

Le diagramme enthalpique

I - Définitions :

Le diagramme enthalpique permet de suivre l'évolution de la pression, de la température, de l'enthalpie, de l'entropie, du volume massique, du mélange liquide - vapeur d'un fluide frigorigène dans un système frigorifique. Il existe un diagramme enthalpique pour chaque fluide frigorigène.

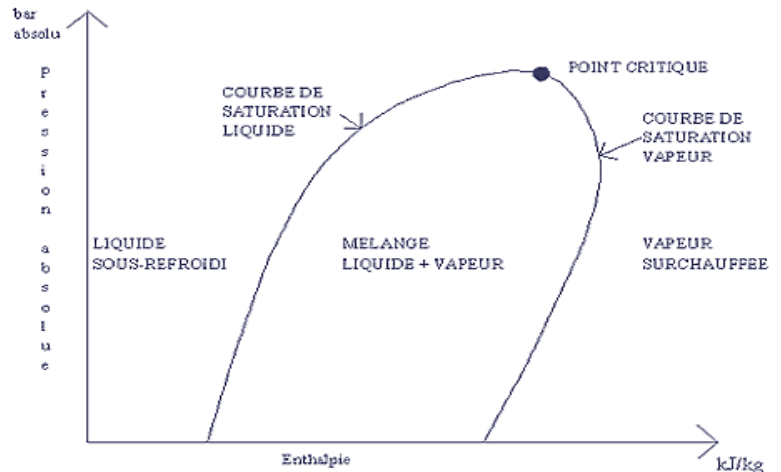
Sur le diagramme enthalpique, on peut suivre les différents changements d'état du fluide.

Le diagramme est délimité en abscisse par l'échelle des enthalpies et en ordonnée par l'échelle des pressions. Les courbes de saturation se rejoignent au point critique et divisent le diagramme en trois parties :

- Zone de liquide sous-refroidi
- Zone de mélange liquide +vapeur
- Zone de vapeur surchauffée

Ces trois zones correspondent aux différents états du fluide frigorigène dans un système frigorifique.

Au dessus, du point critique un changement d'état n'est plus possible.



II - Evolution des différents paramètres :

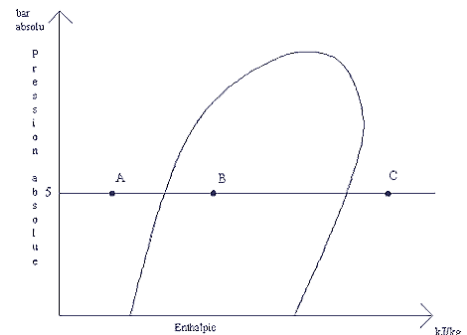
1. La pression :

L'échelle des pressions évolue parallèlement à l'axe des enthalpies. Une transformation qui s'effectue à pression constante est une transformation **ISOBARE**.

Pression en A = Pression en B = Pression en C = 5 bar absolu

Symbole de la pression : P

Unité de la pression : bar



2. L'enthalpie :

L'échelle des enthalpies évolue parallèlement à l'axe des pressions.

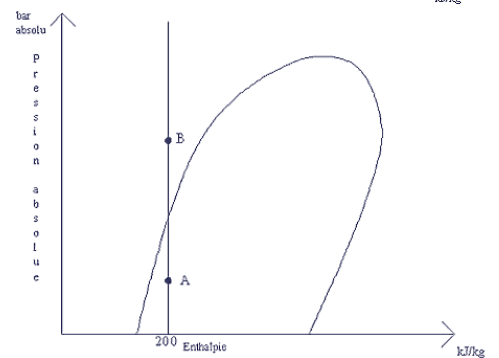
L'enthalpie représente l'énergie totale emmagasinée par 1 kg de fluide frigorigène pour une pression et une température donnée.

Une transformation qui s'effectue à enthalpie constante est une transformation **ISENTHALPE**

enthalpie en A = enthalpie en B = 200 kJ/kg

Symbole de l'enthalpie : h

Unité de l'enthalpie : kJ / kg



3. La température :

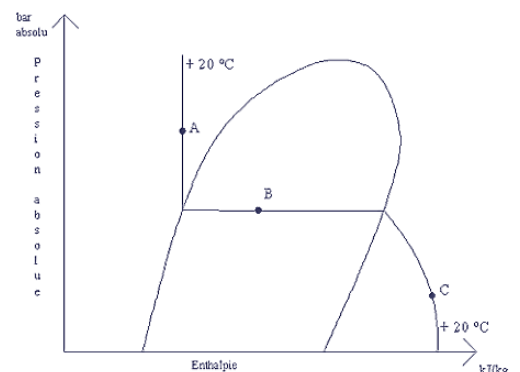
Dans la zone de mélange liquide + vapeur, la température et la pression sont liées (relation Pression / Température). Dans les autres zones la température et la pression ne sont pas liées.

Une transformation qui s'effectue à température constante est une transformation **ISOTHERME**

température en A = température en B = température en C = + 20 °C

Symbole de la température : q

Unité de température : °C



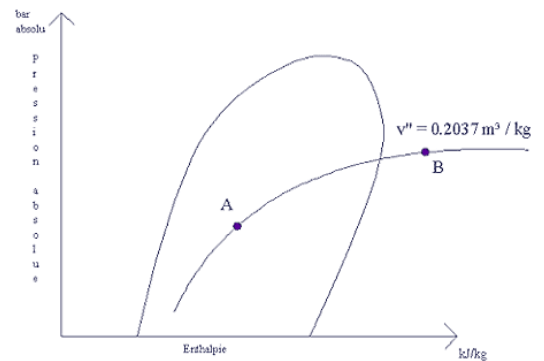
4. Le volume massique :

Le volume massique représente le volume occupé par 1 kilogramme de fluide frigorigène.
Une transformation qui s'effectue à volume massique constant est une transformation **ISOCHORE**

volume massique en A = volume massique en B = $0,2037 \text{ m}^3/\text{kg}$

Symbole du volume massique : v''

Unité du volume massique : m^3 / kg



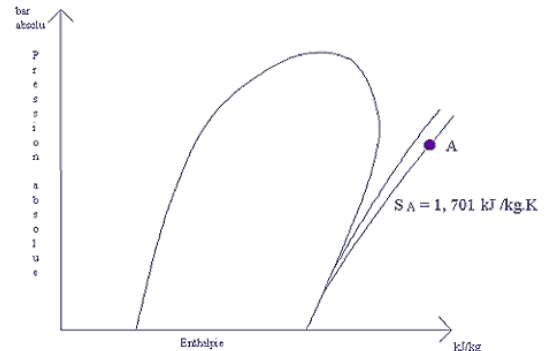
5. L'entropie :

L'entropie représente l'énergie interne emmagasinée par 1 kg de fluide frigorigène et par degré Kelvin.
Une transformation qui s'effectue à entropie constante est une transformation **ISENTROPE**

entropie en A = $1,701 \text{ kJ} / \text{kg.K}$

Symbole de l'entropie : s

Unité de l'entropie : $\text{kJ} / \text{kg.K}$



6. Le titre :

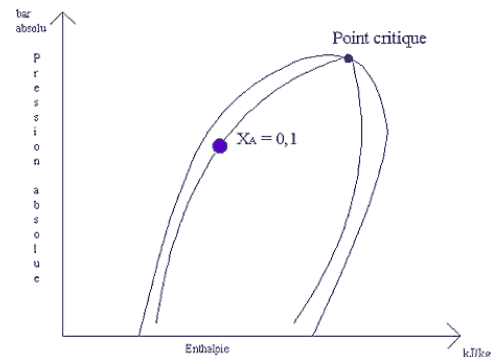
Le titre représente le pourcentage de vapeur par rapport au liquide.

Si le titre reste constant, on parle de **ISOTITRE**

titre en A = $0,1$ (10 % de vapeur et 90 % de liquide)

symbole du titre : x

pas d'unité



III - LE CYCLE FRIGORIFIQUE :

1. Evolution du fluide frigorigène dans le circuit frigorifique :

Un système frigorifique se définit toujours par rapport à ces températures de fonctionnement.

La température de condensation qui dépend de la température du médium de condensation de l'air ou de l'eau.

La température d'évaporation qui dépend de la température de conservation et de l'humidité relative.

Exemple: Des pommes

Température de conservation - 1 à + 3 °C avec une humidité relative de 85 à 90 %

2. Détermination de la température de condensation :

La température de l'air extérieure est de + 20 °C

Le $\Delta\theta$ totale du condenseur est de 10 °C

La température de condensation θ_k sera donc de :

Température de condensation θ_k = Température de l'air extérieure + $\Delta\theta$ totale du condenseur

$\theta_k = (+ 20) + 10 = + 35 \text{ °C}$

3. Détermination de la température d'évaporation :

La température intérieure de la chambre froide est de -5°C

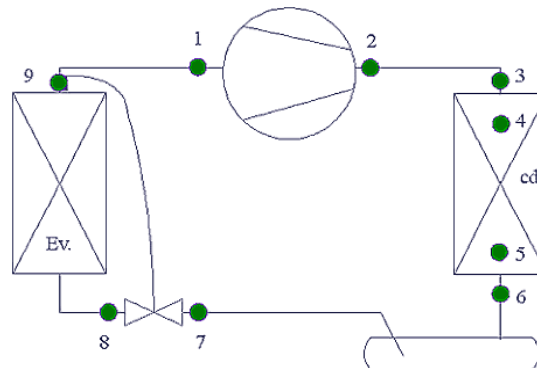
L'humidité relative de la chambre froide est de 90 %. ce qui correspond à un $\Delta\theta$ totale de 5°C

La température d'évaporation θ_0 sera donc de :

Température d'évaporation $\theta_0 =$ Température de la chambre froide - $\Delta\theta$ totale à l'évaporateur

$$\theta_0 = (-5) - 5 = -10^{\circ}\text{C}$$

Schéma fluide de l'installation et points caractéristiques



4. La surchauffe des vapeurs à la sortie de l'évaporation :

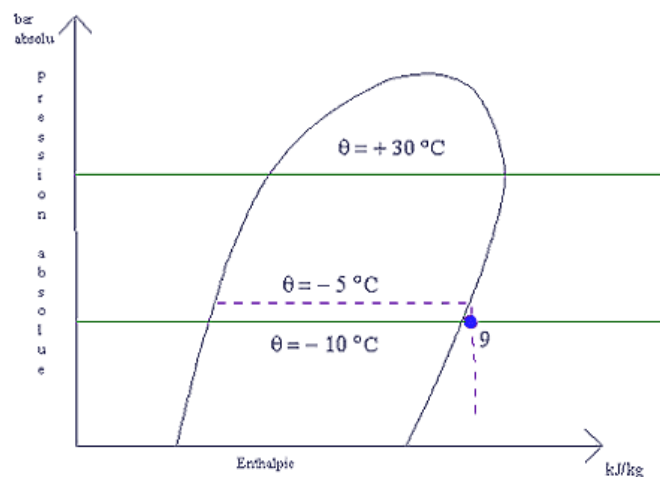
Les vapeurs saturées, en fin d'évaporation, sont surchauffées pour garantir 100 % de vapeur à l'entrée du compresseur et éviter ainsi des coups de liquide au compresseur.

La surchauffe est de 5°C

La température au point 9 sera donc de :

$$\theta_9 = \theta_0 + 5^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_9 = (-10) + 5 = -5^{\circ}\text{C}$$



5. La surchauffe des vapeurs dans la ligne d'aspiration :

Les vapeurs surchauffées sortant de l'évaporateur se dirigent vers le compresseur.

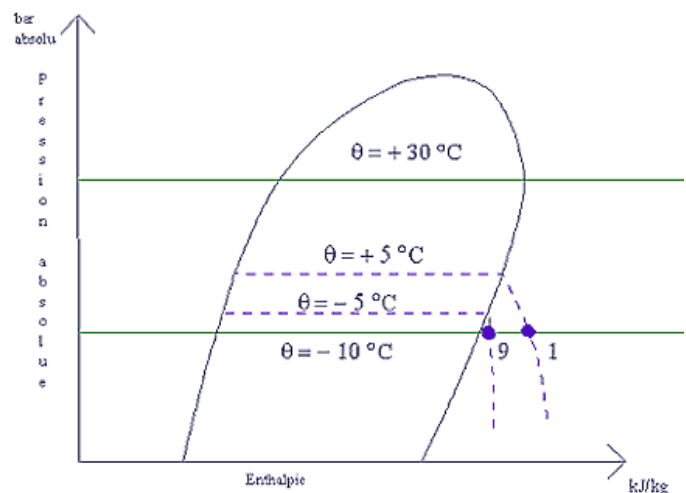
Les vapeurs surchauffées reçoivent de la chaleur du milieu extérieur. Donc, la température des vapeurs surchauffées augmente.

La surchauffe des vapeurs dans la ligne d'aspiration est de 10°C

La température au point 1 sera donc de :

$$\theta_1 = \theta_9 + 10^{\circ}\text{C}$$

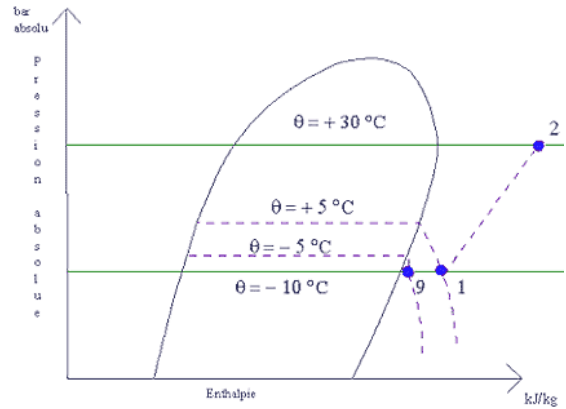
$$\theta_1 = (-5) + 10 = +5^{\circ}\text{C}$$



6. La compression :

Les vapeurs surchauffées suivent pendant la compression les courbes d'entropie.

Le point 2 se situe à l'intersection de la courbe d'entropie et de l'isobare passant par $+30\text{ °C}$

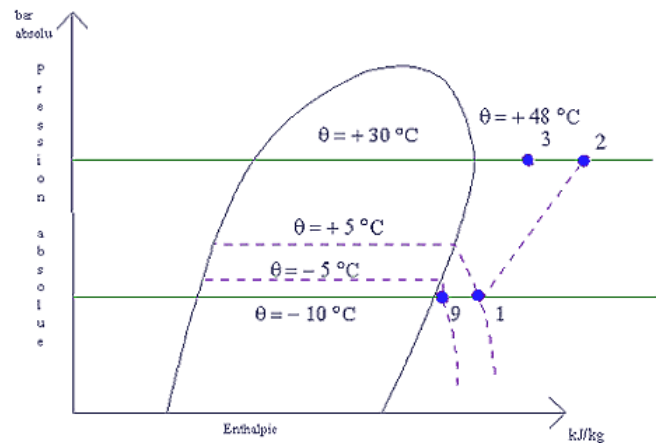


7. La désurchauffe des vapeurs dans la tuyauterie de refoulement :

Les vapeurs surchauffées sortant du compresseur se dirigent vers le condenseur et en contact avec le milieu extérieur les vapeurs subissent une désurchauffe.

La température au point 3 est de :

$$\theta_3 = +48\text{ °C}$$



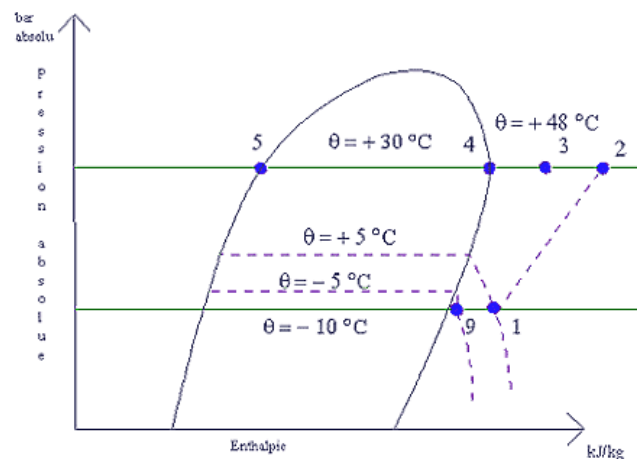
8. La condensation :

Les vapeurs surchauffées entrent dans le condenseur qui se scinde en trois parties.

Le désurchauffe point 3 vers le point 4

La condensation point 4 vers le point 5

$$\theta_4 = \theta_5 = +30\text{ °C}$$



9. Le sous refroidissement du liquide :

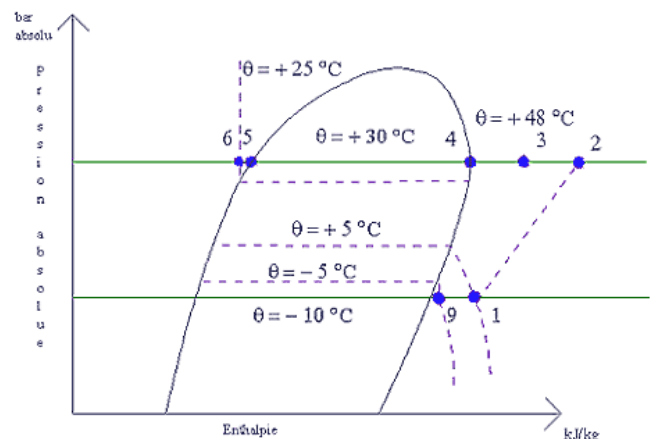
La troisième partie du condenseur est la zone de sous refroidissement.

Le sous refroidissement peut être plus ou moins important et il est très utile au fonctionnement du système.

Le sous refroidissement est de 5 °C

$$\theta_6 = \theta_5 - 5\text{ °C}$$

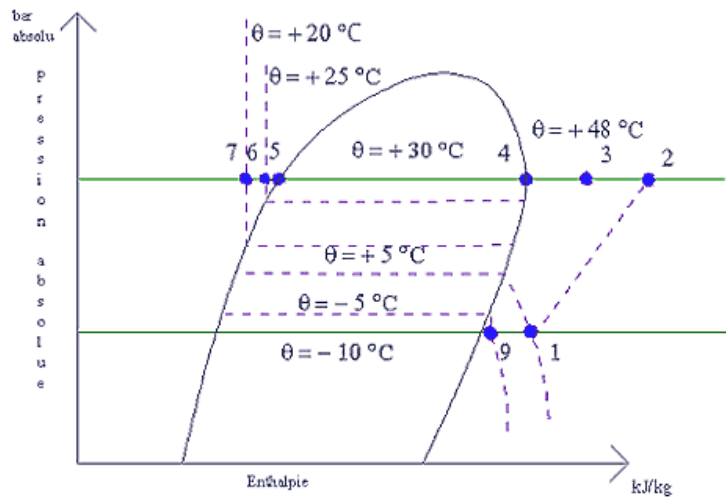
$$\theta_6 = (+30) - 5 = +25\text{ °C}$$



10. Le sous refroidissement dans la ligne liquide :

Le liquide sortant du condenseur subit un refroidissement entre la sortie du condenseur et l'entrée du détendeur.

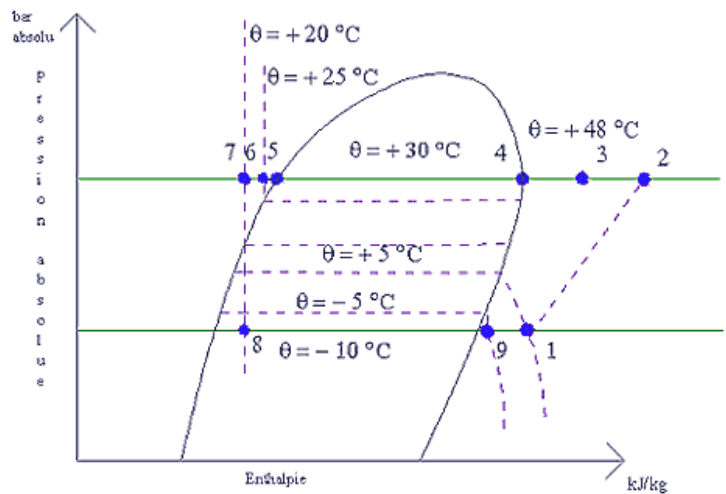
Le refroidissement est de : 5°C
 $\theta_7 = \theta_6 - 5^{\circ}\text{C}$



11. La détente :

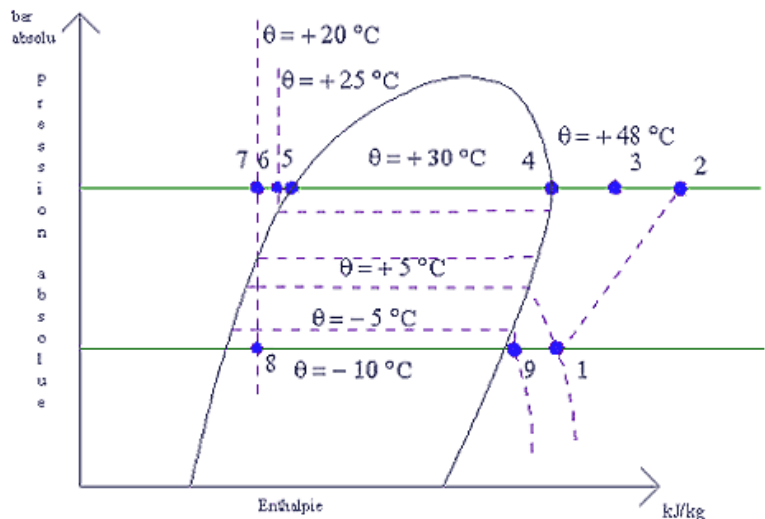
La détente est adiabatique. Donc, l'enthalpie du point 7 est égale à l'enthalpie du point 8
 La température au point 8 est de :

$$\theta_8 = -10^{\circ}\text{C}$$



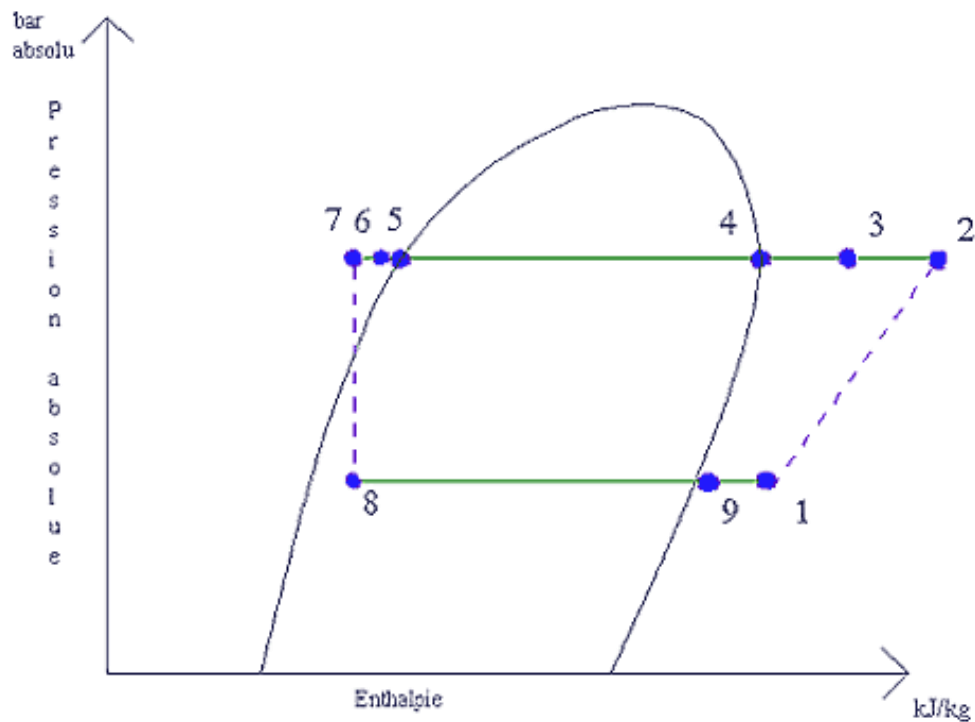
12. L'évaporation :

L'évaporation point 8 vers le point 9



13. Le cycle frigorifique :

On obtient ainsi le cycle frigorifique.



Maintenant, on peut déterminer les caractéristiques de tous les points.

