



Examen	Transfert de Matière	L3-GP	1H30
--------	----------------------	-------	------

Exercice 1 :

1- On considère la diffusion selon l'axe zz' d'un mélange formé d'azote et de dioxyde de carbone sachant que : $\omega_{N_2} = 0,7$, $V_{N_2} = 0,2$ mm/sec et $V_{CO_2} = -0,1$ mm/sec, calculez :

- La vitesse moyenne molaire du mélange,
- La vitesse moyenne massique du mélange,
- Le flux molaire d'azote par rapport à la vitesse moyenne massique,
- Le flux massique du dioxyde de carbone par rapport à la vitesse moyenne molaire du système.

Exercice 2 :

- 1- Décrire une méthode qui permet de mesurer la diffusivité de la vapeur d'eau dans l'air.
- Faire le schéma du montage
 - Préciser les conditions expérimentales (en expliquant leur importance) pour obtenir une valeur précise de la diffusivité.
- 2- Sachant qu'en 5 heures il s'évapore $3,935 \cdot 10^{-2}$ cm³ d'eau, déterminer la valeur de la diffusivité de la vapeur d'eau dans l'air dans les conditions suivantes :
- $T = 25^\circ\text{C}$, $P = 821$ mm Hg, $P^\circ_{H_2O\ 25^\circ\text{C}} = 23,76$ mm Hg, Diamètre de diffusion : 1,75 cm, Distance de diffusion : 5,5 cm.

Exercice 3 :

Dans une colonne de distillation, on sépare un mélange liquide composé de deux éléments C et D:

Elément	C	D
Masse molaire (g/mol)	68	82

En un point de la colonne ($p = 1$ atm et $T = 100^\circ\text{C}$), la vapeur contient 40% en mole de C et l'influx liquide contient 30% molaire en C. en supposant que le transfert de matière se localise dans la phase gaz et que l'épaisseur de la couche de diffusion est égale à 1 mm, calculer le flux de l'élément qui diffuse.

On donne : $P^\circ_{C\ 100^\circ\text{C}} = 1355$ mm Hg, $P^\circ_{D\ 100^\circ\text{C}} = 557$ mm Hg et $D_{DC} (25^\circ\text{C}) = 0,1$ cm²/sec.

Corrigé Examen final T. Matière 2021-2022

(1)

Exercice N°1.

Données: $w_{N_2} = 0,7$; $V_{N_2} = 0,2 \text{ mm/sec}$, $V_{CO_2} = 0,1 \text{ mm/sec}$
 $P = 3 \text{ atm}$; $T = 20^\circ \text{C}$

Solution:

* Vitesse moyenne du mélange :

$$V_3^* = \frac{\sum y_i V_{i3}}{70/28} = y_{N_2} V_{N_2/3} + y_{CO_2} V_{CO_2/3}$$

$$\text{avec } y_{N_2} = \frac{70}{\frac{70}{28} + \frac{30}{44}} = 0,786$$

$$y_{CO_2} = 1 - 0,786 = 0,214$$

$$V_3^* = 0,786 \times 0,2 + 0,214 \times (-0,1)$$

$$V_3^* = 0,1358 \text{ mm/sec} = 0,01358 \text{ cm/sec} \quad (0,5)$$

* Vitesse moyenne massique du mélange

$$V_3 = \sum w_i V_{i3} = w_{N_2} V_{N_2/3} + w_{CO_2} V_{CO_2/3} \quad (0,25)$$

$$V_3 = 0,7(0,2) - 0,3(0,1) = 0,11 \text{ mm/sec} = 0,011 \text{ cm/sec} \quad (0,5)$$

* Calcul de J_{N_2}

$$J_{N_2/3} = C_{N_2} (V_{N_2/3} - V_3) \quad (0,25)$$



(0,25)

$$C_{N_2} = \frac{Y_{N_2} P}{RT} = \frac{0,786 \times 3 \text{ atm} \text{ mole}^\circ K}{0,08210^3 \text{ atm} \cdot 298^\circ K \text{ cm}^3}$$

$$C_{N_2} = 5,65 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mole}}{\text{cm}^3} \quad (0,25)$$

donc $J_{N_2} = 5,65 \cdot 10^{-5} (0,02 - 0,011) \frac{\text{mole}}{\text{cm}^3} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

$$\underline{J_{N_2} = 0,051 \frac{\text{mole}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec}}} \quad (0,5)$$

* Calcul de $J_{CO_2}^*$

$$J_{CO_2}^* = S_{CO_2} (V_{CO_2} - V_3^*) \quad (0,25)$$

Calcul de S_{CO_2} :

$$\pi_{CO_2} = \frac{S_{CO_2}}{C_{CO_2}} \Rightarrow S_{CO_2} = C_{CO_2} \cdot \pi_{CO_2} = \frac{Y_{CO_2} P}{RT} \cdot \pi_{CO_2} = \frac{0,214 \times 3}{0,08210^3 \cdot 298} \cdot 44$$

$$\underline{S_{CO_2} = 1,156 \cdot 10^{-3} \frac{g}{\text{cm}^3}} \quad (0,25)$$

$$J_{CO_2}^* = 1,156 \cdot 10^{-3} (-0,01 - 0,01358) \frac{g}{\text{cm}^3} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

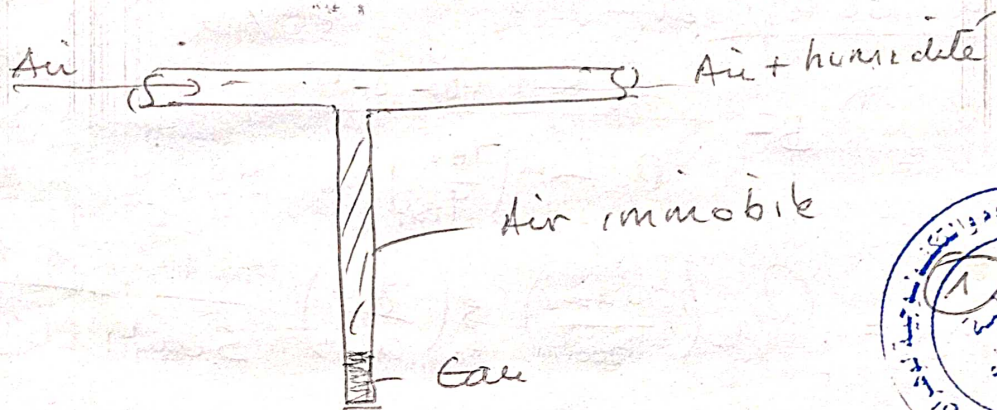
$$\underline{J_{CO_2}^* = -0,0723 \cdot 10^{-3} \frac{g}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec}}}$$



XERCICE N°2

1- La méthode qui permet de mesurer une telle diffusivité est celle de la technique de Stefan (0,5)

2 schéma du montage



3 Conditions expérimentales de cette technique:

- (0,5) * Faible vitesse de l'air pour éviter la turbulence de l'air.
- (0,5) ** (Pour immobiliser l'air dans le tube)
- (0,5) * Tube vertical avec faible diamètre et grande longueur.
- (0,5) ** Pour favoriser la diffusion selon l'axe z/z
- (0,5) * Air de balayage complètement sec (pour ne pas mélanger son humidité avec celle de l'eau la vapeur d'eau diffusante).
- (0,5) * Travailler à $T = T_{\text{cte}}$ et $P = P_{\text{cte}}$ pour avoir $D_{AB} = \text{cte}$

Calcul de la diffusivité expérimentale.

- Nous sommes dans le cas de la diffusion d'un gaz (vapeur d'eau) à travers un 2^{ème} gaz immobile (Air)

(0,5)

Donc
$$N_{A2} = \frac{p D_{AB}}{RT(z_2 - z_1)} \ln \left(\frac{y_{B2}}{y_{B1}} \right)$$

par conséquent:

$$D_{AB} = \frac{N_{A2} R T (z_2 - z_1)}{p \ln \left(\frac{y_{B2}}{y_{B1}} \right)}$$

(1)

Avec
$$N_{A2} = Q_{v_{H_2O}} \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{sec}} \right) \cdot \rho_{H_2O} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \cdot \frac{1}{M_{H_2O} (\text{g})}$$

$$N_{A2} = \frac{3,935 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3}{5 \times 3600 \text{ sec}} \cdot \frac{1 \text{ g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{4}{3,14 (1,75)^2 \text{ cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ mole}}{18 \text{ g}}$$

$$N_{A2} = 5,0519 \cdot 10^{-8} \frac{\text{mole}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec}}$$

(1)

* $y_{B2} = 1$ (0,25) ; $y_{B1} = 1 - y_{A1}$

$$y_{B1} = 1 - \frac{p_A^s}{p} = 1 - \frac{23,76}{821}$$

$$y_{B1} = 0,971$$

(0,25)



*
$$D_{AB} = \frac{5,0519 \cdot 10^{-8} \text{ mole}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec}} \cdot \frac{0,082 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{mole} \cdot \text{K}} \cdot \frac{298 \text{ K} \times 55 \text{ cm}}{\frac{821}{760} \text{ atm} \cdot \ln \left(\frac{1}{0,971} \right)}$$

$$D_{AB} = 0,213 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

(1)

EXERCICE N°3

Nous sommes dans le cas d'une contre diffusion
équimolaire (0,5)

donc

$$N_{A3} = -N_{B3} \quad (0,5)$$

$$N_{A3} = \frac{P D_{AB}}{RT(z_3 - z_1)} (y_{A1} - y_{A2}) \quad (1)$$

En sachant que c'est le produit lourd qui diffuse en phase gaz

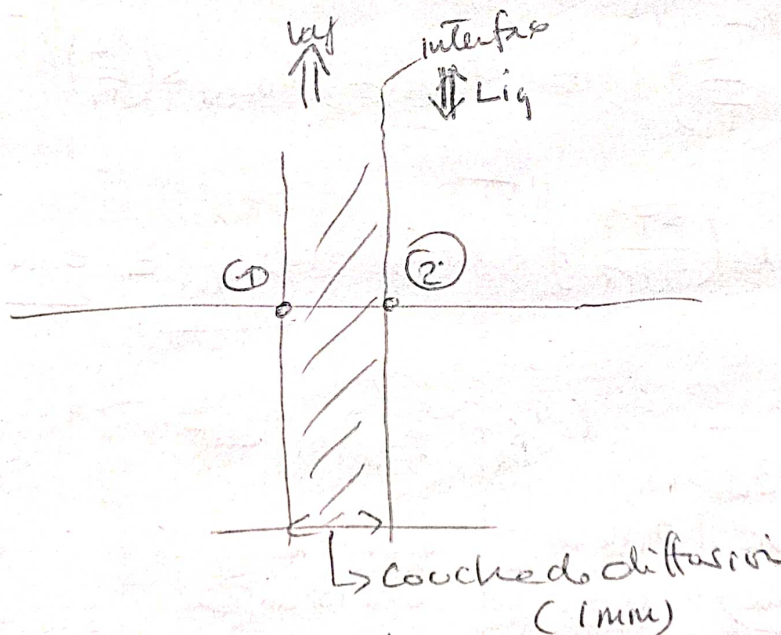
A → D

(0,5)

B → C

alors

$$N_{D3} = \frac{P D_{DC}}{RT(z_2 - z_1)} (y_{D1} - y_{D2}) \quad (2)$$



P = 1 atm
t = 100 °C

(0,5)

y_{D1} st en phase gaz

y_{D2} st en équilibre avec la phase liquide.

$$y_{D1} = 1 - y_{C1} = 1 - 0,4 = 0,6 \quad (0,5)$$



Au point ② → Equilibre liquide vapeur
Dalton = Raoult

$$y_{D_2} P = x_{D_2} \cdot P_D^0 \quad (0,5)$$

$$(1 - x_{C_2}) P_D^0 = y_{D_2} \cdot P$$

$$\Rightarrow y_{D_2} = \frac{(1 - x_{C_2}) P_D^0}{P}$$

$$y_{D_2} = \frac{(1 - 0,3) 557}{760} = 0,513 \quad (0,5)$$

* Calcul de D_{OC}

On connait $D_{OC} = 0,1 \text{ cm}^2/\text{sec}$ à 25°C et 1 atm

On cherche D_{OC} à 100°C et 1 atm.

$$\textcircled{1} \frac{D_{OC(2)}}{D_{OC(1)}} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1,5} \Rightarrow D_{OC(2)} = D_{OC(1)} \times \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1,5}$$

$$D_{OC(2)} = 0,1 \left(\frac{373}{298} \right)^{1,5} \Rightarrow D_{OC(2)} = 0,14 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \quad (1)$$

$$* N_{D_3} = \frac{P D_{OC}}{RT(z_2 - z_1)} (y_{D_1} - y_{D_2})$$

$$= \frac{1 \text{ atm} \mid 0,14 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \mid \text{mole}}{0,1 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \mid \text{sec} \mid 0,08210^3 \frac{\text{cm}^3 \text{atm}}{\text{mole K}} \mid 373 \text{ K}} (0,6 - 0,513)$$

$$N_{D_3} = 3,98 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mole}}{\text{cm}^2 \text{sec}} \quad (1)$$

$$N_{C_3} = -N_{D_3} = -3,98 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mole}}{\text{cm}^2 \text{sec}} \quad (0,5)$$