

Étude d'un système réfrigérant à l'ammoniac (BTS 94)

Le fluide considéré est l'ammoniac de formule NH_3 pour lequel on admettra:
 $\gamma = 1,33$, $r = 489 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

On rappelle l'expression du travail d'une transformation polytropique d'exposant k d'un gaz parfait avec transvasement : $w_{12\text{tr}} = k w_{12} = \frac{k}{k-1} (p_2 v_2 - p_1 v_1)$

Soit le cycle simplifié décrit par 1 kg d'ammoniac :

- A la sortie de l'évaporateur, la vapeur saturée sèche entre dans le compresseur à $\theta_1 = -30^\circ\text{C}$, $p_1 = 1,2 \text{ bar}$ (état 1); elle y subit une compression adiabatique réversible jusqu'à l'état 2 où $p_2 = 20 \text{ bar}$;
- La vapeur passe alors dans le condenseur où elle se refroidit à pression constante jusqu'à liquéfaction totale; on a alors le liquide saturant (état 3);
- Le fluide subit, ensuite, dans le détendeur une détente isenthalpique avec retour à la pression p_1 (état 4) .
- L'évaporation se termine à pression constante dans l'évaporateur, la chaleur absorbée par le fluide dans l'évaporateur servant à refroidir une chambre froide.

Questions :

1° question : Placer sur le diagramme enthalpique de l'ammoniac ci-joint les états 1, 2, 3 et 4.

2° question : Déterminer graphiquement leurs enthalpies massiques h_1 , h_2 , h_3 et h_4 ainsi que la température θ_2 .

3° question : Étude de la compression $1 \rightarrow 2$:

a) Si on admet que l'ammoniac est un gaz parfait donner la relation entre p_1 , V_1 , p_2 et V_2 correspondant à la compression $1 \rightarrow 2$ décrite précédemment; en déduire l'expression de T_2 / T_1 en fonction du taux de compression p_2 / p_1 .

b) Calculer la température T'_2 que devrait avoir l'ammoniac en fin de compression.

c) En réalité, on peut comparer cette compression à une compression polytropique d'exposant k : calculer k .

4° question : Étude du cycle de l'ammoniac :

a) A l'aide du diagramme, évaluer le travail de transvasement $w_{12\text{tr}}$ fourni par la compression, supposée isentropique, par kg de fluide.

b) Dans le cas d'une compression polytropique d'un gaz parfait d'exposant $k = 1,11$, quel serait ce travail ? Le comparer au résultat précédent.

- c) Evaluer, à l'aide du diagramme, la quantité de chaleur échangée entre 1 kg d'ammoniac et le condenseur (q_{23}) et l'évaporateur (q_{41}).
- d) Déterminer graphiquement la chaleur latente de vaporisation de l'ammoniac à $\theta_1 = -30\text{ °C}$.
- e) En appliquant le premier principe de la thermodynamique, montrer que le travail échangé par le fluide pendant un cycle est w_{12tr} .
- f) Définir et calculer le coefficient de performance de la chambre froide.