

TMC 5 - TD - Corrigé

(1)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Application directe du coursEx1

	x_i^e	$D_{m,i}^e$	x_i^{s1}	$D_{m,i}^{s1}$	x_i^{s2}	$D_{m,i}^{s2}$
Méthanol	20%	2	5%	0,25	35%	1,75
Eau	80%	8	95%	4,75	65%	3,25

$$D_{m,i}^e = x_i^e \times D_m^e$$

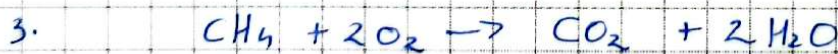
$$D_m^e = D_m^{s1} + D_m^{s2}$$

$$\text{et } x_H^e \times D_m^e = x_H^{s1} \times D_m^{s1} + x_H^{s2} \times D_m^{s2}$$

$$\Rightarrow \text{Sys à 2 inconnues} \Rightarrow D_m^{s1} = 5 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} = D_m^{s2}$$

Ex2

2. Le réactif limitant est le méthane ($15 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1} < \frac{35 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}}{2}$)



E_e 15 35 0 5

$$j_{\max} = 15 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

E_s $15(1-\alpha)$ $35-30\alpha$ 15α $5+2 \times 15\alpha$

$$\alpha = \frac{j}{j_{\max}}$$

$$D_{\text{CH}_4}^s = 3 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$D_{\text{CO}_2}^s = 12 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$D_{\text{O}_2}^s = 11 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$D_{\text{H}_2\text{O}}^s = 29 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

4. $D_{\text{CH}_4}^s = 0 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$

$$D_{\text{CO}_2}^s = 15 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$D_{\text{O}_2}^s = 5 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$D_{\text{H}_2\text{O}}^s = 35 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

N°

.../...

Ex3

$$n_H(t+dt) = n_H(t) + dn_H^e - dn_H^s + dn_H^a$$

en régime stationnaire $n_H(t+dt) = n_H(t)$

$$\Rightarrow 0 = dn_H^e - dn_H^s + dn_H^a$$

$$0 = [H]^e Dv dt - [H]^s Dv dt + dn_H^a$$

$$v = \frac{1}{V} \frac{dn_H^a}{dt}$$

$$\Rightarrow 0 = [H]^e Dv dt - [H]^s Dv dt - v V dt$$

$$= [H]^e Dv - (1-0,8)[H]^s Dv - v V$$

$$\Rightarrow V = \frac{[H]^e Dv \times 0,80}{v} = \frac{[H]^e Dv \times 0,80}{k_p [H]^s \sqrt{\frac{2 k_0 [I]_0}{k_t}}}$$

$\hookrightarrow [M] = [H]^s$

$$V = \frac{Dv \times 0,8}{k_p (1-0,8) \sqrt{\frac{2 k_0 [I]_0}{k_t}}} = 75,9 \text{ L.}$$

Ex4

$$1. \quad \tau = \frac{V}{D} = \frac{750}{5} = 150 \text{ s}$$

$$2. \quad n_A(t+dt) = n_A(t) + dn_A^e - dn_A^s + dn_A^a \quad A = \text{réactif.}$$

en régime stationnaire $0 = dn_A^e - dn_A^s + dn_A^a$

$$\Rightarrow 0 = [A]^e Dv dt - [A]^s \times Dv dt - v V dt$$

$$\Leftrightarrow 0 = [A]^e Dv - [A]^s Dv - k [A]^s V$$

$$\Rightarrow [A]^s = 0,42 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\alpha = 58 \%$$

$$3. \quad \text{En RP} \quad 0 = Dv[A](x) - Dv[A](x+dx) - S v dx$$

$$Dv d[A] = -k [A]^2 S dx$$

$$\Rightarrow \frac{d[A]}{[A]^2} = -\frac{k S}{Dv} dx \quad \Rightarrow \int_{[A]^e}^{[A]^s} \frac{d[A]}{[A]^2} = -\frac{k S}{Dv} \int_0^L dx$$

$$\Rightarrow \frac{1}{[A]^e} - \frac{1}{[A]^s} = -\frac{k S}{Dv} L \quad \Rightarrow [A]^s = 0,23 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,77 = 77\% \Rightarrow \text{meilleur que RCPA}$$

N°

.../...

S'entraîner

Ex 1

$$1. n_{RS}(t+dt) = n_{RS}(t) + dn_{RS}^e - dn_{RS}^s + dn_{RS}^{\wedge}$$

$$\Leftrightarrow \frac{n_{RS}(t+dt) - n_{RS}(t)}{dt} = \frac{dn_{RS}^e}{dt} - \frac{dn_{RS}^s}{dt} + \frac{dn_{RS}^{\wedge}}{dt}$$

$$\Leftrightarrow \frac{dm}{dt} = J_e - J_s - v \times V$$

$$2. J_e = \frac{dm}{dt} = \frac{d[RS] \times V}{dt} = [RS]_e \times \frac{dV}{dt} = [RS]_e D_e$$

De la même manière $J_s = [RS]_s D_s$

$$3. \frac{dm}{dt} = 0 \Rightarrow [RS]_e D_e - [RS]_s D_s - vV = 0$$
$$\Rightarrow D([RS]_e - [RS]_s) - vV = 0$$

$$4. \frac{V}{D} = \frac{[m]^3}{[l]^3 [s]^{-1}} = [s] \Rightarrow \text{homogène à un temps}$$

τ = temps de passage

$$5. [RS]_e - [RS]_s = \frac{vV}{D} = v\tau \Rightarrow v = \frac{[RS]_e - [RS]_s}{\tau}$$

$\Rightarrow$ La modification de τ via V ou D , permet de maîtriser la vitesse de réaction.

$$6. [RS] = [RS]_s \text{ car le réactif est parfaitement agité.}$$

$$7. v = k [RS]^n = k [RS]_s^n \Rightarrow \frac{[RS]_e - [RS]_s}{\tau} = k [RS]_s^n$$

$$8. k \left(\frac{[RS]_e - [RS]_s}{\tau} \right) = m P_m ([RS]_s)^{\tau} + P_n k$$

$\Rightarrow$ regression lineaire $n=1$ et $k = 0,58 l^{-1} s^{-1}$

N°

.../...

Ex 2

$$1. [A]^e = \frac{C_A^0 \times D_{v,A}}{D_{v,A} + D_{v,HO^-}} = 0,02 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[HO^-]^e = \frac{C_{HO^-}^0 \times D_{v,HO^-}}{D_{v,A} + D_{v,HO^-}} = 0,9 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[HO^-]^e \gg [A]^e \Rightarrow v = k[A][HO^-] \approx k_{app}[A]$$

avec $k_{app} = 6,3 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$

$$2. n_A(t+dt) = n_A(t) + dn_A^e - dn_A^s + dn_A^{réac}$$

en régime stationnaire $0 = dn_A^e - dn_A^s + dn_A^{réac}$

$$\Rightarrow 0 = D_v \times [A]^e \times dt - D_v \times [A]^s \times dt - v \times V \times dt$$

$$= D_v \times [A]^e \times dt - D_v \times [A]^e (1-X) \times dt + k_{app} [A]^e (1-X) V \times dt$$

$$\Rightarrow X D_v [A]^e = k_{app} [A]^e (1-X) V$$

$$\Rightarrow V = \frac{X D_v}{k_{app} (1-X)} = \frac{0,95 \times 10}{6,3 \times 10^{-2} \times 0,05} = 3,02 \times 10^3 L$$

$$3. 0 = D_v [A](x) \times dt - D_v [A](x+dx) \times dt - v \times S \times dx \times dt$$

$$\Rightarrow D_v \times d[A] = -k_{app} [A] S dx$$

$$\Rightarrow \int_{[A]^e}^{[A]^s} \frac{d[A]}{[A]} = - \frac{k_{app} \times S}{D_v} \int_0^L dx$$

$$\Rightarrow \ln \left(\frac{[A]^s}{[A]^e} \right) = - \frac{k_{app} \times S \times L}{D_v}$$

$$\Rightarrow \ln \left(\frac{(1-X)}{1} \right) = - \frac{k_{app} \times V}{D_v}$$

$$\Rightarrow V = - \frac{\ln(1-X) \times D_v}{k_{app}} = - \frac{\ln(0,05) \times 10}{6,3 \times 10^{-2}} = 475,5 L$$

$$4. \text{Réacteur 1 : } D_v [A]_1^e - D_v [A]_1^s = k_{app} [A]_1^s V \quad (1)$$

$$\text{Réacteur 2 : } D_v [A]_2^e - D_v [A]_2^s = k_{app} [A]_2^s V \quad (2)$$

$$\text{or } [A]_2^e = [A]_1^s \Rightarrow (1)+(2) \Leftrightarrow D_v [A]_1^e - D_v [A]_2^s = k_{app} ([A]_1^s + [A]_2^s) V$$

$$(1) \Rightarrow [A]_1^s = \frac{D_v [A]_1^e}{k_{app} V + D_v} \quad \text{et conv}^{\circ} \text{ totale} \Rightarrow [A]_2^s = [A]_1^e (1-X)$$

$$\Rightarrow D_v [A]_1^e X = k_{app} [A]_1^e \left(\frac{D_v}{k_{app} V + D_v} + (1-X) \right) V$$

$$\Rightarrow V = 551 L$$

ne rien
écrire
dansla
partie
barrière

N°

.../...

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Ex3

1. En régime stationnaire $0 = D_v [R]^k - D_v [R]^{k+1} - k [R]^{k+1} V$
 $\Rightarrow [R]^{k+1} = [R]^k \frac{D_v}{D_v + kV}$

2. $[R]^s = [R]^e \left(\frac{D_v}{D_v + kV} \right)^m = [R]^e (1-X)$
 $\Rightarrow X = 1 - \left(\frac{D_v}{D_v + kV} \right)^m$

3. $\ln(1-X) = -m \ln \left(\frac{D_v}{D_v + kV} \right) \Rightarrow m = 7 \text{ RPAC}$

4. pour 1 RPAC, $X = 1 - \frac{D_v}{D_v + kV} \Rightarrow V = 755 \text{ L}$

7x50 = 350 L donc 2x + petit qu'un RPAC seul.

5. Pour un RP $X = 1 - e^{-\frac{kV}{D_v}} \Rightarrow V = 304 \text{ L}$

ce qui est inférieur aux 7 RPAC

6. $1-X = \left(\frac{D_v}{D_v + kV} \right)^m \Rightarrow (1-X)^{\frac{1}{m}} = \frac{D_v}{D_v + kV}$

$\Rightarrow (1-X)^{\frac{1}{m}} = \frac{D_v + kV}{D_v} \Rightarrow V = \frac{D_v}{k} \left((1-X)^{\frac{1}{m}} - 1 \right)$

$(1-X)^{\frac{1}{m}} - 1 = e^{\left(-\frac{\ln(1-X)}{m} \right)} - 1 \approx 1 - \frac{\ln(1-X)}{m} - 1 \approx -\frac{\ln(1-X)}{m}$

$\Rightarrow V_{\text{RP}} = mV = m \frac{D_v}{k} \frac{\ln(1-X)}{m} = \frac{D_v}{k} \ln(1-X)$

$V_{\text{RP}} = 304 \text{ L} \Rightarrow \text{RP} \approx \infty^{\text{de}} \text{ de RPAC}$

Ex 4

$$1. \quad C_A = \frac{C_A^0 \times D_{VA}}{D_{VA} + D_{VF}} = \frac{C_A^0}{2} = 2,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$C_F = \frac{C_F^0}{2} = 3,16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\frac{C_A}{4} < \frac{C_F}{6} \Rightarrow A \text{ est le réactif limitant.}$$



$$\text{soit } D_V C_A^0 (1-X) \quad D \left(C_F^0 - \frac{3X C_A^0}{2} \right) \quad D C_A^0 X$$

$$D_A = 2 D_V [A] = D_V (1-X) C_A^0 \quad \text{car } D_{V \text{ tot}} = 2 D_V$$

$$\Rightarrow [A] = \frac{C_A^0}{2} (1-X)$$

$$D_F = 2 D_V [F] = D_V \left(C_F^0 - \frac{3X C_A^0}{2} \right)$$

$$\Rightarrow [F] = \frac{C_F^0}{2} - \frac{3X C_A^0}{4}$$

$$2. \quad \text{bilan de matière} \Rightarrow 0 = D_V [A]^e dt - D_V [A]^s dt - 4 \nu V dt$$

$$\text{or } \nu = k [A] [F]^2 = k \frac{C_A^0}{2} (1-X) \times \left[\frac{C_F^0}{2} - \frac{3C_A^0 X}{4} \right]^2$$

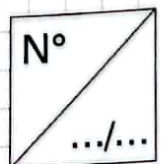
$$\Rightarrow D_V [A]^e X = 4 k \frac{C_A^0}{2} (1-X) \left[\frac{C_F^0}{2} - \frac{3C_A^0 X}{4} \right]^2 V$$

$$\text{Résol}^0 \Rightarrow X = 86,0\%$$

$$3. \quad [A] = 0,284 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[F] = 0,541 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

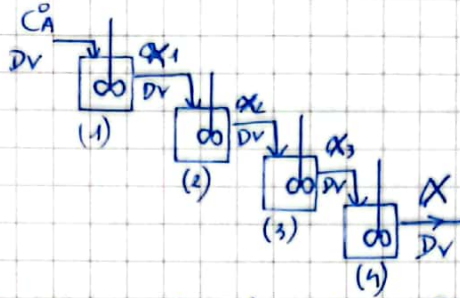
$$[H] = 0,436 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



Approfondir

EX1

1.



α_i = taux de conversion par rapport au départ (cumulatif)

$$R_1: DV C_A^0 - DV C_A^0 (1 - \alpha_1) = V V = k_1 C_A V = k_1 C_A^0 (1 - \alpha_1) V$$

$$\Rightarrow \alpha_1 = k_1 (1 - \alpha_1) \tau$$

$$\Rightarrow 1 - 1 + \alpha_1 = k_1 \tau (1 - \alpha_1)$$

$$1 = k_1 \tau (1 - \alpha_1) + (1 - \alpha_1) = (k_1 \tau + 1) (1 - \alpha_1)$$

$$R_2: DV C_A^0 (1 - \alpha_1) - DV C_A^0 (1 - \alpha_2) = k_2 C_A^0 (1 - \alpha_2) V$$

$$\Rightarrow (1 - \alpha_1) = (k_2 \tau + 1) (1 - \alpha_2)$$

$$R_3: (1 - \alpha_2) = (k_3 \tau + 1) (1 - \alpha_3)$$

$$R_4: (1 - \alpha_3) = (k_4 \tau + 1) (1 - \alpha)$$

en multipliant les 4 rel^s $1 = \left(\prod_{i=1}^4 (k_i \tau + 1) \right) (1 - \alpha)$

$$\Rightarrow \alpha = 1 - \frac{1}{\prod_{i=1}^4 (k_i \tau + 1)}$$

2.

3. On trouve $\tau = 4,92 \text{ min}$ soit $V = 492 \text{ L}$.

EX.2

ne rien
écrire
dans

la
partie
barrière

1. Diagramme de Levenspiel : $\frac{DvC_A}{V} = f(\alpha)$

Pour RCPA, le bilan de matière conduit à $DvC_A \alpha = vV$

$$\Rightarrow \frac{DvC_A}{V} = V$$

pour un avancement α_f , $V = \frac{DvC_A}{V_f} \times \alpha_f$

$\Rightarrow$ bien aire du rectangle gris.

Pour RP, le bilan de matière conduit à $Dv d[A] = -v dV$

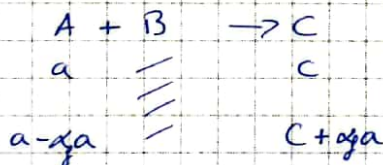
$$\text{or } d[A] = -C_A d\alpha \Rightarrow dV = \frac{DvC_A}{V} d\alpha$$

$$\Rightarrow V = \int_0^{\alpha_f} \frac{DvC_A}{V} d\alpha \Rightarrow \text{surface hachurée sous la courbe}$$

2. si f est croissante $V_{RCPA} > V_{RP}$, l'inverse si f est décroissante

Si v décroît, la f croît $\Rightarrow V_{RCPA} > V_{RP}$ et réciproquement.

3. $v = k[A][C]$ car B en excès



$$\Rightarrow v = k a (1 - \alpha) (c + \alpha a)$$

$$\Rightarrow V = \frac{Dv \times a \times \alpha_f}{v} = \frac{Dv \times a \times \alpha_f}{k a (1 - \alpha_f) (c + \alpha_f a)} = \frac{1,40 \times 10^{-3} \times 0,9}{8,17 \times 10^{-4} (0,1) (0,033 + 0,9 \times 1)} = 16,5 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} 4. \quad V &= \int_0^{\alpha_f} \frac{Dv \alpha}{k a (1 - \alpha) (c + \alpha a)} d\alpha = \int_0^{\alpha_f} \frac{Dv}{k} \times \frac{1}{a+c} \left(\frac{1}{1-\alpha} + \frac{a}{c+\alpha a} \right) d\alpha \\ &= \frac{Dv}{k(a+c)} \left[\int_0^{\alpha_f} \frac{1}{1-\alpha} d\alpha + \int_0^{\alpha_f} \frac{a}{c+\alpha a} d\alpha \right] = \frac{Dv}{k(a+c)} \left(-\ln(1-\alpha_f) + \ln\left(\frac{c+\alpha_f a}{c}\right) \right) \end{aligned}$$

$$V = \frac{Dv}{k(a+c)} \ln\left(\frac{c+\alpha_f a}{c(1-\alpha_f)}\right) = \frac{1,40 \times 10^{-3}}{8,17 \times 10^{-4} (1+0,033)} \ln\left(\frac{0,033 + 0,9 \times 1}{(1-0,9 \times 1) 0,033}\right) = 9,6 \text{ m}^3$$

5. f est décroissante $\rightarrow 48\% \rightarrow$ RCPA (car V_{inf}) puis RP (car V_{inf}) pour avoir 90%

6. $\alpha_1 = 0,48$ en sortie de RCPA $\Rightarrow V = 3,1 \text{ m}^3$

$$\text{Pour RP } V = \int_{\alpha_1}^{\alpha_f} \frac{Dv}{k(1-\alpha)(c+\alpha a)} d\alpha \Rightarrow V = 3,7 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow V_{tot} = 6,8 \text{ m}^3 < \text{RCPA seul et RP seul.}$$

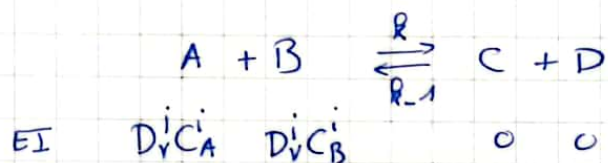
N°

.../...

TCM5 - TD - corrigé

(3)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Ex 3Conservation de la matière $C_A^i D_V^i = C_A^o D_V$ de plus $D_V = 2 D_V^i \Rightarrow C_A^o = \frac{C_A^i}{2}$ De la même manière $C_B^o = \frac{C_B^i}{2}$ B est le réactif limitant car $C_B^i < C_A^i$ Sortie $D_V^i (C_A^i - \alpha C_B^i) \quad D_V^i C_B^i (1-\alpha) \quad \alpha C_B^i D_V \quad \alpha C_B^i D_V$ Bilan de matière sur B $0 = D_V^i C_B^i - D_V^i C_B^i (1-\alpha) - \alpha V$

$$\Rightarrow D_V^i C_B^i \alpha = \alpha V = (k_1 [A] [B] - k_{-1} [C] [D]) V$$

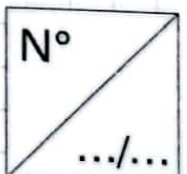
$$D_V [A] = (C_A^i - \alpha C_B^i) D_V^i \Leftrightarrow 2[A] = (C_A^i - \alpha C_B^i) \Leftrightarrow [A] = \frac{(C_A^i - \alpha C_B^i)}{2}$$

$$D_V [B] = D_V^i C_B^i (1-\alpha) \Leftrightarrow [B] = \frac{C_B^i (1-\alpha)}{2}$$

$$D_V [C] = D_V^i \alpha C_B^i \Leftrightarrow [C] = \frac{\alpha C_B^i}{2} = [D]$$

$$\Rightarrow D_V^i = \frac{\left[k_1 \frac{(C_A^i - \alpha C_B^i)}{2} \times \frac{C_B^i (1-\alpha)}{2} - k_{-1} \left(\frac{\alpha C_B^i}{2} \right)^2 \right] V}{\alpha C_B^i}$$

$$= 4,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$$



1.

$$RP \rightarrow -D_V d[A] = k[A] dV$$

$$\Rightarrow [A] = [A]^e (1-x) \Rightarrow d[A] = -[A]^e dx$$

$$\Rightarrow D_V [A]^e dx = k [A]^e (1-x) dV$$

$$\Rightarrow dV = \frac{D_V}{k(1-x)} dx$$

$$\Rightarrow V = -\frac{D_V}{k} \ln(1-x) \Rightarrow \frac{D_V}{kV} = 1$$

$$RCPA \rightarrow \alpha D_V [A]^e = v V = k [A]^e (1-x) V$$

$$\Rightarrow \alpha \frac{D_V}{kV} = 1-x$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{1+1} = 0,5 = 50\%$$

$$2. \quad \alpha_{RCPA} = \frac{1}{1 + \frac{D_V x_f}{kV}} = \frac{1}{1+2} = \frac{1}{3} = 33,3\%$$

$$RP: \int_0^{1/2} dV = \frac{D_V}{k} \int_{\alpha_{RCPA}}^{\alpha_f} \frac{1}{1-x} dx$$

$$\Rightarrow \frac{V}{2} = \frac{D_V}{k} \ln \left(\frac{1-\alpha_{RCPA}}{1-\alpha_f} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = \ln \left(\frac{1-\alpha_{RCPA}}{1-\alpha_f} \right)$$

$$\Rightarrow \alpha_f = \left(1 - \alpha_{RCPA} - e^{-1/2} \right) \times \frac{1}{-e^{-1/2}} = 59,6\%$$

N°

.../...

EX 2

$$1. \quad D_A = 600 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$W_A = 0,20$$

$$W_B = 0,50$$

$$W_C = 0,96$$

$$W_F = 0$$

$$W_F = \frac{21}{100+21} = 0,17$$

$$2. \quad D_A + D_F = D_B + D_E \quad (1)$$

$$W_A D_A + W_F D_F = W_B D_B + W_C D_C \quad (2)$$

évaporateur

$$D_B = D_C + D_F \quad (3)$$

$$W_B D_B = W_C D_C + W_F D_F \quad (4)$$

cristalliseur

$$3. \quad (2) + (4) \Rightarrow W_A D_A + W_F D_F + W_B D_B = W_B D_B + W_C D_C + W_F D_F$$

$$\Rightarrow W_A D_A = W_C D_C$$

$$\Rightarrow D_C = \frac{W_A D_A}{W_C} = \frac{0,20 \times 600}{0,96} = 125 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$(3) \rightarrow (4) \quad W_B (D_C + D_F) = W_C D_C + W_F D_F$$

$$\Rightarrow D_F = \frac{D_C (W_B - W_C)}{(W_F - W_B)} = 125 \frac{(0,50 - 0,96)}{(0,17 - 0,50)} = 174 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$(3) \quad D_B = D_C + D_F = 125 + 174 = 299 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$(1) \quad D_E = D_A + D_F - D_B = 600 + 174 - 299 = 475 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

