

EPFL



- Croissance de cristaux
- Equilibre liquide-gaz
- Coexistence liquide-gaz
- Etat surcritique
- Point critique

Thermodynamique

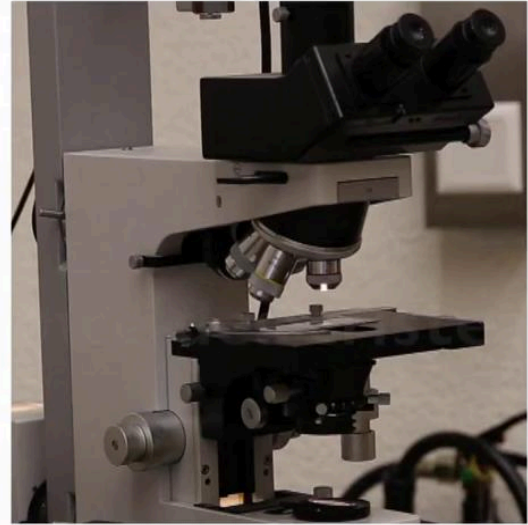
Me voici à nouveau pour vous présenter quelques expériences dans cette leçon. Marc, brièvement, vous a parlé de transition de phase. Dans cette séquence, j'aimerais illustrer le concept de transition de phase par quelques expériences. J'aimerais d'abord vous montrer. Au microscope. Une croissance de cristaux. Ensuite, j'aimerais discuter avec vous et voir quelques valeurs numériques, de la pression d'équilibre d'une substance qui est en équilibre entre sa phase vapeur et sa phase liquide. Ensuite, j'aimerais vous parler de la courbe de coexistence de phases et voir comment on peut avoir, dans un système contrôlant son volume, une quantité variable de liquide et de gaz. Ensuite, je montrais une expérience amusante en rapport avec l'État sur critique qu'on définit lorsqu'on parle du gaz de Van der Waals par exemple. Et puis j'aimerais vous montrer une transition de phase du deuxième ordre, celle qu'on obtient au point critique.

Notes

Summary



0m 04s



Thermodynamique

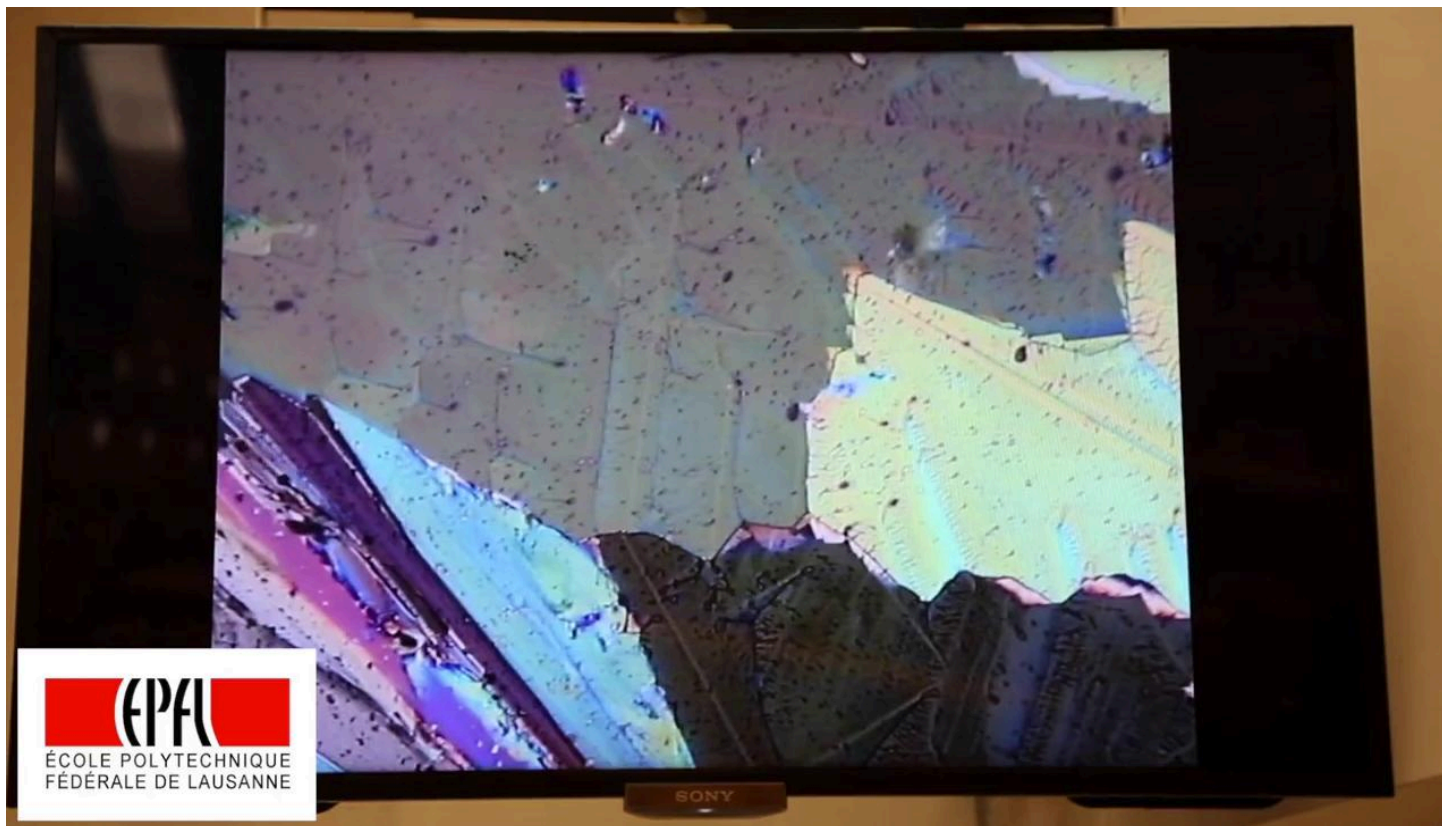
Commençons par la croissance de cristaux. Nous allons regarder au microscope. Des cristaux liquides. Nous disposons de ces cristaux liquides sur une lame de verre, sur un microscope monté avec des polariseurs croisés. Lorsque la substance est liquide, les polariseurs étant croisés, l'image est noire. Lorsque les cristaux se forment dus à leur biréfringence, on commence à voir la lumière qui traverse l'échantillon et on obtient d'ailleurs de très jolies couleurs.

Notes

Summary



1m 20s



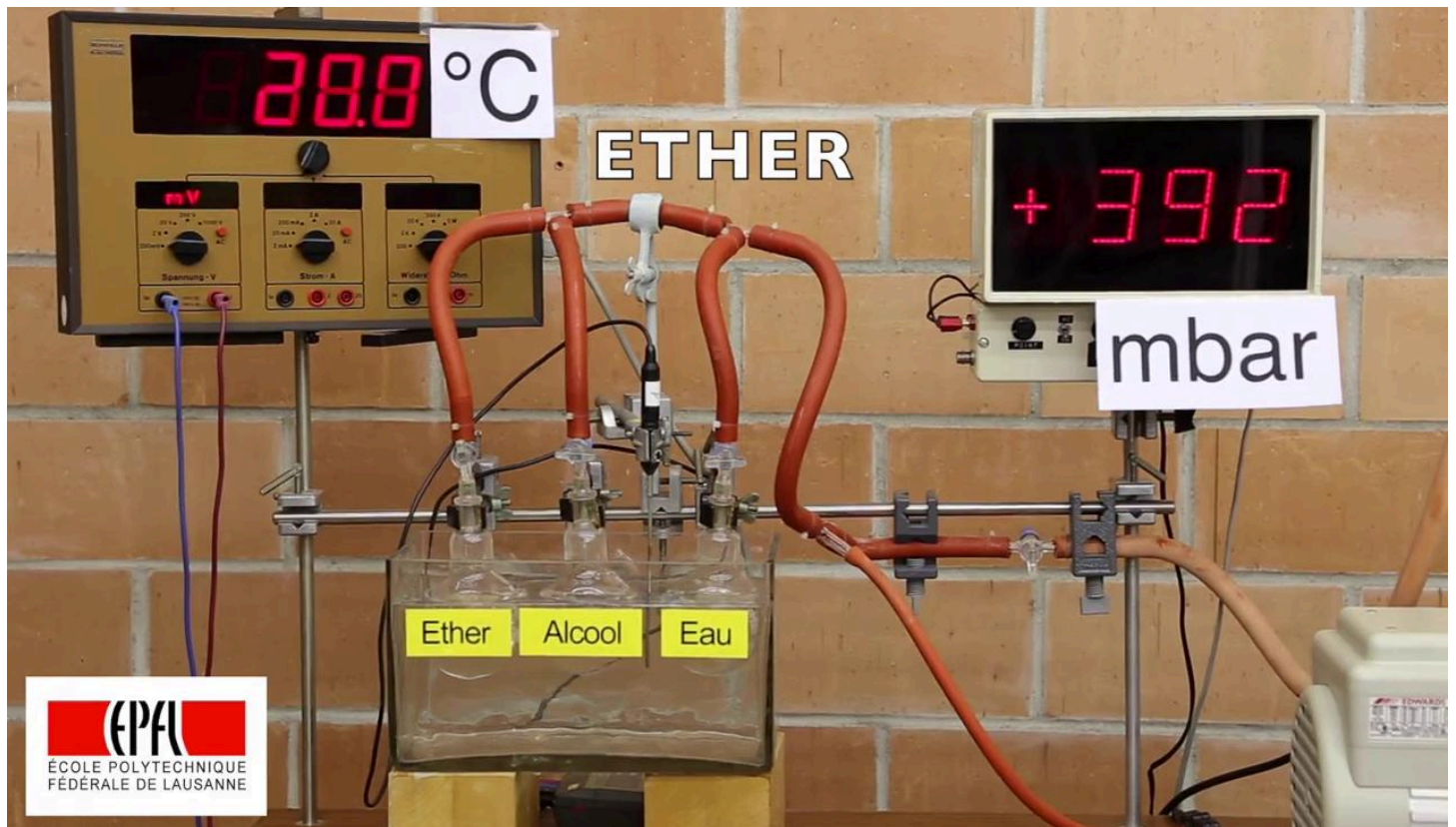
Je vous invite à voir la vidéo. Voici Love, l'image qu'on voit à l'état solide. Maintenant, le préparateur chauffe légèrement l'échantillon. Le Christ, la substance passe à l'état liquide. Et on a un fond diffus avec peu de lumière qui passe. Mais petit à petit, l'échantillon se refroidit. On passe à nouveau la température critique et on voit depuis la droite se former des cristaux par nucléation.

Notes

Summary



2m 03s



Passons maintenant à la question de l'équilibre d'une substance. Qui est présente dans un système à température donnée, dans son état liquide et dans son état gazeux. Pour faire cette expérience, on a le montage suivant. On a considéré trois substances, donc on a trois ballons qui contiennent un de l'eau, l'autre de l'alcool, le troisième de la terre. Une pompe permet d'assurer que chaque récipient ne contient que la substance considérée et pas de l'air. Les ballons sont plongés dans de l'eau qui permet d'assurer ou de définir la température à laquelle on va observer la pression du gaz en dessus du liquide. Et on a bien sûr une mesure d'une jauge de pression. Observant la mesure. Voilà les trois récipients. Les trois ballons. Une vanne qui permet de couper la pompe et de mesurer la pression. Le bain thermostatique est. Le préparateur. Expose la jauge de pression à une des substances et il note la pression. Vous remarquerez qu'ici la mesure se fait avec un bas à 20 degrés centigrades. On recommence avec l'alcool. Bien sûr, on a fermé le récipient pour l'eau, on ouvre le récipient pour l'alcool et on mesure la pression de vapeur d'alcool en dessus du liquide à une température de 20 degrés. Troisième expérience avec la Terre. On ouvre en note la pression des terres. En équilibre avec le liquide à 20 degrés. Voilà.

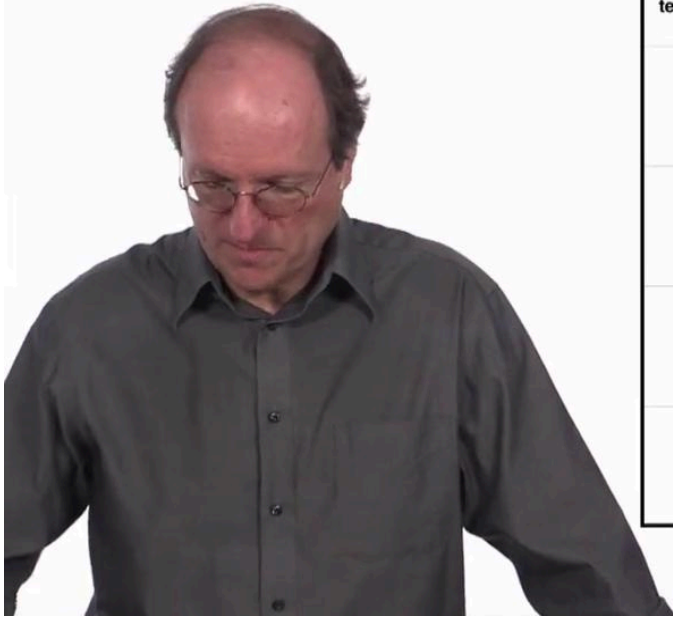
Notes

Summary



2m 50s

Equilibre liquide-gaz



| température | pression saturante eau | pression saturante alcool | pression saturante éther |
|-------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 3°C | 8 mbar | 18 mbar | 198 mbar |
| 13°C | 14 mbar | 37 mbar | 309 mbar |
| 20°C | 22 mbar | 58 mbar | 401 mbar |
| 30°C | 39 mbar | 93 mbar | 552 mbar |

Thermodynamique

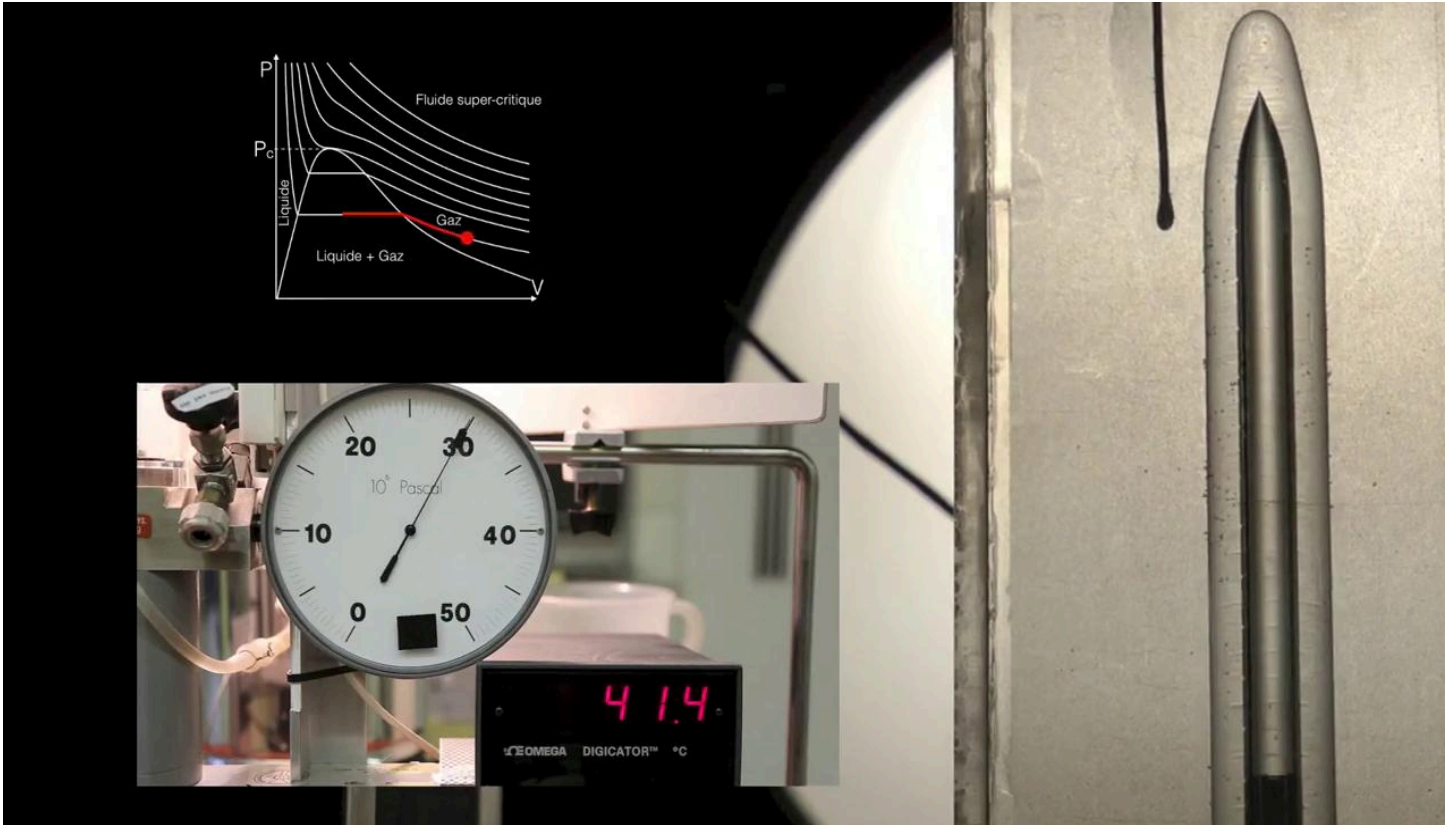
Le préparateur a fait ses mesures avec un bain thermique à plusieurs températures et voici les mesures qu'il a observé. Vous pouvez utiliser ces mesures pour chaque substance. Par exemple pour faire un graphique de la ligne de coexistence de phases entre la phase gazeuse et la phase liquide. Pour chacune de ces substances. Donc vous avez la pression ? En fonction de la température. Et vous pouvez analyser la prédiction de l'équation de Claudius Clapeyron, par exemple.

Notes

Summary



4m 55s



Maintenant, j'aimerais vous montrer une autre expérience. On voit la coexistence de phases. Ici, on a un liquide, un type de fréon qui est pris dans un tube que vous voyez sur la droite de l'image. Le tube est fermé par une goutte de mercure qui nous permet de contrôler le volume. Du système. Nous avons ici une mesure de la température. Ce tube de verre est immergé dans de l'eau dont on contrôle la température. On mesure la température ici et on a une mesure de la pression. Du système enfermé dans le tube. Et vous avez ici un diagramme typique des diagrammes de Van der Waals. Ou on a des iso terme sur un diagramme pression en fonction du volume. Observant la vidéo, on commence ici. Dans le diagramme gazeux, on passe la courbe de pression saturante. On commence à voir du liquide apparaître. Plus on diminue le volume, plus on a de liquide. Et on peut observer qu'on peut revenir en arrière. Et au même point. Le liquide disparaît. On n'a plus que du gaz, donc de la vapeur.

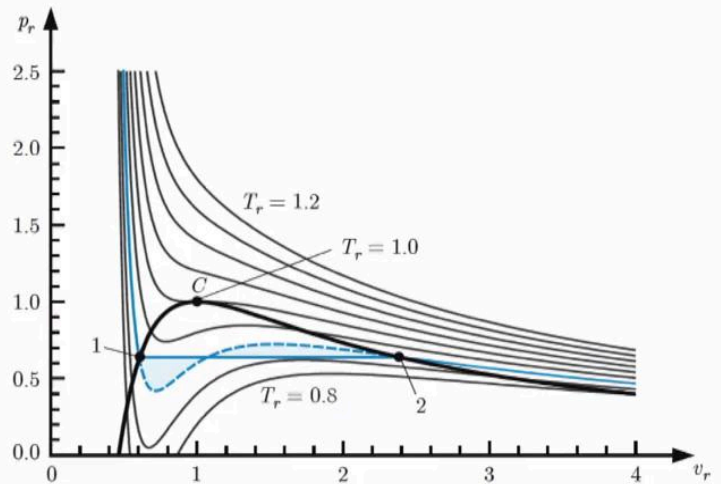
Notes

Summary

5m 40s



Autour du point critique



Thermodynamique

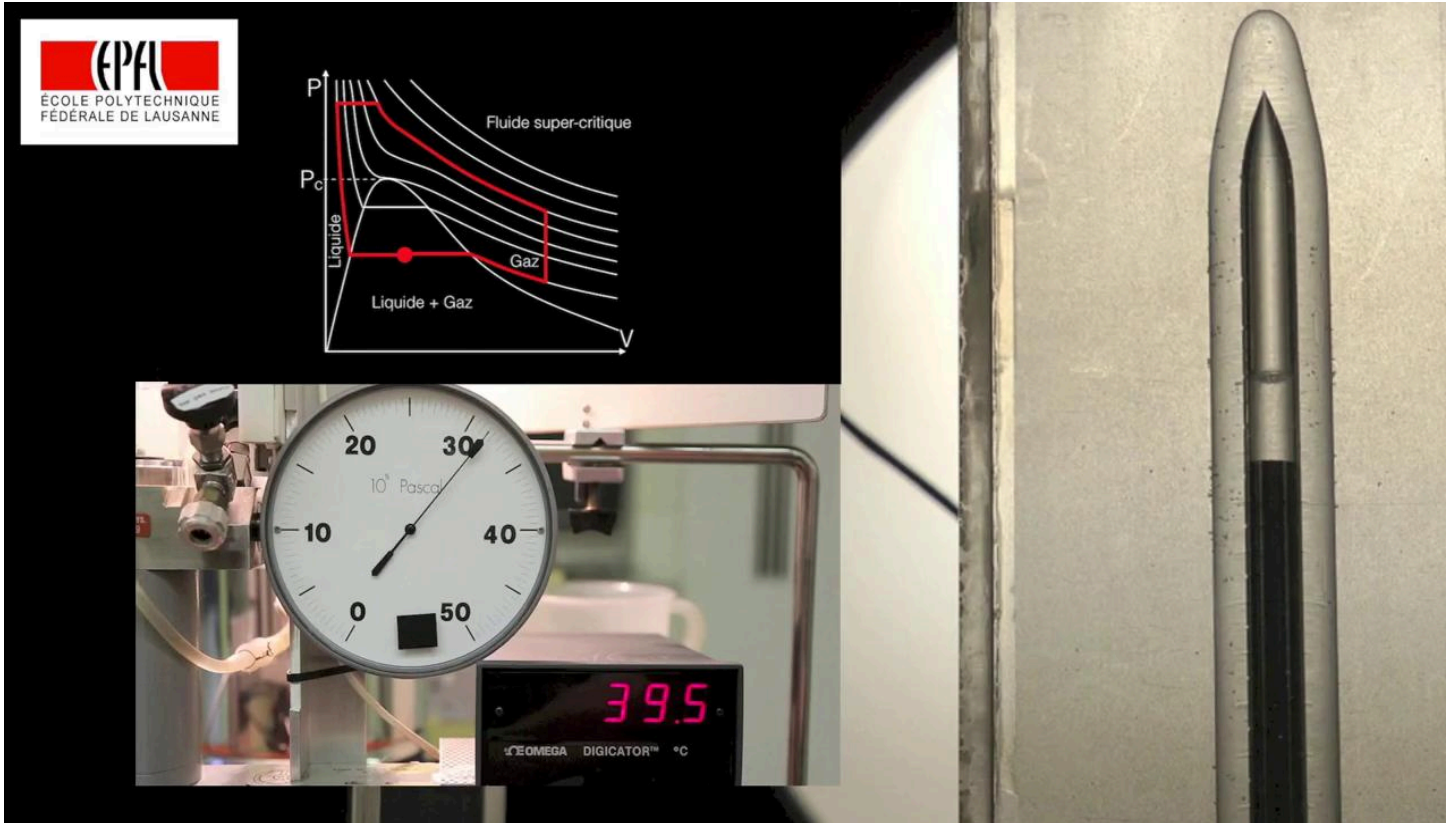
J'aimerais maintenant vous montrer une expérience amusante qui consiste à tourner autour du point critique. Donc on va opérer sur le gaz enfermé dans le tube. Une série de transformations qu'on peut illustrer sur un diagramme PV. Ici vous avez un diagramme PV en unité relative. La pression est mesurée relative à la pression du point critique notée C sur ce diagramme est le volume également rapporté au volume critique. Volume molaire critique.

Notes

Summary



7m 09s



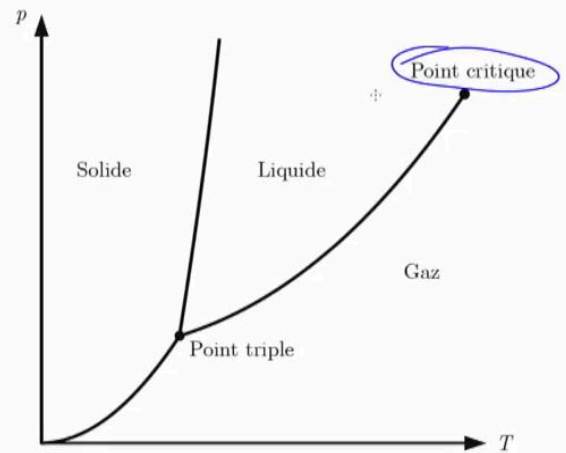
En regardant la vidéo, vous pouvez suivre sur le diagramme. Le parcours qu'on fait autour du point critique. Nous voilà dans la phase gazeuse sur un ISO. Terme. La température de l'eau autour du tube assure la température du système. Maintenant à volume constant, on ne bouge plus le ménisque de. De Mercure et on augmente la température de l'eau. On augmente la température du système. Et maintenant on change le volume du système à température constante. Donc on se promène sur une île au terme. Dans un état critique. Là, c'est expérimentalement la partie la plus difficile à réaliser. C'est tenter de changer la température en gardant la pression constante ou des à coups qui correspondent à l'ajustement du préparateur et de l'ajustement du volume. Et maintenant ? En fait. Augmenter le volume. Et qu'est ce qui se passe à cet endroit là ? On voit apparaître du gaz. Donc on avait dans le tube sur l'image à droite. On a commencé par avoir du gaz et on a tourné autour du point critique et on se retrouve avec un liquide. C'est une expérience qui illustre bien ce qui se passe dans la phase critique.

Notes

Summary



Point critique



Thermodynamique

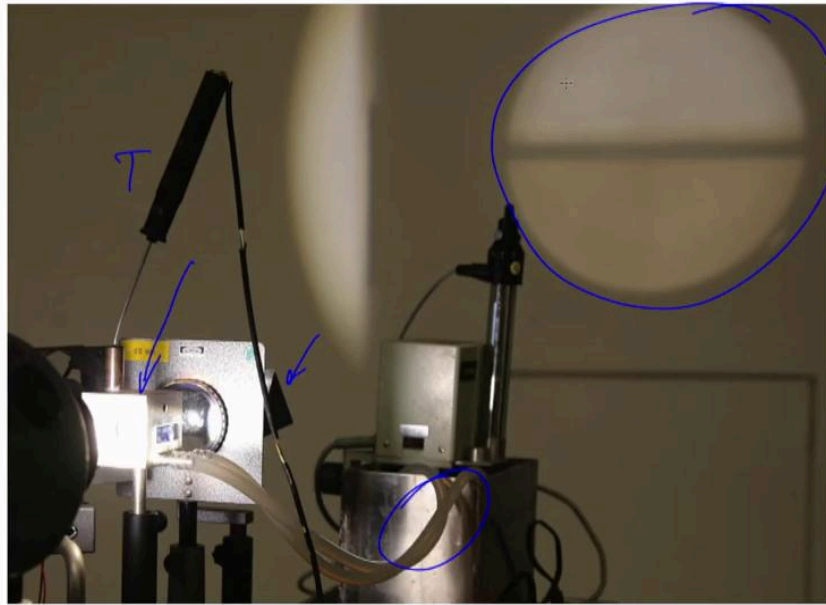
Maintenant, j'aimerais vous montrer une expérience qu'on va conduire au voisinage le plus près possible du point critique. J'ai ici représenté un diagramme typique pression en fonction de la température, on a la ligne de coexistence de phases entre le liquide et le gaz. Et maintenant j'aimerais.

Notes

Summary



9m 27s



Thermodynamique

Regardez qu'est ce qui se passe très près du point critique pour observer ce qui se passe autour du point critique ? On a le dispositif suivant on a ici une cellule qui contient un fluide, un type de fréon. Il y a juste la bonne quantité de matière, à juste la bonne pression. Pour conduire l'expérience, on mesure la température de la cellule qu'on contrôle grâce à un bain thermostatique. Vous reconnaissez une lumière intense d'une lampe à arc ? Une lentille. Derrière la lentille, il y a un prisme ici qui permet de donner une image sur. Le mur de l'auditoire de ce qui se passe dans la cellule. Je vais maintenant vous montrer un film ou on voit de près ce qui se passe dans la cellule lorsque la température de la cellule est au voisinage du point critique.

Notes

Summary



9m 57s



Voici le banc dans l'auditoire. La cellule. Thermostatiques est. Et l'image projetée de la cellule projetée sur l'écran de l'auditoire. Nous sommes maintenant à une température en dessous. Du point critique. Et progressivement, la température de la cellule est abaissée. L'expérience est délicate. Il faut aller lentement. Vous allez voir tout à coup ce qu'on appelle l'OPA, le sens critique. Il va y avoir de telles fluctuations une production de très petites gouttelettes, du liquide de grande fluctuation, la formation à la disparition de ces gouttelettes qui donnent lieu à ce qu'on appelle l'OPA, le sens critique, la voici qui vient. La couleur change. Et voilà. On passe la transition de phase. On ne voit plus rien. C'est l'eau, pas les sens critique. Et maintenant la température continue à diminuer et nous voilà en présence du liquide dans la cellule. La grande fluctuation. Mais peu à peu. Nous y voilà avec. Le liquide en bas.

Notes

Summary

11m 01s





- Croissance de cristaux
- Equilibre liquide-gaz
- Coexistence liquide-gaz
- Etat surcritique
- Point critique

Thermodynamique

Dans ce module, j'ai présenté quelques expériences pour illustrer la notion de transition de phase. On a d'abord vu la transition de phase de croissance de cristaux avec des cristaux liquides. Ensuite, on a observé la pression de vapeur en équilibre avec le liquide de la même substance. Et ceci à plusieurs températures. On a vu comment on pouvait se déplacer dans un diagramme PV typique du gaz de van der Waals entre l'état liquide et l'état gazeux avec une coexistence des deux. On a fait une petite promenade dans l'espace des États, entre autour du point critique et finalement, on a vu qu'au point critique, il y a une transition de phase qui a lieu avec de grandes fluctuations qui donnent lieu à ce qu'on appelle au palais sens critique. Je vous remercie de votre attention.

Notes

Summary



12m 42s