

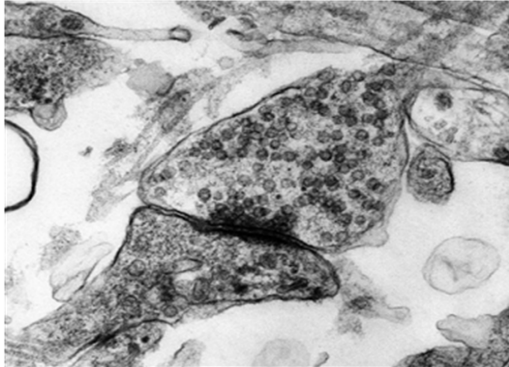
TRANSMISSION SYNAPTIQUE DU MESSAGE NERVEUX



INTERROGER

Dans le tissu nerveux, il existe des sites de jonction entre les neurones, ce sont les **synapses**.
Comment se transmet le message nerveux d'un neurone (neurone présynaptique) à un autre (neurone postsynaptique) au niveau d'une synapse ?

I- Ultra structure et caractéristiques d'une synapse neuroneuronique



Microphotographie d'une synapse neuroneuronique

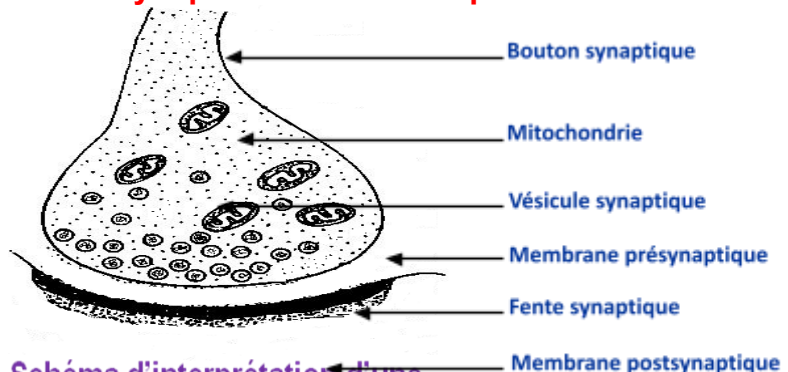


Schéma d'interprétation d'une synapse neuroneuronique

Une synapse neuroneuronique est caractérisée par la présence:

- d'un bouton synaptique riche en **vésicules synaptiques**.
- d'une fente (espace) synaptique qui prouve que le neurone présynaptique et le neurone postsynaptique sont **électriquement isolés**
- d'une membrane postsynaptique plus épaisse donc **riche en protéines (canaux ioniques)**

II- Mécanisme de la transmission synaptique du message nerveux

1) Mode de transmission

1- Le mode de transmission



État de la synapse		Au repos	Activée
Analyse comparative	Nombre des vésicules synaptiques	Le bouton synaptique est riche en vésicules synaptiques	Le bouton synaptique est pauvre en vésicules synaptiques
	état des vésicules synaptiques	Toutes les vésicules synaptiques sont fermées	Certaines vésicules synaptiques sont en exocytose
Déduction	l'existence des vésicules synaptiques en exocytose suite à l'arrivée d'un potentiel d'action présynaptique prouve qu'il y a libération d'une substance chimique (neurotransmetteur) dans la fente synaptique, qui assure la transmission du message nerveux		

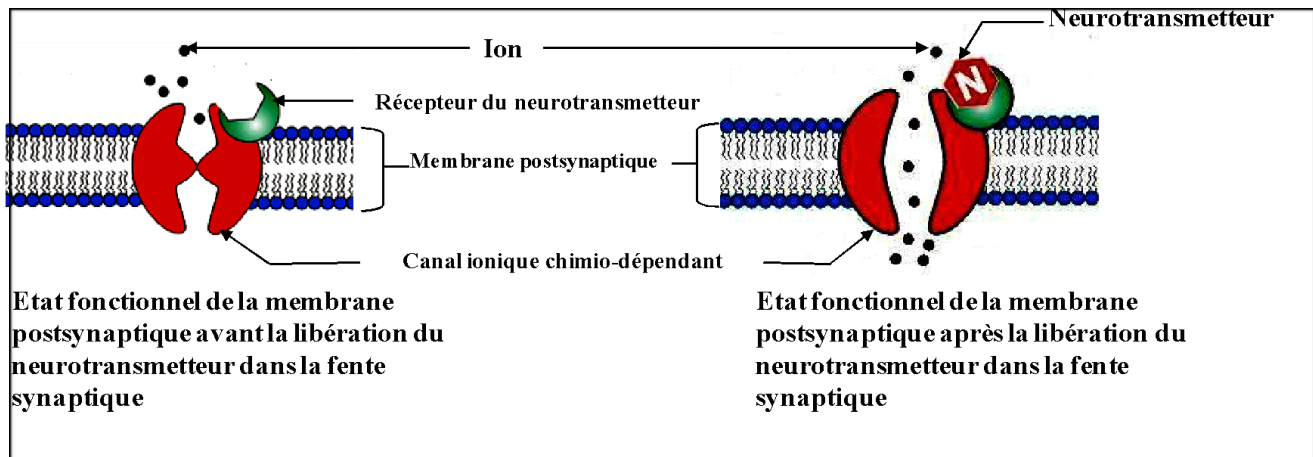
Les états structuraux d'une synapse au repos (avant l'arrivée d'un PA présynaptique) et d'une synapse activée ((suite à l'arrivée d'un PA présynaptique) sont indiqués dans le document ci-dessus



Comparez les états structuraux des deux synapses en vue de **préciser** le mode de transmission du message nerveux (électrique ou chimique)

Etats structuraux des synapses		Au repos	Activée
Comparaison	Nombre des vésicules synaptiques	Le bouton synaptique est riche en vésicules synaptiques	Le bouton synaptique est pauvre en vésicules synaptiques
	état des vésicules synaptiques	Toutes les vésicules synaptiques sont fermées	Certaines vésicules synaptiques sont en exocytose
Déduction	l'existence des vésicules synaptiques en exocytose suite à l'arrivée d'un potentiel d'action présynaptique prouve qu'il y a libération d'une substance chimique (neurotransmetteur) dans la fente synaptique, qui assure la transmission du message nerveux		

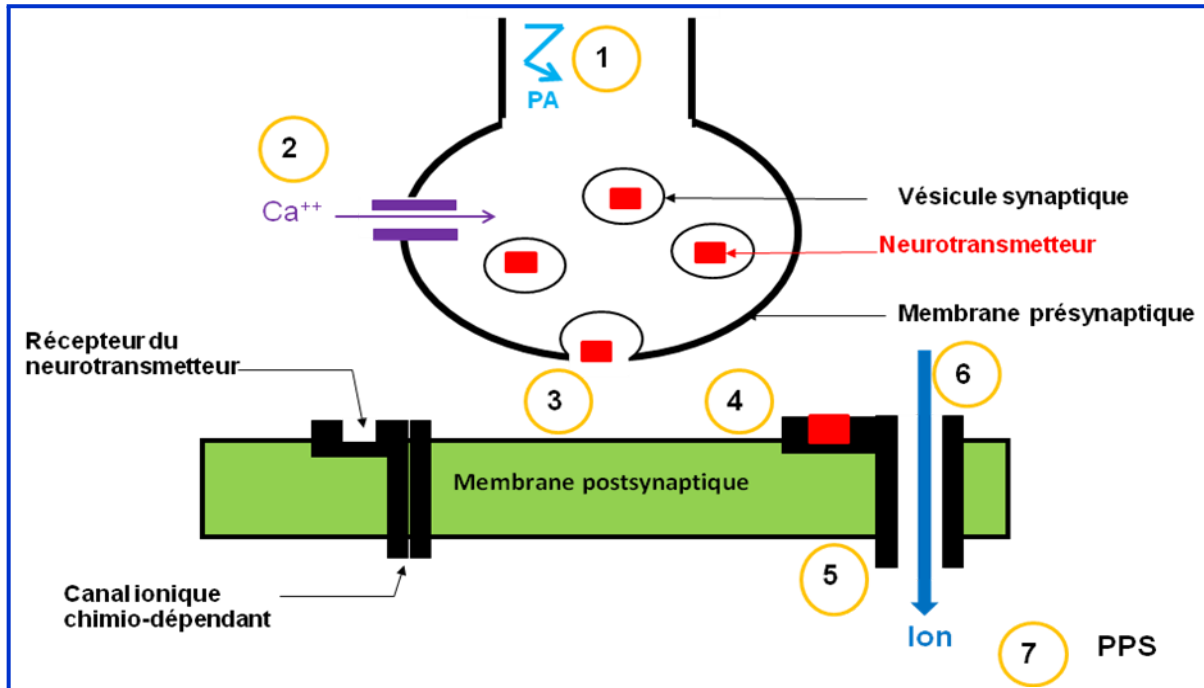
2) Conséquence de libération du neurotransmetteur sur la membrane postsynaptique



L'état fonctionnel de la membrane postsynaptique avant et après la libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique est indiqué dans le document ci-dessus. **Complétez le tableau ci-dessous**

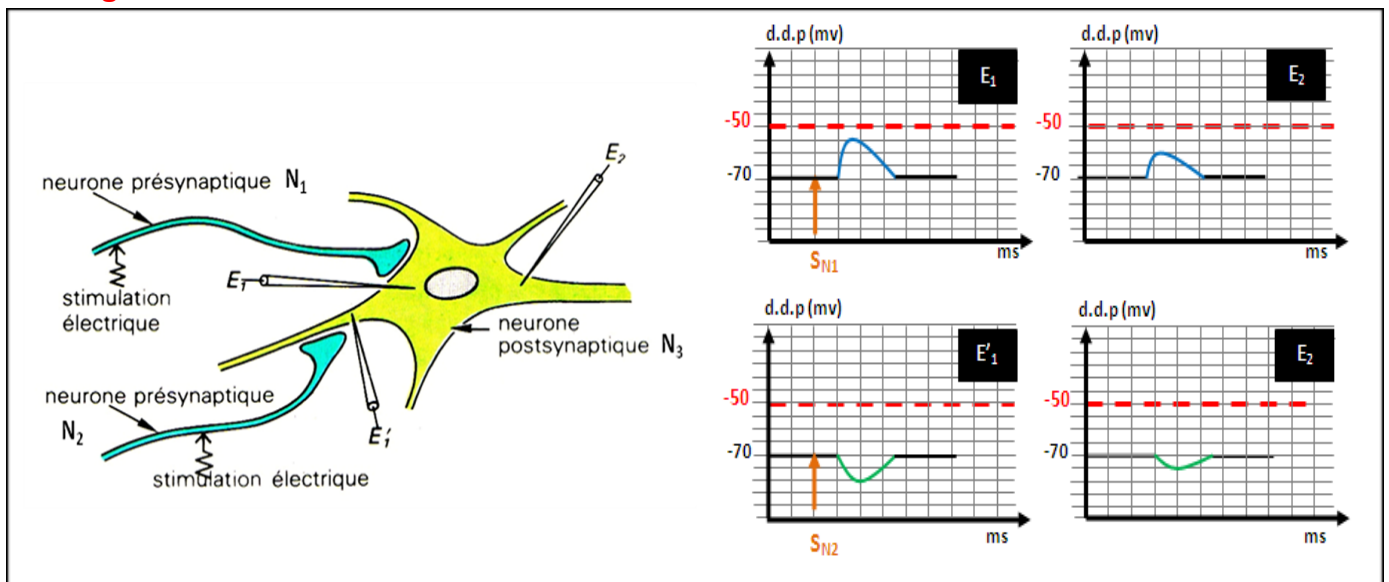
	Avant la libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique	Après la libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique
Récepteur du neurotransmetteur	vide	Fixation du neurotransmetteur
Etat du canal ionique chimio-dépendant	fermé	ouvert
Mouvement ionique à travers le canal ionique chimio-dépendant	Pas de mouvement ionique	Il y a de mouvement ionique
Modification du potentiel de la membrane postsynaptique	Pas de modification du potentiel (potentiel de repos)	Il y a modification du potentiel appelé P otentiel P ost S ynaptique

3) Les étapes de la naissance d'un PPS (transmission synaptique)



- 1- Arrivée d'un potentiel d'action dans le bouton synaptique, ce qui entraîne l'ouverture des CVD Ca^{++}
- 2- Entrée des ions Ca^{++} dans le bouton synaptique, ce qui active l'exocytose des vésicules synaptiques
- 3- Libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique
- 4- Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs spécifiques situés dans la membrane postsynaptique
- 5- Ouverture des canaux ioniques chimio-dépendants (CCD)
- 6- Mouvements ioniques à travers les canaux ioniques chimio-dépendants ouverts
- 7- Modification du potentiel de la membrane postsynaptique appelée Potentiel Post Synaptique (PPS)

III- Enregistrement des PPS



On porte une stimulation électrique efficace sur les neurones présynaptiques N_1 et N_2 . Les PPS sont enregistrés au niveau du neurone N_3 : corps cellulaire (E_1 et E_3) et cône axonique (E_2). Le montage expérimental ainsi que les enregistrements obtenus sont indiqués dans le document ci-dessus.

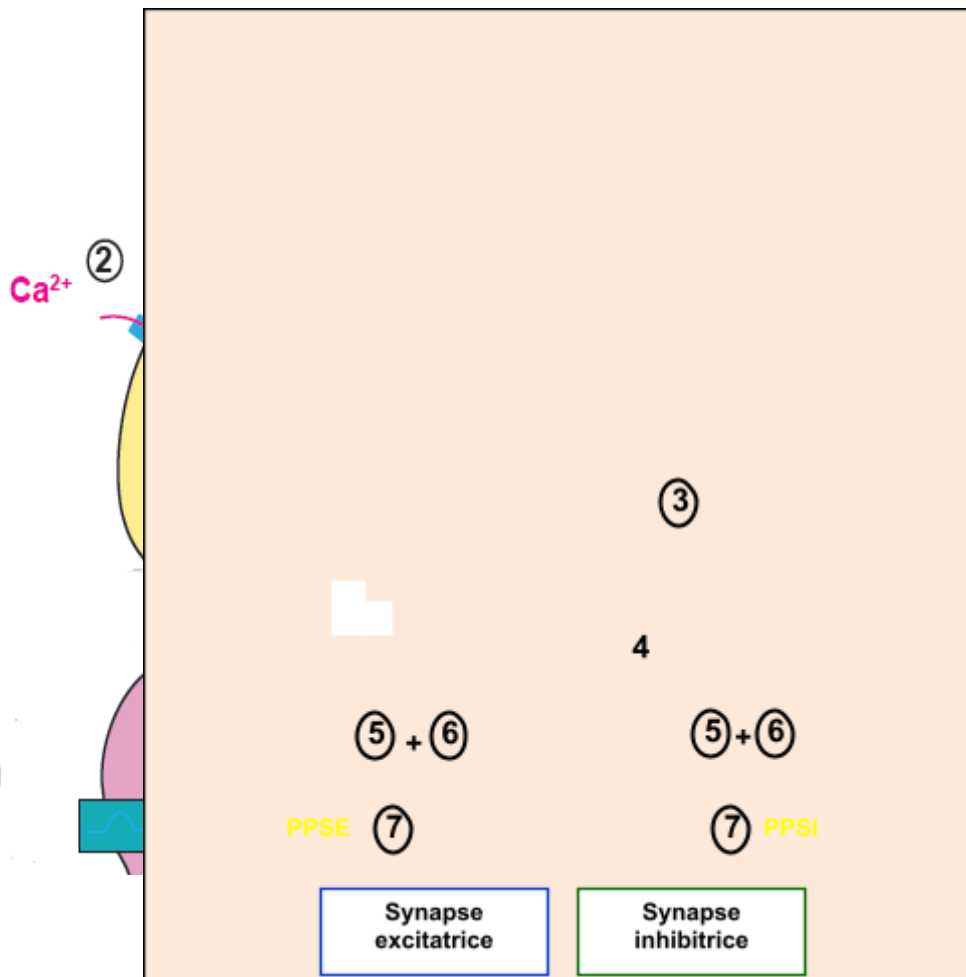


Les physiologistes appellent l'enregistrement E_1 un **potentiel postsynaptique excitateur (PPSE)** et l'enregistrement E'_1 un **potentiel postsynaptique inhibiteur (PPSI)**. Justifiez ces appellations et déduisez la nature des synapses.

Comparez les amplitudes des PPS afin de dégager une caractéristique de ces potentiels.

Enregistrement au niveau	Nom	Justification	Nature de synapse
E_1	PPSE	C'est une légère dépolarisation qui atteint -55 mv donc rapproche le potentiel de la valeur seuil (-50 mv)	La synapse N_1-N_3 est excitatrice
E'_1	PPSI	C'est une légère hyperpolarisation qui atteint -80 mv donc éloigne le potentiel de la valeur seuil (-50 mv)	La synapse N_2-N_3 est inhibitrice
- Pour le PPSE l'amplitude en E_2 est 10 mv donc inférieure à celle en E_1 qui est de l'ordre de 15 mv - Pour le PPSI l'amplitude en E_2 est 5 mv donc inférieure à celle en E'_1 qui est de l'ordre de 10 mv → Les PPS se propagent à courte distance avec diminution d'amplitude			

IV- Fonctionnement des synapses excitatrices et inhibitrices



Etapes	Synapse excitatrice	Synapse inhibitrice
1	Arrivée d'un potentiel d'action dans le bouton synaptique, ce qui entraîne l'ouverture des CVD Ca^{++}	
2	Entrée des ions Ca^{++} dans le bouton synaptique, ce qui active l'exocytose des vésicules synaptiques	
3	Libération du neurotransmetteur excitateur (acétylcholine) dans la fente synaptique	Libération du neurotransmetteur inhibiteur (GABA) dans la fente synaptique
4	Fixation du neurotransmetteur excitateur sur les récepteurs spécifiques situés dans la membrane postsynaptique	Fixation du neurotransmetteur inhibiteur sur les récepteurs spécifiques situés dans la membrane postsynaptique
5	Ouverture des canaux ioniques chimio-dépendants Na^+	Ouverture des canaux ioniques chimio-dépendants K^+ et Cl^-
6	Entrée des ions Na^+ à travers les canaux ioniques chimio-dépendants ouverts	Entrée des ions Cl^- et sortie des ions K^+ à travers les canaux ioniques chimio-dépendants ouverts
7	Légère dépolarisation (PPSE)	Légère hyperpolarisation (PPSI)

V- Tableau comparatif entre les CVD et les CCD

Canaux ioniques		CVD	CCD
Similitudes		- nature protéique - assure le flux ionique passif - fermés au repos	
Différences	Localisation	-Cône axonique -nœuds de Ranvier -arborisation terminale	Membrane postsynaptique
	Condition d'ouverture	potentiel seuil de la membrane	fixation d'un neurotransmetteur sur les récepteurs spécifiques
	Rôle physiologique	Naissance et propagation du message nerveux	Transmission synaptique du message nerveux

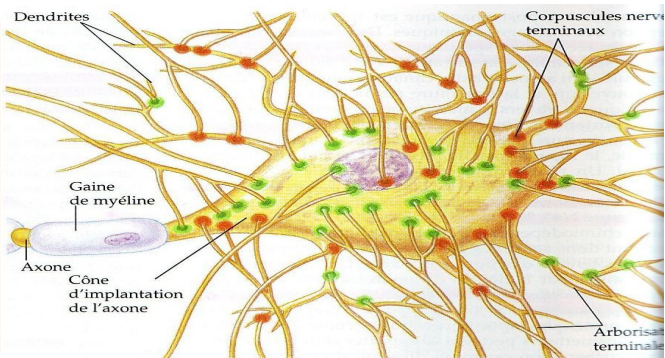
- Après la naissance du PPS il y a **inactivation rapide du neurotransmetteur** dans la fente synaptique (dégradation dans la fente ou recapture par le bouton synaptique)
- L'amplitude de PPS est **proportionnelle à la dose du neurotransmetteur** libéré dans la fente synaptique
- On appelle **délai synaptique** le temps mis par le message nerveux pour **franchir une synapse**; il est de l'ordre de **0,5 ms**

RÔLE INTÉGRATEUR DU NEURONE POSTSYNAPTIQUE

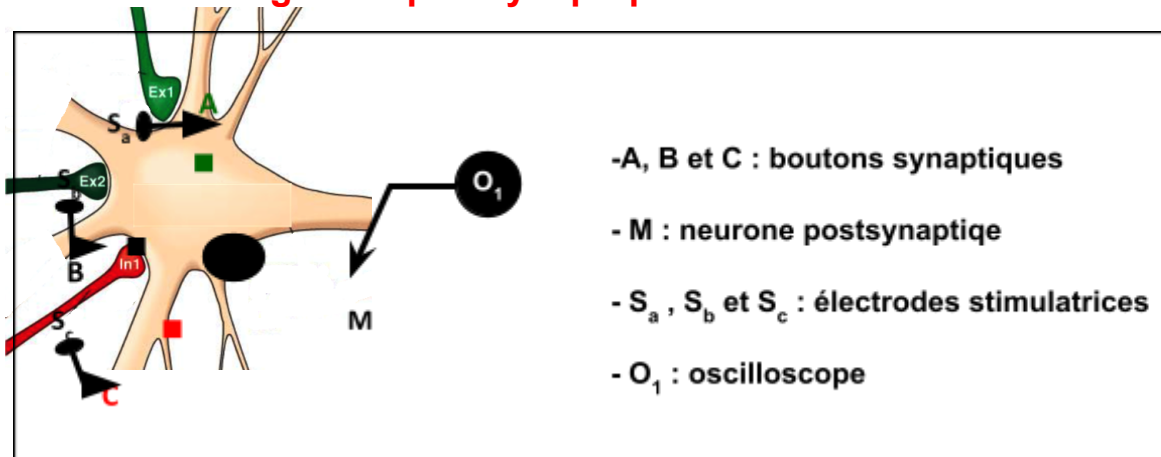
S'INTERROGER

Au niveau des centres nerveux, un neurone établit plusieurs milliers de synapses avec d'autres neurones. Il peut recevoir simultanément ou successivement un grand nombre de messages nerveux : les uns excitateurs (en rouge) engendrant des PPSE, les autres inhibiteurs (en vert) engendrant des PPSI.

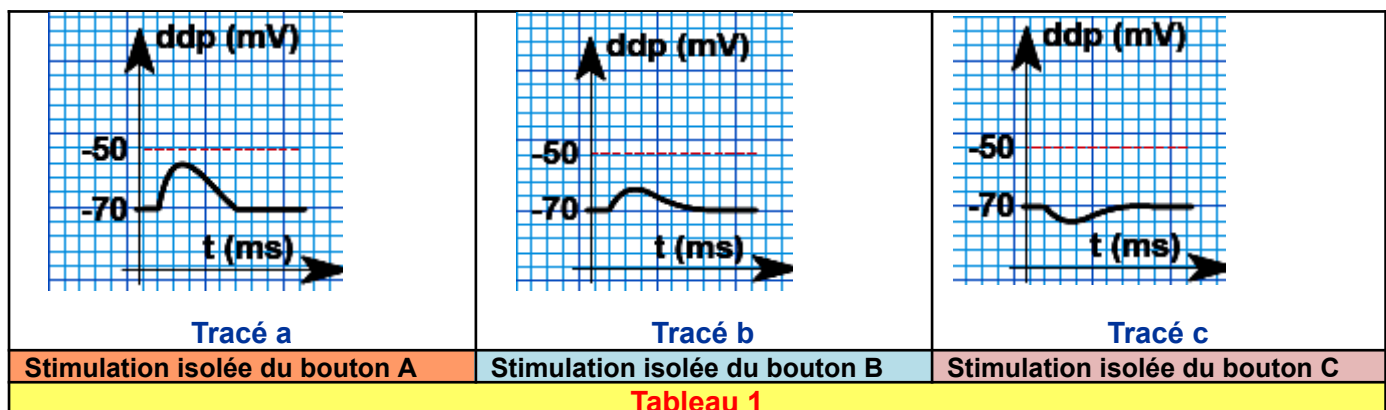
Comment le neurone postsynaptique intègre-t-il tous ces messages et quel en est le résultat ?

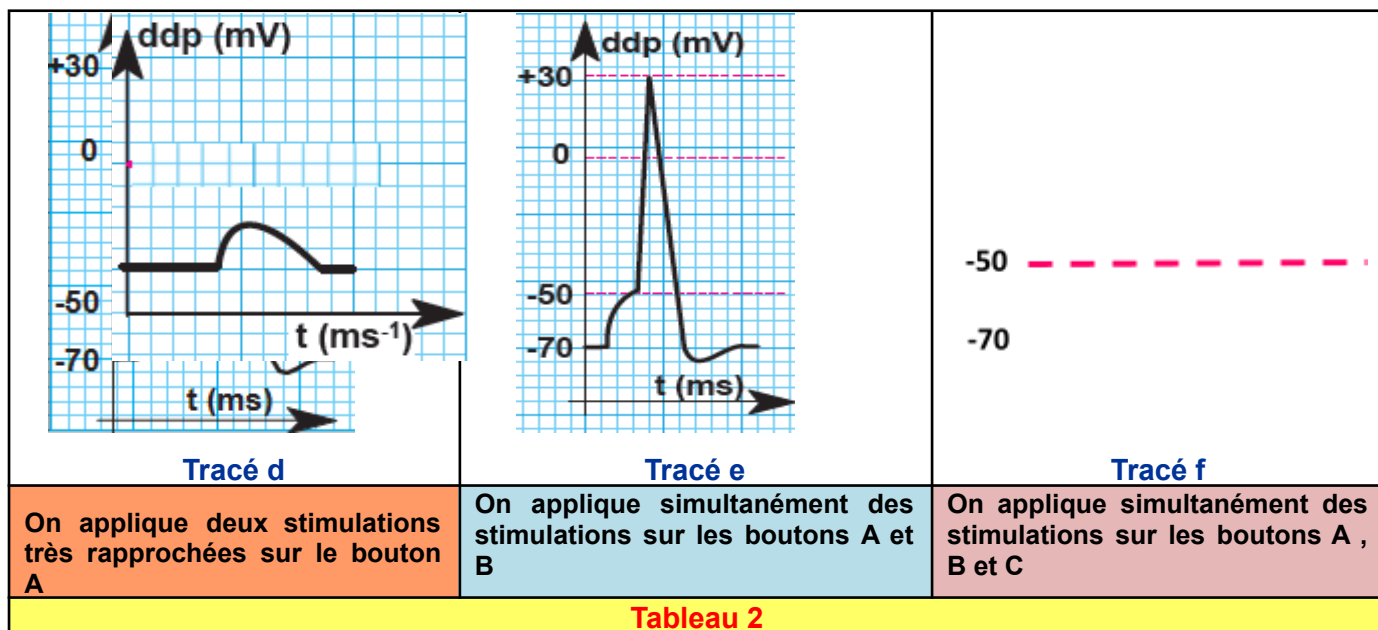


I- Etude de l'intégration postsynaptique



Le document ci-dessus représente le montage expérimental réalisé sur un soma de neurone multipolaire M recevant des terminaisons présynaptiques de neurones A, B et C. On applique des stimulations efficaces (séparément ou simultanément) les boutons synaptiques A, B et C, les réponses





- Identifiez les tracés du tableau 1 et déduisez la nature des synapses : A-M, B-M et C-M
- Expliquez les tracés du tableau 2
- A partir des données précédentes, précisez comment le neurone postsynaptique intègre les messages nerveux provenant des neurones présynaptiques ?

• Tableau 1 :

Tracés	Nom	Justification	Nature de synapse
a	PPSE	C'est une légère dépolarisation qui atteint -55 mv donc rapproche le potentiel de la valeur seuil (- 50 mv)	La synapse A-M est excitatrice
b	PPSE	C'est une légère dépolarisation qui atteint -65 mv donc rapproche le potentiel de la valeur seuil (- 50 mv)	La synapse B-M est excitatrice
c	PPSI	C'est une légère hyperpolarisation qui atteint -75 mv donc éloigne le potentiel de la valeur seuil (- 50 mv)	La synapse C-M est inhibitrice

• Tableau 2 :

	Explication
Tracé d	Les deux stimulations efficaces très rapprochées portées sur le bouton présynaptique A, engendrent au du niveau cône axonique du neurone postsynaptique M (au niveau de O_1) un PPS global qui résulte de la sommation temporelle de 2 PPSE successifs d'amplitude 15 mv + 15 mv = 30 mv : il s'agit d'un PPSE qui atteint le seuil (-50 mv) et déclenche un PA postsynaptique
Tracé e	L'application des stimulations simultanées sur les boutons présynaptiques A et B, engendre au du niveau cône axonique du neurone postsynaptique M (au niveau de O_1) un PPS global qui résulte de la sommation spatiale dont l'amplitude égale à la somme algébrique de 2 PPSE unitaires (15 mv + 5 mv = 20 mv) : il s'agit d'un PPSE qui atteint le seuil (-50 mv) et déclenche un PA postsynaptique

	Explication
Tracé f	L'application des stimulations simultanées sur les boutons présynaptiques A, B et C engendre au du niveau cône axonique du neurone postsynaptique M (au niveau de O ₁) un PPS global qui résulte de la sommation spatiale dont l'amplitude égale à la somme algébrique de 2 PPSE et d'un PPSI unitaires ($15\text{ mv} + 5\text{ mv} - 5\text{ mv} = 15\text{ mv}$) : il s'agit d'un PPSE qui n'atteint pas le seuil (-50 mv)

Définition de l'intégration postsynaptique

C'est la capacité du neurone postsynaptique d'intégrer à tout instant les PPS (PPSE et PPSI) qui lui parviennent des neurones présynaptiques par sommation spatiale et temporelle. Si la somme obtenue au niveau du cône axonique est égale ou supérieure au seuil (-50 mv) il y a émission d'un potentiel d'action postsynaptique

II- Comparaison de la sommation temporelle et la sommation spatiale

Types de sommation	Temporelle	Spatiale
Définition	La sommation est dite temporelle lorsqu'un même neurone présynaptique transmet des potentiels d'action très rapprochés à un neurone postsynaptique par une synapse excitatrice ou inhibitrice	La sommation est dite spatiale lorsque plusieurs neurones présynaptiques transmettent leur message simultanément au même neurone postsynaptique par des synapses excitatrices et / ou inhibitrices
Localisation	Corps cellulaire	Cône axonique
Amplitude du PPS global (PPSG)	Somme des amplitudes des PPS successifs ; sauf que le PPSPG peut atteindre ou dépasse le seuil (-50 mv) et ne déclenche pas un PA postsynaptique au niveau du corps cellulaire vue l'absence des CVD → le PPSPG se propage vers le cône axonique où existent les CVD ; s'il atteint le seuil il y a émission d'un PA postsynaptique	Somme algébrique des amplitudes des PPS unitaires
Types de PPSPG	-PPSE qui atteint le seuil → PA -PPSE qui n'atteint pas le seuil	-PPSE qui atteint le seuil → PA -PPSE qui n'atteint pas le seuil - PPSI

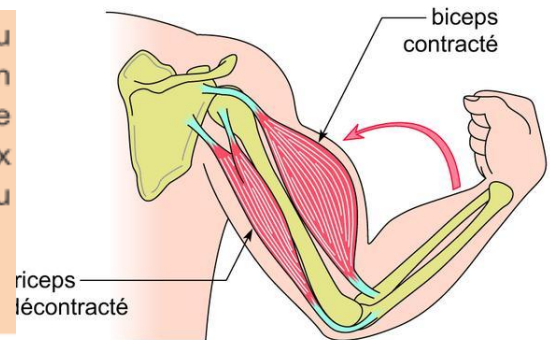
COORDINATION DE L'ACTIVITÉ DES MUSCLES ANTAGONISTES AU COURS DU RÉFLEXE CUTANÉ

S'INTERROGER

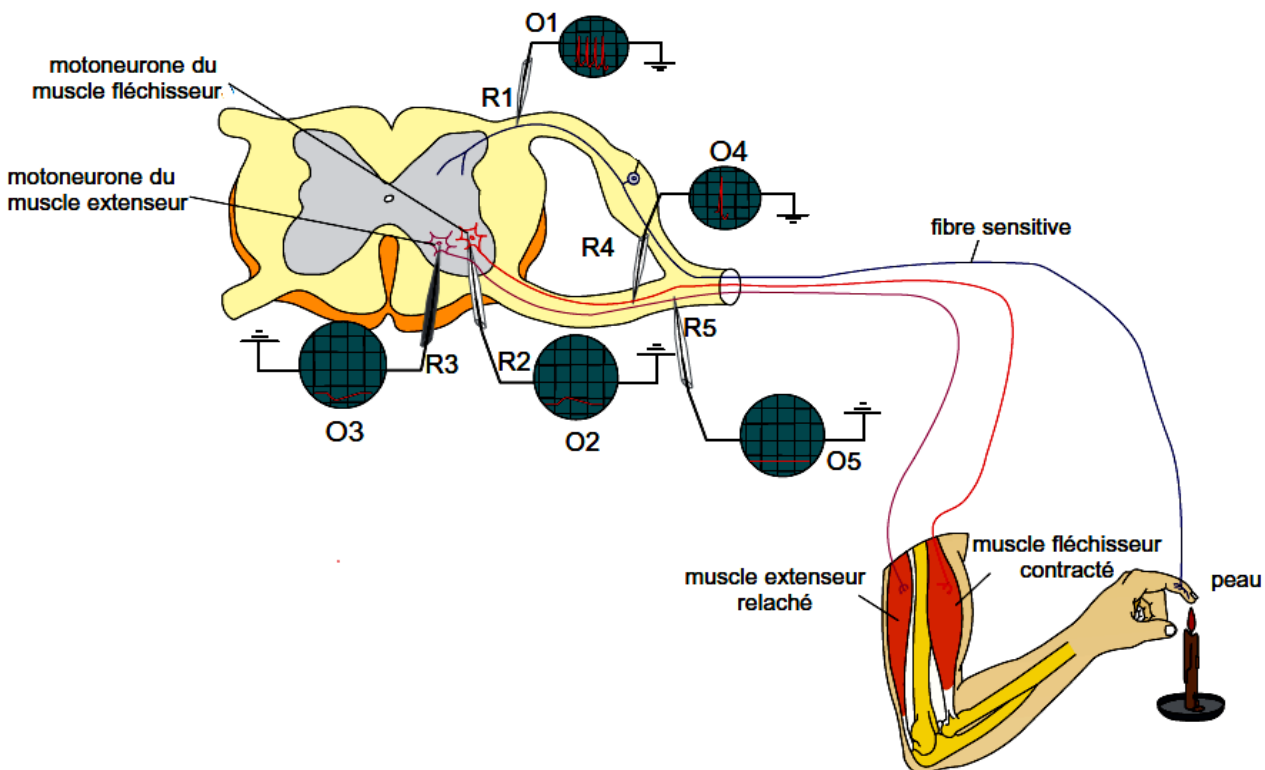
Au cours du réflexe cutané, la contraction du muscle fléchisseur est accompagnée d'un relâchement du muscle extenseur (muscle antagoniste). Cette coordination entre les deux muscles est nécessaire à la réalisation du mouvement (flexion).

Comment expliquer la contraction du muscle fléchisseur et le relâchement simultané du muscle extenseur ?

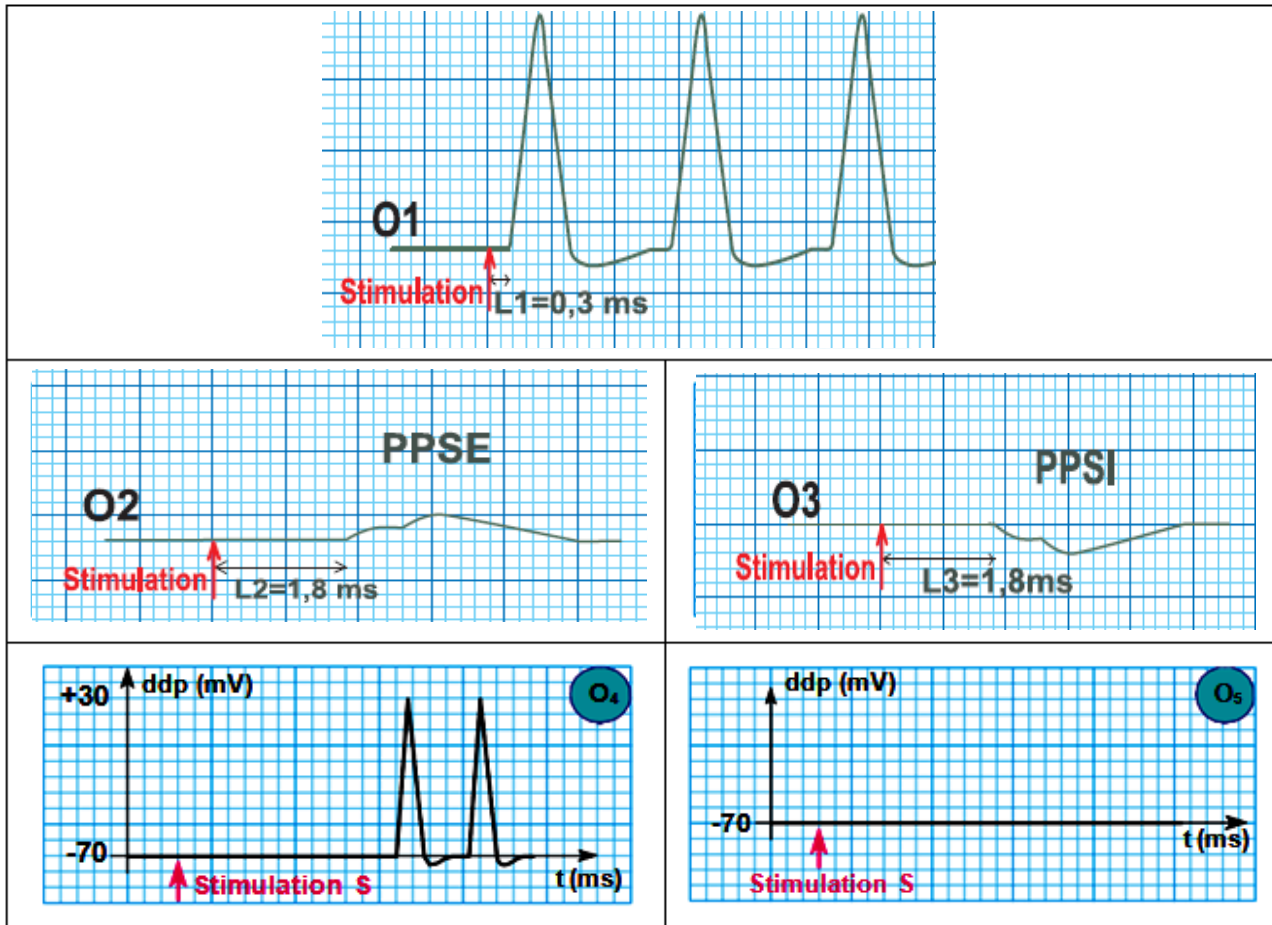
La flexion de l'avant-bras



I- Mécanisme de la coordination de l'activité des muscles antagonistes



Le dispositif expérimental représenté ci-dessus est utilisé pour enregistrer l'activité électrique au niveau des fibres sensibles, des corps cellulaires et des fibres nerveuses motrices qui se dirigent vers le muscle extenseur et vers le muscle fléchisseur suite à la stimulation de la peau.



Le document ci-dessus indique l'activité électrique au niveau des fibres sensibles, des corps cellulaires et des fibres nerveuses motrices qui se dirigent vers le muscle extenseur et vers le muscle fléchisseur suite à la stimulation de la peau.



Exploitez les données sur les temps de latence (L_1 , L_2 et L_3) ainsi que les enregistrements obtenus au niveau des oscilloscopes O_2 , O_3 , O_4 et O_5 pour **déterminer** :

- Le circuit neuronique reliant le neurone sensitif avec le motoneurone du muscle extenseur (le nombre et la nature de synapses).
- Le circuit neuronique reliant le neurone sensitif avec le motoneurone du muscle fléchisseur (le nombre et la nature de synapses).

(NB : le délai synaptique est de l'ordre de 0,5 ms)

1) Le circuit neuronique reliant le neurone sensitif avec le motoneurone du muscle fléchisseur

Exploitation des résultats	Type du circuit neuronique
❧ Le passage du message nerveux de l'axone du neurone sensitif sur le corps cellulaire du motoneurone α innervant le muscle extenseur étiré nécessite le temps $L_2 = 1,8 \text{ ms} = 0,5 + 0,5 + 0,5 + L_1$; donc il y a trois délais synaptiques → le circuit neuronique renferme 3 synapses. → entre la voie sensitive et la voie motrice s'articule deux interneurons ❧ L'enregistrement d'une série de PPSE (au niveau de O_2) dans le corps cellulaire du motoneurone qui est à l'origine d'un série de PA au niveau de O_4 → les deux interneurons sont excitateurs	circuit polysynaptique excitateur

2) Le circuit neuronique reliant le neurone sensitif avec le motoneurone du muscle extenseur

Exploitation des résultats	Type du circuit neuronique
⌚ Le passage du message nerveux de l'axone du neurone sensitif sur le corps cellulaire du motoneurone α innervant le muscle extenseur étiré nécessite le temps $L_2 = 1,8 \text{ ms} = 0,5 + 0,5 + 0,5 + L_1$; donc il y a trois délais synaptiques → le circuit neuronique renferme 3 synapses. → entre la voie sensitive et la voie motrice s'articule deux interneurones ⌚ L'enregistrement d'une série de PPSI (au niveau de O_3) dans le corps cellulaire du motoneurone α qui se propage avec amortissement, d'où le potentiel de repos au niveau de O_5 → l'un des l'interneurone est excitateur, l'autre est inhibiteur	circuit polysynaptique inhibiteur

II- Innervation réciproque qui assure la coordination



✘ Caractéristique du réflexe cutané :

- **médullaire** → ayant comme centre nerveux la moelle épinière
- **polysynaptique** → plusieurs synapses (trois) situées entre la voie sensitive et la voie motrice
- **extéroceptif** → les récepteurs sensoriels sont situés à la périphérie de l'organisme