

TUTORAT UE 3b 2013-2014 – Biophysique

Correction Séance n°4 – Semaine du 24/02/2014

Bases Thermodynamiques – Equilibres Membranaires 1 Wisniewski – Kotzki

Séance préparée par Hélène, Inès, Jeff et Karim (TSN)

QCM n°1 : A, D, E

Type de Système	Echanges de matière (= paroi perméable)	Echanges d'énergie	
		CHALEUR (Q) (= paroi diatherme)	TRAVAIL (W) (= paroi déformable)
Ouvert	V	V	V
Fermé	X	V	V
Adiabatique Fermé	X	X	V
Isolé	X	X	X

- A. **Vrai** : cf tableau : attention, adiabatique seul autorise un échange de matière, contrairement à un système adiabatique fermé. (modification sur l'ENT à venir)
- B. Faux : cf tableau
- C. Faux : cf tableau
- D. **Vrai** : cf tableau
- E. **Vrai** : le corps humain est le lieu d'échanges de matière (nutrition, respiration, déchets métaboliques...) et d'énergie. Concernant l'énergie, on peut à la fois observer des échanges de chaleur (à travers la peau par exemple constituant une paroi diatherme) ou de travail (produit par les différents systèmes musculaires par exemple). Toutes ces conditions permettent de qualifier le corps humain de système ouvert.

QCM n°2 : A, D

- A. **Vrai** : cf. cours
- B. Faux : (cf. exemple de la dissolution d'un sucre dans de l'eau)
- C. Faux : ceci est vrai pour les transformations à pression constante (transformations isobares) : cf démonstration mathématique du cours, $\Delta H = \Delta Q$. C'est le premier principe de thermodynamique.
- D. **Vrai** : sachant que $H = U + PV$, par dérivation on peut dire que $\Delta H = \Delta U + P\Delta V + V\Delta P$
D'après l'énoncé, on sait que $\Delta V = 0$.
Donc $\Delta H = \Delta U + V\Delta P = \Delta U + V((P_o + P) - P_o) = \Delta U + PV = 100 + 1 \times 5 = \underline{105 \text{ J}}$
- E. Faux

QCM n°3 : B, E

- A. Faux. Cette énergie se répartit de façon désordonnée afin de constituer l'agitation thermique.
B. **Vrai.**
C. Faux. Ceci est la définition d'un système fermé adiabatique. Un système est dit fermé s'il y a un échange d'énergie (travail ou chaleur) mais pas de matière entre le système et le milieu extérieur.
D. Faux. Les variables extensives sont dépendantes de la quantité de matière (masse, **volume**, énergie interne). Alors que les variables intensives sont indépendantes de la quantité de matière (pression, **concentration molaire, masse volumique**, température).
La masse volumique est une variable intensive, bien qu'étant le rapport de deux variables extensives.
E. **Vrai.** Un système est dit en équilibre thermodynamique lorsqu'il est en équilibre mécanique, thermique et chimique.
F. Faux.

QCM n°4 : B, E – cf diapo de correction par Mme Wisniewski

- A. Faux. Si le système est abandonné, il est considéré comme irréversible.
Dans cette manipulation il y a 3 états.
- L'état 0 (avant compression) où la pression $P_{\text{ext}} = 3 \text{ bar}$
- L'état 1 (après compression) où la pression $P_1 = 8 \text{ bar}$
- L'état 2 (après arrêt de la compression et remise à l'équilibre du système) où la pression $P_2 = 3 \text{ bar} = P_{\text{ext}}$

Le travail irréversible W_{irr} est cédé par le gaz au milieu extérieur.

$$W_{\text{irr}} = -P_{\text{ext}} \cdot (V_2 - V_1) \text{ avec } V_1 = \frac{n \cdot R \cdot T}{P_1} \text{ et } V_2 = \frac{n \cdot R \cdot T}{P_2}$$

$$W_{\text{irr}} = -P_{\text{ext}} \cdot \left(\frac{n \cdot R \cdot T}{P_2} - \frac{n \cdot R \cdot T}{P_1} \right)$$

$$W_{\text{irr}} = n \cdot R \cdot T \left(-1 + \frac{P_{\text{ext}}}{P_1} \right)$$

$$W_{\text{irr}} = -n \cdot R \cdot T \left(1 - \frac{P_{\text{ext}}}{P_1} \right)$$

$$W_{\text{irr}} = -2.8,314 \cdot 298 \cdot \left(1 - \frac{3}{8} \right)$$

$$W_{\text{irr}} = -3097 \text{ J} = -3,1 \text{ kJ}$$

- B. **Vrai.**
C. Faux
D. Faux
E. **Vrai.** En envisageant un processus réversible on utiliserait $W_{\text{rév}} = -n \cdot R \cdot T \cdot (\ln V_2 - \ln V_1)$

$$W_{\text{rév}} = -n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$W_{\text{rév}} = -n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$W_{\text{rév}} = -2.8,314 \cdot 298 \cdot \ln \left(\frac{8}{3} \right)$$

$$W_{\text{rév}} = -4860 \text{ J} = -5 \text{ kJ}$$

- F. Faux.

QCM n°5 : B, C

- A. Faux : Echanges de matière, de chaleur et de travail car le globule rouge est un système ouvert.
B. **Vrai.**
C. **Vrai.**
D. Faux : il ne comprend pas l'énergie cinétique moléculaire.
E. Faux : proportionnelle à la température T absolue. (Loi de Boltzmann $E_{\text{c (moy)}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \approx \frac{3}{2} \cdot K_{\text{b}} \cdot T$, cette deuxième formule n'étant pas à retenir.)

QCM n°6 : A, E

- A. **Vrai.**
- B. Faux : les deux sont des variables intensives.
- C. Faux : elle dépend uniquement de l'état initial et de l'état final.
- D. Faux : intensive.
- E. **Vrai.** Les variables extensives ont la propriété d'être des variables additives.

QCM n°7 : C, D, E

- A. Faux : Toute énergie reçue par un système est considérée positive alors que l'énergie cédée par ce système est négative.
Ex : Compte en banque. Quand tu reçois de l'argent, c'est compté en positif. Lorsque tu en cèdes, c'est compté en négatif.
- B. Faux. Cf item C.
- C. **Vrai:** Le piston s'arrête mais les particules restent en mouvement d'où la persistance d'un transfert d'énergie, le gaz va ensuite se dilater et le piston revenir à une position d'équilibre.
- D. **Vrai.**
- E. **Vrai.** Le gaz se dilate.

QCM n°8 : D, E

- A. Faux : $\Delta\pi = RT\Delta c = 8,31 \times 298 \times (450 - 150) = 742914 \text{ Pa}$
(Attention à mettre toutes les unités en SI, $1 \text{ mmol/L} = 1 \text{ mol/m}^3$)
- B. Faux : le solvant va diffuser du compartiment le moins concentré en soluté vers le plus concentré pour diluer ce dernier jusqu'à égalisation des potentiels chimiques.
- C. Faux : par définition, une membrane idéalement semi-perméable ne laisse diffuser que le solvant.
- D. **Vrai** : nos solutions étant considérées comme idéales, plus la fraction molaire du soluté est grande, plus le potentiel chimique est grand.
Le compartiment 1 étant plus concentré, c'est donc lui qui a le potentiel chimique le plus élevé. L'échange de matière se faisant majoritairement dans le sens des potentiels chimiques décroissants, le glucose diffusera donc du compartiment 1 vers le compartiment 2.
- E. **Vrai** : $W = nRT \cdot \ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right) = 0,3 \times 8,31 \times 298 \times \ln\left(\frac{450}{150}\right) = 816,17 \text{ J}$.
Cette valeur est celle du travail osmotique. Pour le contrer il suffirait donc de fournir une énergie d'au moins 816,17 J : 817 J permettent donc de contrer le passage du glucose.

QCM n°9 : A, B, D

- A. **Vrai** : $D = BRT = 2,3 \cdot 10^{-14} \times 8,31 \times 310 = 6 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$
- B. **Vrai**
- C. Faux : $J = \frac{dn}{S} = \frac{dm}{S \cdot M} = \frac{4,08 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-4} \times 60} = 2,27 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- D. **Vrai**
- E. Faux : c'est l'inverse

QCM n°10 : A, B, E

- A. **Vrai.** car $U_k^+ = 60 U_{Na}^+$
- B. **Vrai.** On est en présence d'une membrane perméable aux ions sans ATPases et sans macromolécules, le potentiel est donc transitoire le temps que les concentrations des ions s'équilibrent.
- C. Faux. A l'équilibre la DDP s'annule car les concentrations ioniques se sont équilibrées
- D. Faux. $V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \times \ln \frac{[Na^+]_1 + u_k + / u_{Na} + [k^+]_1}{[Na^+]_2 + u_k + / u_{Na} + [k^+]_2} = -\frac{8,31 \times (273 + 37)}{96500} \times \ln \frac{20 + 60 \times 180}{190 + 60 \times 10} = -0,06986 \text{ V} \approx -69,9 \text{ mV}$
- E. **Vrai**

Rappel :

Membrane	Sans ATPases	Absence de macromolécules	Ddp transitoire	Goldman
		Présence de macromolécules	Ddp permanente	Nernst / Donnan
	Avec ATPases (= membrane cellulaire)		Ddp permanente	Goldman Modifié

QCM n°11 : B

- A. Faux : Le solvant diffuse librement à travers la membrane.
 B. **Vrai**
 C. Faux : C'est la transmittance de l'albumine qui est nulle puisqu'elle ne peut pas diffuser.
 En effet, le point de coupure de la membrane est inférieur à sa masse molaire.
 D. Faux :

$$\frac{dn}{dt} = P \cdot S_{pores} (C_1 - C_2)$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{D_i}{e} \cdot S_{pores} \cdot (C_1 - C_2)$$

$$D_i = \frac{\left(\frac{dn}{dt}\right) \cdot e}{S_{pores} \cdot (C_1 - C_2)} = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-9}}{150 \cdot 10^{-4} \cdot 2,3} = 1,855 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

- E. Faux : L'albumine étant non diffusible, la pression osmotique se traduit par $\Delta\pi = R \cdot T \cdot \Delta w$
 $\Delta w = C_{2\text{albumine}} - C_{1\text{albumine}} = 1,1 - 0 = 1,1 \text{ mmol.l}^{-1} = 1,1 \text{ mol.m}^{-3}$
 $\Delta\pi = 8,31 \cdot 298,15 = 2724 \text{ Pa} = 2,7 \text{ kPa} = 20,4 \text{ mmHg}$

QCM n°12 : F

- A. Faux : $V_1 - V_2 = \frac{-R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{[Na^+]_1}{[Na^+]_2}\right) = \frac{-R \cdot T}{F} \cdot \ln\left(\frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1}\right)$
 $V_1 - V_2 = 9 \cdot 10^{-3} = \frac{-8,31 \cdot 300}{96500} \cdot \ln\left(\frac{40}{[Na^+]_2}\right) = \frac{-8,31 \cdot 300}{96500} \cdot \ln\left(\frac{[Cl^-]_2}{40}\right)$
 $[Cl^-]_2 = 28,23 \text{ mmol.L}^{-1}$

- B. Faux : D'après la relation de Donnan : $\frac{[Na^+]_1}{[Na^+]_2} = \frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1}$
 $\frac{40}{[Na^+]_2} = \frac{28,23}{40}$
 $[Na^+]_2 = 56,7 \text{ mmol.L}^{-1}$

- C. Faux : Attention aux unités. Il s'agit de mmol.L^{-1}

- D. Faux : Selon la loi d'électroneutralité : $[Na^+]_2 = [Cl^-]_2 + z \cdot [\text{prot}]_2$
 $z \cdot [\text{prot}]_2 = [Na^+]_2 - [Cl^-]_2$
 $z \cdot 20 = 56,7 - 28,23 \rightarrow z = 1,4$
 Soit une charge de -1,4 pour chaque macromolécule.

- E. Faux

- F. **Vrai**

QCM n°13 : A, C, E

- A. **Vrai** : $D_i = P \cdot e = 0,75 \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
 B. Faux
 C. **Vrai** : $J = P \cdot (C_1 - C_2) = 0,75 \cdot (8 - 2) = 4,5 \text{ mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
 D. Faux : $f = \frac{(R \cdot T)}{(D_i \cdot N)} = \frac{(8,314 \cdot (273+20))}{(1,125 \cdot 10^{-5} \cdot 6,023 \cdot 10^{23})} = 3,6 \cdot 10^{-16} \text{ UI}$
 E. **Vrai**

QCM n°14 : C, D

$$\frac{dn}{dt} = \frac{D_i}{e} \cdot S_{pores} \cdot (C_1 - C_2)$$

$$C_1 - C_2 = \frac{dn}{dt} \cdot \frac{e}{S_{pores} \cdot D_i}$$

$$C_2 = -\left(\frac{dn}{dt}\right) \cdot \frac{e}{S_{pores} \cdot D_i} + C_1$$

$$C_2 = \frac{-(1,925 \cdot 10^{-9})}{(650 \cdot 10^{-4} \cdot 6,10 \cdot 10^{-9})} + 145 = 23,2 \text{ mmol.l}^{-1}$$

Si $C_1 > C_2$: le flux de glucose se fera de 1 \rightarrow 2 pour $C_2 = 23,2 \text{ mmol.L}^{-1}$

$|C_1 - C_2| = \text{cte}$ Donc : $145 - 23,2 = C_2 - 145$ d'où $C_2 = 266,8 \text{ mmol.L}^{-1}$

Si $C_1 < C_2$: le flux de glucose se fera de 2 \rightarrow 1 pour $C_2 = 266,8 \text{ mmol.L}^{-1}$

Démonstrations :

$$V_1 - V_2 = \frac{-R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{[Cl^-]_1}{[Cl^-]_2}\right) = \frac{-R \cdot T}{F} \cdot \ln\left(\frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{(V_1 - V_2) \cdot z \cdot F}{-R \cdot T} = \ln\left(\frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1} = e^{\frac{(V_1 - V_2) \cdot z \cdot F}{-R \cdot T}}$$

$$\Leftrightarrow [Cl^-]_2 = \frac{[Cl^-]_1}{e^{\frac{(V_1 - V_2) \cdot z \cdot F}{-R \cdot T}}}$$

$$\Leftrightarrow [Cl^-]_2 = \frac{40}{e^{\frac{(9 \cdot 10^{-3}) \cdot (-1) \cdot 96500}{-8,314 \cdot (273+27)}}$$

$$\Leftrightarrow [Cl^-]_2 = 28,238 \text{ mol.m}^{-3} = \text{mmol.L}^{-1}$$

$$V_1 - V_2 = \frac{-R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{[Na^+]_1}{[Na^+]_2}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{(V_1 - V_2) \cdot z \cdot F}{-R \cdot T} = \ln\left(\frac{[Na^+]_1}{[Na^+]_2}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{[Na^+]_1}{[Na^+]_2} = e^{\frac{(V_1 - V_2) \cdot z \cdot F}{-R \cdot T}}$$

$$\Leftrightarrow [Na^+]_2 = \frac{[Na^+]_1}{e^{\frac{(V_1 - V_2) \cdot z \cdot F}{-R \cdot T}}}$$

$$\Leftrightarrow [Na^+]_2 = \frac{40}{e^{\frac{(9 \cdot 10^{-3}) \cdot 1 \cdot 96500}{-8,314 \cdot (273+27)}}$$

$$\Leftrightarrow [Na^+]_2 = 56,66 \text{ mol.m}^{-3} = \text{mmol.L}^{-1}$$