

Thermodynamique

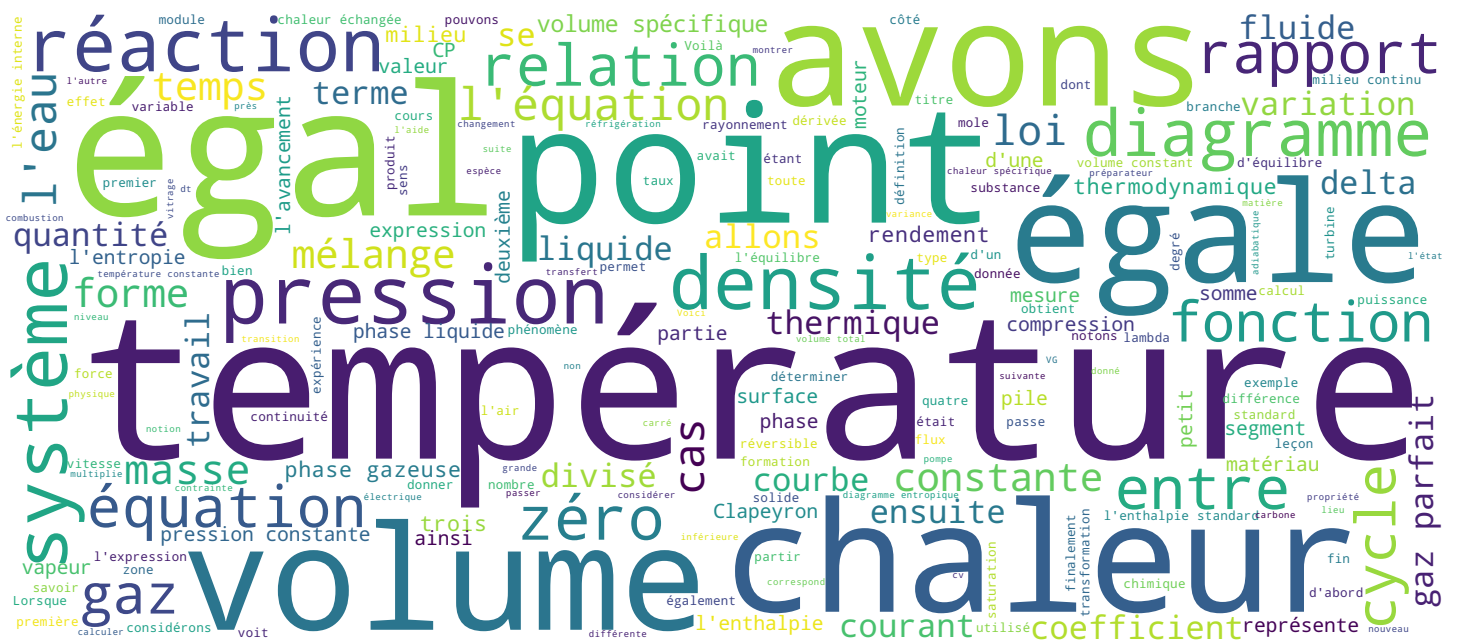
Diagramme de Clapeyron et diagramme entropique



Richard Mollier, 1863 - 1935



Ing. Dr André Talla, ENSP – Yaoundé - Cameroun



Search MOOC



Video



Présentation du module



- Diagramme de Clapeyron $P(V)$
- Diagramme entropique $T(s)$
- Intérêt du diagramme entropique

Thermodynamique

Bonjour à tous, je suis heureux de vous retrouver une fois de plus au cours de thermodynamique coordonné par l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et relatif aux fluides. Le module de géologie porte sur le diagramme de Clapeyron et le diagramme entropique. Tout de suite le regard au sommaire de ce module. Dans cette vidéo, nous allons porter notre attention sur le réseau des autres termes qui forment le diagramme de Clapeyron et nous définirons le type de vapeur saturante. Nous nous pencherons ensuite sur le réseau de courbes qui forme le diagramme entropique avant de dégager l'intérêt pratique des diagrammes.

Notes

Summary



0m 04s

Diagramme de Clapeyron P(V)



- Diagramme couramment utilisé en thermodynamique générale
- Comporte la pression en ordonnée et le volume en abscisse
- Tout gaz obéit à une équation d'état, reliant entre eux la pression, le volume et la température du gaz
- Pour un gaz parfait, cette relation est : $PV = nRT$
- Lorsque $T < T_C$ (valeur critique) la loi des gaz parfait n'est plus valable

Thermodynamique

Commençons donc par le diagramme de Clapeyron relevant d'un tel jeu que c'est le diagramme couramment utilisé en thermodynamique général. Il a un système de coordonnées avec le volume en abscisse et la pression en ordonnée. Nous savons déjà que tout gaz, qu'il soit parfait ou non, obéit à une équation d'état reliant entre eux la pression, le volume et la température du gaz. Pour un gaz parfait, cette relation s'écrit. PV est égale à nRT , mais ici c'est la pression P le volume V . Le nombre de mol n R représente la constante des gaz parfaits et la température. Lorsque la température du gaz T est inférieure à une certaine valeur critique, c'est. La loi des gaz parfaits n'est plus valable.

Notes

Summary



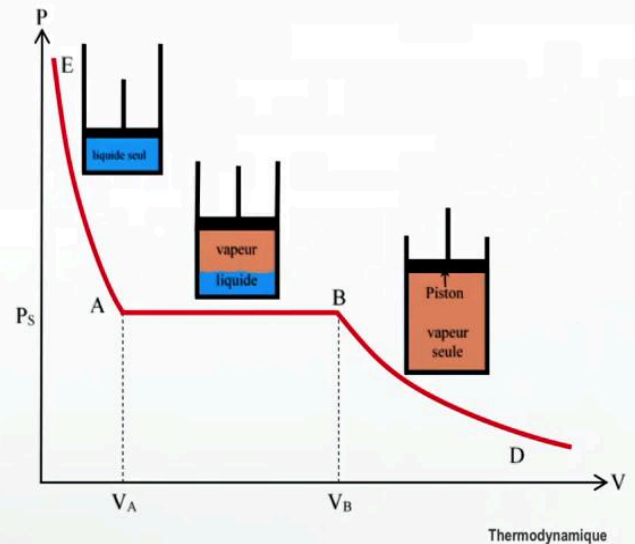
0m 47s

Diagramme de Clapeyron P(V) - Expérience



- Branche DB ~ loi des gaz parfait
- Branche BA : formation du liquide à $p = \text{const}$
- Branche AE : compression du liquide avec forte augmentation de pression et faible variation de volume
- B point de rosée
- A point d'ébullition

Compression isotherme d'un gaz enfermé dans un récipient



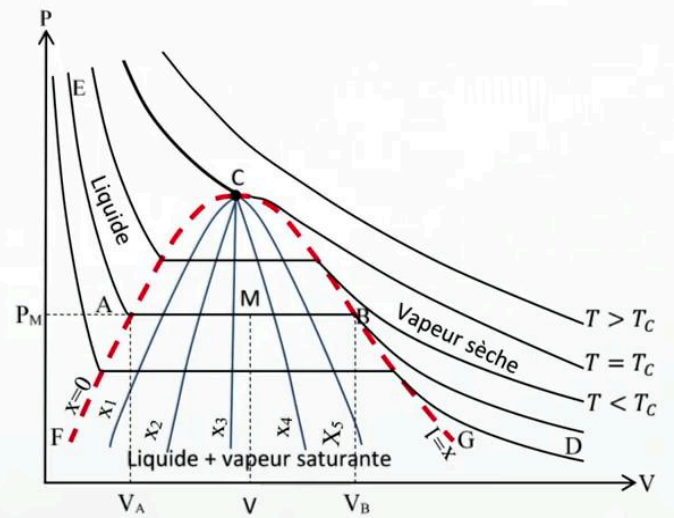
Pour mieux comprendre cela, passons à cette expérience. On a un gaz enfermé dans un récipient subit une compression ISO therne. Nous avons au départ un récipient qui contient du gaz seul. On procède à une compression à température constante. La branche $B D$ subit sensiblement la loi de gaz parfait. Au point B , on a un début de condensation. Tout au long du segment $B A$ a lieu avant la formation du liquide à pression constante et il n'y a plus que le liquide au point A . La branche $A E$ traduit une compression du liquide avec forte augmentation de pression et faible variation de volume. Le point B est connu sous le nom de point de rosée, alors que le point A correspond au point d'ébullition.

Notes

Summary



Diagramme de Clapeyron P(V) - Description



Thermodynamique

Cette expérience nous conduit à la description du diagramme de Clapeyron.

Notes

Summary



2m 47s

-

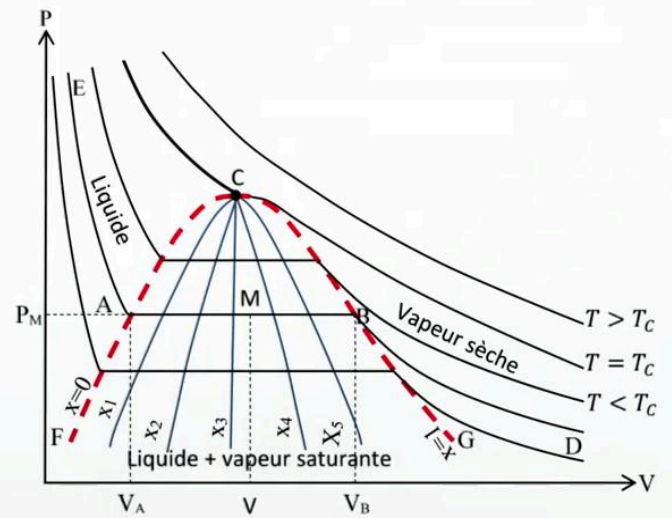
- Notes



Diagramme de Clapeyron P(V) - Description



- FCG courbe de saturation délimitant trois zones de réseau d'isothermes :
- Zone « vapeur sèche »
- Zone « vapeur saturante »
- Zone « liquide »



Thermodynamique

La courbe f. C. J'ai appelé courbe de saturation. Délimite trois zones du réseau dix au terme. La zone de vapeur sèche, la zone de vapeur saturante et la zone liquide.

Notes

Summary

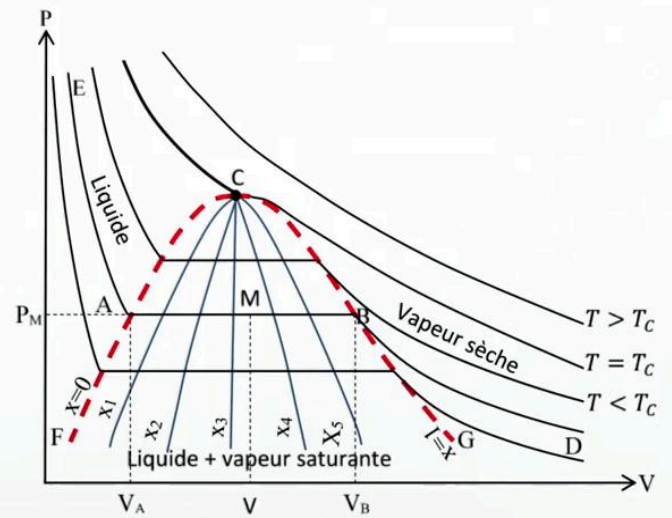


3m 28s

Diagramme de Clapeyron P(V) - Description



- $T > T_c$ zone « gaz permanent »
- FC branche d'ébullition
- CG branche de rosée



Thermodynamique

La température est supérieure à la température critique correspond à la zone de gaz permanent. La branche F. C représente la branche d'ébullition et la branche CG correspond à la branche de rosée.

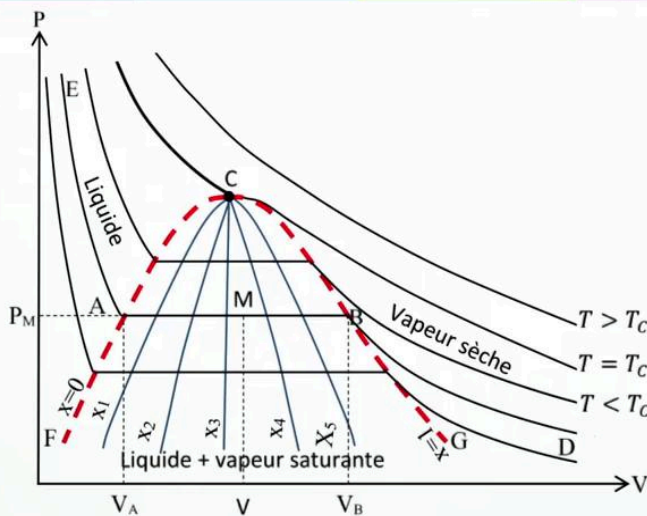
Notes

Summary



3m 46s

Diagramme de Clapeyron P(V) - Titre de vapeur x



Dans le diagramme de Clapeyron

$$x = \frac{\overline{MA}}{\overline{BA}}$$

Démonstration

- $m = m_g + m_l$ et $mv = m_g v_g + m_l v_l$
 m_g , m_l et m , respectivement les masses du gaz, du liquide et du mélange (en kg)

les volumes massiques du gaz, du liquide et du mélange en m^3 (v abscisse d'un point M de l'isotherme)

$$\begin{cases} m_l = m \frac{v - v_g}{v_l - v_g} = \frac{V - V_B}{v_l - v_g} \\ m_g = m \frac{v - v_l}{v_g - v_l} = \frac{V - V_A}{v_g - v_l} \end{cases}$$

Thermodynamique

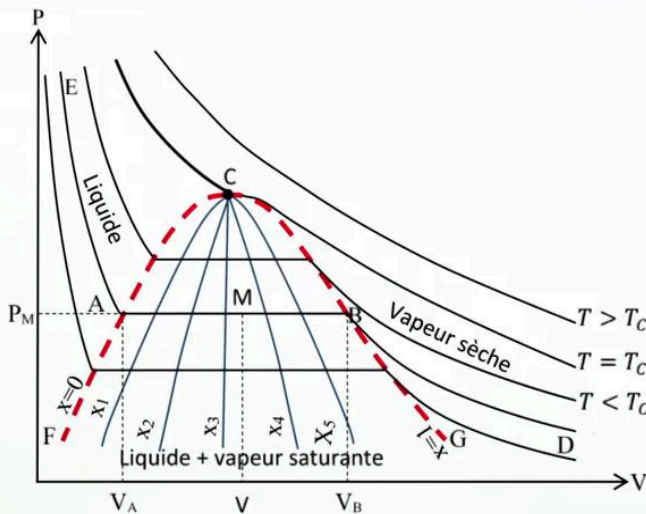
Le fluide, un état dysphasiques à l'intérieur de la courbe de saturation, est caractérisé par le tiers de vapeur x un point M sur le segment AB du diagramme de Clapeyron à titre de vapeur X égal à m a sur BA pour le prouver. Nous avons la masse du mélange qui est égal à la masse en phase gazeuse, plus la masse en phase liquide et le volume du mélange est égal au volume en phase gazeuse, plus le volume en phase liquide. Notons que m_g , L et M représentent les masses du gaz, du liquide et du mélange en kilogrammes. Le volume massique du gaz, du liquide et du mélange exprimé à mètres cube. Kg et notée par V . V étant l'abscisse du point M des hauteurs, alors nous avons. En résolvant ce système d'équations, M est égal à M . V . VG sur V est le VG qui est égal au volume total, moins le volume au point B divisé par le volume spécifique en phase liquide, moins le volume spécifique en phase gazeuse. Nous avons également la masse en phase gazeuse qui est égale à la masse du mélange qui multiplie le volume spécifique du mélange, moins le volume spécifique en phase liquide divisé par le volume spécifique en phase gazeuse, moins le volume spécifique en phase liquide, ce qui nous donne un fin.

Notes

Summary



Diagramme de Clapeyron P(V) - Titre de vapeur x



Dans le diagramme de Clapeyron

$$x = \frac{\overline{MA}}{\overline{BA}}$$

Démonstration

- $m = m_g + m_l$ et $mv = m_g v_g + m_l v_l$
 m_g , m_l et m , respectivement les masses du gaz, du liquide et du mélange (en kg)

les volumes massiques du gaz, du liquide et du mélange en m^3 (v abscisse d'un point M de l'isotherme)

$$\begin{cases} m_l = m \frac{v - v_g}{v_l - v_g} = \frac{V - V_B}{v_l - v_g} \\ m_g = m \frac{v - v_l}{v_g - v_l} = \frac{V - V_A}{v_g - v_l} \end{cases}$$

- D'où
$$x = \frac{m_g}{m} = \frac{V - V_A}{mv_g - mv_l} = \frac{V - V_A}{V_B - V_A} = \frac{\overline{MA}}{\overline{BA}}$$

Thermodynamique

Le volume total, moins le volume au point a divisé par le volume spécifique grand basque phase gazeuse, moins le volume spécifique en phase liquide. Notons que V. Et exprimées par mètre cube et PTV exprimée en mètres cubes par kilogramme. Alors, en revenant sur la définition du titre, à savoir X est égal à M sur M. Nous déduisons que X est égal à un grand V, c'est à dire le volume du mélange moins le volume au point a divisé par m vg, c'est à dire le volume en phase gazeuse, moins le volume en phase liquide, ce qui donne le volume total, moins le volume au point a divisé par le volume au point B, moins le volume au point A. Ce qui donne le segment M H divisé par le segment B1.

Notes

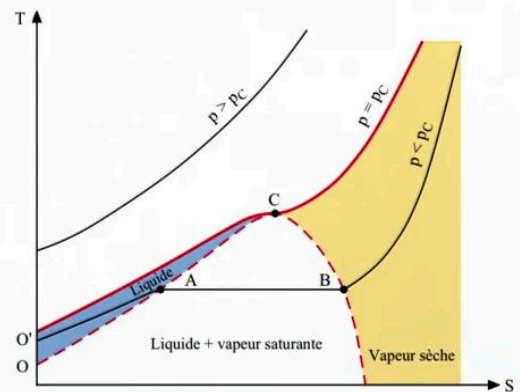
Summary



Diagramme entropique $T(s)$



- Température T en ordonnée
- Entropie spécifique s en abscisse
- Image du diagramme $p(V)$ dans le système de coordonnées $T(s)$



Thermodynamique

Nous notons pour terminer que le diagramme de Clapeyron n'est pas utilisé dans les calculs des projets industriels. Les diagrammes entropique TS de mots liés hts ou frigorifique lock p de H sont préférables car ils présentent la grandeur énergétique HTS. Ces grandeurs permettent bien entendu un calcul plus léger des travaux et des chaleurs et chargés. Place maintenant au diagramme en topics ds ces diagrammes à un système de coordonnées comportant la température et en ordonnée et l'entropie spécifique s en abscisse. Il n'est ni plus ni moins que l'image du diagramme de Clapeyron P .

Notes

Summary



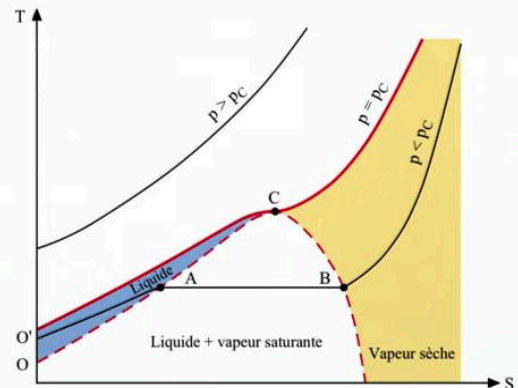
6m 50s

Diagramme entropique T(s) - Description



- *Forme des isobares*

- OO' : compression adiabatique de p_0 à $p < p_c$ (compression avec peu d'effet sur la température)
- O'A : chauffage du liquide à pression constante (branche pratiquement confondue avec la courbe de saturation)



Par convention $s_0=0$ (détermination d'entropie définie à une constante additive près)

Thermodynamique

V dans le système de coordonnées ts décrivant ces diagrammes entropique spécifiquement caractérisé par le réseau isobare. Examinant la forme au, le segment ou au prix correspond à une compression adiabatique de p_0 à pression inférieure à la pression critique. Alors notons que la compression a peu d'effet sur la température. De prime à. Nous avons un chauffage qui est à pression constante. Cette branche aux primes A est pratiquement confondue à la coupe de saturation.

Notes

Summary

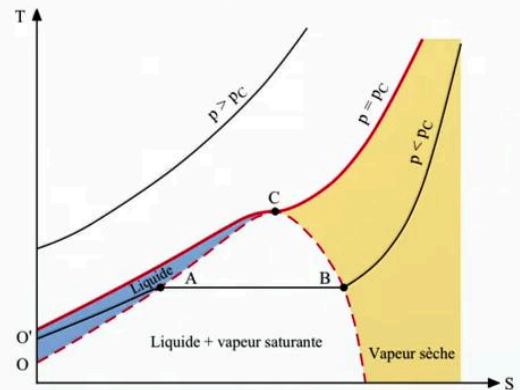


7m 49s

Diagramme entropique T(s) - Description



- AB : chauffage isobare et isotherme entraînant le changement d'état liquide-vapeur ; $T_A = T_B = T_e(P)$



Par convention $s_0=0$ (détermination d'entropie définie à une constante additive près)

Thermodynamique

En rappelant nous, nous avons dit qu'un liquide était un peu comme précède le segment A, B représente un chauffage isobare et isotherme en maintenant le changement d'état liquide vapeur à température et A est égal à TB et qui correspond à la température d'ébullition à pression P entre le point A et B en monte.

Notes

Summary



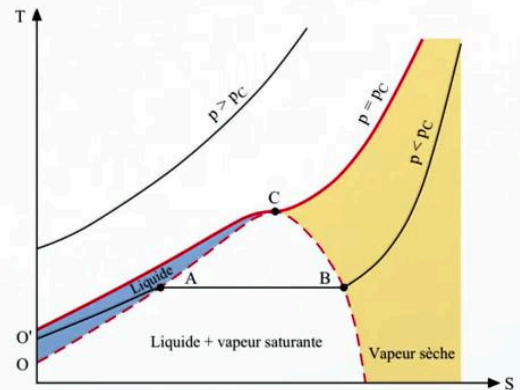
8m 33s

Diagramme entropique T(s) - Description



- AB : chauffage isobare et isotherme entraînant le changement d'état liquide-vapeur ; $T_A = T_B = T_e(P)$
- Entre A et B , on montre comme plus haut que tout point M est en état diphasique de titre :

$$x = \frac{s_M - s_A}{s_B - s_A}$$



Par convention $s_0=0$ (détermination d'entropie définie à une constante additive près)

Thermodynamique

Comme nous l'avons fait plus haut que tout point M situé sur le segment AB et un état physique des titres X est égal à la différence propre entre le point M et le point A , divisé par la différence d'entropie entre le point B et le point A au delà du point B .

Notes

Summary



8m 56s

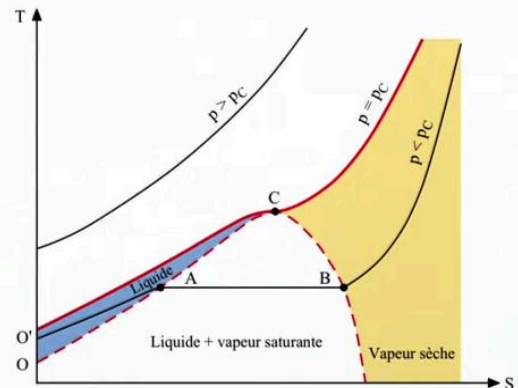
Diagramme entropique T(s) - Description



- Au-delà de point *B* : chauffage d'une vapeur sèche à pression constante

$$ds = \frac{\delta Q_p}{T} = \frac{C_p dT}{T} \text{ et } T = K e^{\left(\frac{s}{C_p}\right)}$$

Si C_p indépendant de T



Par convention $s_0=0$ (détermination d'entropie définie à une constante additive près)

Thermodynamique

Nous avons un chauffage de vapeur sèche à pression constante. Nous écrivons dans ce cas que DMS est égal à Delta Kuiper Suter qui est égal à C. Pdt Suter S. C'est l'entropie delta occupée, c'est la variation des chaleurs et si la température est CP et la capacité calorifique à pression constante. Si nous supposons que CP ne varie pas fonction de la température, nous pouvons intégrer cette équation différentielle et nous obtenons d égal un cas exponentiel de s cp. Nous avons dans la plage exponentielle de Isobares. Dans la zone va passer h. Lise Aubert.

Notes

Summary

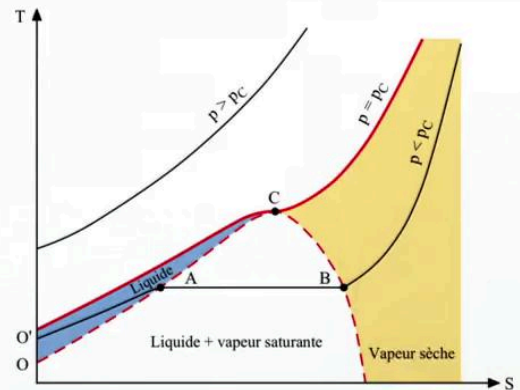


9m 16s

Diagramme entropique T(s) - Description



- $p = p_C$, tangente à la courbe de saturation au point C
- Pour $p > p_C$, isobares sans point d'intersection avec la courbe de saturation



Par convention $s_0=0$ (détermination d'entropie définie à une constante additive près)

Thermodynamique

Critique PC est un genre à la courbe de saturation. Au point, c'est. Lorsque la pression p est supérieure à baisser, les OBA sont sans point d'intersection avec la courbe de saturation.

Notes

Summary



10m 01s

Diagramme entropique T(s) – Intérêt

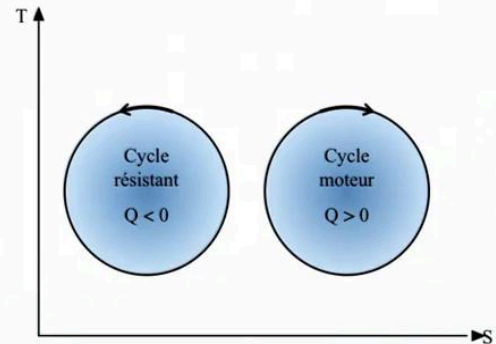


- Intérêt uniquement au plan théorique et largement préféré aux autres diagrammes :

$$\delta Q = T ds \quad \text{ou} \quad Q = \oint T ds$$

Aire du cycle : chaleur échangée au cours d'un cycle thermodynamique réversible

C'est de cette propriété que découle tout l'intérêt théorique de ce diagramme.



- Cycle moteur : $Q_T = \oint T ds > 0$
- Cycle réfrigérateur/pompe : $Q_T = \oint T ds < 0$

Thermodynamique

Passant à l'intérieur du diagramme un topic. Nous noterons que l'intérêt de ces diagrammes est uniquement au plan théorique. De ce point de vue, il est largement préféré aux autres diagrammes. Vous avoir un effet delta plus égal à T DST, c'est la température S et l'entropie Q, c'est la chaleur échangée. En intégrant, nous avons égal à l'intégrale sur le cycle des TDS. Autrement dit, la chaleur échangée au cours d'un cycle thermodynamique réversible correspond simplement à l'aire du cycle. C'est de cette propriété que découle tout l'intérêt théorique de ces diagrammes. Si nous considérons ainsi comme auteur, nous aurons cette chaleur qui sera positive. Et si nous considérons un cycle de réfrigération ou une pompe à chaleur, nous aurons cette chaleur qui sera négative. Dans ces diagrammes, on constate que pour un cyclomoteur, la circulation s'est faite dans le sens des aiguilles d'une montre, alors que le cycle de réfrigération aussi peu résistant à la circulation, s'est fait dans le sens des aiguilles d'une montre.

Notes

Summary



10m 22s

Conclusion



- Diagramme de Clapeyron pas utilisé dans les calculs de projets industriels.
- Diagramme $T(s)$ préférables car présentant la grandeur s et permettant un calcul aisé et des chaleurs échangées.

Thermodynamique

Deux choses à retenir à la fin de ce module. Premièrement, nous noterons que le diagramme de Clapeyron est essentiellement utilisé dans le bas de la thermodynamique. Ensuite, nous relèverons que le diagramme entropique est préférable aux autres diagrammes pour son intérêt théorique, en l'occurrence le calcul des chaleurs dans un cycle thermodynamique. Appeler bientôt.

Notes

Summary



11m 34s