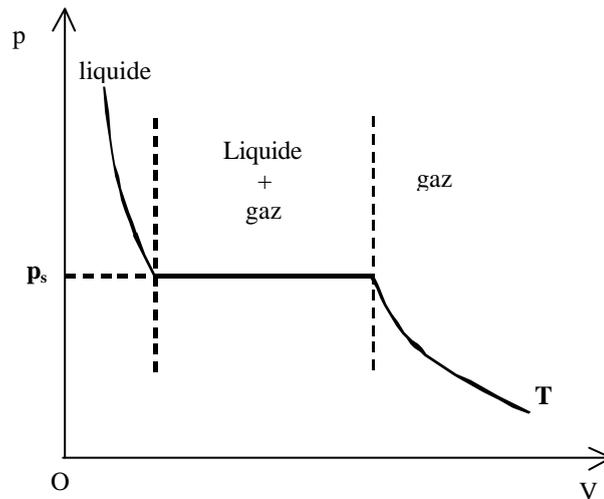


ETUDE DE L'EQUILIBRE LIQUIDE VAPEUR

I - PRINCIPE

L'étude expérimentale montre qu'à **chaque température un liquide et sa vapeur coexistent sous la pression p_s de vapeur saturante.**

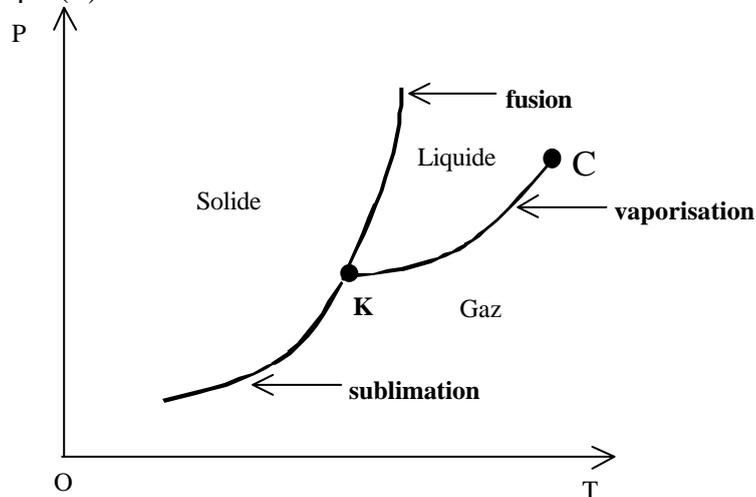
Cet équilibre est représenté dans le plan (p, V) par la courbe ci-dessous :



II - RAPPELS THEORIQUES

II - 1 - Courbe de vaporisation

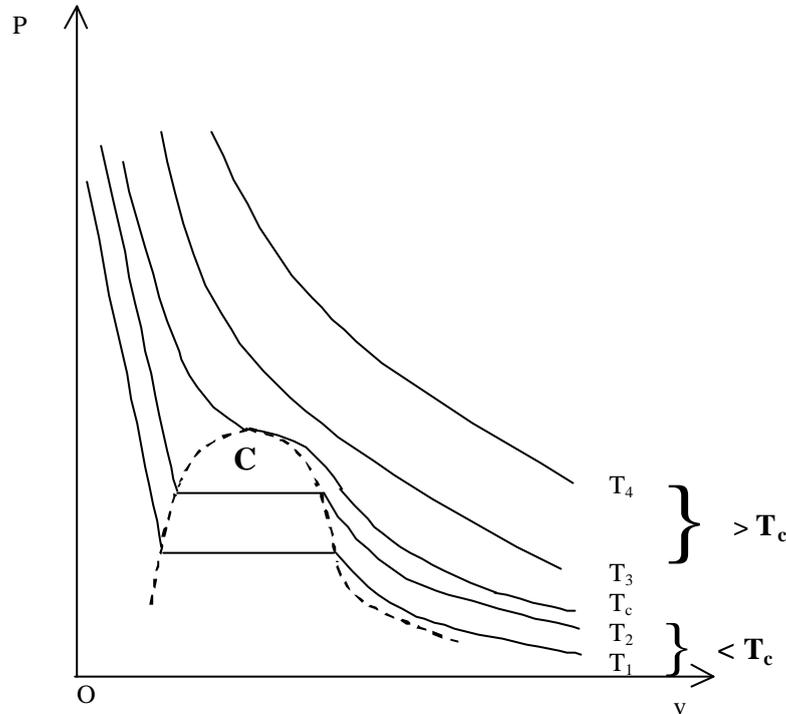
La courbe de vaporisation représentée sur la figure ci-dessous est limitée par deux points : le point triple (K) et le point critique (C).



II - 1 - 1 - Point critique (C)

Si on représente l'état d'un corps dans le plan (p, v) pour des températures différentes, on obtient le réseau de courbes (voir figure ci-après) appelées courbes d'Andrews.

Pour des températures supérieures à T_c , quelle que soit la pression, on n'a que de la vapeur.



On a un équilibre liquide vapeur à l'intérieur de la courbe en pointillé (courbe de saturation). En outre on remarquera que dans ce domaine pour une température donnée, la pression régnant au dessus du liquide reste constante.

II - 1 - 2 - Point triple (K)

K est le point correspondant à l'équilibre entre les trois états. Pour $T < T_K$ il ne peut exister de phase liquide. On passe directement de la phase solide à la phase vapeur (sublimation).

II - 2 - Lois de l'ébullition et applications

- A l'ébullition la pression de vapeur saturante est égale à la pression au-dessus du liquide.
- Sous pression constante la température d'ébullition d'un liquide pur est constante.
- **La chaleur latente massique de vaporisation** est donnée par application de la loi de Clapeyron :

$$L = T (u_2 - u_1) \frac{dp_s}{dT}$$

- T est la température d'équilibre sous la pression p_s .
- $(u_2 - u_1)$ est la variation de **volume massique** au cours du changement d'état (liquide vapeur) ; u_2 est le volume massique du gaz, u_1 celui du liquide.
- $\frac{dp_s}{dT}$ est la pente de la tangente à la courbe de vaporisation au point de coordonnées (p_s, T) .

Loin du point critique on a : $u_2 \gg u_1$ d'où $L = T u_2 \frac{dp_s}{dT}$

En outre, si on assimile la vapeur saturante à **un gaz parfait** : $p_s u_2 = \frac{RT}{M}$

(M étant la masse molaire du gaz)

$$\Rightarrow L = \frac{RT^2}{M} \frac{dp_s}{p_s}$$

en intégrant : $\ln p_s = - \frac{ML}{RT} + Cte$

$$\text{D} \quad \ln p_s = A - \frac{B}{T} \quad \text{avec} \quad B = \frac{ML}{R}$$

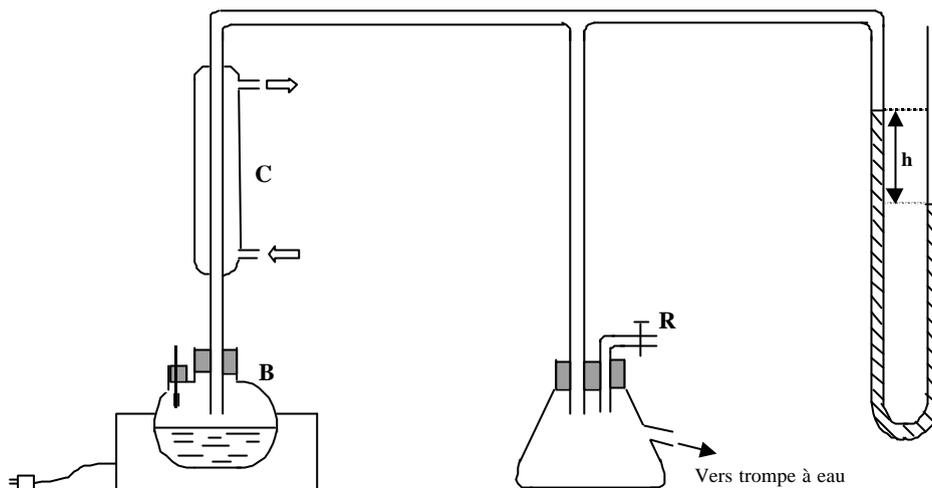
Connaissant la variation de p en fonction de T, on pourra facilement déterminer B et en déduire L.

III - MANIPULATION

Pour étudier p_s en fonction de T, il suffit donc d'étudier la température d'ébullition d'un liquide pour diverses pressions régnant au-dessus du liquide.

III - 1 - Montage

Le liquide est contenu dans le ballon B. Un thermomètre plongeant dans la vapeur indique la température de cette dernière. Le réfrigérant C condense la vapeur du liquide qui revient dans le ballon. On fait un vide partiel au-dessus du liquide à l'aide d'une trompe à eau.



- La pression régnant au-dessus du liquide, donc la pression de vapeur saturante, est donnée par la différence h entre les hauteurs du mercure dans le tube manométrique relié au ballon.
- Afin de pouvoir obtenir différentes pressions, un robinet R permet de faire entrer, à débit constant, de l'air. L'équilibre entre le débit de la trompe à eau et celui du robinet R correspond à une pression bien déterminée. On pourra obtenir une autre pression en modifiant le débit du robinet R.
- Le ballon contenant de l'eau est chauffé par un chauffe ballon dont on peut régler la puissance de chauffage par un régulateur.

III - 2 - Mode opératoire

- Etudier le montage et essayer de comprendre le rôle de chaque appareil.
- Faire circuler l'eau dans le réfrigérant.
- Faire le vide. Pour cela fermer le robinet R et faire circuler l'eau dans la trompe.
- Une fois le vide limite atteint, (le niveau du mercure se stabilisant dans le tube manométrique), chauffer **légèrement** le ballon. *Il ne faut absolument pas chauffer trop fort pour éviter d'avoir une ébullition trop importante, le réfrigérant dans ces conditions ne pouvant pas condenser toute la vapeur.*
- **Lorsque le liquide bout, noter la température T_1 ainsi que la pression p_1 correspondante.** Ouvrir **très légèrement** le robinet R de manière à faire entrer à faible débit de l'air. La différence des hauteurs du mercure dans le manomètre diminue. Régler R pour obtenir une variation (Δh) d'environ 5 cm. Noter à nouveau la température d'ébullition (prendre soin d'attendre l'équilibre). On sera peut-être obligé d'augmenter légèrement la puissance de chauffage pour obtenir l'ébullition. **En manœuvrant avec soin le robinet R on fera ainsi varier la pression jusqu'à la pression atmosphérique, on notera à chaque fois la température d'ébullition correspondante.**

Remarque : Il est possible que la hauteur de la colonne de mercure ne soit pas fixe mais oscille entre deux positions extrêmes. On notera ces positions. On prendra alors pour h la valeur moyenne et on estimera l'erreur.

III - 3 - Résultats expérimentaux

Question préliminaire : Tracer dans le diagramme (p, v) pour 1 mole de gaz parfait, les isothermes 273 K, 373 K et 1000 K en faisant varier les pressions entre 10^5 et 10^6 Pa.

- Tracer la courbe $p_s = f(\theta)$ où θ représente la température en degrés Celsius. **Que représente cette courbe ?**
- Tracer la courbe $\ln p_s = f\left(\frac{1}{T_s}\right)$. Nature de la courbe ?
- De la courbe précédente, déduire la valeur de la constante **B**. Préciser son unité.
- En déduire la valeur de L, aux incertitudes près. Préciser l'unité de L.**