

32

BIOELECTRICITE

Pr B. Boutabia-Chéraitia

C- ELECTROPHORESE

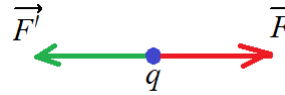
Technique qui **sépare** les particules chargées (**protéines**) d'un milieu aqueux en présence d'un **champ électrique**.

Chaque particule de charge q est soumise à deux forces:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{F}^f = -f\vec{v}$$

$f = 6\pi\eta r$: coefficient de friction.



\vec{F} et \vec{F}^f finissent par **s'équilibrer** $\Rightarrow \vec{F} + \vec{F}^f = 0 \Rightarrow \vec{v} = \frac{q}{f}\vec{E} \equiv \mu\vec{E}$

$\mu = \frac{q}{6\pi\eta r}$: mobilité **électrophorétique** de la particule.

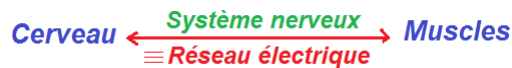
33

BIOELECTRICITE

Pr B. Boutabia-Chéraitia

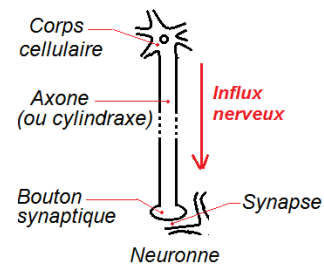
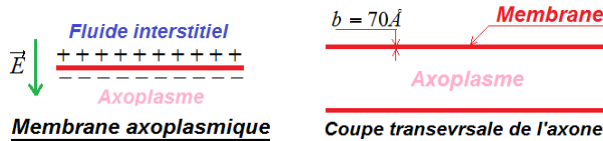
D- BIOELECTRICITE

Le **système nerveux** transmet des **signaux électriques** entre le **cerveau** et les **muscles**.

**1- FIBRE NERVEUSE AU REPOS**

↪ Influx nerveux : phénomène **électrique** qui propage l'**excitation** de la fibre nerveuse.

↪ Axone = fibre nerveuse.



↪ $V_0 = V_{axop} - V_{F.int}$: ddp transmembranaire.

$$\text{Au repos, } V_0 = -70mV \quad E = -\frac{V_0}{b} = 10^7 V/m$$

34 BIOELECTRICITE

2- MEMBRANE AXOPLASMIQUE

Pr B. Boutabia-Chéraitia

C'est un condensateur de capacité:

$$C = \frac{Q}{|V_0|} \Rightarrow \frac{C}{S} = \frac{Q}{S|V_0|} \Rightarrow C_m = \frac{\sigma}{|V_0|}$$

 $\frac{C}{S} \equiv C_m$: capacitance de la membrane.

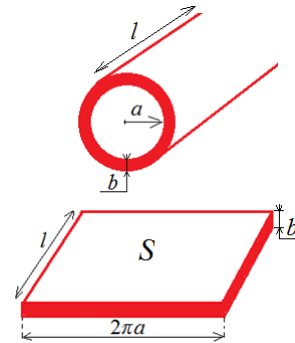
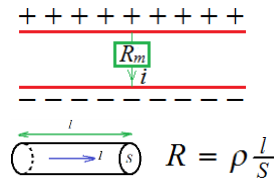
 $\frac{Q}{S} \equiv \sigma$: densité surfacique de charge.
L'isolant est **imparfait**. Il laisse passer un courant électrique i dit courant de fuite.Courant $i \Rightarrow$ résistance de la membrane R_m .

$$R_m = \rho_m \frac{b}{l \times 2\pi a}$$

 ρ_m : résistivité électrique de la membrane.Le courant i **décharge** le condensateur avec une cste de temps:

$$\tau = R_m C \simeq 10^{-3} s$$

3- AXOPLASME



35 BIOELECTRICITE

Pr B. Boutabia-Chéraitia

C'est un conducteur d'électricité. Sa résistance s'écrit:

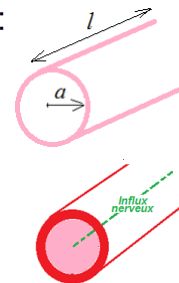
$$R_a = \rho_a \frac{l}{\pi a^2}$$

 ρ_a : résistivité électrique de l'axoplasme.Remarque

$$\text{Si } R_a = R_m \Rightarrow \rho_a \frac{l}{\pi a^2} = \rho_m \frac{b}{l \times 2\pi a} \Rightarrow l = \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_a} \frac{ab}{2}} \equiv l_c$$

 $l_c = 0.7mm$: longueur **critique**.Si $l > l_c \Rightarrow R_a > R_m \Rightarrow$ le courant **se vide** de l'axoplasme.Il est donc **impossible** de transmettre par simple conduction un signal électrique sur une distance supérieure à 1mm.

4- REPONSE A UN FAIBLE STIMULUS

Si $V_{excit} < 20mV \Rightarrow$ la perturbation **ne se transmet presque pas**.En effet:
 $V_{excit} < 20mV \Rightarrow$ en $(x = 0)$, V_0 passe de $-70mV \rightarrow \sim -50mV$ mais la ddp décroît **rapidement** avec x pour revenir à $-70mV$.


36

BIOELECTRICITE

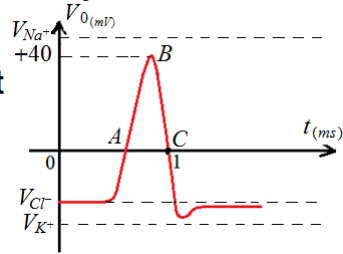
Pr B. Boutabia-Chéraitia

5- REPONSE A UN FORT STIMULUS

$V_{excit} > 20mV \Rightarrow$ propagation d'une impulsion dite **potentiel d'action** (PA) qui dure $\sim 1ms$.

La **vitesse** et la **forme** du PA ne dépendent pas de l'amplitude de V_{excit} . Il suffit **juste** que $V_{excit} > 20mV$ (loi du **tout ou rien**).

A l'excitation, P_{Na^+} augmente rapidement et devient $\gg P_{K^+}$ et $P_{Cl^-} \Rightarrow V_0$ se rapproche de $V_{eq_{Na^+}} \Rightarrow$ **Flux** d'ions Na^+ vers l'intérieur.



Ion	Na^+	K^+	Cl^-
$V_{eq_i}(mV)$	+62	-88	-70

Cependant ce flux décroît rapidement car alors P_{K^+} augmente rapidement et devient $\gg P_{Na^+}$ et $P_{Cl^-} \Rightarrow V_0$ se rapproche de $V_{eq_{K^+}} \Rightarrow$ **Flux** d'ions K^+ vers l'extérieur.

La phase ABC correspond à une **dépolarisation** car V_0 devient > 0 .

37

BIOELECTRICITE

Pr B. Boutabia-Chéraitia

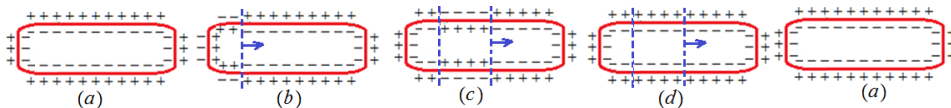
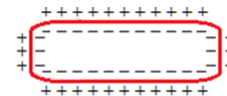
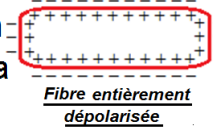
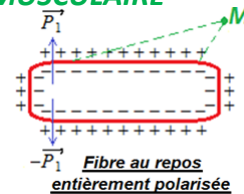
6- POLARISATION D'UNE FIBRE NERVEUSE – OU MUSCULAIRE –

Fibre au repos \Rightarrow grand nombre de dipôles opposés 2 à 2 $\Rightarrow \vec{E}_M = \vec{0}$ et $V_M = 0$.

Suite à une excitation, la fibre peut se dépolariser et V_0 devient > 0 .

Le passage de la polarisation à la dépolarisation est une perturbation qui se propage le long de la cellule à la vitesse de l'**influx nerveux**.

La cellule passe par les phases successives suivantes:



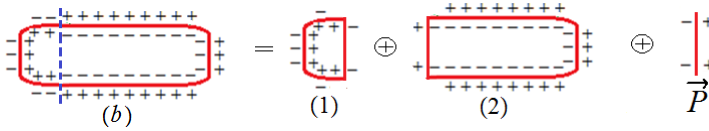
Ceci correspond au passage **successif** d'une onde de **dépolarisation** suivie d'une onde de **repolarisation**.

38

BIOELECTRICITE

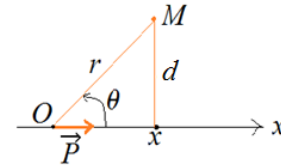
Pr B. Boutabia-Chéraitia

Considérons la phase (b)



Les cellules (1) et (2) ne créent aucun champ.

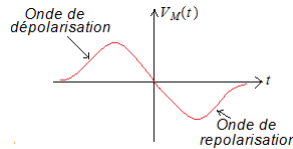
Le dipôle se meut à une vitesse $\vec{v} = cste$,
parallèle à l'axe de la fibre.



Le potentiel qu'il crée en M s'écrit :

$$V_M = \frac{KP \cos \theta}{r^2}$$

$$x = vt \Rightarrow V_M = \frac{KPvt}{(v^2t^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$$



39

BIOELECTRICITE

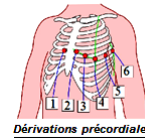
Pr B. Boutabia-Chéraitia

7- L'ELECTROCARDIOGRAMME (ECG)

L'ECG est une application importante de la notion du dipôle électrique.

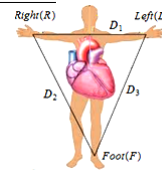
Le **cycle cardiaque** débute par une dépolarisation des **oreillettes** suivie par celle des **ventricules**, et l'ECG est obtenu en détectant les potentiels dus à ce phénomène en 9 points conventionnels du corps appelés **dérivations**.

↪ 6 dérivations précordiales ⇒ 6 tracés qui renseignent sur l'activité du coeur dans un plan **horizontal**.



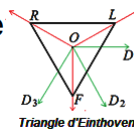
Dérivations précordiales

↪ 3 dérivations des membres ⇒ 6 tracés qui renseignent sur l'activité du coeur dans un plan **vertical**.



Dérivations des membres

Le coeur est assimilé à un dipôle \vec{P} d'origine fixe O, centre du triangle équilatéral LRF dit triangle d'**Einthoven**.



Triangle d'Einthoven

40 Rappel

BIOELECTRICITE

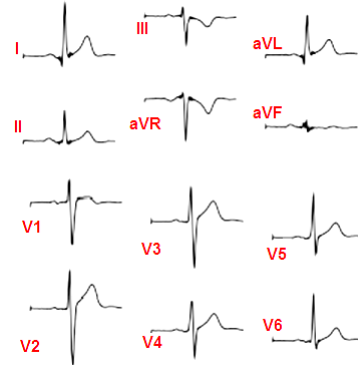
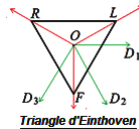
Pr B. Boutabia-Chéraitia

Le potentiel est proportionnel à la projection de \vec{P} sur $\vec{OM} = \vec{r}$:

$$V_M = K \frac{\vec{P} \cdot \vec{r}}{r^3}$$

⇒ La projection de \vec{P} sur les 6 axes fournit les 6 tracés des dérivations des membres.

- * Suivant \vec{OR} ⇒ tracé aV_R
- * Suivant \vec{OF} ⇒ tracé aV_F
- * Suivant \vec{OL} ⇒ tracé aV_L
- * Suivant \vec{OD}_1 ⇒ tracé $D_1 = V_L - V_R$
- * Suivant \vec{OD}_2 ⇒ tracé $D_2 = V_F - V_R$
- * Suivant \vec{OD}_3 ⇒ tracé $D_3 = V_F - V_L$



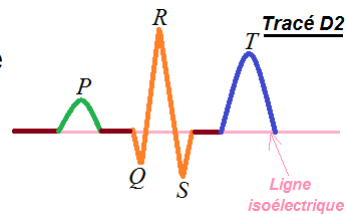
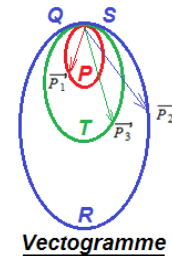
La courbe décrite par l'extrémité de \vec{P} au cours d'un cycle cardiaque s'appelle **vectogramme** et comprend trois parties:

41

BIOELECTRICITE

Pr B. Boutabia-Chéraitia

- ↪ Onde P (dipôle \vec{P}_1) qui correspond à une dépolarisation des oreillettes (contraction) ⇒ systole auriculaire.
- ↪ Complexe QRS (dipôle \vec{P}_2) qui correspond à une dépolarisation des ventricules (contraction) ⇒ systole ventriculaire.
- ↪ Onde T (dipôle \vec{P}_3) qui correspond à une repolarisation des ventricules (récupération) ⇒ diastole ventriculaire.
- * *Ligne isoélectrique*: ligne de potentiel 0.



8- L'ELECTROENCEPHALOGRAMME (EEG)

Il permet de mesurer l'activité électrique du cerveau (diagnostic de l'épilepsie).

