

Exercice 1 :

Données de l'énoncé

A = 1T/h	B = ?	V = ?	C = ?	L = ?
$X_A = 0.20$	$X_B = 0.50$	$X_V = 0$	$X_C = 0.96$	$X_L = \frac{21}{121}$

Par conservation de la masse totale :

- 3 eq liées
- globale : $A = C + V$ (1)
 - au niveau de l'évaporateur : $A + L = V + B$ (2)
 - au niveau du cristalliseur : $B = C + L$ (3)

Par conservation de la masse totale de KNO_3 :

- 3 eq liées
- globale : $x_A A = x_C C \Rightarrow C = \frac{0.20 \times 1}{0.96} = 0.21 \text{ T/h}$ (4)
 - au niveau de l'évaporateur : $A x_A + L x_L = B x_B$ (5)
 - au niveau du cristalliseur : $B x_B = C x_C + L x_L$ (6)

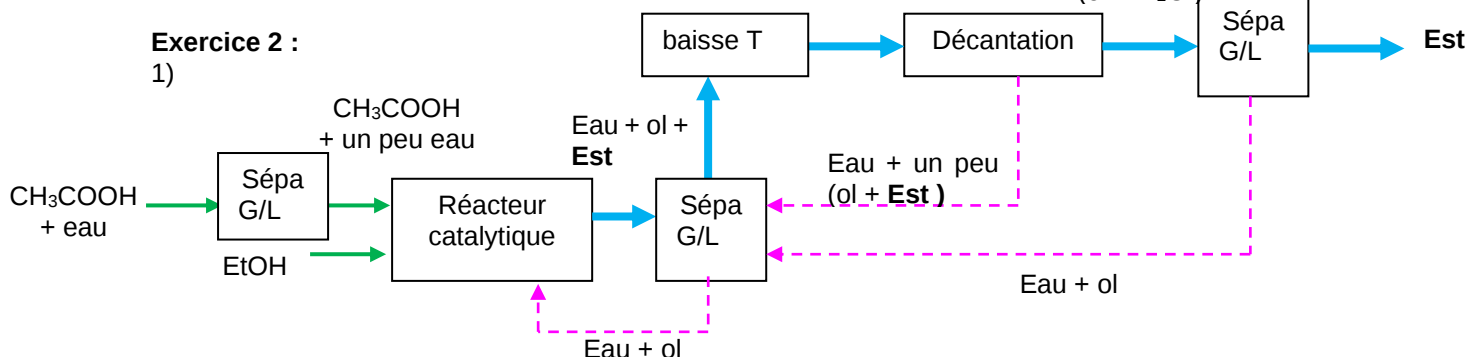
$\Rightarrow$ D'après (1) : $V = A - C = 0.79 \text{ T/h} = V$

(3) et (6) $(C + L) x_B = C x_C + L x_L \Rightarrow L = C \frac{(x_B - x_C)}{x_L - x_B} = 0.29 \text{ T/h} = L$

D'après (3) : $B = C + L = 0.50 \text{ T/h}$

Exercice 2 :

1)



2)

3) Bilan global : $A_3 = A_4 + A_5$ (1)

Bilan sur :

- l'éthanol : $w_3^3 A_3 = w_3^4 A_4$ car pas d'éthanol dans le résidu
 $\Rightarrow A_4 = 423 \text{ kg/h}$ et d'après (1) $A_5 = 1356 \text{ kg/h}$
- l'éthanoate d'éthyle : $w_1^3 A_3 = w_1^4 A_4 + w_1^5 A_5 \Rightarrow w_1^5 = 0.963$

Exercice 3 : calcul d'une purge

1^{ère} méthode : par bilan molaire atomique

Le nombre de mole totale de molécules ne se conserve pas dans les système réactifs mais le nombre de mole de chaque atome si !!! On fait alors un décompte global par type d'atome !

- Conservation globale des C :
 $(x_{2,A} + x_{3,A})A = (y + z)P + F$ (1)
- Conservation globale des O :
 $(x_{2,A})A = yP + F$ (2)
- Conservation globale des H :
 $(2x_{1,A} + 4x_{3,A})A = (2x + 4z)P + 4F$ (3)

$$\bullet \quad x + y + z = 1 \quad (4)$$

$$(1) - (2) : X_{3,A}A = zP \Rightarrow P = 6.25 \text{ mol/h}$$

$$4(1) - (3) : 4(x_{2,A} + x_{3,A})A - (2x_{1,A} + 4x_{3,A})A = (4y - 2x)P = (6y + 2z - 2)P$$

$$\Rightarrow y = 0.200$$

$$\Rightarrow x = 1 - z - y = 0.768$$

$$\Rightarrow F = 31.25 \text{ mol/h}$$

Reste à trouver R à l'aide de la donnée de X que nous n'avons pas utilisée. On passe par le tableau d'avancement :

$$X = \frac{F_{CO, \text{consommé}}}{F_{CO, \text{entrée}}} = \frac{F_{CO, E} - F_{CO, S}}{F_{CO, E}}$$

$$\text{or } F_{CO, E} = x_{2,A}A + yR \text{ et } F_{CO, S} = y(R + P)$$

$$\text{Alors } X = \frac{x_{2,A}A + yR - y(R + P)}{x_{2,A}A + yR} = \frac{x_{2,A}A - yP}{x_{2,A}A + yR}$$

$$\Rightarrow R = \frac{x_{2,A}A(1 - X) - yP}{yX} = 706 \text{ mol/h}$$

2^{nde} méthode : beaucoup plus calculatoire... par bilan molaire des composés

Données de l'énoncé (4) données associée au méthanol

A = 100 mol/h	R = ?	E = ?	P = ?	S = ?	F = ?
$X_{1,A} = 0.673$	$X_{1,R} = x$	$X_{1,E} = ?$	$X_{1,P} = x$	$X_{1,S} =$	$X_{1,E} =$
$X_{2,A} = 0.325$	$X_{2,R} = y$	$X_{2,E} = ?$	$X_{2,P} = y$	$X_{2,S} =$	1.000
$X_{3,A} = 0.00200$	$X_{3,R} =$	$X_{3,E} = ?$	$X_{3,P} =$	$X_{3,S} = ?$	
$X_{4,A} = 0$	$= z = 0.0320$	$X_{4,E} = ?$	$z = 0.0320$	$X_{4,S} = ?$	
	$X_{4,R} = 0$		$X_{4,P} = 0$		

- Par conservation des CH₄ (qui sont inertes) :

$$X_{3,A}A = zP \Rightarrow P = 6.25 \text{ mol/h} \quad (1)$$

Zone AER : système NON réactif :

- global : $A + R = E$ (2)
- $\forall i \in [1; 3] \quad x_{i,A}A + x_{i,R}R = x_{i,E}E$ ou $F_{i,A} + F_{i,R} = F_{i,E}$
- Bilan sur CO : $x_{2,A}A + yR = F_{2,E}$ (3)
- Bilan sur H₂ : $x_{1,A}A + xR = F_{1,E}$ (4)
- Bilan sur CH₄ : $x_{3,A}A + zR = F_{4,E}$ (5)

Zone ES : Système réactif : pas de conservation du nombre de mol...

- Tableau d'avancement en flux

	CO	+	2 H ₂	→	CH ₃ OH	CH ₄
Entrée	F _{2,E}		F _{1,E}		0	F _{3,E}
Sortie	F _{2,E} - ξ		F _{1,E} - 2ξ		ξ	F _{3,E}
Sortie	F _{2,E} (1 - X)		F _{1,E} - 2F _{2,E} X		F _{2,E} X	F _{3,E}

$$\text{Bilan global : } S = F_{2,S} + F_{1,S} + F_{3,S} + F_{4,S} = F_{2,E} + F_{1,E} + F_{3,E} - 2F_{2,E}X$$

$$\Rightarrow S = E - 2F_{2,E}X \quad (6)$$

$$\text{Soit } S = (A + R) - 2(x_{2,A}A + yR)X$$

Zone SFPR : NON réactif

$$\bullet \quad S = F + R + P \quad (7)$$

$$\text{soit } A + R - 2(x_{2,A}A + yR)X = F + R + P \Rightarrow A - 2(x_{2,A}A + yR)X = F + P + R$$

$$\bullet \quad \text{Bilan sur MeOH : } F_{2,E}X = F \quad (8)$$

$$\text{Avec (6), (1), (3) et (2) } (x_{2,A}A + yR)X = F$$

- Bilan sur CO : $F_{2,E}(1-X) = yP + yR$ (9)

Avec (3) $(x_{2,AA} + yR)(1-X) = y(P+R) \Rightarrow (x_{2,AA} + yR) = y(P+R)/(1-X)$

- Bilan sur H_2 : $F_{1,E} - 2F_{2,E}X = x(P+R)$ (10)

Soit $x_{1,AA} + xR - 2(x_{2,AA} + yR)X = x(P+R)$

- Bilan sur CH_4 : $F_{4,E} = z(R+P)$ (11)

Soit $x_{3,AA} + zR = z(R+P)$ on retrouve (1)

- $x + y + z = 1$ (12)

On a 4 équations (8'), (9'), (10') et (12) et 5 inc : x, y, F et R

D'après (9') $y = x_{2,AA}/((P+R)/(1-X) - R)$

On résout l'équation (10')

$x_{1,AA} + (1-z-x_{2,AA}/((P+R)/(1-X) - R))R - 2(x_{2,AA} + x_{2,AA}/((P+R)/(1-X) - R)R)X = (1-z-x_{2,AA}/((P+R)/(1-X) - R))(P+R)$

C'est moche mais on trouve $R = 706 \text{ mol/h}$

$P = 6.25 \text{ mol/h}$

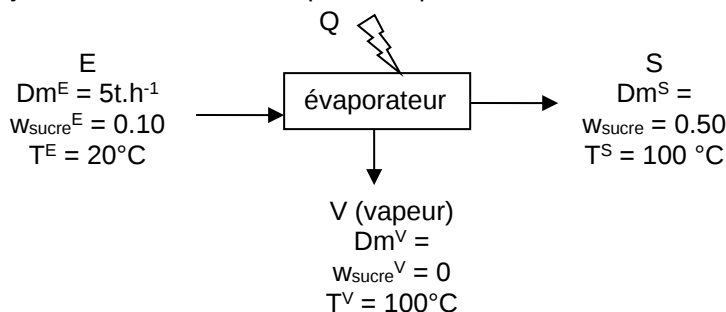
Et dans (9'), on trouve $y = 0.200$

Comme $z = 0.032$ avec (12) $x = 0.768$

Alors dans (8'), $(x_{2,AA} + yR)X = F = 31.2 \text{ mol/h}$

Exercice 4 :

Essayons de faire un schéma pour comprendre !



1) Les masses se conservent (les mol aussi car le système est NON réactif !)

- Bilan massique sur le sucre :

$Dm^E w_{sucree}^E = Dm^S w_{sucree}^S \Rightarrow Dm^S = 1 \text{ t.h}^{-1}$.

- Bilan massique global :

$Dm^E = Dm^S + Dm^V \Rightarrow Dm^V = 4 \text{ t.h}^{-1}$

2) Le flux énergétique à fournir à l'évaporateur correspond au chauffage de l'alimentation de 20 à 100°C et à la vaporisation du débit d'évaporât dans les conditions de l'évaporateur, ici pression atmosphérique et 100°C.

Il faut faire 2 transformations :

- porter les réactifs de T^E à T^S : $\mathcal{P}_\phi = Dm^E c_p^E (T^S - T^E)$
- vaporiser l'eau $\mathcal{P}_\chi = Dm^V L_v$

$\Rightarrow \mathcal{P}_{tot} = \mathcal{P}_\phi + \mathcal{P}_\chi = Dm^E c_p^E (T^S - T^E) + Dm^V L_v$

$\Rightarrow \mathcal{P}_{tot} = 1.06 \cdot 10^7 \text{ kJ.h}^{-1}$

3) $Dm^{chauffe} = \frac{\mathcal{P}_{tot}}{L_v^{chauffe}} = 3.85 \cdot 10^3 \text{ kg} = 3.85 \text{ t/h} = Dm^{chauffe}$

Exercice 5 :

1) observations :

- $C_A = A \exp(-kt) \Rightarrow \ln C_A = f(t)$ est une droite : ordre 1 par rapport à A.

En effet $r = -\frac{dC_A}{dt} = kC_A \Rightarrow C_A = C_A^0 \exp(-kt) = C_A^0(1 - X_A)$

soit $(1 - X_A) = \exp(-kt)$

- $X_A(t=30\text{min}) = 0.95$ permet d'avoir la valeur de k :

$$k = -\ln(1 - X_A)/t = 1.0 \cdot 10^{-1} \text{ min}^{-1} = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

$$\Rightarrow r = kC_A \text{ avec } k = 1.0 \cdot 10^{-1} \text{ min}^{-1} = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

2) Faisons un BM sur A dans le RPAC

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$F_{Ai,E} - r \times V = F_{A,S} + \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc}$$

$$\text{Régime permanent} \Rightarrow \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} = 0$$

Parfaitement agité : $C_{i,\text{réacteur}} = C_{i,S} \Rightarrow r = kC_{A,S}$

$$F_{A,E} - r \times V = F_{A,S} = F_{A,E}(1 - X_{A,S}) \Rightarrow r \times V = F_{A,E}X_{A,S}$$

$$\text{Alors } kC_{A,E}(1 - X_{A,S})V = Dv \times C_{A,E}X_{A,S} \Rightarrow \boxed{\tau = \frac{V}{Dv} = \frac{X_{A,S}}{k(1 - X_{A,S})}}$$

AN : $\tau = 190 \text{ min}$

3) Faisons un BM sur une tranche de très faible épaisseur (de volume dV), équivalent à un RPAC :

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$F_A - r \times dV = F_A + dF_A \Rightarrow -r \times dV = dF_A$$

$$V = \int_{F_{A,E}}^{F_{A,S}} \frac{dF_A}{r} = \int_{X_{A,E}=0}^{X_{A,S}} F_{A,E} \frac{-dX_A}{kC_{A,E}(1 - X_{A,S})} = Qv \int_0^{X_{A,S}} \frac{dX_A}{k(1 - X_{A,S})}$$

$$\Rightarrow \boxed{\tau = \frac{V}{Dv} = -\frac{1}{k} \ln(1 - X_{A,S})}$$

AN : $\tau = 30 \text{ min}$

Conclusion, pour un débit identique d'entrée, il faudra un V beaucoup plus faible avec un RP (6.3 fois plus petit) qu'avec un RAC.

Pour un RP, on trouve un temps de passage = à celui du réacteur fermé, mais un réacteur fermé nécessite des phases d'arrêt.

Exercice 6 :

1)a) $J_{RSR,E} = Dv [RSR]_E$ et $J_{RSR,S} = Dv [RSR]_S = Dv [RSR]$ car $[RSR]_S = [RSR]$

Avec $\tau = \frac{V}{Dv} \Rightarrow J_{RSR,E} = \frac{V}{\tau} [RSR]_E$ et $J_{RSR,S} = \frac{V}{\tau} [RSR]$ avec V le volume du réacteur

b) $v = k[H_2]^q [RSR]^n \approx k[H_2]_0^q [RSR]^n = kapp [RSR]^n = v$ avec $kapp = k[H_2]_0^q$ car on est dans des conditions initiales de dégénérescence de l'ordre.

c) Faisons un BM sur RSR

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$J_{RSR,E} - v \times V = J_{RSR,S} + \left. \frac{dn_{RSR}}{dt} \right|_{acc}$$

$$\text{Régime permanent} \Rightarrow \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} = 0$$

Parfaitement agité : $C_{i,\text{réacteur}} = C_{i,S} \Rightarrow r = kapp [RSR]_S^n$

$$\frac{V}{\tau} [RSR]_E - kapp [RSR]_S^n V = \frac{V}{\tau} [RSR]_S$$

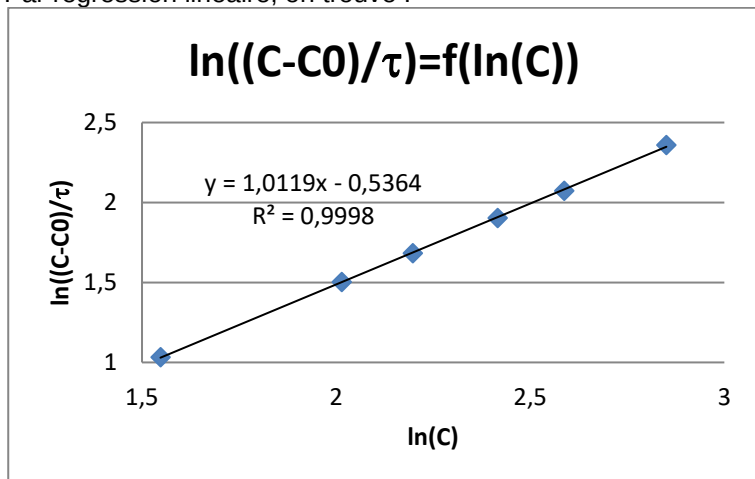
$$\text{Soit } \frac{([RSR]_E - [RSR]_S)}{kapp \times [RSR]_S^n} = \tau$$

2) On a alors $\frac{([RSR]_E - [RSR]_S)}{\tau} = kapp \times [RSR]_S^n$

Soit $\ln\left(\frac{([RSR]_e - [RSR]_s)}{\tau}\right) = \ln(kapp) + n \ln([RSR]_s)$

On trace donc $\ln\left(\frac{([RSR]_e - [RSR]_s)}{\tau}\right) = f(\ln([RSR]_s))$

Par régression linéaire, on trouve :



$\Rightarrow n=1$ et $\ln(kapp)=-0.536 \Rightarrow kapp=0.59 \text{ h}^{-1}$.

Exercice 7 :

1/ Pour calculer les concentrations, il y a un effet de dilution car il y a 2 entrées !!!

$$Qv^{E,tot} = Qv_1^E + Qv_2^E = 2Qv$$

Et $C_i^E = F_i^E / Qv^{E,tot} = C_{i,0} Qv / (2Qv) = C_{i,0} / 2$ (facteur de dilution 2 car on a les 2 mêmes débits d'entrée)

Le débit étant constant, on peut faire le tableau d'avancement en concentration.

	4 A	+	6 F	$\rightarrow$	H	+	6 H ₂ O	
entrée	F_A^E		F_F^E		0		Ex	
sortie	$F_A^E - 4\dot{\xi}$		$F_F^E - 6\dot{\xi}$		$\dot{\xi}$		Ex	Débit total = 2 Dv
Sortie	$F_A^E(1-X_A)$		$F_F^E - \frac{6}{4} F_A^E X_A$		$\frac{1}{4} F_A^E X_A$		Ex	
Sortie C_i	$\frac{F_{A,E}}{2 Dv}(1-X_A)$ $\frac{C_{0,A}}{2}(1-X_A)$		$\frac{F_{F,E}}{2 Dv} - \frac{6}{4} \frac{F_{A,E}}{2 Dv} X_A$ $\frac{C_{0,F}}{2} - \frac{6}{4} \frac{C_{0,A}}{2} X_A$		$\frac{1}{4} \frac{F_{A,E}}{2 Dv} X_A$ $\frac{1}{4} \frac{C_{0,A}}{2} X_A$		Ex	

Le réactif limitant est celui qui donne le plus petit $\dot{\xi}_{\max}$.

$$\dot{\xi}_{\max}(A) = 1.5 \cdot 10^{-3} \times 4.06 / 4 = 1.52 \cdot 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1} \text{ et } \dot{\xi}_{\max}(F) = 1.5 \cdot 10^{-3} \times 6.32 / 6 = 1.58 \cdot 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}.$$

$\Rightarrow A$ est le réactif limitant

$$X_A = (F_A^S - F_A^E) / F_A^E = 4\dot{\xi} / C_A^E \Rightarrow \dot{\xi} = \frac{1}{4} C_A^E X_A$$

2/ BM sur A :

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$F_{Ai,E} - 4r \times V = F_{A,S} + \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc}$$

$$\text{Régime permanent} \Rightarrow \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} = 0$$

$$\text{Parfaitement agité : } C_{i,\text{réacteur}} = C_{i,S} \Rightarrow r = k C_{A,S} C_{F,S}^2$$

$$F_{A,E} - 4r \times V = F_{A,S} = F_{A,E}(1 - X_{A,S}) \Rightarrow 4k C_{A,S} C_{F,S}^2 \times V = F_{A,E} X_{A,S}$$

$$\text{Soit } 4k[A]_S[F]_S^2 \times V = Qv, tot[A]_E X_{A,S}$$

$$\text{Ou encore } Qv, tot[A]_E X_{A,S} = 4k[A]_E(1 - X_{A,S})([F]_E - \frac{6}{4}[A]_E X_{A,S})^2 \times V$$

Correction TD indu

polynome du 3ieme degre à résoudre numériquement (calculatrice ou python) :

$$QvC_{0,A}X_{A,S} = 4k \frac{C_{0,A}}{2} (1 - X_{A,S}) \left(\frac{C_{0,F}}{2} - \frac{6}{4} \frac{C_{0,A}}{2} X_{A,S} \right)^2 \times V$$

Soit

$$QvX_{A,S} = 2k(1 - X_{A,S}) \left(\frac{C_{0,F}}{2} - \frac{6}{4} \frac{C_{0,A}}{2} X_{A,S} \right)^2 \times V$$

On trouve $X_{A,S} = 0.862$

3.

	4 A	+	6 F	→	H	+	6 H ₂ O
entrée	C _A ^E		C _F ^E		0		E _x
Sortie	0.280		0.385		0.437		E_x

Exercice 8 :

Tableau d'avancement :

	A	+	B	→	C
entrée	F _A ^E		F _B ^E		F _C ^E
sortie	F _A ^E - ξ		F _B ^E - ξ		F _C ^E + ξ
Sortie	F _A ^E (1- X _A)		F _B ^E - F _A ^E X _A		F _C ^E + F _A ^E X _A

B est le réactif limitant car $b < a \Rightarrow F_B^E < F_A^E$, mais l'énoncé nous donne $X_{A,S}$

Bilan sur A :

- $\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$
- $F_{A,E} - r \times V = F_{A,S} + \frac{dn_A}{dt} \Big|_{acc}$

Régime permanent $\Rightarrow \frac{dn_A}{dt} \Big|_{acc} = 0$

Parfaitement agité : $C_{i,réacteur} = C_{i,S} \Rightarrow r = kC_{A,S}C_{C,S}$

$$F_{A,E} - r \times V = F_{A,S} = F_{A,E}(1 - X_{A,S}) \Rightarrow kC_{A,S}C_{C,S} \times V = F_{A,E}X_{A,S}$$

$$\text{Soit } ka(1 - X_{A,S})(c + aX_{A,S}) \times V = Qv \times aX_{A,S}$$

$$\Rightarrow V = \frac{Qv \times X_{A,S}}{k(1 - X_{A,S})(c + aX_{A,S})} = \frac{1.40 \cdot 10^{-3} \times 0.90}{8.17 \cdot 10^{-4} (1 - 0.90)(0.033 + 0.99 \times 0.90)} = 16.7 \text{ m}^3 = V$$

Exercice 9 :

1) A l'équilibre thermodynamique $v_1 = v_{-1}$ cad $k_1[A]_{eq} = k_{-1}[B]_{eq} \Rightarrow K = \frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{\alpha_{eq}}{1 - \alpha_{eq}}$ soit $\alpha_{eq} = \frac{k_1}{k_1 + k_{-1}}$

AN : $k_i = A_i \exp(-E_i/RT) \Rightarrow$ à 340K, $k_1 = 2.19 \text{ s}^{-1}$ et $k_{-1} = 1.02 \text{ s}^{-1}$

Alors $\alpha_{eq} = 0.683$

(Rmq : $K = 2.15$, la réaction est bien équilibrée)

2)

	A	↔	B
entrée	F _A ^E		0
sortie	F _A ^E - ξ		0 + ξ
Sortie	F _A ^E (1- X _A)		F _A ^E X _A

Bilan sur A :

- $\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$
- $F_{A,E} + (-r_1 + r_{-1}) \times V = F_{A,S} + \frac{dn_A}{dt} \Big|_{acc}$

Régime permanent $\Rightarrow \frac{dn_A}{dt} \Big|_{acc} = 0$

Parfaitement agité : $C_{i,\text{réacteur}} = C_{i,S} \Rightarrow r_1 = k_1 C_{A,S}$ et $r_{-1} = k_{-1} C_{B,S}$
 $F_{A,E} + (-r_1 + r_{-1}) \times \mathbb{V} = F_{A,S} = F_{A,E}(1 - X_{A,S}) \Rightarrow (k_1 C_{A,S} - k_{-1} C_{B,S}) \times \mathbb{V} = F_{A,E} X_{A,S}$

Soit $k_1 C_{A,e}(1 - X_{A,S})\mathbb{V} - k_{-1} C_{A,e} X_{A,S} \times \mathbb{V} = Qv \times C_{A,e} X_{A,S}$
 $\Rightarrow X_{A,S} = \frac{k_1 \mathbb{V}}{Qv + k_1 \mathbb{V} + k_{-1} \mathbb{V}} = \frac{k_1 \tau}{1 + (k_1 + k_{-1})\tau} = \frac{k_1 \tau}{1 + k_1 \tau \frac{(k_1 + k_{-1})}{k_1}} = \frac{k_1 \tau}{1 + k_1 \tau \frac{1}{\alpha_{eq}}} = \frac{k_1 \tau \alpha_{eq}}{\alpha_{eq} + k_1 \tau}$

Or $\tau = \frac{\mathbb{V}}{Qv} = \frac{3}{\frac{10000 \cdot 10^{-3}}{60}} = 18s$

Alors $X_{A,S} = 0.671$, on est pas loin de l'équilibre !

Exercice 10 :

1) BM sur A

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$F_{A,E} - r \times \mathbb{V} = F_{A,S} + \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc}$$

Régime permanent $\Rightarrow \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} = 0$

Parfaitement agité : $C_{i,\text{réacteur}} = C_{i,S} \Rightarrow r = k C_{A,S} = k C_{A,E}(1 - X_{A,S})$

$F_{A,E} - r \times \mathbb{V} = F_{A,S} = F_{A,E}(1 - X_{A,S}) \Rightarrow r \times \mathbb{V} = F_{A,E} X_{A,S}$

Alors $k C_{A,E}(1 - X_{A,S})\mathbb{V} = Dv \times C_{A,E} X_{A,S}$

$$\tau = \frac{X_{A,S}}{k(1 - X_{A,S})}$$

Il faut déterminer k grâce à l'étude cinétique en réacteur fermé car la cinétique est la même peu importe le type de réacteur.

En effet, en réacteur fermé $\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\} - r \times \mathbb{V} = F_{A,S} + \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} \Rightarrow r = - \frac{dC_A}{dt} =$

$k C_A$

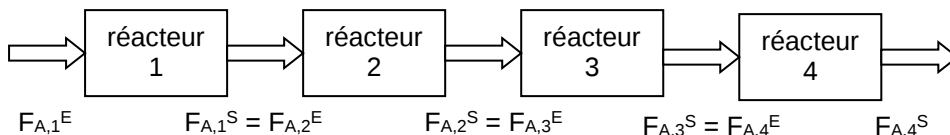
et $C_A = C_A^0 \exp(-kt) = C_A^0(1 - X_A)$

soit $(1 - X_A) = \exp(-kt)$

- $X_A(t=20\text{min}) = 0.80$ permet d'avoir la valeur de k :
 $k = - \ln(1 - X_A)/t = 8.05 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1} = 1.34 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

Alors $\tau = \frac{X_{A,S}}{k(1 - X_{A,S})} = 50 \text{ min}$

2.



Chaque réacteur a le même temps de passage car de même volume et de même Dv .
 Faisons un BM sur le réacteur i :

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$F_{A,i}^E - r_i \times \mathbb{V} = F_{A,i}^S + \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc}$$

Régime permanent $\Rightarrow \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} = 0$

Parfaitement agité : $C_i = C_{i,S} \Rightarrow r_i = k C_{A,i}^S$

$F_{A,i}^E - r \times \mathbb{V} = F_{A,S} \Rightarrow Dv C_{A,i}^E - k C_{A,i}^S \times \mathbb{V} = Dv C_{A,i}^S$

$\Rightarrow C_{A,i}^S = \frac{C_{A,i}^E}{1 + \tau k} = \frac{C_{A,i-1}^S}{1 + \tau k}$ Or $C_{A,i}^E = C_{A,i-1}^S$

Correction TD indu

Par récurrence on trouve que

$$\text{Soit } C_{A,n}^S = \left(\frac{1}{1+\tau k}\right)^n C_{A,1}^E = C_{A,1}^E (1 - X_A) \Rightarrow \left(\frac{1}{1+\tau k}\right)^n = 1 - X_A$$

$$\text{et } \tau = \frac{1}{k} \left(\sqrt[n]{\frac{1}{1-X_A}} - 1 \right) \tau_{n,tot} = n \times \tau$$

n	1	2	3	4
τ (min)	50	15.3	8.82	6.15
$\tau_{n,tot}$ (min)	50	30.7	26.5	24.6

$$3. \tau_{n,tot} = n\tau = \frac{n}{k} \left(\sqrt[n]{\frac{1}{1-X_A}} - 1 \right) = \frac{n}{k} \left((1 - X_A)^{-\frac{1}{n}} - 1 \right)$$

$$\tau_{n,tot} = n\tau = \frac{n}{k} \left(\exp\left(-\frac{1}{n} \ln(1 - X_A)\right) - 1 \right)$$

or dl à l'ordre 1 pour $x \rightarrow 0$ de $\exp(x) = 1+x$

$$\text{Alors } \tau_{n,tot} \rightarrow \frac{n}{k} \left(-\frac{1}{n} \ln(1 - X_A) \right) = -\frac{1}{k} \ln(1 - X_A)$$

$$\text{AN } \tau_{n,tot} \rightarrow 20 \text{ min}$$

Exercice 11 :

1) BM sur A :

- RPAC : $F_{A,E} - v \times \mathbb{V} = F_{A,S} = F_{A,E} (1 - \alpha_f)$

$$\Rightarrow \text{Soit } v \times \mathbb{V}|_{RPAC} = Dv C_A^\circ X_{A,S}$$

$$\mathbb{V}|_{RPAC} = \frac{Dv C_A^\circ}{v} \times \alpha_f = \text{Aire du rectangle de cotés } \frac{Dv C_A^\circ}{v} \text{ et } \alpha_f$$

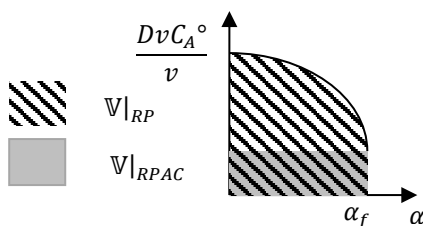
- RP : $F_A - v \times d\mathbb{V} = F_A + dF_A$

$$\Rightarrow -v \times d\mathbb{V}|_{RP} = dF_A = Dv C_A^\circ d\alpha$$

$$\mathbb{V}|_{RP} = \int_{\alpha_i=0}^{\alpha_f} \frac{Dv C_A^\circ}{v} \times d\alpha = \text{aire sous la courbe } \frac{Dv C_A^\circ}{v} = f(\alpha)$$

2) Si v est strictement croissante cad ordre global positif $\mathbb{V}|_{RPAC} < \mathbb{V}|_{RP}$: il vaut mieux travailler avec un RP

Si v est strictement décroissante cad ordre global négatif $\mathbb{V}|_{RP} < \mathbb{V}|_{RPAC}$: il vaut mieux travailler avec un RAC



$$3) \mathbb{V}|_{RPAC} = \frac{Dv C_A^\circ}{v} \times \alpha_f = \frac{Dv(C_A^\circ - C_{A,S})}{v} \Rightarrow \frac{(C_A^\circ - C_{A,S})}{v} = \frac{\mathbb{V}|_{RPAC}}{Dv}$$

$$\text{Or d'après les données } \frac{\mathbb{V}|_{RPAC}}{Dv} = 4 \text{ min}$$

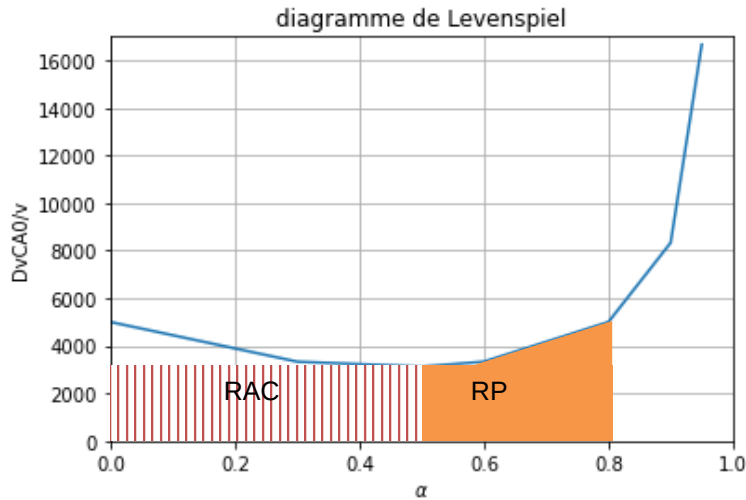
On va calculer toutes les valeurs de $\frac{(C_A^\circ - C_{A,S})}{v}$

C_A (mol/L)	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	1
v (mol.L ⁻¹ .min ⁻¹)	0,06	0,12	0,2	0,3	0,32	0,3	0,2
$\frac{(C_A^\circ - C_{A,S})}{v}$	15,8	7,5	4	2	1,56	1	0

$$\Rightarrow \text{On trouve que } C_A = 0.2 \text{ mol/L et } v = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{(C_{A^0} - C_{A,S})}{C_{A^0}} = 0.80$$

4. On associe un RPAC jusqu'au minimum ($\alpha=0$ et $\alpha=0.5$), plus un RP (de $\alpha=0.5$ à 0.8)



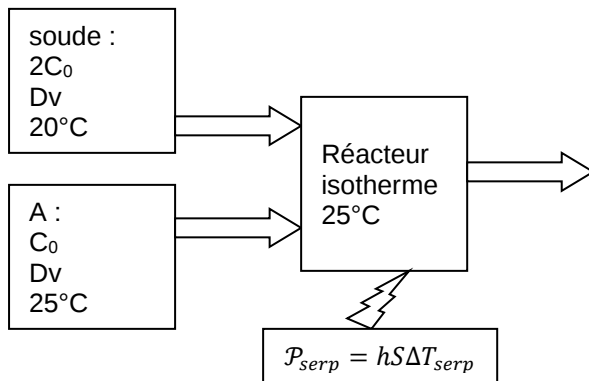
5. On utilise la méthode des trapèzes

$$V(RP)=3.05 \text{ m}^3 < V(RAC)=4 \text{ m}^3$$

Rmq : on peut aussi trouver le Volume total de l'association RAC+RP $V_{\text{tot}} = 2.16 \text{ m}^3$: l'association est donc bien optimale

Exercice 12

Réaction : $A + HO^- = AcO^- + EtOH$



1. Encore une dilution car 2 entrées !

	A	+	HO ⁻	→	AcO ⁻	+	EtOH
entrée	F_A^E		$F_{HO^-}^E$		0		0
sortie	$F_A^E - \xi$		$F_{HO^-}^E - \xi$		ξ		ξ
Sortie	$F_A^E(1-X_A)$		$F_{HO^-}^E - F_A^E X_A$		$F_A^E X_A$		$F_A^E X_A$

A est limitant puisque $F_A^E = C_0 Dv < F_{HO^-}^E = 2C_0 Dv$

Faisons un BM sur le réactif que l'on notera A

$$\{E\} + \{P\} = \{S\} + \{Acc\}$$

$$F_{A,E} - r \times V = F_{A,S} + \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc}$$

Régime permanent $\Rightarrow \left. \frac{dn_a}{dt} \right|_{acc} = 0$

Parfaitement agité : $C_{i, \text{réacteur}} = C_{i, S}$

$$\Rightarrow r = k C_{A, S} C_{HO-, S} = k \frac{F_{A, E}}{2Dv} (1 - X_{A, S}) \left(\frac{F_{HO-E} - F_{A, E} X_{A, S}}{2Dv} \right) \text{ car } Dv_{tot} = 2Dv$$

$$F_{A, E} - r \times V = F_{A, S} = F_{A, E} (1 - X_{A, S}) \Rightarrow r \times V = F_{A, E} X_{A, S}$$

$$\text{Alors } k \frac{F_{A, E}}{2Dv} (1 - X_{A, S}) \left(\frac{F_{HO-E} - F_{A, E} X_{A, S}}{2Dv} \right) V = F_{A, E} X_{A, S}$$

$$\text{Et } k \frac{1}{2Dv} (1 - X_{A, S}) \left(\frac{2C_0 Dv - C_0 Dv X_{A, S}}{2Dv} \right) V = X_{A, S}$$

$$\text{Et } k \left(\frac{1 - X_{A, S}}{2} \right) C_0 \left(1 - \frac{X_{A, S}}{2} \right) \frac{V}{Dv} = X_{A, S}$$

polynôme du 2nd degré à résoudre numériquement (calculatrice ou python) :

$X_{A, S} = 0.88$ (l'autre solution $X_{A, S} = 2.3 > 1$ impossible)

2. La puissance thermique apportée par le serpentin doit :

- échauffer la soude de $T_E = 20^\circ\text{C}$ à $T_S = 25^\circ\text{C}$ que l'on considèrera principalement comme le solvant dont on a cp_{eau} massique.

$$\circ \mathcal{P}_\phi = Dv \times \rho_{eau} \times cp_{eau} (T_S - T_E)$$

- compenser l'exothermicité de la réaction

$$\circ \mathcal{P}_\chi = \xi \Delta rH^\circ(T_S) = F_{A, E} X_{A, S} \Delta rH^\circ(T_S) = Dv C_0 \times X_{A, S} \Delta rH^\circ(T_S)$$

Alors $\mathcal{P}_{serp} = \mathcal{P}_\phi + \mathcal{P}_\chi$

$$hS\Delta T_{serp} = Dv \times \rho_{eau} \times cp_{eau} (T_S - T_E) + Dv C_0 \times X_{A, S} \Delta rH^\circ(T_S)$$

$$S = \frac{Dv \times \rho_{eau} \times cp_{eau} (T_S - T_E) + Dv C_0 \times X_{A, S} \Delta rH^\circ(T_S)}{h\Delta T_{serp}}$$

$$\text{AN : } S = \frac{25 \cdot 10^{-3} \times 1000 \times 4.18(25-20) + 25 \cdot 10^{-3} \times 1 \times 0.88 \times -41.8 \cdot 10^3}{594 \times -7.21} = \frac{-397.1}{-428.3} = 0.927 \text{ m}^2$$