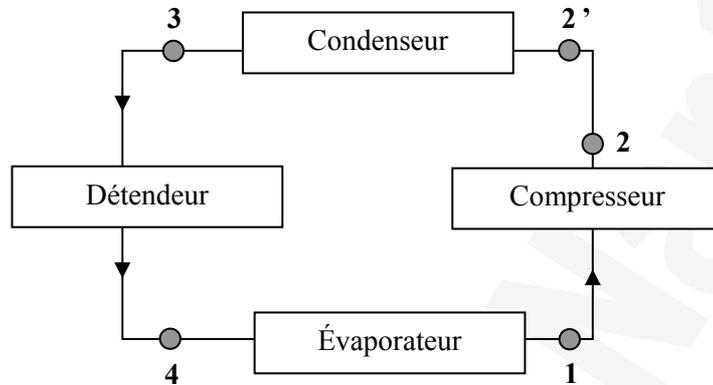


Epreuve de thermodynamique du BTS FEE 2010 (8 points)

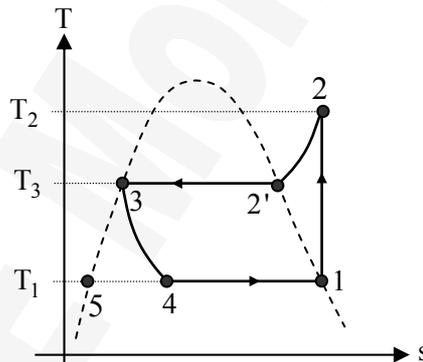
Le principe d'un réfrigérateur à compression est indiqué ci-dessous :



Le fluide utilisé est l'ammoniac et le cycle décrit par un kilogramme de ce fluide est schématisé dans le diagramme entropique (T, s) sur lequel la courbe de saturation est représentée en pointillés (l'entropie massique s est en abscisse, la température absolue T en ordonnée).

L'état 5 est un état fictif de l'ammoniac car il ne fait pas partie du cycle décrit par ce fluide.

Dans l'état 5, l'ammoniac serait à l'état de liquide saturé.



1° question : L'ammoniac sort de l'évaporateur dans l'état 1 (température $T_1 = 263 \text{ K}$, pression $p_1 = 2,9 \text{ bar}$) sous forme de vapeur saturante sèche. Il passe alors dans le compresseur où il subit une compression adiabatique réversible. Il sort du compresseur (à l'état de vapeur surchauffée) dans l'état 2 (température T_2 et pression $p_2 = 10,7 \text{ bar}$).

En assimilant l'ammoniac gazeux à un gaz parfait, exprimer littéralement puis calculer la température T_2 en fin de compression.

Donnée : Rapport des capacités thermiques du gaz ammoniac, à pression et volume constants : $\gamma = 1,29$.

Pour la suite de l'exercice, on prendra $T_2 = 353 \text{ K}$.

2° question : De 2 en 2', l'ammoniac se refroidit de manière isobare, de la température $T_2 = 353 \text{ K}$ à la température $T_3 = 300 \text{ K}$.

a) En assimilant l'ammoniac gazeux à un gaz parfait, exprimer puis calculer l'énergie $q_{22'}$ échangée sous forme de chaleur par 1 kg de fluide, avec le milieu extérieur, au cours de ce refroidissement.

b) Commenter le signe de $q_{22'}$.

Donnée :

Capacité thermique massique moyenne de l'ammoniac gazeux, à pression constante, entre les températures T_2 et T_3 : $c_p = 2,75 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

3° question : L'ammoniac est dans l'état 2' sous forme de vapeur saturante sèche. Il pénètre alors dans le condenseur où il se liquéfie, à la pression $p_3 = p_2$ et à la température T_3 . A la sortie du condenseur, en 3, le fluide est à l'état de liquide saturé.

Calculer l'énergie $q_{2'3}$ échangée sous forme de chaleur par 1 kg de fluide, avec le milieu extérieur, au niveau du condenseur.

Donnée :

Enthalpie massique de vaporisation de l'ammoniac à la température $T_3 = 300 \text{ K}$: $L_v = 1,16 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

4° question : Le liquide pénètre alors dans le détendeur. De 3 à 4, il subit une détente isenthalpique au cours de laquelle une partie du liquide se vaporise. La vaporisation du liquide restant va se terminer dans l'évaporateur, à la pression p_1 et à la température T_1 .

a) Calculer la masse de liquide m_{liq} qui se vaporise dans l'évaporateur lorsque 1 kg de fluide décrit le cycle.

Pour la suite, le titre en vapeur x sera arrondi à 13 %.

b) Calculer l'énergie q_{41} échangée sous forme de chaleur par cette masse de liquide, avec le milieu extérieur, au niveau de l'évaporateur.

Données : Enthalpies massiques de l'ammoniac dans les états 1, 3, 4 et dans l'état (fictif) 5 :

$$h_1 = 1449 \text{ kJ.kg}^{-1} \qquad h_3 = h_4 = 324 \text{ kJ.kg}^{-1} \qquad h_5 = 153 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

5° question : Efficacité du réfrigérateur

a) Exprimer puis calculer l'énergie totale q_{tot} échangée sous forme de chaleur par 1 kg de fluide avec le milieu extérieur, au cours du cycle.

Rappel : Le fluide n'échange aucune énergie sous forme de chaleur lors de sa détente isenthalpique.

b) A l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer puis calculer l'énergie w_{tot} échangé sous forme de travail mécanique par 1 kg de fluide avec le milieu extérieur, au cours du cycle. Commenter son signe.

c) Où doit-on placer le compartiment à refroidir ? Justifier brièvement la réponse.

d) Déterminer l'expression littérale de l'efficacité **théorique** e de la machine frigorifique et vérifier que sa valeur numérique est de l'ordre de 6,3.