

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2006

SÉRIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Spécialité : chimie de laboratoire et de procédés industriels

Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Le sujet comporte 5 pages dont une annexe (page 5/5) à rendre avec la copie.

Calculatrice autorisée.

TECHNOLOGIE ET SCHÉMA : RAFFINAGE DU PENTANOL

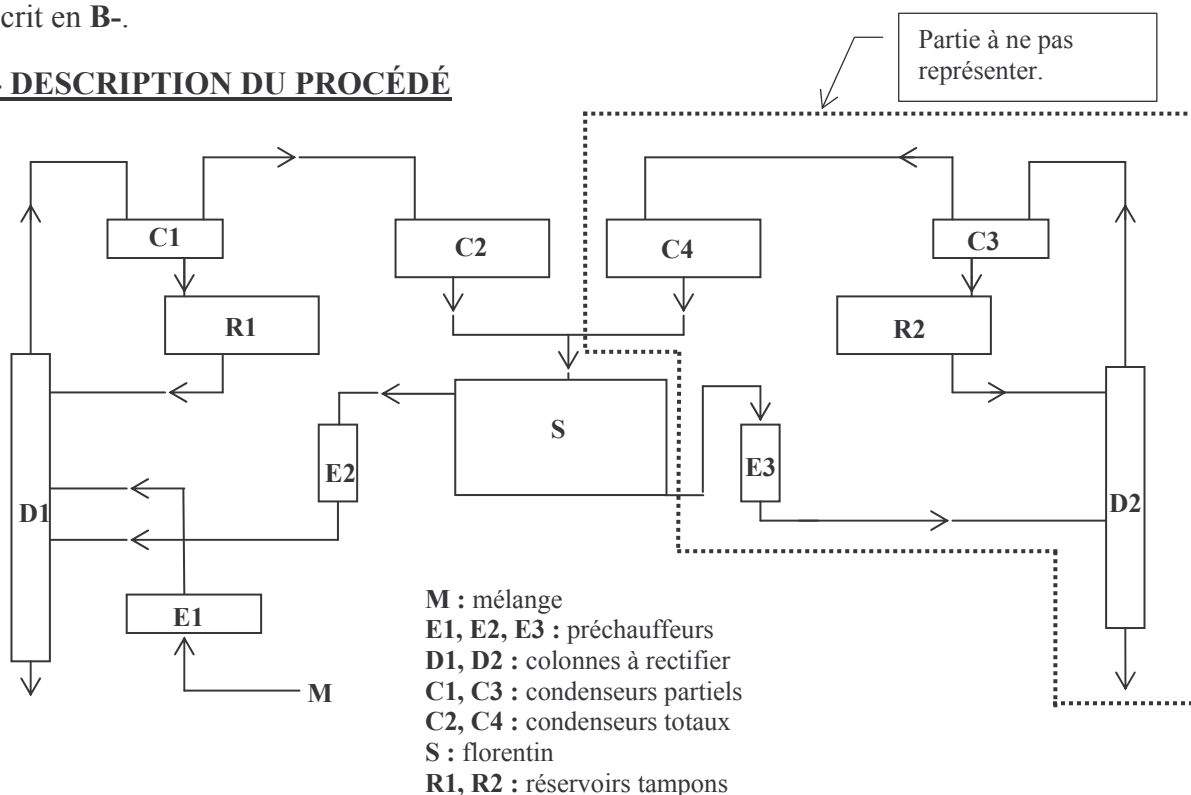
A. PRINCIPE

Le pentan-1-ol (pentanol) et l'eau (de températures d'ébullition respectives 118 °C et 100 °C sous la pression atmosphérique normale et de masse molaire respective 88 g.mol⁻¹ et 18 g.mol⁻¹) sont des constituants qui, lors d'une rectification, forment un hétéroazéotrope (mélange hétérogène à l'état liquide, bouillant à température constante, $\theta_E = 96$ °C) contenant 54,4 % de pentanol en masse. Cet hétéroazéotrope, lors de la décantation, se sépare en deux phases :

- phase A : eau pratiquement pure, phase la plus dense ;
- phase B : pentanol pratiquement pur, phase la moins dense.

Industriellement on sépare l'eau et le pentanol dans une installation comprenant deux colonnes de rectification continue et un décanteur de type « florentin », conformément au schéma de procédé décrit en B-.

B- DESCRIPTION DU PROCÉDÉ



On obtient du pentanol pur en pied de la colonne **D1** et de l'eau pure en pied de la colonne **D2**.

Description de la première partie de l'installation : on se limitera à l'étude de D1, C1, C2, R1, S et E2

Un mélange **M** à 75 % de pentanol (en masse) et 25 % d'eau après préchauffage (à ne pas représenter) est introduit en continu (ne pas représenter le système de pompage) au milieu de **D1** (colonne à plateaux).

On récupère en haut de colonne une vapeur **V** ayant la composition de l'hétéroazéotrope et en bas de colonne du pentanol pur dont le débit de sortie dépend du niveau en bas de colonne (ne pas représenter le refroidissement ni le stockage du pentanol).

La colonne est chauffée par de la vapeur saturante circulant dans un serpentin interne situé dans la partie basse de la colonne. Le débit de vapeur de chauffe est asservi au débit de vapeur sortant en haut de colonne.

Cette dernière est en partie condensée sans refroidissement dans un échangeur à faisceau tubulaire horizontal **C1** par de l'eau circulant à un débit asservi au niveau de liquide dans le réservoir tampon **R1**. La partie non condensée est dirigée vers un échangeur à faisceau tubulaire horizontal **C2**.

Le liquide contenu dans **R1** est envoyé en reflux en haut de colonne au moyen d'une pompe centrifuge dont le débit est asservi au débit du distillat issu de **C2**.

Le liquide obtenu à la sortie de **C2** (distillat) est dirigé vers le florentin **S** où il décante en continu :

- la phase organique, moins dense, est dirigée vers le tiers inférieur de **D1** après réchauffage en **E2** (échangeur à faisceau tubulaire vertical) par de la vapeur saturante dont le débit est asservi à la température dans la colonne au niveau de l'injection de la phase légère issue de **S** ;
- la phase aqueuse, plus dense, est dirigée vers le tiers inférieur de **D2** (à ne pas représenter).

C- TRAVAIL DEMANDÉ

I- Schéma

Réaliser le schéma de cette installation sur le document fourni en annexe, page 5/5 (**à rendre avec la copie**) en y indiquant toutes les mesures et les régulations demandées et nécessaires au bon fonctionnement de cette installation.

II- Questions de cours

L'hétéroazéotrope eau-pentanol obtenu en tête de colonne donne au niveau du florentin deux phases :

- une phase supérieure B de masse volumique ρ_{org} et de hauteur h_{org} ;
- une phase inférieure A de masse volumique ρ_{eau} et de hauteur h_{eau} .

1. Hétéroazéotrope

Donner approximativement, sur la copie, (voir données dans A- PRINCIPE) l'allure du diagramme d'équilibre liquide-vapeur isobare des mélanges eau – pentanol sous pression atmosphérique normale en fonction de la fraction massique (en pourcentage) en pentanol ; annoter ce diagramme (températures et %).

2. Florentin

Exprimer la hauteur H de la crosse (mesurée par rapport au fond du florentin) en fonction des masses volumiques des deux liquides ρ_{eau} et ρ_{org} et des hauteurs des phases h_{eau} et h_{org} . On effectuera un schéma annoté du dispositif et on ne tiendra pas compte des pertes de charge.

III Exercices

1. Calculer le titre molaire de l'hétéroazéotrope (voir données en page 1/5).

2. Bilans massiques.

On veut obtenir en haut de **D1** un débit de vapeur V égal à 300 kg.h^{-1} .

Calculer le débit de reflux R sortant de **R1** ainsi que le débit D de distillat sortant de **C2** sachant que le taux de reflux est de 4,0.

3. Bilans thermiques au niveau de **C1** et de **C2**.

3.1. Vérifier par le calcul que le flux thermique libéré par la condensation partielle de V dans **C1** est voisin de $4 \times 10^5 \text{ kJ.h}^{-1}$.

Calculer alors le débit nécessaire de l'eau de refroidissement qui entre à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dans le condenseur et qui en sort à $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2. Calculer l'écart moyen des températures (moyenne arithmétique des écarts) au niveau du condenseur **C1**.

Calculer la surface d'échange S de cet échangeur ; en déduire le nombre de tubes nécessaires.

3.3. Vérifier que le flux thermique libéré par la condensation et le refroidissement du distillat dans **C2** est voisin de $1 \times 10^5 \text{ kJ.h}^{-1}$, sachant que le condensat sort de **C2** à $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calculer alors le débit nécessaire de l'eau de refroidissement qui entre dans **C2** à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et sort à $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Dynamique des fluides.

Le reflux sortant de **R1** est repris par une pompe centrifuge qui le renvoie en tête de colonne à 2,0 m au-dessus du niveau dans **R1**. La longueur de tuyauterie est de 8,0 m ; **R1** est à la pression atmosphérique normale et **D1** possède une légère surpression de 20 mbar par rapport à la pression dans **R1**.

On négligera les termes en vitesse devant les autres termes dans l'équation de Bernoulli.

4.1. Calculer la hauteur manométrique H_{MT} de la pompe sachant que la perte de charge générale est de 0,2 m par m de tuyauterie et que les pertes singulières sont de 0,4 m de hauteur de liquide.

4.2. Vérifier par le calcul que le débit volumique du reflux est de $2,7 \times 10^2 \text{ L.h}^{-1}$. Calculer la puissance reçue par le liquide ; en déduire la puissance électrique consommée sachant que le rendement est de 80 %.

Données complémentaires

Pression atmosphérique normale : 1,0 bar

Accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

Hétéroazéotrope :

- masse volumique : $\rho = 889 \text{ kg.m}^{-3}$;
- chaleur latente de condensation : $L = -1650 \text{ kJ.kg}^{-1}$;
- capacité thermique massique : $C = 2,5 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Eau (liquide) :

- capacité thermique massique : $C' = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Échangeur **C1** :

- coefficient global d'échange : $K = 5,0 \times 10^3 \text{ kJ.h}^{-1}\text{m}^{-2}.\text{K}^{-1}$;
- diamètre des tubes : $d = 6,0 \text{ cm}$;
- longueur des tubes : $l = 1,5 \text{ m}$.

Relation de Bernoulli (entre **R1** et **D1**) :

$$H_{MT} + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + J$$

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

