



Exercice 1 : (10 points)

Soit la réaction en phase liquide : $A \rightarrow B$ d'ordre 1 par rapport à A

Avec : $k = 100 \text{ h}^{-1}$, $C_{A0} = 14 \text{ Kmol/m}^3$, le débit d'alimentation est égal à 5 L/Sec.

- 1- Si la réaction se déroule dans un réacteur parfaitement agité continu (R.A.C) de volume 4 m^3 , déterminer le débit molaire d'alimentation de A (F_{A0}), le temps de passage et le taux de conversion que l'on pourrait obtenir.
- 2- Si cette réaction est conduite dans un réacteur à écoulement piston (R.E.P), quel serait son volume si on suppose qu'il a les mêmes performances du RAC (même taux de conversion), déterminer le temps de passage dans ce cas.
- 3- Si on choisit de réaliser la réaction dans un réacteur fermé (R.F), et on suppose que le taux de conversion X_A dans ce cas est égal à 96%.
 - déterminer le temps de séjour
 - Déterminer la concentration des espèces à la sortie de ce réacteur.
 - Donner l'expression de C_A en fonction de (C_{A0} , k , t), et l'expression de C_B en fonction de (C_A , X_A , k , t).

Exercice 2 : (10 points)

Un mélange gazeux supposé parfait constitué de (10% NO, 10% O₂ , 80% N₂) est utilisé pour réaliser cette réaction : $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

NO est le réactif clé (A), le taux de conversion $X_A = 80\%$, $k = 1.4 \cdot 10^4 \text{ L}^+2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$

On donne : $F_{A0} = 5 \text{ moles / sec}$, $P = 1 \text{ atm}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $r = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]^1$

Si cette réaction se passe dans un réacteur parfaitement agité continu.

Calculer : le débit volumique d'alimentation Q_0 , et la concentration des espèces à l'entrée du réacteur. Le rapport des inertes (I) et l'excès stœchiométrique (M).

Déterminer la valeur du rapport F_{TS} / F_{T0} , et des coefficients de dilatation physique et chimique β et α , le débit volumique des gaz à la sortie du réacteur Q_S .

Déterminer la valeur des paramètres d'avancement X et ξ .

Quel serait le volume de ce réacteur. (les % sont molaires)

Exercice 1: réaction en phase liquide $A \rightarrow B$, ordre 1

① RAC $V_R = 4 \text{ m}^3$ $Q_0 = 5 \text{ l/sec}$ $C_{A_0} = 14 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$ $k = 100 \text{ h}^{-1}$
 $F_{A_0} = C_{A_0} Q_0$ $F_{A_0} = 14 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} = 70 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kmol}}{\text{sec}}$

$\tau = \frac{V_R}{Q_0} = \frac{4 \text{ m}^3}{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}} = 0,8 \cdot 10^3 \text{ sec} = 13,33 \text{ min}$

eq. de Bilan RAC $X_A F_{A_0} = V_R \cdot r_A$

$X_A = \frac{r_A \cdot V_R}{F_{A_0}} = \frac{k C_A \cdot V_R}{F_{A_0}}$ $C_A = C_{A_0}(1 - X_A)$ $C_{A_0} Q_0 = F_{A_0}$

$X_A = \frac{k C_{A_0} (1 - X_A) \cdot V_R}{C_{A_0} Q_0}$

$X_A Q_0 = k (1 - X_A) \cdot V_R \Rightarrow X_A Q_0 = k V_R - k V_R X_A$

$X_A (Q_0 + k V_R) = k V_R \Rightarrow X_A = \frac{k V_R}{Q_0 + k V_R}$ ou $X_A = \frac{C_{A_0} k V_R}{F_{A_0} + k C_{A_0} V_R}$

$X_A = \frac{\frac{100}{3600} \text{ sec} \cdot 4 \text{ m}^3}{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} + \frac{100}{3600} \cdot 4} = 0,957 = 95,7\%$

② R&P avec les mêmes performances, $\Rightarrow X_A = 95,7\%$.

eq. de Bilan R&P $F_{A_0} dx_A = r_A \cdot dV_R$

$V_R = \int dV_R = \int \frac{F_{A_0} dx_A}{r_A} = \int \frac{C_{A_0} Q_0 dx_A}{k C_{A_0} (1 - x_A)} = \frac{Q_0}{k} \int \frac{dx_A}{1 - x_A}$

$= \frac{Q_0}{k} [-\ln(1 - x_A)]_0^{x_A} = \frac{-Q_0}{k} \ln(1 - x_A)$

$V_R = \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}}{\frac{100}{3600} \text{ sec}} \ln(1 - 0,957) = 0,5663 \text{ m}^3 = 566,3 \text{ l}$

$\tau_{R\&P} = \frac{V_R}{Q_0} = \frac{0,5663 \text{ m}^3}{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}} = 1133 \text{ sec} = 1,9 \text{ min}$

Comparaison: $\tau_{R\&P} = 1,9 \text{ min} < \tau_{RAC} = 13,33 \text{ min}$. $V_{R\&P} = 0,566 \text{ m}^3 < V_{RAC} = 4 \text{ m}^3$

③ RF avec $X_A = 0,96\%$. $n_B = n_{A_0}(1 - x_A)$, $dn_B = -n_{A_0} dx_A$

eq. de Bilan RF $\frac{dn_B}{dt} = -r_A \cdot V_R$

$t_s = \int dt = \int \frac{n_{A_0} dx_A}{k C_{A_0} (1 - x_A)} = \int \frac{C_{A_0} dx_A}{k C_{A_0} (1 - x_A)} = \frac{1}{k} \int \frac{dx_A}{1 - x_A}$

$$t_s = \frac{1}{k} [-\ln(1-x_A)]^{x_A} = \frac{1}{k} \ln(1-x_A) \quad (0,5)$$

$$t_s = -\frac{\ln(1-0,96)}{\frac{100}{3600} \text{ sec}} = 115,88 \text{ sec} = 1,93 \text{ min} \quad (0,5)$$

Concentration des espèces à la sortie du R.F

$$C_A = C_{A_0}(1-x_A) \Rightarrow C_{A_c} = 14(1-0,96) = 0,56 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} \quad (0,5)$$

$$n_j = n_{j_0} + \frac{v_j}{-v_c} n_{c_0} x_c \quad n_B = n_{B_0} + \frac{1}{-1} n_{A_0} x_c \quad \overline{V_R}$$

= 0 (état de ref = état initial)

$$* \quad C_B = C_{A_0} x_A = 14 \cdot 0,96 = 13,44 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3} \quad (0,5)$$

d'après l'eq de Bilan des R.F $\int \frac{dn_A}{V_R} = \int -k C_A dt$

$$\int_{C_A}^{C_{A_0}} \frac{dc}{c} = \int_0^t -k dt \Rightarrow [\ln c]_{C_A}^{C_{A_0}} = -k [t]_0^t \Rightarrow \ln \frac{C_A}{C_{A_0}} = -kt$$

$$\frac{C_A}{C_{A_0}} = e^{-kt} \Rightarrow C_A = C_{A_0} e^{-kt} \quad (0,5)$$

d'après l'équation * $C_B = C_{A_0} x_A \Rightarrow C_B = \frac{C_A}{e^{-kt}} x_A \Rightarrow C_B = C_{A_0} e^{+kt} \cdot x_A$

Verification à $t = 1,93 \text{ min}$ $C_A = 0,56 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$ et $C_B = 13,44 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$

$$C_A = C_{A_0} e^{-kt} = 14 \cdot e^{-\frac{100}{60 \text{ min}} \cdot 1,93 \text{ min}} = 0,56$$

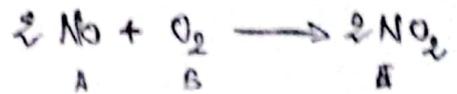
$$C_B = C_A e^{+kt} = 0,56 \cdot 0,96 e^{\frac{100}{60} \cdot 1,93} = 13,44$$

Exercice 2 un mélange gazeux, RAC

$$F_{A_0} = 5 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

A-10% NO
B-10% O₂
i-80% N₂
x molaire

Réaction
X_A = 80%



$$\Rightarrow F_{B_0} = 5 \frac{\text{mols}}{\text{sec}} \quad \text{et} \quad F_{N_2} = 40 \frac{\text{mols}}{\text{sec}} = F_i$$

$$F_{T_0} = 5 + 5 + 40 = 50 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

$$P_0 \Phi_0 = F_0 R T_0 \Rightarrow \Phi_0 = \frac{F_0 \cdot R \cdot T_0}{P_0} = \frac{50 \frac{\text{mols}}{\text{sec}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 1201,3 \frac{\text{l}}{\text{sec}}$$

$$F_{A_x} = C_{A_x} \Phi_0 \Rightarrow C_{A_x} = \frac{F_{A_0}}{\Phi_0} = \frac{5}{1201,3} = 4,162 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mols}}{\text{l}}$$

$$C_{B_0} = \frac{F_{B_0}}{\Phi_0} = \frac{5}{1201,3} = 4,162 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mols}}{\text{l}} \quad C_{N_2} = \frac{F_{N_2}}{\Phi_0} = \frac{40}{1201,3} = 0,033 \frac{\text{mols}}{\text{l}}$$

$$I = \frac{F_i}{F_0} \leftarrow \text{Pas achés} \Rightarrow F_A + F_B \Rightarrow I = \frac{40}{5+5} = \frac{40}{10} = 4$$

$$M = \frac{F_{i_0}}{F_{c_0}} = \frac{5}{5} = 1$$

$$\Phi_s = \beta \Phi_0 (1 + \alpha X) \quad \text{ou bien} \quad \Phi_s = \beta \Phi_0 \frac{F_{T_s}}{F_{T_0}} \quad X \neq X_A$$

$$F_{T_0} = F_{A_0} + F_{B_0} + F_i = 50 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

$$\beta = \frac{TP_0}{T_0 P} \Rightarrow \beta = 1 \quad (\text{Tot } P \text{ constante})$$

$$F_{T_s} = F_{A_s} + F_{B_s} + F_E + F_i$$

$$F_A = F_{A_0} (1 - X_A) \Rightarrow F_A = 5(1 - 0,8) = 1 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

$$F_d = F_{d_0} + \frac{\nu_i}{\nu_c} F_{c_0} X_c$$

$$F_B = F_{B_0} + \frac{-1}{-(-2)} F_{A_0} X_A = 5 - 0,5(5) \cdot 0,8 = 3 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

$$F_E = F_{E_0} + \frac{+2}{+2} F_{A_0} X_A = F_{A_0} X_A = 5 \cdot 0,8 = 4 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

$$F_{T_s} = 1 + 3 + 4 + 40 = 48 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$$

$$\frac{F_{T_s}}{F_{T_0}} = \frac{48}{50} = 0,96$$

$$\Phi_s = 1201,3 \cdot 1 \cdot 0,96 = 1153,25 \frac{\text{l}}{\text{sec}} = 115,3 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$$

$$\frac{F_{T_s}}{F_{T_0}} = 1 + \alpha X \quad \alpha = \frac{\Delta \nu}{1 + I} \Rightarrow \alpha = \frac{2 - [2 + 1]}{1 + 4} = \frac{-1}{5} = -0,2$$

$$\Rightarrow X = \frac{0,96 - 1}{-0,2} = 20\%$$

d'autres parts, $E = \frac{F_{A_0} - F_A}{\nu_A} = \frac{5 - 1}{-(-2)} = \frac{4}{+2} = 2 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}$

et $X = \frac{E}{F_0} = \frac{2 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}}{10 \frac{\text{mols}}{\text{sec}}} = 0,2 = 20\%$

RAC $\Rightarrow F_{A_0} X_A = 2 r_A V_R \Rightarrow V_R = \frac{F_{A_0} X_A}{2 r_A} = \frac{F_{A_0} X_A}{2 k [C_A]^2 [C_B]} = \frac{F_{A_0} X_A}{2 k \frac{F_{A_0}^2}{\Phi_0^2} \frac{F_{B_0}}{\Phi_0}}$

$$V_R = \frac{F_{A_0} X_A \Phi_0^3}{2 k F_{A_0}^2 \cdot F_{B_0}} \left[\frac{\text{mols}}{\text{sec}} \left(\frac{\text{l}}{\text{sec}} \right)^3 \right] = \text{C} \rightarrow \text{m}^3$$

$$V_R = \frac{5 \cdot 0,8 (1153,25)^3}{2 \cdot 1,4 \cdot 10^4 \cdot 1^2 \cdot 3} = 73,038 \text{ m}^3$$