



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE BATNA 2  
FACULTE DE MEDECINE  
DEPARTEMENT DE MEDECINE



Laboratoire de physiologie et d'explorations fonctionnelles  
CHU BENFLIS TOUHAMI

# Electrophysiologie de la membrane cellulaire

Cours de physiologie générale  
1<sup>ere</sup> année médecine

**Dr FERHI Salah**  
MCA en Physiologie

2023-24

Plan

\* Objectifs

I. Introduction

II. Potentiel de repos

1. Définition et signification du potentiel de repos (PR)

2. Origine du PR

3. Enregistrement et caractères du PR

III. Potentiel d'action

1. Définition et signification du potentiel d'action (PA)

2. Enregistrement, caractères et phases du PA

3. Origine du PA

4. Propagation du PA

IV. Conclusion

\* Références

\* Objectifs

\* Objectifs généraux

- Concevoir la relation entre la structure de la MC au niveau de la cellule nerveuse et sa fonction pour la genèse des phénomènes électrophysiologiques (Potentiel de repos et potentiel d'action(PA))
- Mettre le lien entre les caractéristiques anatomiques de la MC de la cellule nerveuse et la vitesse propagation du PA à leurs niveaux

\* Objectifs spécifiques

- Nommer les trois parties fonctionnelles de la cellule nerveuse
- identifier la partie anatomo-fonctionnelle de la cellule nerveuse impliquée dans la genèse et la propagation du PA.
- identifier les deux principaux éléments à l'origine du potentiel de repos de la cellule nerveuse - Décrire brièvement la technique d'enregistrement du potentiel de repos.
- Décrire la variation les valeurs du potentiel membranaire d'une cellule nerveuse avant, lors et après de déroulement d'un potentiel de d'action.
- Nommer les différentes phases d'un potentiel d'action d'une cellule nerveuse
- Nommer les canaux ioniques impliqués dans la genèse du potentiel d'action d'une cellule nerveuse.
- Nommer les différents états anatomo-fonctionnels des canaux ioniques sodiques et potassiques impliqués dans la genèse du PA.

### I. Introduction

Le **tissu nerveux** est constitué du point de vue anatomo-fonctionnel du système nerveux central (structures nerveuses contenus dans la boîte crânienne et la colonne vertébrale) et du système nerveux périphérique (voies nerveuses sensibles et voies motrices volontaires et involontaires) (**figure 1**).

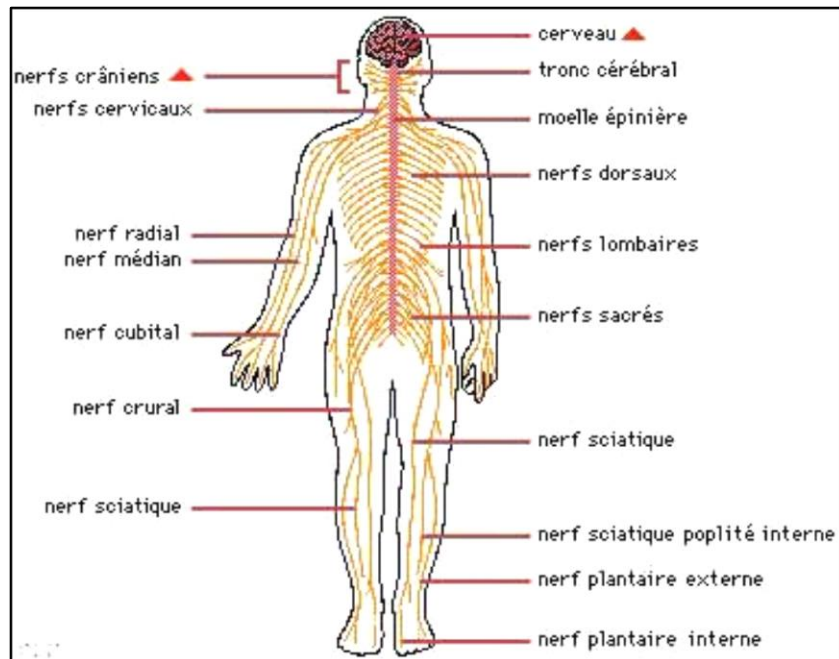


Figure 1 : Système nerveux

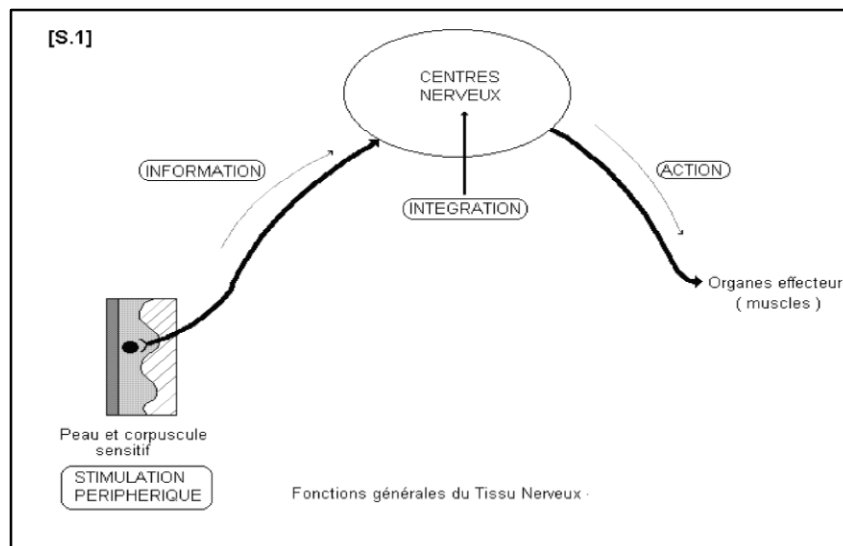


Figure 2 : Schéma de la fonction basale du système nerveux

L'activité électrique au niveau de l'organisme humain se voit surtout au niveau des cellules du tissu nerveux et dans le reste de cellules tissues excitables. C'est le mode principal de

communication (**transmission de l'information**) dans le système nerveux et entre ce dernier et la périphérie sensitive et motrice (**figure 2**).

L'étude de l'électrophysiologie au niveau cellulaire se base essentiellement sur la description et l'étude des caractéristiques et de l'origine des deux principaux phénomènes électrophysiologiques qui se déroulent à travers la membrane cellulaire (MC) à savoir le potentiel de repos (PR) et le potentiel d'action (PA).

## II. Potentiel de repos (PR)

### 1. Définition et signification du potentiel de repos (PR)

Le PR correspond à une différence de potentiel (ddp) ou différence de voltage en mV, de part et d'autre de la MC, en faveur de son extérieur (l'extérieur étant plus positif que l'intérieur). Le PR détermine par conséquent une **polarité électrique**, le milieu extracellulaire étant positif (+) et le milieu intra cellulaire étant négatif (-). Cette polarité électrique est à l'origine d'un gradient de force électrique, dite **force électromotrice**. Cette dernière influence le mouvement des ions de part et d'autre de la MC.

### 2. Origine du PR

Le PR résulte de l'**inégalité de répartition des ions**, de part et d'autres de la MC, notamment le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{K}^+$ . Cette répartition est maintenue stable par le **caractère semi perméable** de la MC, qui ne laisse diffuser que **faiblement le  $\text{K}^+$**  et encore **plus faiblement le  $\text{Na}^+$**  à travers les canaux de fuites. L'activité de la **pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase** participe au maintien de cette répartition en luttant contre la diffusion ionique du  $\text{Na}^+$  et du  $\text{K}^+$ .

### 3. Enregistrement et caractères du PR (cellule nerveuse)

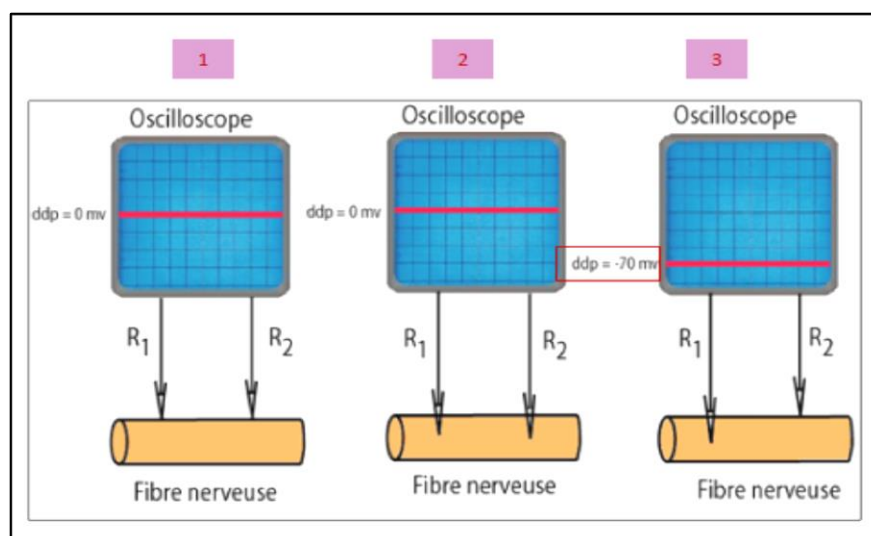


Figure 3 : Enregistrement oscilloscopique du PR

La mise en évidence du PR par la mesure oscilloscopique permet de révéler la variabilité de sa valeur selon le type cellulaire et elle sa **constante dans le temps** pour le même type cellulaire en dehors de sa stimulation.

## II. Potentiel d'action

### 1. Définition et signification du potentiel d'action (PA)

Le PA est une **brusque et brève inversion de la polarité cellulaire**. C'est un moyen électrique de **transmission de l'information et de communication** entre les cellules nerveuses d'une part et entre les cellules nerveuses et les cellules musculaires ou glandulaires d'autre part.

### 2. Enregistrement, caractères et phases du PA

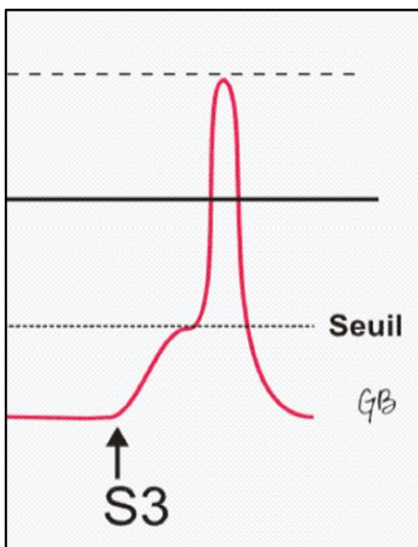


Figure 4 : enregistrement oscilloscopique du PA

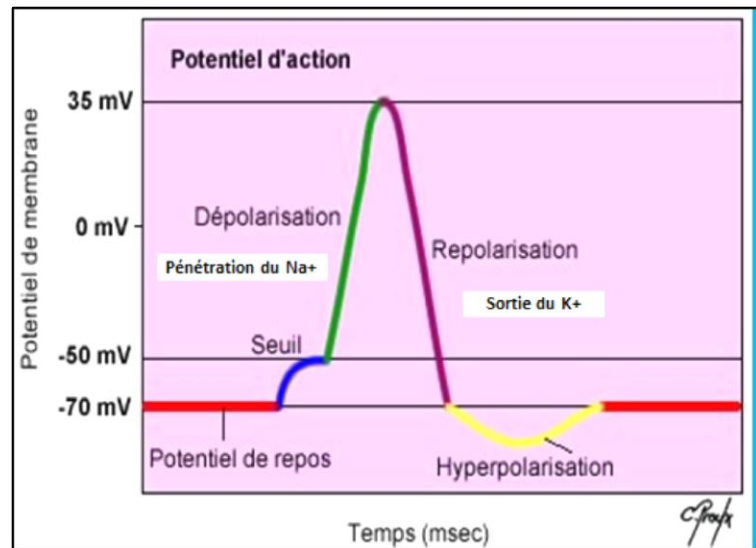


Figure 5 : Représentation schématique du PA

L'aspect du PA enregistré par l'oscilloscope (figure 4) est caractérisé par son amplitude en millivolts (mV) et sa durée en millisecondes. L'amplitude est variable entre **100 à 120 mV** selon le type cellulaire. Sa durée est variable aussi, entre **1 à 2 millisecondes**.

L'aspect du PA peut être partagé pour la cellule nerveuse en trois phases successives (figure 5). La première est la phase de **dépolarisation** où la ddp de la MC passe de **-50 mV à 35mV**. La deuxième est la phase de **repolarisation** où la ddp de la MC passe de **35mV à -50 mV**, puis la dernière phase d'**hyperpolarisation** où le ddp de la MC **dépasse -70mV**.

### 3. Origine du PA

La phase de dépolarisation est en rapport avec la pénétration du Na<sup>+</sup> via ces canaux rapides voltage-dépendants. Ces canaux présentent trois états anatomo-fonctionnels (figure 6). La

phase de repolarisation est provoquée par la sortie du  $K^+$  via ces canaux voltage-dépendants. Ces derniers présentent deux états anatomo-fonctionnels (figure 7).

Les canaux sodiques et potassiques présentent à chaque phase du déroulement du PA ou en dehors un état anatomo-fonctionnel, pouvez-vous les identifier sur la Figure 8 en passant de la situation 1 à la situation 7 ?

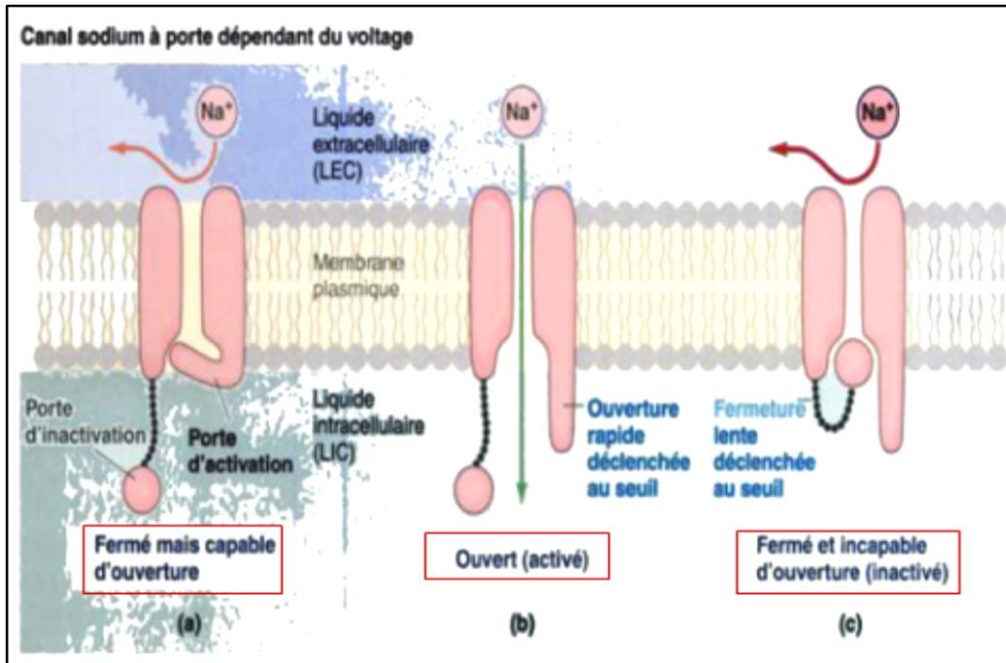


Figure 6 : Trois états anatomo-fonctionnels du canal sodique voltage-dépendant

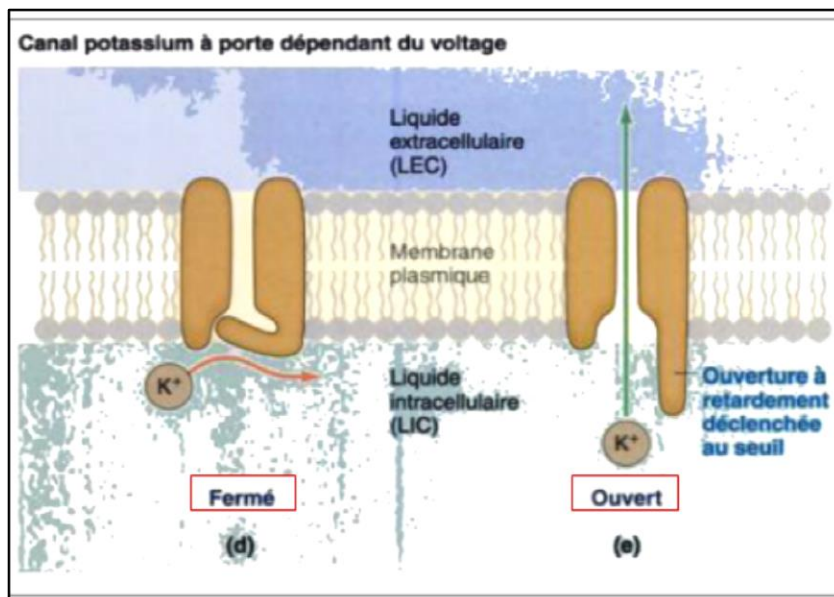


Figure 7 : Deux états anatomo-fonctionnels du canal potassique voltage-dépendant

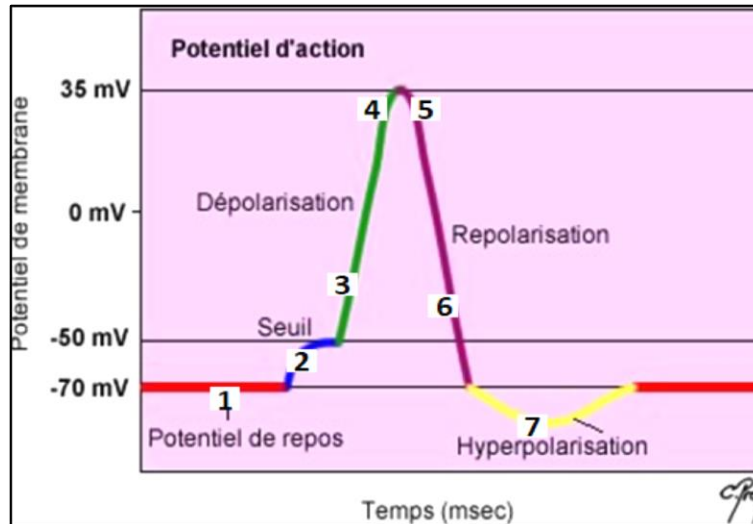


Figure 8 : Chronologie des états anatomo-fonctionnels des canaux sodiques et potassiques de la situation 1 à la situation 7

Le PA a été identifié au niveau de la membrane cellulaire de la **structure conductrice (axone) du neurone**. Depuis son début (**cône d'implantation**), appelée fonctionnellement la **zone gâchette (ZG)**, et jusqu'à sa fin (ramifications axoniques ou boutons terminaux axoniques) (Figure 9).

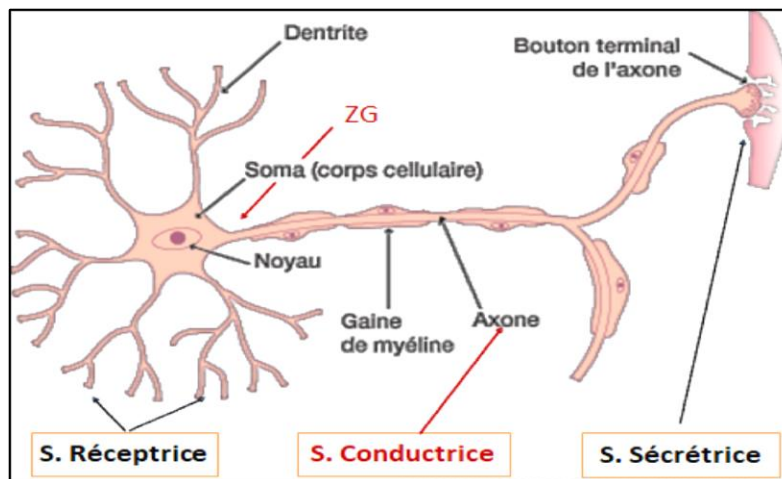


Figure 9 : Structure anatomo-fonctionnelle de la cellule nerveuse

Le stimulus du PA est de nature électrique. Il s'agit de la sommation des potentiels générés au niveau de la structure réceptrice suite au fonctionnement des synapses pré-neurone. Se sont des potentiels post-synaptiques, locaux qui parcourent la structure réceptrice. Ils sont gradués subissant des phénomènes de sommation. Si la sommation de ces potentiels est excitatrice et d'amplitude suffisante (S3) (Figure 10) elle ramène le ddp de la membrane de la ZG à une valeur dite **ddp seuil (potentiel seuil)** qui constitue un signal d'ouverture des canaux sodiques rapides voltage-dépendants, d'où une rentrée massive du  $\text{Na}^+$ , **dépolarisant** la membrane de la ZG et générant un **PA**.



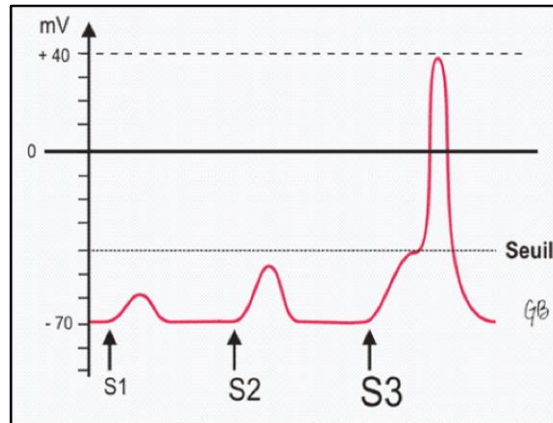


Figure 10 : Déclenchement du PA suite à un stimulus suffisant (S3)

## 6. Propagation du PA

L'aspect (morphologie) du PA est conservé le long de sa propagation au niveau de la structure conductrice ou axone (Figure 11). Le PA est le réel influx nerveux (signal électrique) transmettant l'information électrique. Son amplitude reste conservée durant sa propagation qu'elle que soit la distance parcourus.

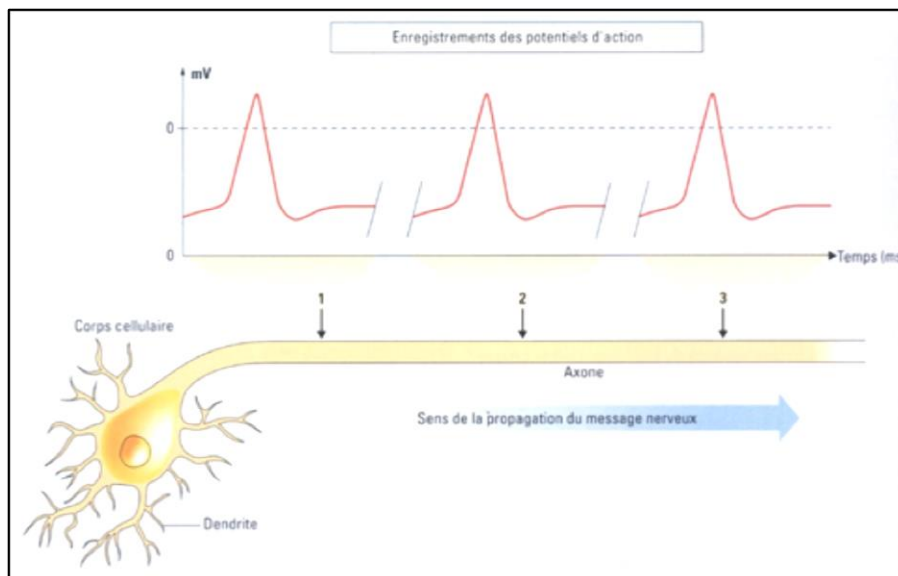


Figure 11 : Propagation du PA le long de l'axone avec conservation de sa morphologie

Le PA parcourt l'axone qui peut être de longueur et de diamètre variable. Il peut être myélinisé ou non. Dans les axones de diamètre réduit et non myélinisés la vitesse de propagation est réduite. Elle décrite comme étant une **propagation de proche en proche** (figure 12). Par contre la vitesse de propagation du PA est rapide dans les axones de gros diamètre et myélinisés. Elle est dite **propagation saltatoire** où le PA d'action apparat uniquement au niveau des nœuds de ranvier (figure 13).



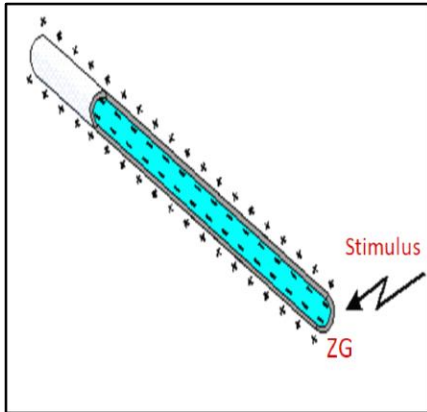
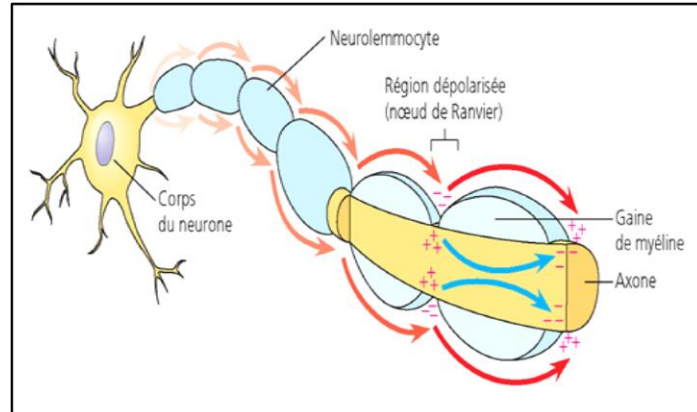


Figure 12 : propagation réduite



b Figure 13 : propagation rapide

### \* Conclusion

L'activité électrique au niveau de la membrane des cellules nerveuses est nécessaire pour le bon fonctionnement du système nerveux. Cette activité permet le control rapide et la régulation d'un ensemble de fonction au niveau de l'organisme. Le potentiel d'action est un mode rapide et efficace de transmission de l'information intercellulaire. Entre les cellules nerveuses d'une part et entre elles et le reste des cellules de la périphérie. La structure des parties destinées à la propagation de l'influx nerveux (axones) est bien adaptée à la vitesse souhaitée pour assurer une bonne régulation des fonctions de l'organisme.