

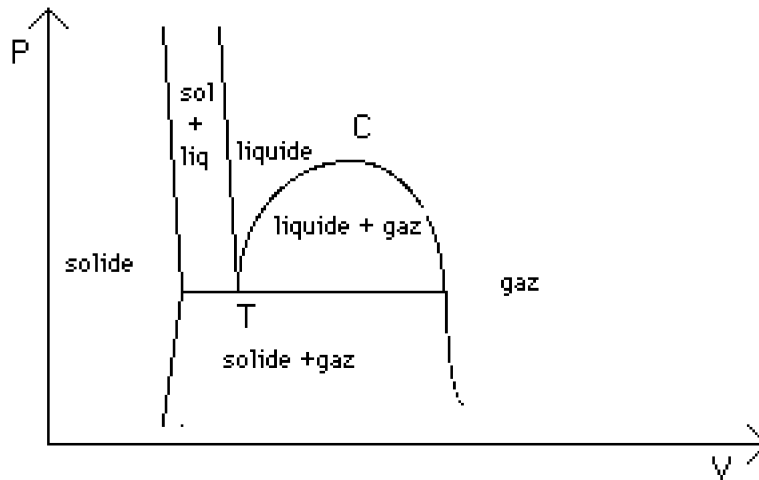
CHAPITRE 3 PROPRIETES DES CORPS PURS

I SOLIDES - LIQUIDES - GAZ

Les solides sont des corps ayant un volume et une forme propre, peu compressibles, du moins pour les valeurs usuelles de la pression.

Les liquides sont aussi des fluides peu compressibles, ayant un volume propre et prenant la forme de la partie inférieure des volumes qu'ils occupent. Le volume est pratiquement constant à température constante (indépendant de la pression).

Les gaz sont des fluides compressibles sans forme ni volume propre. Ils occupent tout l'espace qui leur est disponible.



Le point critique C limite le domaine du changement d'état liquide - gaz. En ce point, liquide et gaz ont les mêmes propriétés; au delà de ce point l'état liquide n'existe plus.

Le point triple T représente l'état où solide, liquide et gaz sont en équilibre. Il correspond à des valeurs uniques de la pression, du volume massique et de la température.

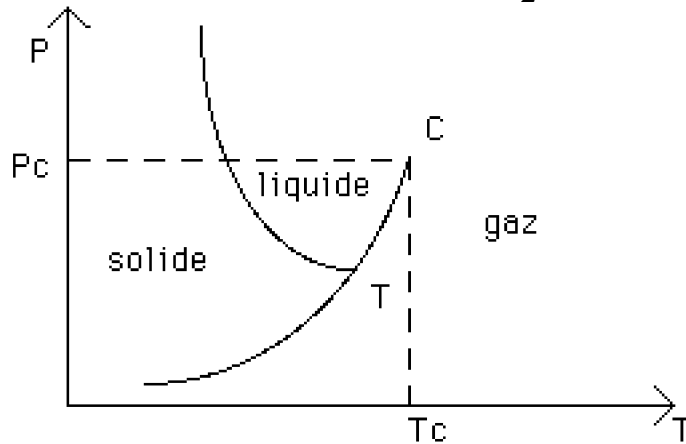
Courbe de vaporisation de l'eau: Pression en fonction de la température

θ °C	0	20	40	60	80	100	
P mm Hg	4.6	17.5	55.3	149	355	760	

Ce tableau donne:

- pour une pression donnée, la température d'ébullition
- pour une température donnée, la pression de saturation

2



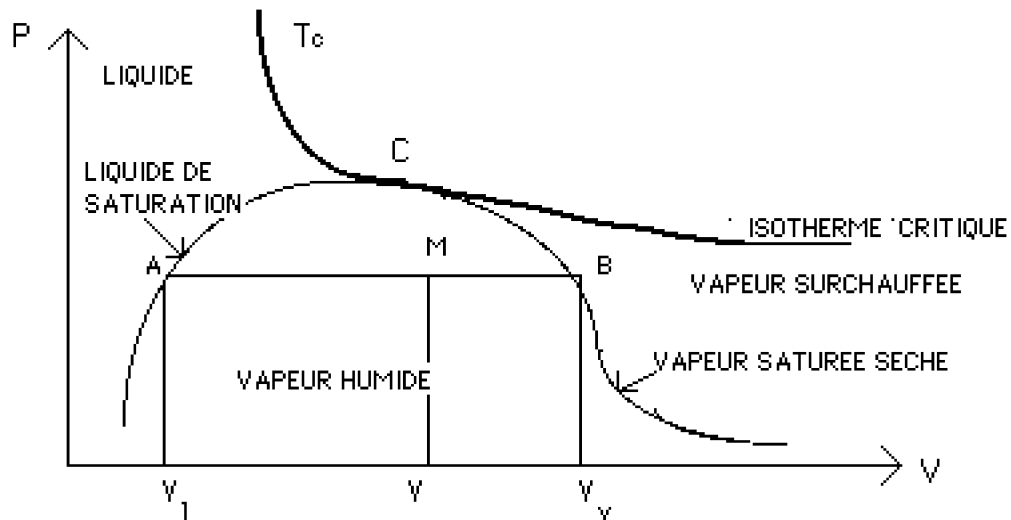
Pour l'eau:

$$\begin{cases} P_c = 22.09 \text{ MPa} \\ T_c = 647.29 \text{ K} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_T = 0.6113 \text{ kPa} \\ T_T = 273.16 \text{ K} \end{cases}$$

air	$P_c = 3.77 \text{ MPa}$	fréon11	$P_c = 4.38 \text{ MPa}$	CO ₂	$P_T = 516.6 \text{ kPa}$	$P_c = 7.3 \text{ MPa}$
	$T_c = 132.5$		$T_c = 471.2 \text{ K}$		$T_T = 216.6 \text{ K}$	$T_c = 304.2 \text{ K}$

II LIQUIDE- VAPEUR

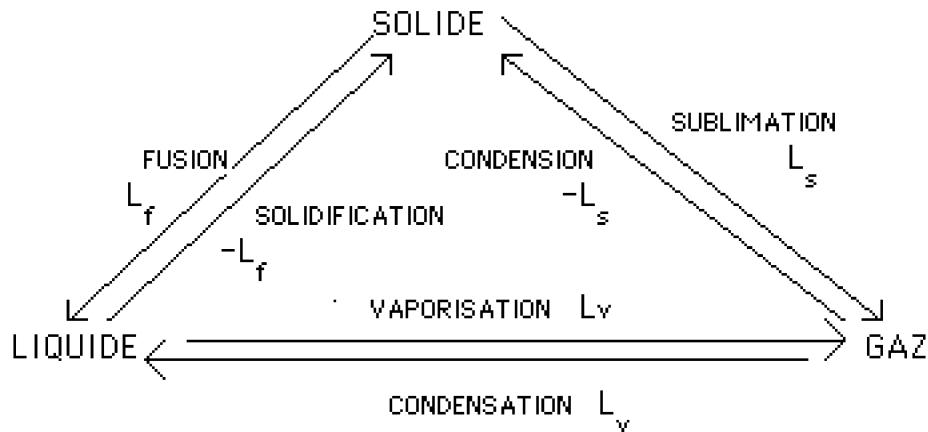


Le titre en vapeur de la vapeur humide au point M est $x = \frac{AM}{AB}$ et représente la fraction de vapeur dans le mélange $x = \frac{V - V_l}{V_v - V_l}$

Les systèmes diphasiques liquide-vapeur (gaz) sont à la base du fonctionnement des machines thermiques dithermes: machines à vapeur, machines frigorifiques et pompes à chaleur (PAC).

III CHANGEMENTS D'ETATS

Les changements d'états, ou transformations³ de phase, correspondent à des changements dans la structure des corps dus à des modifications des liaisons entre les molécules.
On utilise alors les chaleurs latente L:



Au point triple: $L_s = L_f + L_v$

L est fonction de la température et de la pression.

Pour l'eau: formule de Regnault $L_v = 606.5 - 0.695 \theta$

La formule de Duperray lie la pression et la température de changement d'état, entre 100 °C et 200 °C:

$$P = \left(\frac{\theta}{100}\right)^4, \quad P \text{ en atm.}$$

IV COMBUSTION

Les combustions sont des réactions chimiques où un carburant (hydrocarbure, hydrogène, alcool ...) réagit avec un comburant (en général l'oxygène). Elles correspondent à un changement de la structure des molécules, le mélange "carburant + oxygène" étant transformé en un mélange de dioxyde de carbone (CO_2) et d'eau. On définit le pouvoir énergétique (calorifique) comme la quantité d'énergie libérée par la combustion de l'unité de masse de carburant. On distingue le pouvoir énergétique (calorifique) à pression constante (P_c)_P du pouvoir énergétique (calorifique) à volume constant (P_c)_V.

On distingue aussi le pouvoir énergétique (calorifique) supérieur P_c^s , défini à 25 °C et où l'eau est à l'état liquide, du pouvoir énergétique (calorifique) inférieur P_c^l , défini à 100°C et où l'eau est à l'état gazeux.

V GAZ

L'étude des gaz représente une partie importante de la thermodynamique, notamment à cause de l'utilisation de l'air dans les moteurs. L'étude des cycles moteurs utilise les propriétés des gaz.

On définit un certain nombre de coefficients élastiques:

coefficient d'augmentation de volume à P constante: $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{V}{T} \right)_P$

coefficient d'augmentation de pression à V constant: $\beta = \frac{1}{P} \left(\frac{P}{T} \right)_V$

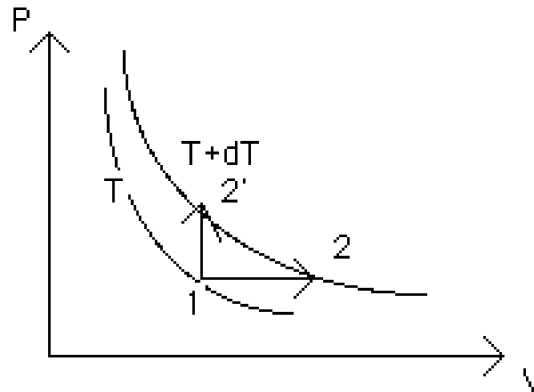
coefficient de compressibilité adiabatique: $\chi_Q = -\frac{1}{V} \left(\frac{V}{P} \right)_Q$

coefficient de compressibilité isotherme: $\chi_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{V}{P} \right)_T$

4

Ces coefficients ne sont pas indépendants:

Considérons les transformations infinitésimales réversibles amenant un système de l'état 1 à la température T aux états 2 et 2', à la température $T+dT$, respectivement à V ou P constant:



Au cours de ces transformations on peut écrire:

$$dV_P = \alpha V dT \quad \text{et} \quad dP_V = \beta P dT$$

Si l'on considère maintenant la transformation isotherme qui va de l'état 2 à l'état 2', on peut écrire: $dV_T = -dV_P$ et $dP_T = dP_V$

$$\chi_T = -\frac{1}{V} \frac{\alpha V dT}{\beta P dT}, \quad \text{et} \quad \frac{\beta \chi_T P}{\alpha} = 1$$

$$\left(-\frac{P}{T}\right) \left(-\frac{V}{P}\right) \left(-\frac{T}{V}\right) = -1$$

Cette relation est vérifiée pour toute fonction $f(P,T,V) = 0$

Pour l'étude des gaz on utilise souvent l'approximation des gaz parfaits:

$$PV = NRT$$

5

sinon on utilise des équations d'état dites de gaz réels telle l'équation de

Van der Waals: $(P + \frac{a}{V^2}) (V-b) = NRT$