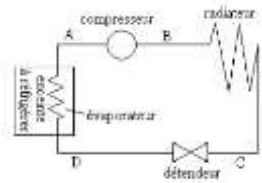
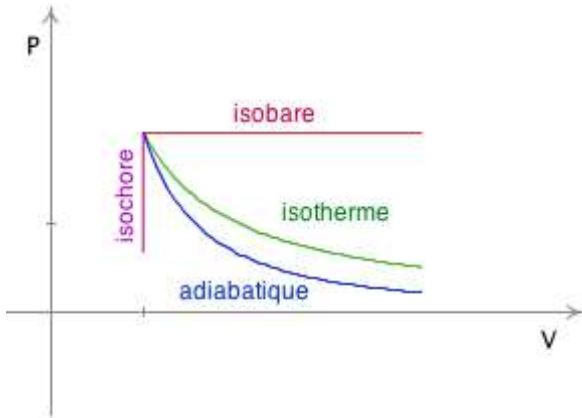


ACTIVITÉ CYCLE THERMODYNAMIQUE



I. LES DIAGRAMMES THERMODYNAMIQUES

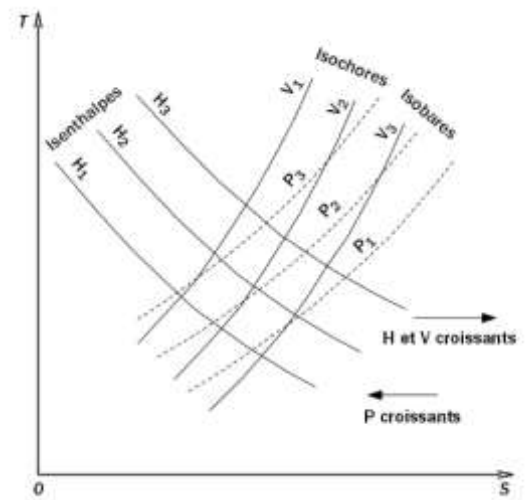
a. Diagramme de Clapeyron (P, V)



Le diagramme de Clapeyron est le diagramme où chaque état est représenté par la valeur des deux paramètres **P** la **pression** et **V** le **volume**. Il n'est autre que la projection sur le plan (p,v) de la surface caractéristique. On y retrouve en particulier les courbes de saturation liquide et vapeur avec raccordement au point critique (palier de vaporisation nul). Une des propriétés de ce diagramme est de permettre le calcul du **travail** reçu lors d'une évolution.

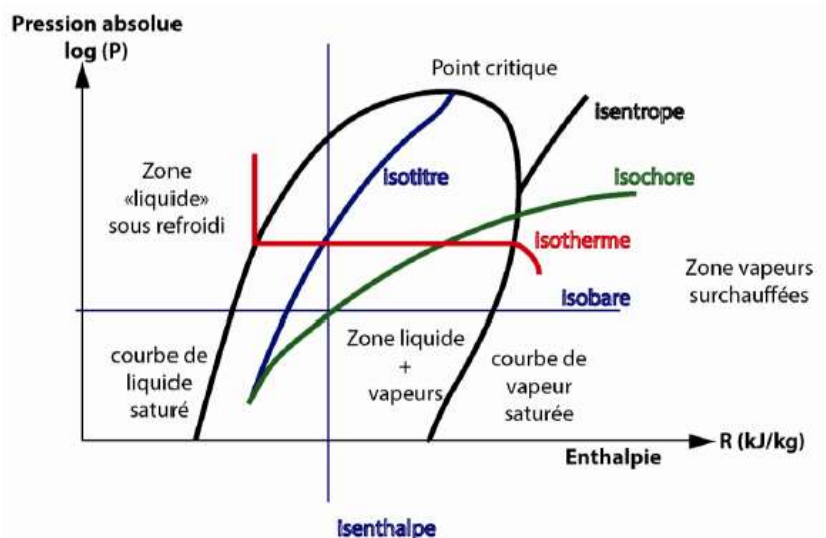
b. Diagramme thermodynamique entropique de Clapeyron (T, S)

Le diagramme **entropique** T-S est le diagramme où chaque état est représenté par la valeur des deux paramètres : **T** la température et **S** l'entropie. Il n'est autre que la projection sur le plan (T, S) de la surface caractéristique. On y retrouve en particulier : les **isothermes** sous forme de lignes horizontales (T constante) et les **isentropiques** sous forme de lignes verticales (S constante). Les zones de changement d'état (fusion, vaporisation) apparaissent comme des **paliers** horizontaux où la température reste constante pendant que l'entropie augmente. Une des propriétés de ce diagramme est de permettre le calcul de la **quantité de chaleur échangée** lors d'une évolution : $Q = \int T dS \rightarrow$ C'est l'aire sous la courbe.



c. Diagramme de Mollier

Le diagramme de Mollier, appelé diagramme thermodynamique, permet de représenter l'évolution d'un fluide frigorigène à travers un cycle de climatisation en fonction de la **pression**, de la **température** et de l'**enthalpie**. Chaque gaz frigorigène a son propre diagramme de Mollier, avec des variations de température et de pression spécifiques. Ce diagramme porte en abscisses, l'enthalpie h en kJ/kg (contenu en énergie du fluide) et en ordonnées, la pression absolue P sur une échelle logarithmique en bars (10^3 Pa).



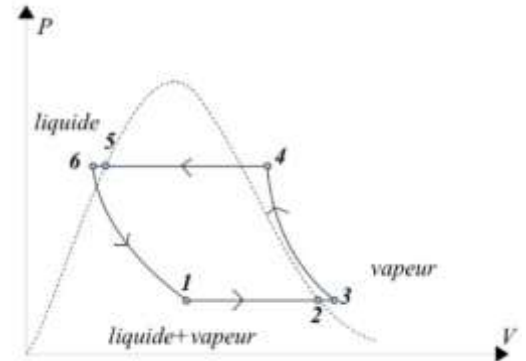
II. LES QUATRE PHASES D'UN CYCLE FRIGORIFIQUE

Le cycle frigorifique **compression, condensation, détente, évaporation** est un principe thermodynamique utilisant les propriétés physiques d'un fluide pour assurer un transfert de chaleur ou d'énergie. Le circuit frigorifique comporte **quatre** éléments essentiels : le compresseur, le condenseur, le détendeur, l'évaporateur.

a) Diagramme de Clapeyron (P, V)

Le diagramme P-V permet de représenter les différentes étapes du cycle frigorifique.

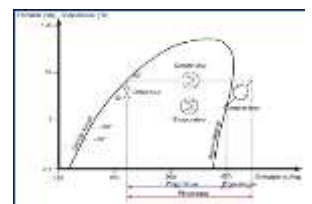
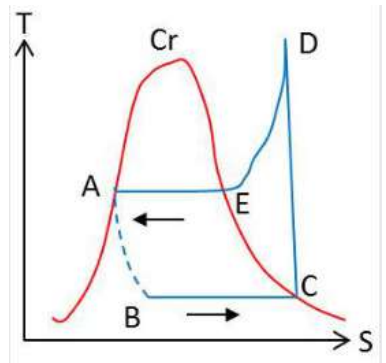
La compression augmente la pression et réduit le volume (courbe ascendante), la condensation à pression constante réduit le volume en transformant la vapeur en liquide, la détente diminue la pression et augmente le volume, et l'évaporation à pression constante augmente le volume en transformant le liquide en vapeur ; le fluide frigorigène circule et échange de l'énergie dans l'installation. Sur le diagramme P-V, les lignes **horizontales** représentent les transformations à **pression constante**. (cas de la condensation et de l'évaporation dans le cycle frigorifique). Pendant la **condensation**, le volume diminue car le fluide cède de la chaleur. Pendant **l'évaporation**, le volume augmente car le fluide absorbe de la chaleur. Ces deux étapes se font à **température constante** (changement d'état).



b. Diagramme thermodynamique entropique de Clapeyron (T, S)

Le diagramme (T, s) permet de représenter les différentes étapes du cycle frigorifique.

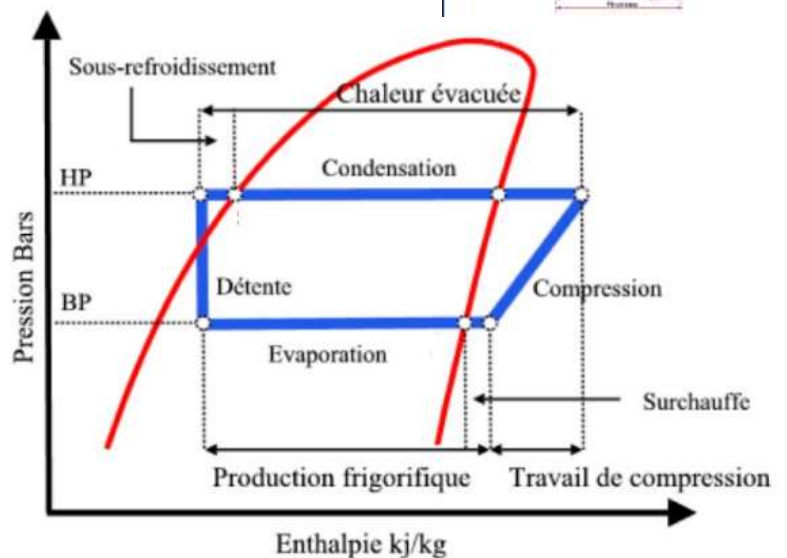
La compression se fait sans changement d'entropie (ligne **verticale**), la condensation à température constante réduit l'entropie, la détente augmente l'entropie sans changer l'enthalpie, et l'évaporation à température constante augmente l'entropie en absorbant de la chaleur ; le fluide frigorigène circule et échange de l'énergie dans l'installation. Sur le diagramme (T, s), les lignes horizontales représentent les transformations à **température** constante. C'est le cas de la condensation et de l'évaporation dans un cycle frigorifique idéal : pendant la condensation, l'entropie **diminue** car le fluide cède de la chaleur, tandis que pendant l'évaporation, l'entropie **augmente** car le fluide absorbe de la chaleur. Ces deux étapes se font à pression constante.



c. Diagramme de Mollier

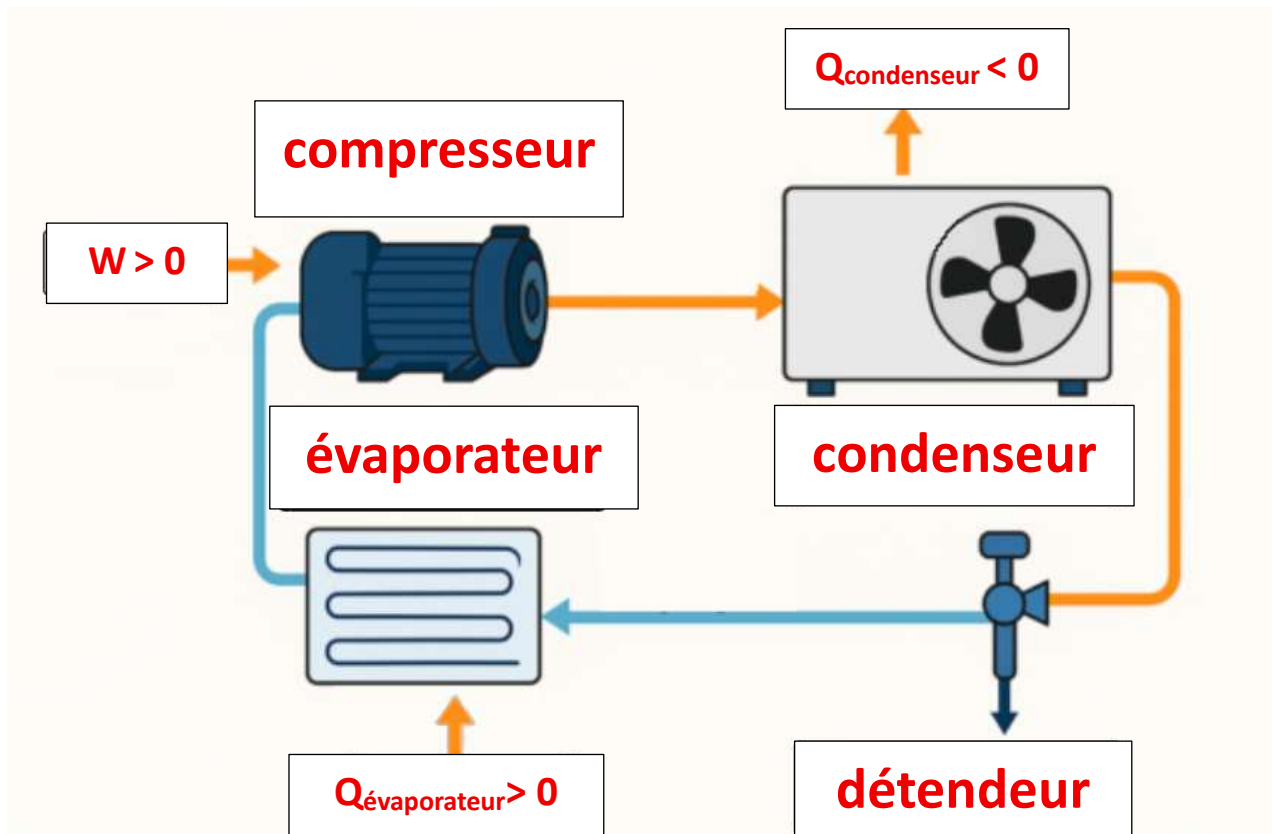
Les étapes de transformations :

- 1 → 2 : **compression adiabatique réversible (isentropique)** : au point 1, le liquide est entièrement vaporisé (vapeur saturée sèche).
- 2 → 2' : désurchauffe isobare des vapeurs.
- 2' → 3' : **condensation isotherme et isobare**, il y a liquéfaction. La différence d'enthalpie entre 2' et 3' représente la quantité de chaleur cédée par le condenseur au milieu extérieur.
- 3' → 3 : refroidissement isobare.
- 3 → 4 : **détente isenthalpique** du liquide frigorigène au travers d'une vanne de laminage.
- 4 → 1 : **évaporation isotherme et isobare** qui ramène le fluide à son état initial.



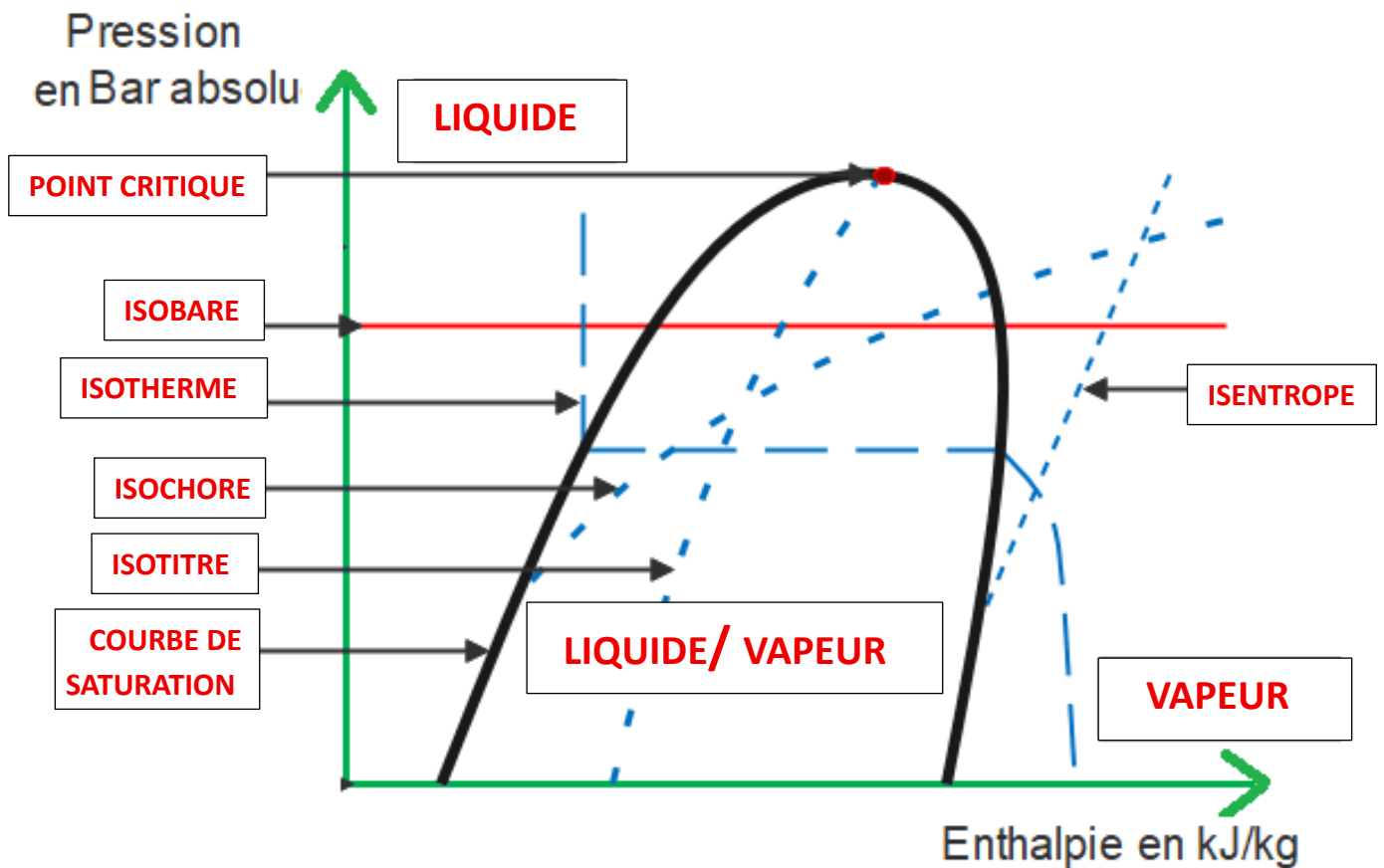
Exercice 1 : Schéma

Compléter le schéma de fonctionnement d'un groupe froid



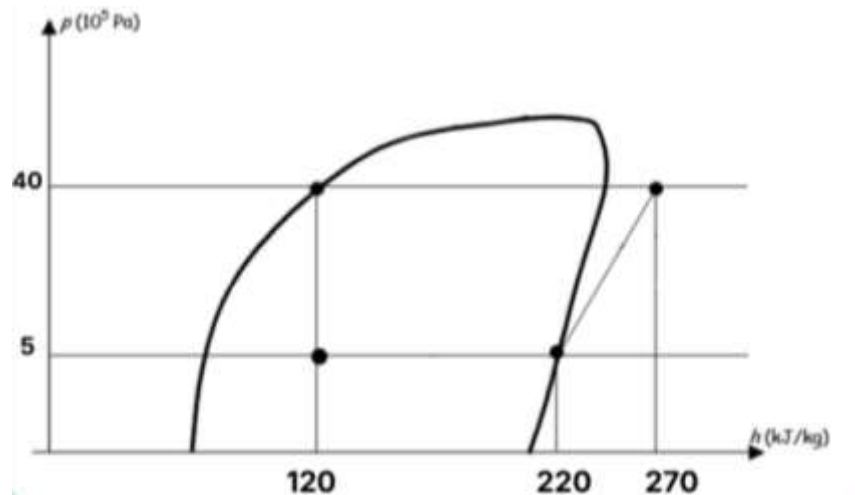
Exercice 2 : Graphique (P,H)

Compléter les composantes essentielles du diagramme enthalpique



Exercice 3 : Réfrigérateur

Déterminer la chaleur dans le condenseur Q_{cond} , la chaleur dans l'évaporateur $Q_{\text{évap}}$ et le travail du compresseur W puis en déduire le COP du cycle d'un FRIGO.



$$Q_{\text{cond}} = h_3 - h_2 = 120 - 270 = -150 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

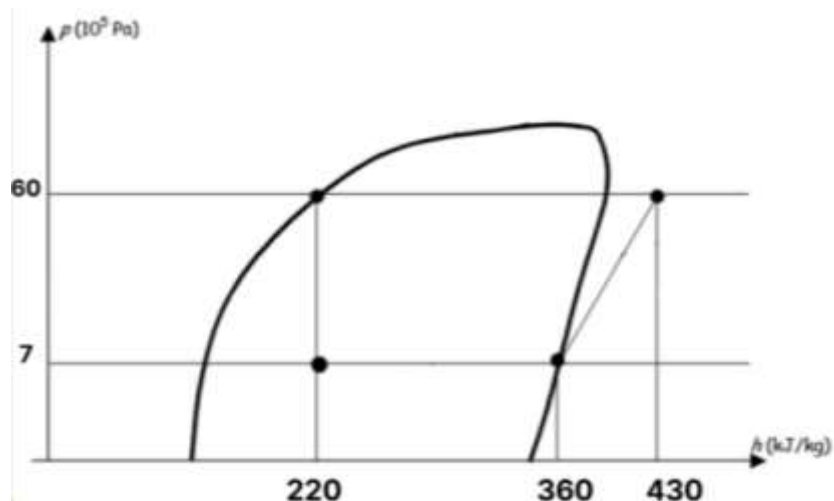
$$Q_{\text{évap}} = h_1 - h_4 = 220 - 120 = 100 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$W = h_2 - h_1 = 270 - 220 = 50 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\text{COP}_{\text{réel}} = Q_{\text{évap}} / W = 100 / 50 = 2$$

Exercice 4 : PAC

Déterminer la chaleur dans le condenseur Q_{cond} , la chaleur dans l'évaporateur $Q_{\text{évap}}$ et le travail du compresseur W puis en déduire le COP du cycle d'une PAC.



$$Q_{\text{cond}} = h_3 - h_2 = 220 - 430 = -210 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$Q_{\text{évap}} = h_1 - h_4 = 360 - 220 = 140 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$W = h_2 - h_1 = 430 - 360 = 70 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\text{COP}_{\text{réel}} = |Q_{\text{cond}}| / W = -(-210) / 70 = 3$$