

# Electrophysiologie

Compte rendu de TP

1. Introduction. ....	
2. Matériel et méthode .....	
2.1. Matériel .....	
2.2. Méthode .....	
3. Résultats .....	
3.1. Réponse standard, signal biphasique propagé en surface (cf. courbe 1).....	
3.2. Recherche des seuils de stimulation. ....	
3.2.1. Seuil de stimulation minimal (cf. courbe.2).....	
3.2.2. Seuil de stimulation maximal (cf. courbe.3).....	
3.4. Etude des périodes réfractaires. ....	
3.4.1. Période réfractaire absolue (cf. courbe.6).....	
3.4.2. Période réfractaire relative (cf. courbe.7).....	
3.5. Calcul de la vitesse de propagation du signal (cf. courbe 8). ....	
3.6. Contrôle des conditions expérimentales. ....	
3.6.1. Effet d'un choc de longue durée (cf. courbe.9).....	
3.6.2. Observation d'un signal monophasique après lésion (cf. courbe.10).....	
4. Conclusion. ....	
5. Références bibliographiques. ....	



## 1. Introduction.

Dans ce T.P. on réalise une série d'enregistrements extracellulaires de l'activité électrique résultant de la stimulation du nerf sciatique isolé de grenouille. Nous pourrions alors déterminer le seuil de réponse (et la réponse maximale), la réponse croissante, les périodes réfractaires (absolues et relatives) ainsi que la vitesse de propagation.

L'enregistrement obtenu possède une ressemblance très forte avec un potentiel d'action mais ce n'est pas un car c'est un enregistrement extracellulaire (or un potentiel d'action s'obtient par enregistrement intracellulaire). De plus un potentiel d'action suit la loi du tout ou rien, on n'observe pas de réponse graduelle en faisant varier la tension comme sur nos enregistrements.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Matériel

Grenouille décérébrée et démyélinisée, dont nous avons prélevé le nerf sciatique gauche et droit (en conservant la branche tibiale et en préservant la branche péronéale).

Matériel d'acquisition ESAO et logiciel correspondant.

Cuve à nerf et millivoltmètre ESAO (et fils de raccordement).

### 2.2. Méthode

Après prélèvement le nerf est plongé dans une solution de Ringer pour éviter qu'il ne se dessèche. Nous installons ensuite le nerf dans la cuve à nerf en prenant soin de toujours refermer le couvercle afin d'éviter le dessèchement du nerf.

Comme pour le T.P. sur la myographie du muscle gastrocnémien de la grenouille la position des électrodes de stimulation à une importance capitale dans la propagation du courant électrique. La borne positive doit être placée vers l'extrémité sectionnée du nerf afin de ne pas créer d'hyperpolarisation qui empêcherait la propagation de la dépolarisation. De plus la position des électrodes de mesure à une importance en effet elles doivent être placées de manière à obtenir un signal débutant par une augmentation du potentiel et ce par convention ; on place la borne négative avant la borne positive. En effet lorsque la dépolarisation se propage il y a inversement de charge membranaire, les charges négatives se retrouvent à l'extérieur et sont détectées par la borne négative, donc un signal positif. Entre les électrodes de stimulation et les électrodes de mesure nous mettons une électrode différentielle qui permet d'éliminer les parasites.

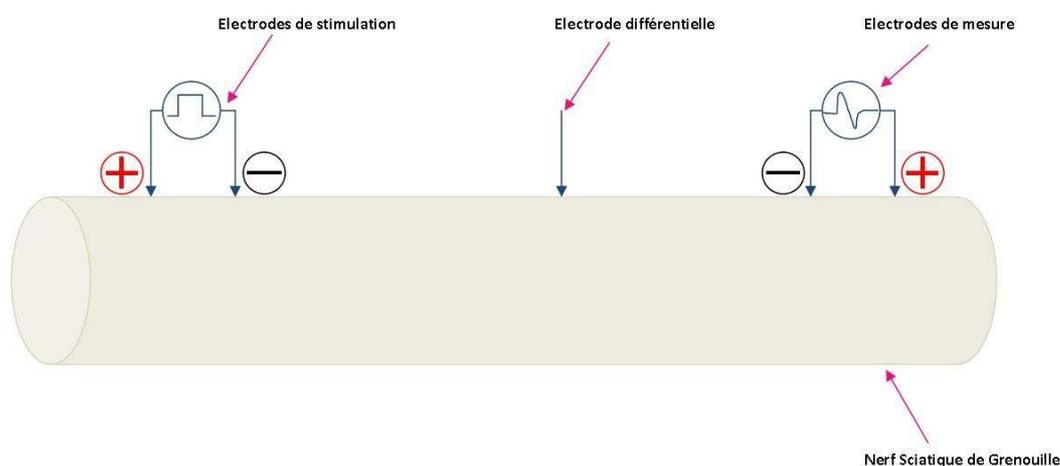


Figure 1 : Schéma du montage (simplifié).



### 3. Résultats

Remarque après avoir disséqué le nerf gauche nous avons été obligés de prendre le nerf droit car le nerf gauche ne fonctionnait pas, nous n'obtenions pas de réponse à la stimulation.

#### 3.1. Réponse standard, signal biphasique propagé en surface (cf. courbe 1).

Pour réaliser cet enregistrement nous stimulons le nerf par un simple choc de 0,3 ms à une amplitude de 300 mV.

On observe un signal biphasique ressemblant très fortement à un potentiel d'action mais n'ayant une amplitude que de quelques dixièmes de millivolts (alors que celle d'un potentiel d'action est d'une centaine de millivolts).

Nous arrivons par le biais de la stimulation électrique à recréer le déclenchement et la propagation de potentiels d'action à l'aide des données présentées dans le nerf. La stimulation électrique provoque que sur les axones une dépolarisation locale avec ouverture des canaux sodiques voltage dépendants. La dépolarisation entraîne l'ouverture des canaux voisins et permet ainsi la propagation du potentiel d'action. Ensuite il y a inactivation des canaux sodiques et ouverture des canaux potassiques voltage dépendants vers l'espace extracellulaire (Purves et al.).

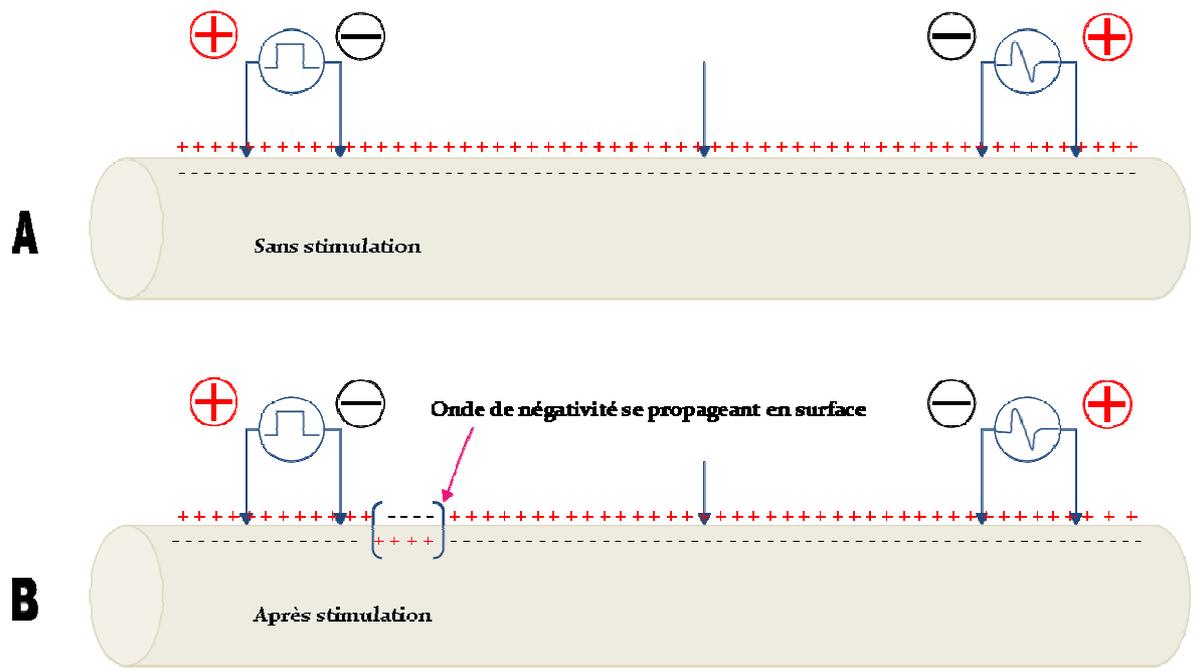


Figure 2 Répartition des charges à la surface du nerf sciatique.

A :: au repos (avant la stimulation) il y a une différence de potentiel entre l'extérieur et l'intérieur de la fibre nerveuse. L'extérieur est chargé positivement et l'intérieur est chargé négativement.

B :: lors de la stimulation il y a dépolarisation d'une portion de surface. Les charges positives à l'intérieur deviennent négatives à l'extérieur qui va se propager en surface c'est l'onde de négativité. Lorsque l'onde de négativité passe sous l'électrode de mesure négative elle provoque une déflexion positive puis lorsque qu'elle passe sous l'électrode positive elle provoque une déflexion négative.



### 3.2. Recherche des seuils de stimulation.

#### 3.2.1 Seuil de stimulation minimal (cf. courbe 2).

Afin de rendre plus lisible les enregistrements obtenus nous n'avons superposés que deux courbes. Nous avons en fait réalisé une série de stimulations depuis 0 mV et en incrémentant de 30 mV en 30 mV.

Nous avons obtenus une première réponse lorsque nous avons stimulé à 160 mV. Nous avons remarqué que le seuil était plus faible en incrémentant de 5 mV en 5mV à partir de 150 mV mais nous n'avons pas eu de réponse en dessous de 160 mV.

Le seuil minimal de stimulation est de 160 mV, c'est la tension à partir de laquelle nous arrivons à exciter des fibres nerveuses ; en dessous de cette tension il n'y a pas de réponse des axones contenus dans le nerf (ouverture des canaux sodiques voltage dépendant).

#### 3.2.2 Seuil de stimulation maximal (cf. courbe 3).

Comme précédemment nous n'avons superposé que deux courbes afin d'augmenter la lisibilité.

Nous avons stimulé notre nerf jusqu'à une amplitude de 5000 mV, au delà de cette amplitude nous obtenions un signal aberrant. En dessous de cette tension les signaux observés étaient identiques mais plus faibles ; cette tension constitue le seuil de stimulation maximal. C'est à cette tension que toutes les fibres nerveuses contenues dans le nerf sont totalement recrutées.

### 3.3. Relation « intensité durée », influence de la durée d'un choc court (cf. courbes 4 & 5).

Pour réaliser cet enregistrement nous stimulons le nerf par un simple choc de 0,1 ms à des amplitudes de 160, 300, 1000 et 5000 mV.

La stimulation à 160 mV, qui provoquait une dépolarisation lorsqu'elle durait 0,3 ms, ne provoquait pas de réponse du nerf. Les autres stimulations provoquent une réponse très diminuée par rapport aux stimulations de même amplitude et de durée 0,3 ms.

Au vu du diagramme amplitude-intensité on peut en déduire qu'il y a une relation entre la durée de stimulation et l'intensité de la réponse enregistrée, en effet plus la durée de stimulation est courte plus l'intensité de la réponse est faible. Plus la durée de stimulation est importante plus le recrutement de fibres nerveuses sera important.

Amplitude	Intensité de la réponse (stimulation de 0,1 ms)	Intensité de la réponse (stimulation de 0,3 ms)	$\Delta$ intensité de réponse
160 mV	0,000 mV	0,112 mV	0,112 mV
300 mV	0,185 mV	0,282 mV	0,097 mV
1000 mV	0,400 mV	0,558 mV	0,158 mV
5000 mV	0,730 mV	1,382 mV	0,652 mV

Tableau 1 : résultats de l'étude intensité-durée.

### 3.4. Etude des périodes réfractaires.

#### 3.4.1. Période réfractaire absolue (cf. courbe 6).

L'enregistrement est obtenu en faisant varier le temps entre deux stimulations de même amplitude.

On constate que si la durée entre deux stimulations est inférieure à 1,3 ms il n'y a pas de deuxième réponse obtenue (représenté par la courbe portant l'étiquette 1 ms). Lorsque la durée entre deux stimulations est égale à 1,3 ms on observe une réponse du nerf mais d'intensité beaucoup plus faible que la réponse à la première stimulation. Lorsque l'on stimule à des intervalles supérieurs à 1,3 ms on observe une réponse du nerf augmentant avec le temps entre les stimulations.

La période réfractaire absolue se déroule lorsque les canaux sodiques voltage dépendants sont dans leur conformation fermée inactivable. Ce phénomène permet que les potentiels d'action émis par les neurones ne se propagent pas « à rebours », vers leur point d'origine (2005, p. 63).

La période réfractaire absolue du nerf sciatique de grenouille est de 1,3 ms.

#### 3.4.2. Période réfractaire relative (cf. courbe 7).

La période réfractaire relative est mesurée en appliquant deux stimulations de même amplitude et en faisant varier le temps entre ces deux stimulations. Lorsque la seconde réponse obtenue est de même intensité que la première nous sommes à la période réfractaire relative.

Lors d'un intervalle entre deux stimulations de 3, 5, 8, et 9 ms nous obtenons une réponse d'intensité inférieure à celle de la première stimulation. En revanche à partir de 9,5 ms on obtient uniquement des réponses d'intensité identiques à celle de la première stimulation. La période réfractaire relative du nerf sciatique de grenouille est de 9,5 ms.

La période réfractaire relative peut s'expliquer par la distribution des charges dans le nerf et plus particulièrement dans les axones, après une stimulation donc après l'émission d'un potentiel d'action il y a une forte concentration intracellulaire de  $\text{Na}^+$  et une forte concentration extracellulaire de  $\text{K}^+$  tendant à ramener rapidement la membrane à son potentiel de repos. Il faut un certain temps pour que les ions reprennent leur concentration normale (Na extracellulaire et K intracellulaire) par l'action de la pompe Na/K ATPase. Durant cette période d'une nouvelle stimulation il y a une entrée de  $\text{Na}^+$  beaucoup plus faible qu'en « temps normal » ce qui provoque des réponses plus faibles (que nous enregistrons en extracellulaire sur le nerf).

### 3.5. Calcul de la vitesse de propagation du signal (cf. courbe 8).

Pour ce faire nous procédons dans un premier temps à l'enregistrement d'un premier tracé en utilisant deux électrodes de mesure le plus loin possible de la cathode ; puis dans un second temps en déplaçant l'une des électrodes de mesure le plus près possible de la cathode. La distance entre les deux positions est de 1 cm.

Le  $\Delta t$  entre les deux réponses est de 0,473 ms.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1 \text{ cm}}{0,000473} = 21,14 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} \text{ soit } 21,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

La vitesse de propagation du signal est de  $21,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$



### 3.6. Contrôle des conditions expérimentales.

#### 3.6.1 Effet d'un choc de longue durée (cf. courbe 9).

Pour obtenir ces enregistrements nous avons stimulé notre nerf de façon constante durant 4 s avec une amplitude de 300 mV.

On observe que lors d'un choc de longue durée il y a émission de deux réponses, une lors du début de la stimulation et une lors de la fin de la stimulation.

#### 3.6.2 Observation d'un signal monophasique après lésion (cf. courbe 10).

L'enregistrement obtenu après lésion du nerf est malheureusement inexploitable car lors de la stimulation le nerf à bougé.

Dans un cas normal (sans que le nerf fût bougé) on s'attendrait à observer un signal biphasique. Le signal négatif n'aurait pu se propager après la lésion, il n'aurait été détecté que par l'électrode négative et la mesure de l'onde positive donnerait un signal comme indiqué en pointillé sur la courbe 10. (Eckert et al. 73).

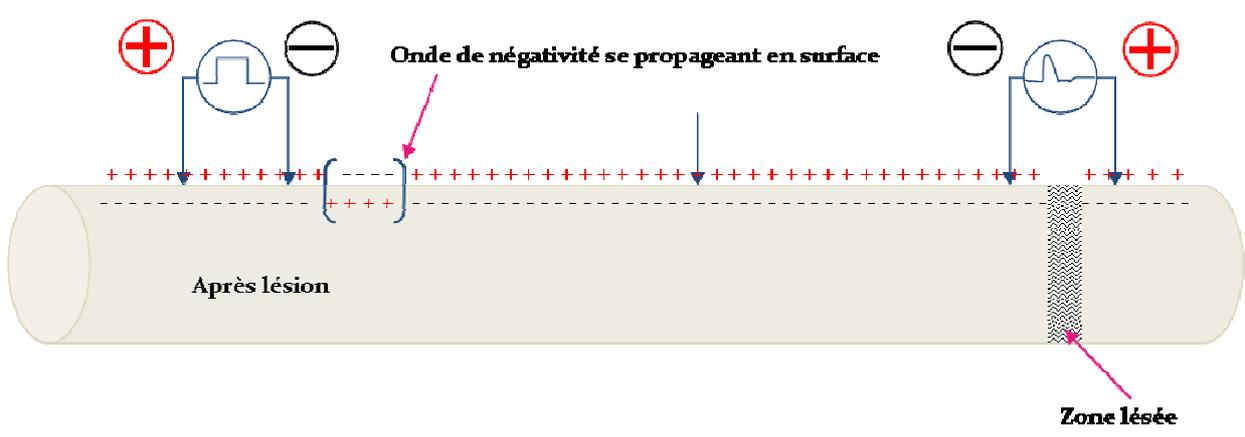


Figure 3 : blocage de la propagation par la zone lésée.

## 4. Conclusion.

Ce TP nous a permis d'étudier la propagation d'un signal électrique le long d'un nerf, mais aussi de comprendre l'utilité de la période réfractaire absolue afin de permettre qu'un seul sens de propagation soit possible. On a aussi vu que la lésion d'un nerf bloque la propagation, un nerf est donc très fragile.

## 5. Références bibliographiques.

ECKERT R., RANDALL D., BURGGREN W., FRENKHOFF K. ; Physiologie animale et des adaptations cap. 10. De Boeck Université ; Paris, France ; 1999.

PURVES, AUGUSTINE, FITZPATRICK, HALL, LAMANTIA, Mc NAMARA, WILLIAMS ; Neurosciences 3e édition. De Boeck Université ; Bruxelles, Belgique ; 2005.

