



# TUTORAT UE 3b 2015-2016 – Biophysique

## CORRECTION Séance n°4 – Semaine du 22/02/2016

### *Equilibre membranaire et transports membranaires (partie 1)* Madame WISNIEWSKI et Monsieur KOTZKI

#### QCM n°1 : A, D, E

- A. **Vrai.**  
 B. Faux. L'entropie est une fonction d'état extensive, qui s'exprime en  $J.K^{-1}$ .  
 C. Faux. L'entropie totale se calcule selon  $dS = \delta S_{tr} + \delta S_{pr}$  avec une entropie de création nulle dans le cas d'une transformation réversible.  
 D. **Vrai.** Toute transformation spontanée aboutit soit à une diminution de G (si transformation irréversible), soit à un G inchangé (si réversibilité). On entend par spontanée, une transformation qui ne nécessite aucun apport d'énergie extérieur, quel qu'il soit.  
 E. **Vrai.**

#### QCM n°2 : A, B, C, D

- A. **Vrai.**  
 B. **Vrai.** En effet, pour une solution binaire idéale (ou très diluée), on a :  $\mu_{S,T,P} = \mu_S^0 - R \times T \times x_P$  avec  $x_P$  la fraction molaire du soluté.  
 C. **Vrai.**  $f_i = \gamma_i \times P_i = \gamma_i \times x_i \times P$  avec  $\gamma_i$  le coefficient de fugacité et P la pression totale du système.  
 D. **Vrai.**  
 E. Faux. Il se fait dans le sens des potentiels décroissants (du compartiment le plus concentré vers celui le moins concentré).

#### QCM n°3 : A, D, E

- A. **Vrai.** L'urine étant plus concentrée que le plasma, le travail est bien contre-osmotique.  
 B. Faux. Le rein doit fournir de l'énergie car l'urine produite est plus concentrée que le plasma donc  $W < 0$  et transformation non spontanée.  
 C. Faux.  $W_{2\text{ reins}} = P \times t = 50.10^{-3} \times 24 \times 3600 = 4320 J$ . (Le travail fourni est contre-osmotique donc, en toute rigueur  $W < 0$ ).  
 Le travail fourni par un rein, en valeur absolue est alors :  $W_{1\text{ rein}} = \frac{4320}{2} = 2160 J = 516,7 cal$ .  
 D. **Vrai.**  $W = n \times R \times T \times \ln \left( \frac{C_{\text{plasma}}}{C_{\text{urine}}} \right) \leftrightarrow \ln \left( \frac{C_{\text{plasma}}}{C_{\text{urine}}} \right) = \frac{W}{n \times R \times T} \leftrightarrow C_{\text{urine}} = \frac{C_{\text{plasma}}}{e^{\frac{W}{n \times R \times T}}} = \frac{300}{e^{\frac{-4320}{1,63 \times 8,31 \times 310}}} = 839,3 \text{ mmol.L}^{-1}$ . (Attention : travail contre-osmotique  $\rightarrow W < 0 \rightarrow W = -4320 J$ ).  
 E. **Vrai.**  $V = \frac{n}{C_{\text{urine}}} = \frac{1,63}{0,839} = 1,94 L$ .

### QCM n°4 : B, D, E

A. Faux. Le travail mis en jeu est irréversible (c'est toujours le cas quand il n'y a aucune indication quant à la réversibilité de la transformation, toutes les transformations réelles sont irréversible). On a donc :

$W_{irr} = -P_{ext} \times \Delta V = -P_{ext} \times (V_{final} - V_{initial}) = -P_{ext} \times \left( \frac{n \times R \times T}{P_{finale}} - \frac{n \times R \times T}{P_{initiale}} \right)$ . Attention, on nous demande de calculer le travail mis en jeu lors de la détente de  $P_{initiale} = 7$  bar à  $P_{finale} = 2$  bar. Comme la transformation est irréversible  $\rightarrow$  la pression externe (2 bar) est égale à la pression du gaz uniquement à l'état final de la transformation d'où  $P_{finale} = P_{ext}$ .

$$W_{irr} = \left| -P_{ext} \times \left( \frac{n \times R \times T}{P_{ext}} - \frac{n \times R \times T}{P_{ini}} \right) \right| = P_{ext} \times nRT \left( \frac{1}{P_{ext}} - \frac{1}{P_{init}} \right) \text{ car } T = \text{cste} = 25^\circ\text{C} \text{ (transformation isotherme).}$$
$$\rightarrow W_{irr} = nRT \left( 1 - \frac{P_{ext}}{P_{init}} \right) = 1 \times 8,31 \times 298 \times \left( 1 - \frac{2}{7} \right) = 1768,8 \text{ J.}$$

B. **Vrai.** Cf item A.

C. Faux. cf D.

D. **Vrai.** contrairement à une transformation irréversible, la transformation réversible se fait suffisamment lentement pour que, à chaque instant de la transformation, la pression externe exercée soit proche de la pression du gaz (suite d'états d'équilibre).

$\delta W_{rév} = | -P_{système} \times dV | = P_{système} \times dV = n \times R \times T \times \frac{dV}{V}$ . En intégrant cette expression entre l'état final et initial, on obtient :  $W_{rév} = n \times R \times T \times \ln \left( \frac{V_{final}}{V_{initial}} \right) = n \times R \times T \times \ln \left( \frac{P_{initiale}}{P_{finale}} \right) = 1 \times 8,31 \times 298 \times \ln \left( \frac{7}{2} \right) = 3102,3 \text{ J.}$

E. **Vrai.** Une transformation réversible est constituée d'une suite d'états d'équilibre thermodynamique infiniment proches les uns des autres. Une vitesse d'évolution infiniment lente permet de « produire » cette suite d'équilibre.

### QCM n°5 : A, B, C, D, E

A. **Vrai.** Le potentiel chimique d'un corps pur quelconque s'écrit  $\mu_i = \mu_{i,T,P}^0 + R.T.\ln(a_i)$ . Dans cette équation,  $a_i$  représente l'activité du corps dans le mélange. Pour un liquide réel,  $a_i = \gamma_i \times x_i$ . Notons que dans une solution idéale,  $\gamma_i = 1$  donc  $a_i = x_i$ .

B. **Vrai.** Pour un gaz parfait, l'activité est la fraction molaire  $x_i$  donc pour un gaz parfait le rapport  $\frac{P_i}{P}$ .

Pour un mélange de gaz réel,  $a_i$  est défini par le rapport  $\frac{f_i}{P^0} = \frac{\gamma_i \cdot P_i}{P^0}$ . Notons que  $f_i$  correspond à la fugacité du gaz  $i$  et  $\gamma_i$  à son coefficient de fugacité.

C. **Vrai.** Un système hétérogène formé de plusieurs phases renfermant plusieurs constituants, à  $T$ ,  $P$  et quantité de matière déterminées sera en équilibre thermodynamique lorsque le potentiel chimique de chaque constituant aura la même valeur dans toutes les phases.

D. **Vrai.** Nous savons que, à l'équilibre,  $\mu_i = \mu_{i,T}^0 + R.T.\ln(a_i)$  et  $\mu_i^I = \mu_i^{II}$ . Avec I, la phase liquide et II la phase gazeuse, nous pouvons écrire que :

$$\mu_{i,T}^0 + R.T.\ln(\gamma_i \times x_i)^I = \mu_{i,T}^0 + R.T.\ln\left(\frac{f_i}{P^0}\right)^{II} \text{ donc } \mu_{i,T}^0 + R.T.\ln(\gamma_i \times x_i)^I = \mu_{i,T}^0 + R.T.\ln\left(\frac{\gamma_i \cdot P_i}{P^0}\right)^{II}$$
$$\mu_{i,T}^0 + R.T.\ln(\gamma_i)^I + R.T.\ln(x_i)^I = \mu_{i,T}^0 + R.T.\ln(\gamma_i)^{II} + R.T.\ln\left(\frac{P_i}{P^0}\right)^{II}$$

On note  $m_i = \mu_{i,T}^0 + R.T.\ln(\gamma_i)$  donc  $m_i^I + R.T.\ln(x_i)^I = m_i^{II} + R.T.\ln\left(\frac{P_i}{P^0}\right)^{II}$ .

$m_i^I - m_i^{II} = R.T.\ln\left(\frac{P_i}{P^0}\right)^{II} - R.T.\ln(x_i)^I = R.T.\ln(P_i)^{II} - R.T.\ln(x_i)^I$  avec  $P^0 = 1 \text{ atm}$  et  $P_i$  en atm.

$\frac{1}{R.T.}(m_i^I - m_i^{II}) = \ln\frac{P_i^{II}}{x_i^I}$  et  $\frac{P_i^{II}}{x_i^I} = e^{\frac{1}{R.T.}(m_i^I - m_i^{II})} = \text{constante} = K_{(T,P)}$ . Donc  $P_i^{II} = x_i^I \times K_{(T,P)}$

E. **Vrai.**

### QCM n°6 : A,E

- A. **Vrai.** Le rein consomme de l'énergie pour pouvoir « lutter » contre la spontanéité des transferts. L'urine à une osmolarité supérieure à celle du plasma. Il emprunte cette énergie aux réactions métaboliques.
- B. Faux.  $\Delta P = RT\Delta C_{osm}$  A.N. :  $\Delta P = 8,31 \times 310 \times (940 - 300) = 1648,7 \text{ kPa}$ . Le rein se trouve à la température de l'organisme qui est de  $37^\circ\text{C}$ .
- C. Faux.  $W = nRT \ln\left(\frac{C_{osm1}}{C_{osm2}}\right)$  A.N. :  $W = 0,940 \times 0,8 \times 8,31 \times 310 \times \ln\left(\frac{300}{940}\right) = -2212 \text{ J}$  soit  $-529 \text{ cal}$  pour les deux reins, et  $-265 \text{ cal}$  pour un rein.
- D. Faux.  $P = \frac{W}{t}$  A.N. :  $P = \frac{-2212}{24 \times 3600} = -25,6 \text{ mW}$  pour deux reins, soit  $-12,8 \text{ mW}$  pour un rein.
- E. **Vrai.**  $n = C \times V$  A.N. :  $n = 0,940 \times 0,8 = 0,752 \text{ mol}$ .

### QCM n°7 : E

- A. Faux.  $x_{O_2} = \frac{P_{O_2}}{P_{tot}} = \frac{n_{O_2}}{n_{tot}} \Leftrightarrow P_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{tot}} \times P_{tot}$  A.N. :  $n_{O_2} = \frac{m}{M} = \frac{0,21 \times 100}{16 \times 2} = 0,66 \text{ mol}$  et  $n_{N_2} = \frac{m}{M} = \frac{(1-0,21) \times 100}{14 \times 2} = 2,82 \text{ mol}$  et donc  $P_{O_2} = \frac{0,66}{0,66+2,82} \times 1 = 0,19 \text{ atm}$ .
- B. Faux.  $P_{N_2} = \frac{2,82}{0,66+2,82} \times 1 = 0,81 \text{ atm}$ . Ou, plus rapidement,  $1-0,19=0,81 \text{ atm}$ .
- C. Faux.  $\mu = \mu^\circ + RT \ln\left(\frac{P_i}{P_0}\right)$  A.N. :  $\mu = -25000 + 8,31 \times 298 \times \ln\left(\frac{0,19}{1}\right) = -29130 \text{ J.mol}^{-1}$ .
- D. Faux.  $\mu = \mu^\circ + RT \ln\left(\frac{P_i}{P_0}\right)$  A.N. :  $\mu = -40000 + 8,31 \times 298 \times \ln\left(\frac{0,81}{1}\right) = -40519 \text{ J.mol}^{-1}$ .
- E. **Vrai.**

### QCM n°8 : A, C, D, E

- A. **Vrai.**
- B. Faux. L'enthalpie libre de la solution est bien différente de celle du solvant pur, mais elle s'exprime en Joule (le potentiel chimique  $\mu$  s'exprime en  $\text{J.mol}^{-1}$ ).
- C. **Vrai.**
- D. **Vrai.**
- E. **Vrai.** L'objectif est de tendre vers l'égalisation des potentiels.

### QCM n°9 : A, D, E

- A. **Vrai.** On sait que  $F_{K^+} = f_{K^+} \times v_{K^+}$  on peut donc en déduire que  $f_{K^+} = \frac{F_{K^+}}{v_{K^+}}$
- On a donc  $f_{K^+} = \frac{4,74 \times 10^{-15}}{2 \times 10^{-3}} = 2,37 \times 10^{-12} \text{ kg.s}^{-1}$
- B. Faux. On sait que :  $B_{K^+} = \frac{1}{N \cdot f_{K^+}} = \frac{1}{6,022 \times 10^{23} \times 2,37 \times 10^{-12}} = 7 \times 10^{-13} \text{ s.kg}^{-1}$ . Attention aux unités.
- C. Faux.  $D_{K^+} = B_{K^+} \times R \times T = 7 \times 10^{-13} \times 8,31 \times 310 = 1,8 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$   
Attention à passer la température en Kelvin :  $T(K) = 37 + 273 = 310 \text{ K}$ .
- D. **Vrai.**
- E. **Vrai.** Quand la température augmente l'agitation thermique augmente et la diffusion est plus facile ( $B_i$  et  $D_i$  augmentent). En revanche si la taille ou la masse des solutés augmente, la diffusion est plus difficile ( $B_i$  et  $D_i$  diminuent).

### QCM n°10 : B, C, E

- A. Faux.  $J_D = P(C_1 - C_2) = 30 \cdot 10^{-10} (0,4 \cdot 10^3 - 0,15 \cdot 10^3) = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = 7,5 \cdot 10^{-11} \text{ mol.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- B. **Vrai.**  $dn/dt = J_D S = P(C_1 - C_2) S = 30 \cdot 10^{-10} (0,4 \cdot 10^3 - 0,15 \cdot 10^3) 600 \cdot 10^{-4} = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol.s}^{-1}$ .
- C. **Vrai.**  $D = P \cdot e = 30 \cdot 10^{-10} \times 10 \cdot 10^{-9} = 300 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2/\text{s} = 3 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .
- D. Faux.
- E. **Vrai.** Le compartiment 2 étant le moins concentré, un flux d'eau ira du compartiment 2 à 1 pour diluer le premier compartiment.

### QCM n°11 : A, D

- A. **Vrai.** Dans le cas des transports passifs, la force à l'origine du déplacement des molécules correspond à la différence de potentiel chimique (cas de la diffusion), ou à un champ électrique ou de pesanteur (cas de la migration) ou à un gradient de pression (cas de la convection).
- B. **Faux.** Pour tout transport passif on peut écrire :  $J_i = B_i \cdot C_i \cdot X_i$  avec  $B_i$  le coefficient de mobilité ;  $C_i$  la concentration de soluté ;  $X_i$  l'intensité de la force de transfert.  
On voit donc que le flux  $J_i$  est proportionnel à la concentration en soluté, la relation entre les deux est linéaire.
- C. **Faux.** Les trois types de transports passifs sont la diffusion, la migration et la **convection**.  
On notera qu'il existe deux types de migration, due à un champ gravitationnel, ou due à une différence de potentiel électrique.
- D. **Vrai.**
- E. **Faux.** Un débit peut de façon générale s'exprimer en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Cependant, le débit **de soluté** sera la plupart du temps exprimé en nombre de moles qui passe à travers la membrane par unité de temps ( $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ou en en masse par unité de temps ( $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Ce débit peut s'écrire  $\frac{\Delta n_i}{\Delta t} = J_D \cdot S$  avec  $J_D$  le flux et  $S$  la surface d'échange.

### QCM n°12 : C, E

- A. **Faux.** Par définition une membrane dialysante ne laisse pas diffuser les macromolécules mais uniquement le solvant et les petits ions. On trouve dans le cours l'exemple du glomérule rénal ne laissant pas passer l'albumine.
- B. **Faux.** En présence des protéines l'équilibre électrochimique (dont l'électroneutralité) prime sur l'équilibre des potentiels chimiques: il n'y a plus d'égalisation des concentrations en ion  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Cl}^-$  entre les deux compartiments. Cette inégalité de répartition va ainsi entraîner un gradient de potentiel électrique permanent :

C. **Vrai.** 
$$V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Ca}^{2+}]_1}{[\text{Ca}^{2+}]_2} = 6 \cdot 10^{-3} \Leftrightarrow \ln \frac{[\text{Ca}^{2+}]_1}{[\text{Ca}^{2+}]_2} = -\frac{zF}{RT} \times 6 \cdot 10^{-3}$$

$$\Leftrightarrow [\text{Ca}^{2+}]_2 = \frac{[\text{Ca}^{2+}]_1}{e^{\frac{zF \times 6 \cdot 10^{-3}}{RT}}} = \frac{90}{e^{\frac{2 \times 96500 \times 6 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times 310}}} = 141,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- D. **Faux.** Attention à ne pas oublier la  $\sqrt{\quad}$  !

$$\sqrt{[\text{Ca}^{2+}]_1} \times [\text{Cl}^-]_1 = \sqrt{[\text{Ca}^{2+}]_2} \times [\text{Cl}^-]_2 \Leftrightarrow [\text{Cl}^-]_2 = \frac{\sqrt{[\text{Ca}^{2+}]_1} \times [\text{Cl}^-]_1}{\sqrt{[\text{Ca}^{2+}]_2}} = \frac{\sqrt{90} \times 180}{\sqrt{141,049}}$$

$$= 143,768 \text{ mM}$$

- E. **Vrai.** D'après le principe d'électroneutralité :  $2[\text{Ca}^{2+}]_2 - [\text{Cl}^-]_2 + z[P] = 0 \Leftrightarrow z = \frac{[\text{Cl}^-]_2 - 2[\text{Ca}^{2+}]_2}{[P]} = \frac{143,783 - 2 \times 141,049}{16} = -8,645$ .

### QCM n°13 : B, C, E

- A. **Faux.** On est en présence d'une membrane idéalement semi-perméable c'est-à-dire qu'elle laisse passer le solvant mais est strictement imperméable au soluté. Le glucose ne peut pas diffuser, le flux de glucose est donc nul.
- B. **Vrai.**  $\Pi = RT\Delta C = 8,31 \times 310 \times (800 - 350) = 1159,245 \text{ kPa}$ . Notons que  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- C. **Vrai.** Il s'agit ici d'une membrane semi-perméable.
- D. **Faux.** Le flux de solvant va tendre à diluer les solutions afin d'égaliser les concentrations de part et d'autre de la membrane. Le solvant diffuse donc du compartiment le moins concentré en glucose vers le compartiment le plus concentré.
- E. **Vrai.** La membrane étant strictement imperméable au glucose la transmittance du glucose est nulle.

### QCM n°14 : B, D

- A. **Faux.** Attention à ne pas confondre spécificité et sélectivité. Les canaux ne laissent passer qu'un seul type de molécules, ils sont donc spécifiques de ce type de molécules.  
Au contraire les pores sont dits sélectifs car ils peuvent laisser passer toutes les molécules à condition qu'elles aient un poids moléculaire inférieur à un certain seuil.
- B. **Vrai.**

- C. Faux. Attention, quand on parle de source d'énergie extérieure pour un transport actif il s'agit d'une source extérieure aux molécules transportées, mais cette énergie est produite par la membrane ! (ex : ATPases). Si l'énergie est extérieure à la membrane il s'agit d'un transport passif (ex : énergie interne aux molécules pour la diffusion et la migration ; pompe cardiaque et convection)
- D. **Vrai.**
- E. Faux. Les protéines GLUT permettent un transport facilité, le glucose est donc transporté selon le gradient de concentration.