

TD chimie procédés industriels

II - Aspects énergétiques

1 — Température en sortie de réacteur

On étudie la réaction d'hydrolyse aqueuse d'un chlorure d'acyle sulfonique C menée dans un RCPA de volume $V = 50$ 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 massique du liquide, assimilé à de l'eau pure, vaut $Q = 0,1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$;
- le liquide entre dans le réacteur à la température $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- la paroi externe du réacteur a une surface $S = 0,5 \text{ m}^2$ et est maintenue à une température de $20 \text{ }^\circ\text{C}$. 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

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

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

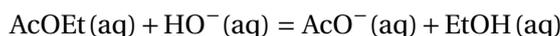
3. En déduire la valeur de T_s pour avoir un taux de conversion de 80 %.

Données

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

2 — Saponification

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



avec

$$\Delta_r H^\circ = -41,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Le réacteur est alimenté par deux voies, la première amenant une solution aqueuse d'acétate d'éthyle à $25 \text{ }^\circ\text{C}$ à la concentration $c_0 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ avec un débit $D_v = 25 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et la seconde amenant de la soude à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ avec le même débit et à la concentration $2c_0 = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

1. Compte tenu des concentrations en entrée, quel est le réactif limitant ? Le taux de conversion α est défini par rapport à ce réactif.
2. Exprimer les concentrations en sortie $[\text{AcOEt}]^s$ et $[\text{HO}^-]^s$ en fonction de c_0 et α .
3. Par un bilan de matière, montrer que la vitesse est donnée par

$$r = \frac{\alpha D_v c_0}{V}.$$

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

Données

$$\begin{array}{ll} \text{capacité thermique de l'eau} & c_{p,\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ \text{masse volumique de l'eau} & \rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \end{array}$$

3 — Réaction d'isomérisation

On étudie une réaction d'isomérisation modélisée par la réaction $I_1 = I_2$ en phase liquide, présentant une cinétique d'ordre 1 par rapport à I_1 .

La transformation est menée dans un RCPA dont le débit volumique est réglé à $145 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$. Le liquide a une masse volumique constante $\rho = 0,9 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ et une température d'entrée $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Déterminer le volume que doit présenter le réacteur pour que le taux de conversion soit $\alpha = 90 \%$ 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 laquelle circule un courant $I = 1 \text{ A}$. Déterminer la valeur de R .

Données

$$\begin{array}{ll} \text{constante de vitesse} & k = 2,61 \times 10^{14} \exp\left(-\frac{14570}{T}\right) \text{ avec } T \text{ en kelvins} \\ \text{enthalpie standard de réaction} & \Delta_r H^\circ = 86,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ \text{capacité thermique molaire de } I_1 & c_{p,m} = 520 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ \text{masse molaire de } I_1 & M = 250 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array}$$