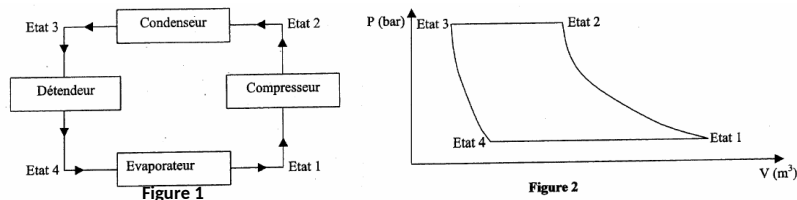


Travaux dirigés des installations frigorifiques Série N°2

Exercice 1 :

Dans une machine frigorifique dont le schéma de principe est donné sur la Fig. 1, une masse m de fluide frigorigène subit le cycle de transformations successives suivant le diagramme Fig. 2 (les échelles n'ont pas été respectées).



- Le compresseur amène la vapeur saturée sèche de l'état 1 ($\theta_1 = -10^\circ\text{C}$, $p_1 = 3,5$ bar) à l'état 2 ($\theta_2 = 40^\circ\text{C}$, $p_2 = 9,1$ bar) selon une compression isentropique.
- Le condenseur permet à la vapeur d'atteindre la température de changement d'état puis de se liquéfier totalement (état 3) selon un refroidissement isobare.
- Le détendeur permet au fluide d'atteindre l'état 4 ($p_4 = p_1$ et $\theta_4 = \theta_1$) ; au cours de cette transformation on considère que le fluide n'échange ni chaleur ni travail avec le milieu extérieur, et on admet que son enthalpie reste constante.
- Le vaporisateur permet au fluide de revenir à son état initial (état 1).

1. Calculer la quantité de chaleur Q_E échangée par 1 kg de fluide au niveau de l'évaporateur.

2.

2.1. Calculer la quantité de chaleur Q_C échangée par 1 kg de fluide au niveau du condenseur.

2.2. La température du changement d'état dans le condenseur est notée θ .

Détailler les échanges thermiques entre les états 2 et 3. En déduire l'expression littérale de Q_C en fonction de c_p , θ , θ_2 et L_v .

2.3. Calculer la valeur de θ .

3.

3.1. En utilisant le premier principe de la thermodynamique, montrer que le travail reçu par 1 kg de fluide au cours du cycle est $w = h_2 - h_1$.

3.2. Déterminer le coefficient d'efficacité frigorifique e du cycle.

3.3. Le travail reçu par le fluide est fourni par le compresseur. Déterminer la puissance du compresseur sachant que le débit massique du fluide est $q_m = 0,10$ kg·s⁻¹.

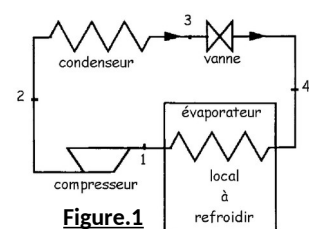
Données :

- Enthalpies massiques dans les différents états: $h_1=401$ kJ·kg⁻¹ ; $h_2=428$ kJ·kg⁻¹ ; $h_3=h_4=224$ kJ·kg⁻¹
- Chaleur latente de vaporisation du fluide dans le condenseur : $L_v = 188$ kJ·kg⁻¹
- Chaleur massique (capacité calorifique massique) de la vapeur à pression constante $c_p=0,8$ kJ/(kg·K)
- On rappelle que pour une transformation isobare $\Delta h = q$.

Exercice 2 :

On réalise une machine frigorifique dont le fluide frigorigère est le fréon. Le schéma de cette machine est le suivant (Fig. 1):

Le diagramme de Mollier (enthalpie – pression) du fréon représenté ci-dessous (Fig. 2) sera utilisé pour tracer le cycle frigorifique de cette machine.



I - La vapeur saturante sèche est comprimée isentropiquement de 2,4 bars à 8 bars dans le compresseur. Elle subit ensuite une transformation isobare dans le condenseur jusqu'à liquéfaction totale (trajet 2-3), puis une détente isenthalpique de 8 à 2,4 bars par laminage dans la vanne (trajet 3-4), et enfin une transformation isobare dans l'évaporateur du local à refroidir (trajet 4-1).

1. Quelles sont les indications fournies par le diagramme de Mollier du fréon ?
Tracer le cycle des transformations 1-2-3-4-1 sur ce diagramme.
2. Calculer la variation de l'enthalpie massique du fluide au cours de l'évaporation. En déduire la quantité de chaleur retirée du local à refroidir par unité de masse de fluide.
3. Calculer la variation d'enthalpie massique du fluide au cours de la compression. En déduire le travail massique de compression.
4. Calculer l'efficacité de ce cycle. Et rétablir l'efficacité théorique d'une machine frigorifique réversible fonctionnant entre les mêmes températures (T_3 et T_4).
5. La production frigorifique à l'évaporateur étant de 120 000 kJ/h (soit 120 000 kJ retirés au local à refroidir)
Calculer le débit du fréon. Quelle est la puissance mécanique de l'installation?

II - Pour améliorer les performances de la machine frigorifique fonctionnant entre les mêmes pressions, on réalise un "sous-refroidissement" isobare 3-3' du liquide avant la détente. La température du liquide est alors abaissée à 18°C.

1. Placer le point 3' sur le diagramme de Mollier. Après la détente isenthalpique le fluide est à l'état 4'. Placer ce point sur le diagramme.
Tracer (en couleurs) le cycle des transformations de la nouvelle machine.
On maintient le même débit de 1 000 kg/h.
2. Calculer la nouvelle production frigorifique.
Comparer cette installation à la précédente (production frigorifique, efficacité, puissance).

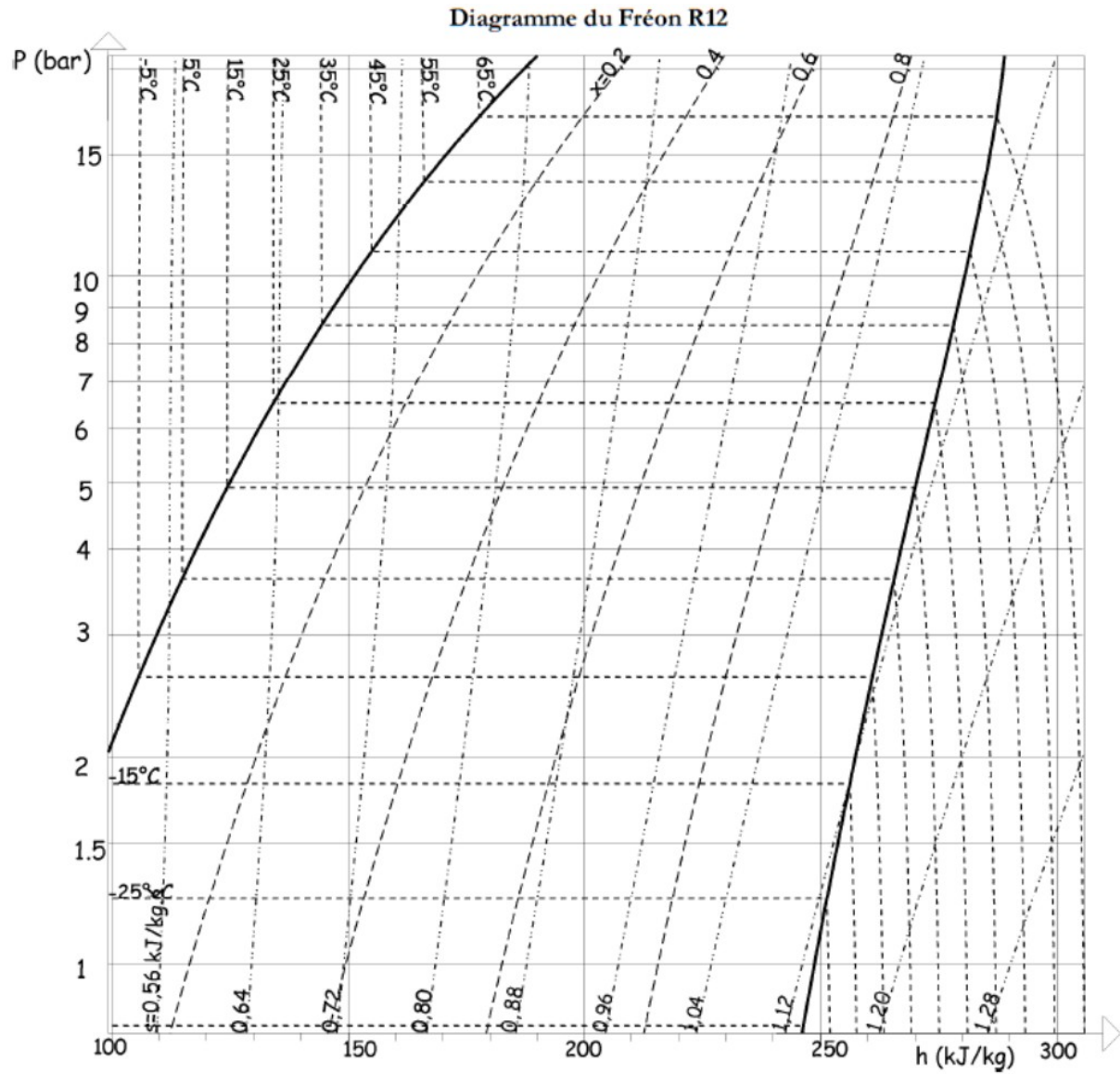


Figure 2