



Université des Sciences et de la Technologie d'Oran
Mohamed Boudiaf- USTO-MB
Faculté de Chimie – Département de Génie de Matériaux
L3/Génie de Procédés
Réacteur Homogènes/ 2019-2020



Responsable du Module : Mr Hennous

Fiche de TD N° 2

Exercice N° 1

On veut étudier la réaction : $A + B \rightarrow M + N$ en phase liquide à 25 °C dans un réacteur agité continu de volume $V_R = 12,6$ litres, alimenté à l'entrée par un débit de 300 litres/h.

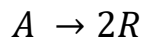
La réaction est du second ordre : $r = k C_A C_B$ avec $k = 2,1$ litres/ mole. min

On part d'un mélange en proportions de A et B : $C_{A0} = 0,8$ moles/litre et $C_{B0} = 1,1$ moles/litre.

- Déterminer le taux de conversion du réactif A qu'on pourrait obtenir à la sortie de ce réacteur.
- On envisage maintenant la possibilité de conduire la réaction dans un réacteur tubulaire à écoulement piston de mêmes performances que le RAC (même taux de conversion), quel serait le volume du réacteur ?
- Que devient le taux de conversion du réactif A à la sortie du RAC, si on part d'un mélange en proportions de A et B : $C_{A0} = 0,8$ moles/litre et $C_{B0} = 1,4$ moles/litre. Que peut-on conclure ?

Exercice N° 2

Un réacteur agité continu (RAC) est alimenté par un corps A pur $F_{A0} = 1$ kmol/h. Il règne dans ce réacteur une température de 1219 K et une pression de 1 atm. Le corps se décompose suivant la réaction suivante :



- Calculer le volume de réacteur V , nécessaire pour atteindre 80 % de conversion du corps A ($k = 200$ h⁻¹).
- Le réacteur est alimenté, cette fois, par un courant de A pur et par un courant d'inerte I, avec $F_{A0} = F_I = 1$ Kmol/h. Calculer le volume de réacteur permettant d'atteindre le même taux de conversion.

Exercice N° 3

On désire mettre au point une installation pour l'étude de la réaction $A + 2B \rightarrow C$ en phase gazeuse dans un RPAC en marche adiabatique à $P = 1$ atm.

La réaction est du second ordre : $r = k C_A C_B$ avec $k = 1$ m³/mole.h.

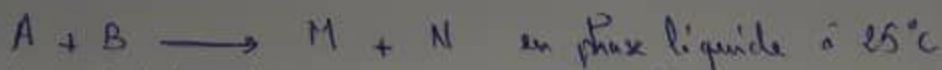
On veut convertir 80 % du A initial. On donne $F_{A0} = 10$ mol/h, $F_{B0} = 20$ mol/h, $F_1 = 100$ mol/h,

$T_E = 450$ °C et $T_s = 425$ °C.

- Déterminer le volume de réacteur
- On envisage maintenant la possibilité de conduire la réaction dans un réacteur tubulaire à écoulement piston, quel est le volume de réacteur ? Que peut-on conclure ?

Corrigé de la Fiche 2.

exercice 1:



Réacteur agité continu \Rightarrow pas d'accumulation

1- le taux de conversion de A à la sortie du réacteur (RAC)

Entrée - sortie + Production = 0 Production = - consommation

$$F_{A_0} - F_{A_s} - r_A V_R = 0 \quad r_A: \text{ vitesse de réaction par rapport à A}$$

r_A : c'est le nombre de mole de réactif A qui disparaît par unité de volume du système réactionnel par unité de temps: $\left[\frac{\text{mole}}{\text{volume} \cdot \text{temps}} \right]$

$$F_{A_s} = F_{A_0} (1 - X_A) \quad \text{A est le réactif clé, qui limite la réaction}$$

X_A le taux de conversion de ce réactif

$$F_{A_0} - F_{A_0} (1 - X_A) - r_A \cdot V_R = 0 \Rightarrow F_{A_0} - F_{A_0} + F_{A_0} X_A - r_A V_R = 0$$

$$\Rightarrow F_{A_0} X_A = r_A V_R \quad \text{--- (1)}$$

d'après la cinétique $v_A = k C_A C_B$ réaction de second ordre

$$\text{si } n_A = n_{A_0} (1 - X_A) \xrightarrow{\cdot \frac{1}{V}} C_A = C_{A_0} (1 - X_A)$$

$$\text{et } n_B = n_{B_0} + \frac{V_0}{-V_A} n_{A_0} X_A \xrightarrow{\cdot \frac{1}{V}} C_B = C_{B_0} - C_{A_0} X_A$$

$$\text{on remplace } r_A = k C_{A_0} (1 - X_A) (C_{B_0} - C_{A_0} X_A)$$

$$\text{on définit } M = \frac{C_{B_0}}{C_{A_0}} \Rightarrow r_A = k C_{A_0}^2 (1 - X_A) (M - X_A)$$

on remplace dans l'équation de Bilan (1) sachant que $F_x = C_x \cdot Q$

$$Q_0 C_{A_0} X_A = k C_{A_0}^2 (1 - X_A) (M - X_A) \cdot V_R$$

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

$$(1 - X_A) (M - X_A) = M - X_A - X_A M + X_A^2 = X_A^2 - X_A (M + 1) + M$$

$$\frac{Q_0}{k C_{A_0} V_R} = \frac{300}{60} \left(\frac{l}{\text{min}} \right) = 0,2362$$

$$M = \frac{C_{B_0}}{C_{A_0}} = \frac{1,1}{0,8} = 1,375$$

on a $\frac{Q_0}{k C_{A_0} V_R} X_A = X_A^2 - X_A (M+1) + M$ on remplace

$$0,2362 X_A = X_A^2 - X_A (2,375) + 1,375 \Rightarrow X_A^2 - X_A (2,375 + 0,2362) + 1,375 = 0$$

$$X_A^2 - X_A \cdot 2,6112 + 1,375 = 0$$

$$\Delta = (2,6112)^2 - 4 \cdot 1,375 = 1,3183$$

$$X_{A_2} = \frac{2,6112 - 1,1482}{2} = 0,7315$$

$$X_{A_2} = 73,15\%$$

2- même réaction dans un réacteur à écoulement piston (REP)

⇒ Pas d'accumulation et $F_{A_0} - F_{A_2} - r_A dV_R = 0$

on fait le bilan sur un élément de volume dV du réacteur.

$$-r_A dV_R = F_{A_2} - F_{A_0} = dF_A$$

si A est le réactif clé et x_A le taux de conversion, $F_A = F_{A_0} (1 - x_A)$

⇒ $dF_A = -F_{A_0} dx_A$ on remplace dans l'équation de Bilan

$$-r_A dV_R = -F_{A_0} dx_A \Rightarrow dV_R = \frac{F_{A_0}}{r} dx_A \quad \text{avec } F_{A_0} = Q_0 C_{A_0}$$

d'après la cinétique $r_A = k C_A C_B = k C_{A_0}^2 (1 - x_A)(M - x_A)$

$$V_R = \frac{Q_0 C_{A_0}}{k C_{A_0}^2} \int \frac{dx_A}{(1 - x_A)(M - x_A)} = \frac{Q_0}{k C_{A_0}} \frac{1}{M-1} \ln \frac{M - x_A}{M(1 - x_A)}$$

$$V_R = \frac{5}{2,1 \cdot 0,8 \cdot (1,375 - 1)} \ln \frac{1,375 - 0,7315}{1,375 (1 - 0,7315)} = 4,409 \text{ l}$$

3. Taux de conversion de A dans RAC avec excès stoechiométrique.

si $C_{A_0} = 0,8 \text{ moles/l}$ et $C_{B_0} = 1,4 \text{ moles/l}$

$$M = \frac{C_{B_0}}{C_{A_0}} = \frac{1,4}{0,8} = 1,75$$

on a aussi: $\frac{Q_0}{k C_A V_R} X_A = X_A^2 - X_A (M+1) + M$ on remplace

$$0,2362 X_A = X_A^2 - 2,75 X_A + 1,75$$

$$X_A^2 - 2,9862 X_A + 1,75 = 0$$

$$X_A = \frac{2,9862 \pm 1,3846}{2} =$$

$$X_A = 80,07 \%$$

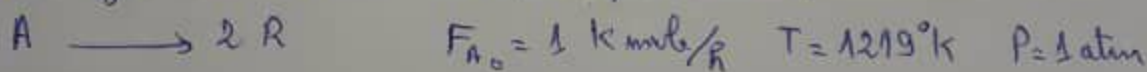
si $M = 1,375 \Rightarrow X_{A_s} = 73,15 \%$

si $M = 1,75 \Rightarrow X_{A_s} = 80,07 \%$

→ lorsqu'on utilise un excès stoechiométrique de B par rapport à A on améliore les performances du RAC

exercice 2:

• Réacteur Agité continu en écoulement permanent



Réaction en phase gaz, $k = 200 \text{ h}^{-1}$

c'est une réaction d'ordre 1. (élémentaire et d'après l'unité de k)

RAC \Rightarrow pas d'accumulation $F_{A_0} - F_{A_s} - r_A V_R = 0$

$F_A = F_{A_0} (1 - X_A)$ $\Rightarrow F_{A_0} - F_{A_0} - F_{A_0} X_A - r_A V_R = 0 \Rightarrow V_R = \frac{F_{A_0} X_A}{r_A}$ — (1)

d'après la cinétique $r_A = k C_A = k \frac{F_A}{Q} = k \frac{F_{A_0} (1 - X_A)}{Q}$ — (2)

$Q_s = \beta Q_0 \frac{F_{T_s}}{F_{T_0}}$ $\beta = 1$ car P et T fixes.

3. Taux de conversion de A dans RAC avec excès stoechiométrique.

si $C_{A_0} = 0,8 \text{ moles/l}$ et $C_{B_0} = 1,4 \text{ moles/l}$

$$M = \frac{C_{B_0}}{C_{A_0}} = \frac{1,4}{0,8} = 1,75$$

on a aussi: $\frac{Q_0}{k C_A V_R} X_A = X_A^2 - X_A (M+1) + M$ on remplace

$$0,2362 X_A = X_A^2 - 2,75 X_A + 1,75$$

$$X_A^2 - 2,9862 X_A + 1,75 = 0$$

$$X_A = \frac{2,9862 \pm 1,3846}{2} =$$

$$X_A = 80,07 \%$$

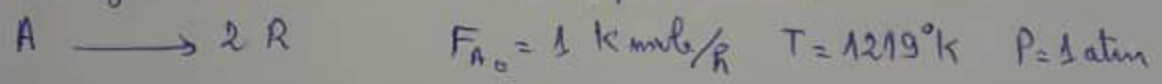
si $M = 1,375 \Rightarrow X_{A_s} = 73,15 \%$

si $M = 1,75 \Rightarrow X_{A_s} = 80,07 \%$

→ lorsqu'on utilise un excès stoechiométrique de B par rapport à A on améliore les performances du RAC

exercice 2:

• Réacteur Agité continu en écoulement permanent



Réaction en phase gaz, $k = 200 \text{ h}^{-1}$

c'est une réaction d'ordre 1. (élémentaire et d'après l'unité de k)

RAC \Rightarrow pas d'accumulation $F_{A_0} - F_{A_s} - r_A V_R = 0$

$F_A = F_{A_0} (1 - X_A)$ $\Rightarrow F_{A_0} - F_{A_0} - F_{A_0} X_A - r_A V_R = 0 \Rightarrow V_R = \frac{F_{A_0} X_A}{r_A}$ (1)

d'après la cinétique $r_A = k C_A = k \frac{F_A}{Q} = k \frac{F_{A_0} (1 - X_A)}{Q}$ (2)

$Q_s = \beta Q_0 \frac{F_{T_s}}{F_{T_0}}$ $\beta = 1$ car P et T fixes.

F_{T3} et $F_{T0} = ?$ $F_{T0} = F_{A0}$ réactif pur

$F_{T3} = F_{A3} + F_R$ $F_{A3} = F_{A0}(1 - X_A)$ et $F_I = F_{I0} + \frac{V_0}{-V_A} F_{A0} X_A$

$F_R = F_{R0} + \frac{+2}{-(-1)} F_{A0} X_A = F_{R0} + 2 F_{A0} X_A$

donc $F_{T3} = F_{A0} - F_{A0} X_A + 2 F_{A0} X_A = F_{A0} + F_{A0} X_A = F_{A0} (1 + X_A)$

$\frac{F_{T3}}{F_{T0}} = \frac{F_{A0}(1 + X_A)}{F_{A0}} = 1 + X_A$ d'où $Q = Q_0 (1 + X_A)$

d'autre part, $P_0 Q_0 = F_{T0} \cdot R T_0 \Rightarrow Q_0 = F_{A0} \frac{R T_0}{P_0}$

et $Q_3 = F_{T3} \frac{R T}{P} \Rightarrow Q_3 = F_{A0} (1 + X_A) \frac{R T}{P}$ Tct P constantes

② $r_A = \frac{k F_{A0} (1 - X_A) P}{F_{A0} (1 - X_A) R T} = \dots$

③ $V_R = \frac{F_{A0} X_A (1 - X_A) R T}{k (1 - X_A) P}$

$V_R = \frac{10^3 \cdot 0,05 \cdot 1219 \cdot 0,8 (1 + 0,8)}{200 \cdot 6 \cdot 1 - 0,8} = 3,6 \text{ l}$

2- Réacteur alimenté par F_{A0} et F_I

Réacteur parfaitement Agité $V_R = \frac{F_{A0} X_A}{r_A}$ et $r_A = k \frac{F_{A0} (1 - X_A)}{Q_3}$

$Q_3 = \beta \cdot Q_0 \cdot \frac{F_{T3}}{F_{T0}}$ F_{T3} et $F_{T0} = ?$

$F_{T0} = F_{A0} + F_I$ et $F_{T3} = F_A + F_R + F_I$ avec $F_A = F_{A0} (1 - X_A)$

$F_{T3} = F_{A0} - F_{A0} X_A + F_{R0} + 2 F_{A0} X_A + F_I = F_{A0} + F_I + F_{A0} X_A$

$\frac{F_{T3}}{F_{T0}} = \frac{F_{A0} + F_I + F_{A0} X_A}{F_{A0} + F_I} = 1 + \frac{F_{A0}}{F_{A0} + F_I} X_A = 1 + \frac{1}{1 + I} X_A = 1 + 0,5 X_A$

$P_0 Q_0 = F_{T0} \cdot R T_0 \Rightarrow Q_0 = \frac{F_{T0} \cdot R T_0}{P_0} = \frac{(F_{A0} + F_I) R T_0}{P_0}$

donc $Q_3 = (F_{A0} + F_I) \frac{R T_0}{P_0} \cdot (1 + 0,5 X_A)$

$$r_A = k \frac{F_{A0} (1 - x_A)}{Q_s} = k \frac{F_{A0}}{F_{A0} + F_I} \frac{P_0}{RT_0} \frac{1 - x_A}{1 + 0,5 x_A}$$

$$V_R = \frac{F_{A0} \cdot x_A}{r_A} = \frac{F_{A0} (F_{A0} + F_I)}{F_{A0}} \cdot \frac{RT_0}{k \cdot P_0} \cdot \frac{x_A (1 + 0,5 x_A)}{1 - x_A}$$

$$V_R = (1 + 1) \cdot \frac{0,082 \cdot 1219}{200 \cdot 1} \cdot \frac{0,8 (1 + 0,5 \times 0,8)}{1 - 0,8} = 5,6 \text{ l}$$

l'existence des inertes augmente le volume du même réacteur.