Examen

Exercice 1 (3Pts)

Deux gouttes de mercure ($\sigma = 490.10^{-3}$ N/m et d = 13,6) de rayon r = 2,5 mm fusionnent en une seule. Quelle est la variation de l'énergie libre au cours de cette transformation ? Commentez.

Exercice 2 (4Pts)

On mesure le temps de chute d'une bille en Aluminium de densité d = 2,7 entre deux graduations d'un viscosimètre.

1. S'il est rempli d'eau, ce temps est t_0 = 40 s alors qu'il est égal à 43,8 s dans le plasma sanguin de densité d_s = 1,02. Quelle est la viscosité du plasma sanguin sachant qu'à 20 °C, la viscosité de l'eau est égale à 10^{-3} Pl ?
2. Le sang étant une suspension de globules rouges supposées sphériques dans le plasma, quel est le rayon moyen des globules rouges sachant que la vitesse de sédimentation est de 4,14 mm/heure et leur densité est de 1,1 ?

Exercice 3 (5Pts)

On étudie, à la même température, la diffusion de macromolécules comme la ribonucléase et le virus de la mosaïque du tabac à travers une membrane identique. Dans ces conditions, quelle est la masse molaire du virus de la mosaïque du tabac sachant que : $D_{ribonucléase} = 10{,}68.10^{-7}$ cm²/s ; $D_{virus\ du\ tabac} = 0{,}73.10^{-7}$ cm²/s ; $M_{ribonucléase}$ = 13700 g/mole.

Exercice 4 (5Pts)

Une centrifugeuse tourne avec une vitesse de 6000 tr/mn.

1. Déterminer l'accélération et la force centrifuge pour une particule sphérique de densité 1,35 située à 11,5 cm de l'axe de rotation ?
2. Sachant que cette particule parcourt 3 cm en 20 minutes. Calculer la constante de Svedberg ?
3. Si la viscosité du milieu est $1{,}1.10^{-3}$ Pl. Quel serai le rayon de la particule ?
4. Déterminer la masse molaire de la particule. En déduire le coefficient de diffusion à 50 °C ?

Exercice 5 (3Pts)

Calculer la pression osmotique à 27 °C d'une solution aqueuse contenant 9 g de glucose et 2,925 g de NaCl dans un litre de solvant. R = 8,31 J.K/mole ; M_{NaCl} = 58,5 g/mole ; $M_{glucose}$ = 180 g/mole.

Bon Courage

Corrigé de l'examen

Exercice 01

La variation de l'énergie libre au cours de cette transformation : 0,25

On a, par définition : $\Delta W = \sigma\, \Delta S$ 1 0,25

Avant la fusion : $\Delta W_1 = \sigma\,(\Delta S_1 + \Delta S_2) = 2\,\sigma\,\Delta S_1 = 2\sigma(4\pi r^2)$ 2 0,25

Apres la fusion : $\Delta W_2 = \sigma\,\Delta S_2 = \sigma(4\pi R^2)$ 3

La variation de l'énergie libre est : 0,25

$\Delta W = \Delta W_2 - \Delta W_1 = 4\pi\sigma R^2 - 8\pi\sigma r^2 = 4\pi\sigma(R^2 - 2r^2)$ 4

Pendant la transformation, le volume étant constant :

$V_1 = V_2 \Leftrightarrow 2\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) = \left(\frac{4}{3}\pi R^3\right) \Rightarrow R = r\sqrt[3]{2}$

On remplace R par son expression dans l'équation 4 :

$\Delta W = 4\pi\sigma(R^2 - 2r^2) = 4\pi\sigma\left(\left(r\sqrt[3]{2}\right)^2 - 2r^2\right) = 4\pi\sigma r^2\left(\sqrt[3]{4} - 2\right)$ 1

Application numérique :

$$\left.\begin{array}{r}\sigma = 490.10^{-3} N.m^{-1}\\ r = 2{,}5\ mm = 2{,}5.10^{-3}\ m\end{array}\right\} \Rightarrow \Delta W = 4 * 3{,}14 * 490.10^{-3} * (2{,}5.10^{-3})^2 * \left(\sqrt[3]{4} - 2\right)$$ 0,5

$$\Rightarrow \Delta W = -15{,}8.10^{-6}\, Joul$$

La fusion s'accompagne d'une perte en énergie libre de 15,8 $\mu Joul$ 0,5

Exercice 2

1. *<u>La viscosité du plasma sanguin :</u>*

A partir de la formule de Stokes, la vitesse de sédimentation est donnée, dans l'eau et dans le plasma saunguin), par :

$$\left.\begin{array}{l} v_{eau} = \frac{2.r^2.(\rho_{bille} - \rho_{eau}).g}{9.\eta_{eau}}\\ v_{plasma} = \frac{2.r^2.(\rho_{bille} - \rho_{plasma}).g}{9.\eta_{plasma}}\end{array}\right\} \Longrightarrow \frac{v_{plasma}}{v_{eau}} = \frac{(\rho_{bille} - \rho_{plasma})}{(\rho_{bille} - \rho_{eau})}.\frac{\eta_{eau}}{\eta_{plasma}} \quad \text{..........1}$$ 0,5

D'autre part, la vitesse de sédimentation est donnée par : (h est la distance entre les deux graduations du viscosimètre)

$$\left.\begin{array}{l} v_{eau} = \frac{h}{t_{eau}}\\ v_{plasma} = \frac{h}{t_{plasma}}\end{array}\right\} \Longrightarrow \frac{v_{plasma}}{v_{eau}} = \frac{t_{eau}}{t_{plasma}} \quad \text{..........2}$$ 0,5

A partir de 1 et de 2, la viscosité du plasma sanguin est donnée par :

$$\eta_{plasma} = \frac{(\rho_{bille} - \rho_{plasma})}{(\rho_{bille} - \rho_{eau})}.\left(\frac{t_{plasma}}{t_{eau}}\right).\eta_{eau}$$ 1

Application numérique :

$$\left.\begin{array}{r} \rho_{bille} = 2{,}7 * 1000 = 2700 Kg.m^{-3}\\ \rho_{plasma} = 1{,}02 * 1000 = 1020 Kg.m^{-3}\\ \rho_{eau} = 1000 Kg.m^{-3}\\ t_{plasma} = 43{,}8s\\ t_{eau} = 40s\\ \eta_{eau} = 10^{-3} Pl\end{array}\right\} \Rightarrow \eta_{plasma} = \frac{(2700 - 1020)}{(2700 - 1010)} * \left(\frac{43{,}8}{40}\right) * 10^{-3} = 1{,}08.10^{-3} Pl$$ 0,5

2. *Le rayon moyen des globules rouges :*

1

$$v = \frac{2.r^2.(\rho_{globules} - \rho_{plasma}).g}{9.\eta} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{9.v.\eta}{2.(\rho_{globules} - \rho_{plasma}).g}}$$

Application numérique :

0,5

$$\left.\begin{array}{r} \rho_{globules} = 1{,}1 * 1000 = 1100Kg.m^{-3} \\ \rho_{plasma} = 1{,}02 * 1000 = 1020Kg.m^{-3} \\ v = 4{,}14mm.h^{-1} = 1{,}15.10^{-5}m.s^{-1} \\ \eta = 1{,}08.10^{-3}Pl \\ g = 10m.s^{-2} \end{array}\right\} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{9 * 1{,}15.10^{-5} * 1{,}08.10^{-3}}{2 * (1100 - 1020) * 10}} = 8{,}36.10^{-6}m$$

Exercice 3

La masse molaire du virus de la mosaïque du tabac :

Par définition du coefficient de diffusion, la masse et le volume de la macromolécule du virus de la mosaïque du tabac :

2

1

$$\left.\begin{array}{c} D = \frac{KT}{f} \\ f = 6.\pi.r.\eta \\ K = \frac{R}{N_a} \\ M = m.N_a \\ m = \rho.V \\ V = \frac{4}{3}.\pi.r^3 \end{array}\right\} \Longrightarrow D = \frac{R.T}{6.\pi.\eta.N_a.\sqrt[3]{\frac{3.M}{4.\pi.\rho.N_a}}} = \frac{A}{\sqrt[3]{M}} \qquad \text{Avec } A = \frac{R.T}{6.\pi.\eta.N_a.\sqrt[3]{\frac{3}{4.\pi.\rho.N_a}}}$$

Donc ;

1

$$\left.\begin{array}{r} D_{ribonucl\acute{e}ase} = \frac{A}{\sqrt[3]{M_{ribonucl\acute{e}ase}}} \\ D_{virus} = \frac{A}{\sqrt[3]{M_{virus}}} \end{array}\right\} \Longrightarrow \frac{D_{ribonucl\acute{e}ase}}{D_{virus}} = \sqrt[3]{\frac{M_{virus}}{M_{ribonucl\acute{e}ase}}} \Longrightarrow M_{virus} = \left(\frac{D_{ribonucl\acute{e}ase}}{D_{virus}}\right)^3 .M_{ribonucl\acute{e}ase}$$

Application numérique :

1

$$\left.\begin{array}{r} D_{ribonucl\acute{e}ase} = 10{,}68.10^{-7}cm^2.s^{-1} \\ D_{virus} = 0{,}73.10^{-7}cm^2.s^{-1} \\ M_{ribonucl\acute{e}ase} = 13700g.mole^{-1} \end{array}\right\} \Rightarrow M_{virus} = \left(\frac{10{,}68.10^{-7}}{0{,}73.10^{-7}}\right)^3 * 13700 = 4{,}29.10^7g.mole^{-1}$$

Exercice 4

1. *L'accélération de la particule et la force centrifuge :*

0,5

$$\left.\begin{array}{l} a_c = w^2x \\ w = 2\pi\upsilon \end{array}\right\} \Rightarrow a_c = (2\pi\upsilon)^2 x$$

Application numérique :

0,25

$$\left.\begin{array}{l} \upsilon = 6000tr/mn = 100tr/S \\ x = 11{,}5cm = 11{,}5.10^{-2}m \end{array}\right\} \Rightarrow a_c = (2*3{,}14*100)^2 * 11{,}5.10^{-2} \Rightarrow a_c = 4{,}53.10^4 m/S^2$$

<u>La force centrifuge</u>

0,5

$$F_C = m.a_C = m.(w^2.x) = \rho.V.(w^2.x) = \rho.V.a_C$$

Application numérique :

0,25

$$\left.\begin{array}{l} a_c = 4{,}53.10^4\ m/S^2 \\ \rho = 1350\ Kg.m^{-3} \\ V = 4/3*3.14*(8{,}83.10^{-8})^3 \end{array}\right\} \Rightarrow F_C = \frac{4}{3}*3{,}14*(8{,}83.10^{-8})^3*4{,}53.10^4 \Rightarrow F_C = 1{,}76.10^{-13}\ N$$

2. <u>La constante de Svedberg :</u>

0,75

Par définition de la constante de Svedberg :

$$\left.\begin{array}{c} S = \dfrac{v}{W^2.x} \Rightarrow S = \dfrac{ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)}{W^2.(t_2 - t_1)} \\ W = 2.\pi.\upsilon \end{array}\right\} \Rightarrow S = \frac{ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)}{(2.\pi.\upsilon)^2.(t_2 - t_1)}$$

Application numérique :

$$\left.\begin{array}{c} x_2 = 11{,}5 + 3 = 14{,}5cm = 14{,}5.10^{-2}m \\ x_1 = 11{,}5cm = 11{,}5.10^{-2}m \\ \upsilon = 6000tr.min^{-1} = 100tr.s^{-1} \\ t_2 = 20min = 1200s \\ t_1 = 0s \end{array}\right\} \Rightarrow S = \frac{ln\left(\frac{14{,}5.10^{-2}}{11{,}5.10^{-2}}\right)}{(2*3{,}14*100)^2.(1200-0)} = 4{,}9.10^{-10}\ s = 4{,}9.10^3\ Sv$$

0,25

3. <u>Le rayon de la particule :</u>

En régime stationnaire : $\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F} + \vec{A} + \vec{f} = \vec{0}$

Avec : $\vec{F}$ *est la force centrifugeuse (=*mw^2x*),* $\vec{f}$ *est la force des frottements (=*$6\pi r\eta v$*),* $\vec{A}$ *est la poussée d'Archimède (=*m_0w^2x*)*

Apres projection :

0,75

$$F - A - f = 0 \Rightarrow (m.w^2.x) - (m_0.w^2.x) - (6.\pi.\eta.r.v) = 0 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{9.\eta.\ln\left(x_2/x_1\right)}{2.w^2.(\rho-\rho_0).(t_2-t_1)}}$$

Application numérique :

$$\left.\begin{array}{l} \eta = 1{,}1.10^{-3}\ Pl \\ x_2 = (11{,}5+3)cm = 14{,}5.10^{-2}\ m \\ x_1 = 11{,}5cm = 11{,}5.10^{-2}\ m \\ w = (2*3{,}14*100)rd/S = 628rd/S \\ \rho = 1{,}35.10^3\ Kg/m^3 \\ \rho_0 = 10^3\ Kg/m^3 \\ t_2 = 20mn = 1200S \\ t_1 = 0S \end{array}\right\} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{9*1{,}1.10^{-3}*\ln\left(\dfrac{14{,}5.10^{-2}}{11{,}5.10^{-2}}\right)}{2*(628)^2*(1{,}35.10^3 - 10^3)*(1200-0)}} \Rightarrow r = 8{,}32.10^{-8}m$$

0,25

4. <u>La masse molaire de la particule et le coefficient de diffusion :</u>

$$M = \frac{6\pi r\eta vNa}{w^2x\left(1 - \dfrac{\rho_0}{\rho}\right)} \Rightarrow M = \frac{f.Sv.Na}{\left(1 - \dfrac{\rho_0}{\rho}\right)}$$

0,5

Avec : f le coefficient des frottements (=$6\pi r\eta$*) ; Sv la constante de Svedberg (=*$\dfrac{v}{w^2x}$*)*

Application numérique :

$$\left.\begin{array}{l} r = 8{,}32.10^{-8}\ m \\ \eta = 1{,}1.10^{-3}\ Pl \\ v = \dfrac{dx}{dt} = \dfrac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{3.10^{-2}}{20*60} = 2{,}5.10^{-5}\ m/S \\ Na = 6{,}023.10^{23}\ molecules \\ w = (2*3{,}14*100)rd/S = 628\,rd/S \\ x = 11{,}5\,cm = 11{,}5.10^{-2}\ m \\ \rho = 1{,}35.10^{3}\ Kg/m^3 \\ \rho_0 = 10^3\ Kg/m^3 \end{array}\right\} \Rightarrow M = \frac{6*3{,}14*8{,}32.10^{-8}*1{,}1.10^{-3}*2{,}5.10^{-5}*6{,}023.10^{23}}{(628)^2*11{,}5.10^{-2}*\left(1-\dfrac{10^3}{1{,}35.10^3}\right)}$$

$$\Rightarrow M = 2{,}2.10^{6}\ Kg/mole$$

0,25

Le coefficient de diffusion :

Par définition du coefficient de diffusion : $D = \dfrac{KT}{f} = \dfrac{KT}{6\pi r\eta}$

0,5

Avec K constante de Boltzmann (=R/Na=1,38.10^{-23} m^2 kg s^{-2} K^{-1})
Application numérique :

$$\left.\begin{array}{l} R = 8{,}32\ Joule.mole^{-1}.K^{-1} \\ T = (273+50)\,K \\ Sv = 5{,}52.10^{-10}\ S \\ M = 2{,}2.10^{6}\ Kg.mole^{-1} \\ \rho = 1{,}35.10^{3}\ Kg/m^3 \\ \rho_0 = 10^3\ Kg/m^3 \end{array}\right\} \Rightarrow D = \frac{8{,}32*323*5{,}52.10^{-10}}{2{,}2.106*\left(1-\dfrac{10^3}{1{,}35.10^3}\right)} \Rightarrow D = 2{,}6.10^{-12}\ m^2/s$$

0,25

Exercice 5

La pression osmotique exercée :

La pression osmotique résultante : $\Delta\pi = \pi_1 - \pi_2$

On a :

1

$$\left.\begin{array}{r} \pi_1 = \pi_{glucose} + \pi_{NaCl} \\ \pi_2 = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta\pi = \left(\pi_{glucose} + \pi_{NaCl}\right)$$

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

- *Le glucose est complètement dissocié :*

0,25

$\beta = 1$;

- *Les molécules de NaCl sont complètement dissociées*

0,25

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- \Rightarrow \beta = 1 + 1(2-1) = 2$

Finalement :

0,5

$$\Delta\pi = \left(\beta_{glucose} \, . \, C_{m\ glucose} \, . \, R.T + \beta_{NaCl} \, . \, C_{m\ NaCl} \, . \, R.T\right)$$

$$\Longrightarrow \Delta\pi = R.T.\left(\beta_{glucose} \, . \, C_{m\ glucose} + \beta_{NaCl} \, . \, C_{m\ NaCl}\right)$$

Puisque

$$\left.\begin{array}{r} C_m = \frac{n}{V} \\ n = \frac{m}{M} \end{array}\right\} \Rightarrow C_m = \frac{\frac{m}{M}}{V} \Rightarrow C_m = \frac{m}{M.V}$$

0,5

$$\Longrightarrow \Delta\pi = R.T.\left[\left(\beta_{glucose} \cdot \frac{m_{glucose}}{M_{glucose} \, . \, V_{solvant}} + \beta_{NaCl} \cdot \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl} \, . \, V_{solvant}}\right)\right]$$

Application numérique :

$$\left.\begin{array}{c} R = 8{,}31\ J.K^{-1}.mol^{-1} \\ T = 27°C = 300K \\ \beta_{glucose} = 1 \\ \beta_{NaCl} = 2 \\ M_{glucose} = 180g.mol^{-1} = 180.10^{-3}Kg.mol^{-1} \\ M_{NaCl} = 58{,}5g.mol^{-1} = 58{,}5.10^{-3}Kg.mol^{-1} \\ m_{glucose} = 9g = 9.10^{-3}Kg \\ m_{NaCl} = 2{,}925g = 2{,}925.10^{-3}Kg \\ V_{solvant} = 1L = 10^{-3}m^3 \end{array}\right\} \Longrightarrow \Delta\pi = 8{,}31 * 300 * \left[\left(1 * \frac{9.10^{-3}}{180.10^{-3} * 10^{-3}} + 2 * \frac{2{,}925.10^{-3}}{58{,}5.10^{-3} * 10^{-3}}\right)\right]$$

$$\Longrightarrow \Delta\pi = 3{,}74.10^{5}Pa$$

0,5