UNIVERSITE DE DJILLALI LIABES
SIDI BEL ABBES
FACULTE DE MEDECINE TALEB MORAD

Le potentiel d'action

Cours de neurophysiologie
1ère année médecine

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
280
مكتبة
كلية الطب
جامعة جيلالي ليابس

Dr Ardjoun Z
2016-2017

ARDJOUN .Z Ep. LAKHAL
Maître Assistante en
Neurophysiologie Clinique

Le potentiel d'action

I-Introduction:

II-Définition:

III-Mise en évidence du PA.

IV-Description du potentiel d'action.

V-Mécanismes ioniques du PA.

VI-Les caractéristiques du PA.

1- **Seuil de déclenchement**

Effet des stimulations d'intensités croissantes

Relation Intensité-durée de la stimulation:

2- **La loi du tout ou rien**

3- **La période réfractaire absolue et relative**

4- **La propagation du PA**

Courants locaux

Conduction saltatoire

VII- Conclusion:

I-Introduction:

La cellule nerveuse comme la cellule musculaire est une cellule excitable ce qui signifie qu'elle est capable de modifier son potentiel de membrane sous l'effet d'une action extérieure d'un excitant ou stimulus donnant naissance à un potentiel d'action (PA).

II-Définition:

Le PA est une variation brève (1ms) du potentiel de membrane (inversion de polarité de la membrane) suite à une stimulation qui répond aux critères d'efficacité, capable de se propager.

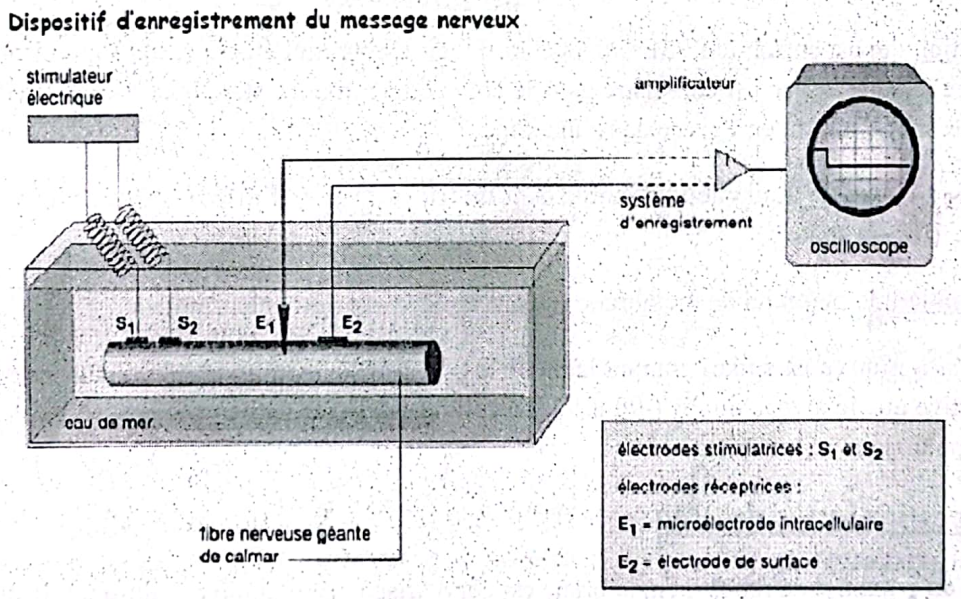
Donc le potentiel d'action est la caractéristique essentielle des cellules excitables en activité.

C'est sa propagation (train de PA) qui permet la transmission des messages nerveux véhiculant une information spécifique plus communément appelé influx nerveux.

Le PA est un phénomène électrique qui présente 4 propriétés:

- Le seuil de déclenchement
- La loi du tout ou rien
- La période réfractaire
- La conduction ou propagation sans atténuation.

III-Mise en évidence du PA.



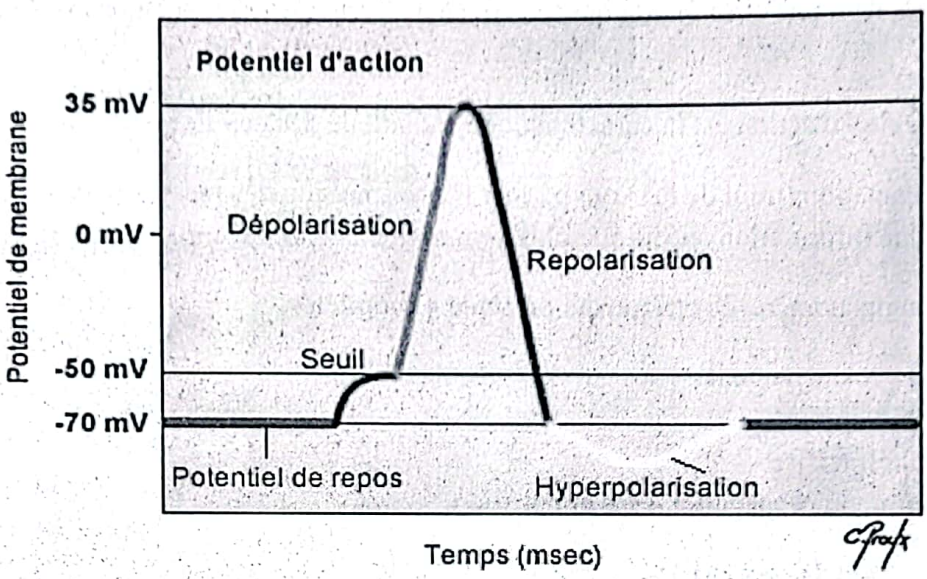
Sur une fibre isolée, on dispose de 2paires de microélectrodes:

- La 1ère paire: électrodes de stimulation reliées aux bornes d'un générateur de courant.
- la 2ème paire : c'est les électrodes d'enregistrement reliée à un oscilloscope qui enregistre les variations du voltage dans le temps. L'électrode active étant placée à l'intérieur de l'axone.

Le tracé de l'oscilloscope montre une variation du potentiel de repos qui passe de – 70 mv à + 30 mv : C'est le potentiel d'action.

Le PA correspond à une inversion de polarité de la membrane, le compartiment intracellulaire devient positif par rapport à l'extérieur pendant un très court instant et sur une petite portion de membrane. Cela se produit si rapidement qu'il est nécessaire d'utiliser un voltmètre particulier qui est l'oscilloscope.

III-Description du potentiel d'action :



Le potentiel d'action présente un décours temporel en 4 phases :

- Prépotentiel, qui est en fait le PPSE qui va déclencher le potentiel d'action, mais qui n'est visible que lorsque le Vm est enregistré dans le corps du neurone. Cette phase n'est pas visible sur un potentiel d'action enregistré dans un axone.
- Dépolarisation rapide : qui atteint d'emblé dans un temps court (<1 msec) une amplitude maximale (pic ou spike).
- Repolarisation: le potentiel de membrane revient rapidement à sa valeur initiale.
- Hyperpolarisation (post-spike) : durant laquelle le potentiel de membrane atteint une valeur plus négative que le niveau du PR (-90 mV). La cellule est moins facilement excitable car elle est hyperpolarisée.

IV-Mécanismes ioniques du PA.

Partant du niveau du potentiel de repos, la membrane est dépolarisée jusqu'au niveau du seuil. Il se produit, alors, une ouverture brutale de canaux ioniques voltage dépendants

1- L'ouverture des canaux Na+ permet à cet ion de rentrer dans la fibre, elle est, alors, à l'origine de la phase de dépolarisation.

2- L'ouverture des canaux K+ permet à cet ion de sortir, elle est, alors, à l'origine de la phase de repolarisation.

3- L'ouverture prolongée des canaux K+ permet de rendre compte de la phase d'hyperpolarisation consécutive.

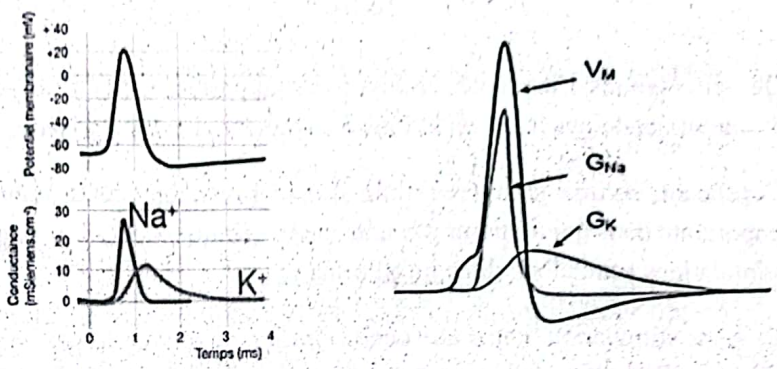
4- Travail des pompes ioniques pour rétablir les concentrations ioniques: 3 ions Na+ qui sortent / 2 ions K+ qui entrent.

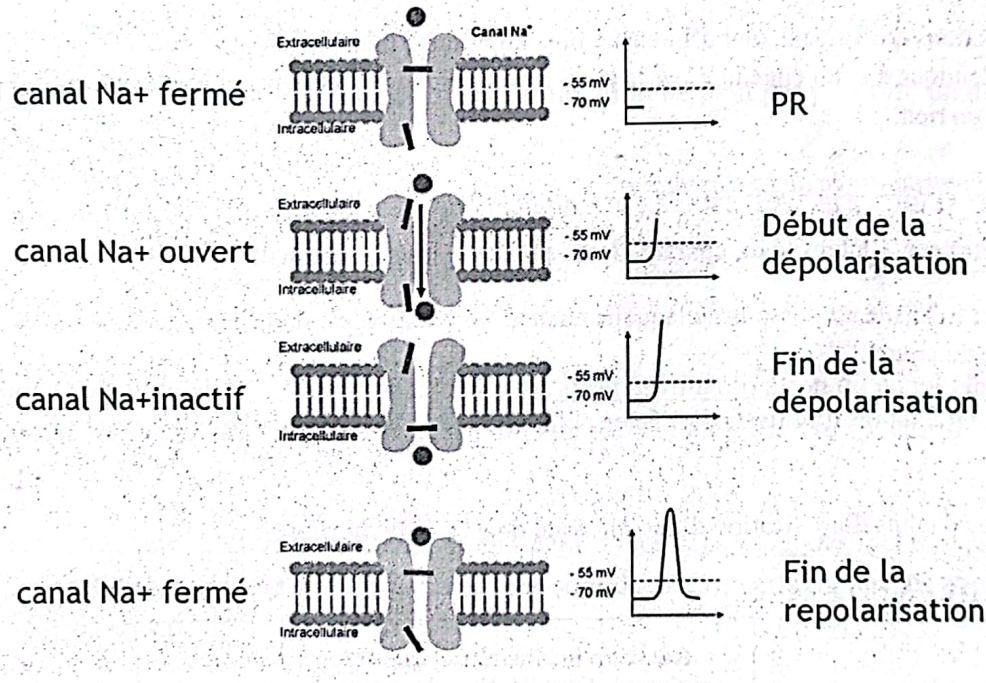
La perméabilité au Na+ et au K+ varient toutes les 2 au décours du PA:

La dépolarisation est due au changement rapide et important de la perméabilité Na+ tandis que les changements de perméabilité au K+ sont lent et prennent du temps pour s'augmenter.

La repolarisation est due à une diminution de la perméabilité aussi rapide du Na+ et à l'augmentation de la perméabilité au K+.

L'hyperpolarisation est due au fait que la perméabilité au K+ prend plus d'importance et le potentiel de membrane plus négatif.





Les différentes étapes de la genèse du potentiel d'action au niveau du canal Na+.
En rouge la porte d'activation (ouverture ou fermeture).
En bleu : la porte d'inactivation.
A droite : le potentiel de membrane au cours de ces 4 étapes.
Le comportement du canal K+, plus simple (une porte d'activation uniquement) n'est pas représenté.

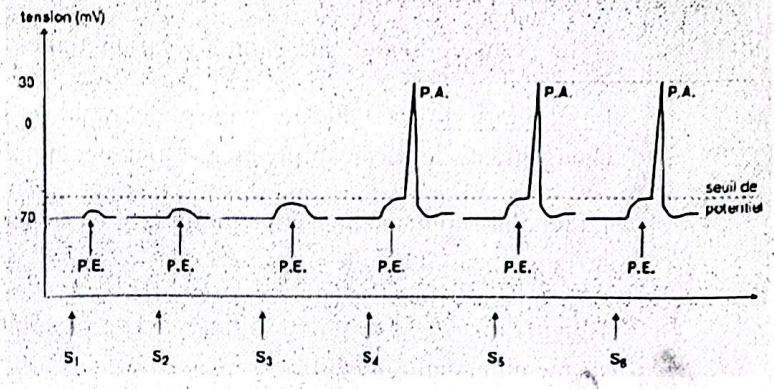
V-Les caractéristiques du PA.

1- seuil d'excitation

Effet des stimulations d'intensités croissantes :

Les stimulations sont d'amplitude croissante: S1<S2<S3<S4<S5<S6.

PA: potentiel d'action.
PE: potentiel électrique appelé aussi potentiel gradué ou local.



Des stimulations d'intensités croissantes sont portées sur la fibre à intervalles de temps réguliers montrent que toutes les stimulations provoquent une dépolarisation de la membrane.

Cependant, les trois premières stimulations provoquent une dépolarisation d'amplitude de plus en plus importante mais qui n'atteint pas une valeur critique (-50 mv) appelée seuil de potentiel. Ces stimulations sont, alors, dites infraliminaires.

La 4ème stimulation donne une dépolarisation qui atteint le seuil et la réponse obtenue est un potentiel d'action. Cette stimulation est dite stimulation liminaire ou stimulation seuil.

Les stimulations qui suivent sont d'intensité plus importante mais, donnent toujours un potentiel d'action identique à celui engendré par la stimulation liminaire. Ceci revient à ce que la fibre obéit à la loi de tout ou rien.

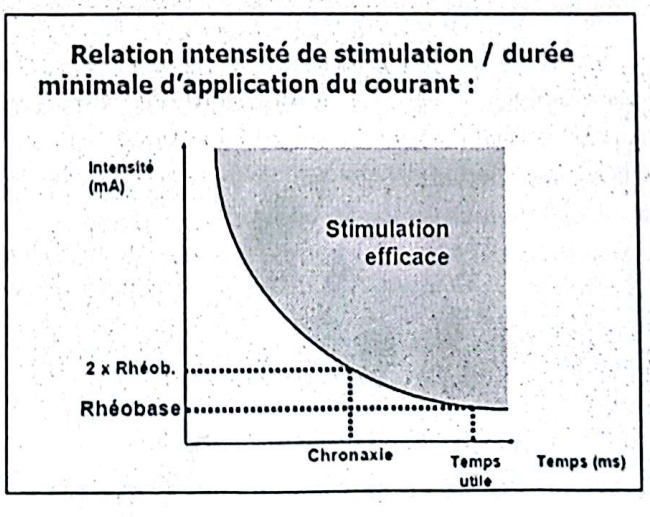
Relation Intensité-durée de la stimulation:

Pour être efficace, l'intensité du courant électrique doit varier rapidement.

Rhéobase : Intensité au-dessous de laquelle aucune stimulation n'est efficace, quelque soit la durée du passage du courant.

Temps utile (ou temps d'utilisation) : Temps d'application d'une stimulation d'intensité égale à la rhéobase.

Chronaxie : Temps d'application d'une intensité double de la rhéobase



2-La loi du tout ou rien:

Une fois le seuil de déclenchement atteint, le PA apparaît brutalement dans son amplitude totale. Il obéit à la loi du tout ou rien : un stimulus produit un PA ou rien.

Cette loi n'est valable que pour la fibre isolée.

Au contraire la réponse du nerf entier augmente avec l'intensité du stimulus et ceci s'explique:

- D'une part par un recrutement d'un nombre progressivement élevé de fibres.
- D'autre part du fait que toutes les fibres d'un nerf n'ont pas le même seuil.

→ Les PA se somment jusqu'à ce que toutes les fibres soient recrutées ce qui représente la réponse maximale.

3-La période réfractaire absolue et relative:

C'est le délai minimal nécessaire entre 2 stimulations (d'intensité sup au seuil) pour obtenir une 2éme réponse pendant et après la production du PA.

Pendant le passage du PA, l'axone subit:

*Une période réfractaire absolue: une nouvelle stimulation ne peut pas produire un nouveau potentiel d'action (PA)

*Une période réfractaire relative: d'environ 5 ms après le premier PA, un stimulus plus intense peut entraîner un 2éme PA.

La période réfractaire absolue coïncide avec l'activation et l'inactivation du canal Na+.
Les canaux à Na+ inactivés ne peuvent pas se rouvrir. Ils doivent d'abord revenir à l'état de repos.

La période réfractaire relative correspond au moment ou les canaux à Na+ inactivés sont revenus à l'état de repos alors que les canaux K+ sont encore ouverts ou fermés avec un excès de K+ en extracellulaire.

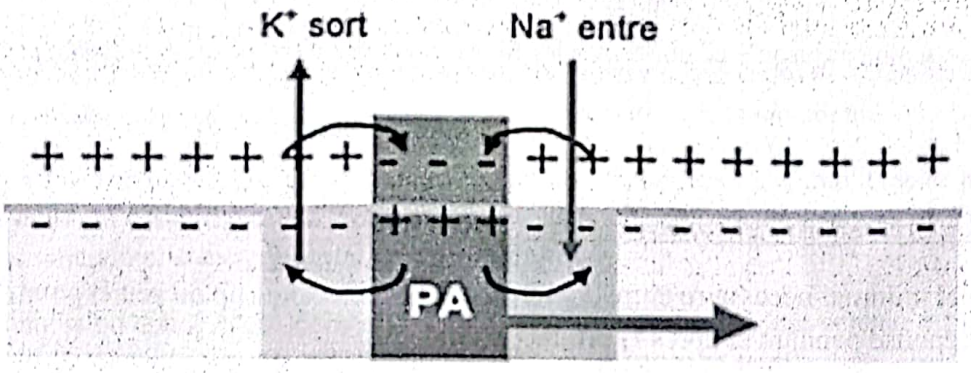
4-La propagation du PA:

Les courants locaux :

La propagation du PA est due aux propriétés conductrices actives et passives de la membrane.
A l'endroit ou se forme le PA un important mouvement de charge électrique se crée. L'entrée massive d'ions Na+ crée une zone + en intracellulaire et – en extracelulaire.

Les charges + extracellulaires qui entourent la zone dépolarisé sont attirées vers cette zone.
Les charges + intracellulaires de la zone dépolarisé sont attirées vers les zones intracellulaires – adjacente.

Ceci induit des **courants locaux** qui s'amenuisent avec la distance mais reste suffisamment intense pour dépolariser les régions voisines contenant les canaux Na+.

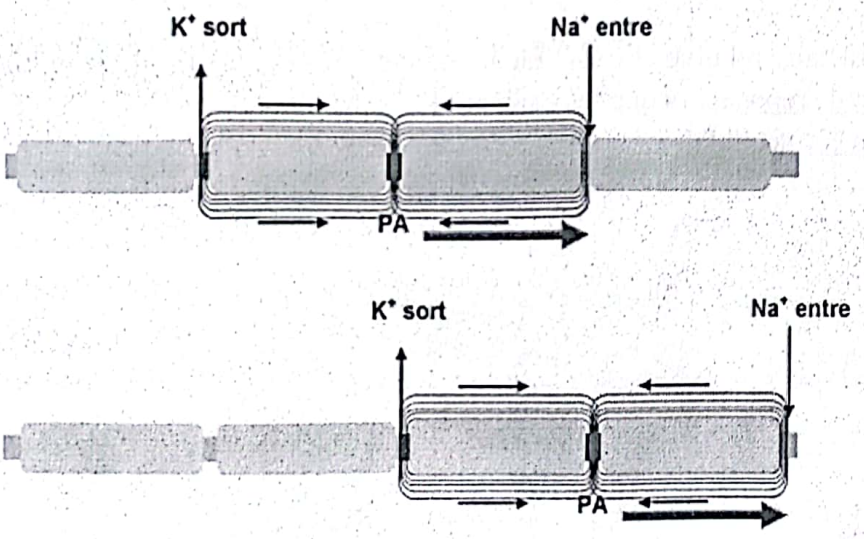


La conduction saltatoire:

La myéline (composée de couches alternées de lipides et peptides) est un excellent isolant qui augmente la résistance de la membrane au passage des ions.

Cette gaine de myéline est discontinue, interrompue par les nœuds de Ranvier, petites solutions de continuité dans la gaine de myéline. La distance entre les nœuds croît avec le diamètre de la fibre.

Dans les fibres nerveuses myélinisées, les nœuds de Ranvier sont les seuls endroits où le transfert d'ions a lieu. La densité des canaux ioniques est beaucoup plus grande dans ces nœuds. Dans ces conditions, les potentiels d'action ne naissent qu'en ces points et leur propagation s'effectue en sautant d'un nœud à l'autre **(conduction saltatoire)**



VII- Conclusion:

Le potentiel d'action est un phénomène complexe caractérisant la cellule excitable notamment le neurone.

Le rôle fondamental du neurone et de recevoir, propager et transmettre le signal nerveux sous forme d'un train de potentiel d'action.

Sa membrane plasmique possède des propriétés électrochimiques particulière qui font qu'il peut réagir à un stimulus et propager son action jusqu'à la terminaison nerveuse, selon une loi du tout ou rien.

ARDJOUN .Z Ep. LAKHAL
Maître Assistante en
Neurophysiologie Clinique