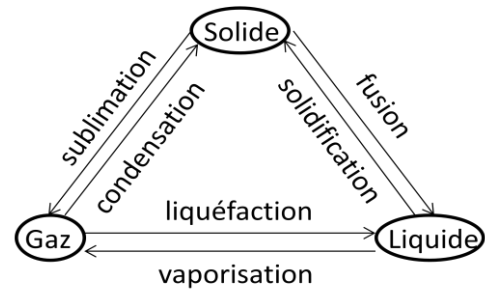


Diagrammes d'état des fluides réels purs

1 Etats physiques d'un corps pur

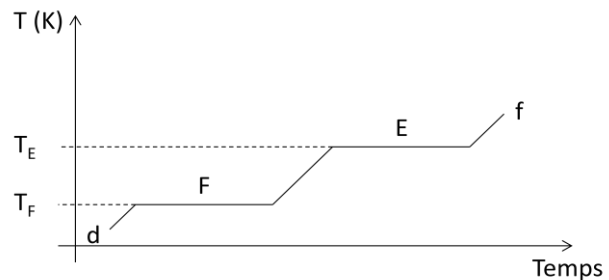
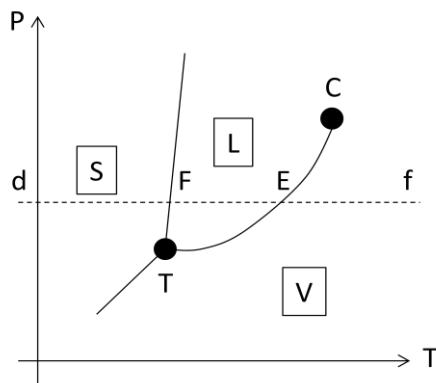
3 états physiques différents d'un corps pur :

- **solide** : les atomes ou molécules occupent une place déterminée, un ordre existe.
- **liquide** : les atomes ou molécules se déplacent les uns par rapport aux autres. Cet état est qualifié de condensé car la distance entre atomes ou molécules voisins est faible.
- **gaz** : les distances entre particules sont beaucoup plus grandes, c'est l'état le moins ordonné.



2 Diagramme de phases (P, T)

Pour un corps pur diphasé soumis aux seules forces de pression : donnée de deux paramètres intensifs (ex : P ou T) pour caractériser un état d'équilibre.



Les **changements d'état** se font à **température constante**, donc à **pression constante**.

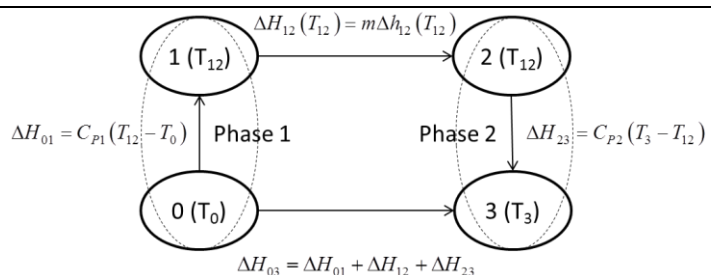
3 Fonctions d'état

3.1 Enthalpie de changement d'état

L'enthalpie associée à un changement de phase $\Delta H_{12}(T_{12})$ ou **enthalpie de changement d'état** est définie comme l'énergie thermique que le corps pur peut emmagasiner ou restituer lors d'un changement d'état.

Enthalpie massique de changement d'état $l(T_{12})$ ou $\Delta h_{12}(T_{12})$:

$$\Delta H_{12}(T_{12}) = m \times l(T_{12}) = m \times \Delta h_{12}(T_{12})$$



Ordres de grandeurs : Enthalpies massiques de vaporisation :

- pour l'eau sous pression $P = 10^5 \text{ Pa}$: $l_v(373) = 2660 \text{ kJ.kg}^{-1}$ sous $T = 373 \text{ K}$
- pour un fluide utilisé dans une machine frigorifique : $l_v(373) \approx 170 \text{ kJ.kg}^{-1}$

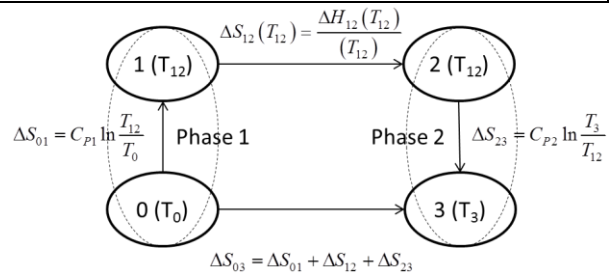
3.2 Entropie de changement d'état

3.2.1 Lors du changement d'état

L'entropie massique de changement d'état associée au changement de phase 1-2, $\Delta s_{12}(T_{12})$, est reliée à l'enthalpie massique de changement d'état par :

$$\Delta s_{12}(T_{12}) = \frac{\Delta h_{12}(T_{12})}{T_{12}} \quad (1)$$

Signe de l'entropie massique donne le sens du transfert d'énergie.



4 Equilibre liquide-vapeur

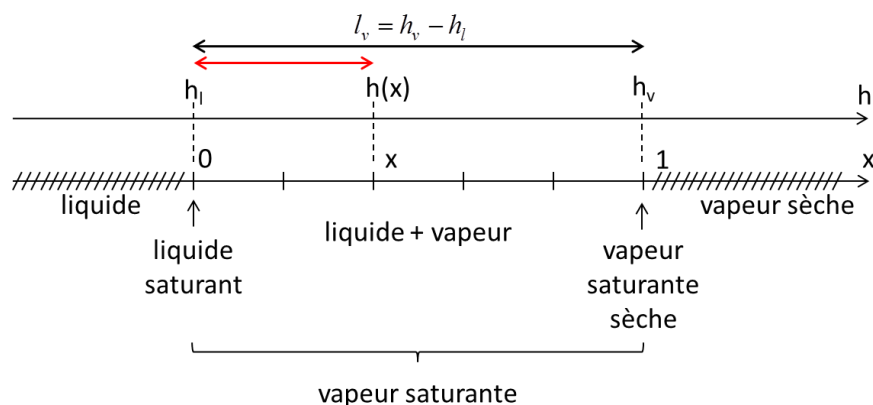
4.1 Titre massique en vapeur

On définit le **taux de vapeur** ou **titre massique en vapeur**, x , par : $x = \frac{m_v}{m} = \frac{m_v}{m_v + m_l}$

4.2 Règle des moments

La **règle des moments** permet de trouver la valeur de fonctions intensives du fluide au cours de son changement d'état connaissant son titre massique en vapeur, x . On l'énonce pour le volume, l'enthalpie et l'entropie massique :

$$v = v_l + (v_v - v_l)x \quad \text{ou} \quad h(x) = h_l + (h_v - h_l)x \quad \text{ou} \quad s(x) = s_l + (s_v - s_l)x \quad (2)$$



5 Diagramme de Clapeyron (P,v)

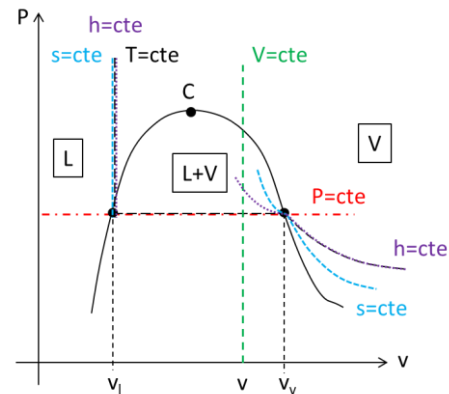
Dans un diagramme de Clapeyron, on représente la pression, P , du système en fonction du volume massique du corps pur, v .

Trois zones peuvent être distinguées qui sont séparées par les courbes de rosée et d'ébullition :

- la zone de liquide seul
- la zone d'équilibre liquide-vapeur
- la zone de vapeur sèche

Le point critique, C, se trouve à la jonction entre les courbes de rosée et d'ébullition.

Courbes dans la limite du gaz parfait et du liquide incompressible et indilatable :



6 Diagramme entropique (T,s)

Dans un diagramme (T,s), on représente la température du système (T) en fonction de l'entropie massique du système (s).

Trois zones peuvent être distinguées qui sont séparées par les courbes de rosée et d'ébullition :

- la zone de liquide seul
- la zone d'équilibre liquide-vapeur
- la zone de vapeur sèche

Le point critique, C, se trouve à la jonction entre les courbes de rosée et d'ébullition.

Courbes dans la limite du gaz parfait et du liquide incompressible et indilatable :

