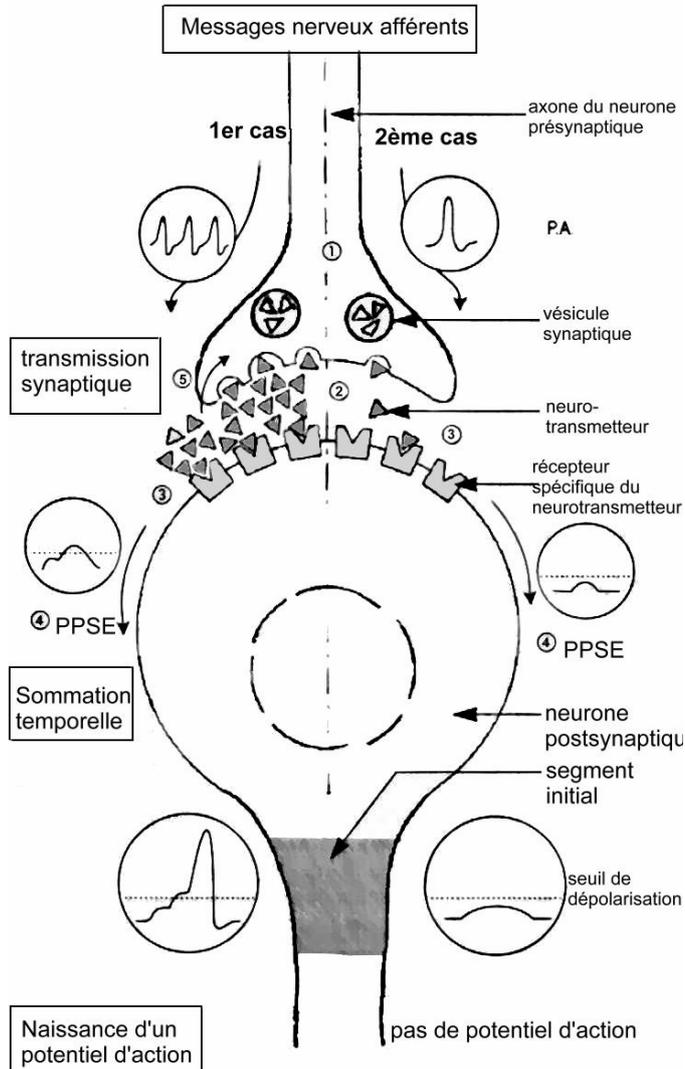
⇒ Il y a donc **sommation temporelle des PPSE**

- **Cas n° 3 : 2 PA éloigné de 5 ms**

→ Le PPSE global atteint le seuil de dépolarisation et déclenche un PA efférent.

La sommation temporelle est due à une libération de neurotransmetteur dans la fente synaptique proportionnelle à la fréquence de PA. Au niveau d'une synapse le message présynaptique codé en fréquence de PA est transformé en **message chimique codé en quantité de neurotransmetteur**.

Schéma bilan de la sommation temporelle



Bilan :

Les différentes synapses sont soit **excitatrices** soit **inhibitrices**.

L'arrivée d'un seul potentiel d'action présynaptique au niveau d'une synapse excitatrice est incapable de déclencher un PA postsynaptique. La dépolarisation n'atteint pas le seuil de naissance d'un PA.

Pour déclencher un ou plusieurs PA postsynaptiques, le neurone postsynaptique doit effectuer une **sommation des PPS** :

- Soit une **sommation spatiale** si plusieurs fibres présynaptiques conduisent un PA et que ces PA atteignent simultanément les synapses du neurone postsynaptique.
- Soit une **sommation temporelle** si plusieurs PA très rapprochés arrivent par la même fibre présynaptique.
- Soit les 2 à la fois si plusieurs fibres sont actives et conduisent chacune un train de PA.

Le corps cellulaire fait donc la **somme algébrique** des différents PPS (PPSE et PPSI): on dit qu'il a **des propriétés intégratrices**.

Le PA éfférent prend naissance en un seul points du neurone : le **segment initial**. Seul le PA est un phénomène propageable. Les PPS sont des phénomènes locaux.

Le motoneurone a une organisation qui en fait une **unité de traitement de l'information** :

- Les **dendrites collectent** les informations au niveau des boutons synaptiques et les acheminent vers le corps cellulaire sous forme de PPS;
- Le **corps Çaire collecte** aussi les informations mais assure la **sommation des PPS** (propriété intégratrice)
- Le **segment initial ou cône axonique transforme** le PPS global modulé en amplitude et durée **en un message nerveux** modulé en fréquence de PA.
- L'**axone conduit** le message nerveux sans atténuation.
- Les **terminaisons axoniques** participent à la **transmission du message** en libérant des quantités de neurotransmetteur traduisant la fréquence des PA.

