

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**

**INDUSTRIES DES PROCÉDES**

**Session 2004**

**ÉPREUVE : E2 – ÉTUDE ET CONDUITE  
DES OPÉRATIONS UNITAIRES**

**DURÉE ÉPREUVE : 4 h      COEFFICIENT : 3**

**DOSSIER CORRIGÉ**

# BAREME

**I) Etude de l'évaporateur triple effets ..... 10/ 60**

- I-1) ..... 3/ 60
- I-2) ..... 3/ 60
- I-3) ..... 2/ 60
- I-4) ..... 2/ 60

**II- Echanges thermiques ..... 8/ 60**

- II-1) ..... 3/ 60
- II-2) ..... 2/ 60
- II-3) ..... 3/ 60

**III) Etude d'une pompe centrifuge (P<sub>1</sub>) ..... 12/ 60**

- III-1) ..... 3/ 60
- III-2) ..... 3/ 60
- III-3) ..... 3/ 60
- III-4) ..... 2/ 60
- III-5) ..... 1/ 60

**IV) Distillation de vin ..... 18/ 60**

- IV-1) ..... 2/ 60
- IV-2) ..... 3/ 60
- IV-3) ..... 4/ 60
- IV-4) ..... 4/ 60
- IV-5) ..... 2/ 60
- IV-6) ..... 3/ 60

**V) Conduite et régulation ..... 12/ 60**

- V-1) ..... 2/ 60
- V-2) ..... 2/ 60
- V-3) ..... 2/ 60
- V-4) ..... 3/ 60
- V-5) ..... 3/ 60

## I) Etude de l'évaporateur triple effets :

### I-1) Débit d'eau évaporée dans le concentrateur (1)

Débit massique alimenté :  $D_v = 10000 \times 0,994 = 9940 \text{ kg/h}$

$T_v^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$

$T_1^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$

### Concentreur (2)

$T_2^{\circ}\text{C} = 84^{\circ}\text{C}$

$D_{c2} = 6012 \text{ Kg/h}$

### Concentreur (3)

$T_3^{\circ}\text{C} = 67^{\circ}\text{C}$

$D_{c3} = 3607 \text{ Kg/h}$

### I-2)

Débit total d'eau à vaporiser :  $9940 - 3607 = 6333 \text{ kg/h}$

Débit de vapeur de chauffe nécessaire :  $6333 \times \frac{2245}{1995,6} = 7124 \text{ kg/h}$

### I-3) Masse d'eau évaporée par kg de vapeur de chauffe

Evaporateur multiple effets :  $\frac{6333}{2000} = 3,2$

Evaporateur simple effet :  $\frac{6333}{7124} = 0,9$

I-4) Analyse des résultats : Evidente économie d'énergie, et cela évite d'avoir un évaporateur simple effet surdimensionné.

## II) Echanges thermiques

II-1) Chaleur à fournir (puissance reçue) à la vinasse :  $9940 \times 4 (100 - 60) = 1590400 \text{ kJ/h}$

II-2) Calcul de la surface d'échange :

Différence de température moyenne :  $\Delta T_m = \frac{(132 - 60) - (132 - 100)}{\ln \frac{132 - 60}{132 - 100}} = 49,3^{\circ}\text{C}$

Surface d'échange nécessaire :  $S = \frac{1590400}{2880 \times 49,3} = 11,20 \text{ m}^2$

II-3)

- cause du dysfonctionnement : encrassement de l'échangeur ( possible entartrage)
- action corrective : augmenter le débit vapeur de chauffe
- action de maintenance : nettoyage et/ou détartrage de l'échangeur

**III) Etude d'une pompe centrifuge**

III-1) Longueur totale équivalente : robinet = 16m; 2 coudes = 2×1,4 = 2,8 m; clapet = 5 m; longueur droite 8 m; soit L = 32 m(environ)

III-2) Pertes de charge à l'aspiration :  $Ja = \frac{0,022 \times 32 \times 2,21^2}{0,04 \times 2 \times 9,81} = 4,4 \text{ m}$

Vitesse du liquide :  $U = \frac{Q_v}{S} = \frac{\frac{10}{3600}}{\frac{3,14 \times 0,04^2}{4}} = 2,21 \text{ m/s}$

III-3) Pression à l'aspiration

$\frac{101325}{994 \times 9,81} - 2 - 0,25 - 4,4 = 3,74 \text{ m CL}$  soit  $3,74 \times 994 \times 9,81 = 36470 \text{ Pa}$

Pa > tension de vapeur donc pas de cavitation.

III-4) Puissance utile de la pompe

$H_{ma} = Z_a - \frac{U^2 a}{2g} - Ja = -2 - \frac{2,21^2}{2 \times 9,81} - 4,4 = -6,15 \text{ m}$

$H_{mr} = 8 - \frac{2,21^2}{2 \times 9,81} + 36 = 43,75 \text{ m}$

$H_{mt} = 43,75 - (-6,15) = 49,9 \text{ m}$

$P_u = \frac{10}{3600} \times 994 \times 9,81 \times 49,9 = 1352 \text{ W}$

III-5) Puissance réelle de la pompe :  $P_r = \frac{1352}{0,60} = 2253 \text{ W}$

Longueur équivalente	Vitesse de circulation du fluide	Pertes de charge aspiration	Pression absolue aspiration	HMT	Puissance utile	Puissance absorbée
32 m	2,21 m/s	4,4m	36470 Pa	49,9 m	1352W	2253W

#### IV : Distillation de vin :

##### IV-1) Détermination du degré alcoolique du vin :

Alimentation : vin d°A = 15°

##### IV-2) Détermination graphique du taux de reflux minimum R<sub>m</sub>:

On trace la droite de reflux minimum qui par définition passe par le point de distillat D(x<sub>D</sub>=70, y<sub>D</sub>=70) et le point d'intersection entre l'isobare et la verticale passant par l'abscisse x<sub>A</sub>=5.

Pour calculer le taux de reflux minimum R<sub>m</sub>, on utilise l'équation de la droite qui est :

$$y = \frac{R_m}{R_m+1} x + \frac{x_D}{R_m+1}$$

Le coefficient directeur de la droite est R<sub>m</sub> / (R<sub>m</sub> + 1) est égal à la pente de la droite a, avec a=ΔY/ΔX.

$$a = (70-32)/(70-5) = 0,584$$

$$\text{d'où } R_m = 1,4$$

Remarque : graphiquement la valeur de R<sub>m</sub> peut varier.

(2<sup>ème</sup> méthode : ordonnée à l'origine)

##### IV-3) Equation de la droite de rectification

On sait que le taux de reflux est: R=1.5×1.4=2,1

D'où l'équation de la droite de rectification:

$$y = \frac{R}{R+1} x + \frac{x_D}{R+1}$$

$$y = \frac{2,1}{2,1+1} x + \frac{70}{2,1+1}$$

$$y = 0,677x + 22,58$$

On trace cette droite sur le graphique en plaçant deux points de cette droite: le point de distillat D(x<sub>D</sub>=70, y<sub>D</sub>=70) et par exemple le point d'alimentation A(x<sub>A</sub>=5.1, y<sub>A</sub>=26.0). On trace ensuite la droite d'épuisement qui passe par le point d'alimentation A et le point de résidu S(x<sub>S</sub>=1.6, y<sub>S</sub>=1.6)

On construit les plateaux théoriques en s'appuyant sur ces droites et sur l'isobare.

IV-4) On trouve: 4,3 plateaux théoriques pour le tronçon de rectification (environ)  
2 plateaux théoriques pour le tronçon d'épuisement (environ)

IV-5) plateaux réels pour le tronçon de rectification = 4.3/0.6 = 7,2 (soit 8)

plateaux réels pour le tronçon d'épuisement = 2/0,6 = 3.3 (soit 4)

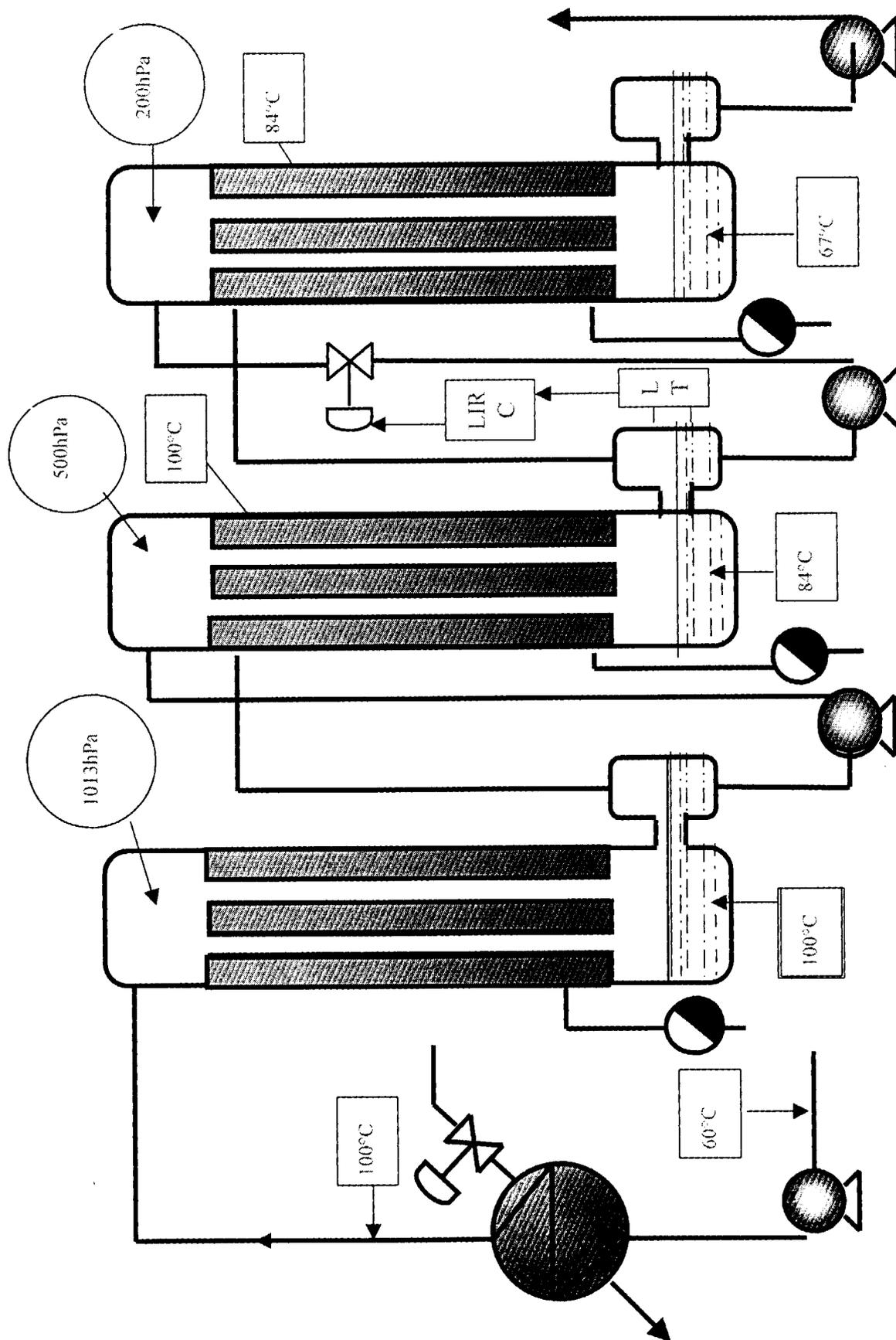
IV-6) Il faut augmenter le nombre de plateaux réels (solution technologique)

Il faut augmenter le taux de reflux (conduite de l'opérateur).

Degré alcoolique	R <sub>m</sub>	R	Nb plateaux théoriques	Nb plateaux réel (en nombre entier)
15 °	1,3	1,95	6,3	12

## V Conduite et régulation

V-1) et V-2) Voir schéma ci-dessous



IV-3)

VINASSES	Débit de vapeur à 3 bars sur E1
Augmentation du débit d'alimentation en vinasse dans l'échangeur E1	
Augmentation de la température de la vinasse à l'entrée de R1	

V-4) Il faut implanter la vanne après la pompe car , avant ,on favorise la cavitation.

V-5) Il faut un régulateur en inverse ,quand la mesure augmente la vanne doit se fermer donc la pression de sortie d'air doit diminuer.