



Tutorat physique : Séance n°8 ; transfert à travers les membranes (fait par C. Voyant)

Calculettes inutiles. Pour chaque question, indiquer quelles sont toutes les propositions exactes et uniquement les propositions exactes.

Données numériques :

$$RT=2500 \text{ Joules/mol}$$

$$\ln\left(\frac{55,5}{55,5+0,1}\right) = -0.002$$

$$40/3=13.5$$

$$500/9=55.5$$

Masse molaire (g):

$$\text{Urée}=60$$

$$\text{NaCl}=60$$

$$\text{CaCl}_2=110$$

QCM 1

On plonge une hématie dans 1 litre d'eau contenant 7g de NaCl et 4g d'urée

- a) Il y a gonflement de l'hématie

Vrai, cependant les osmolarités intra et extracellulaires sont identiques. En effet, l'osmolarité de la solution est d'environ 300 mosm/L ($=2 \cdot (7/60) + 4/60 = 18/60 = 3/10 = 0,3$ osm/L).

Cependant, il faut savoir que l'urée traverse librement la membrane des hématies (molécule non polaire). Il ne faut donc pas tenir compte de la concentration de l'urée. Pour ainsi déterminer l'osmolarité efficace de la solution (sans l'urée et uniquement avec les molécules non diffusibles à travers la membrane comme le Na^+ ou le Cl^- qui subissent une solvatation non compatible avec la diffusion). L'osmolarité efficace est donc ~ 230 mosm/L. La concentration intracellulaire est donc supérieure à la concentration extracellulaire, le solvant allant toujours de l'hypo vers l'hyper il y aura turgescence de la cellule.

b) Il y a rétraction de l'hématie

Faux, voir ci-dessus

c) Le volume de l'hématie ne varie pas

Faux voir a)

d) Les osmolarités totales dans la solution et dans l'hématie sont égales

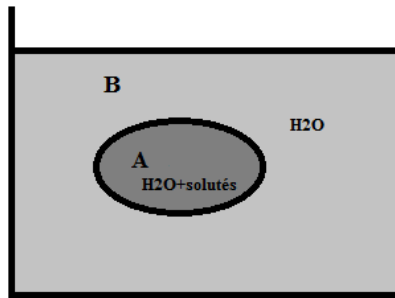
Vrai, voir a)

e) Toutes les propositions sont fausses

Faux, voir a)

QCM 2

Soit une enceinte remplie d'eau (nommée B) dans laquelle on plonge une poche remplie d'eau et de soluté (6g et masse molaire équivalente à celle du NaCl) dont le volume est de 1 litre (nommés A). L'interface entre A et B est une membrane hémiperméable ne laissant passer que le solvant.



a) Il y a 55,5 moles de solvant et 0,1 mole de soluté en A

Vrai, la masse molaire de l'eau est de 18g on a donc $n_{eau} = 1000g/18g = 55.5$ moles. Le nombre de moles de soluté est de $n_{soluté} = 6/60 = 0,1$ mole

b) Le potentiel chimique du solvant en A est supérieur à celui en B

Faux, le potentiel chimique de l'eau pure est supérieur à celui de l'eau avec soluté, d'après la définition ($\ln(x) < 0$ si $x < 1$), $\mu_A^{eau} = \mu_0 + RT \ln\left(\frac{n_{eau}}{n_{eau} + n_{soluté}}\right)$. De plus, on voit que $\mu_B^{eau} = \mu_0$.

c) on a $\mu_A^{eau} - \mu_B^{eau} = -5$ Joules/mole

Vrai, la définition du potentiel chimique du solvant en A est :

$$\mu_A^{eau} = \mu_B^{eau} + RT \ln\left(\frac{n_{eau}}{n_{eau} + n_{soluté}}\right)$$

μ_B^{eau} est le potentiel chimique de l'eau pure. Il suffit ensuite de remplacer le nombre de moles par les valeurs calculées en b), puis de faire l'application numérique.

d) Pour atteindre l'équilibre, il y aura un transfert de solvant allant de l'extérieur vers l'intérieur de la poche.

Vrai, on a $\mu_A^{eau} < \mu_B^{eau}$, ce qui signifie que pour que l'équilibre puisse avoir lieu, il faut, que μ_A^{eau} augmente donc que la concentration en soluté diminue. Cela signifie donc que le volume d'eau dans la poche doit augmenter. On remarquera que dans notre cas, on n'aura jamais $\mu_A^{eau} = \mu_B^{eau}$ d'après la formule même du potentiel chimique. Une autre façon de faire est de considérer que dans le cas de l'osmose, le solvant se déplace du milieu le – concentré vers le plus concentré.

e) Si l'élasticité de la membrane permet une dilation maximale de 2 litres de la poche, la pression osmotique qui régnera à l'intérieure de la poche sera inférieure à la pression atmosphérique moyenne.

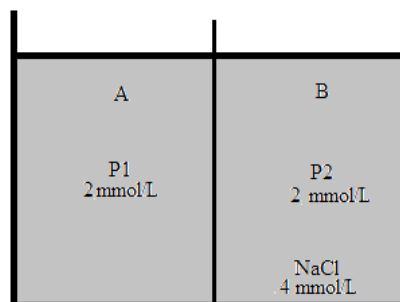
Faux, il faut utiliser la loi de Van't Hoff suivante :

$$\Pi \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

On a donc $\Pi = \left(\frac{0,1}{2}\right) \cdot 10^3 R \cdot T = (0,05) \cdot 10^3 \cdot 2500 = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

QCM 3

Soit un réservoir séparé en deux parties égales par une membrane dialysante fixe. A l'instant $t=0$, on a les conditions initiales suivantes :



P1 et P2 sont des protéines totalement dissociables dont les règles de dissociation sont :

$P1 \rightarrow X^- + Na^+$ et $P2 \rightarrow Y^+ + Cl^-$ (X^- et Y^+ sont 2 ions ne pouvant franchir la membrane)

a) Pour atteindre l'équilibre, on aura un flux net de soluté allant de B vers A

Vrai, la concentration d'unités cinétiques pouvant traverser la membrane est plus importante dans B. On aura donc un flux de solutés allant de B vers A. Rappelons

qu'une membrane dialysante est une membrane sélective qui laisse passer les solutés de faible dimension et le solvant. Dans l'exercice, on peut considérer que X et Y ne traversent pas cette membrane.

b) A l'équilibre la concentration en Cl^- est de 6 mmol/L dans le compartiment B.

Faux, dans cet exercice, la diffusion n'est pas uniquement régit par le gradient de concentration en soluté, la polarité des molécules non diffusibles comme X et Y va intervenir. On aura en fait une captation de cation vers X et une d'anion vers Y. Il faut appliquer la loi de Donnan, à savoir :

$$[\text{Na}^+]_{A,eq} \cdot [\text{Cl}^-]_{A,eq} = [\text{Na}^+]_{B,eq} \cdot [\text{Cl}^-]_{B,eq}$$

Si l'on appelle Δ la quantité de Na qui va passer de B vers A, alors d'après le principe d'électroneutralité cette même quantité Δ correspondra à la quantité de Cl qui transitera de B vers A, on obtient :

$$([\text{Na}^+]_{A,i} + \Delta) \cdot ([\text{Cl}^-]_{A,i} + \Delta) = ([\text{Na}^+]_{B,i} - \Delta) \cdot ([\text{Cl}^-]_{B,i} - \Delta)$$

Faire bien attention, par abus de langage on emploie le terme quantité de Na (ou de Cl) qui transit de B vers A pour définir Δ , cependant, en fait il s'agit d'une concentration et non d'un nombre de moles. C'est un défaut ou excès de concentration lié au déplacement des ions Na (ou Cl). Dès que l'on utilise la loi de Donnan, il faut prendre l'habitude de traité directement en terme de concentration.

L'application numérique conduit à

$$(2+\Delta) \cdot (\Delta) = (4-\Delta) \cdot (6-\Delta) \Rightarrow 2\Delta = 24 - 10\Delta \Rightarrow \Delta = 2 \text{ mmol/L}$$

A l'équilibre la concentration en Cl^- sera donc de 4 mmol/L (6-2). En fait on peut se rendre compte que le fait qu'il y ait la présence de deux protéines en quantité identiques de part et d'autre de la membrane, rend le problème simple. On a au final uniquement un problème de diffusion de NaCl par une membrane perméable, l'équilibre est simplement atteint quand la concentration en NaCl est identique des deux côtés.

En résumé :

à $t=0$

-pour le bac A, on a des concentrations (en mmol/L) : $\text{X}^- = 2$; $\text{Na}^+ = 2$; $\text{Cl}^- = 0$

-pour le bac B, on a des concentrations (en mmol/L) : $\text{Y}^+ = 2$; $\text{Na}^+ = 4$; $\text{Cl}^- = 6$

On remarque que les osmolarité sont différentes dans les deux bacs, par contre les deux bacs sont globalement neutres (autant de charges + que -)

à $t=\infty$ (équilibre)

-pour le bac A, on a des concentrations (en mmol/L) : $\text{X}^- = 2$; $\text{Na}^+ = 4$; $\text{Cl}^- = 2$

-pour le bac B, on a des concentrations (en mmol/L) : $\text{Y}^+ = 2$; $\text{Na}^+ = 2$; $\text{Cl}^- = 4$

On remarque que les osmolarité sont maintenant identiques dans les deux bacs, et que les deux bacs sont toujours globalement neutres (autant de charges + que -).

c) A l'équilibre la concentration en Na^+ est de 2 mmol/L dans le compartiment A

Faux, la concentration en Na^+ est égale à la concentration initiale plus les éléments diffusés, soit $2+2=4$ mmol/L

d) A l'équilibre, l'osmolarité sera plus importante dans le compartiment A

Faux, dans le compartiment A, on a $\omega_A = 2+4+2 = 8$ mmol/L et dans le B $\omega_B = 2+4+2 = 8$ mmol/L. Les osmolarités sont donc identiques.

e) La différence de pression osmotique à l'équilibre entre les deux compartiments vaut 10^5 Pa

Faux, s'il y a équilibre, c'est qu'il n'y a pas de flux de solvant, donc dans notre cas que les osmolarités sont égales dans les deux compartiments. On a donc concernant la pression osmotique des deux bacs :

$$\Pi_A = \omega_A \cdot R \cdot T \text{ et } \Pi_B = \omega_B \cdot R \cdot T \text{ donc } \Pi_A = \Pi_B$$

Comme les pressions osmotiques s'équilibrent de part et d'autre de la membrane, la différence de pression est donc nulle. Petit rappel, la pression hydrostatique c'est la pression qu'il faudrait exercer pour empêcher le solvant de migrer. La pression osmotique correspond en fait à la pression hydrostatique qu'il faudrait exercer sur la solution pour empêcher le solvant pur de traverser la membrane qui sépare les 2 phases.

QCM 4

On considère que le plasma sanguin est composé des éléments suivants :

$$\text{Na}^+ = 149 \text{ mEq/L}$$

$$\text{K}^+ = 5 \text{ mEq/L}$$

$$\text{Cl}^- = 45 \text{ mEq/L}$$

$$\text{Protéinate} = 20 \text{ mEq/L}$$

Seuls le protéinate est multivalent et est porteur de 20 charges négatives.

a) La pression oncotique est supérieure à la pression osmotique

Faux, la pression oncotique est une partie de la pression osmotique totale (part de la pression due uniquement aux protéines), elle ne peut donc être supérieure. Remarquons que dans cet exercice, il n'est pas question de membrane dans l'énoncé, si l'on considère une veine ou une artère, les seuls éléments qui vont favoriser (ou pas) le déplacement de solvant (osmose), ce sont les grosses molécules de solutés (qui ne traverse pas les membranes). La pression oncotique peut de ce fait égaler la pression osmotique.

b) La concentration en protéinate est de 1 osmol/L

Faux, la concentration d'équivalent de charge d'un élément R^{20-} se calcule par $[R^{20-}]_{\text{eq}} = 20 \cdot [R^{20-}]$. La concentration en protéinate est donc de $20/20 = 1$ mosmol/L

c) La pression osmotique totale est de 10^5 Pa

Faux, on applique la loi $\Pi = \omega_{\text{tot}} \cdot R \cdot T = (149+5+45+1) \cdot 2500 = 5 \cdot 10^5$ Pa. On oubliera pas convertir en mole (les mEq donnent des mmoles !!) et en m^3 .

d) La pression oncotique est de $2,5 \cdot 10^3$ Pa

Vrai, on applique la même loi que précédemment, et on obtient

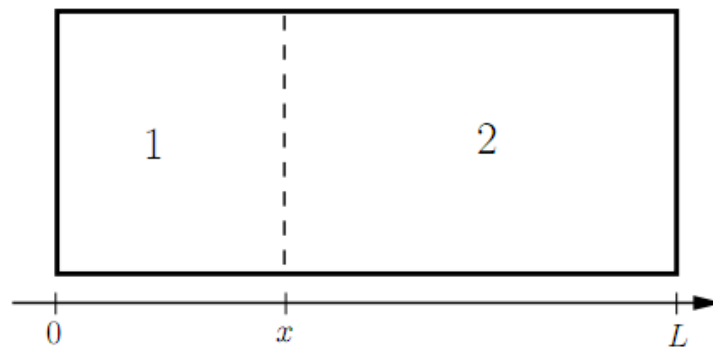
$$\Pi = \omega_{\text{prot}} \cdot R \cdot T = 1 \cdot 2500 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

e) En cas d'hypoprotidémie la formation d'œdème est favorisée

Vrai, le manque de protéine dans le plasma sanguin va engendrer une baisse de pression oncotique (pression qu'il faut exercer pour empêcher l'eau d'entrée). Les causes d'une hypoprotidémie sont essentiellement la cirrhose ou la malnutrition. Dans ce cas-là, on est en présence d'un phénomène d'osmose pur, où il y aura aspiration de l'eau dans les tissus ou dans le milieu interstitiel. Ce phénomène va dépendre de la concentration en particules non diffusibles dans les vaisseaux (transit de solvant allant de l'hypo vers l'hyperotonique). Si cette concentration diminue, il pourra y avoir une accumulation de l'eau dans les tissus.

QCM 5

Une membrane uniquement perméable à l'eau sépare en deux un récipient cylindrique de volume total $V=2$ litres et de section $S=100\text{cm}^2$.



On dissout $m_1=90\text{g}$ de NaCl (totalement dissociable) dans le compartiment 1 et $m_2=55\text{g}$ de CaCl_2 dans le compartiment 2. La membrane est libre de se déplacer le long du récipient et trouve une abscisse d'équilibre x .

a) Le nombre de moles d'unités cinétiques du compartiment 2 est supérieure à celle du compartiment 1

Faux, le nombre de mole de soluté dans le compartiment 1 vaut $n_1=m_1/60=1,5$ moles, dans le compartiment 2, on a $n_2=m_2/110=0,5$ mole. Pour trouver l'osmolarité, il faut tenir compte de la règle de dissociation du soluté. Le nombre de mole d'unité cinétique du compartiment 1 vaut donc $n_{UC}=2.n_1=3$ osmoles et dans le compartiment 2, $n_2=3.n_2=3.0,5$ osmoles = $1,5$ osmoles.

On a aussi $V_1+V_2=V$, $V_1=S.x$, $V_2=S.(L-x)$ et $V=S.L$

b) La longueur L vaut 2 mètres

Faux, on applique la formule du volume d'un cylindre $V=\pi.R^2.L=S.L$, d'où $L=V/S$, l'application numérique conduit à $L=2.10^3\text{cm}^3/10^2\text{cm}^2=20\text{cm}=0,2\text{m}$.

c) L'osmolarité du compartiment 1 (ω_1) et l'osmolarité du compartiment 2 (ω_2) sont reliées par la relation $\omega_1/\omega_2=\frac{40}{x(\text{en cm})}-2$

Vrai, l'osmolarité du compartiment 1 vaut $\omega_1 = \frac{3}{V \cdot \frac{x}{L}}$ moles/litre et celle du compartiment 2

$\omega_2 = \frac{1,5}{V(1 - \frac{x}{L})}$. Le rapport vaut :

$$\omega_1 / \omega_2 = \frac{3}{\frac{x}{L}} \cdot \frac{1 - \frac{x}{L}}{1,5} = 2 \cdot \left(\frac{L}{x} - 1 \right) = 2 \cdot \left(\frac{20}{x(\text{en cm})} - 1 \right) = \frac{40}{x(\text{en cm})} - 2$$

d) La pression osmotique (en Pa) du compartiment 1 vaut $\Pi_1 = 2 \cdot \frac{RT}{V(\text{en m}^3)} \cdot \frac{L}{x}$

Faux, l'application directe de la formule de Van't Hoff conduit à $\Pi_1 = \omega_1 \cdot RT = \frac{3}{V \cdot \frac{x}{L}} \cdot RT = 3 \cdot \frac{RT}{V} \cdot \frac{L}{x}$

e) La valeur de x vaut 20cm une fois l'équilibre atteint

Faux, outre l'aspect logique de la réponse car 20 cm correspond à la longueur totale du cylindre, à l'équilibre, on aura $\Pi_1 = \Pi_2 \Rightarrow \omega_1 = \omega_2$ soit $\omega_1 / \omega_2 = 1$. En reprenant la valeur analytique de ce rapport dans le c), on obtient $\frac{40}{x(\text{en cm})} - 2 = 1$ soit $x = 40/3 = 13,5$ cm.

Tutorat Physique/Biophysique
Fiche de renseignement anonyme

A signifiant très bon et E très moyen

Questions d'ordre général	A	B	C	D	E
Qualité de l'intervention					
Intérêt du tutorat					
Clarté des énoncés					
Complexité des exercices					
Nombre de séances effectuées au premier semestre					
Nombre de séances effectuées au second semestre					
Correspondance avec les CM et les TD					

Questions spécifiques	Remarques	Proposition d'amélioration
Tutorats du premier semestre		
Tutorats du second semestre		