

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 DE PROCEDES

EPREUVE :
E2 Etude et conduite des opérations unitaires

DUREE EPREUVE : 4 h COEFFICIENT : 3

DOSSIER CORRIGE

CODE SPECIALITE

0706-IP T

BAC PRO Industries de Procédés	Session : juin 2007	Corrigé
E2 : Etude et conduites des opérations unitaires		
Durée : 4 h	Coefficient : 3	Feuille 1/5

I. Transfert de chaleur

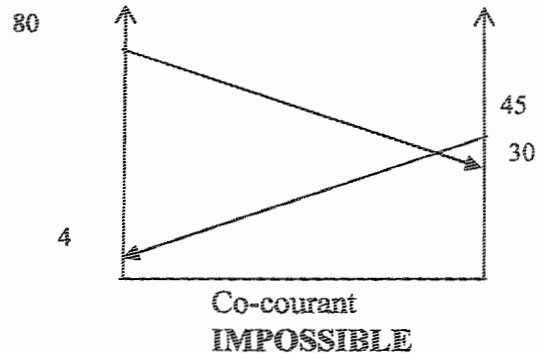
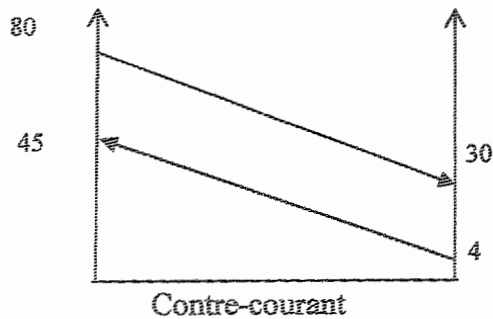
Avant écrémage, le lait est préchauffé de 4 à 45 °C dans un échangeur à plaques par de l'eau entrant à 80 °C et sortant à 30 °C.

1. Calculer le débit d'eau nécessaire pour cette opération sachant que le rendement de l'échangeur est de 85 %. 6 points (3pts+3pts)

$$12 \times 1033 \times 3,978 \times (45-4) = 0,85 \times Q_m \times 4,185 \times (80-30)$$

d'où $Q_m = 11367 \text{ kg/h}$

2. Justifier le sens de circulation des fluides. 3 points (2pts+1pt)



3. Calculer le nombre de plaques de l'échangeur par rapport au flux reçu par le lait. En réalité, il en comporte 20. Préciser et justifier s'il est bien dimensionné. 4 points (1,5pt+1,5pt+1pt)

$$\Phi = K \cdot S \cdot \Delta\theta_{ml}$$

$$\text{d'où } S = \frac{\Phi}{K \cdot \Delta\theta_{ml}}$$

avec : $\Phi = 12 \times 1033 \times 3,978 \times (45-4)/3600 = 561,6 \text{ kW}$

$$K = 1,2 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\Delta\theta_{ml} = \frac{(80-45) - (30-4)}{\ln \frac{80-45}{30-4}} = 30,277 \text{ °C}$$

d'où $S = 15,46 \text{ m}^2$ soit $n = 15,46/1,2 = 13$ plaques

L'échangeur est bien dimensionné car il en comporte plus de 13. Compte tenu du rendement, il est normal que l'échangeur ait plus de plaque.

4. Indiquer l'évolution de K au cours du temps ainsi que son influence sur les paramètres de l'installation. 1,5 points

K va baisser au cours du temps. L'échange se faisant moins bien, la température de sortie du lait sera plus faible et il faudra augmenter le débit d'eau chaude.

5. Justifier le choix d'un échangeur à plaques par rapport à un échangeur tubulaire. 1,5 points

Encombrement réduit.

Surface d'échange facilement modifiable par changement du nombre de plaques.

BAC PRO Industries de Procédés	Session : juin 2007	Corrigé
E2 : Etude et conduites des opérations unitaires		

II. Mécanique des fluides

La pasteurisation est une opération continue, il est donc possible de faire fonctionner l'installation 24h/24.

L'objectif de l'étude consiste dans un premier temps à dimensionner la pompe. Dans un deuxième temps il s'agira de calculer la consommation électrique de cette pompe en 24h.

L'installation est décrite sur le schéma dans le dossier ressources. La pasteurisation a lieu dans l'échangeur de chaleur.

1. Calculer la hauteur manométrique totale (HMT) à fournir par la pompe. 9 points (1,5 pt par calcul)

On peut d'abord calculer la $u_m = 4.Q_m / (\rho \pi D^2) = 4.20000 / (1050.3,14.0,05^2.3600) = 2,69$ m/s

Pour utiliser le diagramme de Moody, il faut calculer le

$Re = 4.Q_m / (\mu \pi D) = 4.20000 / (0,0212.3,14.0,05.3600) = 6673$

Déterminons le facteur de friction. $E/D = 0,0004$ et $Re = 6673$ d'où sur l'abaque $f = 0,036$

Il faut maintenant traduire les singularités du réseau en longueur équivalente de tuyauterie par lecture de l'abaque :

Elargissement : 1,0 mcl

4 coudes : $4 \times 1,4$ m = 5,6 mcl

2 vannes : $2 \times 0,35$ m = 0,70 mcl

Rétrécissement : 0,6 mcl

On ajoute à ces longueurs équivalentes, les longueurs droites de tuyaux, on trouve au total 73,9 m

Le calcul des pertes de charge est maintenant possible :

$J = 0,036.2,69^2.73,9 / (2.9,81.0,05) = 19,6$ mcl

Il faut ajouter les pertes de charge dans l'échangeur de pasteurisation : 8,3 m, et applique la formule de Bernouilli :

$H_{mt} = -2 + 2,69^2 / (2.9,81) + 19,6 + 8,3 = 26,26$ mcl

On arrondi se résultat à 27mcl

2. Choisir la pompe appropriée dans la documentation jointe dans le dossier ressources. 2 points pompe n°1

3. Calculer la puissance électrique à fournir à la pompe sachant que le rendement global de la pompe est de 75%. 5 points (2,5 pts+2,5 pts)

$P_u = 20000.9,81.27 / 3600 = 1471,5$ W

Puissance électrique = $1471,5 / 0,75 = 1962$ W

4. Calculer la consommation d'électricité journalière en kWh. 5 points (2,5 pts+2,5 pts)

on multiplie le puissance par le temps : $1962.24.3600 = 1,7 \cdot 10^8$ J

en kWh cela donne 47 kWh et un coût journalier de 3,6 euros.

BAC PRO Industries de Procédés	Session : juin 2007	Corrigé
E2 : Etude et conduites des opérations unitaires		

III. La centrifugation

Partie calcul

Remplir le tableau suivant. (Arrondir à 2 chiffres après la virgule) 3 points (0,5 pt pour 2 cases)

Coté ALIMENTATION A	Débit massique kg/h	Titre massique en %
Crème	15,9	53
Lait écrémé	14,10	47
TOTAL	30 kg/h	100

Coté LOURD L	Débit massique kg/h	Titre massique en %
Crème	3,90	39
Lait écrémé	6,10	61
TOTAL	10	100

Centrifugation

Bilan partiel en crème :

$$A \cdot x_A = L \cdot x_L + l \cdot x_l$$

Bilan global :

$$A = L + l \text{ et } L = A - l = 30 - l$$

2 équations à 2 inconnues :

$$30 \cdot 0,21 = (30 - l) \cdot 0,12 + l \cdot 0,85$$

d'où $l = 23,84 \text{ kg/h}$ et $L = 6,16 \text{ kg/h}$

Coté LEGER l	Débit massique kg/h	Titre massique en %
Crème	12	60
Lait écrémé	8	40
TOTAL	20	100

Tableau de variation

En tenant du descriptif du centrifugeur situé dans le dossier ressources, indiquer par des flèches la variation des paramètres indiqués dans le tableau. 6 points (1,5 pts par ligne)

	Nombre d'assiette	Vitesse de rotation en tr/min	Débit de sortie coté crème (léger) en kg/h	Débit de sortie coté lait (lourd) en kg/h	Titre massique en crème coté léger en %	Titre massique en crème en alimentation en %
Cas N°1	10	3000	20	10	60%	53%
Cas N°2	→	↗	↘	↗	↗	→
Cas N°3	↗	→	↗	↘	↗	↗
Cas N°4	→	↗	↘	↗	→	↗
Cas N°5	↗	→	↘	↗	↗	↘

IV. Régulation

La standardisation s'effectue dans un mélangeur. Suivant les objectifs de la fabrication (lait entier, écrémé ou demi-écrémé), il va être obligatoire de réguler le débit de crème par rapport à celui du lait. Les réglages qui seront étudiés ici concernent la fabrication du lait écrémé.

Sur le schéma de boucle de régulation représenté ci-dessous on observe que pour un débit de lait en augmentation, il faut proportionnellement que le débit de crème augmente. (ex : pour un débit de lait écrémé de 10 m³/h, il va être nécessaire de réguler le débit de crème à 2 m³/h). En conséquence, on remarque la présence d'un diviseur sur cette régulation.




1. Détermination du choix de la vanne et du sens d'action du régulateur. **3 points (1 pt+2 pts)**

En cas de problème sur l'installation, on souhaite ne pas perdre de crème dont la préparation est longue et coûteuse.

Donner le type de vanne préconisé dans ce cas.

FCV est une FMA car la crème ne doit pas être perdue en cas de problème sur l'installation.

Déduire le sens d'action du régulateur en expliquant votre raisonnement pour une augmentation de la grandeur réglée.

Débit de lait écrémé	Grandeur réglante	Signal de sortie du régulateur	Sens d'action du régulateur
			Direct

2. Calculer la valeur du signal de sortie de $FT_{\text{lait écrémé}}$ en échelle normalisée 4-20 mA et 1-5V si le débit de lait écrémé est de 40 m³/h. **3 points (1,5 pt+1,5 pt)**

Echelle lait écrémé : 0 à 100 m³/h

Echelle crème : 0 à 20 m³/h

4-20 mA

$$C = 4 + (20 - 4) \cdot \frac{40 - 0}{100 - 0} = 10,4 \text{ mA}$$

1-5V

$$C = 1 + (5 - 1) \cdot \frac{40 - 0}{100 - 0} = 2,6 \text{ V}$$

3. Donner quelle sera l'évolution de la grandeur réglante pour une variation du débit de lait écrémé. $Q_{\text{lait écrémé}}$ à partir de l'exemple de la question 1. **2 points**

$Q_{\text{crème}}$ augmentera aussi mais sera 5 fois moins important que l'augmentation de Q_{lait} .

4. On décide de régler le régulateur en proportionnelle seule. En fonction des données suivantes, calculer $S=f(t)$ pour $t=2$ et $t=3$. **4 points (2 pts+2 pts)**

Données :

$$S = G \cdot (M - C) + S_0 \quad \text{avec } B_p = 50\%, S_0 = 20\%$$

$G = 100/B_p = 100/50 = 2$	
Pour $t=2$; $S = 2 \cdot (30 - 20) + 20 = 40\%$	Pour $t=3$; $S = 2 \cdot (20 - 20) + 20 = 20\%$

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL INDUSTRIES DE PROCÉDES

EPREUVE : E2 Etude et conduite des opérations unitaires

DUREE EPREUVE : 4 h COEFFICIENT : 3

Barème

I. Transfert de chaleur

1. 6 pts : 3 pts pour formule utilisée et 3 pts pour réponse
1. 3 pts : 2 pts pour graphiques et 1 pt pour la conclusion
2. 4 pts : 1,5 pt pour le calcul de ΔT_{lm} et 1,5 pt pour calcul de S et 1 pt pour conclusion
3. 2,5 pts
4. 2,5 pts

II. Mécanique des fluides

1. 9 pts : 1,5 pt pour chaque calcul de U_m , Re , λ , L_T , J et HMT
2. 2 pts
3. 5 pts : 2,5 points par calcul (P_u et P_a)
4. 5 pts : 2,5 points pour Puissance en kWh et 2,5 point pour le coût

III. Centrifugation

1. 3 pts : 0,5 point pour 2 réponses de juste
2. 6 pts : 1,5 point par ligne exacte et rigoureusement conforme au corrigé

IV. Régulation

1. 3 pts : 1 point pour FMA et 2 points pour le sens du régulateur
2. 3 pts : 1,5 point pour mA et 1,5 point pour V
3. 2 pts
4. 4pts : 2 points pour $t=2$ et 2 points pour $t=3$

CODE SPECIALITE

BAC PRO Industries de Procédés	Session : juin 2007	Barème
E2 : Etude et conduites des opérations unitaires		
Durée : 4 h	Coefficient : 3	