

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2019

Toute documentation permise
Calculatrice : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

Examen 16-CH-A2
Opérations unitaires et procédés de séparation

Cet examen comporte 5 questions.

Questions	Pondération	Note obtenue
1. Questions en rafale sur les opérations unitaires	20 points	
2. Hauteur d'huile dans un réservoir	15 points	
3. Séparation d'un mélange benzène/toluène	20 points	
4. Extraction de l'acide acétique	20 points	
5. Installation d'une pompe	25 points	
Total	100 points	

1. Questions en rafale sur les opérations unitaires (20 points)

A) Un fluide newtonien à faible viscosité s'écoule dans une conduite en acier commercial de 4 po de diamètre Schedule 40. Une vanne globe (« globe valve ») est installée dans cette conduite. **(8 points)**

Pour chacune des 4 questions ci-dessous, déterminez si le paramètre *Diminue, Augmente* ou *Ne change pas*. Si vous n'avez pas suffisamment d'informations pour répondre, précisez-le. **Justifiez chacune de vos réponses.**

- i. Qu'arrive-t-il à la vitesse moyenne d'écoulement si la conduite est remplacée par une de 4 po Schedule 80 ?
- ii. Qu'arrive-t-il à la perte de charge si la vanne globe est remplacée par une vanne porte complètement ouverte de même dimension ?
- iii. Qu'arrive-t-il au coefficient de perte de charge (K) de la vanne globe si la viscosité du fluide augmente ?
- iv. Qu'arrive-t-il à la perte de charge lorsqu'avec le temps, l'encrassement se développe à l'intérieur de la conduite ?

B) Déterminez si chacun des énoncés suivants est vrai ou faux. Si un énoncé est faux, corrigez-le pour qu'il devienne vrai. **(4 points)**

- i. Un condenseur partiel soutire plus d'énergie qu'un condenseur total.
- ii. Le réseau hydraulique en tête d'une colonne à distiller est généralement isolé.
- iii. Le débit de vapeur \bar{V} dans une colonne à distiller est différent du débit de vapeur \bar{V} lorsque l'alimentation est un mélange liquide/vapeur.
- iv. L'augmentation de la pression d'opération dans une colonne à distiller rend la séparation plus difficile à effectuer.

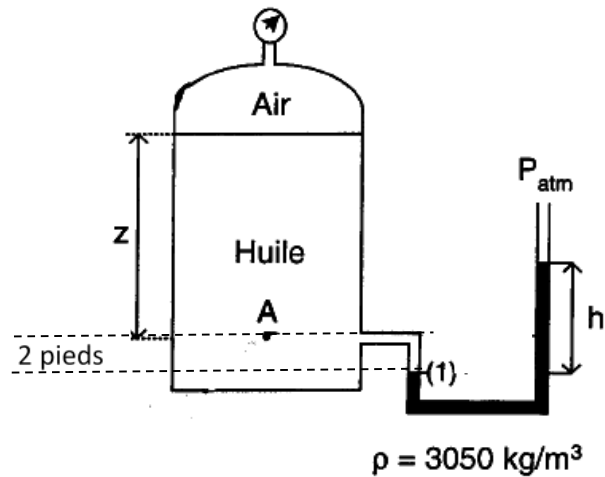
C) Les questions suivantes portent sur l'absorption d'un gaz grâce à un solvant liquide. **(8 points)**

- i. Quelle est l'utilité du garnissage dans une colonne d'absorption ?
- ii. Pourquoi peut-il être nécessaire d'utiliser un redistributeur de liquide à l'intérieur d'une colonne à garnissage ?
- iii. Pour favoriser l'absorption du gaz, devrait-on utiliser une pression d'opération faible ou élevée ? Justifiez votre réponse.
- iv. Pour favoriser l'absorption du gaz, devrait-on utiliser une température d'opération faible ou élevée ? Justifiez votre réponse.

2. Hauteur d'huile dans un réservoir (15 points)

Un manomètre est lié à un réservoir fermé contenant de l'huile ($\rho = 865 \text{ kg/m}^3$) tel qu'illustré ci-dessous. La pression de l'air à l'intérieur du réservoir est de 0,50 psig et au point A, elle est de 2 psig. Déterminez la hauteur d'huile dans le réservoir (z) et la valeur de h lue sur le manomètre.

Rappel : $101\,325 \text{ Pa} = 14,696 \text{ psi}$



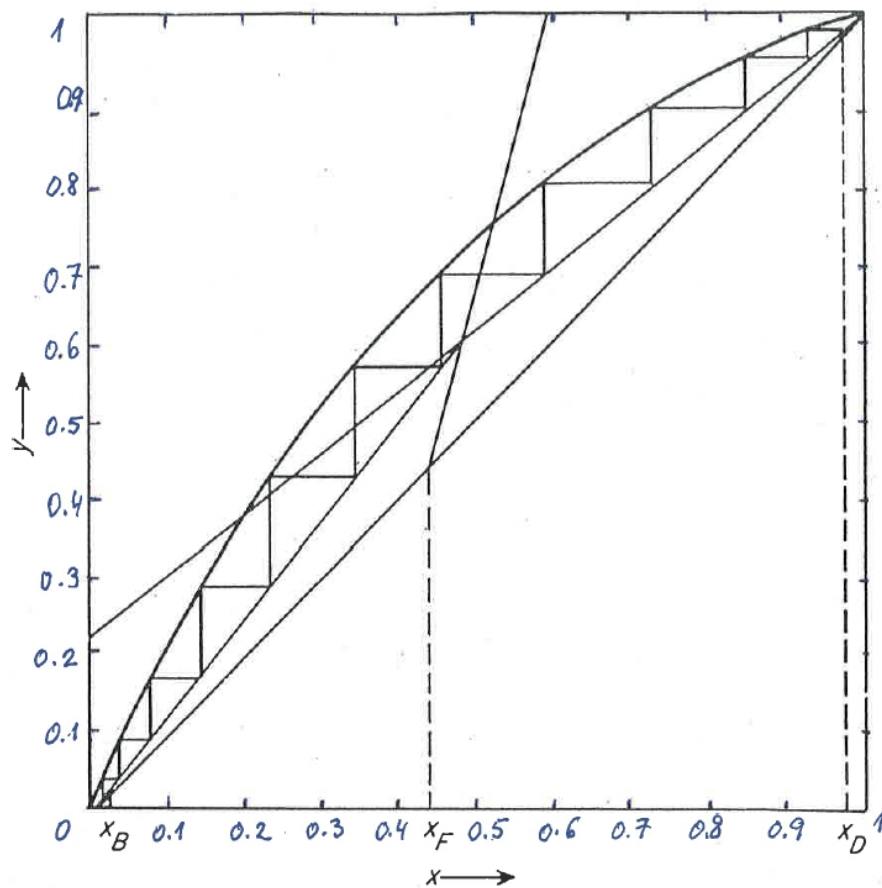
3. Séparation d'un mélange benzène/toluène (20 points)

Par une distillation, on doit séparer 30 000 kg/h d'un mélange benzène/toluène. La teneur en benzène dans l'alimentation est de 44% molaire. Le distillat doit contenir 97% molaire de benzène et le résidu 2% molaire de benzène. La méthode Mc-Cabe-Thiele a alors été utilisée afin d'obtenir le graphique suivant.

Suite à des calculs clairement présentés, reproduisez et remplissez le tableau suivant dans votre cahier de réponses.

$M_{\text{benzène}} = 78 \text{ kg/kmol}$

$M_{\text{toluène}} = 92 \text{ kg/kmol}$



F =	kmol/h	Taux de reflux =
D =	kmol/h	Taux de rebouillage =
B =	kmol/h	$R_{\min} =$
L =	kmol/h	$R/R_{\min} =$
$\bar{L} =$	kmol/h	$N_{\min} =$
V =	kmol/h	N de la colonne =
$\bar{V} =$	kmol/h	

4. Extraction de l'acide acétique (20 points)

Dans une usine agroalimentaire, on a accumulé 1000 kg d'une solution contenant 40% massique d'acide acétique dans l'eau. On désire utiliser un procédé d'extraction liquide-liquide pour séparer l'acide acétique de l'eau, utilisant de l'éther isopropylique pur comme solvant. Pour obtenir un raffinat avec seulement 7% massique d'acide acétique, on vous demande de terminer les calculs commencés et représentés sur la figure ci-dessous.

- A) Calculez la quantité de solvant nécessaire pour effectuer l'extraction. (5 points)
- B) Déterminez le nombre d'étages théoriques. (5 points)
- C) Déterminez la composition et la quantité d'extraît et de raffinat. (5 points)
- D) Calculez le rapport S/S_{\min} . (5 points)

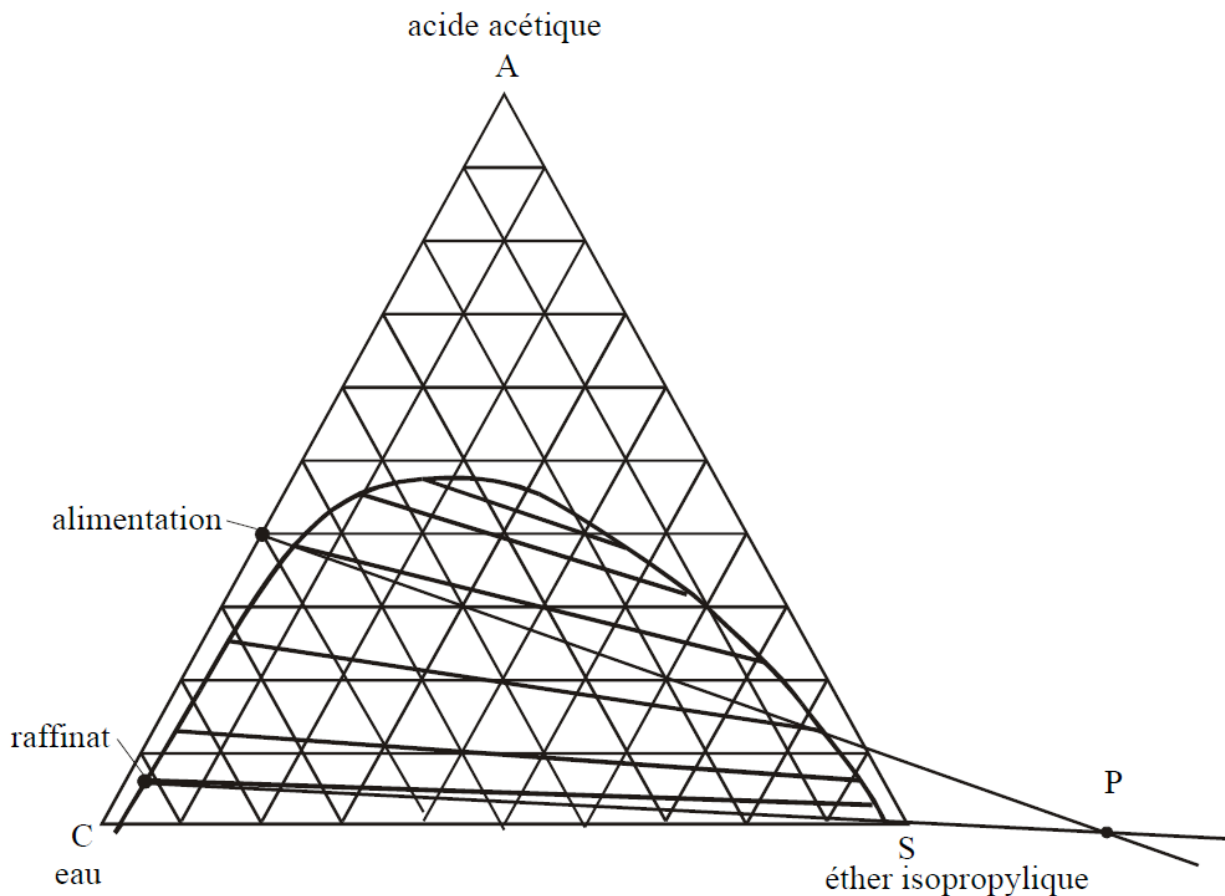


Figure 1 – Diagramme ternaire eau/acide acétique/éther isopropylique (en fractions massiques)

INSÉREZ CETTE PAGE DANS VOTRE CAHIER DE RÉPONSES.

5. Installation d'une pompe (25 points)

Vous désirez installer une nouvelle pompe dans un réseau hydraulique servant à transporter de l'eau entre deux réservoirs. L'eau est à 20°C (tension de vapeur de 2337 Pa et viscosité de 0,001 Pa.s).

La zone d'aspiration de la pompe a une longueur de 17m de tuyauterie et le diamètre de la conduite est de 150 mm. La zone d'aspiration possède un seul coude à 90° ($K = 0,24$) et une vanne globe ($L_{eq} = 4$ m).

La zone de refoulement après la pompe a une longueur de 42m de tuyauterie et le diamètre de la conduite est de 150 mm. La zone de refoulement possède deux coudes à 90° ($K = 0,24$) et une vanne globe ($L_{eq} = 4$ m). De plus, une vanne de type swing check ($L_{eq} = 4$ m) est installée.

Le réseau hydraulique est représenté ci-dessous.

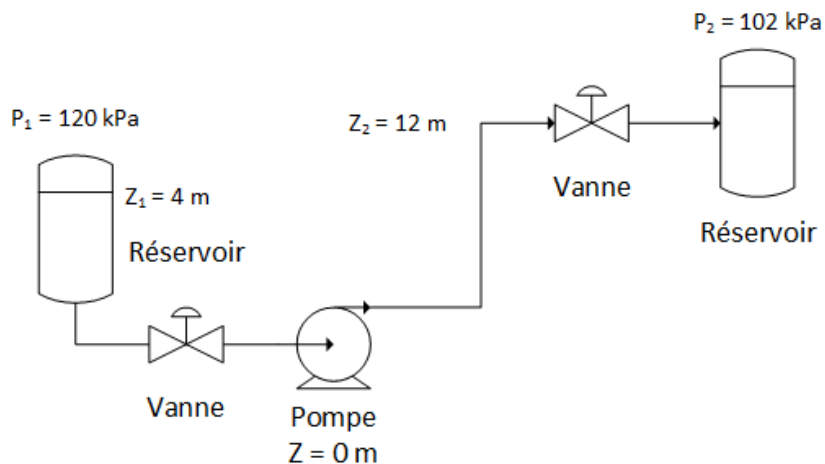


Figure 2 – Réseau hydraulique

- A) Calculez le nombre de Reynolds dans la conduite si l'on doit pomper un débit d'eau de 7200 m³/jour. **(6 points)**
- B) Calculez la charge développée (ΔH) que devrait avoir la pompe en assumant que le facteur de friction dans les conduites vaut $f_m = 0,016$. **(10 points)**
- C) Calculez la valeur du NPSHA en mètres. **(9 points)**