

# Diagrammes d'état des fluides réels purs

## Enthalpie de changement d'état

$\Delta H_{12}(T_S)$  : **enthalpie de changement d'état** = énergie thermique que le corps pur de masse  $m$  peut emmagasiner ou restituer lors d'un changement d'état.

$$\Delta H_{12}(T_S) = m \times l_{12}(T_S) = m \times \Delta h_{12}(T_S) \text{ avec } l_{12}(T_S) = \Delta h_{12}(T_S), \text{ l'enthalpie massique de changement d'état}$$

OdG : Enthalpie massique de vaporisation de l'eau sous  $P = 10^5 Pa, T = 373K$  :  $l_v(373) = 2660 kJ.kg^{-1}$

Energie récupérable par transfert thermique lors de la liquéfaction isobare d'un fluide :

$$Q_P = \Delta H = m(h_l(T_S) - h_v(T_S)) = -ml_v(T_S)$$

$h_v(T_S)$  : enthalpie massique du système sous forme de vapeur saturante sèche

$h_l(T_S)$  : enthalpie massique du système sous forme de liquide saturant

$l_v(T_S)$  : enthalpie massique de vaporisation du gaz sous la température  $T_S$

## Entropie de changement d'état

L'entropie massique de changement d'état,  $\Delta s_{12}(T_S)$ , est reliée à l'enthalpie massique de changement d'état par :

$$\Delta s_{12}(T_S) = \frac{\Delta h_{12}(T_S)}{T_S}$$

Vaporisation, Fusion, Sublimation : entropie et enthalpie massique de changement d'état positives car demandent un apport de chaleur

## Titre massique en vapeur et règle des moments

L'état du corps pur est défini par deux paramètres

intensifs : - la pression,  $P_S$ , ou la température,  $T_S$

- la proportion de masse de vapeur,  $m_v$  ou

Taux de vapeur ou titre massique en vapeur,  $x$  :

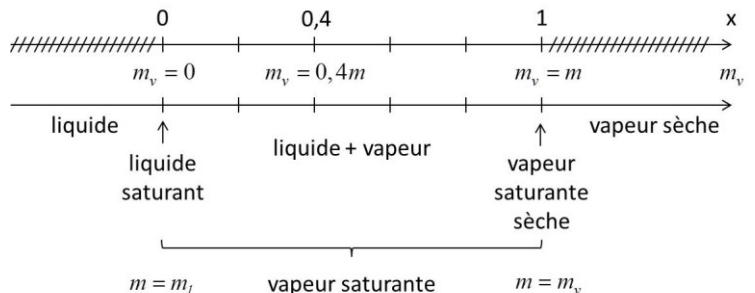
$$x = \frac{m_v}{m} = \frac{m_v}{m_v + m_l}$$

Règle des moments :

$$v(T_S, x) = v_l(T_S) + (v_v(T_S) - v_l(T_S))x$$

$$h(T_S, x) = h_l(T_S) + (h_v(T_S) - h_l(T_S))x$$

$$s(T_S, x) = s_l(T_S) + (s_v(T_S) - s_l(T_S))x$$

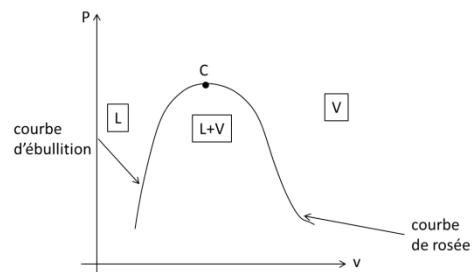


## Diagramme de Clapeyron (P,v)

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.



**Isothermes :**

Si  $T_1 < T_{crit}$  :

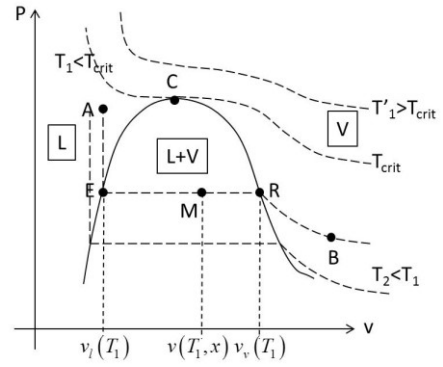
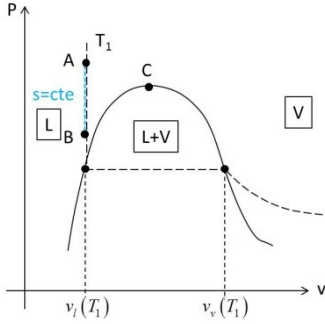
- Phase liquide : droite verticale
- Système diphasé : droite horizontale = palier de saturation ou de changement d'état
- Phase vapeur : hyperbole ( $P = \frac{RT}{Mv}$ )

**Règle des segments :**

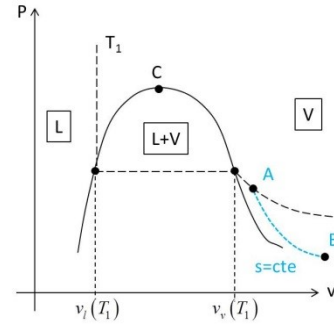
$$x = \frac{v(T_S, x) - v_l(T_S)}{v_v(T_S) - v_l(T_S)} = \frac{EM}{ER}$$

**Iisentropiques :**

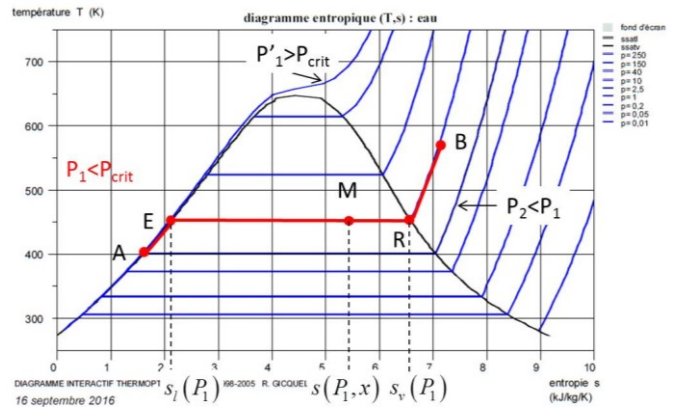
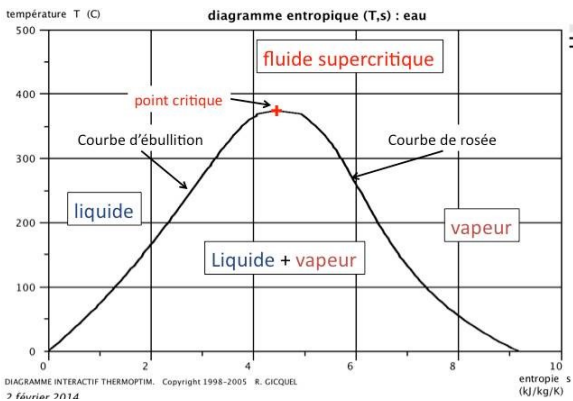
- Phase liquide :  $ds = c \frac{dT}{T} = \text{isotherme}$



- Phase vapeur :  $Pv^\gamma = cte$  : hyperbole de pente supérieure à celle d'une isotherme.



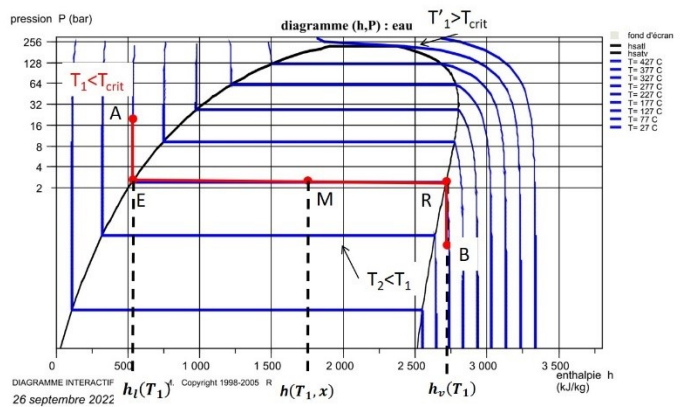
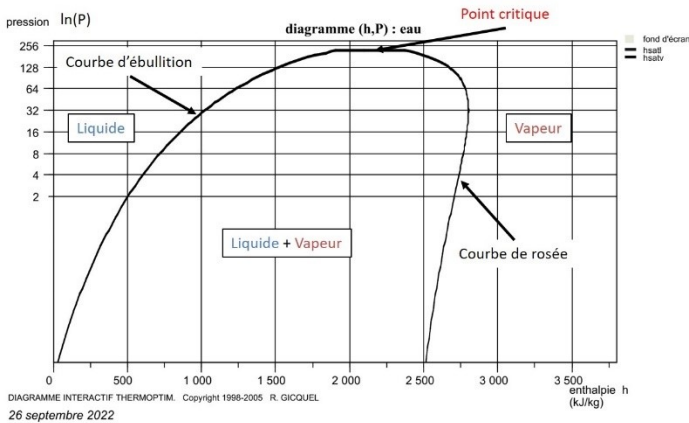
**Diagramme entropique (T,s)**



**Règle des segments :**

$$x = \frac{s(T_S, x) - s_l(T_S)}{s_v(T_S) - s_l(T_S)} = \frac{EM}{ER}$$

**Diagramme des frigoristes (P,h)**



**Règle des segments :**

$$x = \frac{h(T_S, x) - h_l(T_S)}{h_v(T_S) - h_l(T_S)} = \frac{EM}{ER}$$