

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL

INDUSTRIES DES PROCEDES

Session 2004

**E2 : ETUDE ET CONDUITE
DES OPERATIONS UNITAIRES**

DUREE EPREUVE : 4 heures COEFFICIENT : 3

DOSSIER RESSOURCES

TEXTE DU SUJET :

Ce sujet comporte 10 **feuilles** numérotées de 2/10 à 10/10 dont 3 annexes

SOMMAIRE ET BAREME

Généralités

Barème

Description de l'évaporateur triple effets p 3 /10 30/ 60

Distillation de vin p 8 /10 18/ 60

Conduite et régulation p 10/10 12/ 60

Généralités

La première partie du sujet concerne le traitement des résidus d'une distillerie, et en particulier l'évaporation thermique des vinasses (résidu provenant de la distillation du vin) effectuée dans un évaporateur triple effets.

Cette évaporation thermique a comme principal objectif, la diminution des rejets effectués par une distillerie.

Nous étudierons également le fonctionnement de la pompe centrifuge alimentant les vinasses dans l'évaporateur triple effets .

La deuxième partie du sujet, traite un aspect fondamental d'une distillerie, c'est à dire la distillation du vin, afin de fabriquer de l'eau de vie utilisable comme alcool de bouche ou en pharmacie. Cette distillation se fait généralement en continu à la pression atmosphérique.

Enfin, un aspect tout aussi important sera abordé, il s'agit en effet de la régulation. L'étude choisie est celle de l'évaporateur triple effets.

Description et fonctionnement de l'évaporateur triple effets :

L'évaporateur triple effets (chaque unité a une hauteur approximative de 25 m) dont le schéma est fourni à la page 5/13 du DOSSIER TRAVAIL est prévu pour traiter $10 \text{ m}^3/\text{h}$ de vinasses.

Un réservoir relais (R1) reçoit les vinasses de l'atelier de distillation et de l'atelier d'extraction tartrique (non représentés). La température de ces vinasses est de 60°C . A partir de R₁, une pompe centrifuge (P₁) permet l'alimentation du concentrateur (1).

Les vinasses sont préchauffées dans un échangeur à faisceau tubulaire E₁ à leur température d'ébullition sous la pression atmosphérique (on considérera 100°C). L'échangeur E₁ est chauffé avec de la vapeur à une pression absolue de **3 bar**.

L'évaporateur (1) fonctionne à la pression atmosphérique.

L'évaporateur (2) fonctionne sous $5 \times 10^4 \text{ Pa}$ de pression absolue. La température d'ébullition de la solution est de 84°C . Il est chauffé par la vapeur produite par l'évaporateur (1).

L'évaporateur (3) fonctionne sous $2 \times 10^4 \text{ Pa}$ de pression absolue. La température d'ébullition de la solution est de 67°C . Il est chauffé par la vapeur produite par l'évaporateur (2).

L'évaporateur (1) consomme **2000 kg/h** de vapeur à une pression absolue de **12 bars**.

Données / Formulaire : Etude de l'évaporateur triple effets et étude de l'échangeur E1

- On prendra la pression atmosphérique égale à 1,013 bar = $1,013 \cdot 10^5$ Pa
- Flux thermique : $\phi = K \cdot S \cdot \Delta T$
- Coefficient global d'échange thermique : $K = 800 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
- Différence de température logarithmique moyenne :
$$\Delta T = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln \frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}}$$

EAU :

- Chaleur latente de vaporisation = $2535 - 2,9t$. (exprimée en kJ/kg, et où t est la température en degré Celsius de la vapeur d'eau).
- Relation empirique permettant, le calcul de la température des vapeurs : $P = (t/100)^4$; où P est la pression absolue en bar, et t la température en degré Celsius.

Exemple de calcul pour de la vapeur d'eau à 3 bar absolus:

$$\text{Température des vapeurs : } t = \sqrt[4]{100^4 \times 3} = \sqrt{\sqrt{100^4 \times 3}} = 131,6 \text{ °C}$$

$$L_{\text{eau}} = 2535 - 2,9 \times 131,6 = 2153 \text{ KJ/Kg}$$

VINASSES :

- Capacité thermique moyenne des vinasses = $4 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C}$
- Masse volumique = 994 kg/m^3

On considérera uniquement la condensation de la vapeur de chauffe comme participant à l'apport extérieur de chaleur.

Etude de la pompe centrifuge P1 :

Les vinasses stockées dans le réservoir enterré R_1 dont le niveau est maintenu constant, sont envoyées par pompe centrifuge dans le premier des évaporateurs multiple effets (1). La température des vinasses dans le réservoir R_1 est de 60°C . Le réservoir R_1 « respire » à l'air libre. Voir schéma ci-dessous.

Données :

Débit du liquide pompé : $10 \text{ m}^3/\text{h}$

Diamètre intérieur de la conduite d'aspiration et de refoulement = 4 cm

Tension de vapeur des vinasses à 60°C = 13000 Pa

Eléments de la tuyauterie d'aspiration : **1** robinet droit à soupape, **2** coudes arrondis à 90° de rayon moyen; un clapet anti-retour; longueur droite de tuyauterie = 8 m .

Facteur de friction $\lambda = 0,022$

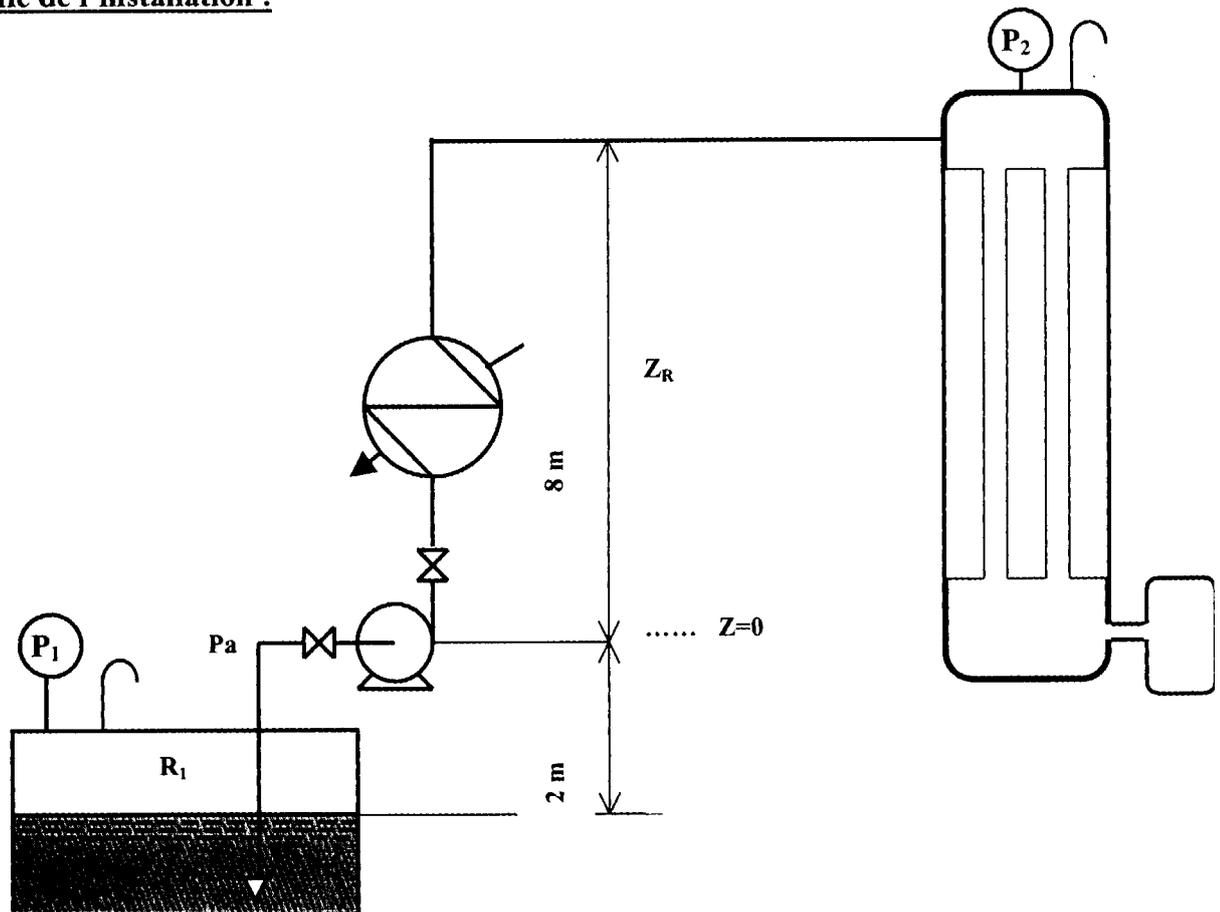
Pression P_1 = Pression P_2

Pertes de charge au refoulement = $36 \text{ m de CL (mètres de Colonne de Liquide)}$

Rendement de la pompe $\eta = 0,6$

Longueurs équivalentes de tuyauterie: voir annexe N°1 p 7 / 10 « équivalences pertes de charges »

Schéma simplifié de l'installation :



Formulaire : Etude de la pompe centrifuge

Pertes de charge: $J = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{U^2}{2g}$

Equations de BERNOUILLI :

Entre le réservoir R_1 et l'aspiration de la pompe centrifuge :

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_A - \frac{Ua^2}{2g} - J_{1a} = \frac{Pa}{\rho g}$$

Entre R_1 et l'évaporateur :

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_A + \frac{Ua^2}{2g} + Hmt = \frac{P_2}{\rho g} + Z_R + \frac{Ur^2}{2g} + J_{12}$$

Puissance utile : $Pu = qv \times \rho \times g \times Hmt$

Rendement d'une pompe : $\eta = \frac{Pu}{P_A}$ avec Pu la puissance utile et P_A la puissance absorbée

Avec :

Ua = vitesse de circulation du fluide à l'aspiration en m/s

Ur = vitesse de circulation du fluide au refoulement en m/s

qv = débit volumique en m^3/s

ρ = masse volumique du fluide en kg/m^3

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Hmt = Hauteur manométrique totale (énergie fournie par la pompe au fluide)

- SUJET -ANNEXE 1 : Equivalences des pertes de charges

Robinet-vanne :

- * ouverture 1/4 : A
- * ouverture 1/2 : C
- * ouverture 3/4 : H
- * ouverture 1 : O

Robinet droit à soupape :

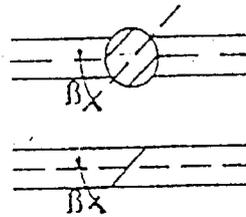
- * ouverture 1 : B

Robinet d'équerre à soupape :

- * ouverture 1 : D

Robinet à tournant :

- * $\beta = 10^\circ$: H
- * $\beta = 20^\circ$: D
- * $\beta = 40^\circ$: A



Robinet à papillon :

- * $\beta = 10^\circ$: G
- * $\beta = 20^\circ$: D
- * $\beta = 40^\circ$: A

Coude à 180° : F

Coude brusque à 90° : G

Coude arrondi à 90° :

- * petit rayon : I
- * rayon moyen : J
- * grand rayon : K

Elargissement brusque :

- * rapport des diamètres $d/D = 1/4$: H
- * " " " $d/D = 1/2$: K
- * " " " $d/D = 3/4$: L

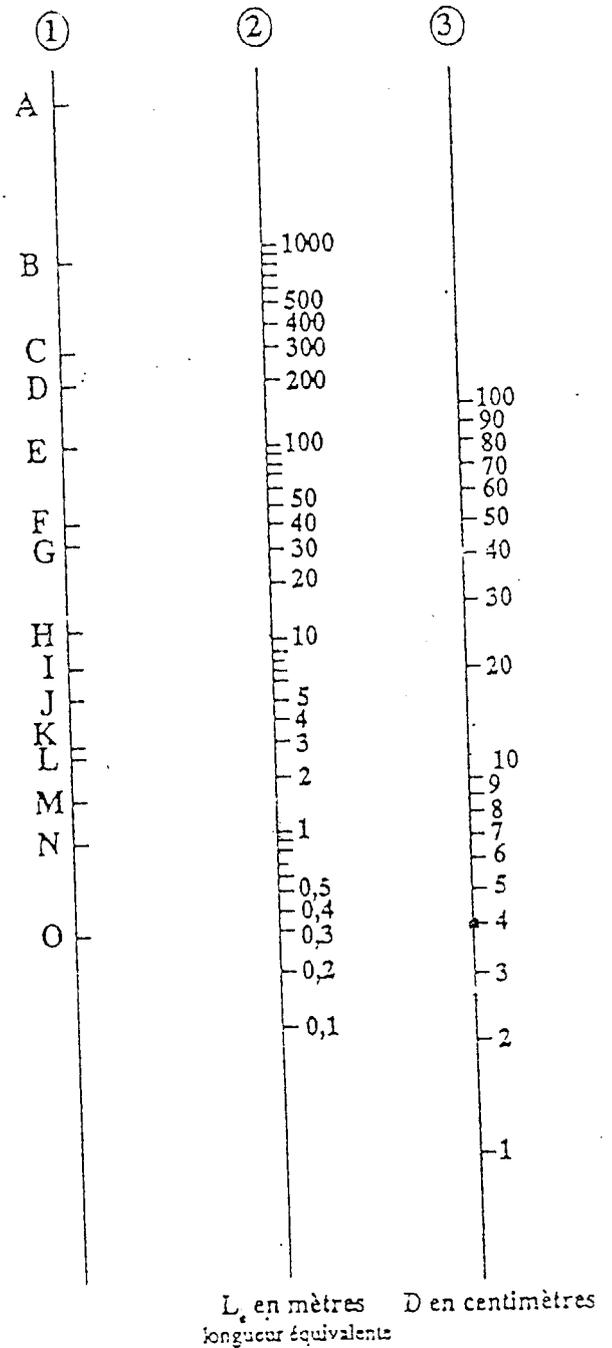
Retrécissement brusque :

- * rapport des diamètres $d/D = 1/4$: M
- * " " " $d/D = 1/2$: N
- * " " " $d/D = 3/4$: O

Clapet anti-retour : E

Té : G

Filtre à crépine avec clapet de pied : A



NB : Lorsqu'il y a des variations de section (élargissement ou rétrécissement brusque), la longueur équivalente est à rajouter à la portion de plus petit diamètre.

DISTILLATION DE VIN :

La distillation en continu du vin s'effectue dans une colonne à distiller comprenant deux tronçons distincts (voir schéma simplifié ci-dessous). L'alimentation liquide se fait en tête du tronçon d'épuisement. Les vapeurs arrivant en tête du tronçon d'épuisement sont envoyées en bas du tronçon d'enrichissement tandis que le liquide de reflux arrivant en bas du tronçon d'enrichissement est envoyé en tête du tronçon d'épuisement par pompage.

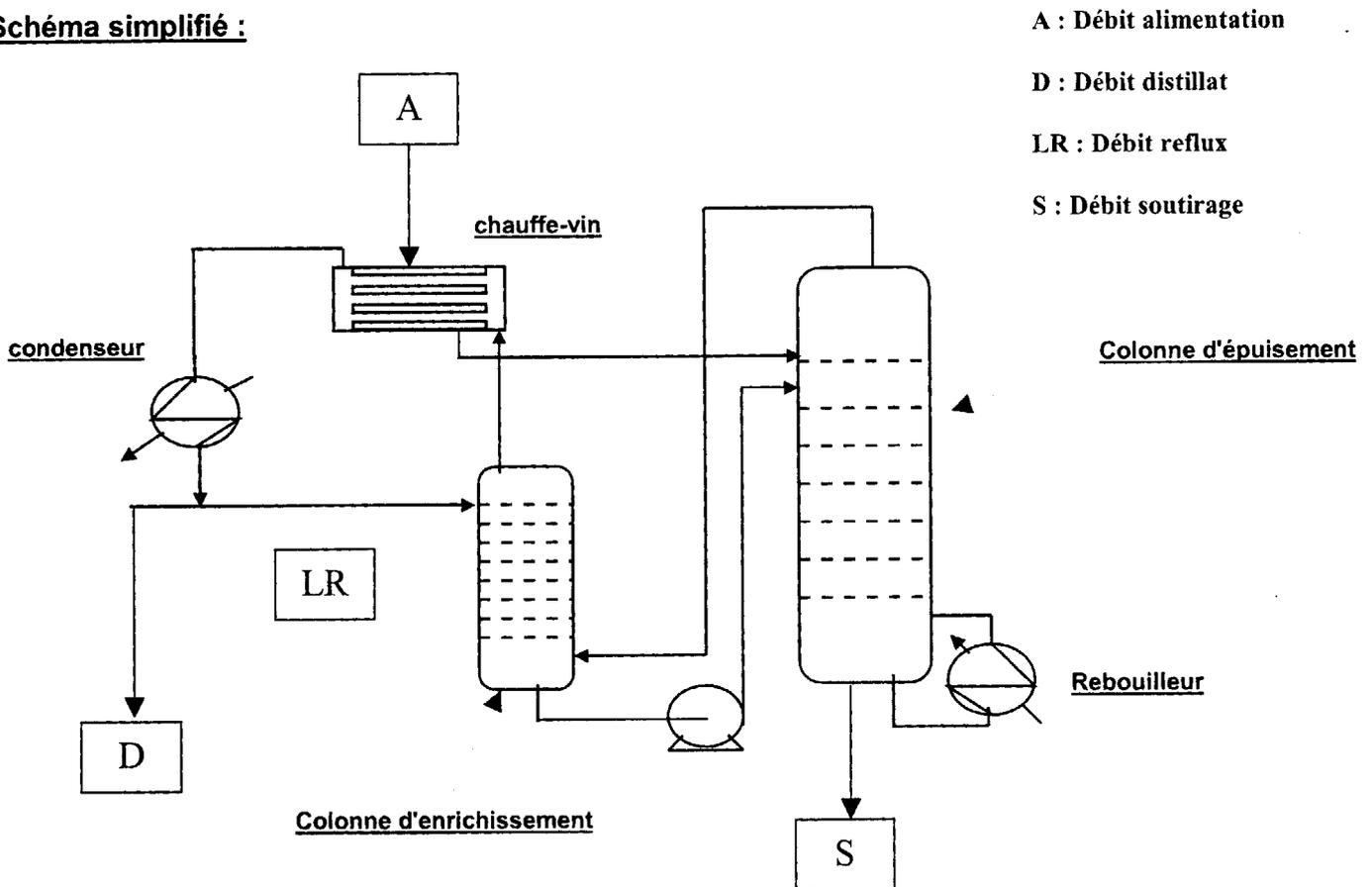
Détermination du nombre de plateaux théoriques.

On veut obtenir un alcool à 70,0 % molaire à partir d'un vin riche en alcool (5,1 % molaire). Le résidu appelé « vinasses » doit contenir 1,6 % molaire d'alcool.

L'alimentation de la colonne est liquide et à sa température d'ébullition.

On prendra un taux de reflux égal à **1,5 fois le taux de reflux minimum**.

Schéma simplifié :



Données / Formulaire : Distillation de vin

-La table de Sorel (ANNEXE N°2) p 9/10

-Masses molaires : éthanol = 46 g/mol eau = 18g/mol

-Equation de la droite opératoire de rectification :

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

x_D : titre molaire du distillat
R : taux de reflux

-Equation de la droite opératoire de rectification au taux de reflux minimum:

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

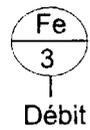
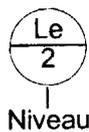
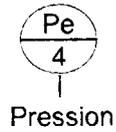
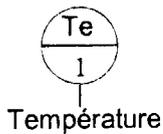
x_D : titre molaire du distillat
 R_m : taux de reflux minimum

TABLE DE SOREL (extrait)			
Degré alcoolique = Teneur volumique	Teneur massique en alcool (%)	Chaleur massique (kJ/kg/°C)	Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)
0	0	4,18	2242,57
1	0,80	4,20	2231,62
2	1,60	4,23	2220,67
3	2,40	4,25	2209,71
4	3,20	4,28	2198,76
5	4,00	4,31	2187,81
6	4,80	4,34	2176,73
7	5,62	4,36	2165,78
8	6,42	4,38	2154,58
9	7,24	4,40	2143,46
10	8,05	4,42	2132,38
11	8,81	4,43	2121,14
12	9,69	4,44	2109,94
13	10,51	4,44	2098,69
14	11,33	4,45	2087,49
15	12,15	4,45	2076,25
16	12,97	4,46	2064,95
17	13,80	4,46	2053,67
18	14,62	4,46	2042,30
19	15,44	4,46	2031,23
20	16,28	4,46	2019,73
30	24,69	4,40	1904,57
40	33,39	4,31	1785,49
50	42,52	4,13	1660,50
60	52,20	3,87	1528,00
70	62,49	3,70	1387,13
80	73,58	3,57	1235,31
90	85,76	2,88	1068,57
100	100	2,42	873,62

Conduite et régulation :

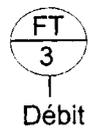
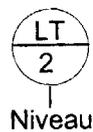
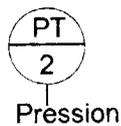
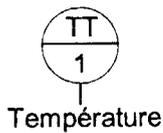
- SUJET - ANNEXE N°3 : Symboles de régulation

CAPTEURS



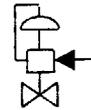
Le chiffre indique le numéro de boucle

TRANSMETTEURS

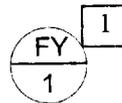


Le chiffre indique le numéro de boucle

ORGANES CORRECTEURS



OPERATEURS OU RELAIS DE CALCUL NON PILOTABLES



1 Mention de la fonction :

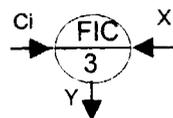
Σ : Sommateur

V : Extracteur de racine

% : Proportionneur

X : multiplicateur

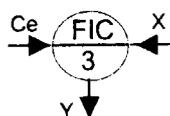
REGULATEURS



X : mesure

Y : signal du régulateur

Ci : consigne interne



Ce : consigne externe

TYPES DE LIAISONS

Electrique

Numérique

Pneumatique

— // — // — // — // —