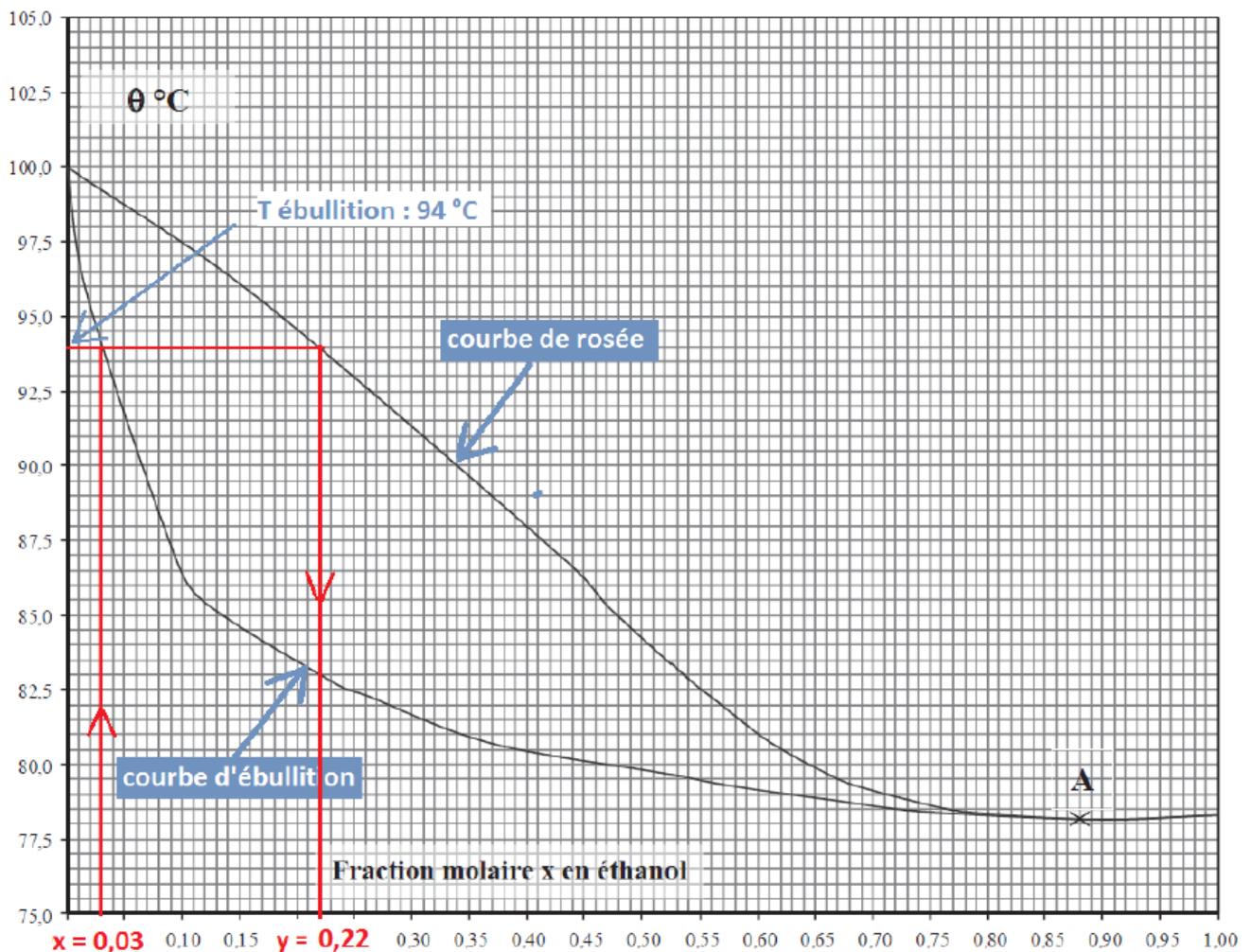


BIOETHANOL : PROCÉDÉ INDUSTRIEL DE FABRICATION ET EXEMPLES D'UTILISATION

Partie 1 : Etude de la colonne de distillation

A/ Etude du diagramme d'équilibre du mélange eau-éthanol



1.1. Courbes de rosée et courbe d'ébullition (voir ci-dessus)

Courbe d'ébullition : ensemble de points où apparaît la première goutte de vapeur lorsque l'on chauffe un mélange eau-éthanol

Courbe de rosée : ensemble de points où apparaît la dernière goutte de vapeur lorsque l'on chauffe un mélange eau-éthanol

Rappel :

- Lorsque l'on chauffe de l'eau pure, celle-ci entre en ébullition à 100°C (à 1 atm). Les premières gouttes de vapeur d'eau apparaissent à 100°C. Même si on continue de chauffer, la température reste constante à 100°C pendant tout le changement d'état, jusqu'à ce que l'eau se soit complètement vaporisée.
- Lorsque l'on chauffe de l'eau contenant de l'éthanol, les premières gouttes de vapeur du mélange apparaissent à une température qui dépend de la proportion d'éthanol dans le mélange, et inférieure à 100°C.

- si le mélange contient une fraction molaire de 0,10 en éthanol (ce qui signifie que le mélange est constitué de 10% de moles d'éthanol et 90% de moles d'eau), les premières gouttes de vapeur apparaissent à 86,5°C (point de la courbe d'ébullition).
- si le mélange contient une fraction molaire de 0,50 en éthanol, les premières gouttes de vapeur apparaissent à 80°C (point de la courbe d'ébullition).

- Si on continue de chauffer, la température ne reste pas constante pendant la vaporisation du mélange : elle augmente.

- si le mélange contient une fraction molaire de 0,10 en éthanol, les dernières gouttes de vapeur apparaissent à 97,5°C (point de la courbe de rosée).
- si le mélange contient une fraction molaire de 0,50 en éthanol, les dernières gouttes de vapeur apparaissent à 84°C (point de la courbe de rosée).

1.2. A l'entrée de la colonne, le mélange contient une fraction molaire en éthanol de 0,03 (le mélange liquide est constitué de 3% de moles d'éthanol) : d'après la courbe, on note que la température d'ébullition est de **94°C**.

Les premières gouttes de vapeur se forment : cette vapeur a une fraction molaire en éthanol de **0,22** (les vapeurs sont constituées de 22% de moles d'éthanol et 78% de moles d'eau)

1.3. Le point A est un **azéotrope**.

Lorsque le mélange liquide a une fraction molaire en éthanol de 0,88, l'ébullition commence à 78°C et se termine à 78°C. Les vapeurs formées ont un fraction molaire de 0,88 en éthanol.

1.4. En tête de colonne la solution aqueuse a une fraction molaire en éthanol de 0,88 : la température d'ébullition est de **78°C**

B/ Etude du réfrigérant de distillat

1.5. Le condensat (source chaude) et l'eau de refroidissement (source froide) circulent à contre-courant. L'énergie thermique passe donc du condensat vers l'eau par conduction.

1.6. Puissance thermique

$$P_c = Q_{m(\text{condensat})} \times C_{p(\text{condensat})} \times \Delta T$$

l'unité S.I. de temps étant la seconde, il faut convertir $Q_{m(\text{condensat})}$ en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

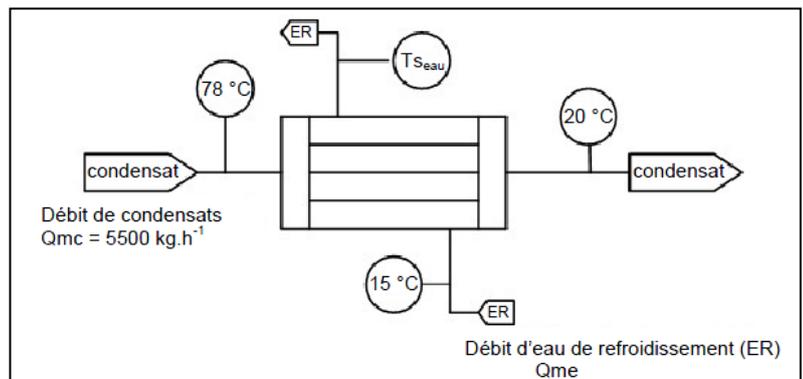
$$Q_{m(\text{condensat})} = 5500 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1} = 1,53 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$P_c = Q_{m(\text{condensat})} \times C_{p(\text{condensat})} \times \Delta T = 1,53 \times 2,51 \cdot 10^3 \times (20 - 78) = \boxed{-2,2 \cdot 10^5 \text{ W}}$$

Le signe négatif vient du fait que l'échange se fait du condensat vers l'eau : le condensat perd de l'énergie.

1.7. La puissance gagnée par l'eau froide est $P_e = 2,2 \cdot 10^5 \text{ W}$

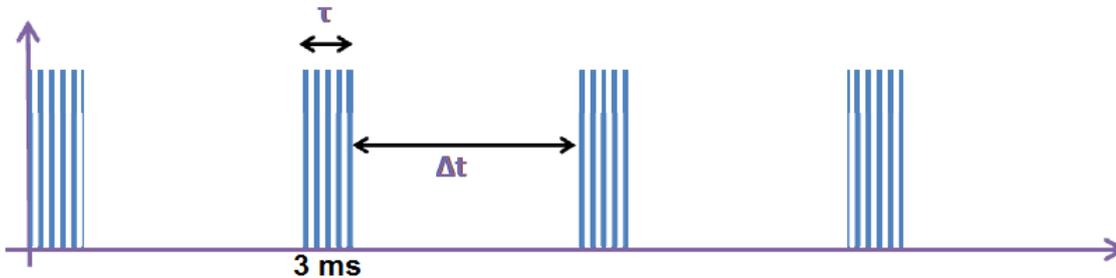
$$P_e = Q_{m(\text{eau})} \times C_{p(\text{eau})} \times \Delta T \rightarrow Q_{m(\text{eau})} = \frac{P_e}{C_{p(\text{eau})} \times \Delta T} = \frac{2,2 \cdot 10^5}{4,18 \cdot 10^3 \times (30 - 15)} = \boxed{3,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}}$$



Partie 2 : Mesure de niveau de liquide dans la cuve de stockage

2.1. Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Cela signifie que la déformation (ici le déplacement local des particules) est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

2.2.



2.3. Une salve de durée 3 ms est constituée de plusieurs impulsions ; on doit recevoir le 1^{er} écho (de la première impulsion de la salve) après que soit parti la dernière impulsion de la salve.

Au minimum, la fin de la salve doit correspondre à l'arrivée de l'écho de la 1^{ère} impulsion. La durée mise par l'impulsion pour partir du capteur, se réfléchir sur l'eau et revenir au capteur est alors de 3 ms.

$$d_{\min} = v_{\text{ultrasons}} \times \Delta t_{\min} = 340 \times \frac{3 \cdot 10^{-3}}{2} = \boxed{0,5 \text{ cm}} ; \text{ Cette valeur correspond à la donnée du constructeur}$$

2.4. Les échos des impulsions doivent arriver avant que ne partent la salve suivante : donc les échos doivent mettre au maximum une durée Δt :

$$\Delta t = \frac{d_{\max}}{v_{\text{ultrasons}}} = \frac{30}{340} = 0,088 = \boxed{88 \text{ ms}}$$

2.5.1. Moyenne des résultats : $\boxed{D = 2,9988 \text{ m}}$

$$UD = 2,26 \times \frac{4,3 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{10}} = \boxed{3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\boxed{D = (2,999 \pm 0,003) \text{ m}}$$

2.5.2. Incertitude relative : $\frac{UD}{D} = \frac{0,003}{2,999} = 1,0 \cdot 10^{-3} = \boxed{0,1 \%}$

Ce qui est conforme à l'indication du constructeur qui annonce un écart inférieur à 0,2 %.

Partie 3 : Deux utilisations du bioéthanol

A/ Synthèse d'un arôme

3.1. Pour réaliser une synthèse, on utilise un montage à reflux (Montage 1). Le chauffage permet d'accélérer la réaction.

3.2. Quantité de matière initiale d'éthanol :

$$n_{\text{éthanol}} = \frac{m_{\text{éthanol}}}{M_{\text{éthanol}}} = \frac{\rho_{\text{éthanol}} \times V_{\text{éthanol}}}{M_{\text{éthanol}}} = \frac{50 \times 0,805}{46} = \boxed{0,88 \text{ mol}}$$

Quantité de matière initiale d'acide benzoïque :

$$n_{\text{acidel}} = \frac{m_{\text{acidel}}}{M_{\text{acide}}} = \frac{3,00}{122} = \boxed{2,46 \cdot 10^{-2} \text{ mol}}$$

La réaction se faisant mole à mole, on constate que l'éthanol est en excès :

$2,46 \cdot 10^{-2}$ mol d'acide benzoïque réagit avec $2,46 \cdot 10^{-2}$ mol d'éthanol

Équation de la réaction		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} = \text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$			
Quantité de matière dans l'état initial (mol)	$x = 0$	0,88	0,0246	0	0
Quantité de matière dans l'état intermédiaire (mol)	x	0,88 - x	0,0246 - x	x	x
Quantité de matière dans l'état final théorique (mol)	$x = x_{\text{max}}$	0,855	0	0,0246	0,0246

3.3. L'excès d'un réactif permet de déplacer l'équilibre dans le sens de la formation du réactif voulu : on augmente le rendement de la synthèse.

3.4. Rendement de la réaction :

Il se forme $2,46 \cdot 10^{-2}$ mol d'ester soit une masse :

$$m_{\text{ester}} = n_{\text{ester}} \times M_{\text{ester}} = 2,46 \cdot 10^{-2} \times 150 = \boxed{3,69 \text{ g}}$$

$$\text{rend} = \frac{\text{masse expérimentale}}{\text{masse théorique}} = \frac{2,25}{3,69} = 0,61 = \boxed{61\%}$$

3.5. La grandeur portée en abscisse sur les spectres IR est le nombre d'onde en cm^{-1} .

3.6. La présence d'éthanol est détectée en spectroscopie IR par la présence de la bande large vers 3300 cm^{-1} due à la présence de la liaison OH.

Cette bande a totalement disparu dans le spectre du produit formé, il n'y a donc plus d'éthanol dans le produit obtenu.

3.7. Les ions H^+ sont des catalyseurs : ils sont consommés lors de l'étape n°1, mais sont régénéré lors de l'étape n°5. Ils n'apparaissent donc pas dans le bilan de la réaction.

3.8. L'étape n°2 est une addition. L'étape n° 4 est une élimination.

B/ Constituant d'un carburant

Texte à mettre en forme à partir des informations données dans les documents :

Doc 6 :

La filière 1re génération utilise des matières premières qui pourraient servir d'alimentation à l'homme ou au bétail. La filière 2e génération utilise les déchets agricole ou forestier.

Doc 7 :

La culture des matières premières de la filière 1re génération entraine des menaces sur l'écosystème (engrais et production de gaz à effet de serre).

Doc 8 :

Par rapport à l'énergie fossile, les matières premières de la filière 1re génération émettent moins de gaz à effet de serre. La baisse est encore plus importante avec l'utilisation de paille et de résidus forestiers.