

# TUTORAT UE 3b 2013-2014 – Biophysique

## CORRECTION Séance n°5 – Semaine du 26/03/2014

### Transports membranaires 2

#### Pr Kotzki

#### QCM n°1 : A, C, D

##### A. Vrai :

Initialement, les GR du patient ont une forme de disque biconcave, c'est à dire normale.  
 $\Leftrightarrow$  osmolarité plasma = osmolarité GR = 278 mmol.L<sup>-1</sup>.

Lorsqu'on fait la perfusion de glucose, les GR gardent leur forme initiale  
 $\Leftrightarrow$  [glucose]<sub>injectée</sub> = osmolarité GR = 278 mmol.L<sup>-1</sup>.

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} \Leftrightarrow m = C \cdot V \cdot M = 278 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 180 = 50,04 \text{ g de glucose.}$$

##### B. Faux : n=C.V=278 mmol.

##### C. Vrai : on sait qu'il faut ajouter 50.04g de glucose pour obtenir une solution isotonique, donc pour une masse m>50.04g introduite, la solution sera hypotonique.

$$\text{(Si on fait le calcul : } C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{65}{180} = 0,361 \cdot 10^{-3} = 361 \text{ mmol.L}^{-1}\text{)}$$

La solution perfusée est donc hypertonique (361 > 278 mmol.L<sup>-1</sup>).

##### D. Vrai : Le flux de solvant (eau) va du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré, donc des GR vers le plasma : les GR vont se rétracter $\Leftrightarrow$ plasmolyse $\Leftrightarrow$ en cas de perfusion d'une solution hypertonique.

##### E. Faux : cf items C et D. Hémolyse $\Leftrightarrow$ entrée massive d'eau dans les GR causant leur éclatement $\Leftrightarrow$ plasma moins concentré que les GR $\Leftrightarrow$ en cas de perfusion d'une solution hypotonique

Petit tableau récapitulatif :

	Hémolyse	Plasmolyse
Perfusion / Solution	Hypotonique	Hypertonique
Flux de solvant	Plasma $\rightarrow$ GR	GR $\rightarrow$ plasma
GR	Gonfle jusqu'à éclatement	Se rétracte

#### QCM n°2 : A, C

##### A. Vrai : $\mu_i = \mu_i^0 + R \times T \times \ln \left( \frac{P_i}{P_0} \right)$

$$\mu_{(CO_2)} = \mu_{(CO_2)}^0 + R \times T \times \ln \left( \frac{P_{CO_2}}{P_0} \right) = - 24,1 \cdot 10^3 + 8,31 \cdot (273 + 35) \cdot \ln \left( \frac{4,5}{100} \cdot \frac{1,5}{1} \right)$$

$$\mu_{(CO_2)} = - 30 999,405 \text{ J.mol}^{-1} \approx - 31,0 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

avec 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = Pression atmosphérique = pression standard

$$P_i = x_i \cdot P = x_i \cdot 1,5 \text{ bar et } P_0 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Donc } \frac{P_i}{P_0} = \frac{0,045 \cdot 1,5}{1}$$

##### B. Faux : cf item A (on trouve ce résultat si on oublie de mettre la température en K)

##### C. Vrai $\mu_{(O_2)} = \mu_{(O_2)}^0 + R \times T \times \ln \left( \frac{P_{O_2}}{P_0} \right) = - 32,3 \cdot 10^3 + 8,31 \cdot (273 + 35) \cdot \ln \left( \frac{16,5}{100} \cdot \frac{1,5}{1} \right)$

$$\mu_{(O_2)} = - 35 873,92 \text{ J.mol}^{-1} \approx - 35,9 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\mu_{(N_2)} = \mu_{(N_2)}^0 + R \times T \times \ln \left( \frac{P_{N_2}}{P_0} \right) = - 51,2 \cdot 10^3 + 8,31 \cdot (273 + 35) \cdot \ln \left( \frac{79}{100} \cdot \frac{1,5}{1} \right)$$

$$\mu_{(N_2)} = - 50 765,55 \text{ J.mol}^{-1} \approx - 50,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Leftrightarrow \mu_{(O_2)} > \mu_{(N_2)}$$

##### D. Faux

##### E. Faux

### QCM n°3: B, C

A. Faux. Le chlorure de sodium se dissocie totalement en  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  en solution donc :

$$\omega = \frac{2 \times C}{M} = \frac{2 \times 12}{58,5} = 410 \text{ mmol.L}^{-1}$$

B. Vrai.  $\Delta\pi = RT\Delta\omega = 8,31 \times (273 + 25) \times \left(\frac{24 \cdot 10^3}{58,5} - 300\right) = 273\,036,8 \text{ Pa} \cong 273 \text{ kPa} \cong 2\,047 \text{ mmHg}$

C. Faux. Dans le cas de la plasmolyse, la pression hydrostatique n'est pas l'équivalent de la pression osmotique, la pression qu'on calcule est celle due à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane, on parle de pression hydrostatique dans le cadre de la sphérocytose seulement, ou la pression osmotique s'équilibre avec la contre pression hydrostatique créée par la tension superficielle de la membrane du globule rouge, cela donne la loi de la place :  $\Delta P = Ts \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$

D. Faux. La solution est hypertonique, il y a donc un flux sortant d'eau du globule rouge pour diluer celle-ci. La taille du globule rouge diminue.

E. Faux. L'osmolarité interne augmente. En effet, la perte en solvant entraîne une augmentation de la concentration à l'intérieur du globule rouge.

### QCM n°4: B, C

A. Faux.  $\Delta\pi = RT\Delta\omega = 8,31 \times (273 + 37) \times 0,9 = 2,3 \text{ kPa} = 17,4 \text{ mmHg}$ .

B. Vrai.  $J_a = \frac{P_{EV}E}{RT} (\Delta P_a - \Delta\pi) = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \times 18,1 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times (273+37)} \times (32 - 17,4) \times 133,4 = 4,11 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ .

C. Vrai.  $J_v = \frac{P_{EV}E}{RT} (\Delta P_v - \Delta\pi) = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \times 18,1 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times (273+37)} \times (15 - 17,4) \times 133,4 = -6,69 \cdot 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$ .

D. Faux. Attention, le référentiel d'étude est toujours la lumière vasculaire, ainsi on parle de sortie d'eau du capillaire vers le milieu interstitiel et d'entrée d'eau du milieu interstitiel vers le capillaire. La résultante des flux  $J_{\text{tot}}$  vaut  $J_{\text{tot}} = J_a + J_v = 4,11 \cdot 10^{-9} - 6,69 \cdot 10^{-10} = 3,442 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ .

$J_{\text{tot}} > 0$  donc le flux résultant est sortant.

E. Faux. Cf item D.

### QCM n°5: A, C

A. Vrai.  $J_{\text{tot}} > 0$  donc le flux résultant est sortant. Il existe par conséquent un risque d'œdème.

B. Faux. cf item A.

C. Vrai. Il s'agit d'une force de rappel d'eau qui s'explique par la plus forte concentration en protéines dans le compartiment vasculaire.

D. Faux.  $J_c = T \times c_i \times J_{\text{tot}}$  avec  $J_c$  étant le flux de soluté  $i$  et  $J_{\text{tot}}$  le flux de liquide.

$J_c = 0,96 \times 6 \times 3,442 \cdot 10^{-9}$  (cf QCM précédent, on prend le flux résultant) =  $1,98 \cdot 10^{-8} \text{ mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

E. Faux. cf item D. Attention, la valeur est juste mais il s'agit d'un phénomène de convection et non de diffusion.

### QCM n°6: B, E

A. Faux.  $V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Na}^+]_1 + r u_{K/uNa} [\text{K}^+]_1}{[\text{Na}^+]_2 + r u_{K/uNa} [\text{K}^+]_2} = -\frac{8,31 \times (273+37)}{96500} \times \ln \frac{15 + 3/2 \times 48 \times 150}{128 + 3/2 \times 48 \times 7} = -75,8 \text{ mV}$

Il s'agit d'une membrane **cellulaire au repos**, il ne faut donc pas oublier les pompes  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPases membranaires !

Les ions suivent la loi de Goldman "modifié", il ne faut donc pas oublier la constante de couplage  $r$

B. Vrai. cf item A.

C. Faux. La ddp est permanente, cela est dû à la présence des ATPases.

D. Faux. Le chlore ne joue aucun rôle au niveau des pompes ATPases, il diffuse jusqu'à égalisation des potentiels électrochimiques : sa répartition dépend du potentiel de membrane, elle suit la loi de Nernst.

E. Vrai.  $V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{Cl}^-]_1}{[\text{Cl}^-]_2}$  ;  $[\text{Cl}^-]_1 = e^{\frac{(V_1 - V_2)F}{RT}} \times [\text{Cl}^-]_2 = e^{\frac{(-0,0758) \times 96500}{8,31 \times (273+37)}} \times 110 = 6,43 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

### QCM n°7 : A, B, C

A. Vrai.

B. Vrai.

C. Vrai. Au repos, l'action des pompes Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPases membranaires doit être prise en compte (r=3/2). C'est lors d'une dépolarisation ou d'une repolarisation de la membrane que cette action sera négligeable et que l'on n'introduira pas la constante de couplage dans le calcul.

D. Faux. Les canaux voltage dépendant étant ouverts, l'action des pompes Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPases membranaires est négligeable.

E. Faux. C'est l'inverse. Au repos, les pompes Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPases font sortir le sodium et rentrer le potassium contre les gradients de concentration.

### QCM n°8 : D, E

A. Faux.  $\gamma = \omega^2 \cdot r = (2\pi \cdot 21)^2 \cdot 0,35 = 6093 \text{ m.s}^{-2} = 621g$

B. Faux. On calcule d'abord la masse molaire de la macromolécule :

$$M = \frac{m}{n} = \frac{45}{0,036} = 1250 \text{ g.mol}^{-1} = 1,250 \text{ kg.mol}^{-1}$$

On peut alors calculer la vitesse de sédimentation :

$$VS = \frac{M\gamma}{Nf} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\text{solution}}}{\rho_{\text{macromolécule}}}\right) = \frac{1,250 \times 6093}{6,022 \times 10^{23} \times 4 \times 10^{-8}} \cdot \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 2,108 \times 10^{-13} \text{ m.s}^{-1}$$

C. Faux.  $S = \frac{VS}{\gamma} = \frac{2,108 \times 10^{-13}}{6093} = 3,46 \times 10^{-17} \text{ s}$ . Attention à l'unité !

D. Vrai. 1 Svedberg =  $10^{-13} \text{ s}$

E. Vrai.  $J_S = VS \cdot C = 2,108 \times 10^{-13} \times \frac{0,036}{0,04 \cdot 10^{-3}} = 1,897 \times 10^{-10} \text{ mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

### QCM n°9 : C

A. Faux. La concentration en Cl<sup>-</sup> est la même dans chaque compartiment :

$$[\text{Cl}^-]_A = \frac{16,2 + 97,8}{0,3} = 380 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}^-]_B = \frac{75,9 + 38,1}{0,3} = 380 \text{ mmol.L}^{-1}$$

Il n'y aura donc pas de flux diffusif net d'ions Cl<sup>-</sup> d'un compartiment vers l'autre.

B. Faux.  $u_K > u_{Na}$ . Or, K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup> étant tous deux des cations monovalents, cela signifie que  $B_K > B_{Na}$  et donc que le K<sup>+</sup> diffuse plus vite que le Na<sup>+</sup>.

De plus, les concentrations dans les compartiments sont les suivantes :

$$[\text{K}^+]_A = 54 \text{ mmol.L}^{-1} \quad [\text{K}^+]_B = 253 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$[\text{Na}^+]_A = 326 \text{ mmol.L}^{-1} \quad [\text{Na}^+]_B = 127 \text{ mmol.L}^{-1}$$

Le K<sup>+</sup> diffusant plus vite du compartiment B vers A que le Na<sup>+</sup> du compartiment A vers B, il y aura apparition d'une ddp telle que  $V_A - V_B > 0$

C. Vrai.  $V_A - V_B = -\frac{RT}{zF} \cdot \ln \frac{[\text{Na}^+]_A + [\text{K}^+]_A \cdot u_K / u_{Na}}{[\text{Na}^+]_B + [\text{K}^+]_B \cdot u_K / u_{Na}} = -\frac{8,31 \times 298}{96500} \cdot \ln \frac{326 + 54 \times 45}{127 + 253 \times 45} = 36,7 \times 10^{-3} \text{ V}$

D. Faux. La ddp  $V_B - V_A$  varie dans le temps pour devenir nulle une fois l'équilibre chimique atteint.

E. Faux. La ddp créée a pour effet de ralentir le K<sup>+</sup> et d'accélérer le Na<sup>+</sup>, permettant d'atteindre tôt ou tard l'équilibre chimique (état d'équilibre, égalisation des concentrations des ions de part et d'autre de la membrane)

### QCM n°10 : F

A. Faux.  $\gamma = \omega^2 x$

$$\text{Donc } \omega = \sqrt{\frac{\gamma}{x}} = \sqrt{\frac{1,25 \cdot 10^4 \times 9,81}{0,25/2}} = 990,45 \text{ rad.s}^{-1}$$

B. Faux.  $v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{990,45}{2\pi} = 157,64 \text{ tours.s}^{-1}$

$$\text{Donc } v = 157,64 \times 60 = 9458,14 \text{ tours.min}^{-1}$$

C. Faux.  $S = \frac{VS}{\gamma} = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{1,25 \cdot 10^4 \times 9,81} = 4,08 \cdot 10^{-13} \text{ s} = 4,08 \text{ Svedberg}$

D. Faux.  $M = \frac{RTS}{D \times (1 - \frac{\rho'}{\rho})} = \frac{8,31 \times (273 + 20) \times 4,08 \cdot 10^{-13}}{6,8 \cdot 10^{-11} \times (1 - (\frac{1000}{1500}))} = 43,8 \text{ kg.mol}^{-1} = 43800 \text{ g.mol}^{-1}$

E. Faux. La vitesse étant constante, la composante tangentielle de l'accélération est nulle : l'accélération n'est représentée que par sa composante normale, et elle est dirigée vers le centre du cercle.

### QCM n°11 : A

A. **Vrai.**  $J_V = \frac{P_E}{RT} \cdot V_E \cdot \Delta P$  où  $\Delta P = P$ . D'où :

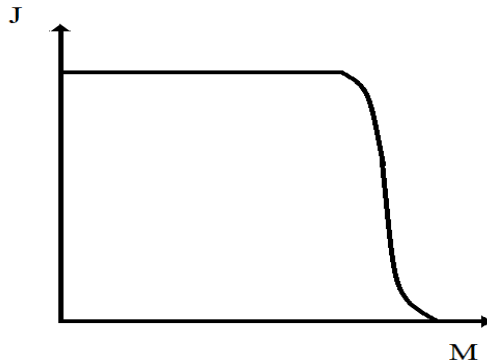
$$J_V = \frac{4 \times 10^{-4}}{8,31 \times 298} \times 18,1 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^5 = 8,77 \times 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$$

B. Faux.  $Q = J_V \cdot S = \frac{4 \times 10^{-4}}{8,31 \times 298} \times 18,1 \times 10^{-6} \times 2,5 \times 10^5 \times 0,018 = 1,32 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

C. Faux. C'est un flux convectif de soluté.  $J_c = \frac{Q \cdot C \cdot T}{S} = \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 0,7 \cdot 85}{180 \cdot 10^{-4}} = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

D. Faux. Coefficient de perméabilité hydraulique =  $\frac{P_E}{RT} \cdot V_E = \frac{4 \times 10^{-4}}{8,31 \times 298} \times 18,1 \times 10^{-6} = 2,92 \times 10^{-12} \text{ m.s.kg}^{-1}$ .

E. Faux. Le flux est constant jusqu'au point de coupure.



+

### QCM n°12 : A, D, E

A. **Vrai.**  $f = 6\pi r \eta = 6\pi \times \frac{12}{2} \cdot 10^{-6} \times 1,4 \cdot 10^{-3} = 15,8 \cdot 10^{-8} \text{ J.s.m}^{-2} = 15,8 \cdot 10^{-8} \text{ kg.s}^{-1}$

B. Faux.  $F = fv = Vg(\rho - \rho') = \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho') = \frac{4}{3}\pi (6 \cdot 10^{-6})^3 \times 9,81 \times (1080 - 1020) = 5,326 \cdot 10^{-13} \text{ N}$

C. Faux.  $P_a = \rho' V g = 1020 \times \frac{4}{3}\pi (6 \cdot 10^{-6})^3 \times 9,81 = 9,053 \cdot 10^{-12} \text{ N}$

D. **Vrai.**  $v = \frac{F}{f} = 3,363 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1} = 3,363 \cdot 10^{-6} \times 1000 \times 3600 = 12,11 \text{ mm.h}^{-1}$

E. **Vrai.** Lors de l'inflammation, la concentration en macromolécules linéaires du plasma (fibrinogène, globuline) est augmentée. Cela favorise l'agglomération des globules rouges en rouleau. La vitesse de sédimentation augmente.

### QCM n°13 : A, B, D, E

A. **Vrai.**  $J_a = \frac{P_E V_E}{RT} (\Delta P_a - \Delta \pi) = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \times 18,1 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times (273+37)} \times (48 - 25) \times 133,4 = 6,47 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$

B. **Vrai.**  $J_v = \frac{P_E V_E}{RT} (\Delta P_v - \Delta \pi) = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \times 18,1 \cdot 10^{-6}}{8,31 \times (273+37)} \times (8 - 25) \times 133,4 = -4,78 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$

C. Faux. On se place **toujours** dans la lumière capillaire. Au niveau veineux, le flux est donc entrant vers la lumière du capillaire.

D. **Vrai.**

E. **Vrai.** La pression oncotique est plus importante dans la lumière du capillaire que dans le milieu interstitiel. Il y a donc un flux diffusif d'eau de l'interstitium vers la lumière du capillaire.

### QCM n°14 : B, C, E

On est en présence d'une membrane dialysante, c'est-à-dire que les ions chargés vont pouvoir diffuser mais la macromolécule va rester bloquée dans son compartiment. La diffusion des ions obéit donc à l'équilibre de Donnan :  $[Na^+]_1 [Cl^-]_1 = [Cl^-]_2 [Na^+]_2$

$$\text{Soit } \frac{[Na^+]_1}{[Na^+]_2} = \frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1} = \frac{[NO_3^-]_2}{[NO_3^-]_1} = \frac{[K^+]_1}{[K^+]_2} = \frac{45}{30} = 1,5$$

A. Faux.  $[Cl^-]_1 = \frac{[Cl^-]_2}{1,5} = \frac{60}{1,5} = 40 \text{ mmol.L}^{-1}$

B. **Vrai.**

C. **Vrai.**  $[Na^+]_1 = 1,5 \times [Na^+]_2 = 1,5 \times 125 = 187,5 \text{ mmol.L}^{-1}$

D. Faux.

E. **Vrai.**  $[NO_3^-]_1 = \frac{[NO_3^-]_2}{1,5} = \frac{95}{1,5} = 63,3 \text{ mmol.L}^{-1}$

### QCM n°15 : A, D

A. **Vrai.** Faire de préférence le calcul avec les données de l'énoncé (pour éviter les erreurs):

$$V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[K^+]_1}{[K^+]_2} = -\frac{8,31 \times (273+27)}{96500} \times \ln \frac{45}{30} = -10,5 \text{ mV}$$

B. **Faux.** La diffusion de molécules chargées à travers une membrane dialysante entraîne une différence de potentiel qui obéit à la loi de Nernst (équilibre de Donnan). La ddp est permanente et ne s'annule donc pas à l'équilibre.

C. **Faux.** Elle est permanente à cause de la macromolécule non diffusible.

D. **Vrai.** La charge de la protéine est bien comprise entre -21 et -22.

L'électroneutralité dans le compartiment 1 donne :  $[Na^+]_1 + [K^+]_1 - [NO_3^-]_1 - [Cl^-]_1 + [P]_1 z_p = 0$

$$\Leftrightarrow 6z_p = -[Na^+]_1 - [K^+]_1 + [NO_3^-]_1 + [Cl^-]_1$$

$$\Leftrightarrow 6z_p = -187,5 - 45 + 63,3 + 40 = -129,2$$

$$\Leftrightarrow z_p = \frac{-129,2}{6} = -21,53$$

E. **Faux.** En l'absence de macromolécule, il y aura en effet égalisation des ions mais cela ne suivra pas la loi de Donnan.

### QCM n°16 : B, C, D

A. **Faux.** On est en présence d'une membrane cellulaire au repos, c'est-à-dire qu'elle possède des pompes ATPases. On utilise donc la loi de Goldman modifiée.

$$V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[Na^+]_1 + r.u \frac{K^+}{Na^+} \cdot [K^+]_1}{[Na^+]_2 + r.u \frac{K^+}{Na^+} \cdot [K^+]_2} = -\frac{8,31 \times (273+37)}{96500} \times \ln \frac{15 + \frac{3}{2} \times 45 \times \frac{150}{145 + \frac{3}{2} \times 45 \times 6}}{145 + \frac{3}{2} \times 45 \times 6} = -0,0778 \text{ V} = -78 \text{ mV}$$

B. **Vrai.**

C. **Vrai.**  $V_1 - V_2 = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{[Cl^-]_1}{[Cl^-]_2}$

$$[Cl^-]_1 = e^{\frac{(V_1 - V_2)F}{RT}} \times [Cl^-]_2 = e^{\frac{(-0,0778) \times 96500}{8,31 \times (273+37)}} \times 125 = 6,78 \text{ mmol.L}^{-1}$$

D. **Vrai.** On est en présence d'une membrane cellulaire au repos. La différence de potentiel dépend des pompes  $Na^+/K^+$  ATPases. Or le chlore ne joue aucun rôle à ce niveau, il diffuse donc passivement selon son gradient de concentration.

E. **Faux.** La source d'énergie est interne.