

**Exercice N° 01 : (8 points)**

On étudie le transfert d'un corps A entre une solution aqueuse et un courant d'air. A un point particulier de la colonne de transfert, les compositions moyennes dans les deux phases sont :

$y_A = 0,12$  et  $x_A = 0,21$ . Si la résistance au transfert coté gaz représente 57% de la résistance totale et pour une valeur  $k_g$  égale à  $0,288 \text{ mole/m}^2 \cdot \text{s}$ .

$P = 10^5 \text{ Pa}$  ;  $T = 50^\circ \text{C}$  ;  $D_{AL} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  ;  $C = 0.037 \text{ mol/l}$  ; la pente de la courbe d'équilibre est 0.65.

Calculer :

**1) les coefficients  $K_G$  ;  $K_L$  ;  $k_l$**

**$K_G$  :**

La résistance au transfert coté gaz représente 57% de la résistance totale  $\Rightarrow \frac{r_g}{R_g} = 0.57$  (0.5)

or on sait que  $r_g = \frac{1}{k_g}$  et  $R_g = \frac{1}{K_G} \Rightarrow \frac{r_g}{R_g} = \frac{K_G}{k_g} = 0.57 \Rightarrow K_G = k_g \times 0.57 = 0.288 \times 0.57 = 0.164 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$

$$K_G = 0.164 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \quad (0.5)$$

**$K_L$  :** la constant m représente la pente de la courbe d'équilibre  $\Rightarrow m = 0.65$  (0.25)

$$K_L = m K_G = 0.65 \times 0.164 = 0.107 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} ; \quad K_L = 0.107 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \quad (0.5)$$

**$k_l$  :**

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_l} + \frac{1}{m k_g} \Rightarrow \frac{1}{k_l} = \frac{1}{K_L} - \frac{1}{m k_g} = \frac{1}{0.107} - \frac{1}{0.65 \times 0.288} = 4$$

$$k_l = 0.25 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \quad (0.5)$$

**2) les conditions à l'équilibre**

**a)  $y_A^*$  :**

$$y_A^* = m \times X_A = 0.65 \times 0.21 = 0.136 \quad y_A^* = 0.136 \quad (0.5)$$

**b)  $X_A^*$  :**

$$N_A = K_L (X_A^* - X_A) \rightarrow X_A^* = \frac{N_A}{K_L} + X_A \quad (0.25)$$

Calcul de  $N_A$  :

$$N_A = K_G (Y_A - Y_A^*) = 0.164 (0.12 - 0.136) = -0.0026 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$N_A = -0.0026 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s} \quad (0.5)$$

$$X_A^* = \frac{-0.0026}{0.107} + 0.21 = 0.185$$

$$X_A^* = 0.185$$

0.5

### 3) l'épaisseur du film coté liquide.

0.5

$$\text{Loi de double film : } N_A = k_{l(c)}(C_{Ai} - C_A) ; k_{l(c)} = \frac{D_l}{\delta_l} \text{ et } k_{l(c)} = \frac{k_{l(x)}}{C_T}$$

0.25

0.25

$$\delta_l = \frac{D_l}{k_{l(c)}} = \frac{D_l \times C_T}{k_{l(x)}} = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.037 \times 10^3}{0.25} = 0.26 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\delta_l = 2.6 \text{ mm}$$

0.5

0.5

### 4) Ce transfert représente un phénomène d'absorption ou de désorption ? Justifier

C'est un phénomène de désorption car la fraction molaire dans la phase gazeuse a augmentée (de 0.12 à 0.136) et celle dans la phase liquide a diminuée (de 0.21 à 0.185) ce qui explique que le transfert se déroule de la phase liquide vers la phase gazeuse. Autrement dit, la valeur de la densité de flux  $N_A$  est négative.

1.0

### Exercice N° 02 : (12 points)

Considérant une couche d'eau d'épaisseur 1cm qui s'évapore à travers un film de gaz (air) de 0.05m d'épaisseur.

L'humidité absolue de l'air est de 0.0167g d'eau/g d'air sec, la température est de 35°C et la pression est de 780mmHg; L'humidité saturée de l'air est de 0.018g d'eau/g d'air sec.

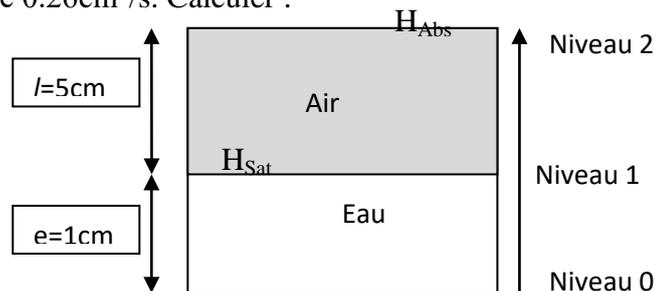
Sachant que le coefficient de transfert d'eau dans l'air est de 0.26cm<sup>2</sup>/s. Calculer :

Données :

$$e = 1 \text{ cm} ; l = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm} ; H_{\text{Abs}} = 0.0167 \text{ g d'eau/g d'air sec} ;$$

$$H_{\text{Sat}} = 0.018 \text{ g d'eau/g d'air sec} ;$$

$$T = 35^\circ\text{C} = 308^\circ\text{K} ; P = 780 \text{ mmHg} ; D = 0.26 \text{ cm}^2/\text{s}$$



### 1) La composition molaire dans les deux extrémités de la couche d'air

0.5

Transfert

$$H = \frac{m_{\text{eau}}}{m_{\text{air}}} ; \text{ on sait que } y_A = \frac{n_A}{n} = \frac{n_A}{n_A + n_B} ; \text{ or : } M_A = \frac{m_A}{n_A} \rightarrow n_A = \frac{m_A}{M_A}$$

0.25

0.25

0.25

$$y_A = \frac{\frac{m_A}{M_A}}{\frac{m_A}{M_A} + \frac{m_B}{M_B}} = \frac{\frac{m_A}{M_A} \times M_B}{\frac{m_A}{M_A} \times M_B + \frac{m_B}{M_B} \times M_B} = \frac{\frac{H}{M_A} + \frac{1}{M_B}}{\frac{H}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$

0.5

0.5

$$y_{A1} = \frac{\frac{H_{\text{Sat}}}{M_A}}{\frac{H_{\text{Sat}}}{M_A} + \frac{1}{M_B}} = \frac{\frac{0.018}{18}}{\frac{0.018}{18} + \frac{1}{29}} = 0.016 ; y_{A1} = 0.028$$

0.5

0.5

$$y_{A2} = \frac{\frac{H_{\text{Abs}}}{M_A}}{\frac{H_{\text{Abs}}}{M_A} + \frac{1}{M_B}} = \frac{\frac{0.0167}{18}}{\frac{0.0167}{18} + \frac{1}{29}} = 0.015 ; y_{A2} = 0.026$$

0.5

### 2) La densité de flux molaire de transfert d'eau

$$\text{C'est un transfert à travers un gaz stagnant} \Rightarrow N_A = \frac{-DC}{l} \ln\left(\frac{1-y_{A1}}{1-y_{A2}}\right)$$

0.5

$$C = \frac{n}{V} = \frac{P}{RT} \rightarrow N_A = \frac{-DP}{RTl} \ln\left(\frac{1-y_{A1}}{1-y_{A2}}\right) = \frac{-0.26 \frac{780}{760}}{0.082 \times 10^3 \times 308 \times 5} \ln\left(\frac{1-0.028}{1-0.026}\right) = 4.44 \times 10^{-9} \text{ mol/cm}^2 \text{ s}$$

0.25

$$N_A = 4.44 \times 10^{-5} \text{ mol/m}^2 \text{ s}$$

0.5

### 3) Le temps nécessaire pour le transfert de la totalité d'eau

$$N_A = \frac{dn_A}{S \cdot dt} \Rightarrow dt = \frac{dn_A}{N_A \cdot S}$$

0.25

$$\text{Or : } C_A = \frac{n_A}{V} \Rightarrow n_A = C_A \cdot V$$

0.5

$$\text{On sait que } V = S \cdot l \Rightarrow n_A = C_A \cdot S \cdot l \Rightarrow dn_A = C_A \cdot S \cdot dl$$

$$dt = \frac{C_A \cdot S \cdot dl}{N_A \cdot S} = \frac{C_A \cdot dl}{N_A}$$

0.25

$$\int_0^t dt = \int_e^0 \frac{C_A \cdot dl}{N_A} \Rightarrow t = \frac{C_A(0-e)}{N_A} = \frac{\rho_A(0-e)}{M_A \cdot N_A} = \frac{-1(0-1)}{18 \times 4.44 \times 10^{-5}}$$

0.5

0.25

$$t = 1251.25 \text{ s} = 20.85 \text{ minutes}$$

0.5

### 4) L'épaisseur de la couche d'air à la fin de transfert dans le cas de régime stationnaire et le cas d'un régime quasi-stationnaire.

- Régime stationnaire : L'épaisseur de la couche d'air reste constante donc 5cm
- Régime quasi-stationnaire : l'épaisseur de la couche d'air varie en fonction du temps pour atteindre la valeur de 5+1 = 6cm à la fin.

1.0

1.0

### 5) La vitesse molaire moyenne à l'extrémité intérieure de la couche d'air si la vitesse de transfert d'eau est : $v_{\text{eau}} = 0.2 \text{ cm/s}$

$$v^* = \sum y_i v_i = y_{\text{eau}} v_{\text{eau}} + y_{\text{air}} v_{\text{air}}$$

0.5

À l'extrémité intérieure de la couche d'air,  $X_{\text{eau}} = X_{A1} = 0.028$

L'air n'est pas diffusé dans l'eau donc pas de transfert de l'air dans l'eau  $\Rightarrow v_{\text{air}} = 0$

1.0

$$v^* = X_{\text{eau}} v_{\text{eau}} = 0.028 \times 0.2 = 0.0056 \text{ cm/s}$$

$$v^* = 0.0056 \text{ cm/s}$$

0.5