

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2000**  
**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 6 pages dont deux annexes à rendre avec la copie. Calculatrice autorisée.*

**TECHNOLOGIE ET SCHEMA : FABRICATION DE L'ETHANOL**

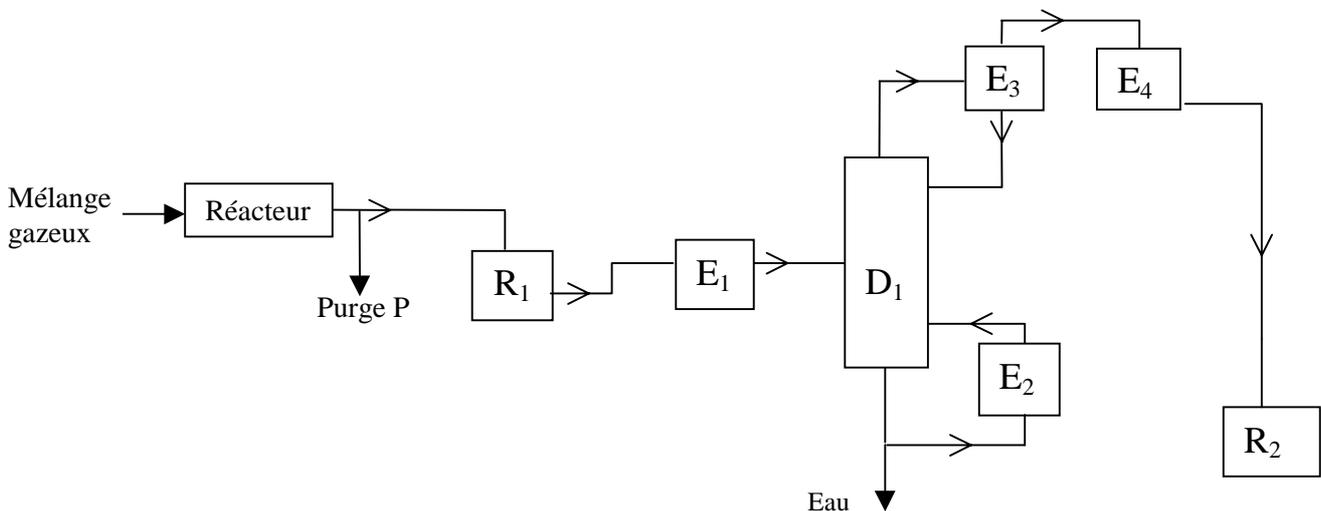
**A-PRINCIPE**

L'éthanol est obtenu par hydratation catalytique de l'éthylène en phase gazeuse selon la réaction :



On utilise un large excès d'eau. L'alcool est ensuite séparé par distillation.

**B-DESCRIPTION DU PROCEDE**



**I- Réaction**

Le réacteur est alimenté par un mélange gazeux contenant de l'éthylène et de l'eau mais aussi de l'éthane (l'éthane est ici un gaz inerte : corps qui ne réagit pas).

À la sortie du réacteur, l'éthane est éliminé par la purge P avec l'éthylène qui n'a pas réagi.

Tout l'éthanol produit et l'eau sont condensés et envoyés vers un bac de stockage (R<sub>1</sub>) en vue de la distillation.

**II- Distillation**

La colonne à distiller (D<sub>1</sub>) comporte 15 plateaux.

**1. L'alimentation** est réalisée à partir du bac de stockage (R<sub>1</sub>), réservoir au sol à la pression atmosphérique. La solution est envoyée, par pompe centrifuge (P<sub>1</sub>) montée en charge, au-dessus du 5<sup>ème</sup> plateau de la colonne. Avant son introduction dans la colonne, la solution à distiller est préchauffée (température régulée) dans un échangeur à faisceau tubulaire horizontal (E<sub>1</sub>) chauffé à la vapeur.

**2. Le bouilleur** est constitué par un faisceau tubulaire vertical externe (E<sub>2</sub>) monté en thermosiphon chauffé par de la vapeur dont le débit est asservi à la perte de charge de la colonne.

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2000**  
**SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE**  
**Spécialité : chimie de laboratoire et de procédés industriels**

**Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE**  
**Partie écrite**

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 3**

---

- 3. Le système de rétrogradation** est constitué de deux échangeurs tubulaires verticaux :
- un condenseur partiel ( $E_3$ ) assurant un reflux en tête de colonne et dont le débit d'eau froide régule la température de tête de colonne ;
  - un condenseur total ( $E_4$ ) produisant un distillat dont la température est régulée par le débit d'eau du condenseur.
- 4. Le distillat** est stocké dans un réservoir au sol ( $R_2$ ).
- 5.** Le niveau en pied de colonne est régulé par le débit de soutirage du résidu (ne pas représenter le stockage du résidu).
- La distillation étant réalisée à la pression atmosphérique, on prévoira une respiration adéquate de l'installation.**

**C-TRAVAIL DEMANDE**

**I- Schéma**

Représenter la partie de l'installation correspondant à la distillation de la solution d'éthanol-eau produite, c'est à dire les appareils  $R_1$ ,  $D_1$ ,  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$ ,  $R_2$  en tenant compte des indications données ci-dessus, en respectant les règles de sécurité et en assurant le bon fonctionnement de l'installation. On ne représentera pas le réacteur ni le réservoir de stockage du résidu de la distillation.

**II- Question de cours : les pompes centrifuges**

1. Donner le schéma et le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge.
2. Indiquer l'intérêt du couplage de deux pompes en série (il n'est pas nécessaire de justifier la réponse).
3. Expliquer le terme "cavitation".

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2000**  
**SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE**  
**Spécialité : chimie de laboratoire et de procédés industriels**

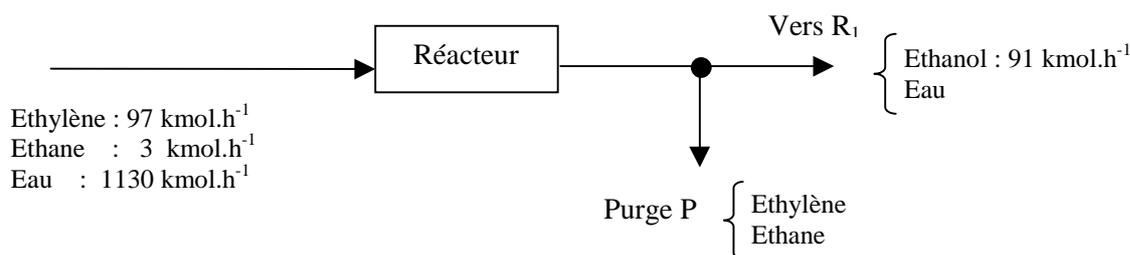
**Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE**  
**Partie écrite**

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 3**

**III- Exercice (les questions 1, 2, 3, 4 sont indépendantes)**

**1. Etude du réacteur**



L'éthylène qui n'a pas réagi et l'éthane sont évacués par la purge P. Tout l'éthanol produit et l'eau sortant du réacteur sont envoyés vers R<sub>1</sub>.

1.1. Calculer le débit molaire en eau envoyé vers R<sub>1</sub>.

1.2. Calculer le débit molaire d'éthane et d'éthylène au niveau de la purge P.

**2. Etude de la pompe centrifuge P1**

La solution à distiller, stockée dans le réservoir R<sub>1</sub>, est pompée par P<sub>1</sub> à un débit massique horaire de 2300 kg.h<sup>-1</sup>. Elle est refoulée dans la colonne où règne la pression atmosphérique. La dénivellation entre le niveau (constant) de R<sub>1</sub> et le refoulement est de 8,0 m. La perte de charge de l'installation est de 2,0 m de fluide.

2.1. Calculer la hauteur manométrique de la pompe.

2.2. Calculer la puissance utile de la pompe.

2.3. Sachant que le rendement de la pompe vaut  $r = 75\%$ , en déduire sa puissance électrique.

**Données :**

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

Pression atmosphérique =  $1,0 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,0 \text{ bar}$

$$\text{Relation de Bernoulli : } H_{mt} + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + J$$

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2000**  
**SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE**  
**Spécialité : chimie de laboratoire et de procédés industriels**

**Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE**  
**Partie écrite**

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 3**

**3. Étude de l'échange thermique dans le préchauffeur E1**

La solution alcoolique stockée dans R<sub>1</sub> est à la température ambiante de  $t = 25\text{ °C}$ , avant d'être introduite dans la colonne, elle doit être chauffée à  $75\text{ °C}$  par le préchauffeur E<sub>1</sub>.

- 3.1. Calculer le flux de chaleur nécessaire au préchauffage
- 3.2. Calculer le débit de vapeur saturante 4 bars nécessaire (pression absolue), les condensats sortant à  $50\text{ °C}$ . On considérera que l'échange thermique a un rendement de 100 %.
- 3.3. L'échange aurait-il pu se faire à co-courant ? Justifier votre réponse.
- 3.4. Sachant que la surface d'échange est de  $S = 3,0\text{ m}^2$ , en déduire le coefficient global de transfert thermique de l'échangeur, en précisant l'unité.

**Données :**

- Capacité calorifique massique de la solution alcoolique :  $3,86\text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Pour la vapeur d'eau saturante :  $t\text{ (en °C)} = 100\sqrt[4]{P}$  avec P en bar
- Capacité calorifique massique de l'eau :  $4,20\text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Enthalpie massique de vaporisation de l'eau :  $L_v\text{ (en kJ.kg}^{-1}) = 2535 - 2,9 \times t$ , avec t en °C
- Moyenne logarithmique des écarts de température :  $\Delta\theta_m = (\Delta\theta_1 - \Delta\theta_2) / \ln(\Delta\theta_1 / \Delta\theta_2)$
- Débit massique horaire de la solution :  $2300\text{ kg.h}^{-1}$

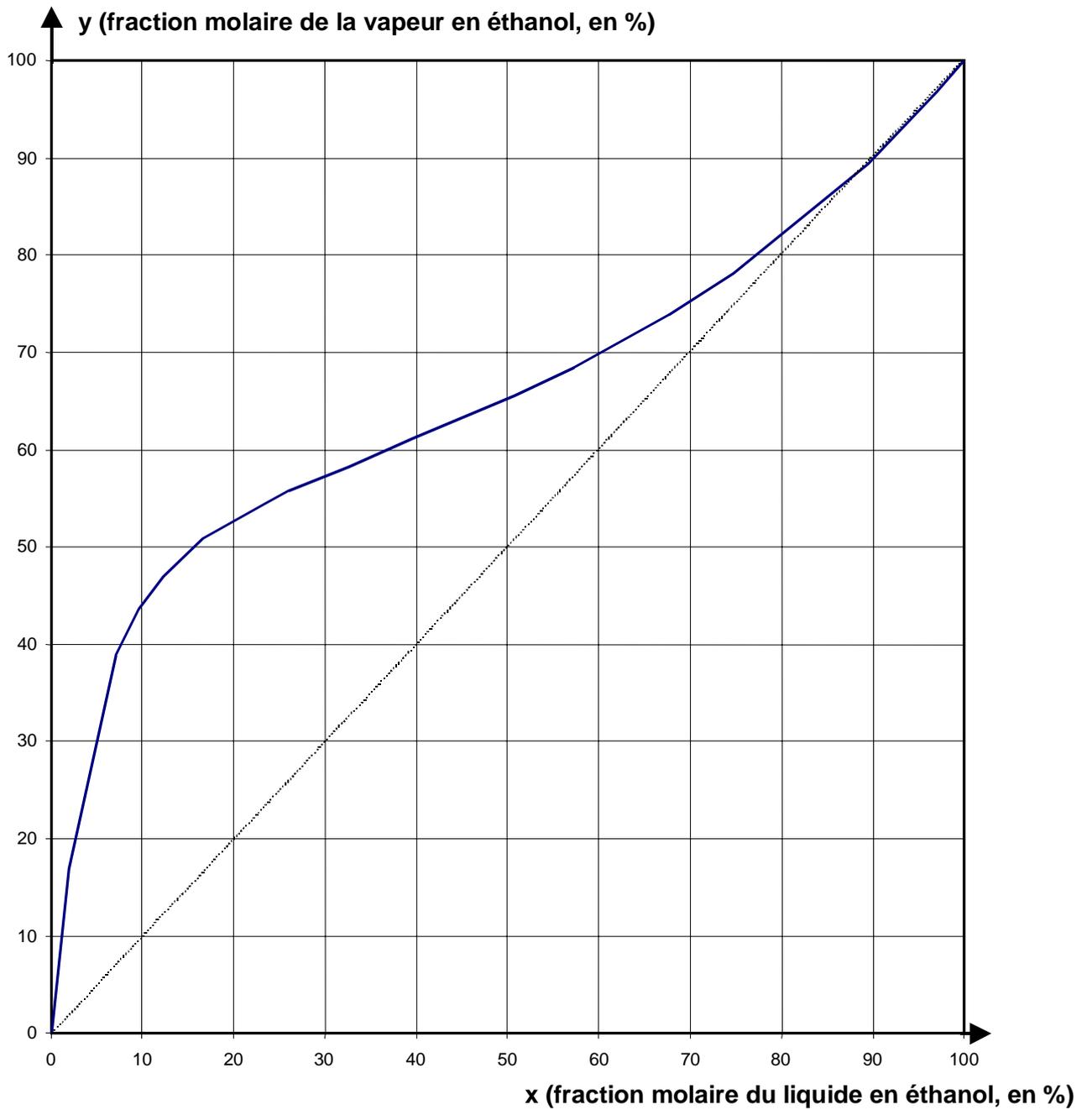
**4. Etude de la distillation**

- 4.1. En utilisant les données ci-dessous, calculer les débits molaires du résidu (R) et du distillat (D).
- 4.2. En utilisant le diagramme liquide-vapeur fourni en annexe 1, déterminer le nombre de plateaux théoriques de la colonne pour un reflux total.

**Données**

- Titre molaire de la solution alcoolique d'alimentation en éthanol :  $X_B = 0,0805$
- Débit molaire d'alimentation :  $113,0\text{ kmol.h}^{-1}$
- Titre molaire du distillat en éthanol :  $X_D = 0,8000$
- Titre molaire du résidu en pied de colonne en éthanol :  $X_R = 0,0020$

**ANNEXE 1**  
**A RENDRE AVEC LA COPIE**  
**Diagramme d'équilibre liquide-vapeur du mélange éthanol-eau**



ANNEXE 2 - DOCUMENT REPOSE A RENDRE AVEC LA COPIE

R1

E1

D1

E2

E3

E4

R2