

PARTIE I/ (14pts)

1)- Quelle sont les différents types et modes de transfert (2.25pts)?

2)-Quelle est la différence entre la distillation et l'extraction ? (2. pts)

3)- Montrez que
$$\left[\frac{\partial \left(\frac{G}{T} \right)}{\partial T} \right]_P = - \frac{H}{T^2} \quad (3.25pts)$$

4)- Quelle sont les étapes principales pour effectuer un bilan (1pt) ?

5)-Montrez que le volume d'un RAC est $V = \frac{F_{A0}}{(-r_A)} X_A$ (1.75pts).

6)-Le génie des procédés est un ensemble de règles et de procédures permettant de concevoir, dimensionner, construire et faire fonctionner les dispositifs dans lesquels seront conduites les opérations, expliquez et donner un exemple industriel avec explication (3.75pts).

PARTIE II/(6pts)

EXERCICE 1 (4.5pts) : Une paroi d'une surface de $5m^2$ a une température de $700^\circ C$ d'un côté et de $20^\circ C$ de l'autre. Calculer la conductivité thermique et l'expression de $T=f(X)$. Sachant que la densité du flux de chaleur est de $300 W/m^2$. L'épaisseur est de $50 cm$.

EXERCICE 2 (1.5pts) : Une mole d'air (assimilé à un gaz parfait) initialement à $15^\circ C$ (température du sol) est contrainte (entraînée par le vent) à s'élever à une altitude de $600 m$. La transformation subit par l'air est adiabatique, de pression égale à la pression atmosphérique, et $\gamma = 1.4$. Quelle est la température atteinte par la mole d'air au sommet de la montagne ? ($1atm \approx 10^5 Pas$), On donne la pression à différentes altitudes :

Altitude [m]	100	300	450	600
Pression [KPa]	20	30	50	94

, Partie I : cour (14pts)

1) Les types de transfert : transfert thermique (0.50pt), transfert de matière (0.50pt), transfert de quantité de mouvement (MDF) (0.25pt). Les modes de transfert : conduction (0.25pt), convection (0.25pt), rayonnement (0.25pt), diffusion (0.25pt)

2) la différence entre la distillation et l'extraction :

Distillation	Extraction
<ul style="list-style-type: none"> *Opération unitaire de séparation pour un mélange liquide (0.25pt). *basée sur la différence de température d'ébullition (0.25pt) *Le léger est le distillat, Le lourd est le résidu. (0.25pt) *on applique les lois de Raoult et de Dalton pour l'équilibre thermodynamique entre les phases liquides et vapeurs. (0.25pt) 	<ul style="list-style-type: none"> *Opération unitaire de séparation pour un mélange liquide (0.25pt). *basée sur la différence de la densité (0.25pt) *Le léger est l'extrait et le lourd est le raffinat (0.25pt). *on applique l'égalité des potentiels chimiques pour l'équilibre thermodynamique. (0.25pt)

3) $G = H - TS$ (0.25pt) et $H = U + pV$ (0.25pt) $\rightarrow G = U + pV - TS$ (0.25pt)

Et $dG = d(u + pV - TS)$ (1) (0.25pt), mais d'après le 1^{er} principe de la thermodynamique $\Delta u = Q + W \rightarrow \Delta u = Q - pdv$ (0.25pt) et le 2^{ème} principe de la

thermodynamique $Q = \frac{ds \cdot T}{T}$ (0.25pt), remplaçant dans (1) on obtient

$dG = V dP - S dT$ (0.25pt) Et G est une fonction exacte c'est à dire que :

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_T dp + \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P dT \quad (0.25pts)$$

d'où $s = - \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P$ (0.25pt) (2) MAIS ON A D'après $G = H - TS \rightarrow H = G + TS$ et d'après (2)

$$H = G - T \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P \quad (0.25pts) \text{ DIVISANT PAR } T^2 \text{ on a } \frac{H}{T^2} = \frac{1}{T^2} \left(G - T \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P \right) \dots\dots (3) \quad (0.25pt)$$

on remarque que $-\frac{1}{T^2} \left(G - T \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P \right)$ représente la dérivée de $\left(\frac{G}{T} \right)$ par rapport la température

(0.25pt) donc (3) est

$$-\frac{H}{T^2} = \left[\frac{\partial \left(\frac{G}{T} \right)}{\partial T} \right]_P \quad (0.25pt)$$

4) Pour pouvoir effectuer un bilan, il faut définir les limites du système sur lequel on veut travailler (0.25pt). Puis on détermine les flux de matière (entrée, sortie) (0.25pt) ainsi que les réactions (création, destruction) (0.25pt). La somme de ces différents éléments donne le terme Accumulation (0.25pt)

Ou bien : Entrée + Création - Sortie - Destruction = Accumulation ou encore

Entrée + apparition - Sortie - Disparition = Accumulation

5) le bilan global est

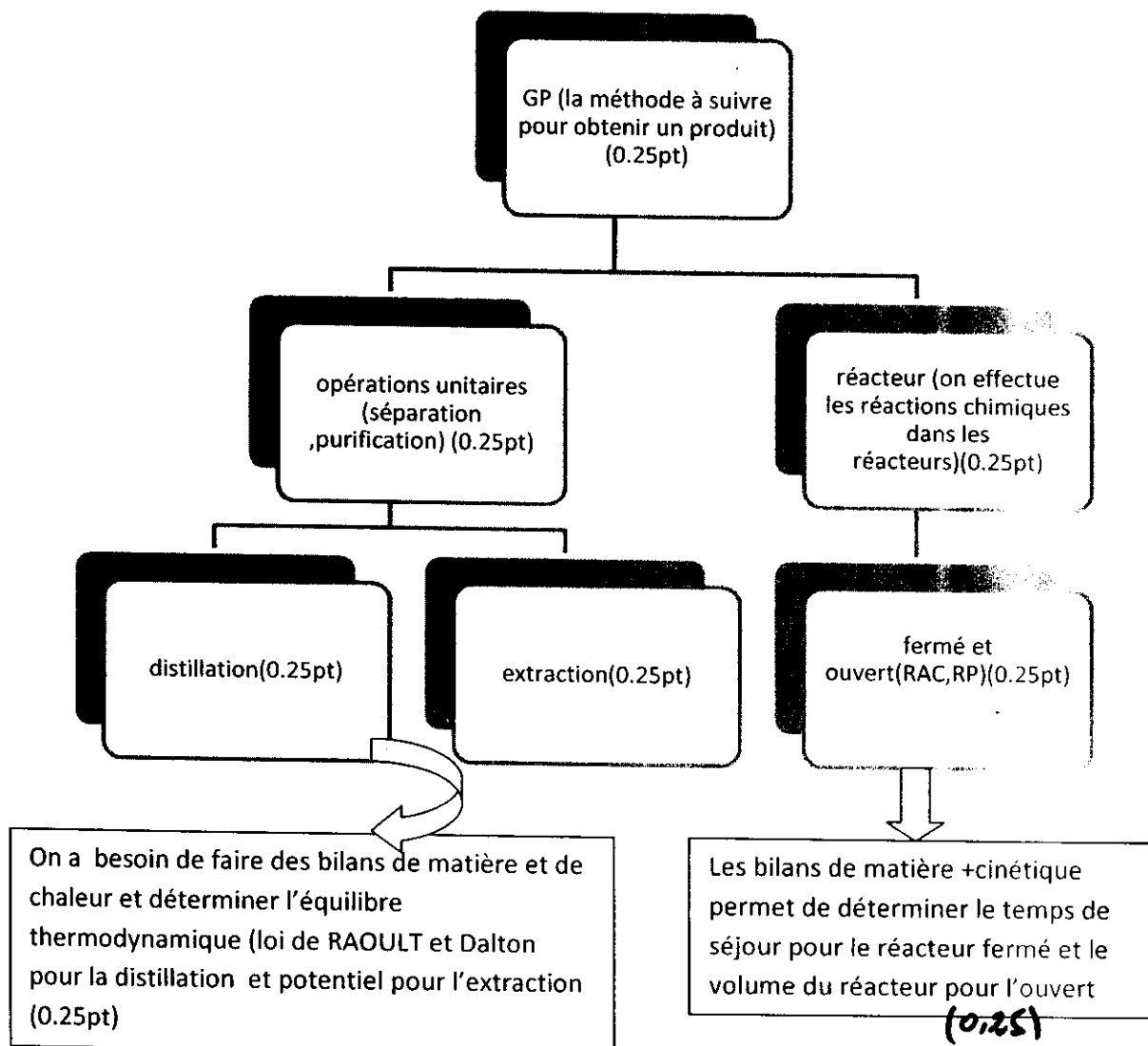
Entrée + apparition - Sortie - Disparition = Accumulation (0.25pt).....(1)

Si le régime est permanent Accum=0 (0.25pt) et si le bilan/un réactif A : app=0 (0.25pt)

Donc entrée-sortie=disp, mais disp= $(-r_A) \cdot V$ (0.25pt) Et entrée= F_{A0} (0.25pt) Et

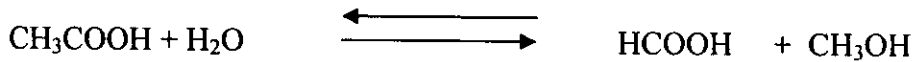
sortie= $F_{AS} = F_{A0}(1-X_A)$ (0.25pt) remplaçant dans (1) on obtient $V = \frac{F_{A0}}{(-r_A)} X_A$ (0.25pt)

6)



L'exemple est le procédé de la production de l'acide formique (0.25pt).

L'explication : L'hydrolyse directe du méthyle formate pour produire l'acide formique est donnée par la réaction(0.25pt):



Le mélange « méthyle formate-eau » est introduit dans un réacteur ouvert agité en continu (RAC) pour établir et maintenir une seule phase liquide homogène pendant la réaction de l'hydrolyse(0.25pt). La sortie du réacteur est un mélange composé de quatre constituants « méthyle formate-eau-méthanol-acide formique » envoyé vers une pompe(0.25pt), ensuite vers une première colonne de distillation dont la distillation est complexe, la séparation de ce mélange donne un distillat et un résidu qui représenteront respectivement l'alimentation des deux autres colonnes de distillation(0.25pt).

Dans la deuxième colonne de distillation on effectue la séparation binaire du mélange « méthyle formate-méthanol » dont le méthyle formate est recyclé en haut vers l'échangeur ensuite vers le réacteur, et le méthanol est éliminé en bas de la colonne (0.25pt).

La deuxième mélange « eau-acide formique » sera séparé dans la troisième colonne de distillation, en haut de cette dernière l'eau sera recyclé vers le réacteur pour effectuer l'hydrolyse de la réaction, bien que le mélange « eau-acide formique » est récupéré en bas de la colonne (0.25pt).

Partie II

Exercice 1 (4.5pts):

$$S=5\text{m}^2, T_0=700^\circ\text{C}, T_1=20^\circ\text{C} \text{ et } q = 300 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}, e=50 \cdot 10^{-2}\text{m}$$

Il faut faire un bilan thermique :

L'établissement d'un bilan thermique à travers un élément de volume

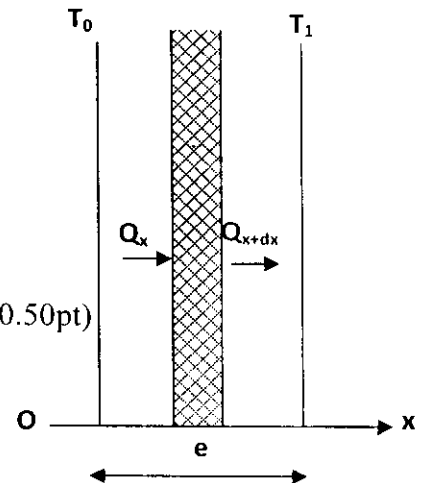
délimité par des surfaces isothermes s'écrit (sans génération de chaleur)

$$Q_x = Q_{x+dx}$$

$$Q_x - Q_{x+dx} = 0 \quad (0.25\text{pt}) \text{ d'où } \frac{\partial Q_x}{\partial x} \cdot dx = 0 \rightarrow \frac{\partial Q_x}{\partial x} = 0$$

$$\text{Et donc : } Q_x = Cst = C_1 \quad (0.25\text{pt})$$

$$\text{Or d'après la loi de Fourier : } Q_x = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (0.50\text{pt})$$



En égalisant les deux équations on aura : $C_1 = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \rightarrow \frac{\partial T}{\partial x} = -\frac{C_1}{\lambda \cdot S}$ (0.25pt)

D'où $\partial T = -\frac{C_1}{\lambda \cdot S} \cdot \partial x$ (la conductivité thermique est indépendante de la température) ;

$$T = -\frac{C_1}{\lambda \cdot S} \cdot x + C_2 \quad (0.25\text{pt}) \quad (1)$$

• Conditions aux limites (0.25pt):

$$\text{à } x = 0, T = T_0 = 700^\circ\text{C}$$

$$\text{à } x = e, T = T_1 = 20^\circ\text{C}$$

Donc d'après l'équation (1),

$$\text{à } x = 0 ; T_0 = C_2 \quad (0.25\text{pt}),$$

$$\text{et à } x = e ; T_1 = -\frac{C_1}{\lambda \cdot S} \cdot e + C_2$$

Donc :

$$C_1 = \frac{T_0 - T_1}{\frac{e}{\lambda \cdot S}} \quad (0.25\text{pt}) \quad (2)$$

d'où ;

$$T = -\frac{T_0 - T_1}{e} \cdot x + T_0 \quad (0.25\text{pt}) \quad (3)$$

d'après (2) et on a $q = \frac{\varphi}{S}$ (0.50pt) donc :

$$1) q = \frac{\varphi}{S} = \frac{C_1}{S} = \frac{\lambda \cdot S}{S \cdot e} (T_0 - T_1) \Rightarrow q = \frac{\lambda}{e} (T_0 - T_1) \Rightarrow \lambda = \frac{q \cdot e}{(T_0 - T_1)} \quad (0.75\text{pt})$$

$$\text{AN ; } \lambda = \frac{q \cdot e}{(T_0 - T_1)} = \frac{300 \cdot 50 \cdot 10^{-2}}{700 - 20} = 0.22058 \text{ w/m}^\circ\text{C} \quad (0.25\text{pt})$$

2)-le profil d'après (3)

$$T = -\frac{700 - 20}{50 \cdot 10^{-2}} \cdot x + 700 \Rightarrow T = -1360 \cdot x + 700 \quad (0.50\text{pt})$$

Exercice II(1.5pts)

On a une transformation adiabatique de l'air : $P.V^\gamma = \text{constante}$ (1)

(0.25pt)

Avec 1 et 2 représente les états initiale et finale de la transformation, l'air est un gaz

parfait $PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P}$ (0.25pt) Remplaçant dans (1) on obtient

$$P.\left(\frac{nRT}{P}\right)^\gamma = \text{cste} \rightarrow P^{1-\gamma}T^\gamma = \text{cste} \rightarrow P^{\frac{1-\gamma}{\delta}}T^\gamma = \text{cste} \rightarrow \left(P^{\frac{1-\gamma}{\delta}}T^\gamma\right)_1 = \left(P^{\frac{1-\gamma}{\delta}}T^\gamma\right)_2$$

(0.25pt)

1 et 2 représente l'état initiale et finale de la transformation et,

$$T_2 = T_1.\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad (0.25 \text{ pt})$$

$$\begin{cases} P_1 = 1 \text{ atm} \\ T_1 = 15^\circ \text{C} = 288 \text{ K} \end{cases} \quad \text{D'après les données Et } P_2 \text{ à } 600 \text{ m} = 94 \text{ KPa} \quad (0.25 \text{ pt})$$

$$\text{AN } T_2 = 283 \text{ K} = 10^\circ \text{C} \quad (0.25 \text{ pt})$$