

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2019

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

Total : 20 pts

**16-CH-A1 BILAN DES TRANSFORMATIONS ET THERMODYNAMIQUE
CHIMIQUE**

(3 pts) 1. Air conditionné

L'air, à l'origine à 39 ° C et à 60% d'humidité, est conditionné en passant dans un refroidisseur d'où il ressort à 16 ° C, puis dans un échangeur de chaleur d'où il ressort à 25 ° C.

- a) Quelle est la température humide et la teneur en humidité de l'air d'origine?
- b) Quelle est la température humide et l'humidité relative de l'air conditionné?
- c) Quel est le débit d'eau (kg/h) qui doit être enlevée si 300 m³/min d'air sont alimentés?

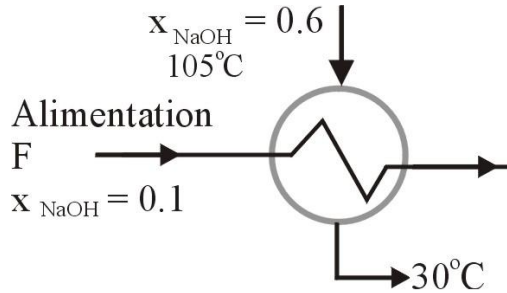
4 pts 2. Compression de l'azote

Cinq moles d'azote subissent une compression quasi statique dans un système piston-cylindre sans frottement, de l'état initial à $P_1 = 100$ kPa et $T_1 = 88$ °C jusqu'à l'état final, $P_2 = 300$ kPa et $T_2 = 88$ °C. Initialement, le système est chauffé à volume constant pour atteindre la pression finale, puis refroidi à pression constante. Vous pouvez considérer l'azote, N₂, comme un gaz parfait.

- a) Illustrer le procédé sur un diagramme P - v .
- b) Calculer les quantités suivantes: w_{12} , q_{12} , Δu et Δh (J/g).
- c) Calculer la variation de l'entropie du système et justifier la réponse.

4 pts 3. Refroidissement de la soude caustique

Dans un processus industriel, on refroidit la soude caustique en solution aqueuse contenant 60 % mass NaOH de la température de 105 °C à 30 °C, à l'aide d'un échangeur de chaleur qui permet de réchauffer l'alimentation tel qu'illustré au schéma suivant.



Utilisant la figure 2 annexée et sur la base de 1 kg pour le courant à $x_{\text{NaOH}} = 0.60$, déterminer:

- La fraction de NaOH solide et la composition du courant sortant à 30 °C.
- L'échange chaleur durant le procédé en supposant que l'enthalpie du NaOH solide est : $h_{\text{NaOH(solide)}} = 1065 + 3.20(T - T_{\text{ref}})$ [=]kJ/kg avec $T_{\text{ref}} = 20^\circ\text{C}$.

3 pts 4. Variation de la pression du CO₂

À -90°C, la tension de vapeur du CO₂ et sa chaleur de sublimation sont:

$$P_{\text{sat}} = 38.1 \text{ kPa}$$

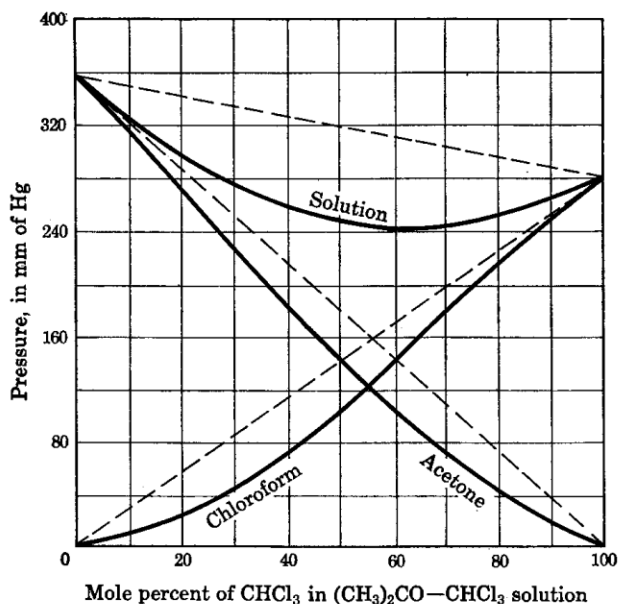
$$h_{\text{ig}} = 574.5 \text{ kJ / kg}$$

$$\text{et la constante du gaz du CO}_2, R = 0.1889 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K}$$

Utilisant ces données et une relation thermodynamique bien connue, estimer sa tension de vapeur à 100 K (indiquer clairement les hypothèses requises).

3 pts 5. Équilibre liquide-vapeur de solutions acétone/chloroforme

Le diagramme pression-composition à l'équilibre pour le système acétone/chloroforme à 35 °C est présenté à la figure suivante.

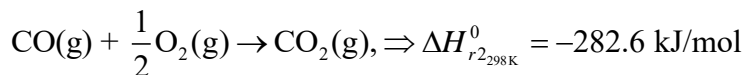


**Diagramme pression-composition à l'équilibre pour le système
acétone/chloroforme à 35 °C**

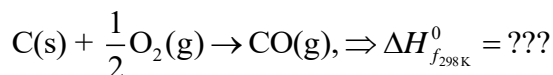
- Utilisant cette figure, déterminer la tension de vapeur et alors la fugacité de l'acétone pure à son état standard à 35 °C, f_{acetone}^0 [=] mm Hg.
- Calculer l'activité et le coefficient d'activité de l'acétone dans une solution contenant 50 % mol d'acétone (mentionner les hypothèses requises) et comparer aux résultats d'une solution idéale.

3 pts 6. Enthalpie standard de formation du CO

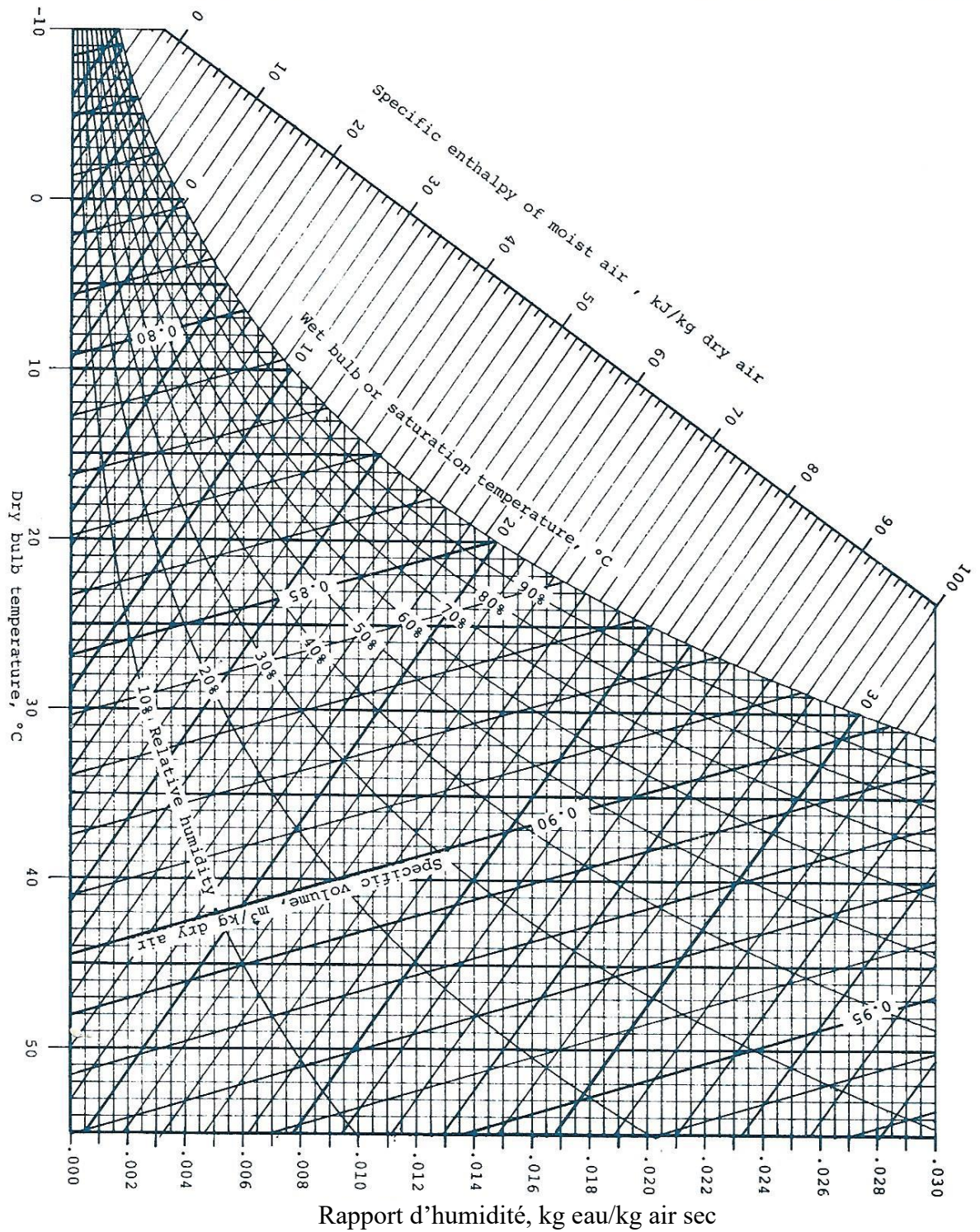
L'enthalpie de formation du CO ne peut pas être directement mesurée. Cependant, elle peut être déterminée à l'aide des deux réactions suivantes:



- Utilisant un chemin thermodynamique indirect, déterminer l'enthalpie standard de formation du CO :



- Expliquer en quelques mots pourquoi c'est impossible de mesurer l'enthalpie standard de formation du CO.



Rapport d'humidité, kg eau/kg air sec

Figure 1. Diagramme psychrométrique

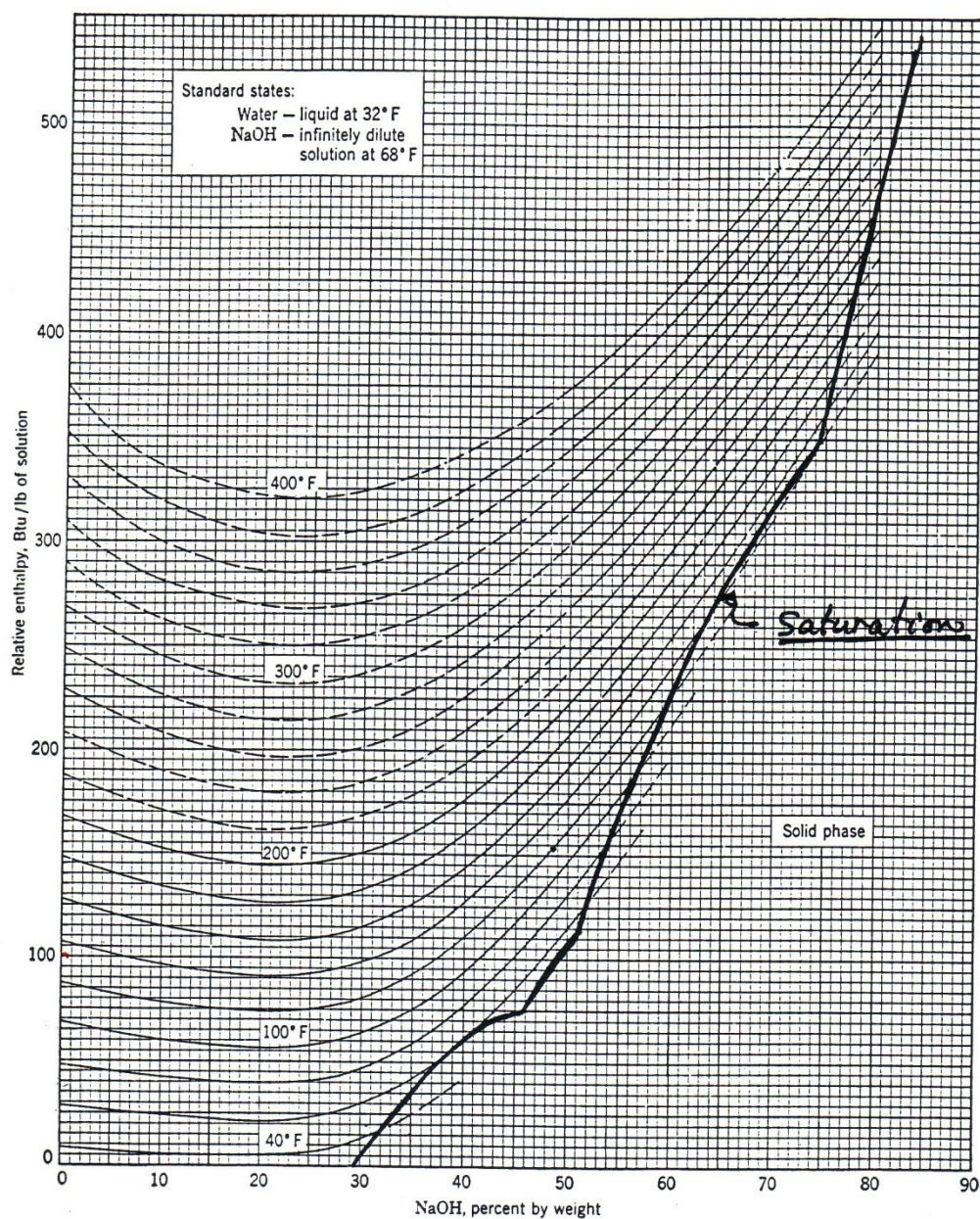


Figure 2. Diagramme enthalpie-concentration de solutions aqueuses de NaOH

$$1 \text{ BTU/lb}_m = 2.32 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{N.B. } (x^\circ\text{F} - 32.2) \frac{5}{9} = y(^{\circ}\text{C})$$