



L3	R505	
	Thermodynamique Généralités Changement d'état	

1. Observations expérimentales :

1. *Vocabulaire :*

On observe que si on fixe la température et la pression, un corps pur donné sera toujours sous la même forme, appelée phase. Cette phase peut être une phase gazeuse, liquide ou solide (il existe également d'autres phases possibles mais ces trois là sont les plus simples et les plus courantes).

Si on change la température ou la pression, on peut induire un changement d'état, un changement de phase. Ce changement de phase est accompagné d'une discontinuité (d'un saut) de certaines grandeurs massiques (respectivement molaires) comme l'enthalpie massique (ou molaire) ou le volume massique (ou molaire).

Chaque transformation possède un nom :

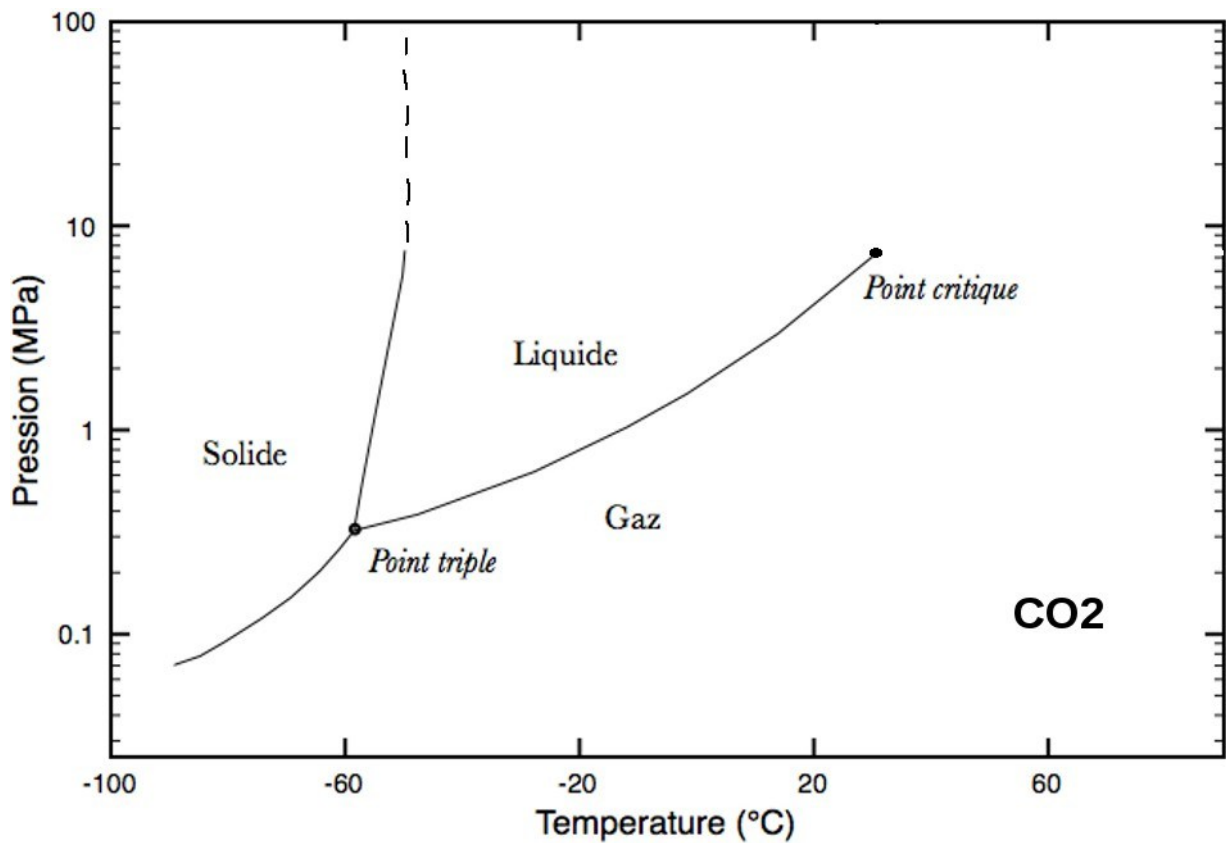
- fusion : transformation d'un solide en liquide
- solidification : transformation d'un liquide en solide
- vaporisation : transformation d'un liquide en gaz
- liquéfaction : transformation d'un gaz en liquide
- sublimation : transformation d'un solide en gaz
- condensation : transformation d'un gaz en solide

2. *Diagramme (P,T) :*

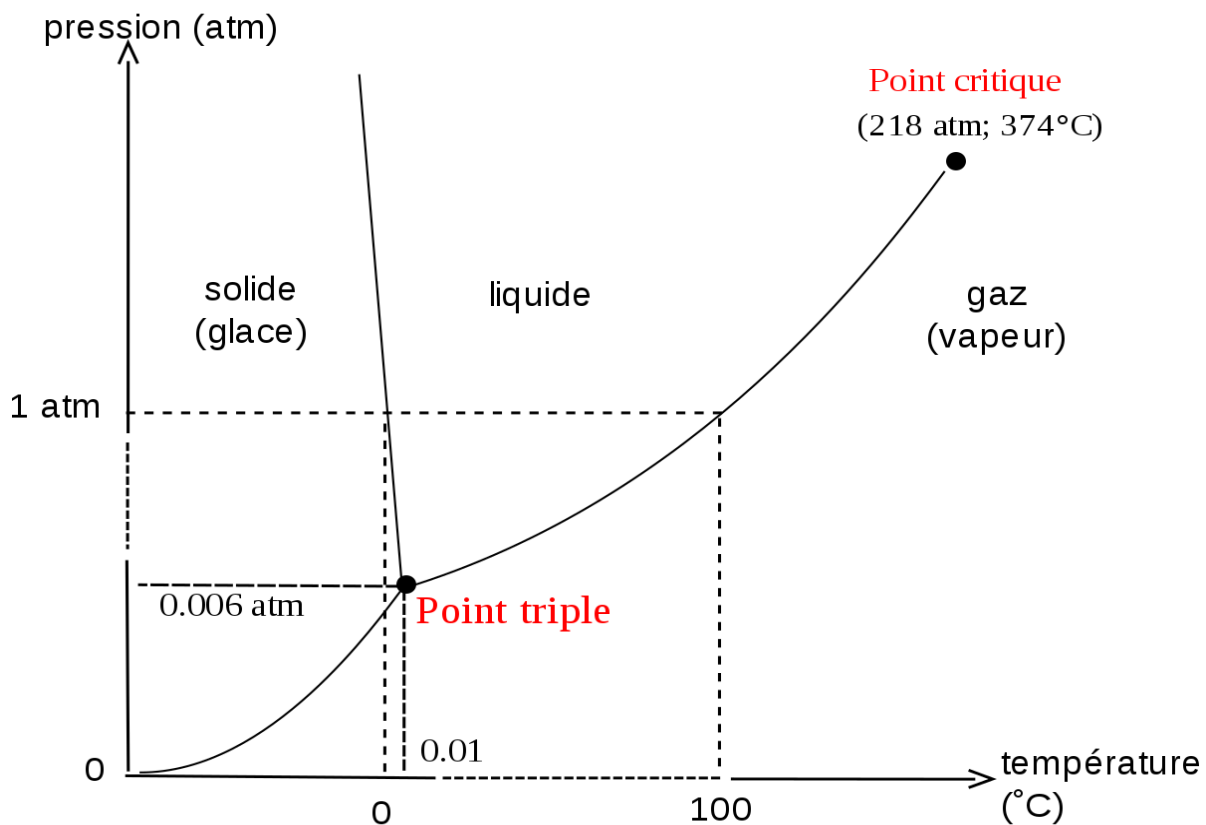
Dans un plan dont les coordonnées sont données par la température et la pression, on peut tracer les courbes pour lesquels on observe coexistence de plusieurs phases, c'est à dire les températures et pression pour lesquelles on observe un changement d'état.

En dehors de ces courbes, chaque point correspond à une phase stable.

On repère deux points particuliers : le point triple qui correspond à la température et la pression pour laquelle on peut observer les trois phases en même temps ; et le point critique qui correspond au point où la courbe de changement d'état liquide/gaz disparaît.



L'allure d'un tel diagramme est la même pour tous les corps purs, seules les valeurs changent. Il existe quelques exceptions, en particulier pour l'eau :



On remarque que la courbe d'équilibre solide-liquide possède une pente négative. Cette particularité fait que l'on risque de glisser sur la glace et que les glaçons flottent sur l'eau.

On remarque une chose importante : à P fixée, il n'existe qu'une seule température permettant un équilibre entre deux phases. Ainsi, si la pression est fixée, la température reste constante au cours du changement d'état. De même, si la température est fixée, la pression restera constante au cours d'un changement d'état.

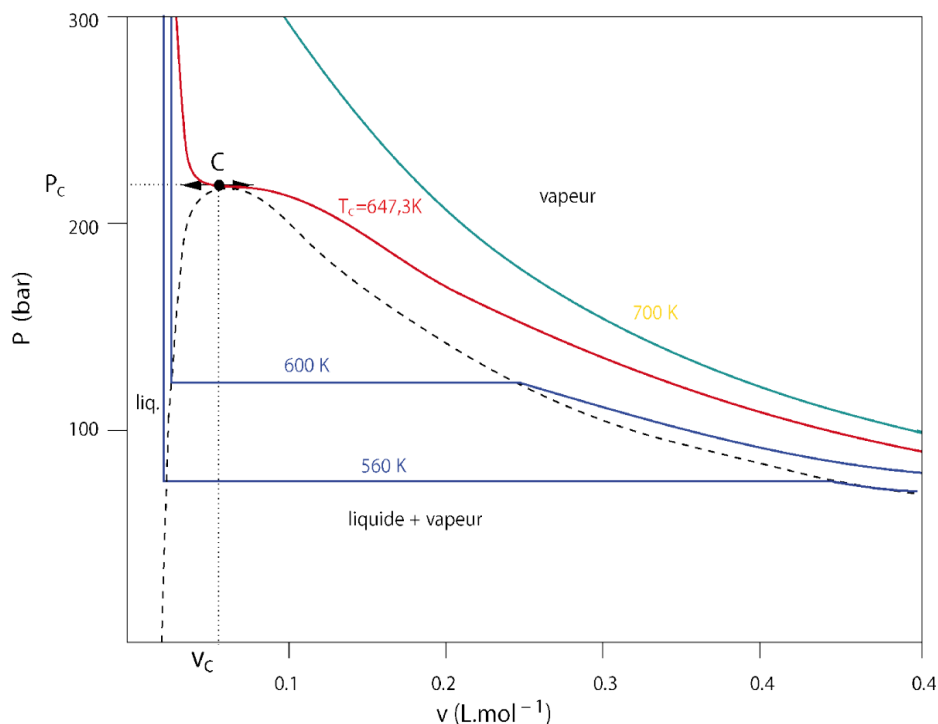
2. Cas des transformations liquide-gaz :

Ces transformations seront utiles dans les machines thermiques, en effet les liquides et les gaz sont des fluides qu'on va donc pouvoir faire circuler dans des circuits hydrauliques adaptés.

1. Isothermes dans un diagramme de Clapeyron

Le graphe précédent a été tracé pour l'eau. Pour un autre corps pur, l'allure serait la même mais les valeurs numériques seraient différentes.

À température constante (par exemple à 600 K) on remarque que l'isotherme a 3 allures différentes :



- pour de grands volumes molaires on est sous forme de gaz, l'isotherme est donc une portion d'hyperbole car on peut considérer le gaz comme parfait.
- pour des volumes molaires intermédiaires, il y a un mélange de gaz et de liquide, la pression est donc constante et égale à la pression de changement d'état à la température fixée. Cette pression est appelée pression de vapeur saturante, elle dépend de la température.
- pour de faibles volumes molaires, on est sous forme de liquide, donc quasi-incompressible, le volume molaire est quasiment constant et l'isotherme est donc quasiment verticale.

À température fixée, si la pression est inférieure à la pression de vapeur saturante, on sera sous forme de gaz. C'est pour cette raison que les vêtements sèchent et que l'eau s'évapore à température ambiante (autour de 20°C) : d'après la pression atmosphérique, l'eau devrait être stable sous forme liquide, mais l'atmosphère n'est pas composée d'eau ; ainsi ce qui compte c'est la pression qui régnerait du fait uniquement de l'eau sous forme gazeuse et pas du reste. Or il y a très peu d'eau dans l'air, donc cette pression est très faible, inférieure à la pression de vapeur saturante de l'eau à 20°C . En conséquence, l'eau s'évapore, même à des températures inférieures à 100°C .

On note que pour des températures supérieures à la température critique, on a un passage continu d'une phase plutôt gazeuse à une phase plutôt liquide.

2. Définitions :

- courbe de rosée : c'est le lieu d'apparition de la première goutte de liquide (c'est la courbe en pointillés à droite du point C)
- courbe d'ébullition : c'est le lieu d'apparition de la première bulle de gaz (c'est la courbe en pointillés à gauche de C)
- courbe de saturation : courbe formée de l'union de la courbe de rosée et de la courbe d'ébullition (c'est l'ensemble de la courbe en pointillés)

3. Transformation liquide-gaz : de nouveaux diagrammes :

Pour éviter de fastidieux calculs, de nombreuses grandeurs ont été tabulées et représentées dans des diagrammes pour un accès facile aux données.

3. Diagramme (p,h) :

<https://www.youtube.com/watch?v=v20PORVRIp0>

R134a Ref D.P. Wilson & L.F. Bard, ASHRAE Transactions 1988, Vol. 94, part 2.

DTU, Department of Energy Engineering
 ρ in $[kg/m^3]$, v in $[m^3/kg]$, T in $[^\circ C]$
 M.J. Steup & H.J.H. Koolen, 03-03-04

