

Leçon : Transition de phase

Gabriel Le Doudic

Préparation à l'agrégation de Rennes

7 mai 2023

Niveau : CPGE

Prérequis : Gaz parfait

: travail mécanique

: notion de système et d'équilibre thermodynamique

: transformations classiques en thermodynamique

: premier et second principe

- 1 États de la matière
 - Trois phases principales
 - Corps purs

- 2 Transitions solide-liquide vapeur
 - Diagrammes des variables d'état
 - Étude thermodynamique d'une transition de phase du premier ordre
 - Mesure de la chaleur latente de vaporisation du diazote
 - Retard à la transition de phase : metastabilité

- 3 Transitions ferro para, transition du second ordre
 - Modèle
 - Comparaison aux résultats expérimentaux

Trois phases principales

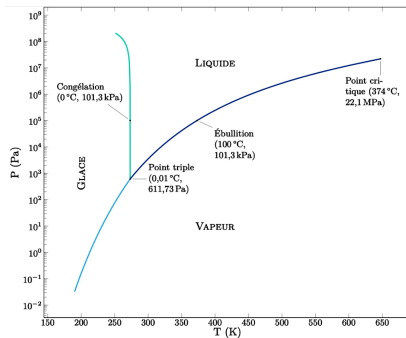


Figure – eduscol ens de lyon

Diagrammes des variables d'état

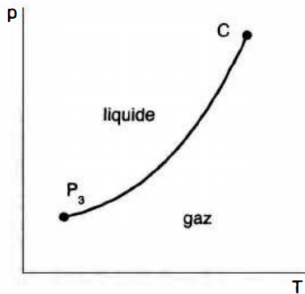


Figure – Courbe de vaporisation Diu p300

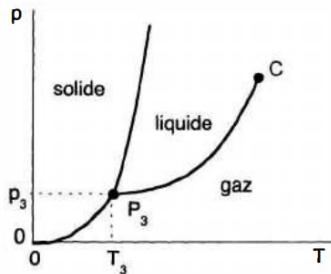


Figure – Courbe de vaporisation Diu p301

Diagrammes des variables d'état

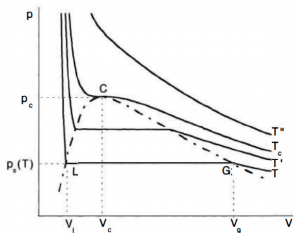


Figure – Courbe de vaporisation Dui
p300

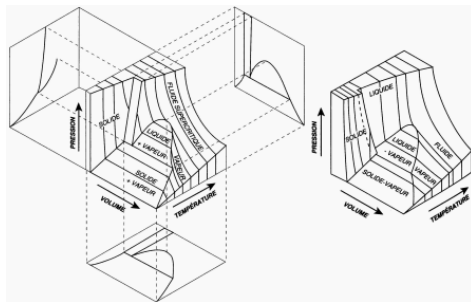


Figure – Diagramme P , V et T pour un
corps pur

Modèle

Modèle de Landau (expression générale) :

$$G(T, M) = A_0(T) + \alpha(T)M^2 + \frac{1}{2}\beta(T)M^4 + \dots \quad (1)$$

Minimisation du potentiel (deux conditions) :

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial G}{\partial M} \right|_T &= 0, & \left. \frac{\partial^2 G}{\partial M^2} \right|_T &> 0 \\ 2\alpha M + 2\beta M^3 &= 0, & 2\alpha + 6\beta M^2 &> 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Solutions possibles :

$$\begin{aligned} M_1 &= 0, & M_2 &= \left(-\frac{\alpha}{\beta}\right)^{1/2} \\ \left. \frac{\partial^2 G}{\partial M^2} \right|_T (M_1) &= 2\alpha, & \left. \frac{\partial^2 G}{\partial M^2} \right|_T (M_2) &= -4\alpha. \end{aligned} \quad (3)$$

Comparaison aux résultats expérimentaux

- Quand $T < T_c$, $M > 0$, ce qui impose α et β de signes opposés. On veut aussi une solution stable :

$$\left. \frac{\partial^2 G}{\partial M^2} \right|_T (M = \sqrt{-\alpha/\beta}) = 2\alpha + 6\beta M^2 = -4\alpha > 0. \quad (4)$$

Donc $\alpha < 0$

- Quand $T = T_c$, M_2 tend vers 0, en ce point on veut une stabilité donc :

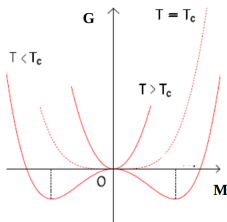
$$\left. \frac{\partial^2}{\partial M^2} \right|_T \approx 2\alpha + 6\beta M^2 > 0 \rightarrow \beta > 0. \quad (5)$$

- Quand $T > T_c$, On veut $M = 0$ et une solution stable. Cette fois cela impose :

$$\left. \frac{\partial^2 G}{\partial M^2} \right|_T (M = 0) = 2\alpha > 0. \quad (6)$$

par continuité avec T_c , β est positif aussi.

Comparaison aux résultats expérimentaux



On en déduit l'aimantation près de T_c :

$$M(T < T_c) = \sqrt{\frac{a}{\beta}(T_c - T)} \quad (8)$$

On peut aussi en déduire l'enthalpie,

$$G(T, M) \approx A_0(T) + a(T - T_c)M^2 + \frac{\beta}{2}M^4 \quad (7)$$