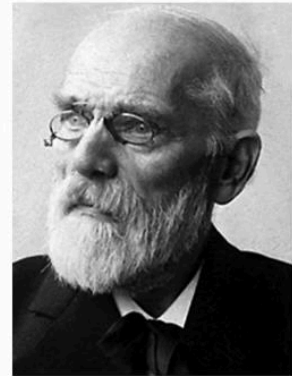


# Thermodynamique

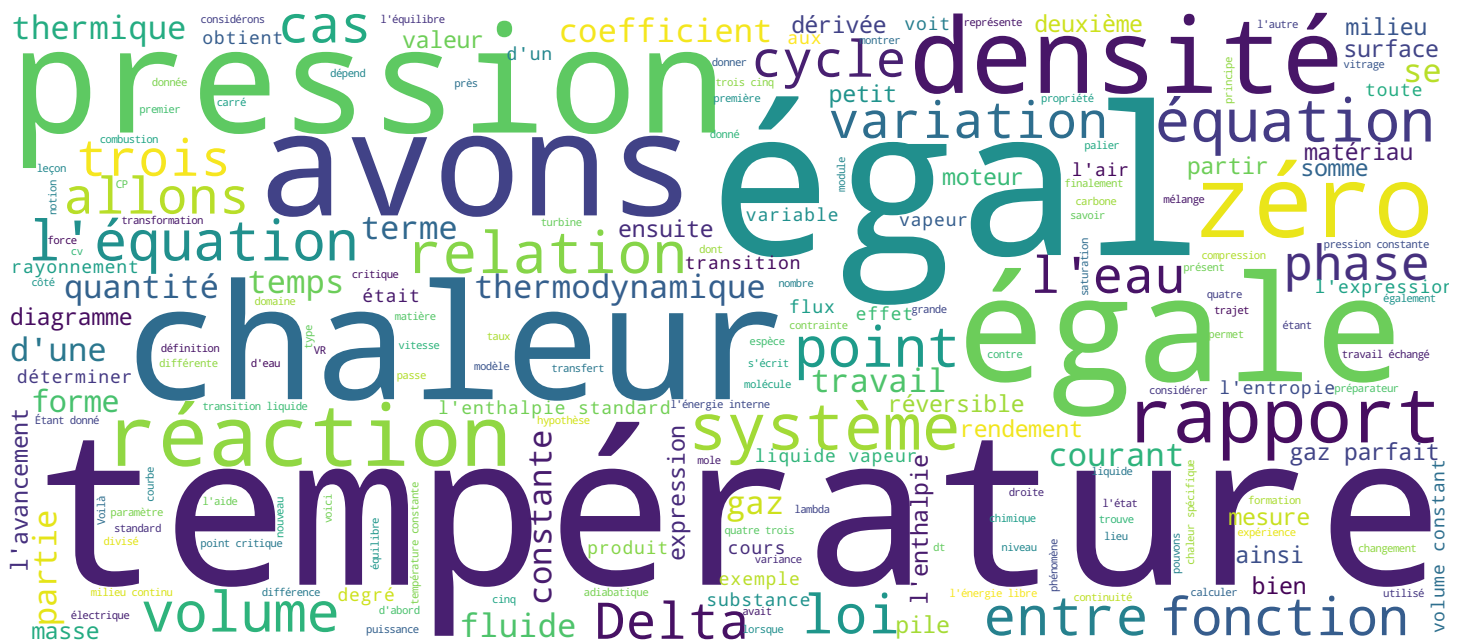
# Transitions liquide-vapeur: Modèle de van der Waals



Johannes van der Waals, 1837-1923



Dr. Marthe H. BOYOMO ONANA, ENSP – Yaoundé - Cameroun



## Search MOOC



## Video



# Transition de phase liquide-vapeur: Modèle de van der Waals



- Equation de van der Waals
- Coexistence de phases et courbe de saturation

Thermodynamique

Bonjour à tous. Nous allons, après avoir étudié la transition liquide vapeur à l'aide du modèle de van der Waals. Dans un premier temps, nous allons réécrire l'équation de Van der Waals à partir de la loi des gaz parfaits.

Notes

Summary



0m 04s

# Equation de van der Waals



## 2. Attraction à grande distance → diminution de P

$$\Delta P = A \frac{N^2}{V^2} \rightarrow \text{2ème Correction de la loi des gaz parfaits: } P = \frac{RT}{v-b} - \Delta P$$

$$P + \frac{a}{v^2} = \frac{RT}{v-b} \text{ avec } a = A \frac{N^2}{n^2}$$

Thermodynamique

Et dans un deuxième temps, nous allons utiliser ce modèle pour mettre en lumière les propriétés de l'équilibre liquide vapeur, rappelant que l'équation de Van der Waals a été obtenue à partir de la loi des gaz parfaits. Les deux hypothèses qui ont conduit à ce modèle sont les suivantes. Premièrement, les molécules sont des masses ponctuelles. Deuxièmement, les interactions entre molécules sont faibles. Van der Waals revient sur ces hypothèses. Les molécules sont modélisées par des sphères dures, puisque le principe de conservation interdit l'interpénétration des nuages électroniques. La pression est maximale lorsque le volume des molécules tend vers le volume du contenant ici  $n$  et le nombre de mol. Cette remarque permet d'apporter la correction suivante.  $a$  est égal à  $RT$ . Survit moins bien. La deuxième correction prend en compte l'interaction entre particules. En effet, à grande distance, il y a une attraction entre particules attraction qui éloigne les molécules des parois et diminue la pression. Par conséquent, cette diminution de pression est proportionnelle à la densité au carré. La deuxième correction apportée à la loi des gaz parfaits donne ainsi  $p$  égal à  $RT$  sur  $V$ .

Notes

Summary



0m 22s



- Point d'inflexion à tangente horizontale

$$\frac{\partial P}{\partial v} \bigg|_{P_C, v_C, T_C} = 0 \quad \text{et}$$

$$\frac{\partial^2 P}{\partial v^2} \bigg|_{P_C, v_C, T_C} = 0$$

$$-\frac{RT_C}{(v_C - b)^2} + \frac{2a}{v_C^3} = 0 \quad \text{et}$$

$$\frac{RT_C}{(v_C - b)^3} - \frac{6a}{v_C^4} = 0$$

- avec  $v_C = 3b$ ,  $T_C = \frac{8a}{27Rb}$  et  $P_C = \frac{a}{27b^2}$

Thermodynamique

NB moins de delta p. On obtient la loi de van der Waals qui s'écrit  $p$  plus  $a$  sur  $v$  au carré égal à  $RT$  moins  $b$  avec petit  $A$  qui est égal à  $A$  multiplié par l'antenne carrée sur petit carré. Il faut préciser ici que  $V$  est le volume molaire de notre gaz. L'existence d'un point critique est caractéristique de la transition liquide vapeur. L'équation de Van Der Waals indique effectivement qu'il y a la dérivée première qui s'annule et la dérivée seconde qui s'annule en un point. Ce point est tel que  $V_{SC}$  pour  $V$  critique égal à trois  $b$   $T_C$  égal à huit  $A$  sur  $27 Mb$  et  $P_C$  égal à  $a$  sur  $27$  Décarie.

Notes

Summary



2m 07s

# Modèle de van der Waals: Equation réduite



- $v_r = \frac{v}{v_C}$  soit  $v = 3bv_r$

- de même  $T = \frac{8a}{27Rb}T_r$  et  $P = \frac{P_r}{27}$

- l'équation réduite est :  $P_r = \frac{8T_r}{3v_r - 1} - \frac{3}{v_r^2}$

Thermodynamique

Il est beaucoup plus aisé de travailler avec l'équation réduite, alors nous écrivons des variables réduites.  $V$  est égale à  $V$  sur  $V_C$ . Étant donné que nous avons établi  $V_C$  égal à trois  $B$ , il viennent que  $V$  est égal à trois  $B$  vs. En procédant de manière analogue, on trouve  $D$  égal à huit sur 27  $lb$  fois  $tr$  et  $p$  égal à  $PF$  sur 27. En remplaçant les variables  $V$  et  $TP$  par les variables réduites dans l'équation de Vandervorst et précédemment, on obtient  $P$  est égal à huit  $TF$  sur trois  $V$  -3 sur  $VR$  au carré.

Notes

Summary



3m 03s

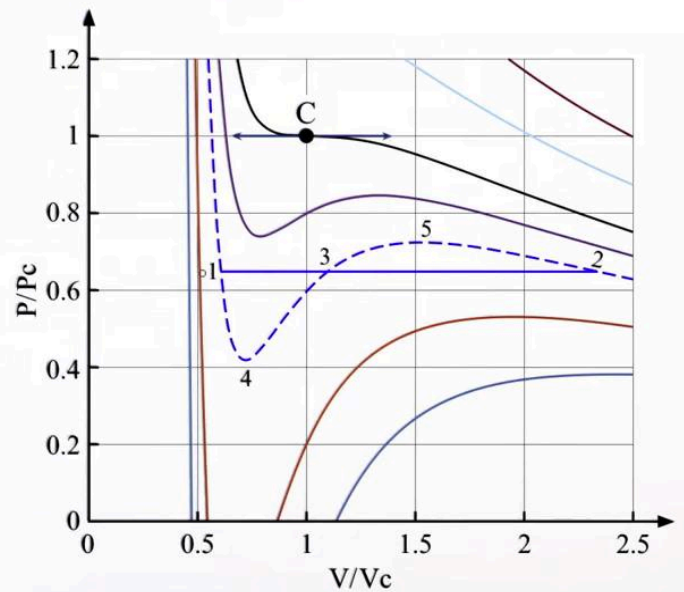
# Isothermes de van der Waals et paliers de transition



- $\frac{\partial P}{\partial V} \big|_{4-3} > 0 \quad \frac{\partial P}{\partial V} \big|_{3-5} > 0$

- Trajets 4-3 et 3-5 instables

- La transition à lieu sur le palier 1-2



Thermodynamique

Nous voyons ci contre les isothermes de van der Waals tracées pour les températures réduites allant de zéro à 1. À un, nous avons des isothermes critiques qui présentent, comme on le voit, un point d'inflexion à tangente horizontale. Au delà, de cette île, au terme, l'eau fluide est dit hypercritique ou sur critique. On constate également qu'il n'y a pas de palier à proprement parler de transition de phase. En effet, on constate que pour les isothermes quatre, trois et trois cinq, on a la dérivée de la pression par rapport au volume à température constante supérieure à zéro. Les trajets TAP trois et trois cinq sont par conséquent instables puisque nous avons montré que dans un système SAB, la dérivée de la pression par rapport au volume à température constante est inférieure à zéro. La transition aura donc lieu sur le palier. Un deux, il s'oppose à présent à la question de savoir où placer ce palier.

Notes

Summary

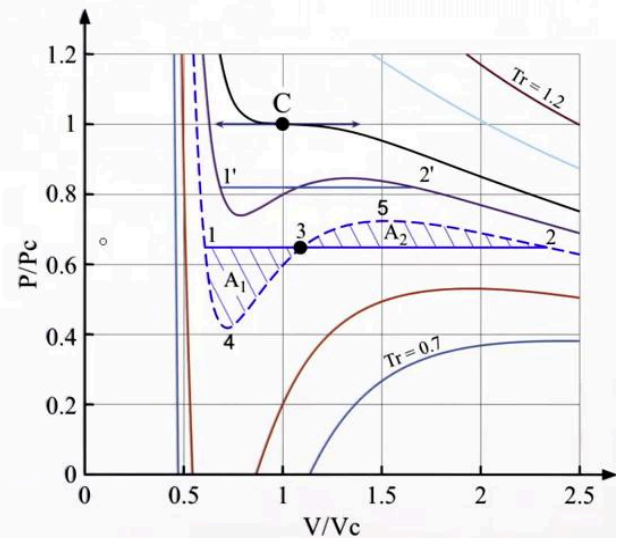


3m 51s

# Isothermes de van der Waals et paliers de transition



- $|\Delta F_{12}| = |\Delta F_{14352}|$
- $|\Delta F_{12}| = |W_{12}| = P_1(v_{r2} - v_{r1})$
- $|\Delta F_{14352}| = \left| - \int_{143} P_r dv_r \right| + \left| - \int_{352} P_r dv \right|$
- $|\Delta F_{14352}| = P_1(v_{r3} - v_{r1}) - A1 + P_1(v_{r2} - v_{r3}) + A2$
- $|\Delta F_{12}| = |\Delta F_{14352}| \rightarrow A1 = A2$



Thermodynamique

Nous allons utiliser la méthode de construction de Maxwell pour déterminer la position du palier de changement de phase. Nous partons ici du fait que la fonction énergie libre est une fonction d'état. Par conséquent, sa variation ne dépend pas du chemin suivi. Delta de F12 est égal à delta de F14352. Delta F12 est égal au travail échangé entre les points un deux, puisqu'il s'agit ici d'une transformation réversible et au travail échangé entre un et deux. En valeur absolue, est égal à P1 multiplié par VR deux VR. En calculant à présent la variation de l'énergie libre sur l'eau classée un quatre trois cinq deux. Il est égal à la somme de la variation de l'énergie libre sur le trajet un quatre trois plus. La variation de l'énergie libre sur le trajet, soit cinq deux. Étant donné que la transformation est réversible, la variation de l'énergie libre sera égale au travail échangé sur cette racine. Le travail échangé sur le trajet un quatre trois est égal au travail à échangé sur l'eau. Placer un poids diminué de l'air à un. Le travail échangé sur le trajet poids cinq deux lui il est égal à P1 multiplié par VDSL2. Moins V de R3 plus l'air à deux la relation initiale. Delta F n2 égal à Delta F14352 n'est vérifiée que si A1 est égal à A2. Des calculs numériques permet alors de retrouver la pression. P1 de transition de phase pour les autres termes considérés.

Notes

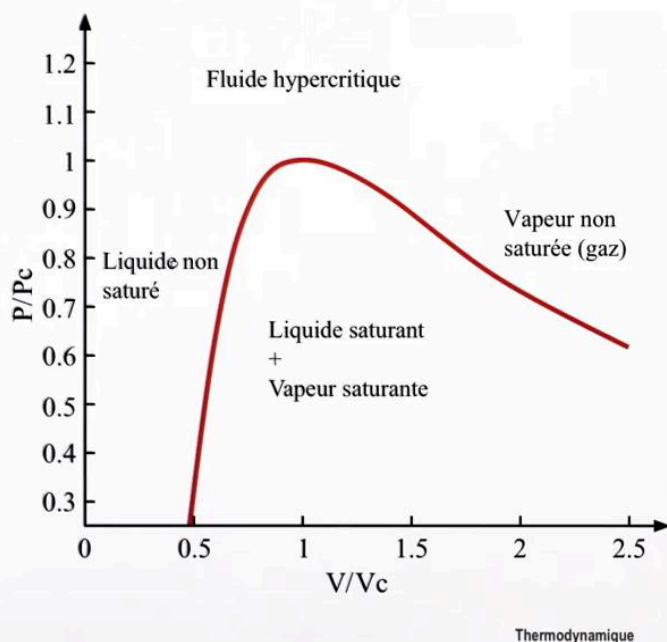
Summary



5m 15s



# Courbe de saturation



Les différents points. Un. Un prime ou deux de prime nous indiquent la limite. Des différents paliers. La courbe rouge, qui passe par le point critique et les extrémités de paliers calculés précédemment, est appelée courbe de saturation. La partie à droite. De cette courbe. Et appelée courbe de rosée et la partie à gauche courbe d'ébullition en dessous. De cette cloche, nous avons le domaine d'équilibre. Du liquide et de la vapeur. A droite de la courbe. Nous avons le domaine de la vapeur non saturé. À gauche de la coop, le domaine du liquide non saturée au dessus de la cloche. Nous avons le domaine du fluide, hyper critique ou sous critique.

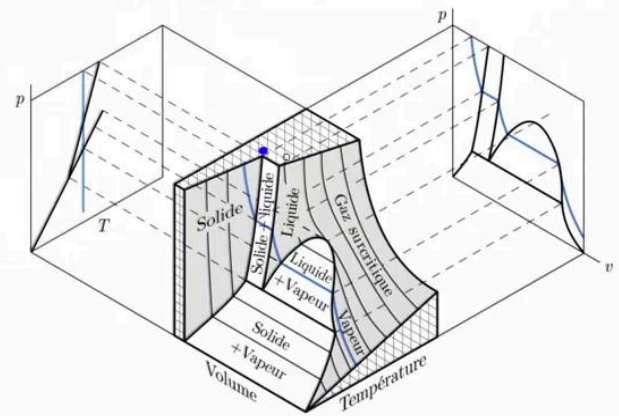
Notes

Summary





# Diagramme de phase tridimensionnel



Thermodynamique

Je signale ici qu'il existe un diagramme beaucoup plus complexe qui présente l'équilibre d'un corps dans les trois phases liquides, solides et vapeur. Dans le cadre de ce cours, nous avons pour simplement étudier les projections PV. Dans le cas de la transition liquide vapeur et nous avons présenté le diagramme d'état PT. Sur ce diagramme tridimensionnel, nous voyons apparaître ce domaine d'équilibre solide liquide avec ici le palier de transition liquide solide.

Notes

Summary



8m 45s

# Transition de phase liquide-vapeur: Modèle de van der Waals



- Equation de van der Waals
- Coexistence de phases et courbe de saturation

Thermodynamique

Dans ce troisième module, nous avons étudié à l'aide du modèle de 22 phases, la transition liquide vapeur. Nous voici au terme. De cette leçon. J'ai eu le plaisir de partager avec vous les notions sur les transitions. Deux phases. Je vous remercie de votre attention.

Notes

Summary



9m 36s