

BTS FEE 2012 : THERMODYNAMIQUE

Refroidissement d'une saumure

Afin de refroidir une saumure on utilise une machine frigorifique dont le fluide est l'ammoniac R717.

L'allure du cycle thermodynamique dans le diagramme ($\log(P)$, h), subi par un kilogramme d'ammoniac est représentée figure 1, sur l'annexe A (à rendre avec la copie). P est la pression absolue et h l'enthalpie massique du fluide.

La transformation AB est réversible.

Description du cycle :

Au point A, à la sortie de l'évaporateur, la vapeur saturante est sèche.

Le fluide subit :

- ✖ une compression isentropique AB (représentée par un segment de droite pour simplifier sur le cycle) ;
- ✖ un refroidissement isobare de la vapeur BC ;
- ✖ une condensation complète CD ;
- ✖ une détente isenthalpique DE ;
- ✖ une vaporisation EA de la phase liquide présente au point E.

Rappel : sous la courbe de saturation, isotherme et isobare sont confondues.

Le tableau figure 2 de l'annexe (à rendre avec la copie) est partiellement rempli.

1° question : Au regard du cycle (figure 1 – annexe), de sa description et du rappel ci-dessus, compléter, sans justifier, les dix cases manquantes du tableau (figure 2 de l'annexe A).

L'état du fluide pour la dernière ligne du tableau sera noté :

L pour l'état liquide, v pour l'état vapeur, L + v pour un état diphasé liquide et vapeur.

2° question : En utilisant les valeurs numériques indiquées dans ce tableau (figure 2), montrer que la température au point B vaut $T_B = 350$ K.

Données :

- ✖ l'ammoniac est considéré *dans cette question* comme un gaz parfait ;
- ✖ pour une telle transformation, on pourra utiliser la relation : $T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{constante}$ avec $\gamma = 1,3$, γ étant le coefficient isentropique de l'ammoniac.

3° question : Vérifier par le calcul que la valeur numérique du travail de transvasement reçu par un kilogramme de fluide lors de la compression isentropique AB vaut $W_{tr} = 191$ kJ.kg⁻¹.

4° question :

a) En s'aidant du tableau (figure 2 de l'annexe A), montrer que la quantité de chaleur reçue par un kilogramme d'ammoniac dans l'évaporateur vaut $Q_{EA} = 1134$ kJ.kg⁻¹.

b) La quantité de chaleur reçue par l'ammoniac doit être de $90,0 \times 10^3$ kJ par heure pendant la phase d'évaporation, EA.

En déduire le débit massique D_m (en kg.h⁻¹) d'ammoniac nécessaire pour assurer le refroidissement de la saumure, pendant cette phase (EA).

c) Calculer la puissance théorique absorbée P_{co} par le compresseur.

d) Définir le coefficient de performance (COP) de cette machine et montrer qu'il vaut environ $\eta = 5,9$.

5° question : Les caractéristiques du point F situé sur la courbe de saturation du diagramme figure 1 sont :

$$P_F = 2,9 \text{ bar} ; T_F = 263 \text{ K} ; h_F = 455 \text{ kJ.kg}^{-1}.$$

Rappel : Le titre x en vapeur d'un mélange liquide-vapeur d'un fluide est le pourcentage en masse de vapeur contenue dans un kilogramme de mélange (par exemple si $x = 0,6$ alors 1,0 kg de fluide contient 0,6 kg de fluide à l'état vapeur et 0,4 kg de fluide à l'état liquide).

a) Quel est l'état physique du fluide au point F ? Quel est le titre de la vapeur, x_F ?

b) Quel est l'état physique du fluide au point A ? Quel est le titre de la vapeur, x_A ?

c) On considère la vaporisation fictive FA. Calculer en kJ.kg^{-1} la valeur de la chaleur latente de vaporisation L_v de l'ammoniac à $T = 263 \text{ K}$ et $P = 2,9 \text{ bar}$.

d) On considère à 263 K la vaporisation EA.

Exprimer Q_{EA} en fonction de x et de L_v et en déduire la valeur x du titre en vapeur du mélange au point E.

Rappel : $Q_{EA} = 1134 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

ANNEXE

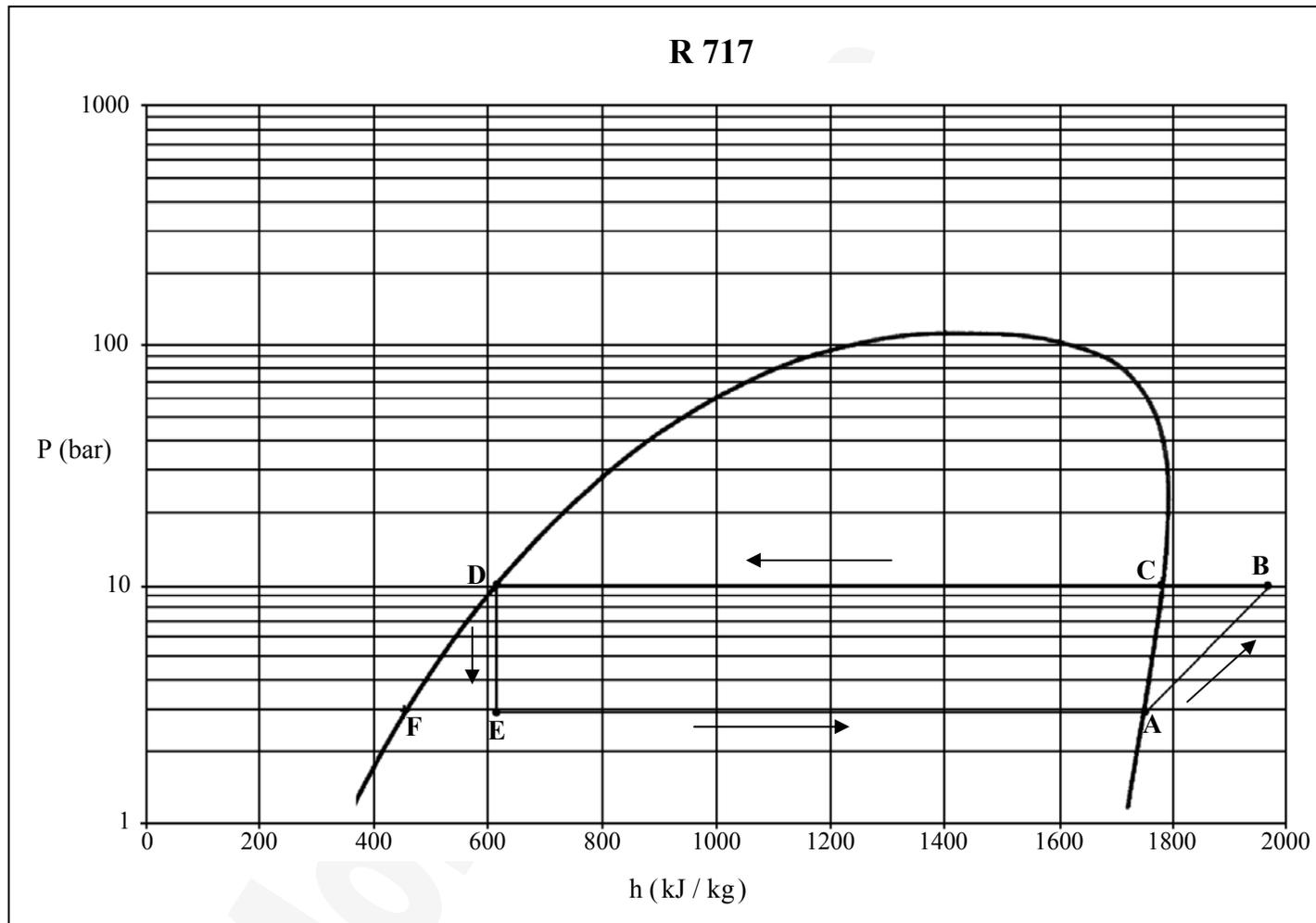


Fig.1

Fig.2

	A	B	C	D	E
T (K)	263	350	298		
P ($\times 10^5$ Pa)	2,9	10			2,9
h ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	1749	1940	1782	615	
Etat du fluide					