

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2012

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

04-CHIM-A3-OPERTIONS DE TRANSFERT DE MATIÈRES

Question #1 – Distillation

Par une distillation à pression atmosphérique on doit récupérer l'éthanol qui se trouve dans une solution aqueuse contenant 20% mol. d'éthanol. L'alimentation dont le débit est de 236 kg/h est introduite dans la colonne au point de bulle. Le distillat ne peut contenir plus que 20% mol. d'eau. Le résidu ne peut contenir plus que 5% mol. d'éthanol. La colonne est équipée d'un condenseur total et d'un rebouilleur partiel. Pour la distillation on doit utiliser un taux de reflux $R=3R_{min}$.

Déterminer à l'aide de la méthode McCabe-Thiele :

- (12 pts) a) le nombre d'étages théoriques nécessaires pour obtenir la séparation désirée;
- (2 pts) b) la position optimale pour l'alimentation de la colonne.

Les données d'équilibre sont présentées à la fin de l'examen.

Question #2 – Distillation

Par une distillation a pression atmosphérique on doit récupérer 80% de la quantité d'éthanol qui se trouve dans une solution aqueuse contenant 20% mol. d'éthanol. L'alimentation dont le débit est 10kmol/h est introduite dans la colonne au point de bulle. Le débit de distillat doit être de 2kmol/h. La colonne est équipée d'un condenseur total et d'un rebouilleur partiel. Pour la distillation on doit utiliser un taux de reflux $R=3R_{min}$.

Déterminer :

- (2 pts) a) le débit et la composition (en fraction molaire) du résidu;
- (12 pts) b) à l'aide de la méthode FUG (Fenske – Underwood – Gilliland) le nombre d'étages théoriques de la colonne.

Les données d'équilibre sont présentées à la fin de l'examen.

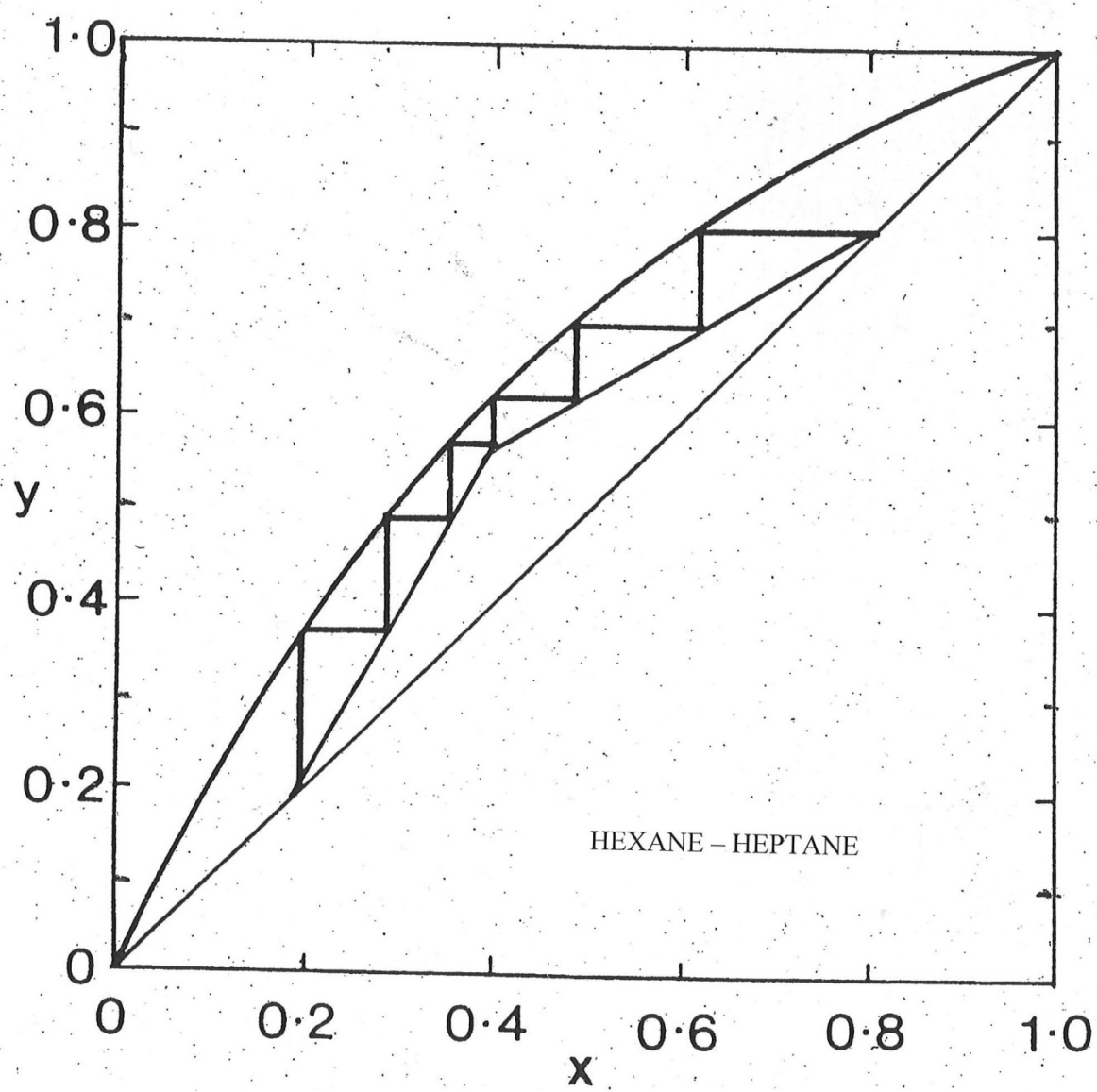
Question #3 – Équilibre

La figure ci-jointe représente des résultats pour la distillation du mélange binaire : hexane-heptane à 1 atm. La colonne doit être équipée d'un condenseur total et d'un rebouilleur partiel.

Déterminer :

- (5 pts) a) la température de la vapeur qui entre dans le condenseur total;
- (5 pts) b) la température dans le rebouilleur partiel;
- (2 pts) c) le nombre d'étages théoriques que devra avoir **la colonne**.

L'abaque des K_i se trouve à la fin de l'examen.



Question #4 – Absorption

De l'air contenant 1.4% mol. de SO_2 est mis en contact dans une colonne d'absorption à garnissage, avec de l'eau contenant déjà 0.005% mol. de SO_2 . Le débit total du gaz (air avec le SO_2) est de 50 mol./s. L'air à la sortie de la colonne d'absorption doit contenir seulement 0.4%/mol. de SO_2 . La courbe d'équilibre pour le système : air – SO_2 – eau est représentée par $y=40x$.

Déterminer :

- (5 pts) a) le débit minimal d'eau, L_{min} ;
- (6 pts) b) le nombre d'unité de transfert NOG pour un débit d'eau : $L=1.4L_{min}$;
- (5 pts) c) le nombre d'étages théoriques par la méthode des groupes (méthode de Kremser)
pour le même débit d'eau : $L=1.4L_{min}$.

Question #5 – Diffusion

Avant d'acheter une piscine à ciel ouvert il est raisonnable d'estimer le coût que représentent les pertes d'eau par évaporation. Pour les conditions d'une journée très chaude on doit estimer les pertes d'eau d'une piscine circulaire de 5m de diamètre. La température moyenne de l'eau est 20°C. La température moyenne de l'air est de 25°C avec une humidité correspondant à une température de rosée de 10°C. En considérant que la couche stagnante de gaz au-dessus du niveau de l'eau est de 2 cm et reste constante.

Déterminer :

- (10 pts) a) le flux molaire dû à l'évaporation;
- (2 pts) b) les pertes d'eau en litre pour une période de 24h (une journée).

Remarque : $D_{\text{H}_2\text{O} - \text{air}} = 0.256 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Question #6 – Extraction liquide-liquide

Le mélange d'éther isopropylique et d'acide acétique doit être extrait avec de l'eau afin de récupérer l'acide acétique. Le mélange contient 50% massique d'acide acétique.

Lors d'une première extraction on met en contact 36kg de mélange avec 50 kg d'eau.

Déterminer à l'aide du diagramme ternaire:

(8 pts) a) les quantités d'extrait et de raffinat ainsi que leur composition.

Lors de la seconde extraction on met en contact le raffinat obtenu de la première extraction avec 10 kg d'eau.

Déterminer à l'aide du diagramme ternaire :

(8 pts) b) la concentration en acide dans le nouveau raffinat.

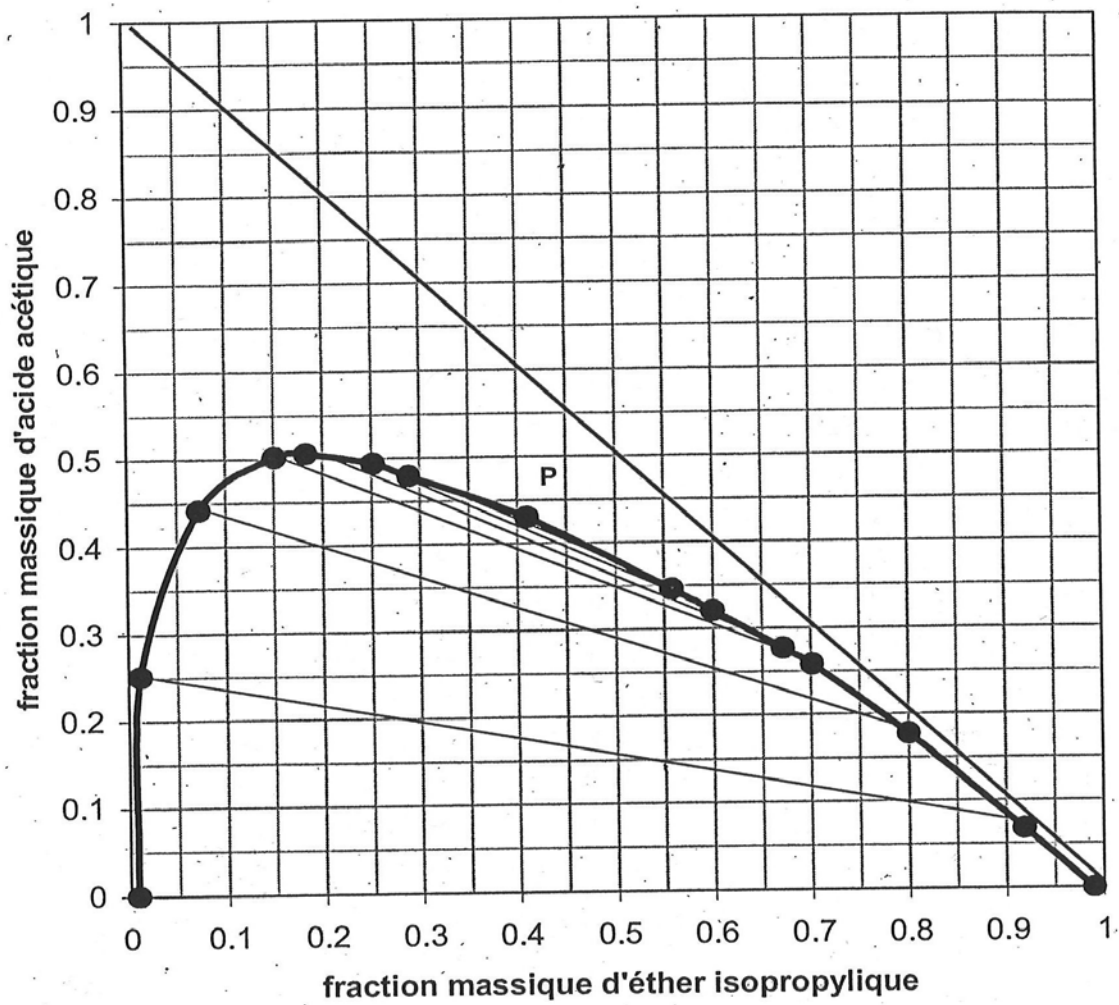


Diagramme ternaire pour le système éther isopropylique- eau- acide acétique à 25 °C et 1 atm

Question #7 – Humidité

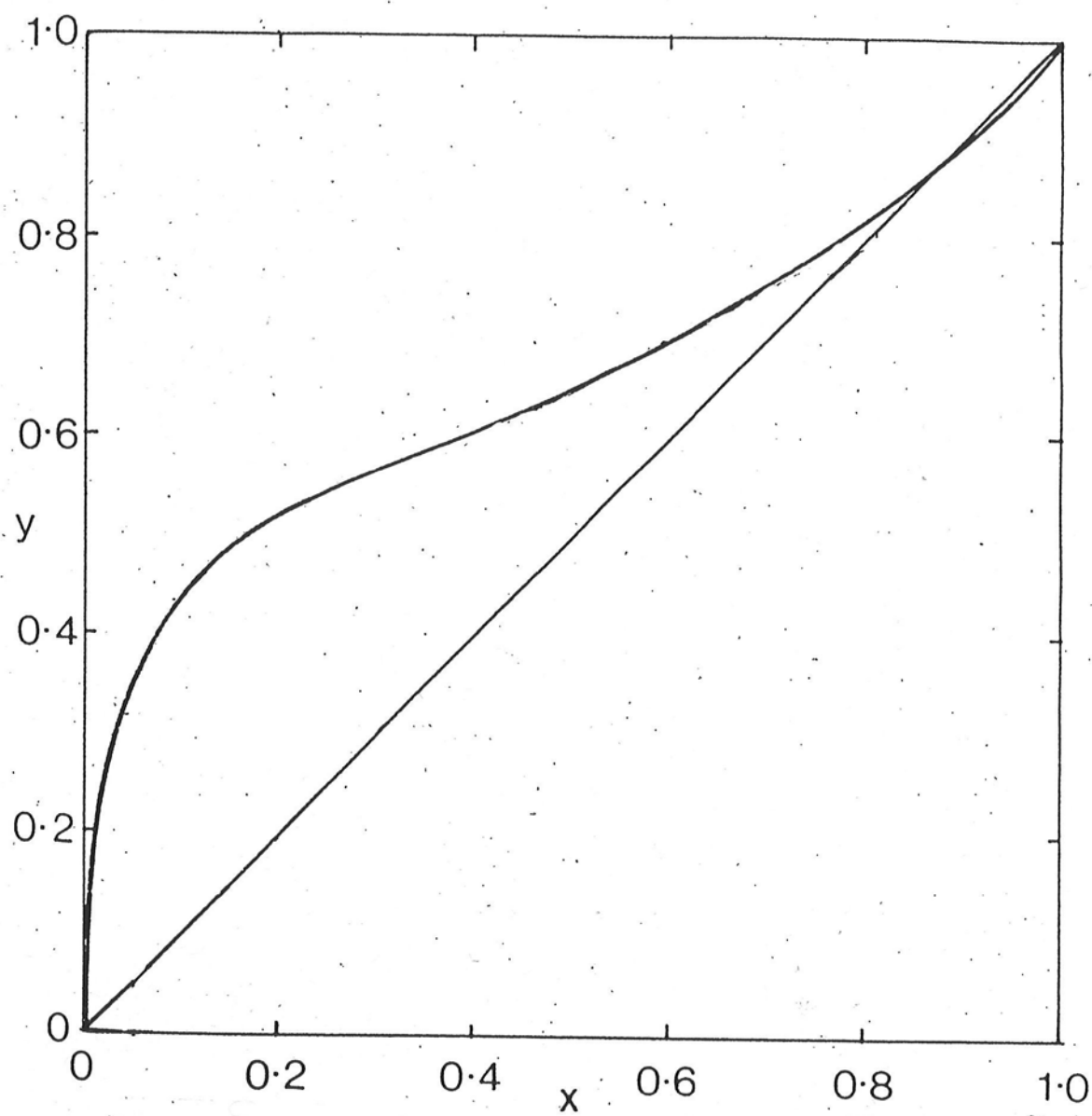
On doit concevoir un système pour éliminer l'humidité de l'air par adsorption sur le CaSO_4 . L'air complètement sec est destiné pour une pièce avec des appareils scientifiques. L'air humide que l'on doit assécher est caractérisé par :

- température sèche : 36°C
- température humide : 21°C

Déterminer :

- (4 pts)** a) l'humidité absolue de l'air avant le traitement;
- (2 pts)** b) le pourcentage d'humidité de l'air avant le traitement;
- (4 pts)** c) le volume humide de l'air avant le traitement;
- (6 pts)** d) la quantité de solide CaSO_4 qu'il faudra pour adsorber l'humidité durant 24h si le solide passe de CaSO_4 à $\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ et si la quantité d'air sec à produire est $1\text{m}^3(\text{TPN})/\text{min}$.

La charte psychrométrique est présentée à la fin de l'examen.



Ethanol - Water ; $P = 101.3 \text{ kPa}$

Psychrometric chart for air-water vapor, 1 std atm abs, in SI units.

(a)

