



Valentine Labbé

Lycée Valentine LABBÉ
 41 rue Paul DOUMER – BP 20226
 59563 LA MADELEINE CEDEX
 CLASSE PRÉPARATOIRE TB
 (Technologie & Biologie)

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
 °° SCIENCES DE LA VIE °°

Partie 1. Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote
 >> Cours <<

Chapitre 2

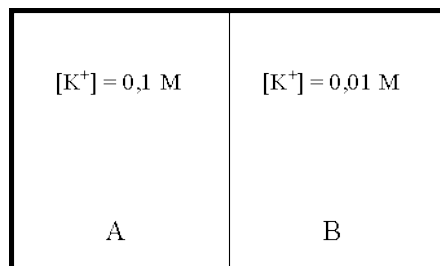
Les membranes biologiques et leurs fonctions

TD Biochimie membranaire / Électrophysiologie
 EXERCICES

Exercice 1. Calcul du potentiel d'équilibre d'un ion

<http://archius.free.fr/deug2/tdele1.html> (É. Roux, Univ. Bordeaux 2)

On considère deux compartiments A et B séparés par une membrane perméable au K^+ . Les concentrations de K^+ dans les compartiments A et B sont respectivement 0,1 M et 0,01 M.

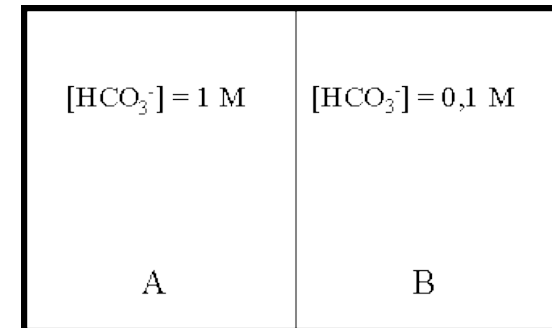


Calculer la différence de potentiel $E_A - E_B$ pour laquelle l'ion K^+ est à l'équilibre.

Exercice 2. Flux d'ion à travers une membrane

<http://archius.free.fr/deug2/tdele1.html> (É. Roux, Univ. Bordeaux 2)

On considère 2 compartiments A et B séparés par une membrane perméable contenant HCO_3^- aux concentrations de 1 M et 0,1 M, respectivement.
 La différence de potentiel entre A et B est $E_A - E_B = + 100 \text{ mV}$.



- a) L'ion HCO_3^- est-il à l'équilibre ? Satisfait-il à l'équation de NERNST ?
- b) Si l'ion n'est pas à l'équilibre, dans quel sens la force électrochimique va-t-elle le faire migrer ?

Exercice 3. Potentiel de plaque motrice

<http://archius.free.fr/deug2/tdele2.html> (É. Roux, Univ. Bordeaux 2)

Les concentrations ioniques intracellulaire et extracellulaire au niveau d'une cellule musculaire sont les suivantes :

	Na^+	K^+
Potentiel extracellulaire	145	4,5
Potentiel intracellulaire	15	150
$E_{eq} \text{ (mV)}$	+60	-94
Conductance relative	0,1	0,9

- a) Calculer le potentiel de repos au niveau de la plaque motrice (on ne tient pas compte des ions autres que le Na^+ et la K^+ dans cet exercice).
- b) L'activation des récepteurs nicotiniques par l'ACh libérée lors de la stimulation nerveuse entraîne une modification des conductances relatives. Les conductances relatives du Na^+ et du K^+ deviennent égales et une dépolarisation appelée potentiel de plaque motrice (PPm) apparaît.

- Pourquoi observe-t-on une dépolarisation induite par l'ouverture des canaux nicotiques ?
- **Calculer** la valeur du potentiel de plaque dans l'exemple ci-dessus.
- Quelle est la conséquence de l'apparition de ce potentiel de plaque ?

Formule utile pour cet exercice :

$$E_m = \sum E_{eq}^i \times g_i$$

E_m = potentiel de membrane (mV ou V)

E_{eq}^i = potentiel à l'équilibre de l'ion i (mV ou V)

g_i = conductance relative de l'ion i (= part de la conductance totale due à cet ion)
(sans dimension)

Solutions

Exercice 1

a) Calculer la différence de potentiel $E_A - E_B$ pour laquelle l'ion K^+ est à l'équilibre.

Le mouvement d'un ion à travers une membrane perméable est dû :

- au potentiel chimique (force due à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane) ;
- au potentiel électrique (force due à la différence de potentiel de part et d'autre de la membrane).

Le potentiel électrochimique d'un ion X de valence z est donné par la formule :

$$\Delta\mu(X^z) = \mu_B(X^z) - \mu_A(X^z) = RT \ln \left(\frac{[X^z]_B}{[X^z]_A} \right) + zF(E_B - E_A)$$

À l'équilibre électrochimique, la différence de potentiel électrochimique est nulle. La force due à la différence de potentiel s'oppose exactement à la force due à la différence de concentration entre les deux compartiments A et B séparés par la membrane.

La valeur de la différence de potentiel à l'équilibre est donnée par l'équation suivante, appelée **équation de Nernst**

$$E_B - E_A = - (RT/zF) \ln \left(\frac{[X^z]_B}{[X^z]_A} \right)$$

pour une température de 29°C,

$$E_B - E_A = - (60/z) \log \left(\frac{[X^z]_B}{[X^z]_A} \right) \text{ (mV)}.$$

L'ion K^+ à l'équilibre satisfait à l'équation de Nernst :

$$\begin{aligned} E_A - E_B &= - (60/z) \log \left(\frac{[K^+]_A}{[K^+]_B} \right) \text{ (mV)} \\ E_A - E_B &= - (60/) \log (0,1/0,01) = -60 \log 10 \\ \mathbf{E_A - E_B} &= \mathbf{- 60 \text{ mV}} \end{aligned}$$

b) Pour cette différence de potentiel, quelle est la valeur du flux net de K^+ ?
À l'équilibre, le flux net d'ion est nul.

Exercice 2

a) L'ion HCO_3^- est-il à l'équilibre ? Satisfait-il à l'équation de Nernst ?

Calculons le potentiel d'équilibre pour l'ion, en utilisant l'équation de Nernst.

$$\begin{aligned} (E_A - E_B)_{eq} &= - (60/z) \log \left(\frac{[X^z]_A}{[X^z]_B} \right) \text{ (mV)} \\ (E_A - E_B)_{eq} &= + (60/) \log (1/0,1) = +60 \log 10 \\ (E_A - E_B)_{eq} &= + 60 \text{ mV} \end{aligned}$$

$(E_A - E_B)_{eq}$ est différent de $E_A - E_B$. L'ion n'est pas à l'équilibre électrochimique. Il ne satisfait pas à l'équation de NERNST.

b) Si l'ion n'est pas à l'équilibre, dans quel sens la force électrochimique va-t-elle le faire migrer ?

Le mouvement de l'ion dépend de la force électrochimique à laquelle il est soumis. La diffusion se fera dans le sens pour lequel la différence de potentiel électrochimique sera négative (transformation spontanée).

Le potentiel électrochimique d'un ion X de valence z est donné par la formule :

$$\Delta\mu(X^z) = \mu_A(X^z) - \mu_B(X^z) = RT \ln \left(\frac{[X^z]_A}{[X^z]_B} \right) + zF(E_A - E_B)$$

À l'équilibre, le potentiel électrochimique est nul.

$$0 = \Delta\mu(X^z) = \mu_A(X^z) - \mu_B(X^z) = RT \ln \left(\frac{[X^z]_A}{[X^z]_B} \right) + zF(E_A - E_B)_{eq}$$

Si $\Delta\mu(X^z)$ est négatif, alors :

$$RT \ln \left(\frac{[X^z]_A}{[X^z]_B} \right) + zF(E_A - E_B) < RT \ln \left(\frac{[X^z]_A}{[X^z]_B} \right) + zF(E_A - E_B)_{eq}$$

Donc : $z(E_A - E_B) < z(E_A - E_B)_{eq}$

Si $z(E_A - E_B) < z(E_A - E_B)_{eq}$, l'ion diffusera de B vers A

Si $z(E_A - E_B) > z(E_A - E_B)_{eq}$, l'ion diffusera de A vers B

$$(E_A - E_B)_{eq} = + 60 \text{ mV} \quad z(E_A - E_B)_{eq} = - 60 \text{ mV}$$

$$(E_A - E_B) = + 100 \text{ mV} \quad z(E_A - E_B) = - 100 \text{ mV}$$

$\mathbf{z(E_A - E_B) < z(E_A - E_B)_{eq}} ; \mathbf{l'ion diffusera de B vers A}$

Exercice 3

a) Calculer le potentiel de repos au niveau de la plaque motrice (on ne tient pas compte des autres ions)

Le potentiel de repos peut être calculé à l'aide de l'équation de conductance, puisque l'on connaît le potentiel d'équilibre de chaque ion et sa conductance relative. Le potentiel de repos est donc :

$$E_m = E_{Na} (g_{Na} / S g_x) + E_K (g_K / S g_x)$$

$$E_m = 60(0,1) - 94(0,9) \text{ mV}$$

$$\mathbf{E_m = - 78,6 \text{ mV}}$$

b) Pourquoi observe-t-on une dépolarisation induite par l'ouverture des canaux nicotiques ?
Calculez la valeur du potentiel de plaque dans l'exemple ci-dessus. Quelle est la conséquence de l'apparition de ce potentiel de plaque ?

L'ouverture de canaux nicotiques se traduit par une augmentation de la conductance au Na^+ , dont le poids relatif dans le potentiel de membrane va donc augmenter. Le potentiel va se déplacer vers le potentiel d'équilibre de l'ion Na^+ (+ 60 mV), ce qui correspond à une dépolarisation.

La valeur de ce potentiel de plaque peut être calculée à partir de l'équation de conductance, les valeurs des conductances relatives au Na^+ et K^+ étant égales :

$$E_m = E_{Na} (g_{Na} / S g_x) + E_K (g_K / S g_x)$$

$$E_m = 60(0,5) - 94(0,5) \text{ mV}$$

$$\mathbf{E_m = - 17 \text{ mV}}$$

Cette valeur est supérieure au seuil d'activation des canaux voltage-dépendants Na^+ qui vont donc être activés. Leur ouverture va entraîner une augmentation encore plus importante de la conductance relative au sodium et une large dépolarisation correspondant à un potentiel d'action. Au niveau de la plaque motrice, l'activation des canaux nicotiques n'entraîne pas à elle seule l'apparition du PA post synaptique, mais en dépolarisant la membrane au-delà du seuil d'activation des canaux voltage-dépendants, induit la genèse de ce PA.

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

Document produit en décembre 2017 • Dernière actualisation : janvier 2020.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : <https://www.svt-tanguy-jean.com/>