Exercice 01 :

Considérons le transfert de matière, en régime unidirectionnel, pour un mélange gazeux formé d'oxygène (A) et de gaz carbonique (B) à la température de 294 K et à la pression totale de $1{,}519.10^5$ Pa.

Sachant que :

$$x_A = 0{,}4 \quad ; \quad u_A = 0{,}08 \text{ m/s} \quad ; \quad u_B = -0{,}02 \text{ m/s}$$

calculer :

a) la masse molaire moyenne du mélange

b) les concentrations massiques de A et du mélange

c) la concentration molaire de B

d) les vitesses de diffusion massique de A et molaire de B

Exercice 02 :

Calculer la concentration massique du dioxyde de soufre mélangé à l'air si son rapport massique est égal à 0,552. Le mélange est à la température de 50°C et la pression totale est égale à 2 atm.

Exercice 03 :

Calculer le coefficient de diffusion de l'ammoniac (A) dans l'azote (B) à 1 atm. et 30°C si l'on considère (d'après les tables) que $D_{A\text{-}air}$ à 1 atm. et 0°C est égal à 0,98 cm^2/s et D_{AC} (C:O) à 1 atm. et 20°C égal à 0,253 cm^2/s. On suppose que l'air se compose uniquement d'azote (79 %) et d'oxygène (21 %). On donne :

$$D_{Am} = \frac{1 - y_A}{\dfrac{y_B}{D_{AB}} + \dfrac{y_C}{D_{AC}}}$$

Pour le calcul des coefficients de diffusion des différents binaires, on a utilisé la relation de Fuller, valable pour les basses pressions.

$$D_{AB} = \frac{10^{-3}.T^{1,75}\left[\dfrac{1}{M_A} + \dfrac{1}{M_B}\right]^{0,5}}{P\left(v_A^{1/3} + v_B^{1/3}\right)^2}$$

v_A, v_B : volumes molaires partiels (supposés constants ici)

Exercice 01 :

a) $M = \sum M_i y_i = 32 \times 0{,}4 + 44 \times 0{,}6 = 39{,}2 \text{ g/mol}$

b) • $\overline{C_A} = \frac{m_A}{V} = \frac{M_A N_A}{V} = \frac{M_A y_A N}{V} = \frac{P}{RT} M_A y_A = \frac{1{,}519.10^5}{8{,}314 \times 294} 32 \times 0{,}4 = 795 \text{ g/m}^3$

• $\overline{C} = \rho = \overline{C_A} + \overline{C_B} = \frac{P}{RT} \sum M_i y_i = \frac{1{,}519.10^5}{8{,}314 \times 294}(32 \times 0{,}4 + 44 \times 0{,}6) = 2436 \text{ g/m}^3$

c) $C_B = \frac{N_B}{v} = \frac{y_B N}{V} = \frac{y_B P}{RT} = \frac{0{,}6 \times 1{,}519.10^5}{8{,}314 \times 294} = 37{,}3 \text{ mol/m}^3$

autre méthode $C_B = \frac{\overline{C_B}}{M_B} = \frac{\overline{C} - \overline{C}_A}{M_B} = \frac{2436 - 795}{44} = 37{,}3 \text{ mol/m}^3$

d) • $u_A - u = u_A - \frac{\sum M_i y_i u_i}{\sum M_i y_i} = u_A - \frac{\sum M_i y_i u_i}{M}$

$= 0{,}8 - \frac{32 \times 0{,}4 \times 0{,}8 + 44 \times 0{,}6 \times (-0{,}02)}{39{,}2} = 0{,}067 \text{ m/s}$

• $u_B - u^* = u_B - \sum y_i u_i = (-0{,}02) - [0{,}4 \times 0{,}8 + 0{,}6 \times (-0{,}02)] = -0{,}04 \text{ m/s}$

e) $\phi_A^* = C_A u_A = \frac{y_A P}{RT} u_A = \frac{0{,}4 \times 1{,}519.10^5}{8{,}314 \times 294} \times 0{,}8 = 1{,}988 \text{ mol/m}^2\text{s}$

f) $j_B = \overline{C_B}(u_B - u) = M_B C_B \left(u_B - \frac{\sum M_i y_i u_i}{M} \right)$

$= 44 \times 37{,}3 \times \left((-0{,}02) - \frac{32 \times 0{,}4 \times 0{,}8 + 44 \times 0{,}6 \times (-0{,}02)}{39{,}2} \right) = -53{,}5 \text{ g/m}^2\text{s}$

Exercice 02 :

$\overline{C}_A = \frac{m_A}{V} = \frac{M_A N_A}{V} = \frac{M_A y_A N}{V} = M_A y_A \frac{P}{RT}$

Par ailleurs, on a :

$y_A = \frac{N_A}{N_A + N_B} = \frac{m_A / M_A}{m_A / M_A + m_B / M_B} = \frac{m_A M_B}{m_A M_B + m_B M_A} = \frac{\overline{Y}_A M_B}{\overline{Y}_A M_B + M_A}$

donc : $\overline{C}_A = \frac{M_A P}{RT} \frac{\overline{Y}_A M_B}{\overline{Y}_A M_B + M_A} = \frac{64 \times 2}{0{,}082 \times 323} \times \frac{0{,}552 \times 29}{0{,}552 \times 29 + 64} = 0{,}967 \text{ g/l}$

Exercice 03 :

Calculons d'abord les coefficients de diffusion de l'ammoniac dans l'air et de l'ammoniac dans l'oxygène à 30°C. Pour cela, nous utilisons la relation de Fuller.

$$\frac{D_{ij}(T_2)}{D_{ij}(T_1)} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1,75} \quad \Rightarrow \quad D_{ij}(T_2) = D_{ij}(T_1).\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1,75}$$

$$D_{Aair}(30) = D_{Aair}(0) \times \left(\frac{303}{273}\right)^{1,75} = 0,95 \times \left(\frac{303}{273}\right)^{1,75} = 1,176\ \mathrm{cm}^2/\mathrm{s}$$

$$D_{AC}(30) = D_{AC}(20) \times \left(\frac{303}{293}\right)^{1,75} = 0,268\ \mathrm{cm}^2/\mathrm{s}$$

Avant de procéder au calcul de D_{AB}, on cherche les valeurs des fractions molaires. Nous avons :

$$\frac{N_B}{N_B + N_C} = 0,79 \qquad \text{et} \qquad \frac{N_C}{N_B + N_C} = 0,21 \qquad \text{(c'est la composition de l'air)}$$

En divisant le numérateur et le dénominateur par le nombre total de moles N, on obtient :

$$\frac{y_B}{y_B + y_C} = 0,79 \qquad \text{et} \qquad \frac{y_C}{y_B + y_C} = 0,21$$

$$D_{Am} = \frac{1 - y_A}{\dfrac{y_B}{D_{AB}} + \dfrac{y_C}{D_{AC}}} = \frac{y_B + y_C}{\dfrac{y_B}{D_{AB}} + \dfrac{y_C}{D_{AC}}} = \frac{1}{\dfrac{1}{D_{AB}}\dfrac{y_B}{y_B + y_C} + \dfrac{1}{D_{AC}}\dfrac{y_C}{y_B + y_C}}$$

$$D_{Am} = \frac{1}{\dfrac{0,79}{D_{AB}} + \dfrac{0,21}{D_{AC}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{0,79}{D_{AB}} = \frac{1}{D_{Am}} - \frac{0,21}{D_{AC}}$$

$$D_{AB} = \frac{0,79}{\dfrac{1}{D_{Am}} - \dfrac{0,21}{D_{AC}}} = \frac{0,79}{\dfrac{1}{1,176} - \dfrac{0,21}{0,268}} = 11,73\ \mathrm{cm}^2/\mathrm{s}$$

$$D_{Am} = \frac{1}{\dfrac{0,79}{D_{AB}} + \dfrac{0,21}{D_{AC}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{0,79}{D_{AB}} = \frac{1}{D_{Am}} - \frac{0,21}{D_{AC}}$$

$$D_{AB} = \frac{0,79}{\dfrac{1}{D_{Am}} - \dfrac{0,21}{D_{AC}}} = \frac{0,79}{\dfrac{1}{1,176} - \dfrac{0,21}{0,268}} = 11,73\ \mathrm{cm}^2/\mathrm{s}$$