

FORMULAIRE DE BIOPHYSIQUE

FICHE D'ÉLECTROPHYSIOLOGIE

Rappels

Electroneutralité	$\sum z \times [X^z]_1 = 0$
Conservation de masse	$[X]_{1init}V_1 + [X]_{2init}V_2 = [X]_{1final}V_1 + [X]_{2final}V_2$
Osmolarités à l'équilibre	$\sum[X]_1 = \sum[Y]_2$

Une membrane **hémiperméable** est perméable à l'eau. Une membrane **dialysante** est perméable à l'eau et aux petites molécules (pas aux grosses !).

Les mouvements des molécules à travers une membrane sont principalement régis par 2 flux :

- Flux **diffusif** (J_d) : l'ion se déplace du compartiment **le + concentré** vers le **- concentré**
- Flux **électrique** (J_e) : l'ion est attiré vers le **compartiment de charge opposé**.

Le flux **électrodiffusif** est le flux résultant de la somme $J_d + J_e$

Potentiel de membrane (V_m ou ΔV) : différence de potentiels entre 2 compartiments (à l'origine de J_e)

Potentiel de repos (V_r) : potentiel de membrane de la cellule au repos.

Potentiel d'équilibre d'un ion (V_{eq}) : ΔV capable d'annuler le flux diffusif de cet ion. C'est donc une manière de mesurer en volts un flux diffusif. Il ne dépend que de la nature de l'ion et des concentrations de part et d'autre de la membrane.

Il est donné par la loi de Nernst : $V_{eq} = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[X]_{int}}{[X]_{ext}}$

à 37°C, $RT/F = 26$
 $26 \ln(x) = 60 \log(x)$

on utilise les concentrations d'équilibre

Si $|\Delta V| > |V_{eq}|$, on a : $|J_e| > |J_d|$

Si $|\Delta V| < |V_{eq}|$, on a : $|J_e| < |J_d|$

Si $|\Delta V| = |V_{eq}|$, on a : $|J_e| = |J_d|$ donc le flux électrodiffusif est nul.

Courant : $I = z_i \times F \times j_i$ (j_i : flux net) (z_i : valence algébrique de l'ion)

Le courant est dans le **même sens** que le j_i d'un **cation +**, et dans le **sens contraire** du j_i d'un **anion -**.

Phénomène de Donnan

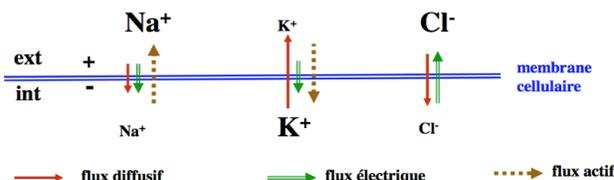
Lorsqu'un **ion non diffusible** est présent en concentration plus importante dans l'un des deux compartiments, il crée un **potentiel de membrane**, en donnant le **signe de sa charge** au compartiment où il est le plus concentré. Il est à l'origine d'un **phénomène de Donnan**, subit par les ions **diffusibles**. Ces derniers vont changer de compartiment jusqu'à atteindre des **concentrations d'équilibre**, pour lesquelles le **flux électrodiffusif est nul**. Dans les exercices, il faut souvent poser les équations de **conservation de masse** et d'**électroneutralité des compartiments**. L'effet Donnan fait intervenir les concentrations **molales** (mol/m³ d'eau)

A l'équilibre, on aura, pour tous les ions diffusibles : $\left(\frac{[X^z]_1}{[X^z]_2}\right)^{\frac{1}{z}} = \left(\frac{[Y^m]_1}{[Y^m]_2}\right)^{\frac{1}{m}}$

Théorie d'Hodgkin et Huxley

La membrane est **très faiblement perméable au Na^+** : il est responsable d'un effet Donnan, de ΔV et impose son signe. Cl^- subit ΔV . Il existe un **transport actif** de **sodium** et de **potassium** par une **pompe** (qui fait entrer 2 K et sortir 3 Na), à l'origine d'une partie de V_m , mais surtout du **maintien des concentrations ioniques**.

Dans la plupart des cellules, on a :



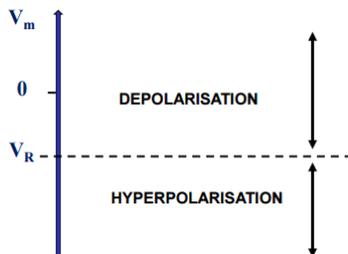
Formule de Goldman :

$$V_m \text{ ou } V_R = V_{int} - V_{ext} = -26 \times \ln \left(\frac{P_{Na} \times [Na^+]_{int} + r \times P_K \times [K^+]_{int}}{P_{Na} \times [Na^+]_{ext} + r \times P_K \times [K^+]_{ext}} \right)$$

Avec $r = \frac{3}{2} = 1,5$
 P_{Na} : perméabilité membranaire au sodium

Polarisation membranaire

Une membrane est dite polarisée lorsqu'il existe une différence de potentiel électrique entre ses deux faces. Par convention $V_m = V_{int} - V_{ext} < 0$, car $V_{int} < V_{ext}$ dans une cellule. Vr n'est pas un potentiel de Donnan.



Lorsqu'une **anode** (apportant les **charges +**) est posée sur la *face externe* de la cellule, on obtient une **hyperpolarisation** : avec création d'un **courant entrant**.

Lorsqu'une **cathode** (apportant les **charges -**) est posée sur la *face externe* de la cellule, on obtient une **dépolarisation** : création d'un **courant sortant**.

Effet redresseur de membrane : un même courant provoque une *hyperpolarisation* plus importante qu'une *dépolarisation*. Il est plus facile de provoquer un courant

sortant (sous la cathode) qu'un courant entrant (sous l'anode). La résistance est plus faible pour un courant sortant.

Potentiel d'action (PA)

Modification transitoire et propagée du potentiel de membrane engendrée par un stimulus d'intensité suffisante, qui dépasse un seuil.

- *Loi du tout ou rien* : on n'a un PA que si le stimulus est **supraliminaire**.
- Plus la stimulation est intense, plus la valeur de seuil est atteinte rapidement.
- Le PA a une forme, intensité et amplitude **indépendants de l'intensité du stimulus**.

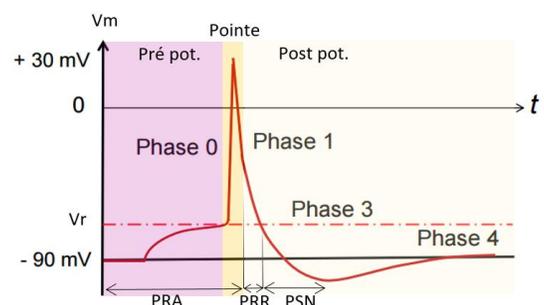
Pré potentiel	Progressif (fonction de l'intensité de la stimulation), sans seuil (apparaît dès le début de la stimulation) et localisé (se produit uniquement sous l'électrode).
Phase 0 Dépolarisation rapide	$\uparrow P_{Na}$ (rapide, immédiate) $\rightarrow \uparrow Jd_{Na}$ entrant Le potentiel de membrane va atteindre V_{eq-Na} (>0)
Phase 1 Repolarisation rapide	Fermeture progressive des canaux Na & ouverture des canaux K^+ $\uparrow P_{K^+}$ (lente et prolongée) $\rightarrow \uparrow Jd_K$ sortant
Phase 3 Hyperpolarisation	Le potentiel de membrane va atteindre V_{eq-K} ($<Vr$)
Phase 4 Récupération	Activation de la pompe Na/K pour faire sortir le Na entré pendant les phases 0 et 1 et pour faire entrer le K sorti en phases 1 et 3

Période réfractaire absolue (PRA) : la cellule n'est plus excitable

Période réfractaire relative (PRR) : la cellule est excitable avec intensité $>$ seuil habituel

Période supranormale (PSN) : la cellule est excitable avec intensité $<$ seuil d'excitabilité habituel

Le PA est brutal, irréversible, maximal, transitoire et à pointe rapide (3-5 ms)



Un stimulus supra liminaire prolongé entraîne une augmentation de P_{Na} et P_K