

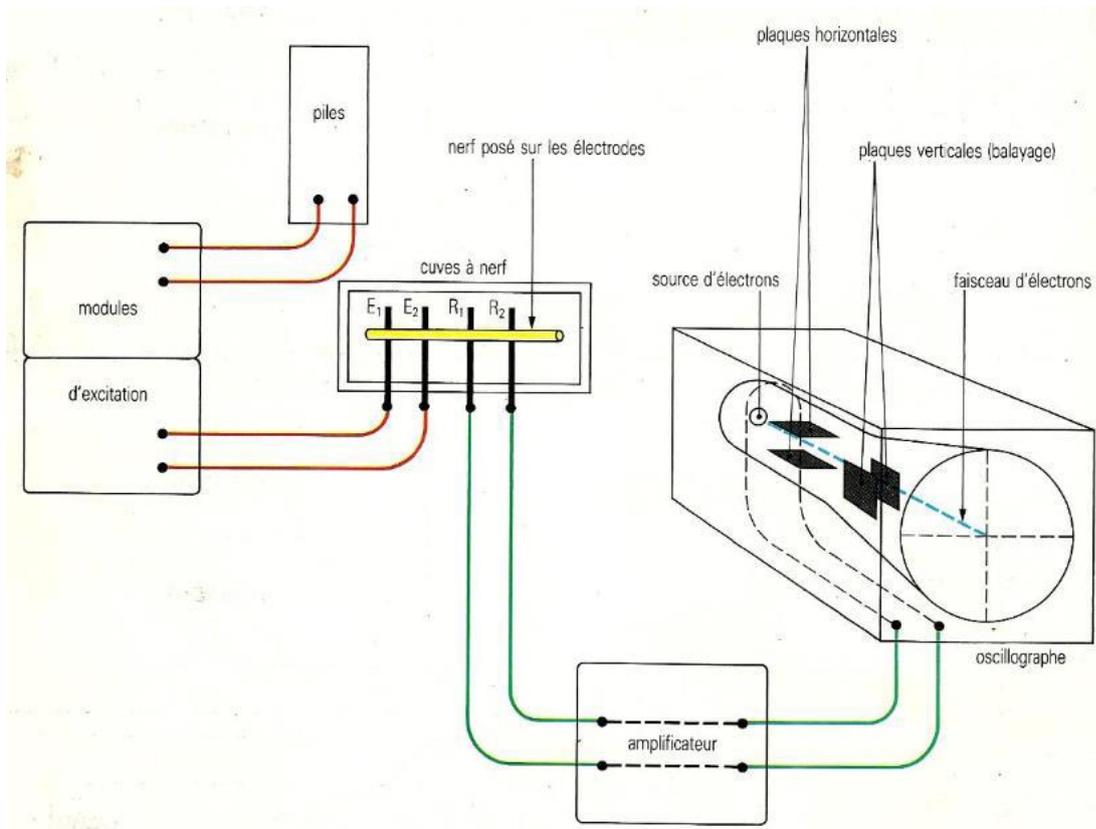
Première partie : Relation de l'organisme avec le milieu extérieur
Thème 02 : Le tissu nerveux et ses propriétés

Leçon n°05 : PHENOMENES ELECTRIQUES EN RAPPORT AVEC L'INFLUX NERVEUX

INTRODUCTION

Un certain nombre de fonction résulte des propriétés physicochimiques des neurones, des circuits qu'ils établissent entre eux et des informations qu'ils véhiculent sous forme de signaux électriques. En effet, les caractéristiques de sa membrane lui permettent d'émettre et de conduire l'influx nerveux.

I. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OSCILLOSCOPE



Principe de fonctionnement de l'oscilloscope (Figure 01)

C'est un appareil de choix pour étudier les variations rapides d'une tension électrique au cours du temps. Il comprend un tube cathodique à fond fluorescent qui, chauffé par du courant électrique produit un faisceau d'électrons qui est attiré par une anode. Les électrons

traversent l'anode et vont bombarder l'écran fluorescent le rendant lumineux au point d'impact appelé spot. Avant son arrivée sur l'écran, le faisceau passe entre deux systèmes de plaques métalliques.

Les plaques verticales impriment au faisceau (spot) un balayage horizontal.

Les plaques horizontales sont responsables du balayage vertical et sont reliées aux électrodes réceptrices.

NB : Par convention, La plaque inférieure est reliée à la première électrode réceptrice et la plaque supérieure à la seconde électrode réceptrice.

II. MISE EN EVIDENCE ET INTERPRETATION DES PHENOMENES ELECTRIQUES

II.1 Potentiel de repos ou potentiel membranaire (fig. 02)

a. Mise en évidence

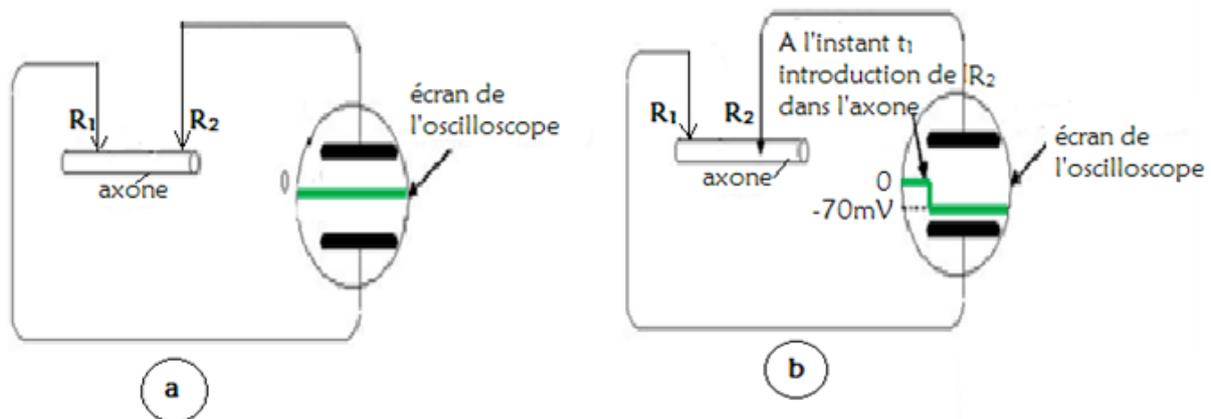


Figure 2: montage de mise en évidence du potentiel de repos

Conclusions

Figure 1a

Figure 1b

La différence de potentiel (ddp) qui s'établit de part et d'autre de la membrane représente le **potentiel de membrane (potentiel transmembranaire, potentiel de repos)**.

Le sens de déviation du spot d'électron montre que la surface du nerf est chargée positivement par rapport à l'intérieur.

Remarque : Le potentiel de repos existe pour toutes les cellules vivantes. Cependant la valeur change d'une cellule à l'autre.

b. Interprétation ionique

❖ **Origine du Potentiel de Repos**

- Première observation : Le Potentiel de repos (PR) ne peut être enregistré que si l'axone est plongé dans un liquide extracellulaire de composition convenable. Ce liquide doit avoir des concentrations ioniques identiques à celles du liquide interstitiel dans lequel baignent toutes les cellules de l'organisme.

- Deuxième observation : Le PR reste inchangé si l'axone est vidé de son cytoplasme et rempli d'une solution ionique de même composition que le milieu intracellulaire normal (axoplasme).

- Troisième observation ; A l'inverse le PR s'annule si la concentration ionique de la solution interne est identique à celle de la solution externe.

Conclusion :

.....

- Des études pratiquées sur des fibres « géantes » de calmar montrent les résultats consignés dans le tableau suivant :

Ions	Concentration en millimoles / litre	
	Liquide intracellulaire	liquide extracellulaire
Na ⁺	50	440
K ⁺	400	20

Analyse

.....

Le maintien de cette inégale répartition des ions peut s'expliquer par les hypothèses suivantes :

-1^{ère} hypothèse :

.....

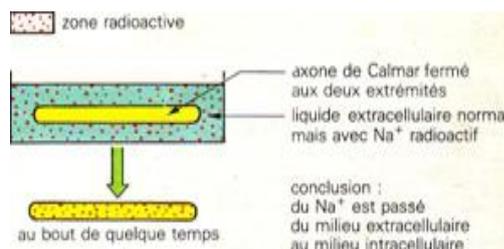
-2^{ème} hypothèse :

.....

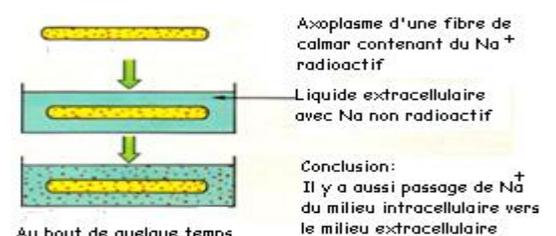
.....

Vérifications

- expérience



(a)



(b)

Conclusion :

.....

Le même résultat peut être obtenu pour les ions K⁺ avec des flux d'ions supérieurs à ceux des Na⁺.

Ces ions sont soumis au gradient de concentration et au gradient électrique à travers la membrane : On parle de gradient électrochimique. Il existe des « canaux de fuite » qui

sont des protéines membranaires. Ainsi par un transport passif, K^+ tend à sortir de l'axone et Na^+ à y entrer.

Cependant ces canaux sont beaucoup plus perméables aux ions K^+ qu'au ions Na^+ , Ils laissent donc sortir vers l'extérieur de la fibre beaucoup plus d'ions K^+ qu'ils ne laissent entrer d'ion Na^+ , ce qui rend l'intérieur de la fibre électro négatif par rapport à l'extérieur.

❖ **Maintien du potentiel de repos**

Expérience

On ajoute du cyanure au milieu extracellulaire.

Résultat : le taux de Na^+ interne augmente et celui de K^+ diminue. Le PR diminue et devient nul au bout de quelques minutes.

Un apport suffisant d'ATP maintient un potentiel normal.

Conclusion :

.....

Ce transport est dû à une protéine membranaire appelée « **pompe à Na^+/K^+** ». Elle utilise de l'ATP (énergie) pour permettre l'entrée de $2K^+$ dans l'axone et la sortie simultanée de $3Na^+$. Ce transport actif maintient la ddp entre l'intérieur et l'extérieur de la membrane de l'axone.

En résumé, la répartition inégale des ions Na^+ et K^+ de part et d'autre de la membrane est à l'origine du PR. Son maintien est assuré par La « pompe à $Na^+ K^+$ ».

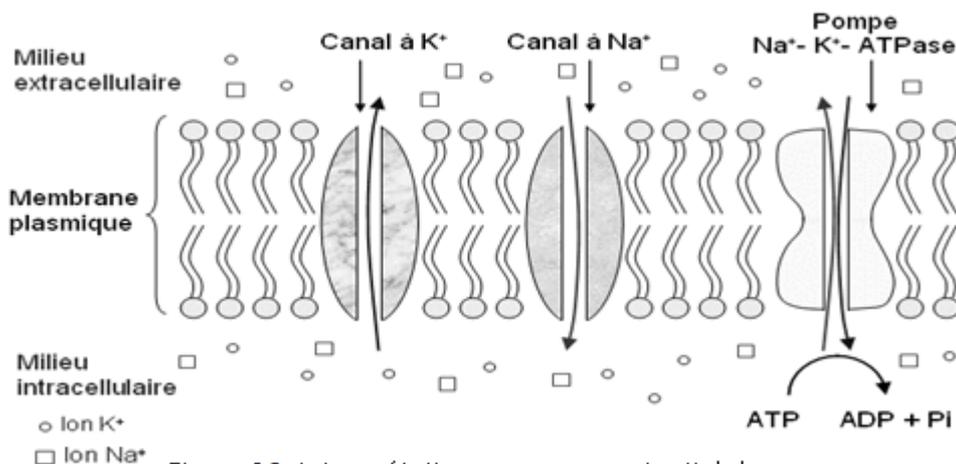


Figure 03 Interprétation ionique du potentiel de repos

II.2 Le potentiel d'action

a. Mise en évidence (fig. 04)

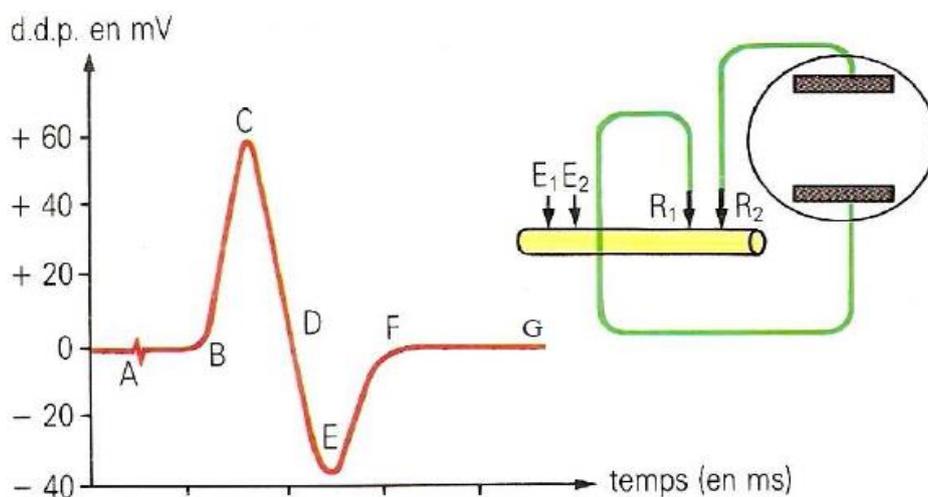


Figure 04 : Enregistrement d'un Potentiel d'action diphasique

Les électrodes réceptrices, fixées sur la cuve à plexiglas sont placées à la surface du nerf. On envoie ensuite une excitation supraliminaire par les électrodes excitatrices.

On observe sur l'écran une courbe à deux sommets inversés ou courbe diphasique : c'est un potentiel d'action diphasique.

b. Description du potentiel d'action diphasique

Ce potentiel d'action ou onde diphasique comporte :

- A : artéfact de stimulation (synchrone au moment où on porte la stimulation)
- A-B : temps de latence (temps mis par l'IN pour parcourir la distance E-R₁)
- B-C : dépolarisation au niveau de la R₁
- C-D : repolarisation de la R₁
- D-E : dépolarisation de la R₂
- E-F : repolarisation de la R₂
- Au-delà de F le rétablissement de l'état de repos de la fibre.

c. Description du potentiel d'action monophasique

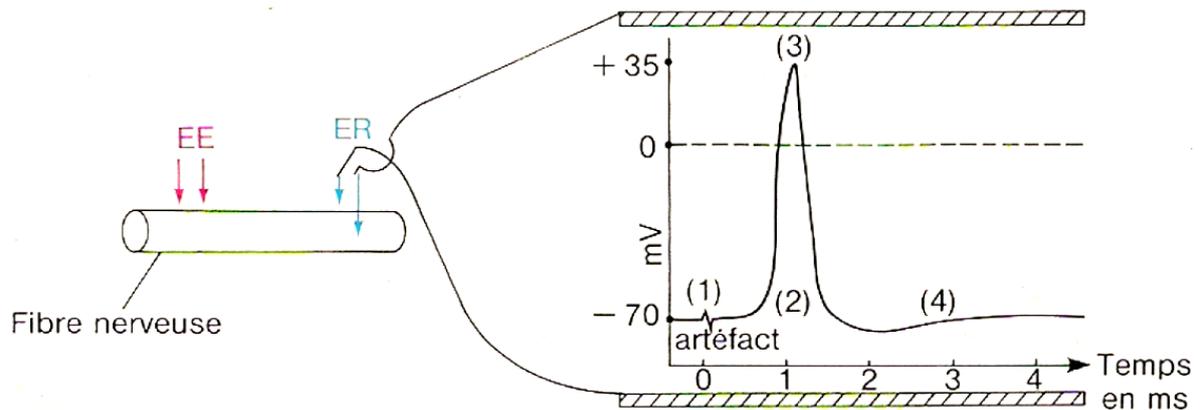


Figure 05 : Enregistrement d'un potentiel d'action monophasique

Le potentiel monophasique comporte également

- 1 : artéfact de stimulation
- 1-2 : temps de latence
- 2-3 : dépolarisation de la R₁
- 3-4 : repolarisation de la R₁ et hyperpolarisation
- Au-delà de 4 un rétablissement de l'état de la fibre au repos.

Figure 07 : Variation de la perméabilité membranaire aux Na et K à la suite d'une stimulation

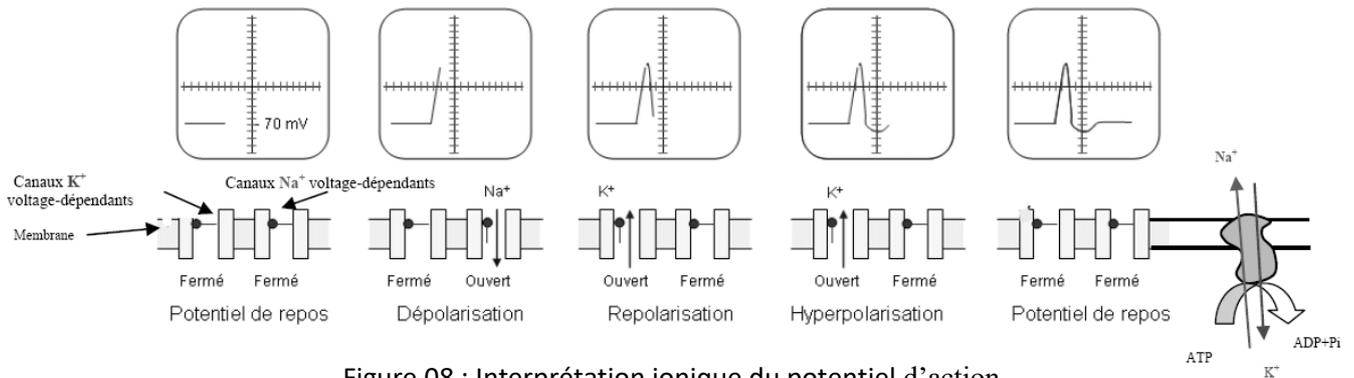


Figure 08 : Interprétation ionique du potentiel d'action

A la suite de la stimulation d'une fibre, il est possible de suivre dans le temps, les variations de la perméabilité membranaire aux ions Na^+ et K^+ .

L'examen de la courbe révèle que la perméabilité de la membrane augmente progressivement pour Na^+ et atteint un maximum. Au même moment la dépolarisation de la fibre s'amplifie proportionnellement.

La repolarisation de cette fibre s'accompagne d'une baisse de la perméabilité aux ions Na^+ et d'une augmentation progressive de la perméabilité aux ions K^+ . Lorsque la sortie de K^+ atteint un maximum la repolarisation est terminée.

Ces observations montrent que :

- La dépolarisation est liée à une entrée massive des ions Na^+ suite à l'ouverture de canaux à Na^+ dits **voltage-dépendants**.
- La **repolarisation** se produit suite à une sortie de K^+ grâce à l'ouverture des canaux à K^+ voltage-dépendant suite à la fermeture de ceux à Na^+
- L'**hyperpolarisation** passagère est due à une sortie un peu plus importante de K^+ . Quand les canaux à K^+ se ferment, la polarisation est redevenue normale, mais la répartition des ions reste anormale (excès de Na^+ interne et déficit de K^+ interne). La pompe à Na^+/K^+ va augmenter son activité pour rétablir la répartition normale en quelques millisecondes.

III. LOI DU TOUT OU RIEN ET LOI DE RECRUTEMENT

III.1 Loi du tout ou rien (figure.09)

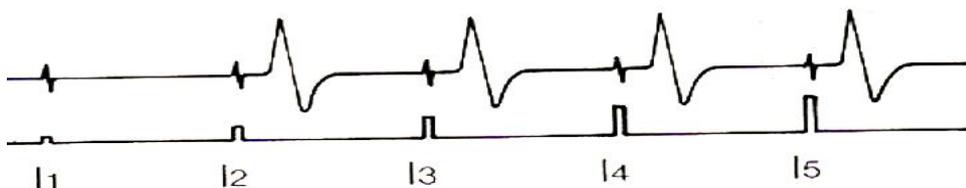


Figure 09 : Potentiel d'action d'une fibre isolée soumise à des stimulations d'intensité croissante : loi du tout ou rien

On porte sur une fibre nerveuse isolée, des excitations d'intensités croissantes. Les enregistrements obtenus sont groupés sur un même graphique afin de les comparer.

Ce tracé montre que pour les intensités infraliminaires, on n'enregistre pas de potentiel d'action. Par contre avec les intensités seuils, on obtient d'emblée un potentiel d'action dont l'amplitude est maximale. Cette amplitude ne varie pas quelque soit l'augmentation de l'intensité d'excitation. On dit que la fibre nerveuse répond à la **loi du tout ou rien**.

III.2 Loi de recrutement (figure. 10 et 11)

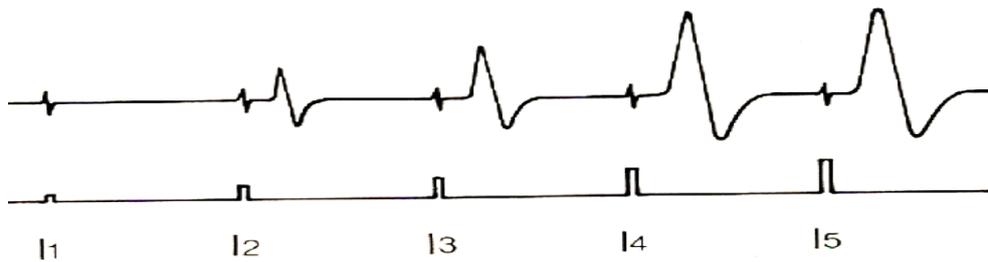


Figure 10 : Potentiel d'action d'un nerf soumis à des excitations d'intensité croissante

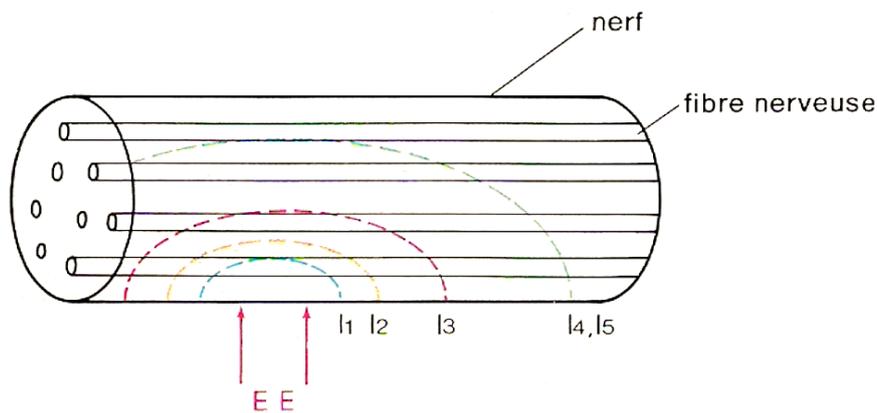


Figure 11 : Interprétation de la réaction du nerf à des excitations d'intensité croissante

Le même dispositif expérimental étant reconduit avec le nerf, on constate qu'en dessous des intensités seuils, il n'y a pas de réponse. A partir des intensités liminaires, on enregistre des potentiels d'actions dont les amplitudes sont d'autant plus grandes que l'intensité d'excitation est forte. Aux intensités plus fortes, l'amplitude des potentiels d'actions ne varie plus.

Le nerf étant composé de fibre d'excitabilité différente, les excitations de faibles intensités atteignent un petit nombre de fibres. Les excitations d'intensité croissante touchent un nombre de fibres de plus en plus élevé. Quand toutes les fibres sont atteintes, l'amplitude du potentiel d'action ne croît plus. Donc le nerf ne répond pas à la loi du tout ou rien, mais au **phénomène de recrutement**.

CONCLUSION

La cellule nerveuse ou neurone est le siège d'importants phénomènes électriques, se traduisant par une variation du potentiel de sa membrane. Ce dernier peut varier au cours

du temps et passer d'un état de repos à un état d'activité caractérisé par un potentiel d'action.