



TP DEMONSTRATION D'UN CYCLE FRIGORIFIQUE

Laboratoire Energétique

Manuel de travaux pratiques

2022 - 2023



DEMONSTRATION D'UN CYCLE FRIGORIFIQUE

1. Objectif du TP :

Le cycle frigorifique est un cycle thermodynamique. Il permet d'abaisser la température d'un milieu relativement froid (la source froide) et simultanément d'augmenter la température d'un autre milieu relativement chaud (la source chaude) au moyen d'une dépense d'énergie mécanique.

Le but de ce TP est de vous permettre de :

- Observer l'évaporation et la condensation de l'agent réfrigérant
- Représenter et comprendre le cycle frigorifique sur un diagramme Pression-Enthalpie
- Bilans énergétiques
- Détermination du coefficient de performance

2. Description du Matériel Utilisé :

Le fluide utilisé dans l'appareil de démonstration du cycle de réfrigération c'est R634. Un diagramme Pression-Enthalpie de ce fluide se trouve en annexe.



Figure 1 : Banc pédagogique du cycle frigorifique à compression R634



Le compresseur, alimenté par le secteur, agit en source extérieure d'énergie, de rendement global de l'ordre de 40%. Le réfrigérant (fluide SES36) y est comprimé puis conduit à travers des tuyaux en cuivre calorifugés jusqu'à la cuve du condenseur. Le fluide entre dans le condenseur à la pression P_c et à la température T_7 pour y subir une condensation isobare et ressortir sous forme liquide à la température T_8 (le refroidissement est assuré par de l'eau qui circule dans un serpentin plongé dans la cuve du condenseur ; l'eau du serpentin entre dans la cuve à la température d'entrée T_4 et sort à la température de sortie T_3). Le réfrigérant passe ensuite au travers d'un débitmètre puis de la vanne de détente, réglable manuellement. En sortie du détendeur, le fluide est à la pression P_e et commence à bouillir. Il entre alors dans la cuve de l'évaporateur. Durant son passage dans cette cuve, le fluide est chauffé jusqu'à la température T_5 . Le phénomène d'ébullition (ou d'évaporation) se produit à la pression constante P_e (le chauffage est assuré par de l'eau qui circule dans un serpentin plongé dans l'évaporateur ; l'eau du serpentin entre dans la cuve à la température d'entrée T_1 et sort à la température de sortie T_2). Le réfrigérant en phase vapeur, surchauffé, quitte alors l'évaporateur et retourne au compresseur à travers des tuyaux en cuivre calorifugés et le cycle recommence.

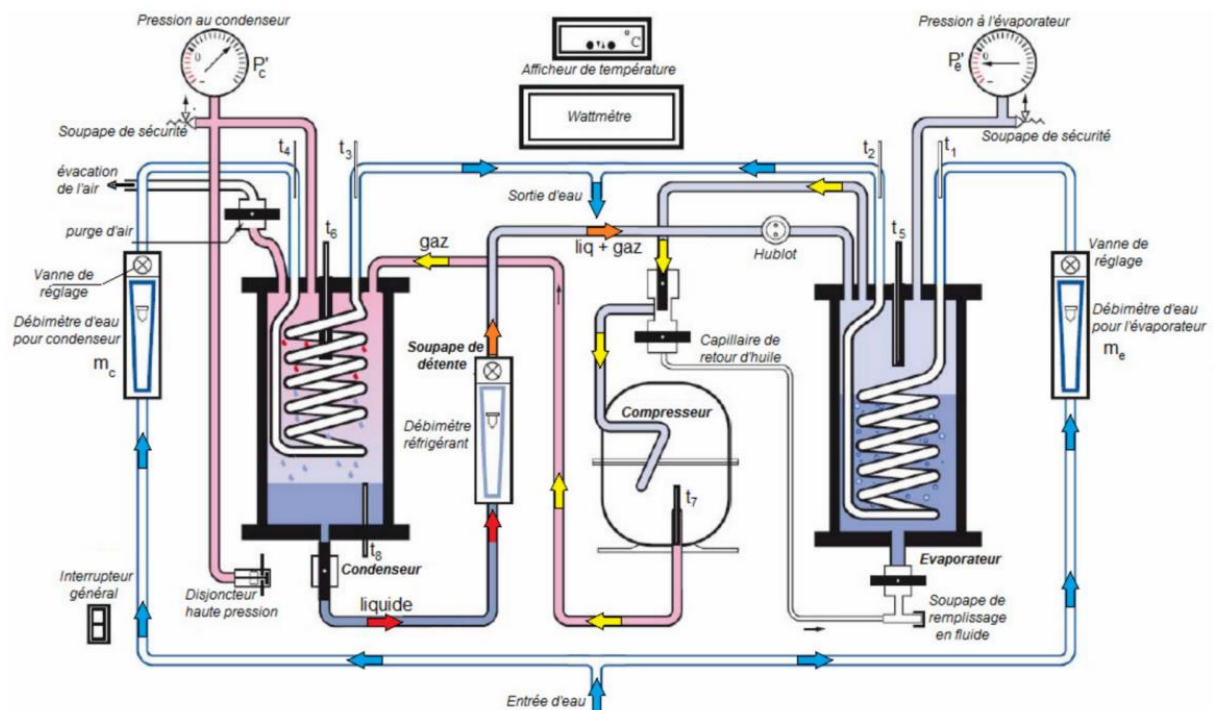


Figure 2: Diagramme schématique



3. Rappel théorique :

Avec le débit de réfrigérant mesuré, il est possible de calculer le transfert de chaleur à l'évaporateur \dot{Q}_e et au condenseur \dot{Q}_c et le travail apporté au compresseur W .

Au condenseur

La quantité de chaleur transférée à l'eau au condenseur est :

$$\dot{Q}_c = m_e C_p (t_3 - t_4)$$

Le transfert de chaleur au condenseur est :

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_r (h_b - h_c)$$

A l'évaporateur

La quantité de chaleur prise à l'eau dans l'évaporateur est :

$$\dot{Q}_e = m_e C_p (t_3 - t_4)$$

Le transfert de chaleur à l'évaporateur est :

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_r (h_a - h_c)$$

Le travail apporté au compresseur peut être estimé par :

$$W = \dot{m}_r (h_b - h_a)$$

Taux de compression

Le taux de compression c'est le rapport entre la pression de refoulement (HP) sur la basse d'aspiration (BP) exprimées en valeurs absolues. Le taux de compression influence le rendement volumique de la machine, donc les performances du compresseur

L'effet de l'augmentation de la température de condensation pour une température d'évaporation donnée constante est d'augmenter le rapport de compression P_c / P_e (Taux de compression) que le compresseur doit fournir.

Lorsque le système à une énergie mécanique W , en absorbant une quantité de chaleur Q_f dans la source froide à la température T_f et en cédant une quantité de chaleur Q_c au puits chaud à la température T_c , le coefficient de performance du système est, dans ce cas de :

Production du froid (Machine frigorifique)

$$COP_F = \frac{Q_F}{Q_c - Q_F} \text{ et } COP_F = \frac{T_F}{T_c - T_F}$$

Production de la chaleur (Pompe à chaleur)

$$COP_c = \frac{Q_c}{Q_c - Q_F} \text{ et } COP_F = \frac{T_c}{T_c - T_F}$$



4. Manipulation

1- Mettez l'appareil en marche de fonctionnement normal et vérifiez que l'absence d'air dans le condenseur. Si ce n'est pas le cas, purgez l'appareil.

En absence d'air, augmentez le débit d'eau de refroidissement du condenseur à son maximum du débitmètre (12 g.s^{-1}). La pression d'équilibre de condensation va dépendre de la température de l'eau en entrée du serpentin du condenseur.

2- Régler le débit d'eau dans le serpentin de l'évaporateur à environ 30 g.s^{-1} et le débit de fluide frigorigène à 0.8 g.s^{-1} ensuite laissez l'appareil tourner pendant environ 15 minutes jusqu'à ce que l'appareil se stabilise.

3- Une fois l'appareil stabilisé, enregistrez tous les paramètres du système indiqués dans le tableau de résultats.

4- Diminuez le débit d'eau de refroidissement passant dans le serpentin du condenseur jusqu'à ce que la pression du condenseur augmente d'environ 10 kN.m^{-2} . Augmentez le débit de fluide frigorigène à 0.1 en chaque test puis laissez l'appareil se stabiliser à nouveau et enregistrez une fois de plus les paramètres dans le tableau.

Les résultats peuvent être tracés sur le diagramme pression-enthalpie et les points d'état (a, b, et c) sont localisés comme suit :

- Le point "a" est l'intersection de la pression absolue de la chambre d'évaporateur P_e et la température d'évaporation t_5 .
- Le point "b" est l'intersection de la pression absolue de la chambre du condenseur P_c et la température de décharge du compresseur t_7 .
- Le point "c" est l'intersection de la pression absolue de la chambre du condenseur P_c et la température du liquide condensé t_8 .
- On suppose que la détente est adiabatique et par conséquent une ligne d'enthalpie constante peut être tracée verticalement à partir du point "c" pour faire une intersection avec la ligne de pression de l'évaporateur P_e .

5. Travail demandé

1°) Comparer les températures d'admission et de sortie d'eau de l'évaporateur puis du condenseur. Interpréter

2°) Tracer les cycles de réfrigération sur le diagramme pression-enthalpie. En tenant compte des procédés qui se passent à chaque point d'état, interpréter le cycle tracé.

3°) Calculer, les vitesses de transfert de chaleur en condenseur (Q_i) et à l'évaporateur (Q_f) ainsi que les travaux (W) fournis par le compresseur. Vérifier le premier principe de la thermodynamique.

4°) tracer les graphiques de transferts de chaleur au condenseur et à l'évaporateur en fonction de la température de condensation. Interpréter.



5°) tracer les graphiques de transferts de chaleur au condenseur et à l'évaporateur en fonction du Taux de compression (P_c/P_e). Interpréter.

6°) calculer les coefficients de performance (COP) du système dans les deux cas, d'une Machine frigorifique et d'un Pompe à chaleur

6. Résultats expérimentaux :

Pression atmosphérique : 101kNm⁻²

Essai No	1	2	3	4	5
Pression d'évaporation lue au manomètre $P_e(\text{kNm}^{-2})$					
Pression absolue d'évaporation $P_e(\text{kNm}^{-2})$					
Température d'évaporation $t_5(^{\circ}\text{C})$					
Débit d'eau à l'évaporateur $m_e(\text{g.s}^{-1})$					
Température de l'eau en entrée de l'évaporateur $t_1(^{\circ}\text{C})$					
Température de l'eau en sortie de l'évaporateur $t_2(^{\circ}\text{C})$					
Température de liquide condensé $t_8(^{\circ}\text{C})$					
Pression de condensation lue au manomètre $P_c(\text{kNm}^{-2})$					
Pression absolue de condensation $P_c(\text{kNm}^{-2})$					
Température en sortie du compresseur $t_7(^{\circ}\text{C})$					
Température de condensation $t_6(^{\circ}\text{C})$					
Débit d'eau au condenseur $m_c(\text{g.s}^{-1})$					
Température de l'eau en entrée du condenseur $t_4(^{\circ}\text{C})$					
Température de l'eau en sortie du condenseur $t_3(^{\circ}\text{C})$					
Puissance électrique fournie au compresseur $W(\text{Watts})$					
Débit de fluide frigorigène $m_r(\text{g.s}^{-1})$					



Annexe : Donnée thermodynamique du SES36

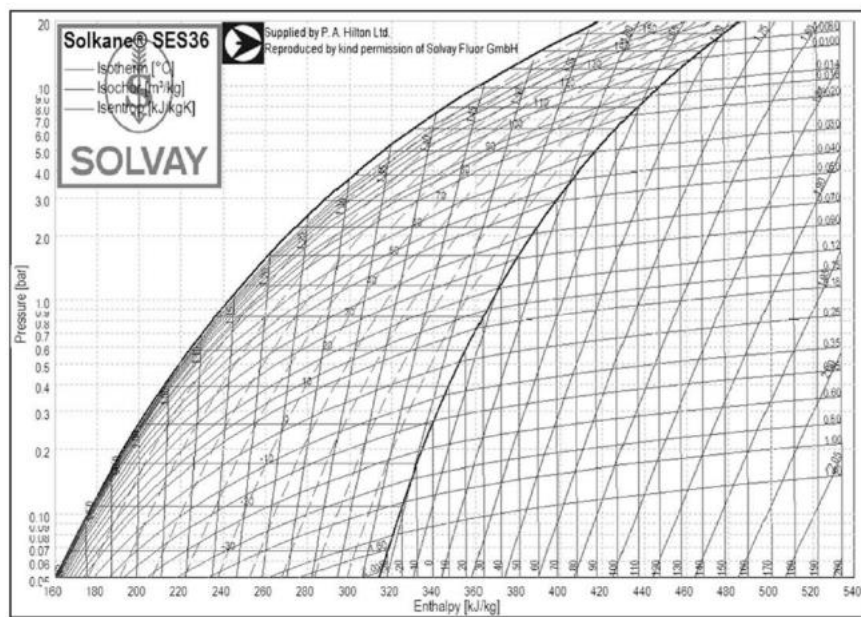


Figure 3 : Diagramme enthalpique du SES36