



TUTORAT UE 3b 2014-2015 – Biophysique

CORRECTION Séance n°5 – Semaine du 02/03/2015

Transports membranaires 2 Pr Kotzki

QCM n°1 : A, B, D, E

- A. **Vrai.** $c = \frac{n}{V} = \frac{400\text{mmol}}{2L} = 200\text{mmol.L}^{-1}$, la solution ayant une osmolarité inférieure à celle du globule rouge, elle est qualifiée d'hypotonique. Pour retrouver un équilibre, on observe un flux de solvant du compartiment le moins concentré vers le plus concentré ainsi, il y a un flux entrant d'eau dans le globule rouge d'où un gonflement (sphérocytose et risque d'hémolyse).
- B. **Vrai.** Le fait de diluer la solution provoque un flux d'eau vers le milieu intracellulaire jusqu'à l'équilibre des osmolarités. Ce gonflement s'accompagne d'une déformation de la membrane globulaire dont la T_s vient équilibrer l'augmentation de pression hydrostatique associée à la pression osmotique selon la loi de Laplace appliquée à une sphère: $T_s = \frac{\Delta P.R}{2}$. Si cette hyperpression est trop importante, la T_s de la membrane peut être insuffisante et la membrane n'est plus capable de résister; d'où l'éclatement du GR (phénomène d'hémolyse).
- C. **Faux.** $T_s = \frac{\Delta P.R}{2} = \frac{100 \times 8,31 \times 310 \times 3,5.10^{-6}}{2} = 0,45 \text{ N.m}^{-1}$
- D. **Vrai.** Si la concentration de la solution augmente jusqu'à devenir hypertonique, le coefficient de viscosité augmente ($f = 6\pi r\eta$), et donc sera supérieur à celui d'une solution isotonique et le rayon du globule rouge diminue.
- E. **Vrai.** Lors d'une dénutrition, la concentration en soluté du plasma diminue, le globule rouge étant dans une solution hypotonique gonfle et si la résistance de sa membrane diminue, le risque de rupture augmente, l'hémolyse sera précoce et il y aura un risque d'anémie.

QCM n°2 : B, C

- A. **Faux.** La pression s'appliquera du compartiment le plus concentré vers le compartiment le moins concentré.
- B. **Vrai.** La pression osmotique s'exerce du compartiment de plus forte osmolarité vers le compartiment de plus faible osmolarité. Mais le flux diffusif d'eau associé provoque une hyperpression hydrostatique dans le compartiment de plus forte osmolarité. Il apparaît alors un flux convectif d'eau en sens inverse qui vient équilibrer le flux diffusif osmotique. De plus, si la membrane est souple, c'est l'hyperpression qui provoque une déformation de la membrane, ce qui a pour effet de diluer le compartiment de forte osmolarité et de concentrer le compartiment de plus faible osmolarité pour se rapprocher d'une situation d'équilibre thermodynamique.
- C. **Vrai.** $Pa = \text{N.m}^{-2}$; $N = \text{kg.m.s}^{-2}$ donc $\text{N.m}^{-2} = \text{kg.m.s}^{-2}.\text{m}^{-2} = \text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$
soit $\Delta\pi = RT\Delta\omega \approx 8,31 \times 310 \times 1000 \approx 2,6.10^6 \text{ Pa}$.
- D. **Faux.** $\Delta\pi = \Delta P$ donc $Pa = \frac{\text{N.m}^{-2}.\text{m}^3}{\text{m}^3} = \frac{\text{N.m}}{\text{m}^3} = \text{J.m}^{-3}$ ($\text{Pa} = \text{N.m}^{-2} = \text{J.m}^{-1}.\text{m}^{-2} = \text{J.m}^{-3}$);
par conséquent, $\Delta P = 2,6 \times 10^6 \text{ J.m}^{-3}$.
- E. **Faux.** $\Delta P = \rho g \Delta h = \Delta\pi = RT\Delta\omega$
donc $\Delta h = \frac{RT\Delta\omega}{\rho g} = \frac{8,31 \times 310 \times 1000}{1000 \times 9,81} \approx 262,599 \text{ m d'eau}$.

QCM n°3 : C, D

- A. Faux. L'eau va se déplacer du compartiment le moins concentré vers le plus concentré (pour diluer le compartiment le plus concentré), ainsi si l'on place un globule rouge dans une solution hypertonique, l'eau se déplacera du globule rouge vers l'extérieur, on aura un risque de plasmolyse.
- B. Faux. $J = \frac{P_E V_E}{RT} \cdot (\Delta P - \Delta \Pi)$ donc si ΔP augmente, J augmente et on a une augmentation du flux extravasculaire, il y a un risque d'œdème et non de déshydratation.
- C. **Vrai.** Une baisse de la protéinémie entraîne une baisse de la pression oncotique $\Delta \Pi$ et donc une augmentation du flux sortant : $J = \frac{P_E V_E}{RT} \cdot (\Delta P - \Delta \Pi \downarrow) \uparrow$.
- D. **Vrai.** Une rupture de la barrière hémato-encéphalique : augmente le diamètre des pores donc de la transmittance des solutés (capacité d'un soluté à passer les membranes) ; augmente le coefficient de filtration et donc du flux sortant, ce qui entraîne des œdèmes.
- E. Faux. Au contraire : ΔP permet un flux sortant (c'est-à-dire vers le milieu interstitiel) tandis que $\Delta \Pi$ permet un flux entrant (c'est-à-dire vers le capillaire). Au début du capillaire et à l'état physiologique, $\Delta P > \Delta \Pi$, ainsi le passage de l'eau et des petites molécules nécessaires aux tissus aux cellules est accéléré.

QCM n°4 : B, C, D

- A. Faux. A l'état initial, les compartiments sont de même volume et de même concentration. L'osmolarité est donc identique en 1 et en 2 : la différence de pression osmotique est donc nulle et le système est à l'équilibre. La ddp est nulle. (3) Si l'on active la pompe Cl^- (4), il va y avoir passage des ions Cl^- du compartiment 2 au compartiment 1 (6). Ceci va entraîner un excès de charge – en 1 par rapport au compartiment 2 : on a donc création d'une ddp transitoire (1), car la ddp va pouvoir être neutralisée par le flux de Na^+ cette fois passif (force extérieure = ddp) du compartiment 2 vers le compartiment 1 (2). Ainsi, la ddp est à nouveau nulle. Néanmoins, on a maintenant une osmolarité supérieure dans le compartiment 1, les concentrations de Na^+ et Cl^- en 1 sont supérieures qu'en 2 : il y a donc création d'une différence de pression osmotique (5) s'exerçant du compartiment 1 vers le compartiment 2. Il y a donc diffusion d'eau du compartiment 2 vers le compartiment 1 (7).
- B. **Vrai.** Cf item A.
- C. **Vrai.** Cf item A.
- D. **Vrai.** Cf item A.
- E. Faux. C'est l'inverse.

QCM n°5: D

- A. Faux. $w = 2\pi v = 2\pi \times \frac{1920}{60} = 201 \text{ rad.s}^{-1}$. (Attention à bien convertir les tours/minute en tours/seconde en divisant par 60).
- B. Faux. $\gamma = w^2 \cdot x = (2\pi \cdot 32)^2 \cdot 30 \cdot 10^{-2} = 12127,77 \text{ m.s}^{-2} = 1236 \text{ g}$. (Attention, x dans la formule représente le rayon, et pour convertir en unité de pesanteur g, on divise par 9,81).
- C. Faux. $VS = S \cdot \gamma = 6 \cdot 10^{-13} \cdot (2\pi \cdot 32)^2 \cdot 30 \cdot 10^{-2} = 7,28 \text{ nm.s}^{-1}$. (Attention de ne pas oublier que la vitesse angulaire est au carré).
- D. **Vrai.** On commence par calculer la masse molaire M de la macromolécule :
- $$M = \frac{S \cdot N_f}{\left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right)} = \frac{6 \times 10^{-13} \times 6,023 \cdot 10^{23} \times 6 \times 10^{-11}}{\left(1 - \frac{\rho'}{2\rho'}\right)} = 43,3656 \text{ kg/mol.}$$
- On a introduit 12 μmol , soit $12 \times 10^{-6} \times 43,3656 \times 10^3 = 0,52 \text{ g}$. Attention, la masse molaire est calculée en kg/mol.

E. Faux.
$$D = \frac{RTS}{M(1 - \frac{\rho'}{\rho})} = \frac{8,31 \times (20 + 273) \times 6 \times 10^{-13}}{43,3656 \times 0,5} = 6,738.10^{-11} m^2.s^{-1}$$
 ou alors,

on utilise plus simplement la formule $D = \frac{RT}{Nf}$ (Attention à bien passer les °C en K).

QCM n°6 : D, E

A. Faux. $\rho' = 0,5\rho = 0,5 \cdot \frac{m}{V} = 0,5 \cdot \frac{0,52}{0,4} = 0,65 \text{ g.mL}^{-1} = 0,65 \text{ g.cm}^{-3} = 0,65 \text{ kg.dm}^{-3}$.

B. Faux. $\frac{0,52}{40} = 0,013 \text{ g.mL}^{-1}$ et non g.L^{-1} .

C. Faux. $d = \frac{\rho}{\rho_{eau}} = \frac{1,3}{1} = 1,3$ (on rappelle au passage que les densités n'ont pas d'unité).

D. **Vrai.** $J = w^2 \cdot x \cdot S \cdot C_{macromol\acute{e}ule} = (2\pi \cdot 32)^2 \times 30 \cdot 10^{-2} \times 6 \cdot 10^{-13} \times \frac{12 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-6}} = 2,183 \cdot 10^{-9} \text{ mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Attention à mettre le volume en m^3 .

E. **Vrai.**

QCM n°7 : C, D

A. Faux. C'est un flux entrant diffusif de liquide constant le long du capillaire. On parle de flux sortant convectif lié à la différence de pression hydrostatique.

B. Faux. C'est lié à l'augmentation du flux sortant.

C. **Vrai.** Le cœur droit n'assure plus sa fonction, d'où une accumulation de sang en amont causant une augmentation de la pression hydrostatique. Cette dernière entraîne un flux liquidien vers le secteur interstitiel (formation d'œdème).

D. **Vrai.** L'insuffisance hépatique entraîne un déficit de la synthèse de protéine et donc diminue la pression osmotique du sang. Cette dernière implique une diminution du flux entrant.

E. Faux. On parle ici d'une augmentation du coefficient de filtration. La barrière hémato-encéphalique induit un coefficient de filtration faible.

QCM n°8 : F

A. Faux. La pression oncotique est donnée par :

$$\Delta\pi = RTC_{osmol} = 8,31 \times (37 + 273) \times 1,5 = 3864,15 \text{ Pa} = \frac{3864,15}{133,4} = 29 \text{ mmHg}.$$

B. Faux. Elle est inférieure car la pression hydrostatique diminue de l'artériole vers la veinule où la pression hydrostatique est d'environ 10 mmHg.

C. Faux. On parle de flux sortant de liquide et non entrant: $\Delta P - \Delta\pi > 0$

$$Jv = \frac{PeVe}{RT} (\Delta Pa - \Delta\pi) = \frac{2,4 \times 18,1 \cdot 10^{-6}}{60 \times 100 \times 8,31 \times 310} \times (42 \times 133,4 - 3864,15) = 4,9 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}.$$

D. Faux. Il n'y a pas de relation directe entre le flux et la pression oncotique. On ne peut pas faire un produit en croix dans ce cas pour dire que le flux augmente aussi par 3 fois. Il faudrait augmenter la différence $(\Delta P - \Delta\pi)$ par 3.

E. Faux. Une augmentation de la pression hydrostatique risque de produire un œdème par excès de filtration au début du capillaire.

QCM n°9 : A, B, C, D

A. **Vrai.** Sous l'effet de la gravitation terrestre, le plasma a parcouru 7 mm en 1 h soit une vitesse de sédimentation du globule rouge de $7\text{mm}/1\text{h} = 7.10^3 \mu\text{m}/3600 \text{ s} = 1,94 \mu\text{m.s}^{-1}$.

B. **Vrai.** Il faut résoudre un système à deux équations :

$$\begin{cases} f = 6\pi r \eta \\ VS = \frac{2g(\rho - \rho')r^2}{9\eta} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \eta = \frac{f}{6\pi r} \\ VS = \frac{2g(\rho - \rho')r^2}{9 \times \frac{f}{6\pi r}} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \eta = \frac{f}{6\pi r} \\ r = \sqrt[3]{\frac{VS \times 9 \times f}{2 \times 6 \times g \pi (\rho - \rho')}} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \eta = \frac{f}{6\pi r} \\ r = \sqrt[3]{\frac{1,94.10^{-6} \times 9 \times 1,972.10^{-7}}{2 \times 6 \times 9,81 \times \pi (1400 - 1200)}} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \eta = \frac{1,972.10^{-7}}{6\pi \times 3,6.10^{-6}} = 2,9.10^{-3} \text{ Poiseuille} \\ r = 3,6 \mu\text{m} \end{cases}$$

C. **Vrai.** $m = \rho.V = \rho. \frac{4}{3}\pi r^3 = 1400. \frac{4}{3}\pi (3,6.10^{-6})^3 = 2,74.10^{-13} \text{ kg}$

$$E_c = 0,5mv^2 = 0,5 \times 2,74.10^{-13} \times (1,94.10^{-6})^2 = 5,172.10^{-25} \text{ J} = 5,172.10^{-25} \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-2}$$

D. **Vrai.** 3 forces s'appliquent sur la particule en suspension : 2 forces de décélération (poussée d'Archimède et force de frottement) et 1 force d'accélération (force gravitationnelle). La particule a une vitesse de sédimentation car elle acquiert une énergie cinétique par le biais de cette force résultante, dirigée vers le bas si $PA + f < F_g$.

E. **Faux.** En effet, la viscosité augmente mais le rayon augmente également : Dans la formule, la VS est inversement proportionnelle à la viscosité mais est proportionnelle au carré du rayon. Ainsi, la VS augmente même si la viscosité augmente.

QCM n°10 : E

A. **Faux.** $\gamma = \omega^2 x$ d'où $\omega = \sqrt{\frac{\gamma}{x}} = \sqrt{\frac{5000 \times 9,81}{7,5.10^{-2}}} = 808,7 \text{ rad.s}^{-1}$

Dans un tour l'angle angulaire parcouru = $2\pi \text{ rad}$

Nombre de tours = $\omega/2\pi = 128,7 \text{ tours.s}^{-1}$

Nombre de tours dans une minute = $91 \text{ tours.s}^{-1} \times 60 = 7723 \text{ tours.min}^{-1}$.

B. **Faux.**

C. **Faux.** La constante de sédimentation de la macromolécule représente le taux de sédimentation d'une particule, soit la vitesse de sédimentation par unité d'accélération (soit des secondes) : $S = \frac{VS}{\gamma}$.

D. **Faux.** $S = \frac{VS}{\gamma} = \frac{7.10^{-8}}{5000 \times 9,81} = 1,427115.10^{-12} \text{ s} = \frac{1,427115.10^{-12}}{10^{-13}} \text{ Svedbergs} = 14,3 \text{ Svedbergs}$.

E. **Vrai.** S est inversement proportionnelle à f : $S = \frac{M \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right)}{Nf}$.

QCM n°11: B, D, E

A. **Faux.** $M = \frac{RTS}{D(1 - \frac{\rho'}{\rho})} = \frac{8,31 \times (20 + 273) \times 1,427115.10^{-12}}{6.10^{-11} (1 - \frac{1000}{1200})} = 347,4782 \text{ kg.mol}^{-1} = 347\,000 \text{ g.mol}^{-1}$.

B. **Vrai.**

C. **Faux.** La masse molaire est indépendante de la température.

D. **Vrai.** $Mf = \frac{RT}{D}$ donc $f = \frac{RT}{DN} = \frac{8,31 \times (20 + 273)}{(6.10^{-11} \times 6,02.10^{23})} = 6,74.10^{-11} \text{ SI}$.

E. **Vrai.** $f = 6\pi r \eta$ donc $\eta = \frac{f}{6\pi r} = \frac{6,74.10^{-11}}{6\pi \times 7,5.10^{-6}} = 4,77.10^{-7} \text{ SI}$.

QCM n°12 : B, C, E

- A. Faux. Cette définition correspond à la définition du transport par migration, par exemple le transport provoqué par centrifugation est un transport par migration où l'énergie potentielle interne correspond au poids et la force permettant le mouvement est l'accélération. Le transport par convection est caractérisé par une force et une énergie externe à la molécule. Par exemple le transport du sang est un transport par convection où la force et l'énergie sont fournies par le cœur.
- B. **Vrai.** $J_c = T \cdot c_i \cdot J_v$ si J_v augmente alors J_c augmente aussi. J_v est proportionnel au coefficient de filtration lui-même proportionnel à la constante de diffusion. $P = \frac{D}{e}$ et $D = \frac{RT}{Nf}$, lorsque le coefficient de frottement diminue, la constante de diffusion augmente et finalement le flux de liquide augmente ce qui induit l'augmentation du transport convectif du soluté.
Pour rappel, le transport convectif du soluté est plus important au niveau du rein ($P = 29 \text{ cm/s}$) qu'au niveau du cerveau ($P = 0,001 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$).
- C. **Vrai.** Augmenter le coefficient de filtration revient à augmenter le flux de liquide, il y a donc un risque d'accumulation.
- D. Faux. Il ne faut pas oublier que le soluté intervient dans ce transport à travers la transmittance, en effet, une molécule avec une forte masse molaire aura tendance à avoir une transmittance relativement faible, cependant ce paramètre dépend à la fois de la taille du soluté mais aussi de la taille des pores de la membrane, ainsi que de l'épaisseur de la membrane.
- E. **Vrai.** Le flux de liquide s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. $\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$; $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{s} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

QCM n°13 : A, E

- A. **Vrai.** $V_s = \gamma \cdot S = 10000g \times 70 \times 10^{-13} = 10000 \times 9,81 \times 70 \times 10^{-13} = 6,867 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- B. Faux. $V_s = \frac{2\gamma(\rho - \rho')r^2}{9\eta}$ (particule sphérique) →
 $\frac{V_s \cdot 9\eta}{2\gamma r^2} = \rho - \rho' \implies \rho = \frac{V_s \cdot 9\eta}{2\gamma r^2} + \rho' = \frac{10000 \times 9,81 \times 70 \cdot 10^{-13} \times 9 \times 1 \cdot 10^{-3}}{2 \times 10000 \times 9,81 \times (12,5 \cdot 10^{-9})^2} + 1000 \approx 1201,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- C. Faux. $J_s = \gamma \cdot S \cdot c_i \implies c_i = \frac{J_s}{\gamma \cdot S} = \frac{1,4 \times 10^{-6}}{10000 \times 9,81 \times 70 \cdot 10^{-13}} \approx 2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$
- D. Faux. $F = PA + Ff = \rho'V\gamma + fv = 1000 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \gamma + 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot \gamma \cdot S = 1000 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (12,5 \cdot 10^{-9})^3 \times 10000 \times 9,81 + 6 \cdot \pi \cdot 12,5 \cdot 10^{-9} \times 10^{-3} \times 10000 \times 9,81 \times 70 \cdot 10^{-13} = 9,64 \cdot 10^{-16} \text{ N}$
- E. **Vrai.**

QCM n°14 : A, D, E

- A. **Vrai.** Dans le compartiment 1, on place du protéinate de calcium ($\text{p}^{2-}\text{Ca}_{11}^{2+}$) à la concentration de $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Ce sel va se dissocier dans l'eau pour former des ions calcium (Ca^{2+}) et des ions p^{2-} . Ainsi, pour chaque mole de sel il y aura 11 moles de Ca^{2+} . On a $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de sel introduit, donc on aura initialement $44 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de Ca^{2+} .
Dans le compartiment 2, on met $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de CaCl_2 donc on a $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de Ca^{2+} et $24 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2×12) de Cl^- .

Compartiment 1	Compartiment 2
$[\text{p}^{2-}] = 4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	$[\text{Cl}^-] = 24 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$
$[\text{Ca}^{2+}] = 44 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	$[\text{Ca}^{2+}] = 12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

Ainsi, on a bien un rapport de concentrations $[\text{Ca}^{2+}]_1 / [\text{Cl}^-]_2$ de $44/24$ soit $1,83$.

- B. Faux. $[\text{Ca}^{2+}]_1 = 47,557 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ mais $[\text{Cl}^-]_2 = 8,443 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Dans le compartiment 1 on a un excès de charge – par rapport au compartiment 2 donc il va y avoir déplacement de Ca^{2+} du compartiment 2 au 1. Cependant, cela entraîne un non respect de l'électronégativité dans chaque compartiment, donc ce mouvement de $x \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de Ca^{2+} entraîne avec lui $2x \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de Cl^- .

En effet, à l'équilibre on va avoir:

Compartiment 1	Compartiment 2
$[p^{2-}] = 4 \text{ mmol.L}^{-1}$	$[Ca^{2+}] = 0,5.[Cl^-] = 12-x$
$[Ca^{2+}] = 44 + x$	
$[Cl^-] = 2x$	

On nous dit que $[Cl^-]_2 = 16,886 \text{ mmol.L}^{-1}$, donc $Cl_2^- = \frac{12-x}{0,5} = 16,886 \Leftrightarrow x = 3,557 \text{ mmol.L}^{-1}$.

Ainsi, à l'équilibre :

Compartiment 1	Compartiment 2
$[p^{2-}] = 4 \text{ mmol.L}^{-1}$	$[Ca^{2+}] = 8,443 \text{ mmol.L}^{-1}$
$[Ca^{2+}] = 47,557 \text{ mmol.L}^{-1}$	
$[Cl^-] = 7,114 \text{ mmol.L}^{-1}$	$[Cl^-] = 16,886 \text{ mmol.L}^{-1}$

C. Faux. cf item B.

D. **Vrai.** $V_1 - V_2 = -\frac{RT}{F} \ln \left[\frac{[Cl^-]_2}{[Cl^-]_1} \right] = -\frac{RT}{F} \ln \sqrt{\frac{[Ca^{2+}]_1}{[Ca^{2+}]_2}} = -\frac{8,31 \times (30 + 273)}{96500} \ln \left(\frac{16,886}{7,114} \right) = -22,55 \text{ mV}.$

E. **Vrai.** Le gradient de potentiel électrique va être permanent car les concentrations ne vont pas pouvoir s'égaliser à cause de la présence des protéines chargées qui ne peuvent pas franchir la membrane.