

TD Transformations chimiques de la matière : aspects thermodynamique et cinétique : Procédés industriels continus – aspect thermodynamique

Applications Directes Du Cours

Ex 1.

On étudie la réaction d'hydrolyse aqueuse d'un chlorure d'acyle sulfonique C menée dans un RCPA de volume $V = 50 \text{ L}$. On précise que :

- l'enthalpie standard de la réaction d'hydrolyse vaut $\Delta_r H^\circ = -251 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- C est dissous dans l'eau à une concentration initiale $c_0 = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- le débit du liquide (assimilé à de l'eau pure) vaut $D_V = 0,1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$;
- le liquide entre dans le réacteur à $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- la paroi externe du réacteur a une surface de $S = 0,5 \text{ m}^2$ et est maintenue à $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Le coefficient d'échange thermique au travers de la paroi vaut $h = 500 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

1. Quelle est l'expression de la puissance thermique \mathcal{P}_{th} échangée entre le réacteur et le milieu extérieur ?
2. À l'aide du premier principe de la thermodynamique appliqué au réacteur, montrer que :

$$\mathcal{P}_{\text{th}} = D_V \Delta_r H^\circ c_0 \alpha + D_V \rho_{\text{eau}} c_P \text{eau} (T_s - T_e)$$

où α est le taux de conversion de C et T_s la température en sortie de réacteur.

3. En déduire la valeur de T_s pour avoir un taux de conversion de 80 %.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau $c_P \text{eau} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

S'entraîner

Ex 1.

La saponification de l'acétate d'éthyle est menée dans un RCPA de 6 L dont les parois sont calorifugées.



Pour cela, le réacteur est alimenté par deux voies, la première amenant une solution aqueuse d'acétate d'éthyle à 25 °C (1 mol·L⁻¹) avec un débit de $D_V = 25 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et la seconde amenant de la soude à 20 °C avec le même débit et une concentration deux fois plus grande.

1. La réaction étant d'ordre 1 par rapport à chaque réactif et ayant une constante de vitesse $k = 0,11 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, déterminer le taux de conversion en sortie de réacteur.
2. Dans le réacteur, un serpentin immergé maintient la température interne à 25 °C; pour cela, de l'eau entre dans le serpentin à 15 °C et en sort à 20 °C. La puissance échangée par le serpentin vaut alors $hS\Delta T_{\text{serp}}$ où h est le coefficient d'échange thermique 594 W·m⁻²·K⁻¹, S la surface immergée et ΔT_{serp} un facteur effectif de refroidissement qui vaut 7,21 K. Estimer la valeur de S dans le cadre du fonctionnement de ce réacteur.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau $c_P_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Ex 2.

On étudie une réaction d'isomérisation modélisée par la réaction $\text{I}_1 = \text{I}_2$ en phase liquide d'ordre 1 par rapport à I_1 . La transformation est menée dans un RCPA dont le débit volumique est réglé à 145 L·h⁻¹. Le liquide a une masse volumique constante de $\rho = 0,9 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ et une température d'entrée de $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Déterminer le volume que doit présenter le réacteur pour que le taux de conversion α soit de 90 % avec une température de sortie $T_s = 160 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Pour obtenir de telles conditions, le réacteur est chauffé par une résistance R dans lequel circule un courant $I = 1 \text{ A}$. Déterminer la valeur de R .

Données :

- constante de vitesse : $k = 2,61 \cdot 10^{14} \exp\left(-\frac{14570}{T}\right)$ en h⁻¹ avec T en kelvins;
- enthalpie standard de réaction : $\Delta_r H^\circ = 86,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- capacité thermique molaire de I_1 : $C_{Pm} = 520 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- masse molaire de I_1 : $M = 250 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.