Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro PCEPC, veuillez visiter :
bacpropcepc.fr/annales-sujets-et-corriges

Corrigé du sujet d'examen - Bac Pro PCEPC - E2 - Étude d'un procédé - Session 2013

Correction de l'épreuve E2 : Épreuve Technologique - BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL - SESSION 2013

1. TRANSFERT DE CHALEUR

Cette section traite des calculs liés à la puissance thermique d'un échangeur à chaleur dans le cadre d'un processus industriel.

1.1. Calculer la température de sortie de la liqueur riche en aluminate après son passage dans le premier échangeur E1. (4 pts)

Énoncé : On doit calculer la température de sortie de la liqueur après son passage dans l'échangeur.

Pour cela, on utilise le principe de conservation de l'énergie et la formule suivante :

```
Tsortie = Tin + (Q / (m * Cp))
```

Où :

- **Tin** = Température d'entrée = 103 °C
- **Q** = Puissance thermique de l'échangeur (calculée dans une question ultérieure)
- **m** = Débit massique = 267 kg/h
- **Cp** = Capacité thermique = 3,47 kJ/kg°C

Nous allons donc devoir d'abord calculer Q avant de pouvoir réaliser ce calcul.

Calcul détaillé : En attente de la question 1.2 pour déterminer Q.

1.2. Calculer la puissance thermique de l'échangeur. Exprimer le résultat en W (J/s). (2 pts)

Énoncé : On doit calculer la puissance thermique Q.

On utilise la formule de la puissance :

```
Q = m * Cp * (Tin - Tout)
```

À ce stade, nous devons nous rappeler que **Tout** est la température de sortie que nous devons également déterminer. Supposons initialement que Tout est une valeur à déterminer.

Pour une première approche, on peut estimer que :

```
Q = 267 kg/h * 3,47 kJ/kg°C * (103°C - Tout)
```

Pour 1 heure, soit 3600 secondes, convertissons le débit :

```
267 kg/h = 267/3600 kg/s = 0,0742 kg/s
```

En substituant dans la formule, il nous manque donc Tout pour un calcul précis.

1.3. Profil des températures de l'échangeur fonctionne à contre courant. (2 pts)

Énoncé : Déterminer le profil de température pour un échangeur à contre-courant.

Dans un échangeur à contre courant, le fluide chaud et le fluide froid circulent en sens opposés, permettant un transfert de chaleur optimal. Ainsi, la température de l'eau de lavage au départ est plus élevée en amont et descend en aval, tandis que la liqueur commence plus haut et termine à une température plus basse.

> Profil : Tliqueur (décroissante), T'eau (croissante)

1.4. Calculer l’écart moyen logarithmique : ΔTml. (2 pts)

Énoncé : Déterminer l'écart moyen logarithmique.

L'écart moyen logarithmique se calcule comme suit :

> $\Delta Tml = (\Delta T1 - \Delta T2) / \ln(\Delta T1/\Delta T2)$

Où ΔT1 est la différence de température en amont et ΔT2 en aval :

- ΔT1 = Tliqueur - Téau = 103°C - 73°C = 30°C
- ΔT2 = Tout - Tsortie_eau

Calculons à partir des valeurs estimées dans les questions précédentes.

1.5. Déterminer la surface de l’échangeur E1. (2 pts)

Énoncé : Calculer la surface de l’échangeur à partir des résultats précédents.

Pour cela, nous utilisons la loi de transfert de chaleur de Nusselt :

> $Q = U * A * \Delta Tml$

Où U est le coefficient global de transfert thermique.

Nous aurons besoin de l'expression U pour réaliser un calcul précis.

1.6. Proposition d’explication pour le débit d'eau de lavage constant alors que le débit de liqueur refroidie diminue. (2 pts)

Énoncé : Expliquer le phénomène observé dans le fonctionnement de l'échangeur.

Réponse : La diminution de débit de liqueur refroidie peut être causée par un encrassement des surfaces d’échange thermique, ce qui réduit l’efficience de l’échange et augmente la résistance à l’écoulement.

2. RÉGULATION

Cette section aborde les principes de régulation dans le circuit de refroidissement.

2.1. Nommer la grandeur réglante et la grandeur réglée. (2 pts)

Énoncé : Identifier les grandeurs dans la boucle de régulation.

Réponse : Grandeur réglante = Température de sortie dans la liqueur ; Grandeur réglée = Débit d'eau de lavage des boues

2.2. Citer deux grandeurs perturbatrices de cette boucle de régulation. (2 pts)

Énoncé : Lister les grandeurs perturbatrices.

Réponse : 1. Variation de la température de l'eau de lavage. 2. Changement dans la composition de la liqueur entrante.

2.3. Déterminer le sens d'action du régulateur. (2 pts)

Énoncé : Compléter le tableau avec le sens d’action du régulateur pour une vanne FMA.

Entrée du régulateur	Type de vanne	La vanne s’ouvre ou se ferme ?	Sens d’action du régulateur TC
Température sortie liqueur baisse	FMA	S’ouvre	Inverse

Réponse : La vanne s’ouvre si la température de la liqueur sortante diminue, permettant ainsi un débit d’eau plus important pour compensation.

2.4. Réaction de la boucle de régulation en complétant le tableau. (3 pts)

Énoncé : Décrire les réactions de la boucle selon les perturbations.

Perturbation	Effet sur la grandeur réglée	Action du régulateur sur la vanne FMA
Baisse T° liqueur entrante	Augmentation débit de lavage	Ouvre pour augmenter le débit d'eau
Augmentation débit liqueur entrante	Diminue la T° de sortie	Ferme pour diminuer le débit d'eau

2.5. Proposition d'amélioration pour contrôler le débit d'entrée de la liqueur riche en aluminate avec diagramme. (3 pts)

Énoncé : Suggérer une amélioration et présenter le schéma.

Proposition : Installer un capteur de débit afin de réguler automatiquement le débit d'entrée basé sur la température de la liqueur, en se représentant la boucle régulatrice.

> [Schéma à dessiner] : Capteur > Régulateur > Vanne d'entrée liqueur

3. CRISTALLISATION

Section dédiée aux facteurs influençant la cristallisation et la productivité.

Compléter le tableau suivant en cochant la case correspondante : (6 pts)

Énoncé : Identifier l’effet de divers paramètres sur la productivité.

Hypothèse	Augmente la productivité	Diminue la productivité
Hausse T° liqueur entrante	☑	☐
Augmenter refroidissement	☐	☑
Augmenter concentration alumine	☑	☐
Augmenter quantité d’amorce	☑	☐
Diminuer temps de séjour	☐	☑
Augmenter pureté liqueur entrante	☑	☐

4. DYNAMIQUE DES FLUIDES

Analyse des fluides dans le circuit de filtration.

4.1. Calculer le nombre de Reynolds. (3 pts)

Énoncé : Déterminer le nombre de Reynolds pour les caractéristiques données.

$$Re = (\rho * QV * D) / \mu$$

Données :

- ρ = 1451 kg/m3
- QV = 330 m3/h = 330/3600 m3/s ≈ 0.0917 m3/s
- D = 0.2 m
- μ = 0,1683 Pa.s

Calcul détaillé : Re = (1451 * 0.0917 * 0.2) / 0.1683.

4.2. Déterminer le régime d'écoulement. (1 pt)

Énoncé : Identifier le régime d'écoulement en fonction du nombre de Reynolds calculé.

Réponse : Si Re < 2000, alors écoulement laminaire ; si Re > 4000, alors écoulement turbulent.

4.3. Déterminer les longueurs équivalentes aux accidents du circuit (2 pts).

Énoncé : Calcul de la longueur équivalente (Leq) pour le circuit à partir des accessoires.

Utiliser Annexe 2 pour les longueurs équivalentes des accessoires :

$$Leq = \text{somme des longueurs équivalentes des coudes et accessoires}$$

4.4. Rugosité relative et coefficient de perte de charge λ. (4 pts)

Énoncé : Déterminer λ et les pertes de charge totales.

Utiliser les données de rugosité de l'Annexe 4, le calcul de λ se fait par :

$$\lambda = f(Re) \text{ où } f \text{ est extrait du diagramme de Moody.}$$

Perte de charge : $\Delta P = \lambda * (L/D) * (\rho * v^2)/2$

4.5. Calculer la hauteur manométrique du réseau. (3 pts)

Pour cette question, nous devons prendre en compte toutes les pertes de charges identifiées :

$$H = z + (\Delta P / (\rho * g))$$

4.6. Calculer la puissance hydraulique P de la pompe. (2 pts)

Énoncé : Calcul de la puissance hydraulique nécessaire à la pompe.

$$P = \rho * g * Q * H$$

Convertir les unités si nécessaire pour donner le résultat en W.

4.7. La pompe est-elle montée en charge ou en aspiration. Pourquoi ? (1 pt)

Énoncé : Déterminer la configuration de la pompe.

Réponse : La pompe est montée en charge, car elle doit fournir la pression nécessaire pour surmonter la différence de pression entre l'entrée et la sortie.

5. BILAN MATIÈRE

Cette section aborde le bilan matière lors de la concentration de la solution de soude.

5.1. Surligner le circuit de solution de soude. (2 pts)

Énoncé : Identifier les circuits dans le diagramme fourni.

Réponse : [Diagramme à surligner].

5.2. Expliquer la circulation de la solution sans pompe. (2 pts)

Réponse : La circulation est assurée par la différence de pression générée par l'évaporation et condensation de la vapeur.

5.3. Évolution des paramètres lors de dysfonctionnements. (3 pts)

Compléter le tableau :

Dysfonctionnement	Température d’ébullition	Débit des vapeurs	Teneur solution de soude
Baisse pression évaporateur 1	→	↓	→

5.4. Calcul des débits dans les évaporateurs. (4 pts)

Énoncé : Compléter le tableau des débits.

Débit entrant évaporateur 1 (A1)	0,15 t/h = ...
Débit sortant concentrât B1 (19.5 %)	à déterminer
Entrants successive (Jusqu'au 4ème évaporateur)	[Valeurs calculées]

5.5. Calculer la pression des vapeurs dans l’évaporateur 1. (1 pt)

Énonce : Utiliser la relation de Duperray.

```
P = (T / 100) ^ 4
```

Pour T = 118,9°C à convertir en bar.

Méthodologie et conseils

- Lire attentivement chaque question pour éviter des erreurs d'interprétation.
- Organiser les calculs étape par étape et montrer toutes les démarches pour maximiser les points.
- Utiliser des unités cohérentes tout au long des calculs : ne pas oublier les conversions quand cela est nécessaire.
- Prendre le temps de analyser chaque composant du circuit dans le choix de réponses et justifier les décisions.
- Prévoir du temps à la fin de l'épreuve pour relire et corriger les calculs en cas de besoin.

© FormaV EI. Tous droits réservés.

Propriété exclusive de FormaV. Toute reproduction ou diffusion interdite sans autorisation.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.