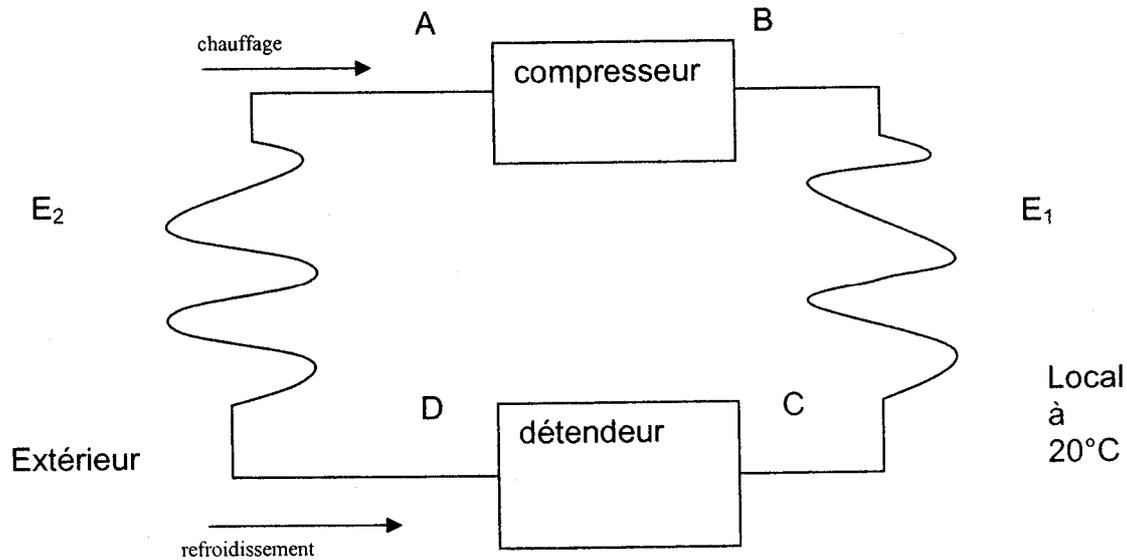


ETUDE D'UN CLIMATISEUR

On s'intéresse à un système de climatisation dont le but est de maintenir une température constante ($T_0 = 293$ K) dans un local, été comme hiver. Le climatiseur fonctionne donc en pompe à chaleur l'hiver et en machine frigorifique l'été. L'installation schématisée ci-dessous comporte un compresseur, un détendeur et deux serpentins qui sont le siège des échanges thermiques :



Le fluide caloporteur qui effectue le cycle est l'ammoniac. Par un jeu de vannes adéquat, le fluide peut circuler dans un sens pour chauffer le local (A, B, C, D, A) et dans l'autre sens pour le rafraîchir (B, A, D, C, B).

1. Schéma de principe des échanges énergétiques d'une pompe à chaleur et d'une machine frigorifique.

1.1. En supposant d'une part que ce climatiseur n'échange de la chaleur qu'avec l'extérieur et l'intérieur du local, d'autre part que l'échange de travail ne se fait qu'au niveau du compresseur compléter les schémas (1) et (2) donnés en annexe (1), en y faisant figurer les termes: local, extérieur, compresseur et en indiquant par des flèches les sens des échanges énergétiques (thermiques Q et mécaniques W). Préciser le signe de chaque échange, par rapport au fluide.

1.2. En décrivant ce cycle, l'ammoniac subit des changements d'état :

Lors de sa vaporisation dans l'évaporateur, indiquer en le justifiant, le sens de l'échange thermique et son action sur son environnement (refroidissement ou échauffement).

Lors de sa condensation dans le condenseur, indiquer en le justifiant, le sens de l'échange thermique et son action sur son environnement.

En déduire dans le cas de la pompe à chaleur la nature des échangeurs E_1 et E_2 .

1.3. On définit le coefficient de performance (ou efficacité) η du climatiseur comme le rapport des valeurs absolues de l'énergie utile à l'énergie dépensée. L'exprimer littéralement dans la case prévue annexe (1) schémas (1) et (2) dans le cas de la pompe à chaleur et dans le cas de la machine frigorifique.

2. Généralités sur le diagramme entropique

Le diagramme entropique $T(s)$ de l'ammoniac est partiellement tracé en annexe (2) :

Schéma (3) avec des courbes isenthalpiques et isobares. Dans un souci de simplification certaines courbes ne sont pas tracées dans leur intégralité.

2.1. Sur le diagramme indiquer les différents domaines : celui du liquide, celui de la vapeur et celui du mélange liquide - vapeur. Indiquer la courbe de rosée et la courbe d'ébullition en justifiant votre choix sur la copie.

2.2. Par lecture du graphe, déduire les enthalpies massiques de vaporisation de l'ammoniac (ou chaleur latente notée ℓ) à 0°C et 20°C .

2.3. Les pressions de vapeur saturante de l'ammoniac $P_S(T)$ sont données pour trois températures :
 $P_S(273\text{ K}) = 4,3\text{ bar}$; $P_S(293\text{ K}) = 8,2\text{ bar}$; $P_S(313\text{ K}) = 15\text{ bar}$.

Définir la pression de vapeur saturante.

Indiquer la pression de chaque isobare tracée sur le diagramme.

3. Fonctionnement du climatiseur en pompe à chaleur.

On suppose que la température extérieure est de 0 °C, on veut que la température du local soit de 20 °C.

Le cycle décrit par l'ammoniac est le suivant, les transformations étant considérées comme réversibles :

- L'ammoniac sort de E_1 en C à l'état de liquide saturant, à la température T_0 du local.
- L'ammoniac subit une détente isenthalpique dans le détendeur jusqu'à la température de l'extérieur (0 °C), point D.
- L'ammoniac se vaporise totalement de D en A à pression constante dans E_2 .
- De A en B, l'ammoniac subit une compression adiabatique. (Comme elle est réversible, elle est donc isentropique). Le point B est alors de la vapeur sèche.
- De B en C, l'ammoniac subit d'abord un refroidissement isobare de la vapeur, puis une liquéfaction totale à pression constante.

3.1. Tracer le cycle décrit sur le schéma (3) annexe (2) en plaçant les points A, B, C, D et en fléchant le sens de parcours.

3.2. Trouver graphiquement la température T_B à la sortie du compresseur.

3.3. On rappelle que le premier principe appliqué à une partie active de machine (Compresseur, détendeur ou échangeur) est :

$$\Delta h = w + q$$

w étant le travail utile, c'est-à-dire échangé avec l'extérieur du circuit, excluant le travail des forces de pression. Le fluide subit des échanges isobares dans les échangeurs E_1 et E_2 , sans échange de travail utile.

Muni de ces informations, déterminer graphiquement, pour 1 kg d'ammoniac, d'après les valeurs indiquées sur le diagramme :

- Le travail w fourni par le compresseur au fluide.
- La chaleur q_C fournie par le fluide au local lors du passage dans E_1 .
- La chaleur q_F reçue par le fluide de la part de l'extérieur lors de son passage dans E_2 .

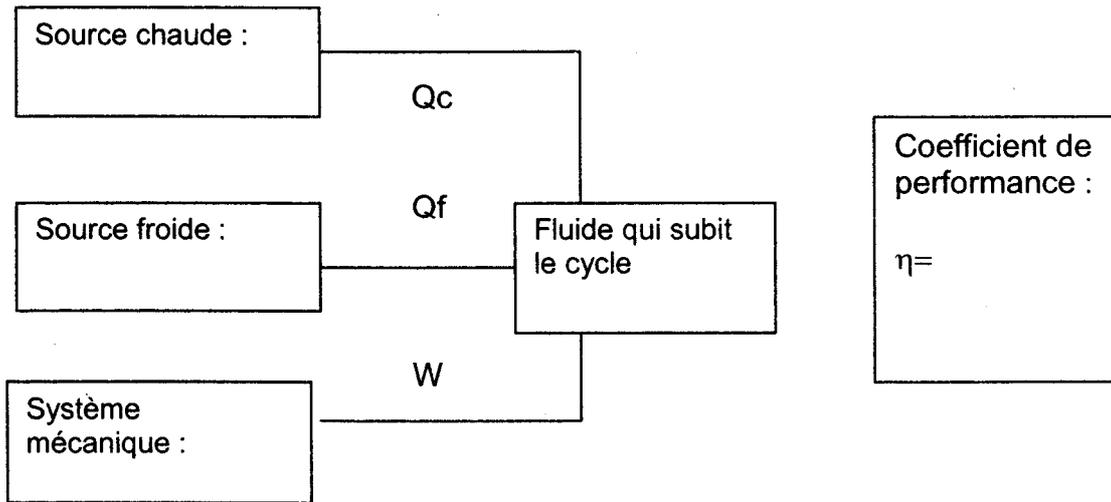
3.4. Calculer le coefficient de performance de la pompe à chaleur.

4. Fonctionnement du climatiseur en machine frigorifique.

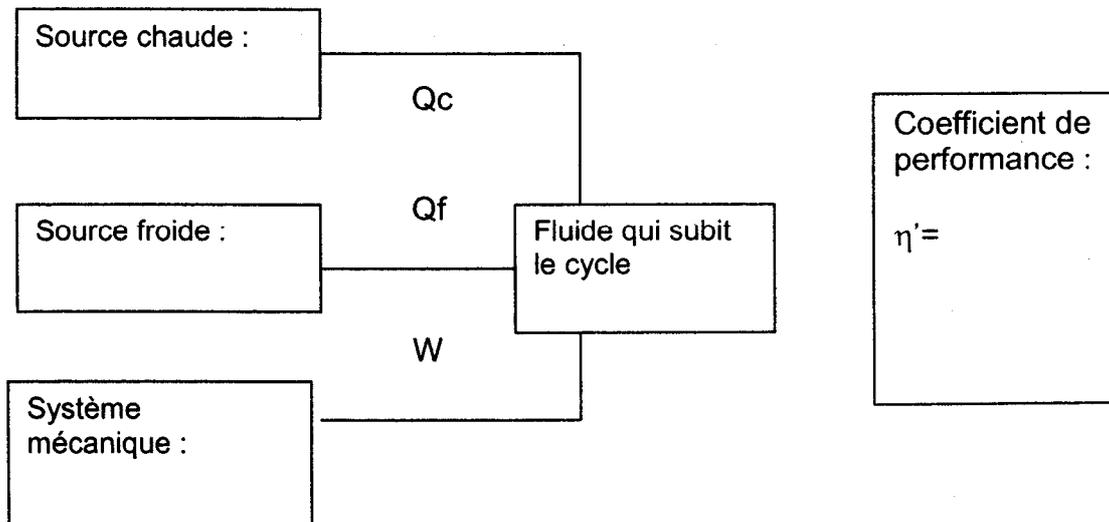
On suppose que la température extérieure est 40 °C pour se placer dans des conditions extrêmes, et que celle du local est toujours de 20 °C. Le rôle des deux échangeurs est alors inversé, la description du cycle est la même, seules les températures changent. Le cycle a donc la même allure, mais il est décalé. L'ammoniac subit une compression BA puis un refroidissement isobare AD jusqu'à l'état de liquide saturant ; s'ensuit une détente isenthalpique DC puis une vaporisation totale CB.

Tracer le cycle sur le diagramme du schéma (4) de l'annexe 2 et placer les points B (On rappelle que $P_B = 8,2$ bar), A, D, C sur le diagramme. Flécher le sens de parcours.

Pompe à chaleur. Schéma (1)



Machine frigorifique. Schéma(2)



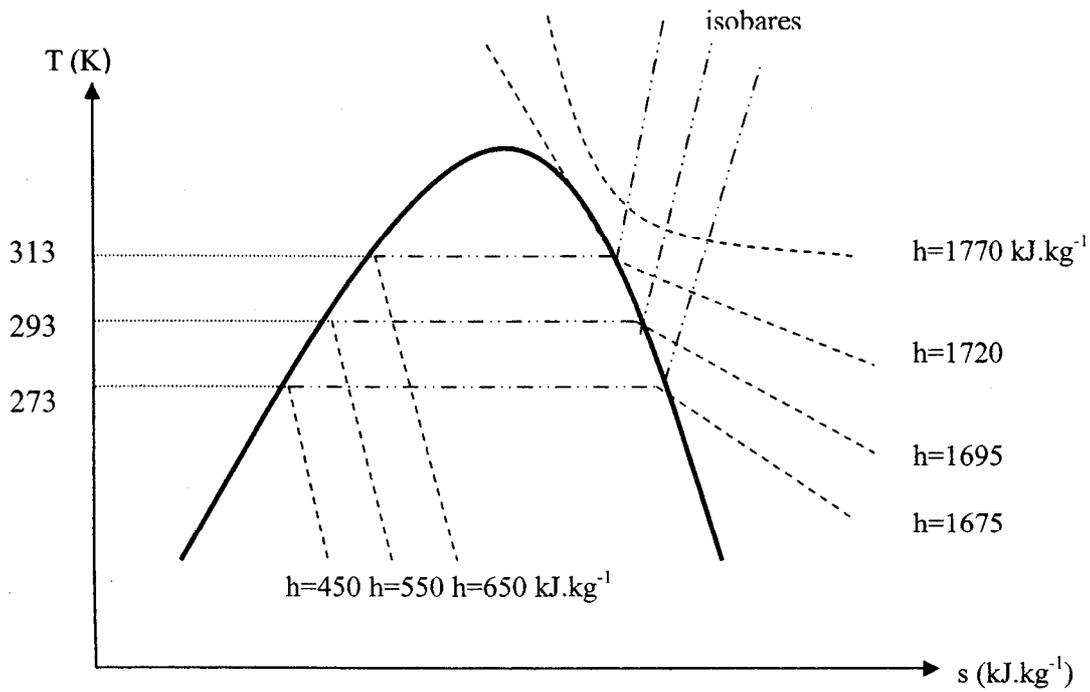


Diagramme entropique T(s) de l'ammoniac (NH₃)
Schéma (3) : Cycle de la pompe à chaleur

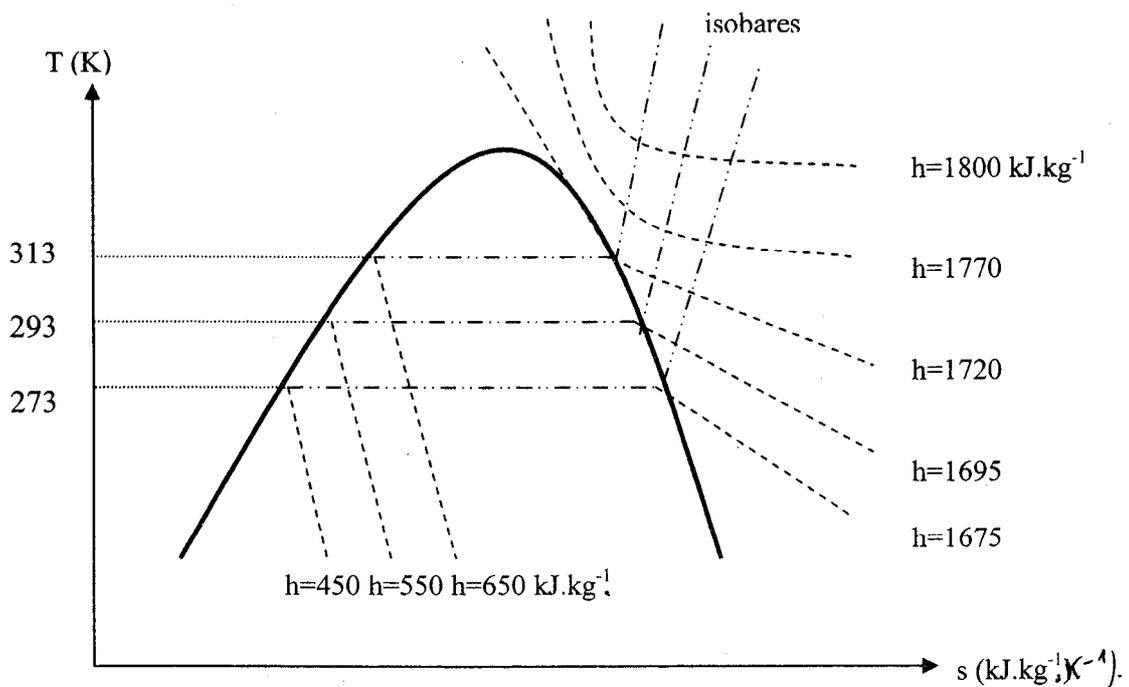


Diagramme entropique T(s) de l'ammoniac (NH₃)
Schéma (4) : Cycle de la machine frigorifique