

## TP7 : Cycle d'une Machine Frigorifique

### I. Objectifs de ce TP.

Ce T.P est pour buts de:

- Maitriser l'étude du cycle de MF en se basant sur le cours, les TDs, et les références disponibles.
- Maitriser la manipulation du logiciel EES (Engineering Equation Solver).
- déterminer par le logiciel EES (Engineering Equation Solver), les valeurs caractérisant es du cycle.
- l'étude thermodynamique du **Cycle de MF** à travers l'étude de l'effet de la **variation du certains paramètres thermiques ( ), sur les performances du Cycle.**
- Interpréter les résultats obtenus.

### II. Partie Théorique.

#### I- Diagramme P-h, et titre de vapeur X:

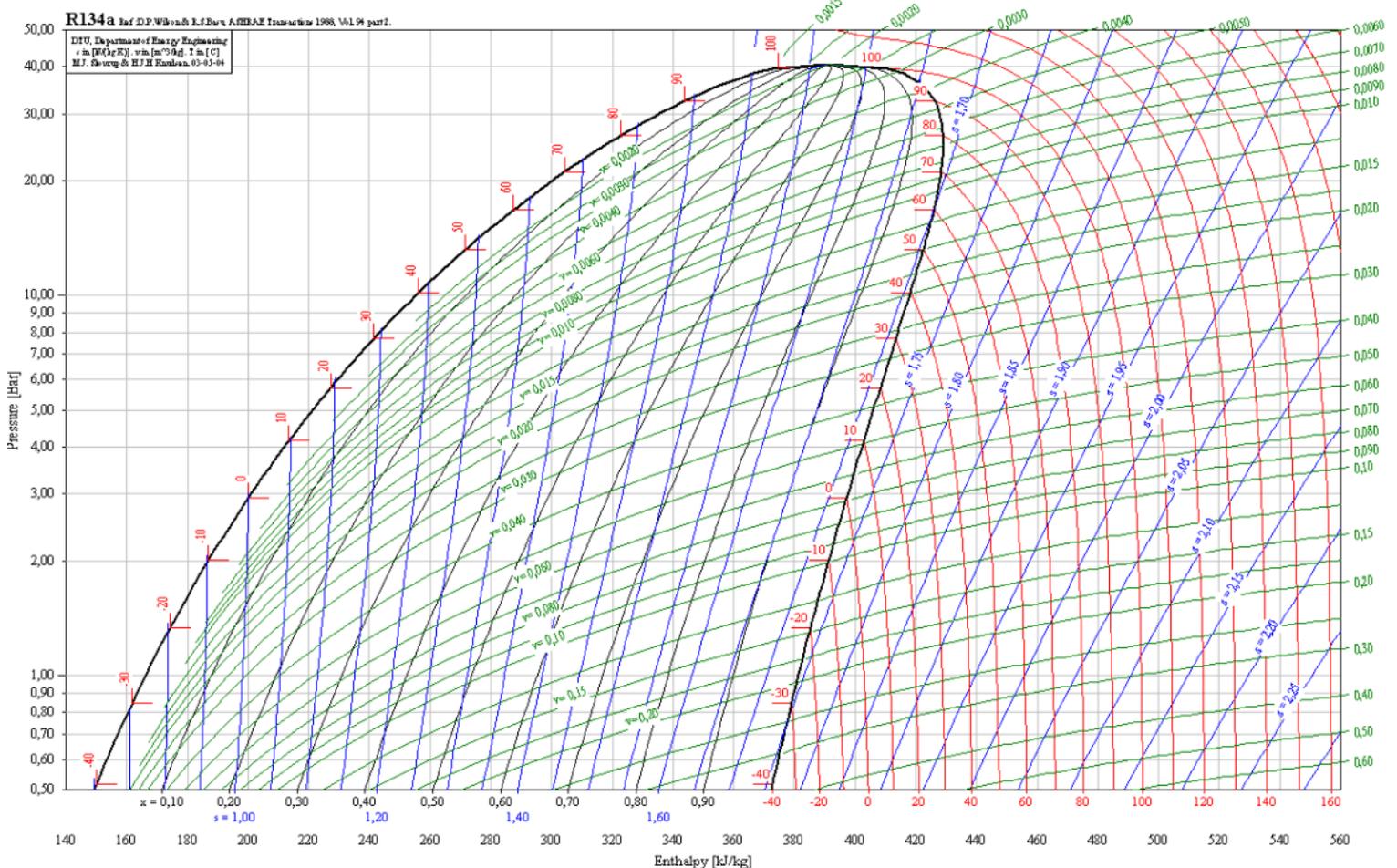


Figure.1. Diagramme (P-h).

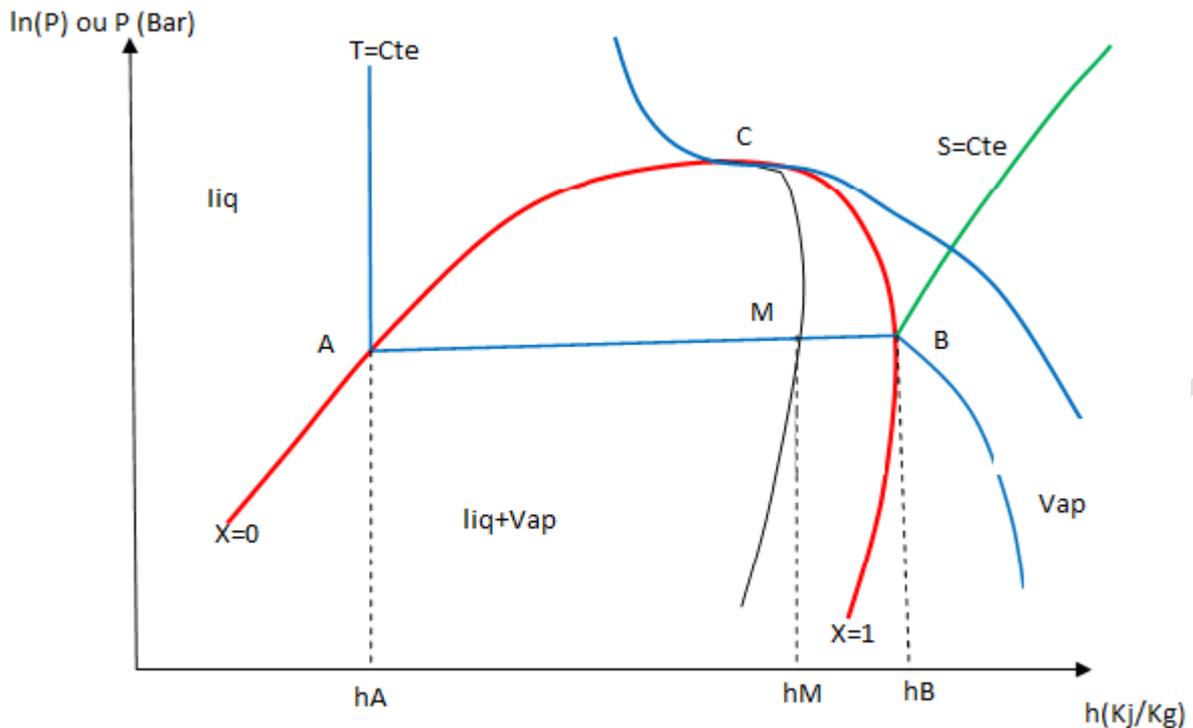


Figure.2. Diagramme (P-h) simplifié.

$A \equiv$  liquide saturé  $x=0$

$B \equiv$  vapeur saturée sèche  $x=1$

$M \equiv$  mélange liq sat + vap sat humide

$X =$  quantité de vapeur humide / mélange liq+vap  $= AM/AB$

$$x = \frac{V_M - V_A}{V_B - V_A} = \frac{S_M - S_A}{S_B - S_A} = \frac{h_M - h_A}{h_B - h_A}$$

On obtient alors :

$$V_M = (1-x) \cdot V_A + x \cdot V_B$$

$$S_M = (1-x) \cdot S_A + x \cdot S_B$$

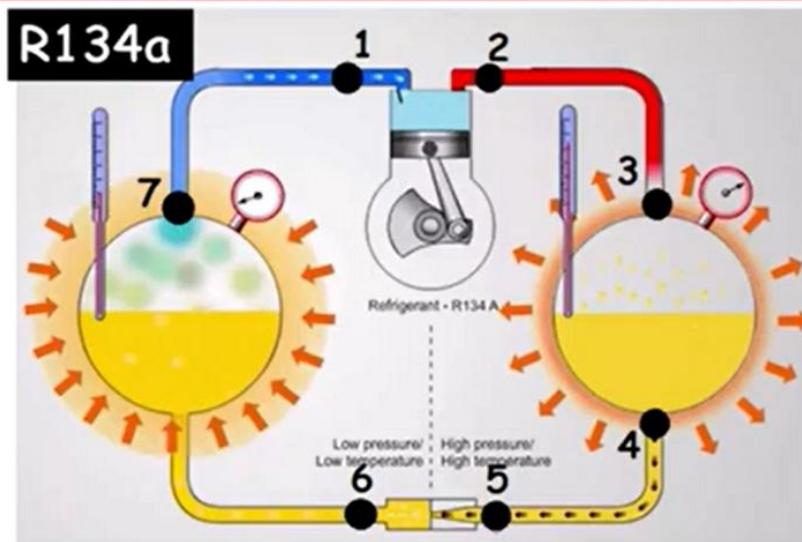
$$H_M = (1-x) \cdot H_A + x \cdot H_B$$

## II- Cycle d'une installation frigorifique (MF)

### Principe de fonctionnement et données du problème:

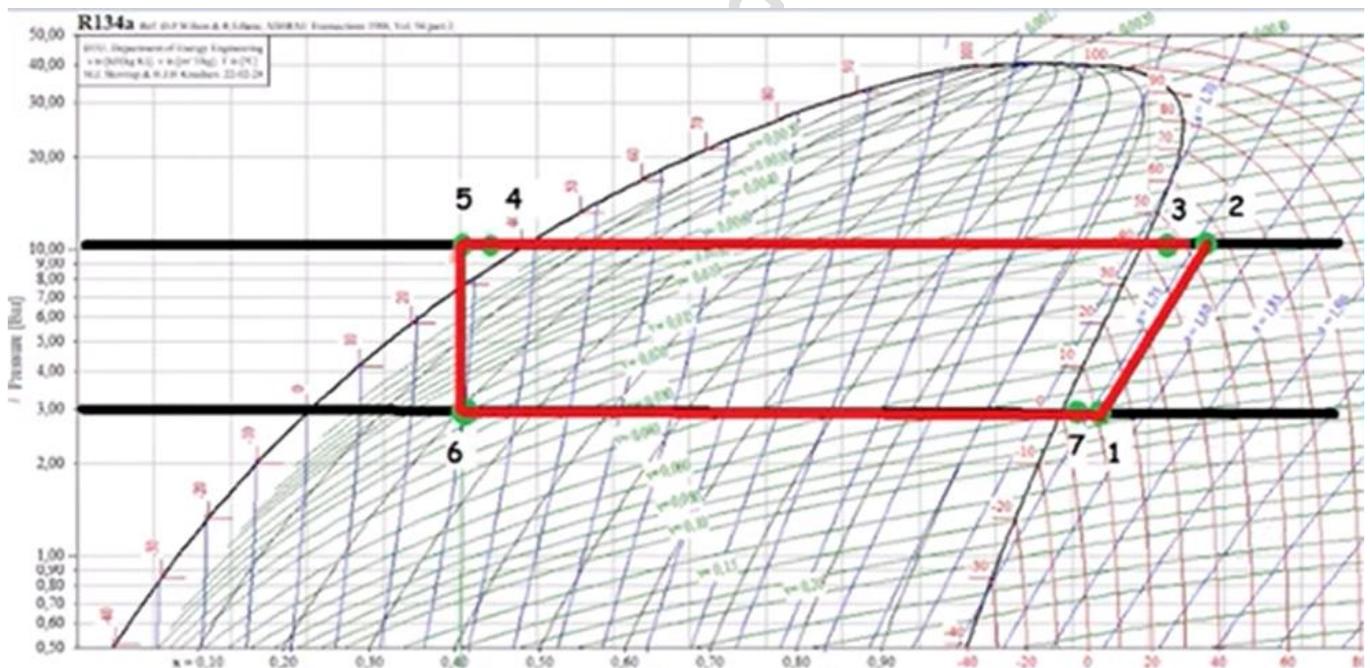
Le caloporteur qui est le **R134a** est aspiré par le compresseur au point (1), à la pression BP (basse Pression) et à la température  $T_1$ , et sous la forme de Vapeur, puis il est refoulé par le compresseur au point (2), de la pression BP (basse Pression) à la pression HP (Haute Pression) et à la température  $T_2$ , et sous forme de Vapeur surchauffé (N.B : il est refroidi de  $T_2$  à  $T_3$ , à cause des pertes de chaleur (tube non calorifugé)), aller directement au point (3) l'entrée de la condenseur, où il est refroidi jusqu'à la température ( $T_4$ ) sous la pression HP et sous forme de liquide, aller directement au point (5) l'entrée de la détenteur (N.B : il est refroidi de  $T_4$  à  $T_5$ , à cause des pertes de chaleur (tube non calorifugé)), où il est détendu jusqu'à la pression BP (basse Pression) et la température ( $T_6$ ), aller directement à l'entrée de l'évaporateur où il se vaporise jusqu'à la température de point ( $T_7$ ) la sortie de l'évaporateur, sous la pression BP où il **absorbe toute la quantité de chaleur de l'ambiance extérieure**, puis directement vers le point (1), (N.B : il est réchauffé de  $T_7$  à  $T_1$ , à cause des gains de chaleur (tube non calorifugé)), et ainsi de suite le cycle continue.

## TRACE DU CYCLE FRIGORIFIQUE



- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1 : Aspiration compresseur  | 5 : Entrée détendeur   |
| 2 : Refoulement compresseur | 6 : Entrée évaporateur |
| 3 : Entrée condenseur       | 7 : Sortie évaporateur |
| 4 : Sortie condenseur       |                        |

(a) installation d'une MF



(b) Cycle d'une MF sur diagramme P-h

Figure 3 : Cycle et installation d'une MF.

(La figure. 3. a), montre la disposition générale d'un cycle frigorifique et la manière dont le caloporteur circule dans celle-ci.

Expérimentalement : des campagnes de mesure sont réalisées, et dans un premier temps il va falloir mesurer les pressions avec des manomètres, la valeur mesurée au niveau de l'évaporateur est de  **$P_{eff} = 2 \text{ bar}$** , et par la relation pression- température on aura :  **$T_0 = 0 \text{ °C}$** , de la même façon coté HP, la valeur mesurée au niveau du condenseur est de  **$P_{eff} = 9 \text{ bar}$** , et par la relation pression- température on aura :  **$T_c = 40 \text{ °C}$** , et pour falloir mesurer les températures des autres points on doit utiliser un thermomètre, les valeurs

mesurées sont résumées dans le tableau.

Dans le diagramme des frigoristes la pression est absolue, alors :

$$P_{abs} = P_{eff} + 1 \quad (1)$$

1- Avant tout que ce que vous pouvez dire sur notre compagne de mesure.

- Si on admet que :

Le sous-refroidissement : se situe au niveau du condenseur, c'est la différence entre la température de la condensation (température du manomètre) et la température à la sortie du condenseur, qui doit être comprise entre : **4 : 7 °C**.

La surchauffe : se situe au niveau de l'évaporateur, c'est la différence entre la température de l'évaporation (température du manomètre) et la température à la sortie de l'évaporation, qui doit être comprise entre : **5 : 8 °C**.

2- Vérifier les conditions de marche du cycle.

La figure. 4, montre les mesures expérimentales des points du cycle, ainsi que l'état du caloporteur et la pression correspondant.

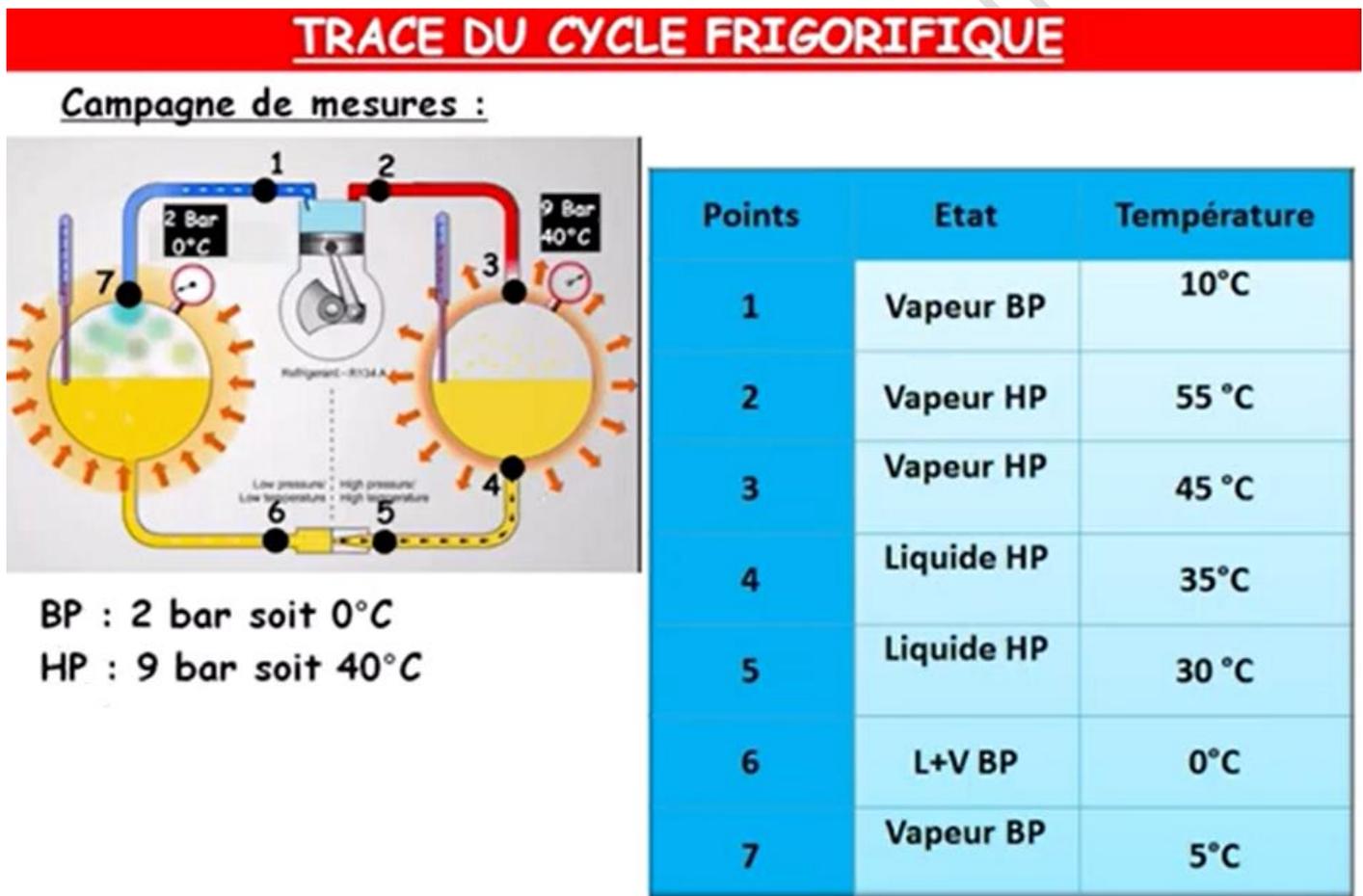


Figure 4 : récapitulation des températures mesurées expérimentalement.

Le rendement thermique du cycle d'une MF est :

$$W_{net} = Q_c - Q_f \quad (1)$$

$$COP_{th} = Q_f / W = h_7 - h_6 / h_2 - h_1 \quad (2)$$

$$COP\ Carnot = T_f / (T_c - T_f) \quad (3)$$

$$\eta\ (eta)\ the = COP\ th / COP\ Carnot \quad (4)$$

### III. *Partie Pratique (simulation).*

#### I- **Les étapes :**

-Avant tout il faut préciser les unités : (*options / unit system / SI*), dans notre TP, sont :

Pression : *bar*

Température : *Celsius*

Energies (Enthalpie, Entropie) : *KJ*, où *specific properties : Mass basis*.

Comme les TPs précédentes calculer les enthalpies des points du cycle avec le logiciel EES.

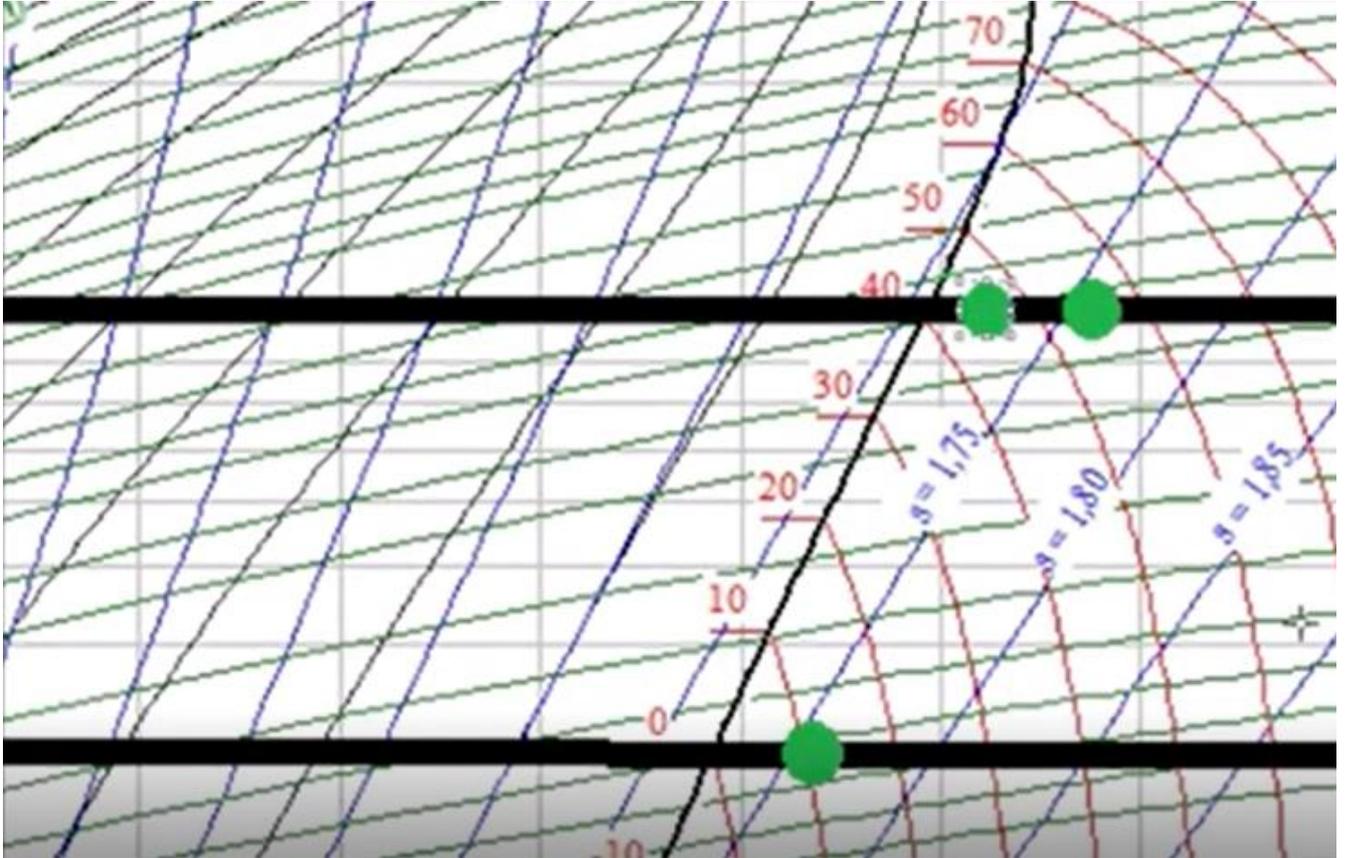
#### IV. *Travail demandé.*

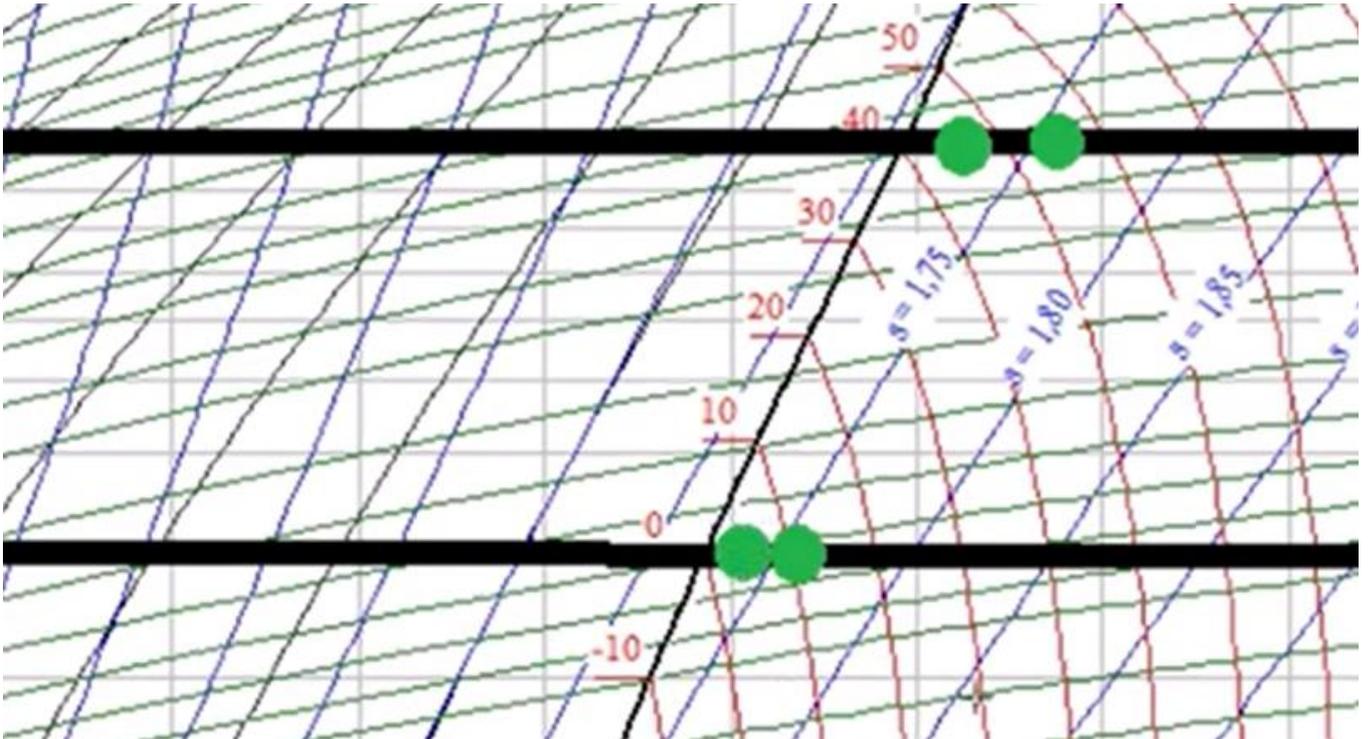
- 3- Calculons  $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7$ .
- 4- Comparer les résultats avec les mesures expérimentales ;
- 5- Calculer le travail du compresseur.
- 6- Calculer le rendement thermique du cycle d'une MF.
- 7- Calculer la quantité de chaleur de la condensation ;
- 8- Calculer la quantité de froid ;
- 9- Etudier l'Influence de la température  $T_c$  du condenseur, sur le rendement:
- 10- étudier l'Influence de la température  $T_f$  de l'évaporateur, sur le rendement :
- 11- .interpréter les résultats.
- 12- Conclusion :

**Bon courage**

v. *Annexes :*

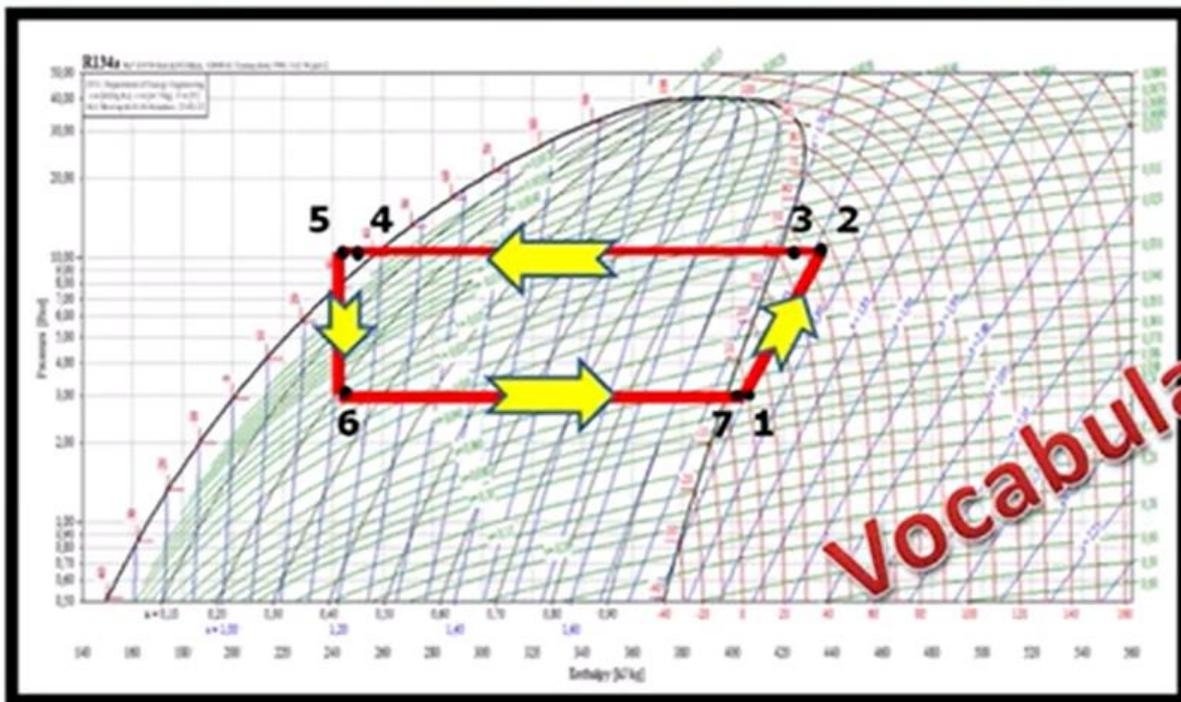
Schémas explicatifs.





Vocabulaire :

## TRACE DU CYCLE FRIGORIFIQUE



Vocabulaire

1-2 : Le compresseur

2-3 : La ligne de Refoulement

3-4 : Le condenseur

4-5 : La ligne liquide

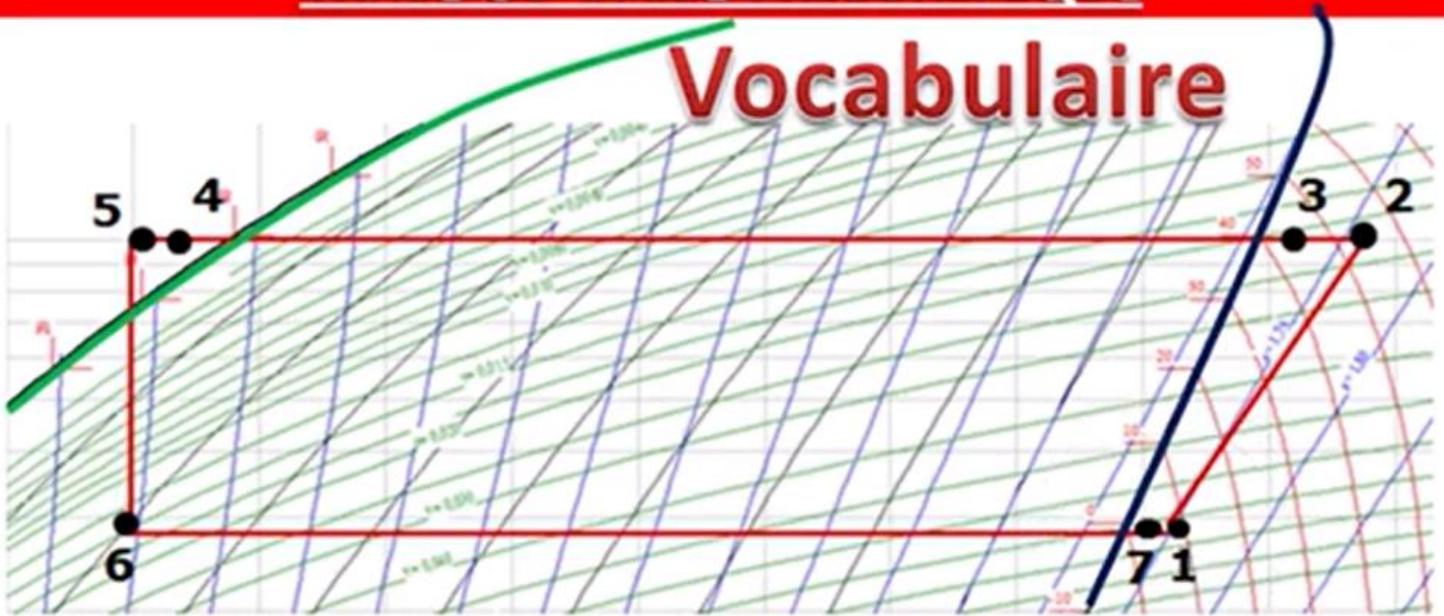
5-6 : Le détendeur

6-7 : L'évaporateur

7-1 : La ligne d'aspiration

## TRACE DU CYCLE FRIGORIFIQUE

# Vocabulaire



( CSV courbe de saturation vapeur - CSL courbe de saturation liquide )

- \* 2-CSV : la desurchauffe
- \* CSV-7 : La surchauffe
- \* CSL-4 : Le sous-refroidissement
- \* CSV-1 : La surchauffe totale
- \* CSL-5 : Le sous refroidissement total

## TRACE DU CYCLE FRIGORIFIQUE

