

EXERCICES
DIFFUSION
ET
PROPRIÉTÉS
COLLIGATIVES

Exercice 1 :

Une solution d'hémoglobine de concentration $C = 10^{-4} \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)$ diffuse à travers une membrane de surface diffusante ($S = 20 \text{ cm}^2$) jusqu'à une concentration de $C' = 1,4 \cdot 10^{-5} \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)$. Sur cette base, quelle est la masse m (Dm) d'hémoglobine déplacée sur 5 cm pendant 60 s ?

On donne : $D_{\text{hémoglobine}} = 6,9 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}\right)$ et $M = 68 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mol}}\right)$

La masse d'hémoglobine diffusée est donnée par la première loi de Fick.

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -D \times S \times \frac{\Delta C_p}{\Delta x}$$

Δm = La quantité de masse diffusée

Δt = le temps de diffusion

D = Coefficient de diffusion $\left(\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}\right)$.

S = La surface diffusante en (cm^2) .

ΔC_p = La variation de la concentration pondérale en $\left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}}\right)$.

Δx = Épaisseur de la membrane diffusante (cm).

$\frac{\Delta C_p}{\Delta x}$ = gradient de concentration

$$\Delta m = -D \times S \times \frac{\Delta C_p}{\Delta x} \times \Delta t$$

On travaille dans le système c.g.s (centimètre, gramme, seconde)

M = la masse molaire de l'hémoglobine.

$$\Delta m = -D \times S \times \Delta t \times \frac{M \times \Delta C_M}{\Delta x}$$

On transforme les litres en cm^3

$(C_M)_1 = 10^{-4} \text{ mole/l}$ donc $(C_M)_1 = 10^{-7} \text{ mole/cm}^3$ et $(C_M)_2 = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mole/l}$ donc $(C_M)_2 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ mole/cm}^3$

$$(68 \cdot 10^3) \times \left[\frac{1,4 \cdot 10^{-8}}{5} - \frac{1 \cdot 10^{-7}}{5} \right]$$

)

$$\Delta x = \frac{6,9 \cdot 10^{-7} (\text{cm}^2)}{(s)} \times 20 (\text{cm}^2) \times 60 (s) \times 68 \cdot 10^3 \left(\frac{g}{\text{mole}}\right) \times \frac{(1,4 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}) \left(\frac{\text{mole}}{\text{cm}^3}\right)}{(5) (\text{cm})} \quad \Delta m = 9,68 \cdot 10^{-7} g$$

Exercice 2 :

Soit une molécule supposée sphérique, son rayon R à une température de 41°C . Que vaut R ? On donne : coefficient de viscosité $\eta = 10^{-5} \left(\text{J} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^3}\right)$; coefficient de diffusion $D = 0,069 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)$; constante de Boltzmann $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{\text{J}}{^\circ\text{K}}\right)$.

Le coefficient de diffusion est donné par la relation d'Einstein :

$$D = \frac{k \times T}{f}$$

K = constante de Boltzmann est $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{\text{joule}}{^\circ\text{K}}\right)$

f = Coefficient de frottement.

Dans le cas d'une molécule sphérique, il est donné par la relation de Stocks.

$$f = 6 \times \pi \times \eta \times r$$

η = coefficient de viscosité dynamique

r = le rayon de la molécule

$$\text{En remplaçant on aura : } D = \frac{k \times T}{6 \times \pi \times \eta \times r} \rightarrow r = \frac{k \times T}{6 \times \pi \times \eta \times D} \rightarrow r = \frac{(1,38 \cdot 10^{-23}) \times (41+273)}{6 \times 3,14 \times 1 \cdot 10^{-5} \times 0,069 \cdot 10^{-6}}$$

$$r = 3.3 \cdot 10^{-10} \text{ m} \quad r = 3.3 \text{ \AA}$$

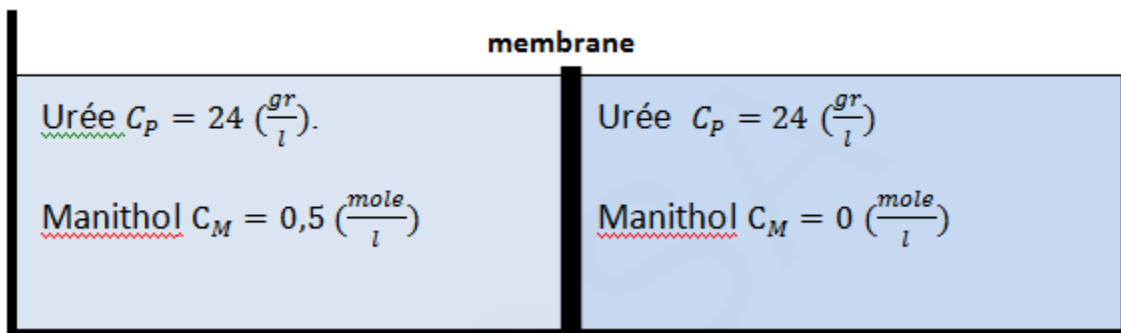
Exercice 3 :

Soit un récipient divisé en 2 compartiments par une membrane diffusante de surface 10 cm². Celle-ci laisse passer les molécules d'urée et de mannitol.

Solution d'urée : 24 (gr/l)	Solution d'urée : 24 ($\frac{gr}{l}$)
Solution de mannitol : 0,5 ($\frac{mole}{l}$)	

a- que vaut la valeur du gradient de concentration de l'urée, exprimée en fonction de l'épaisseur Δx de la membrane ? Que pouvez-vous conclure ?

b- la masse du mannitol qui traverse la membrane par heure est $1,5 \cdot 10^{-2}$ g. qu'elle est l'épaisseur Δx de la paroi diffusante ? On donne: $D_{\text{mannitol}} = 0,4 \text{ (cm}^2/\text{jour)}$ et $M_{\text{mannitol}} = 182 \text{ (g/mol)}$



a) Le gradient de concentration de l'urée est donné par $\frac{\Delta C_p}{\Delta x}$

$$\Delta C_p = C_{p2} - C_{p1} \quad \Delta C_p = 24 - 24 \quad \Delta C_p = 0 \text{ gr/l}$$

Conclusion : L'urée ne diffuse pas.

b) L'épaisseur de la membrane est donnée par l'équation de Fick

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -D \times S \times \frac{\Delta C_p}{\Delta x}$$

Avec $C_p = M \times C_M$.

M = la masse molaire du mannitol.

$$\Delta x = -D \times S \times \Delta t \times \frac{M \times \Delta C_M}{\Delta m}$$

On travaille dans le système c.g.s (centimètre, gramme, seconde)

On transforme les litres en cm³

$$(C_M)_1 = 0 \text{ et } (C_M)_2 = 0,5 \text{ mole/l} \quad (C_M)_2 = 0,5 \text{ mole}/10^3 \text{ cm}^3 \quad (C_M)_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mole/cm}^3$$

$$\Delta x = \frac{0,4 \text{ (cm}^2\text{)}}{24 \cdot 3600 \text{ (s)}} \cdot 10 \text{ (cm}^2\text{)} \cdot 3600 \text{ (s)} \cdot 182 \left(\frac{\text{g}}{\text{mole}}\right) \cdot \frac{(0 - 0,5 \cdot 10^{-3}) \left(\frac{\text{mole}}{\text{cm}^3}\right)}{(1,5 \cdot 10^{-2}) \text{ (g)}} \quad \Delta x = 1 \text{ cm}$$

Exercice 4

Il est constaté chez un patient que la paroi de ses alvéoles pulmonaires (séparant l'air du sang) a une épaisseur deux fois plus importante que l'épaisseur normale. Selon la première loi de Fick, et en prenant comme référence unité le flux normal, que vaut le flux de diffusion de l'oxygène à travers cette paroi ?

Le flux de diffusion, est défini par : $\Phi = \frac{\Delta m}{S \times \Delta t}$ $\Phi = -D \times \frac{\Delta C_p}{\Delta x}$

Le coefficient de diffusion D dépend de la nature des particules qui diffusent et de celles du milieu dans lequel ces particules se déplacent.

Sachant que c'est l'air qui diffuse donc on a le même coefficient de diffusion D .

La variation de concentration, ΔC_p est la même ; on a juste le patient qui présente une épaisseur de diffusion 2 fois plus importante $(\Delta x)_2 = 2(\Delta x)_1$

Pour le sujet normal on a $\Phi_1 = -D \times \frac{(\Delta C_p)}{(\Delta x)_1}$

Pour le patient on a $\Phi_2 = -D \times \frac{(\Delta C_p)}{(\Delta x)_2}$ avec $(\Delta x)_2 = 2(\Delta x)_1$ $\Phi_2 = -D \times \frac{(\Delta C_p)}{2(\Delta x)_1}$

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{-D \times \frac{(\Delta C_p)}{(\Delta x)_1}}{-D \times \frac{(\Delta C_p)}{2(\Delta x)_1}}$$

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = 2 \quad \Phi_2 = \frac{\Phi_1}{2}$$

Exercice 5 :

Un expérimentateur constate que 4,6 g d'alcool éthylique dans 200 g d'eau pure donnent une solution qui commence à déposer de la glace à la température de $T_1 = -0,93$ (°C). Cet expérimentateur prend alors 5,8 g d'un composé non ionisable dont il veut connaître la masse molaire. Il le dissout dans 100 g de ce même solvant. Il trouve alors que le dépôt de glace commence à $T_2 = -0,59$ (°C). Que vaut la masse molaire de ce composé ? On donne $M_{\text{alcool}} = 46$ (g/mol) ; la température de congélation de l'eau pure est de 0(°C)]

Les deux solutés étant neutre leurs coefficients de dissociation ($\alpha = 0$), avec $i = 1 + \alpha(v - 1)$ on aura $i=1$

L'abaissement de la température de congélation est donné par la loi de Raoult :

Pour la première solution

$$(\Delta T)_1 = K_{\text{cong}}^{(\text{H}_2\text{O})} \times (C_m^o)_1 \quad \text{avec } C_m^o = i C_m \quad i=1 \quad \text{on a } C_m^o = C_m$$

$$(\Delta T)_1 = K_{\text{cong}}^{(\text{H}_2\text{O})} \times (C_m)_1$$

Pour la deuxième solution

$$(\Delta T)_2 = K_{\text{cong}}^{(\text{H}_2\text{O})} \times (C_m^o)_2 \quad \text{avec } C_m^o = i C_m \quad i=1 \quad \text{on a } C_m^o = C_m$$

$$(\Delta T)_2 = K_{\text{cong}}^{(\text{H}_2\text{O})} \times (C_m)_2$$

$$\frac{(\Delta T)_1}{(\Delta T)_2} = \frac{K_{\text{cong}}^{(\text{H}_2\text{O})} \times (C_m)_1}{K_{\text{cong}}^{(\text{H}_2\text{O})} \times (C_m)_2} \quad \frac{(\Delta T)_1}{(\Delta T)_2} = \frac{(C_m)_1}{(C_m)_2}$$

$$(C_m)_1 = \frac{m_1}{M_1} \quad (C_m)_1 = \frac{4.6}{200}$$

$$(C_m)_2 = \frac{m_2}{M_2} \quad (C_m)_2 = \frac{5.8}{100}$$

$$(\Delta T)_1 = 0 - (-0.93) = 0.93 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\Delta T)_2 = 0 - 0.59 = 0.59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{(\Delta T)_1}{(\Delta T)_2} = \frac{(C_m)_1}{(C_m)_2} \quad \frac{0.93}{0.59} = \frac{\frac{4.6}{M_2}}{\frac{5.8}{100}} \quad M_2 = 183 \text{ g/mole}$$

Exercice 6 :

Sachant que l'abaissement cryoscopique est de $0,56^\circ\text{C}$, que vaut l'osmolarité du plasma en solution aqueuse ? [L'abaissement cryoscopique de l'eau $K_c = 1,86 \left(\frac{^\circ\text{C.Kg}}{\text{mole}} \right)$]

Le plasma est un soluté neutre son coefficient de dissociation est ($\alpha = 0$) avec $i = 1 + \alpha(v - 1)$ on aura $i=1$

$$(\Delta T) = K_{\text{cong}}^{\text{eau}} \times C_m^o \rightarrow C_m^o = \frac{(\Delta T)}{K_{\text{cong}}^{\text{eau}}} \quad C_m^o = \frac{0,56}{1,86} \quad C_m^o = 0,307 \left(\frac{\text{osmole}}{\text{kg}} \right)$$

On cherche l'osmolarité du plasma :

$$C_m = \frac{n}{m_0} \quad m_0 = \rho \times V \quad C_m = \frac{n}{\rho \times V} \quad C_M = \frac{n}{V}$$

$$\frac{C_m}{C_M} = \frac{\frac{n}{\rho \times V}}{\frac{n}{V}} \text{ donc } C_M = \rho \times C_m$$

$C_M = \rho \times C_m$ on multiplie par i on aura $i \times C_M = \rho \times i \times C_m$ donc

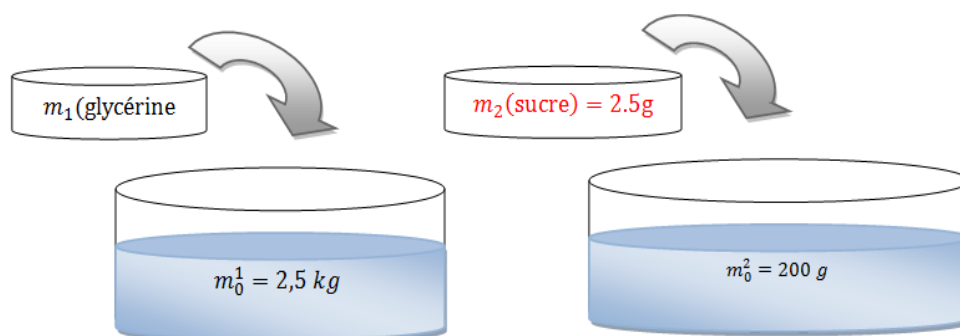
$$C_M^o = \rho \times C_m^o$$

La solution étant aqueuse $\rho = 1 \text{ kg/l}$ donc $C_M^o = 1 \times 0,307 \quad C_M^o = 0,307 \left(\frac{\text{osmole}}{\text{l}} \right)$

A retenir $C_M = \rho \times C_m$ et $C_M^o = \rho \times C_m^o$

Exercice 7

Soit une masse m de glycérine. Celle-ci est dissoute dans $2,5 \text{ kg}$ d'un solvant A. Cette masse m enabaisse la température de congélation autant que si une masse m' ($m' = 2,5 \text{ (g)}$) de sucre avait été dissoute dans ce même solvant A ($m_{\text{solvant}} = 200 \text{ (gr)}$) (il est supposé ici que la glycérine et le sucre sont des molécules neutres. Que vaut la masse m de glycérine ? On donne : glycérine ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) ; sucre : ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)



Le solvant étant le même on a le même $K=K_{cong}^{solv}$ pour les deux solutions

L'abaissement cryoscopique de la première solution est : $(\Delta T)_1 = K_{cong}^{solv} \times (C_m^o)_1$.

L'abaissement cryoscopique de la deuxième solution est : $(\Delta T)_2 = K_{cong}^{solv} \times (C_m^o)_2$

Sachant que l'abaissement de température est le même : $(\Delta T)_1 = (\Delta T)_2$
donc

$$K_{cong}^{solv} \times (C_m^o)_1 = K_{cong}^{solv} \times (C_m^o)_2 \quad (C_m^o)_1 = (C_m^o)_2$$

on sait que $(C_m^o) = i \times C_m$

La glycérine et le sucre étant neutre leurs coefficients de dissociation ($\alpha = 0$), avec $i = 1 + \alpha(\nu - 1)$ on aura $i=1$

$$(C_m^o) = C_m$$

$$(C_m)_1 = (C_m)_2$$

$$\frac{m_1(\text{glyc})}{M(\text{glyc}) \times m_0^1(\text{solvant})} = \frac{m_2(\text{sucre})}{M(\text{sucre}) \times m_0^2(\text{solvant})}$$

Donc :

$$\rightarrow m_1(\text{glyc}) = \frac{M(\text{glyc})}{M(\text{sucre})} \times \frac{m_0^1(\text{solvant})}{m_0^2(\text{solvant})} \times m_2(\text{sucre})$$

$$m_1(\text{glyc}) = \frac{92}{342} \times \frac{2,5}{0,2} \times 2,5 \rightarrow m_1(\text{glyc}) = 8,4 \text{ g}$$

Exercice 8 :

Que vaut la molarité d'une solution aqueuse de chlorure de sodium dont l'abaissement cryoscopique est de $3(^{\circ}\text{C})$? On donne : masse volumique de la solution : $\rho = 1,03 \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$; K_c de l'eau : $K_c = 1,86 \left(\frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg}}{\text{osmol}}\right)$.

La masse molaire du chlorure de sodium est : $M_{(\text{NaCl})} = 58,5 \left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}}\right)$.

L'abaissement de la température est :

$$\Delta T_{cong} = K_{cong} \times C_m^o$$

on sait que $C_m^o = i \times C_m$

$$\Delta T_{cong} = K_{cong} \times i \times C_m$$



La dissociation du (NaCl) étant totale, ($\alpha = 1$), le nombre d'ions formés par molécule dissociée est ($\nu = 2$), avec $i = 1 + \alpha(\nu - 1)$ $i = 1 + 1(2 - 1)$ $i=2$

$$C_m = \frac{\Delta T_{cong}}{K_{cong} \times i} \rightarrow C_m = \frac{3}{1,86 \times 2} \quad C_m = 0,806 \left(\frac{\text{mole}}{\text{kg}}\right)$$

Calcul de la concentration molaire :

$$C_M = \rho \times C_m \quad C_M = 1,03 \times 0,806 \quad C_M = 0,83 \left(\frac{\text{mole}}{\text{l}}\right)$$

Exercice 9 :

Soit une solution d'iodure de potassium de concentration pondérale, $C_p = 83(\text{g/l})$ à 0°C . Que vaut la pression osmotique exercée par cette solution vis-à-vis de son solvant ? On donne : $M_K = 39\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$; $M_I = 127\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$; $R = 0,082\left(\frac{\text{atm.l}}{^\circ\text{K.mol}}\right)$

La masse molaire de l'iodure de potassium est : $M_{(\text{KI})} = 39 + 127 = 166\left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}}\right)$.

La pression osmotique est donnée par :

$$\pi = R \times T \times C_M^o$$

$$C_M^o = i \times C_M$$

$$\pi = R \times T \times i \times C_M$$

Avec $C_p = M \times C_M$ $C_M = \frac{C_p}{M}$

$$\pi = R \times T \times i \times \frac{C_p}{M}$$



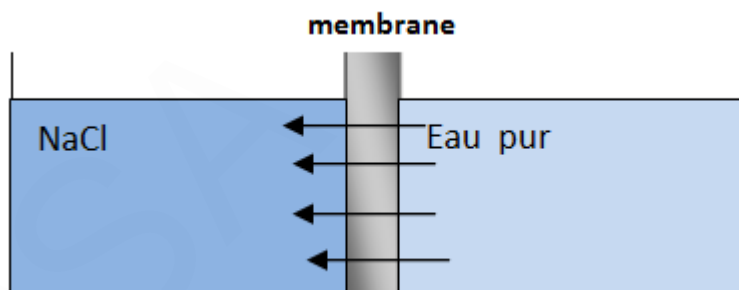
La dissociation du KI étant totale, le coefficient de dissociation est ($\alpha = 1$), le nombre d'ions formés par molécule dissociée est ($\nu = 2$),

Avec $i = 1 + \alpha(\nu - 1)$ $i = 1 + 1(2 - 1)$ on aura $i = 2$

$$\pi = 0,082 \times (0 + 273) \times 2 \times \frac{83}{166} \rightarrow \pi = 22,386 \text{ atm}$$

Exercice 10 :

Que vaut la pression osmotique d'une solution à 27°C de $11,7(\text{g})$ de NaCl dans $0,5(\text{l})$ d'eau pure lorsqu'elle est opposée à une masse d'eau à travers une membrane hémiperméable ? On donne : $M_{\text{Na}} = 23\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)$; $M_{\text{Cl}} = 35,5(\text{g/mol})$; $R = 0,082\left(\frac{\text{atm.l}}{^\circ\text{K.mol}}\right)$.



La masse molaire de chlorure de sodium est : $M_{(\text{NaCl})} = 58,5\left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}}\right)$.

La pression osmotique est donnée par :

$$\pi = R \times T \times C_M^o$$

$$C_M^o = i \times C_M$$

$$\pi = R \times T \times i \times C_M$$

Avec $C_p = M \times C_M$ $C_M = \frac{C_p}{M}$

$$\pi = R \times T \times i \times \frac{C_p}{M} \quad \text{avec } C_p = \frac{m}{V}$$

$$\pi = R \times T \times i \times \frac{m}{V}$$



La dissociation du (**NaCl**) étant totale alors ($\alpha = 1$), le nombre d'ions formés par molécule dissociée est ($\nu = 2$),

Avec $i = 1 + \alpha(\nu - 1)$ $i = 1 + 1(2 - 1)$ on aura $i = 2$

$$\pi = 0.082 \times (27 + 273) \times 2 \times \frac{11.7}{58.5} \quad \pi = 19,68 \text{ (atm)}$$

Exercice 11

Un corps non ionisable (de masse $m = 81$ g), dissout dans 1 litre d'eau pure développe, à 27 (°C), une pression de 20 atmosphères à travers une membrane hémiperméable. Quelle est la masse molaire de ce corps ? On donne : $R = 0,082 \left(\frac{\text{atm.l}}{^\circ\text{K.mol}} \right)$.

La pression osmotique est donnée par:

$$\pi = R \times T \times C_M^o$$

$$C_M^o = i \times C_M$$

Corps non ionisable donc $i = 1$

$$\pi = R \times T \times C_M$$

$$\text{Avec } C_p = M \times C_M \quad C_M = \frac{C_p}{M}$$

$$\pi = R \times T \times \frac{C_p}{M}$$

$$\pi = R \times T \times \frac{m}{M} \quad M = R \times T \times \frac{m}{\pi} \quad M = 0.082 \times (27 + 273) \times \frac{81}{20}$$

$$M = 99,63 \left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}} \right)$$

Exercice 12 :

Soit une solution de sulfate de sodium (Na_2SO_4) composée de 28,4 (g) de soluté dans 0,5 (l) d'eau pure. Que vaut la pression osmotique à 0° C de cette solution opposée à de l'eau pure à travers une membrane hémiperméable ? On donne : $M_{\text{Na}} : 23 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)$; $M_{\text{S}} = 32 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)$; $M_{\text{O}} = 16 \left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}} \right)$; $R = 0,082 \left(\frac{\text{atm.l}}{^\circ\text{K.mol}} \right)$.

La masse molaire du soluté est : $M_{(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = 142 \left(\frac{\text{gr}}{\text{mole}} \right)$.

La pression osmotique est donnée par :

$$\pi = R \times T \times C_M^o \quad C_M^o = i \times C_M$$



La dissociation du Na_2SO_4 étant totale, le coefficient de dissociation est ($\alpha = 1$), le nombre d'ions formés par molécule dissociée est ($\nu = 3$), Avec $i = 1 + \alpha(\nu - 1)$ $i = 1 + 1(3 - 1)$ on aura $i = 3$

$$\text{Avec } C_p = M \times C_M \quad C_M = \frac{C_p}{M} \quad \pi = R \times T \times i \times \frac{C_p}{M}$$

$$\pi = R \times T \times i \times \frac{m}{M} \quad \pi = 0.082 \times (0 + 273) \times 3 \times \frac{28.4}{142}$$

$$\pi = 26,86 \text{ (atm)}$$