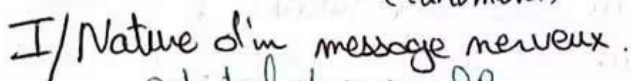


Circuit nerveux simplifiée sans l'arc réflexe myotatique.



Le PR est la ddp qui existe au repos entre les deux faces de la membrane de la fibre nerveuse, elle est négative de -70 mV indiquant que la membrane au repos est chargée négativement du côté du NIC et positivement du côté du NEC.



A diagram of a cylindrical capacitor. It consists of two concentric cylinders. The inner cylinder has radius 'a' and the outer cylinder has radius 'b'. The space between them is filled with a dielectric material labeled 'DIE'. The length of the cylinders is 'L'. The inner cylinder is connected to a positive terminal (+) and the outer cylinder is connected to a negative terminal (-).

- **Origine ionique du PR:** Le PR est dû à l'inégale concentration des ions Na^+ et K^+ de part et d'autre de la membrane (le NEC riche en Na^+ , pauvre en K^+ et inversement pour le NIC). Cette situation s'explique par :
 - + la diffusion passive de Na^+ et K^+ selon leurs gradients de concentration à travers des canaux de fuite.
 - + La perméabilité sélective de la membrane à ces ions (la membrane est beaucoup plus perméable aux ions K^+ qu'aux ions Na^+).
 - + le transport actif des Na^+ et K^+ contre leurs gradients de concentration assuré par pompe ionique Na^+/K^+ .



Def le PA est un signal électrique produit par une excitation et quise propre. Il correspond à une inversion brutale et brève de la polarité de la membrane par rapport au repos. Son amplitude est de 100 mV. Il est l'unité du message.

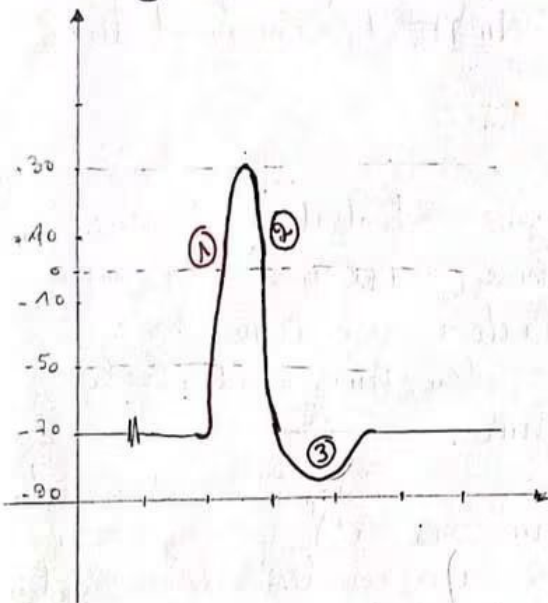
Remarques : En modifiant la vitesse de balayage de l'oscilloscope, le PA peut être enregistré sous forme de trait verticale d'amplitude 100mV.

Caractéristiques : • Un PA ne peut prendre naissance au pt stimulé qu'à partir d'une intensité seuil de stimulation pour laquelle le potentiel locale atteint le seuil de -55 mV appelé seuil de potentiel ou seuil de déclenchement d'un PA.

- le PA obéit à la loi de tout ou rien : il n'est pas graduable.
- le PA est propagable en gardant la même

Amplitude et une même vitesse.

Origine ionique du PA : Le PA est dû à une augmentation provisoire de la perméabilité de la membrane aux ions Na^+ et K^+ due à l'ouverture séquentielle de canaux ioniques fermés au repos, appelés canaux voltage dépendants (CVD).

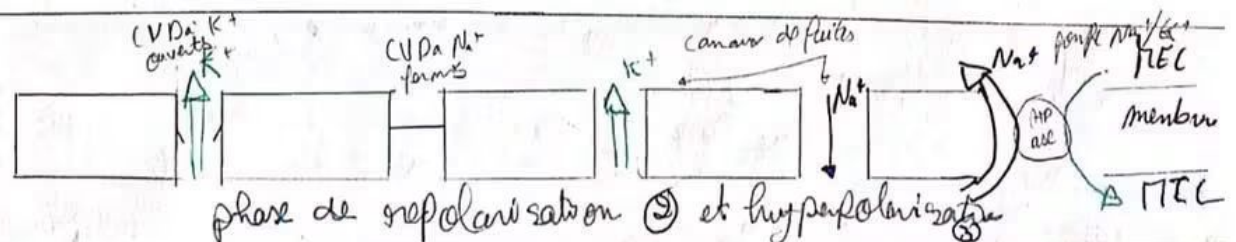
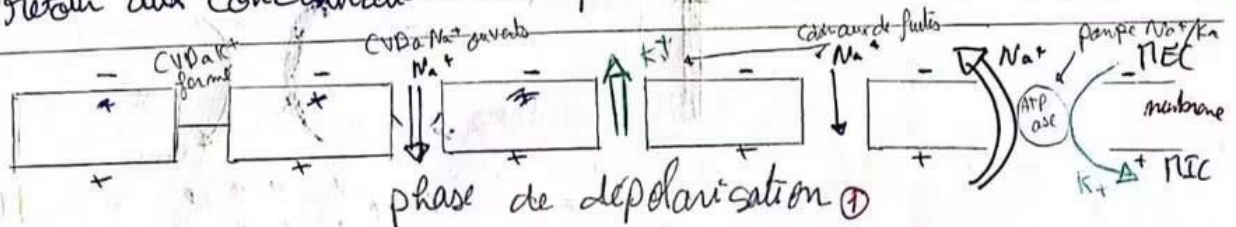


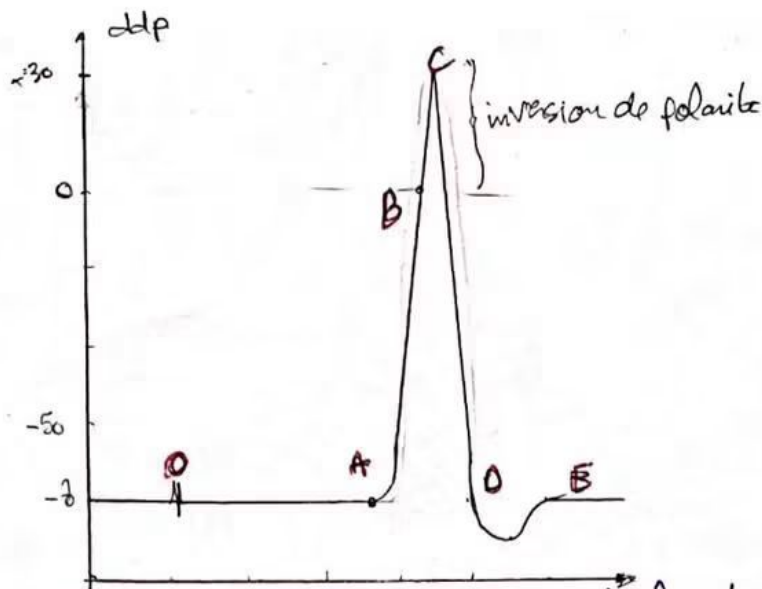
Suite à une stimulation efficace, le potentiel de membrane atteint une valeur seuil -55(mV) qui déclenche ① l'ouverture des CVD à Na^+ et pénétration massive, passive et rapide de Na^+ dans la fibre qui se dépolarise (inversion de la ddp) **dépolarisation**

② Quand la ddp atteint +30 mV ; il y a fermeture des CVD à Na^+ et ouverture de CVD à K^+ . La sortie de K^+ passive et plus lente provoque alors la repolarisation de la membrane

③ L'hyprepolarisation s'explique par une sortie prolongée de K^+ à cause d'une ouverture prolongée des CVD à K^+

↳ le retour aux concentrations ioniques initiales est assurée par la pompe Na^+/K^+





D Antéfix de stimulation : c'est l'instant exact de la stimulation.

OA Temps de latence (3ms) : c'est le temps mis par le PA pour parcourir la distance séparant les électrodes stimulateur et l'électrode repère (Re).

ABC Phase de dépolarisation : d'amplitude 100 mV (qui définit le PA) et de durée 0,5 ms. Au cours de laquelle la dVp passe brusquement de -70 mV à +30 mV. La négativité interne diminue de A à B. S'annule à B et s'inverse en positivité de B à C.

Le PEC devient chargé positivement et le PEC négativement.

CD Phase de repolarisation : la dVp passe brusquement de +30 à -70 mV. Durant 0,5 ms, la positivité interne diminue puis disparaît et la négativité interne réapparaît. Ici le PEC redevient chargé p. négativement.

DE Phase d'hyperpolarisation : la négativité interne continue à diminuer jusqu'à une dVp de -80 mV et finit par retourner à sa valeur initiale.

Notion du période réfractaire : un pt de la fibre nerveuse qui vient d'être le siège d'un potentiel d'action reste inexcitable pendant quelques millisecondes et ne répond pas à une nouvelle stimulation efficace. C'est la période réfractaire. Elle s'explique par le fait que les CVD à Na^+ restent inactivables momentanément pour permettre à la fibre de restaurer l'état physiologique initial de la membrane.

II / Traduction sensorielle :

Def : C'est la conversion de l'énergie d'un stimulus (mécanique, thermique, chimique...) en une énergie bioélectrique (potentiel de récepteur puis PA) au niveau d'un récepteur.

Node de traduction : Une stimulation portée par un récepteur sensoriel (ENM, corpuscule de Pacini...) engendre un potentiel récepteur au niveau du site transducteur de ce récepteur. Si le potentiel récepteur atteint le seuil en arrivant au site générateur (1^{er} Nœud de Ranvier) un PA prend alors naissance.

Codage de l'intensité du stimulus : le message nerveux envoyé par le récepteur sensoriel vers le centre nerveux est constitué de signaux électriques (PA) d'amplitude constante. La fréquence de ces PA dépend de l'intensité du stimulus : Elle est d'autant plus importante que l'intensité du stimulus appliqué sur le récepteur est plus grande. On dit que le message nerveux est codé en modulation de fréquence des PA.

Remarque : Le PL/PR est une dépolarisation de faible amplitude

Le PL/PR ~~ne~~ exige pas une intensité seuil de stimulation pour se produire

Le PL/PR est graduable : Son amplitude augmente avec l'intensité de stimulus

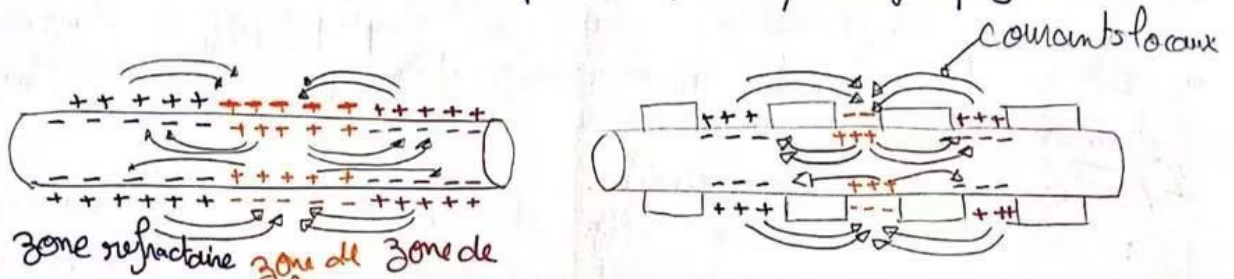
Le PL/PR est non propagable, il ne s'engendre qu'aux pt proches du pt de stimuli car il s'amoitit en s'éloignant du pt de sa naissance.

III / Propagation du message nerveux

Mécanisme : l'existence du PA en une zone de la fibre nerveuse crée entre cette zone et la zone voisine des courants électriques locaux qui entraînent une dépolarisation de la membrane de cette zone voisine par un déplacement de charge électriques (les charges positives sont attirées par les charges négatives). Cette dépolarisation déclenche l'ouverture de CVD de la fibre dans le sens de la conduction est imposé par la période réfractaire qui affecte chaque pt de la fibre au cours et juste après sa repolarisation.

Dans une fibre myélinisée, la conduction de l'information nerveuse se fait proche en proche. On parle de propagation continue (de point en point)

Tandis que dans une fibre myélinisée, la conductivité se fait d'un nœud de Ranvier à un autre en sautant les segments myélinisés. C'est la conduction saltatoire plus rapide que la propagation continue.



Vitesse du message nerveux : $V = d/t$ (m/s).

- La vitesse :
 - augmente avec le diamètre de la fibre
 - est plus grande pour une fibre myélinisée que pour une fibre amyélinisée
 - augmente avec l'augmentation de la température.

III transmission synaptique :

- * Le message nerveux se transmet d'un neurone à un autre à travers des jonctions entre les neurones appelées synapse. L'influx nerveux est transmis du neurone pré-synaptique au post-synaptique. La ramification axonique qui forme une terminaison pré-synaptique par un espace étroit appelé espace ou fente synaptique.
- La membrane du neurone post-synaptique est épaissie par la présence d'un grand nombre de protéine jouant rôle de récepteur spécifique au neuro-transmetteur.
- * La synapse ralentit la transmission de l'influx nerveux : il y a un délai entre l'excitation de la terminaison nerveuse du neurone présynaptique et les modifications du potentiel de la membrane de la cellule post synaptique. Ce délai est appelé délai synaptique, il représente le temps de libération du médiateur chimique, de sa migration à travers l'espace synaptique et de sa fixation sur les récepteurs de la membrane postsynaptiques.
- * La conduction de l'influx nerveux sans les synapses est unidirectionnelle et ceci est imposé par la structure de la synapse : vésicules synaptiques contenant le neurotransmetteur dans l'élément présynaptique et récepteur spécifique du neurotransmetteur dans l'élément postsynaptique.
- * Une neurone donné ne libère qu'un seul type de médiateur, il peut recevoir au contraire des boutons synaptiques utilisant des médiateurs différents.

Critère de comparaison	Synapse au repos	Synapse en activité
Vésicules synaptiques	Nombreuses	Moins nombreuses
Membrane présynaptique	Lisse, ne montrant pas de figures d'exocytose	Montrant des figures d'exocytose.
Fente synaptique	Étroite	Élargie.

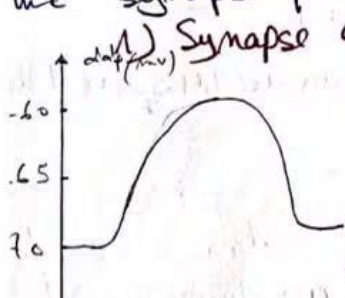
Les étapes de la transmission synaptique:

- 1/ Arrivée d'un message nerveux (PA) au niveau du bouton présynaptique.
- 2/ Ouverture de CVD à Ca^{2+} et diffusion de ces ions dans le milieu intracellulaire.
- 3/ Ces ions Ca^{2+} déclenchent la libération du neurotransmetteur par exocytose des vésicules synaptiques.
- 4/ Le neurotransmetteur libéré dans la fente synaptique se fixe sur des récepteurs spécifiques de la membrane post-synaptique.
- 5/ L'association neurotransmetteur-récepteur provoque l'ouverture de canaux ioniques chimio-dépendants (CCD) et la modification de la perméabilité vis-à-vis aux ions (Na^+ ou K^+ ou Cl^-) selon la nature de la synapse. D'où la modification de la $\Delta \psi$ potential transmembranaire = un potentiel post synaptique (PPS) ^{naissant}.
- 6/ Le neurotransmetteur est rapidement éliminé de l'espace synaptique :
 - Soit par recapture par le neurone présynaptique.
 - Soit par hydrolyse par une enzyme spécifique dans l'espace synaptique.

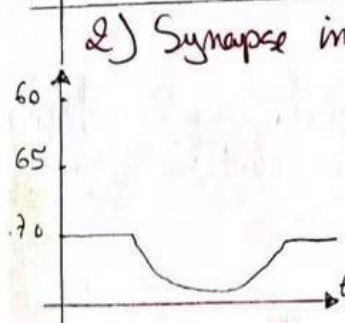
Synapse excitatrice et synapse inhibitrice:

La stimulation d'une fibre présynaptique permet d'enregistrer au niveau de la membrane post synaptique une modification locale du potentiel appelé PPS. Selon le type de synapse : PPS E pour une synapse excitatrice et PPS I pour une synapse inhibitrice.

Les PPS sont des phénomènes non propagables, leur amplitude diminue en s'éloignant de leur lieu de naissance. Ils sont obtenus suite à l'ouverture de CCD et n'exigent pas un seuil.



La fixation du neurotransmetteur excitateur (acétylcholine) sur son site déclenche l'ouverture de CCD à Na^+ . Un flux de Na^+ pénètre dans le neurone post-synaptique et provoque une diminution de la négativité interne de ce neurone et donne lieu au PPSE celui-ci peut produire un PA.



La fixation du neurotransmetteur inhibiteur (GABA) sur son site déclenche l'ouverture de CCD à Cl^- ou K^+ . Dans certains types de synapses il y a flux entrant de K^+ et un flux sortant de Cl^- qui provoquent une hyperpolarisation du neurone post synaptique et donne lieu au PPSI, celui-ci ne peut pas donner un PA.

L'intégration postsynaptique :

un neurone postsynaptique reçoit à chaque instant des informations à partir d'une ou de plusieurs afférences présynaptiques. Il en résulte des PPS. Sont les effets s'additionnent au niveau du cône axonique, on parle de sommation qui peut être :

- + Une sommation temporelle : quand les PPS E ou les PPS I successifs et suffisamment rapprochés issus de la même synapse ajoutent leurs effets ;
- + Une sommation spatiale : quand les PPS issus au même instant de synapses différents ajoutent leurs effets.

→ Les phénomènes de sommation traduisent la capacité du neurone postsynaptique de traiter les informations nerveuses afférentes pour élaborer un éventuel message éfférent.

→ C'est l'intégration des messages qui se fait au niveau du cône axonique.

Un PA postsynaptique ne peut franchir naissance au niveau du cône axonique que si le PPS global est une dépolarisation qui atteint le seuil de -50 mV.

- + Une sommation spatio-temporelle : Les stimulations simultanées de A et B puis immédiatement en A, ont permis d'identifier en O₂ un PA postsynaptique résultant d'abord d'une sommation spatiale puis d'une sommation temporelle.

⇒ Neurone postsynaptique a un rôle intégrateur.

III Le réflexe myotatique

C'est la contraction instantanée d'un muscle squelettique en réponse à son propre étirement. C'est un réflexe à point de départ musculaire.

Caractéristiques du réflexe myotatique :

- + la rapidité de la réaction : réflexe monosynaptique.
- + Coordination de la réaction : la contraction du muscle étiré s'accompagne du relâchement de son antagoniste (innervation réciproque).
- + Adaptation des réactions : lors d'une stimulation intense il y a accroissement de l'amplitude de la réaction.

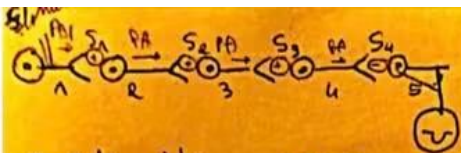
Importance des réflexes myotatiques :

Les réflexes myotatiques jouent un rôle fondamental dans le maintien de la station verticale du corps et de la posture soit au repos soit au cours du mouvement. Ils sont dits réflexes de postures.

Remarque : le réflexe myotatique est un réflexe inné car la réaction obtenue est involontaire, inévitable, prévisible, stéréotypée et existant de la naissance chez tous les humains (spécifique).

	PR	PA	PPSE	PPSI
Niveau d'apparition	Le long de la membrane plasmique du neurone	- A partir du cône axonique du neurone postsynaptique - Le long de la fibre amyélinisée - Au niveau des nœuds de Ranvier des fibres myélinisées	Membrane postsynaptique <i>d'une synapse excitatrice</i>	<i>d'une synapse inhibitrice</i>
Canaux ioniques mis en jeu	Canaux de fuite de Na^+ et de K^+	CVD à Na^+ puis à K^+	CCD à Na^+	CCD à K^+ et/ou à Cl^-
Sens de mouvement des ions impliqués	Selon le gradient de concentration : - Na^+ du MEC au MIC - K^+ du MIC au MEC	Selon le gradient de concentration : - Na^+ du MEC au MIC - K^+ du MIC au MEC	Selon le gradient de concentration : - Na^+ du MEC au MIC	Selon le gradient de concentration : - K^+ du MIC au MEC et/ou - Cl^- du MEC au MIC
Propriétés	- négatif. - stable.	- Non graduable (obéit à la loi du tout ou rien) - Exige un seuil - Propageable - Non sommable	- Graduable - N'exige pas un seuil - Non propageable - Possibilité de sommation spatiale et/ou temporelle.	

Types de canaux	Localisation	Conditions de fonctionnement	Rôle
Canaux de fuite à Na^+	Au niveau de toute la membrane plasmique du neurone)	Ouverts en permanence	- Transport passif des ions (entrée de Na^+)
Canaux de fuite à K^+			- Transport passif des ions (sortie de K^+) - Etablir le PR
Pompe Na^+/K^+ (la pompe Na^+/K^+ n'est pas un canal ionique)		Hydrolyse de l'ATP → énergie	- Transport actif de Na^+ et de K^+ contre leur gradient de concentration - Maintenir le PR
Canaux Na^+ voltage dépendants	- Cône axonique - Au niveau de toute la membrane de la fibre amyélinique.	ddp seuil (- 50 mv)	Entrée massive et brève de Na^+ → phase de dépolarisation
Canaux K^+ voltage dépendants	- Nœuds de Ranvier de la fibre myélinisée.	ddp de + 30 mv	Sortie prolongée de K^+ → phases de repolarisation et d'hyperpolarisation
Canaux Ca^{++} voltage dépendants	Membrane présynaptique	Arrivée d'un PA au niveau de l'élément présynaptique	Entrée de Ca^{++} dans le bouton synaptique d'où libération du neurotransmetteur par exocytose
Canaux Na^+ chimio dépendants	Membrane postsynaptique de la synapse excitatrice	Fixation du neurotransmetteur excitateur sur les récepteurs de la membrane postsynaptique	Entrée de Na^+ dans l'élément postsynaptique → PPSE
Canaux K^+ chimio dépendants	Membrane postsynaptique de la synapse inhibitrice	Fixation du neurotransmetteur inhibiteur sur les récepteurs de la membrane postsynaptique	Sortie de K^+ dans l'élément postsynaptique → PPSI
Canaux Cl^- chimio dépendants			Entrée de Cl^- dans l'élément postsynaptique → PPSI



2, 3 et 4 interneurones.
1, 2, 3 et 4 présynaptique
2, 3, 4 et 5 émet postsynaptique.

PPS : $\sum$ (spatio-temporelle)
synapse (spatio-temporelle)
synapse (spatio-temporelle)

abaisse PPS, PPSL, PPSL, PPSL
spatio-temporelle
(PPSE + PPSL) + PPSL
temporelle

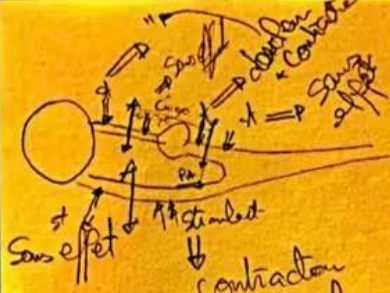
la ddp est la conséquence
du mouvement ionique.
le gradient ne s'inverse
jamais.

$$\begin{aligned} [Na^+] &= 140 \rightarrow 125 \\ [K^+] &= 5.5 \rightarrow 3.5 \end{aligned} \quad \begin{aligned} 4.25 > 3.5 \\ \text{toujours} \end{aligned}$$

CVD $\begin{cases} Na^+ \begin{cases} ouverture + 50 \text{ mV} \\ fermeture + 30 \text{ mV} \end{cases} \\ K^+ \begin{cases} ouverture + 30 \text{ mV} \\ fermeture - 80 \text{ mV} \end{cases} \end{cases}$

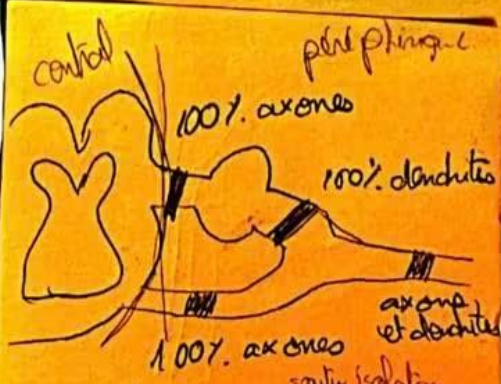
l'amplitude du PPS
dépend de la taille du
bouton présynaptique
et de la concentration
des neurotransmetteurs
libérés

Dans un fibre nerveuse (calmar)
isolé une stimulation effrénée
ne provoque que le seul PA
le train de PA
que dans un site récepteur et site de libération



pas de CVD
présence des CC D
seulement pour crée PPS
pas de PA
cone : lieu de sommation axonale
(contient de CVD)

récepteurs : canaux
chimico-électriques



scat. isolation
Rôle de myéline : protection, diffusion
Gaine de myéline : protection
chaque oligodendrocyte couvre une seule
partie d'un neurone

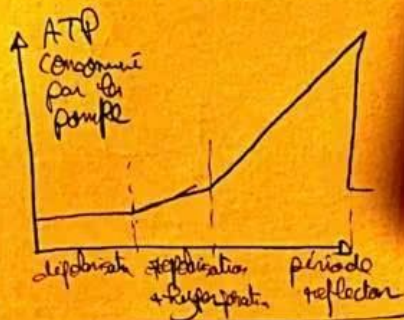


les messages nerveux provenant des FNT sont toujours en effet excitateur.
(GABA inhibiteur, Glu excitateur)
neurone intermédiaire

flux : $\rightarrow$ influx (entrée)
 $\rightarrow$ efflux (sortie)

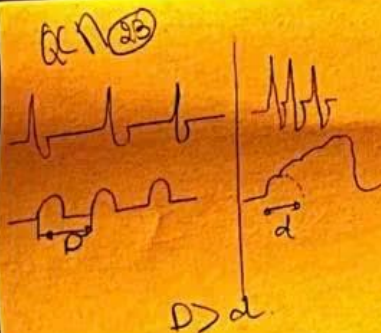
Seuil de stimulus

Seuil de potentiel.



infraliminaire : inefficaces
supraliminaire / liminaire : efficaces

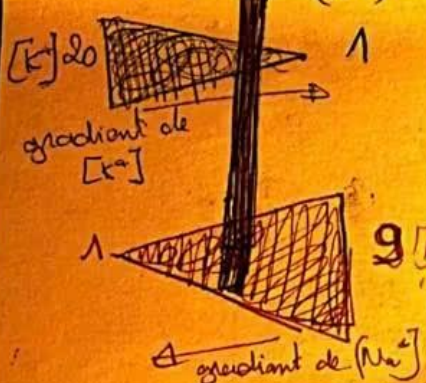
le tonus musculaire :
tension d'un muscle.



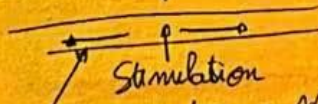
Les fuseaux neuromusculaires (FNM) sont de petites structures réparties dans la masse musculaire et disposées parallèlement aux fibres musculaires.
partie distale contractile
zone neuromusculaire non contractile
capsule conjonctive



Axone (TIC) π Eau de mer (TEC)



Dans une expérience



Car les CVD ne sont pas en période réfractaire (injection)

Ions	Dans l'axone	Dans l'eau de mer
$[K^+]$	400	20
$[Na^+]$	50	460
	450 $\oplus$	480 $\oplus$

isotonie : l'égalité des concentrations.

2 vésicules d'acétylcholine