

Contrôle : Calcul de réacteur**Exercice 1 :**

On réalise la réaction en phase liquide $A + 2B \rightarrow C$ dans un RAC isotherme (323 °K) de volume 120m³. L'alimentation du réacteur est constituée de deux réactifs A et B et d'un inerte I. de composition molaire 15% et 25% en A et B respectivement. L'alimentation entre dans le réacteur avec un débit de 3000 l/h, la masse molaire et la masse volumique de l'alimentation sont 40g/mol et 1200 g/l respectivement.

1. Calculer le taux de conversion de la réaction à la sortie du réacteur.
2. Calculer les concentrations à la sortie du réacteur pour les constituants A, B et C.
3. Calculer le débit massique total à la sortie du réacteur
4. Quel est le réactif limitant ? justifier votre réponse.

Données :

$$(-r_A) = \frac{k_1 C_A C_B}{1 + k_2 C_A} \text{ (mole/ h.l)} ; k_1 = 0.1, \quad k_2 = 0.6 \quad \text{à } 323 \text{ °K}$$

On suppose une densité constante de la phase liquide (débit volumique constant)

Exercice 2 :

On considère la réaction homogène en phase gazeuse : $2A \rightarrow 3R$. On met en œuvre cette réaction dans un réacteur ouvert à T de 420 °C et une pression de 5atm. Le réacteur est alimenté par un courant gazeux contenant une composition équimolaire de réactif A et un inerte avec un débit volumique de 900 l/h, Le réacteur donne un taux de conversion à la sortie de 65%.

La réaction suit une loi d'ordre 2. On néglige les pertes de charges et on suppose que les gaz parfaits.

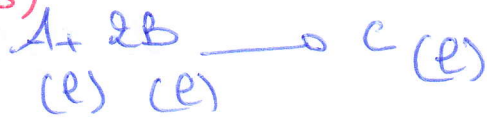
1. Exprimer en fonction de x_A puis calculer les débits molaires F_{is} , C_{is} et Q_s des différents constituants à la sortie de réacteur
2. Calculer le temp de séjour t_s dans ce réacteur

Données : $k = 0.2 \text{ m}^3/\text{mole} \cdot \text{h}$

Exercice 01 (11pts)

Solution:

46P



RAC ; $T_L = 323^\circ K$; $V = 120 m^3$; Alimentation $\begin{matrix} A \rightarrow y_A = 0,1 \\ B \rightarrow y_B = 0,25 \\ O_2 \rightarrow y_{O_2} = 0,65 \end{matrix}$

$Q_e = 3000 \text{ l/h}$; $\rho = 1200 \text{ g/l}$; $M_m = 40 \text{ g/mol}$.

1. Le taux de Conversion à la sortie du réacteur:

• RAC : B91G ; $E + A_{pp} = S + \text{disp} + A_{cc}$.

B91P (A) ; $A_{pp} = 0$; $A_{cc} = 0$; $E = S + \text{disp}$ (0,25)

$$E = F_{Ae} ; S = F_{Ae}(1 - x_A) ; \text{disp} = (-r_A)V.$$

$$F_{Ae} = F_{Ae}(1 - x_A) + (-r_A)V \quad (0,25)$$

$$F_{Ae}x_A = (-r_A)V.$$

$$(0,5) \quad \frac{x_A}{(-r_A)} = \frac{V}{F_{Ae}} ; (-r_A) = \frac{k_1 C_A C_B}{1 + k_2 C_A}$$

• Expressions de C_A et C_B

$$C_{As} = \frac{F_{As}}{Q_s} ; Q_s = Q_e ; C_{As} = \frac{F_{Ae}(1 - x_A)}{Q_e}$$

$$C_{As} = C_{Ac}(1 - x_A) \quad (0,5)$$

$$C_{Bs} = \frac{F_{Be} - 2F_{Ae}x_A}{Q_e} ; C_{Bs} = \frac{F_{Ae}}{Q_e} \left(\frac{F_{Be}}{F_{Ae}} - 2x_A \right)$$

$$C_{Bs} = C_{Ae}(M_{Bo} - 2x_A) ; M_{Bo} = \frac{F_{Be}}{F_{Ae}} = \frac{y_{Be}}{y_{Ae}} = \frac{0,25}{0,1} = 1,66$$

(0,5) (0,5)

$$C_{Bs} = C_{Ae}(1,66 - 2x_A) \quad (0,5)$$

$$(-2A) = \frac{K_1 C_A C_B}{1 + K_2 C_A} ; (-2A) = \frac{K_1 C_{Ae}(1-x_A) C_{Ae}(1.66-2x_A)}{1 + K_2 C_{Ae}(1-x_A)}$$

$$\frac{x_A (1 + K_2 C_{Ae}(1-x_A))}{K_1 C_{Ae}^2 (1-x_A)(1.66-2x_A)} = \frac{V}{F_{Ae}} \quad (0,5)$$

Calcul de C_{Ae} et F_{Ae} :

$$F_{Ae} = y_A F_{Te} ; F_{Ae} = y_{Ae} \frac{Q_e \rho}{M_m} ; F_{Ae} = \frac{3000 \cdot 1200 \cdot 0,15}{40} \quad (0,25)$$

$$F_{Ae} = 13500 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1} \quad (0,25)$$

$$C_{Ae} = \frac{F_{Ae}}{Q_e} = \frac{13500}{3000} ; C_{Ae} = 4,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \quad (0,25)$$

$$K_1 = 0,1 ; K_2 = 0,6 ; V = 120 \text{ m}^3 = 120 \cdot 10^3 \text{ l}.$$

$$x_A (1 + 0,6 \cdot 4,5 (1-x_A)) \cdot 13500 = 120 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot (4,5)^2 (1-x_A)(1,66-2x_A)$$

$$13,5 x_A (1 + 2,7 - 2,7 x_A) = 12 \cdot (4,5)^2 (1-x_A)(1,66-2x_A)$$

$$x_A (3,7 - 2,7 x_A) = 18 (1,66 - 1,66 x_A - 2 x_A + 2 x_A^2)$$

$$3,7 x_A - 2,7 x_A^2 = 18 (1,66 - 3,66 x_A + 2 x_A^2)$$

$$38,7 x_A^2 - 69,58 x_A + 29,88 = 0 \quad (1)$$

$$(0,5) \quad D = b^2 - 4ac ; D = (-69,58)^2 - 4(38,7)(29,88)$$

$$D = 215,9524 ; \sqrt{D} = 14,69 ; \begin{cases} x_A = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a} \\ x_A = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a} \end{cases} \quad (0,5)$$

$$\begin{cases} x_{A1} = \frac{69,58 - 14,69}{2 \cdot 38,7} = 0,70 \quad (0,5) \\ x_{A2} = \frac{69,58 + 14,69}{2 \cdot 38,7} = 1,088 \text{ impossible} \end{cases} \quad (0,5)$$

2. Les Concentrations à la sortie du réacteur:

$$\underline{C_{is}}: C_{is} = \frac{F_{is}}{Q_s}; \quad Q_s = Q_e.$$

$$a) \cdot C_{As} = \frac{F_{As}}{Q_e}; \quad C_{As} = \frac{F_{Ae}(1-x_A)}{Q_e}; \quad C_{As} = C_{Ae}(1-x_A) \quad (0,25)$$

$$\cdot C_{As} = 4,5(1-0,7); \quad C_{As} = 1,35 \text{ mol.l}^{-1} \quad (0,25)$$

$$b) \cdot C_{Bs} = \frac{F_{Bs}}{Q_e} = \frac{F_{Ae}(1,66-2x_A)}{Q_e} = C_{Ae}(1,66-2x_A) \quad (0,25)$$

$$C_{Bs} = 4,5(1,66-2 \cdot 0,7); \quad C_{Bs} = 1,17 \text{ mol.l}^{-1} \quad (0,25)$$

$$c) \cdot C_{Cs} = \frac{F_{Cs}}{Q_e} = \frac{F_{Ae}x_A}{Q_e}; \quad C_{Cs} = C_{Ae}x_A \quad (0,25)$$

$$C_{Cs} = 4,5 \cdot 0,7; \quad C_{Cs} = 3,15 \text{ mol.l}^{-1} \quad (0,25)$$

3. Le Débit massique à la sortie:

a. Le Débit molaire totale à la sortie.

$$F_{Ts} = F_{As} + F_{Bs} + F_{Cs} + F_I.$$

$$F_{Ts} = F_{Ae} + F_{Be} + F_{Ce}^0 + F_I + F_{Ae}(-x_A - 2x_A + x_A).$$

$$F_{Ts} = F_{Te} - 2F_{Ae}x_A \quad (0,25)$$

$$F_{Te} = \frac{3000 \cdot 1200}{40}; \quad F_{Te} = 90.000 \text{ mol.h}^{-1} \quad (0,25)$$

$$F_{Ts} = 90000 - 2 \cdot 0,7 \cdot 13500; \quad F_{Ts} = 71100 \text{ mol.h}^{-1} \quad (0,25)$$

b). Débit massique

$$(0,25) \quad Q_m = F_{Ts} \cdot M_m; \quad Q_m = 71100 \cdot 40.$$

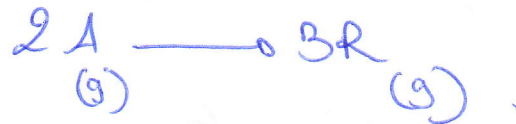
$$Q_m = 2844 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (0,5)$$

4. Le réactif limitant:

$$M_{B_0} = \frac{y_{Be}}{y_{Ae}} = \frac{0,25}{0,15} = 1,66 \quad ; \quad \frac{O_B}{O_A} = \frac{-2}{-1} = 2.$$

$$(0,5) \quad \frac{y_{Be}}{y_{Ae}} < \frac{O_B}{O_A} \quad \text{donc B est le réactif limitant} \quad (0,5)$$

Exercice 2: (9 pts)

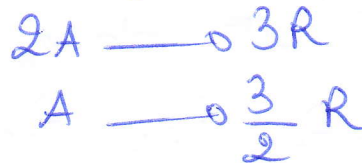


Alimentation $\rightarrow A$; $y_{Ae} = 0,15$
 $\rightarrow I$; $y_{Ie} = 0,15$

$Q_e = 900 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$; $T = 420^\circ \text{C}$; $P = 5 \text{ atm}$; $\varepsilon_{Ag} = 85\%$.
 La réaction est d'ordre 2 .

$P = \text{cst}$; $T = \text{cst}$; gaz parfait .

1. Les débits molaires F_{is} :



$$F_{is} = F_{ie} - \frac{O_i}{O_A} F_{Ae} x_A$$

$$(0,5) \quad F_{As} = F_{Ae} (1 - x_A) \quad ; \quad F_{Rs} = F_{Re}^{\text{co}} + \frac{3}{2} F_{Ae} x_A$$

$$(0,5) \quad F_{Rs} = \frac{3}{2} F_{Ae} x_A \quad ; \quad F_{Ie} = F_{Is}$$

• Débit volumique Q_s :

$$Q_s = B Q_e (1 + \alpha' x_A) \quad (0,5)$$

$$\text{b.q.} \quad B = \frac{P_0 T}{T_0 P} \quad ; \quad B = 1 \quad ; \quad (0,25) \quad (0,25)$$

$$\alpha' = -y_{Ae} \frac{O_A}{O_A} \quad ; \quad \alpha' = 0,25 \quad (0,25) \quad (0,25)$$

$$Q_s = Q_e (1 + 0,25 x_A)$$

$$C_{Is} = \frac{F_{Is}}{Q_s} ; \quad C_{As} = \frac{F_{As}}{Q_s} = \frac{F_{Ae} (1 - x_A)}{Q_e (1 + 0,25 x_A)}$$

$$C_{As} = \frac{C_{Ae} (1 - x_A)}{(1 + 0,25 x_A)}$$

0,5

$$C_{Rs} = \frac{F_{Rs}}{Q_s} = \frac{3 F_{Ae} x_A}{2 Q_e (1 + 0,25 x_A)}$$

$$C_{Rs} = \frac{3}{2} \frac{C_{Ae} x_A}{(1 + 0,25 x_A)}$$

0,1

$$C_{Is} = \frac{F_{Is}}{Q_s} = \frac{F_{Ie}}{Q_e}$$

$$C_{Is} = \frac{C_{Ie} \cdot Q_e}{Q_e (1 + 0,25 x_A)}$$

0,5

• Calcul des Débits molaires :

a) $F_{As} = F_{Ae} (1 - x_A) ; \quad F_{Ae} = ? ; \quad F_{Ae} = C_{Ae} \cdot Q_e$

0,25

$$C_{Ae} = ? ; \quad PQ = FRT ; \quad C_{Ae} = \frac{F}{Q} = \frac{y_{Ae} P}{RT}$$

0,25

$$C_{Ae} = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 10^6}{8,314 \cdot (420 + 273)}$$

$$C_{Ae} = 43 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$$

0,25

$$F_{Ae} = 43 \cdot 900 \cdot 10^3 ;$$

$$F_{Ae} = 38,7 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

0,25

$$F_{As} = 38,7 (1 - 0,65) ;$$

$$F_{As} = 13,545 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

0,1

b) $F_{Rs} = \frac{3}{2} \cdot F_{Ae} x_A ; \quad F_{Rs} = \frac{3}{2} \cdot 38,7 \cdot 0,65 ; \quad F_{Rs} = 37,73 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$

• Calcul des Concentrations à la sortie :

$$C_{As} = \frac{C_{Ae} (1 - x_A)}{(1 + 0,25 x_A)}$$

$$C_{As} = \frac{43 (1 - 0,65)}{(1 + 0,25 \cdot 0,65)}$$

$$C_{As} = \frac{43.0.35}{1.1825}$$

$$C_{As} = 12.94 \text{ mol.l}^{-3}$$

0,1

$$C_{Rs} = \frac{3.43.0.65}{2(0.25.0.65+1)}$$

$$C_{Rs} = 36.064 \text{ mol.m}^{-3}$$

0,1

$$F_{Ie} = F_{Is}$$

$$C_{Is} = \frac{43}{(1+0.25.0.65)}$$

$$C_{Is} = 36.98 \text{ mol.m}^{-3}$$

0,2

2. Le Temps de séjour t_s dans le réacteur:

BHG: $G + d_{pp} = S + d_{isp} + I_{cc}$

BHP (A): $A_{pp} = 0$; $I_{cc} = 0$

$$E = S + d_{isp}$$

0,2

$$E = F_{Ae}; S = F_{As}; F_{Ae} = F_{Ac}(1-x_A) + d_{isp}$$

$$d_{isp} = (-r_A) \cdot V$$

$$F_{Ac} x_A = (-r_A) V$$

$$\frac{x_A}{(-r_A)} = \frac{V}{F_{Ae}}; F_{Ae} = \frac{n}{t_s}; \frac{V}{C_{Ac}} = \frac{V}{F_{Ae}} = \frac{x_A}{(-r_A)}$$

$$\frac{V \cdot t_s}{n_{Ac}} = \frac{x_A}{(-r_A)}$$

$$t_s = \frac{x_A \cdot n_{Ac}}{(-r_A) V}$$

0,1 $t_s = C_{Ae} \cdot \frac{x_A}{(-r_A)}; (-r_A) = k C_A^2$

$$(-r_A) = k C_{Ae}^2 (1-x_A)^2; t_s = \frac{x_A}{k C_A (1-x_A)^2}$$

0,1

$$t_s = \frac{0.65}{0.2.43.(1-0.65)^2}$$

$$t_s = 36 \text{ min}$$

0,1

1. Les buts de l'intensification des procédés (GPTs)

- Diminution du coût des équipements et d'opérations
- Amélioration de la sécurité des équipements
- Augmentation de la productivité
- Diminution du coût d'opération
- Préservation de l'Environnement en diminuant des sous produits des réaction
- Diminution de la consommation énergétique

2. Les Différentes approches de l'intensification des procédés: (GPTs)

1. L'aspect réduction surface sur volume (s/v) (1)

Le principe fondamentale de la miniaturisation des appareils revient à accroître leur rapport surface d'échange sur volume tout en maintenant leur capacité de production. (1)

Les conséquences sont l'amélioration des transferts thermique et le transfert de matière.

2. L'Aspect microstructuration (1)

L'écoulement laminaire au sein des réacteurs conduit à des faibles ~~des~~ temps de séjour (1)

3. L'intensification du transfert thermique dans les réacteurs - échangeurs compacts. (1)

Le design des réacteurs est l'origine de l'intensification des transferts thermiques surtout dans le cas des réactions exothermiques.

- Utilisation des matériaux conducteurs qui facilite les échanges thermiques entre le fluide réactionnel et la paroi

3. Les réacteurs échangeurs compacts: (4 Pts)

3.1. Principe de fonctionnement

Le concept de ces équipements est à l'origine issu de celui des échangeurs de chaleur à plaques dans lesquels l'échange thermique entre deux fluides s'effectue à travers de la paroi des plaques. Les plaques sont adaptées pour supporter des réactions chimiques.

3.2 Les avantages de cet équipement: (4 Pts)

- Augmente le transfert thermique et le transfert de matière
- maintenance facile
- Augmente la productivité
- occupe peu d'espace
- peu de matière première.