

## Examen

### Questions ( 04 Pts)

\* Dans le cas d'une interface liquide-gaz, quels sont les paramètres qui déterminent la valeur de la constante de la tension superficielle d'un liquide ? Expliquer.

\* Selon la loi de Laplace, la surpression à l'intérieur d'une bulle de savon est de  $\Delta P = \frac{4 \cdot \sigma}{r}$ . Démontrer.

\* Quel est l'effet de la température sur la viscosité dynamique ? Justifier.

\* Le coefficient de diffusion dépend-t-il de la forme géométrique des particules concernées par le phénomène de diffusion ? Justifier.

### Exercice 01 (04 Pts)

Un tube capillaire a été étalonné à 20 °C avec de l'eau qui s'est élevée de 8,31 cm pour que l'équilibre soit atteint. Avec le même capillaire, un échantillon de mercure s'est abaissé de 3,67 cm.

- Sachant que  $\rho = 13595 \text{ Kg/m}^3$  pour le mercure, évaluer  $\sigma$  pour le mercure ?  $\sigma_{\text{eau}} = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ .
- Quel est le diamètre du capillaire utilisé ?

### Exercice 02 (04 Pts)

Dans une partie droite d'une artère de forme cylindrique de longueur 15 cm et de rayon 2 mm, le débit volumique de l'écoulement du sang est de 0,2 L/min.

- Le sang est-il un liquide réel (non parfait) ? Pourquoi ?
- Calculer la vitesse moyenne d'écoulement du sang au niveau d'une section de l'artère ?
- Si la viscosité dynamique du sang est de  $2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$  et sa masse volumique est de  $1,03 \text{ g/cm}^3$ . Calculer les pertes de charge entre les extrémités de l'artère ?
- Quel est le type d'écoulement du sang dans l'artère ?

### Exercice 03 (04 Pts)

Une membrane semi-perméable sépare deux solutions à 20 °C. La première contient 4 g de glucose (MM = 180 g/mol) complètement dissocié dans 10 L d'eau et l'autre contenant 9,5 g de  $\text{MgCl}_2$  (MM = 95 g/mol) dans un même volume d'eau dissocié à 50 %.

- Quel est le phénomène physique observé (diffusion libre, osmose ou osmose inverse) ? Expliquer ?
- Quelle est la pression osmotique résultante exercée sur la membrane ?

### Exercice 04 (04 Pts)

Le point de congélation de camphre est de 178,4 °C et sa constante cryoscopique  $K_c = 40 \text{ }^\circ\text{C.Kg/mol}$ .

Quel est le point de congélation d'une solution contenant 1,5 g d'un composé neutre de masse molaire MM = 125 g/mol complètement dissocié dans 35 g de camphre.

## Examen-Corrigé

### Questions ( 04 Pts)

\* Dans le cas d'une interface liquide-gaz, les paramètres qui déterminent la valeur de la constante de la tension superficielle d'un liquide sont :

- Nature du liquide : Selon les forces exercées entre les molécules qui définit le travail de cohésion ainsi que l'énergie libre (énergie potentielle de surface) ;
- Le milieu qui surmonte sa surface libre : afin de mettre en évidence le mouillement ;
- La température : Quand la température augmente la tension superficielle diminue, car l'agitation thermique qui s'accroît tend à masquer les effets des forces de liaisons intermoléculaires.

\*Selon la loi de Laplace, la surpression à l'intérieur d'une bulle de savon est de  $\Delta P = \frac{4\sigma}{r}$ .

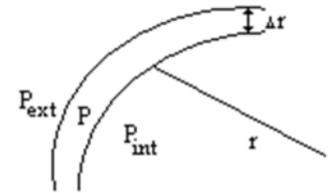
Démonstration : Si ( $\sigma$ ) est la tension superficielle de la solution du savon, ( $r$ ) le rayon intérieur et ( $r+\Delta r$ ) le rayon extérieur, on peut écrire

$$P - P_{ext} = \frac{2\sigma}{r+\Delta r} : \text{Surpression créée par la couche externe}$$

$$P_{int} - P = \frac{2\sigma}{r} : \text{Surpression créée par la couche interne}$$

La surpression ( $\Delta P$ ) à l'intérieur de la bulle est donnée, donc, par :

$$\Delta P = P_{int} - P_{ext} \Rightarrow \Delta P = \left(\frac{2\sigma}{r+\Delta r}\right) + \left(\frac{2\sigma}{r}\right) \cong \frac{4\sigma}{r}$$



\* L'effet de la température sur la viscosité dynamique : La viscosité des liquides, comme tous les effets dus aux forces intermoléculaires, décroît quand la température augmente. Lors d'une baisse de température, le liquide est refroidi, le mouvement de ses particules se ralentit et celles-ci se rapprochent les unes des autres. Le liquide se comprime, son volume baisse et son écoulement se ralentit. En effet, les basses températures accroissent la viscosité car le flux des particules devient difficile. Une hausse de la température produit l'effet contraire. Lorsqu'un liquide est chauffé, son écoulement s'accélère car sa viscosité est diminuée.

\* Oui, le coefficient de diffusion dépend de forme géométrique des particules concernées par le phénomène de diffusion. La diffusion est la migration (déplacement) des particules du milieu plus concentré vers le milieu moins concentré à cause de la non-uniformité de la densité volumique de particules. La diffusion tend à homogénéiser la concentration en particules.

$$D = \frac{K.T}{f} \Rightarrow D = \frac{K.T}{6.\pi.r.\eta} : D \text{ est inversement proportionnel à } r \text{ (le rayon de la particule supposée sphérique)}$$

### Exercice 01 (04 Pts)

- La tension superficielle du mercure : par application de la loi de Jurin :

0.5pts

$$\left. \begin{aligned} \frac{2.\sigma}{R} &= \rho.g.l \\ \frac{2.\sigma'}{R} &= \rho'.g.l' \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sigma' = \left(\frac{\rho'}{\rho}\right) \cdot \left(\frac{l'}{l}\right) \cdot \sigma$$

0.5pts

0.5pts

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= 73.10^{-3} N.m^{-1} \\ \rho &= 1000 Kg.m^{-3} \\ \text{A.N: } l &= 8,31.10^{-2} m \\ \rho' &= 13595 Kg.m^{-3} \\ l' &= 3,67.10^{-2} m \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sigma' = 438,3.10^{-3} N.m^{-1}$$

0.5pts

- Le diamètre du capillaire utilisé :

0.5pts

$$\left. \begin{aligned} \frac{2.\sigma}{R} &= \rho.g.l \\ d &= 2R \end{aligned} \right\} \Rightarrow d = \frac{4.\sigma}{\rho.g.l}$$

ou bien  $\left. \begin{aligned} \frac{2.\sigma'}{R} &= \rho'.g.l' \\ d &= 2R \end{aligned} \right\} \Rightarrow$

0.5pts

0.5pts

$$d = \frac{4 \cdot \sigma'}{\rho \cdot g \cdot l'} \quad \left. \begin{array}{l} \sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \\ \rho = 1000 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3} \\ l = 8,31 \cdot 10^{-2} \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow d = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

0.5pts

**Exercice 02 (04 Pts)**

1pt

- Nature du sang :

Le sang est un liquide réel (non parfait) car il présente une viscosité non nulle et son écoulement s'effectue avec des vitesses différentes au sein d'une même section. Autrement dit, il y a des forces de frottement entre les molécules du sang.

- La vitesse moyenne d'écoulement du sang au niveau d'une section de l'artère :

0.25

$$Q = S \cdot v_{\text{moy}} = \pi r^2 \cdot v_{\text{moy}} \Rightarrow v_{\text{moy}} = \frac{Q}{\pi r^2}$$

0.25

0.25

$$\left. \begin{array}{l} \text{A.N: } Q = 0,2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 3,33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ r = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow v_{\text{moy}} = 0,265 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

0.25

- Les pertes de charge entre les extrémités de l'artère :

0.25

$$Q = \frac{\Delta P \pi r^4}{8 \eta l} \Rightarrow \Delta P = \frac{8 \eta l Q}{\pi r^4}$$

0.25

$$\left. \begin{array}{l} \text{A.N: } Q = 0,2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 3,33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ l = 15 \text{ cm} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ r = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ \eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta P = 159,08 \text{ Pa}$$

0.25

0.25

Ou bien :

0.25

$$v_{\text{max}} = 2 \cdot v_{\text{moy}} = \frac{\Delta P r^2}{4 \eta l} \Rightarrow \Delta P = \frac{8 \cdot \eta \cdot l \cdot v_{\text{moy}}}{r^2}$$

- Le type d'écoulement du sang dans l'artère :

0.25

$$N_R = \frac{2 \cdot \rho \cdot v_{\text{moy}} \cdot r}{\eta}$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho = 1,03 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1030 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3} \\ v_{\text{moy}} = 0,265 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ r = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ \eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \end{array} \right\}$$

0.25

$$\Rightarrow N_R = \frac{2 \cdot 1030 \cdot 0,265 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow N_R = 546$$

0.25

L'écoulement est laminaire, car  $N_R < 2000$

0.25

0.5

0.5

**Exercice 03 (04 Pts)**

- le phénomène observé est l'osmose car la membrane est sélective. elle ne permet que le passage des molécules de solvant.

- La pression osmotique résultante :

(on suppose que le solvant se déplace du compartiment 2 vers le compartiment 1)

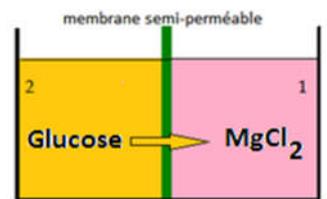
$$\Delta \pi = \pi_1 - \pi_2$$

Avec :  $\pi_1$  : la pression osmotique exercée par le contenu du compartiment 1 ( $\text{MgCl}_2$ ) sur la membrane et  $\pi_2$  : la pression osmotique exercée par le contenu du compartiment 2 (Glucose) sur la membrane.

On a :

$$\pi_1 = \pi_{\text{MgCl}_2} \text{ et } \pi_2 = \pi_{\text{Glucose}} \Rightarrow \Delta \pi = \pi_{\text{MgCl}_2} - \pi_{\text{glucose}}$$

0.5



Par définition de la pression osmotique exercée par une solution :  $\pi = \beta \cdot C_m \cdot R \cdot T$  et  $\beta = 1 + \alpha(\gamma - 1)$  tel que :  $\alpha$  est taux de dissociation et  $\gamma$  est le nombre d'ions libérés par une molécule totalement dissociée

- Le glucose est complètement dissocié :  $\beta = 1$  ;

0.25

0.25

- 50% des molécules de  $\text{MgCl}_2$  sont dissociées :  $\text{MgCl}_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{++} + 2\text{Cl}^- \Rightarrow \beta = 1 + \frac{1}{2}(3 - 1) = 2$

Finalement :

$$\Delta\pi = (\beta_{MgCl_2} \cdot C_{m MgCl_2} \cdot R \cdot T) - (\beta_{glucose} \cdot C_{m glucose} \cdot R \cdot T) \Rightarrow \Delta\pi = R \cdot T \cdot (\beta_{MgCl_2} \cdot C_{m MgCl_2} - \beta_{glucose} \cdot C_{m glucose})$$

Puisque

$$\left. \begin{aligned} C_m &= \frac{n}{V} \\ n &= \frac{m}{M} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_m = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$\Delta\pi = R \cdot T \cdot \left[ \beta_{MgCl_2} \cdot \frac{m_{MgCl_2}}{M_{MgCl_2} \cdot V_{MgCl_2}} - \beta_{glucose} \cdot \frac{m_{glucose}}{M_{glucose} \cdot V_{glucose}} \right]$$

$$\left. \begin{aligned} R &= 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \\ T &= 20^\circ\text{C} = 293\text{K} \\ \beta_{glucose} &= 1; \beta_{MgCl_2} = 2 \\ m_{glucose} &= 4 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}; m_{MgCl_2} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \\ M_{glucose} &= 180 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{mol}^{-1}; M_{MgCl_2} = 95 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{mol}^{-1} \\ V_{glucose} &= V_{MgCl_2} = 10^{-2} \text{ m}^3 \end{aligned} \right\}$$

A. N:  $\Delta\pi = 8,31 * 293 * \left[ 2 * \frac{9,5 \cdot 10^{-3}}{95 \cdot 10^{-3} * 10^{-2}} - 1 * \frac{4 \cdot 10^{-3}}{180 \cdot 10^{-3} * 10^{-2}} \right] \Rightarrow \Delta\pi = 0,433 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

**Exercice 04 (04 Pts)**

- Le point de congélation de la solution

$$\left. \begin{aligned} \Delta T_c &= T_{c \text{ solvant}} - T_{c \text{ solution}} \\ \Delta T_c &= K_c \cdot m_l \\ m_l &= \frac{n_{\text{soluté}}}{m_{\text{solvant}}} \\ n_{\text{soluté}} &= \frac{m_{\text{soluté}}}{M_{\text{soluté}}} \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow T_{c \text{ solution}} = T_{c \text{ solvant}} - \left( \frac{m_{\text{soluté}} \cdot K_e}{m_{\text{solvant}} \cdot M_{\text{soluté}}} \right)$$

Application numérique :

$$\left. \begin{aligned} m_{\text{soluté}} &= 1,5\text{g} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \\ K_c &= 40^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1} \\ m_{\text{solvant}} &= 35\text{g} = 35 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \\ M_{\text{soluté}} &= 125\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 125 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{mol}^{-1} \\ T_{c \text{ solvant}} &= 178,4^\circ\text{C} \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow T_{c \text{ solution}} = 178,4 - \left( \frac{1,5 \cdot 10^{-3} * 40}{35 \cdot 10^{-3} * 125 \cdot 10^{-3}} \right) = 164,68^\circ\text{C}$$