

Thème et cin. des procédés continus

exo 1

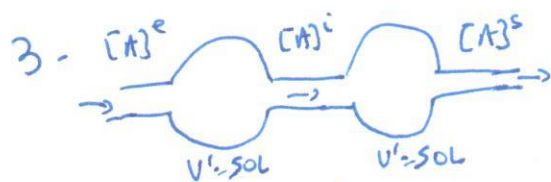
1. $v = k[A] = k[A]^s$ si ordre 1

$$[A]^e - [A]^s - \tau v = 0 \Leftrightarrow [A]^e - [A]^s - k\tau[A]^s = 0 \Rightarrow \frac{[A]^s}{[A]^e} = \frac{1}{1+k\tau}$$

$$\Leftrightarrow \frac{[A]^e}{[A]^s} = 1+k\tau = 1+k \frac{V}{Dv} \Rightarrow k = \frac{Dv}{V} \left(\frac{[A]^e}{[A]^s} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{Dv}{(min^{-1})k_1} \begin{array}{c|c|c|c|c|c} \omega & 10 & 20 & 30 & 50 & 100 \\ \hline k_1 & 1,40 & 1,42 & 1,38 & 1,40 & 1,40 \end{array} \Rightarrow \text{ordre 1 vérifié ; } k_1 = 1,40 \text{ min}^{-1}$$

2. $\frac{1}{1+k\tau} = \frac{[A]^s}{[A]^e} = 1-\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{k\tau}{1+k\tau}$; avec $\tau = \frac{V}{Dv} = 2 \text{ min} \Rightarrow \alpha = 0,74$



$$\tau' = \frac{V'}{Dv} = 1 \text{ min}$$

1^{er} RCPA: $\frac{[A]^i}{[A]^e} = \frac{1}{1+k\tau'}$ 2^{ème} RCPA: $\frac{[A]^s}{[A]^i} = \frac{1}{1+k\tau'}$

$$\Rightarrow \text{global : } \frac{[A]^s}{[A]^e} = \left(\frac{1}{1+k\tau'} \right)^2 = 1-\alpha \Rightarrow \alpha = 1 - \left(\frac{1}{1+k\tau'} \right)^2 \text{ A.N. : } \alpha = 0,83$$

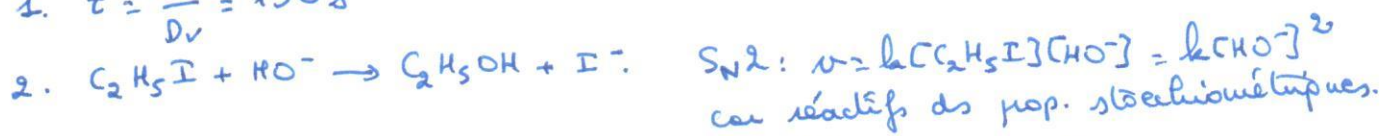
4. cf cours: $\frac{d[A]}{dx} = - \frac{S dx}{Dv} v = - \frac{S k}{Dv} [A] dx \Rightarrow \dots \Rightarrow [A]^s = [A]^e e^{-k\tau} = [A]^e (1-\alpha)$

$$\Rightarrow \alpha = 1 - e^{-k\tau} \Rightarrow \text{A.N. } \alpha = 0,94$$

exo 2

Rp: ions hydroxydes: HO^- (et non $\text{HP}^- \dots$)

1. $\tau = \frac{V}{Dv} = 150 \text{ s}$



Bilan de RCPA, sur HO^- : $[\text{HO}^-]^e - [\text{HO}^-]^s + v_{\text{HO}^-} - \tau v = 0$

Avec $v_{\text{HO}^-} = -1$ et $v = k[\text{HO}^-]^2 = k([\text{HO}^-]^s)^2$ on a:

$$[\text{HO}^-]^e - [\text{HO}^-]^s - k\tau([\text{HO}^-]^s)^2 = 0 \Leftrightarrow k\tau([\text{HO}^-]^s)^2 + [\text{HO}^-]^s - [\text{HO}^-]^e = 0$$

avec valeurs de k, τ et $[\text{HO}^-]^e$: $3,315([\text{HO}^-]^s)^2 + [\text{HO}^-]^s - 1 = 0$ ($[\text{HO}^-]^e$ en mol.L⁻¹)

Après résolution on trouve: $[\text{HO}^-]^s = 0,42 \text{ mol.L}^{-1}$ soit $[\text{I}^-]^s = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]^s = 0,58 \text{ mol.L}^{-1}$

• Taux de conversion: $\alpha = 0,58$ ($= \frac{[\text{I}^-]^s}{[\text{HO}^-]^e} = 1 - \frac{[\text{HO}^-]^s}{[\text{HO}^-]^e}$).

3. RP: $\frac{d[\text{HO}^-]}{dx} = v_{\text{HO}^-} - \frac{S dx}{Dv} v = - \frac{S dx}{Dv} \cdot k[\text{HO}^-]^2$

$$\Rightarrow - \frac{d[\text{HO}^-]}{[\text{HO}^-]^2} = \frac{kS}{Dv} dx; \text{ après intégration: } \frac{1}{[\text{HO}^-]^s} - \frac{1}{[\text{HO}^-]^e} = \frac{kS}{Dv} \cdot k\tau$$

ou en déduisant: $\frac{[\text{HO}^-]^s}{[\text{HO}^-]^e} = \frac{1}{1+k\tau[\text{HO}^-]^e} = 1-\alpha \Leftrightarrow \alpha = \frac{k\tau[\text{HO}^-]^e}{1+k\tau[\text{HO}^-]^e}$

A.N. $\alpha = 0,94$ Le taux de conversion d'un RP est bien supérieur à celui d'un RCPA

exo 3

1. $P_{th} = -hS(T - T_0)$ avec $T_0 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$: température externe de la paroi
2. cf cours: $P_{th} = P_p + P_x = D_v \cdot f_e \cdot \varphi_e^0 (T^s - T^e) + D_v \Delta_r H^0 [C]^e \alpha$
3. On a donc: $-hS(T^s - T_0) = D_v (f_e \cdot \varphi_e^0 (T^s - T^e) + \Delta_r H^0 [C]^e \alpha)$
 $\Rightarrow T^s \left(f_e \cdot \varphi_e^0 + \frac{hS}{D_v} \right) = T^e \cdot f_e \cdot \varphi_e^0 + T_0 \frac{hS}{D_v} - \Delta_r H^0 [C]^e \alpha$
 Rq: ici $T^e = T_0$; on a alors: $T^s = T^e - \frac{\Delta_r H^0 [C]^e \alpha}{f_e \cdot \varphi_e^0 + \frac{hS}{D_v}}$; A.N.: $T^s = 308\text{K} = 35^\circ\text{C}$

exo 4 On suppose eq. bilan $R \rightarrow P$ donc coeff. stœchiométrique $\nu_R = -1$; $\nu = -h[R]$

1. RCPA (1): $\left[\frac{[R]^{k+1}}{[R]^k} = \frac{1}{1+k\tau} = \frac{1}{1+k \frac{V}{D_v}} \right] \quad (1)$

2. on a donc: RCPA (1) $\Rightarrow [R]^1 = [R]^e \quad \text{et} \quad \text{RCPA (n)}: [R]^{n+1} = [R]^s$
 alors $\frac{[R]^s}{[R]^e} = \frac{[R]^{n+1}}{[R]^1} = \prod_{k=1}^n \frac{[R]^{k+1}}{[R]^k}$ donc $\left[\frac{[R]^s}{[R]^e} = \frac{1}{\left(1 + \frac{kV}{D_v}\right)^n} \right] \quad (2)$

ou $\frac{[R]^s}{[R]^e} = 1 - \alpha \Rightarrow \left[\alpha = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{kV}{D_v}\right)^n} \right] \quad (3)$

3. on déduit de (3): $n \ln \left(1 + \frac{kV}{D_v} \right) = \ln \frac{1}{1-\alpha} = -\ln(1-\alpha) \quad (4)$

$\Leftrightarrow n = - \frac{\ln(1-\alpha)}{\ln \left(1 + \frac{kV}{D_v} \right)}$ A.N.: $n = 6,8$ soit $n = 7$ réacteurs
 Rq: $V_{tot} = 7V = 350\text{L}$

4. 1 seul réacteur volume V_1 : $\frac{1}{1 + \frac{kV_1}{D_v}} = 1 - \alpha \Leftrightarrow \left[V_1 = \frac{D_v}{k} \left(\frac{1}{1-\alpha} - 1 \right) = \frac{D_v}{k} \frac{\alpha}{1-\alpha} \right]$

A.N.: $V_1 = 755\text{L}$ plus de 2 fois V_{tot} précédent.

5. RP: cf cours: $\frac{[R]^s}{[R]^e} = 1 - \alpha = e^{-k\tau} \Leftrightarrow -\ln(1-\alpha) = k\tau = k \frac{V_2}{D_v} \Leftrightarrow \left[V_2 = - \frac{D_v}{k} \ln(1-\alpha) \right]$
 A.N.: $V_2 = 304\text{L} < V_{tot}$ (quest. 3)

6. Avec n RCPA en série, chaque RCPA a un volume $V = \frac{V_{tot}}{n}$.

On déduit de (4): $n \ln \left(1 + k \frac{V_{tot}}{n D_v} \right) = -\ln(1-\alpha) \Leftrightarrow \ln \left(1 + \frac{k}{D_v} \frac{V_{tot}}{n} \right) = -\frac{\ln(1-\alpha)}{n}$

lorsque $n \rightarrow +\infty$, $\frac{V_{tot}}{n} \rightarrow 0$; alors on prend un équivalent:

$\ln \left(1 + \frac{k}{D_v} \frac{V_{tot}}{n} \right) \sim \frac{k}{D_v} \frac{V_{tot}}{n}$; on a donc $\frac{k}{D_v} \frac{V_{tot}}{n} \sim -\frac{\ln(1-\alpha)}{n}$

Soit $\left[V_{tot} \rightarrow - \frac{D_v}{k} \ln(1-\alpha) \right]$; on retrouve le volume d'un réacteur piston.