

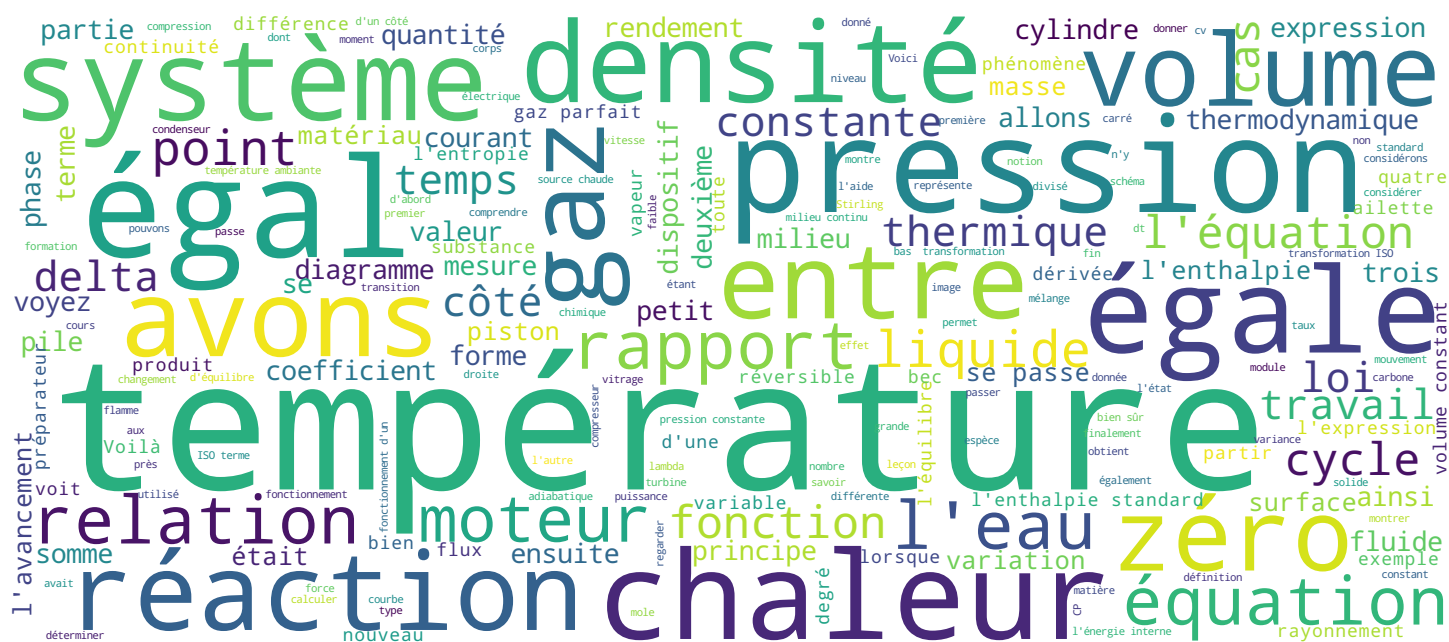
Expériences : Cycles thermodynamiques



Nicolas Léonard Sadi Carnot,
1796-1832



Prof. Jean-Philippe Ansermet



Search MOOC



Video



Expériences : cycles thermodynamiques



- Oiseau buveur
- Moteur à dépression
- Moteur de Stirling
- Réfrigérateur

Thermodynamique

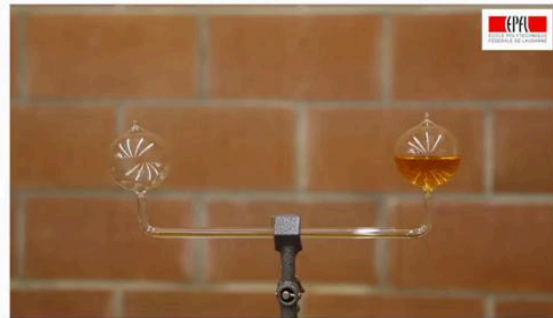
Me voici à nouveau pour vous présenter quelques expériences dans cette leçon. Étienne Robert vous a montré des machines thermiques. Ici, j'aimerais vous montrer quelques petites expériences qui illustrent comment un processus thermique peut donner lieu à un travail. On va commencer par essayer de comprendre comment fonctionne un petit jouet qu'on peut trouver dans le commerce. Ensuite, on regardera un moteur à dépression, puis un moteur mieux défini qu'est le moteur de Stirling. Enfin, on regardera le fonctionnement d'un réfrigérateur.

Notes

Summary



0m 04s



Thermodynamique

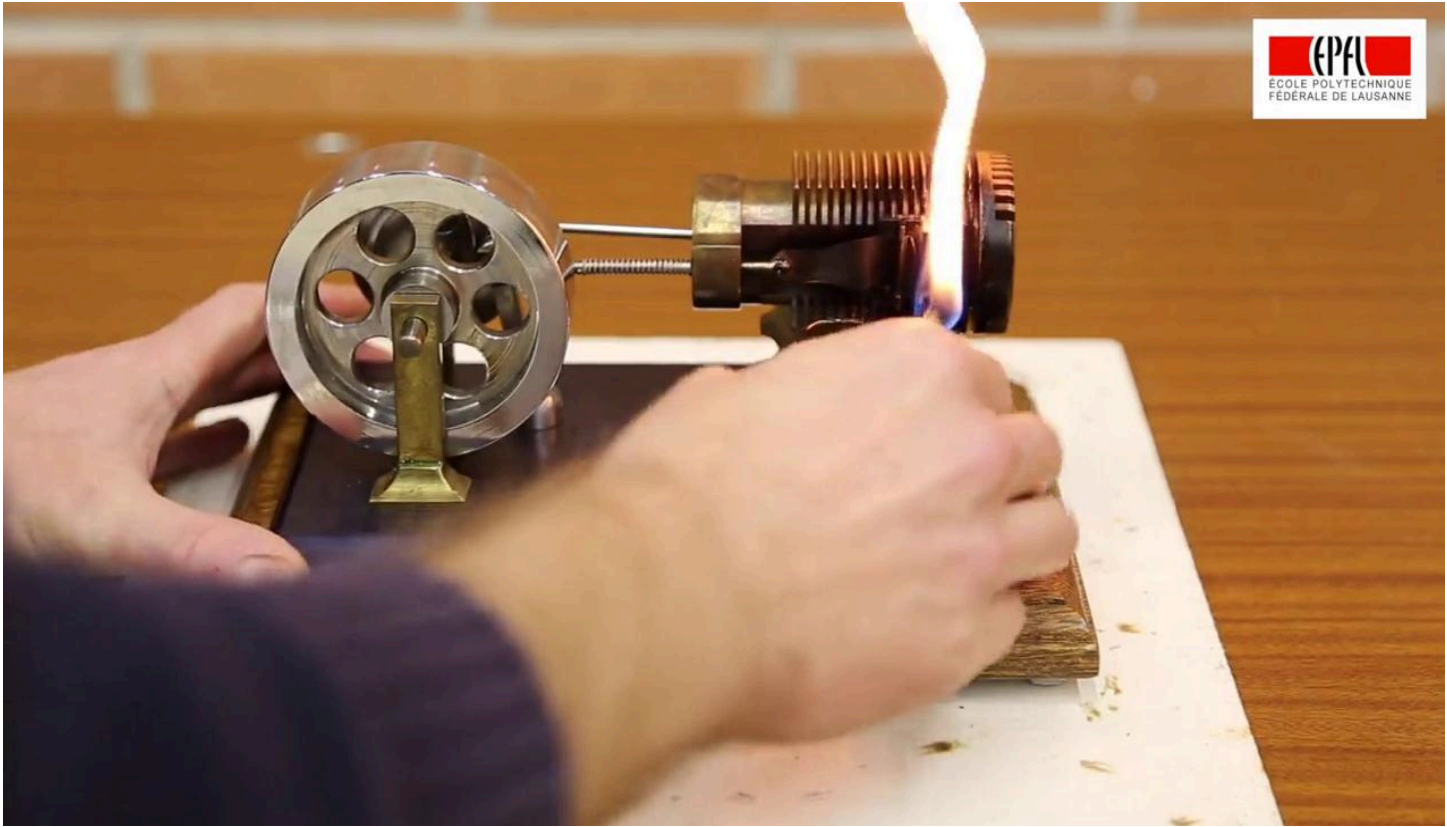
Je commence avec ce petit jouet. Je vous propose de regarder ce qu'il se passe lorsque le quand ce petit oiseau trempe son bec dans l'eau. Regardez ce qui se passe avec le liquide dans le corps de l'oiseau. Quand l'oiseau bascule, le liquide repart au fond. En bas de l'oiseau et peu à peu, le liquide monte. Comme ceci. Qu'est ce qui fait que le liquide monte ? Pour clarifier ceci, les préparateurs ont mesuré la température du bec de cet oiseau. Dans un premier temps, ils ont monté un thermocouple très fin sur le bec. Dans un deuxième temps, ils ont utilisé une caméra infrarouge observant. Voici la mesure de la température d'un thermocouple monté sur le bec du canard. Lorsque le bec est hors de l'eau, il refroidit. Et ensuite il revient à température ambiante. C'est la température de l'eau dans le verre. Vous voyez maintenant une image obtenue avec une caméra infrarouge. Sur la droite, vous avez une barre qui indique le. Qui fait la correspondance entre la couleur et la température. Donc le bas de l'oiseau est à peu près à température ambiante, tandis que le haut et quelques degrés à une température de quelques degrés inférieure à la température ambiante.

Notes

Summary



0m 47s



Il nous reste à comprendre pourquoi, lorsque la tête du canard refroidit, le liquide monte. Pour comprendre ce phénomène, les préparateurs ont un autre dispositif pour rendre les choses plus claires. Je vous laisse regarder. Vous avez ici un liquide semblable enfermé dans ces deux boules reliées par un tube. Et comme vous le voyez, lorsqu'on chauffe d'un côté, le liquide part de l'autre. On va faire l'expérience inverse. Maintenant, on va refroidir un côté. C'est l'équivalent de ce qui se passe dans la tête de l'oiseau buveur. Et vous voyez le liquide qui part du côté le plus froid. Je passe maintenant à un autre dispositif, un moteur appelé moteur à dépression. Vous avez ici un réchaud à alcool qui chauffe l'air au voisinage. D'un clapet. Qui ouvre un cylindre. Muni d'un piston monté sur un volant. J'ai une image. Ici qui vous permet de voir le schéma de principe. Vous avez deux bielles. Vous avez un piston dans le cylindre qui est refroidi par des ailettes. Vous avez l'air chaud à l'entrée du cylindre. Vous avez un clapet qui s'ouvre avec un déphasage par rapport au mouvement du piston dans le cylindre. Je vous invite à regarder la vidéo du moteur en fonctionnement.

Notes

Summary





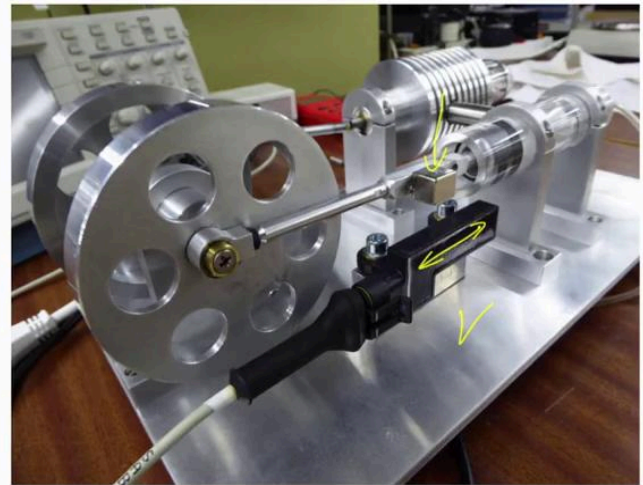
Vous voyez qu'il faut générer une bonne flamme pour que le système fonctionne. Le voilà en plein fonctionnement. Et les préparateurs. Pour rendre plus clairs ce qu'il se passe. On fait une image avec une caméra rapide. Avec la caméra rapide, vous voyez ? Le clapet qui va s'ouvrir, qui chasse l'air. Qui était dans le cylindre. Et maintenant de l'air chaud entre. On va revoir ça une deuxième fois. L'air chasse est. Et l'air chaud qui rentre.

Notes

Summary



Moteur de Stirling



Thermodynamique

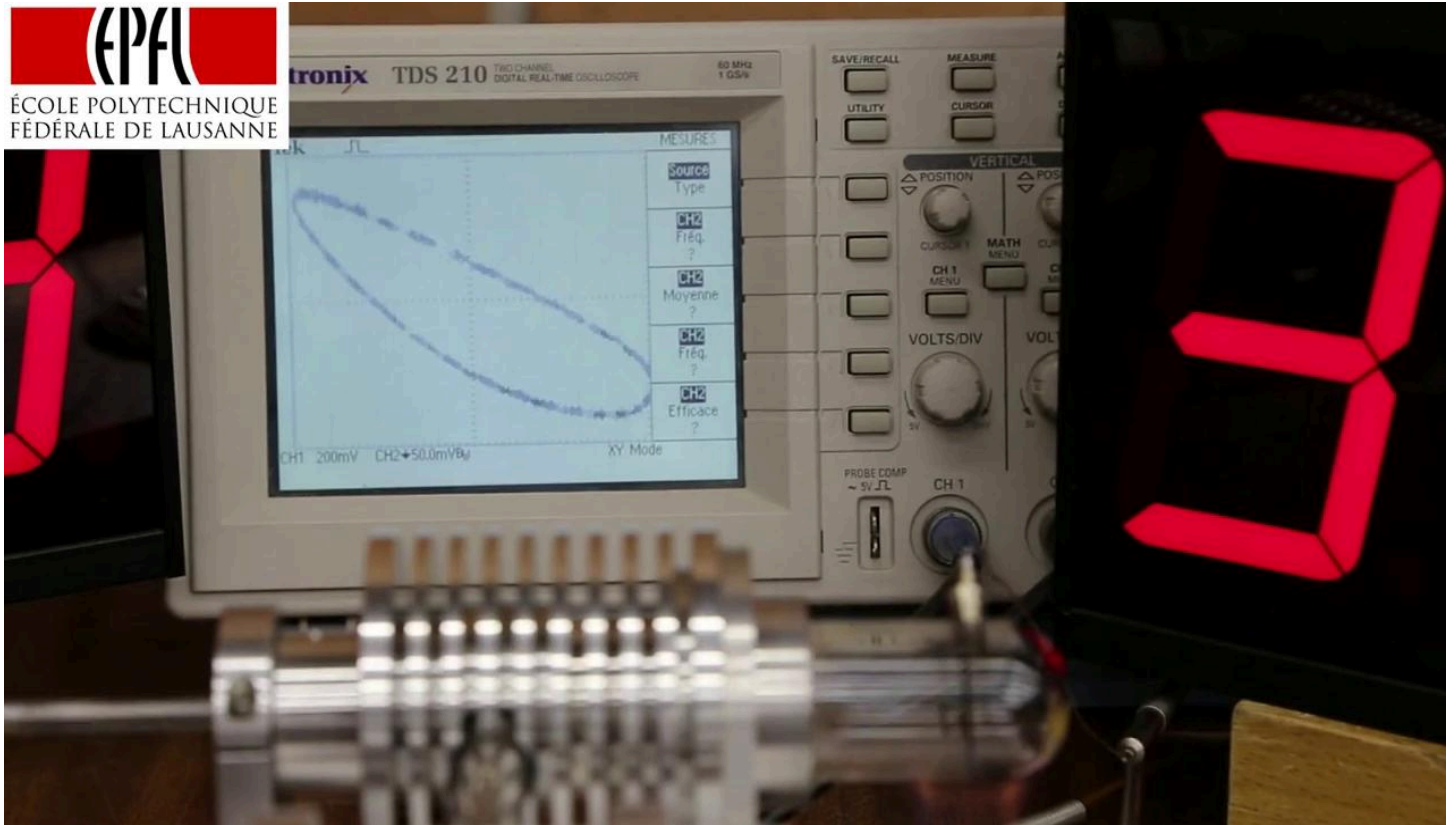
J'aimerais vous montrer maintenant un moteur dont le principe est mieux défini. En voici une construction. J'en profite pour saluer le préparateur qui nous a construit ce modèle d'une machine dite de Stirling. Vous voyez sur la droite ? Un cylindre dans vert au dessus d'un réchaud à alcool. La base du cylindre est contenue dans une pièce métallique avec des ailettes de refroidissement. Et nous avons plusieurs capteurs. D'abord, nous allons mesurer la température. Ici. Et là donc la température du côté de la flamme et la température du côté des ailettes. Il y a un deuxième cylindre. Qui est actionné. Comme on le verra tout à l'heure dans le piston est actionné par une bielle rattachée au volant qu'on voit sur l'arrière de l'image, et on mesure la pression du gaz à cet endroit là. Si maintenant on regarde le dispositif du côté du volant. Nous distinguons ici un aimant. Et ici un capteur de position qui va nous donner une indication du volume du gaz. Je vous invite à regarder la vidéo.

Notes

Summary



6m 07s



Voici le motard. La flamme est allumée. La température du côté de la source chaude augmente. Et le préparateur va lancer le système. Grâce aux capteurs qui nous donnent la pression et le volume, on peut faire une image du diagramme PV de ce moteur.

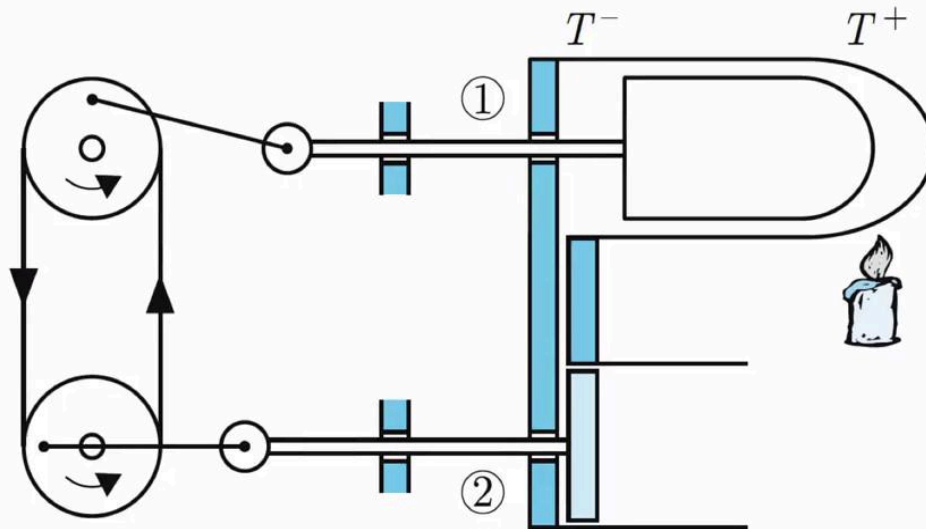
Notes

Summary



7m 46s

Moteur de Stirling



Thermodynamique

Pour comprendre ce qui se passe, j'aimerais d'abord vous rendre attentif à un point particulier de ce moteur, c'est que vous avez dans le grand cylindre celui qui est exposé à la flamme. Vous avez un piston qui a la forme d'une grosse ampoule en verre. Et lorsque ce piston se déplace à l'intérieur du cylindre, le volume du gaz reste constant.

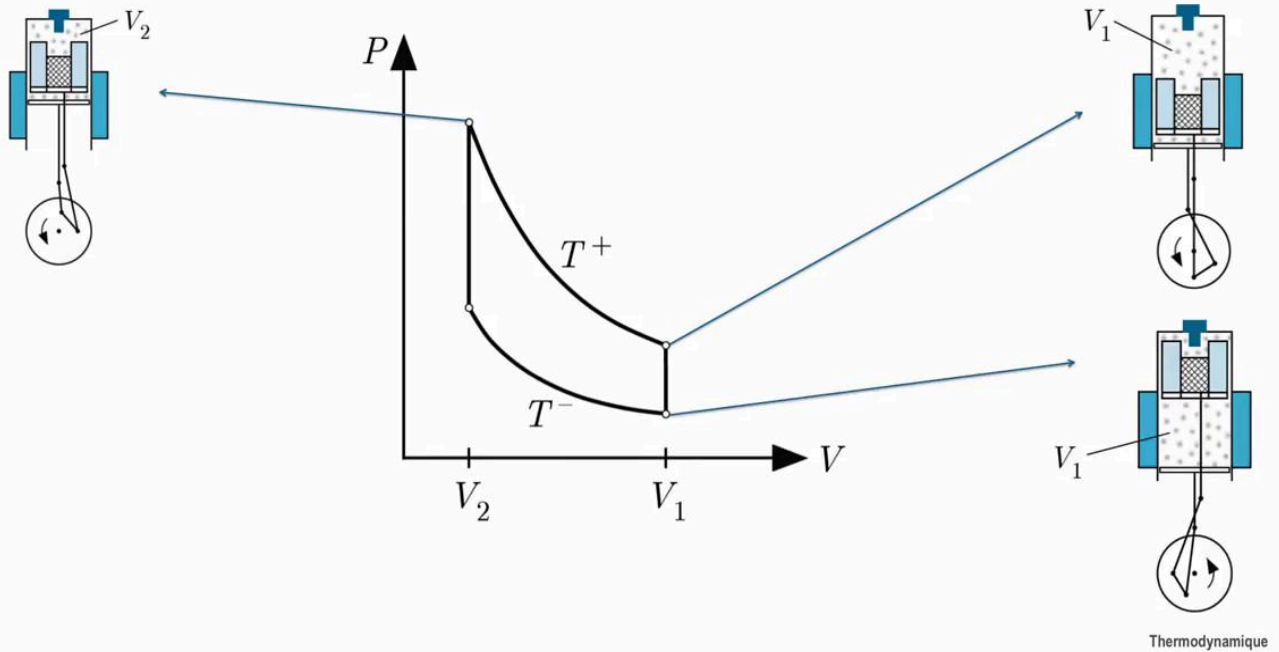
Notes

Summary



8m 21s

Moteur de Stirling



Je passe maintenant à un schéma de principe du moteur de Stirling. Voici le cycle de Stirling sur un diagramme PV. Je commence par ce sommet du diagramme et je vous montre ici une variante du moteur de Stirling ou les. Au lieu d'avoir deux cylindres séparés, les cylindres sont ensemble, mais il y a bien sûr deux pistons. Nous sommes ici dans l'état du système où le volume est le plus petit, et le gaz est confiné du côté exposé à la source chaude. À ce moment là, le gaz subit une expansion ISO terme à la température T . Plus jusqu'à arriver à cet état là où on a le volume maximum que j'ai noté v_1 sur ce diagramme. Et maintenant le système va faire faire au gaz une transformation ISO corps. Le volume est constant mais le gaz va passer du côté chaud au côté froid. Sur le dispositif que j'ai dessiné schématiquement ici, le gaz passe à travers une grille qu'on appelle un régénérateur. Vous réalisez bien que si le gaz passe de la température T plus à la température témoin, son énergie interne change. Mais comme le volume est constant, il n'y a aucun travail à opérer sur ce gaz. Il faut donc qu'il y ait un échange thermique. Le régénérateur permet cet échange thermique de la façon la plus efficace.

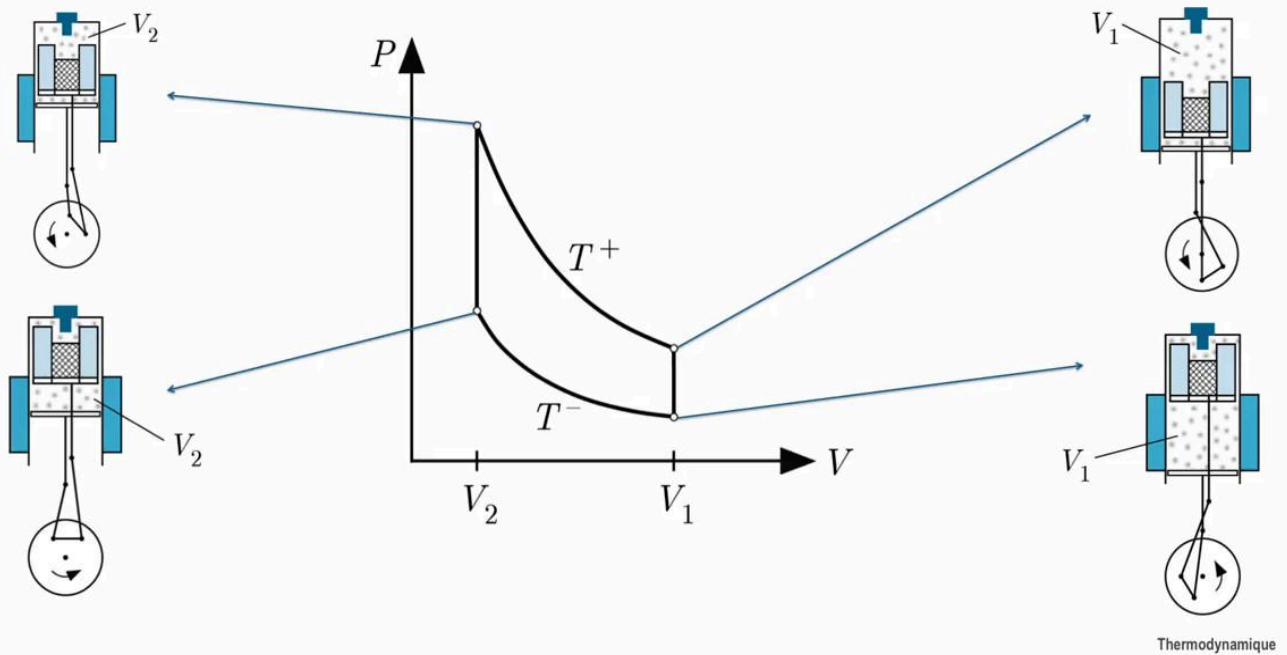
Notes

Summary



8m 47s

Moteur de Stirling



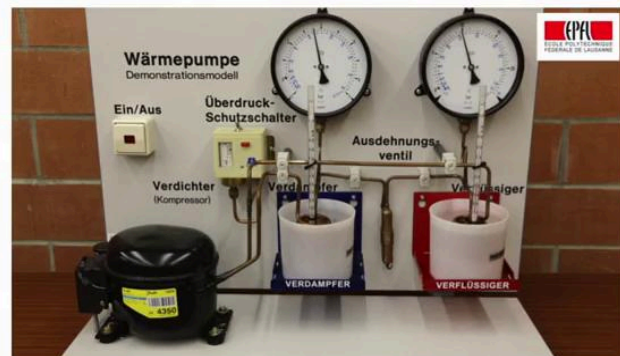
On arrive à la fin de la transformation ISO corps avec le même volume V_1 à la température de la source froide. À ce moment là, on fait une compression ISO. Terme comme ceci. Pour arriver à l'état suivant ou on a à nouveau le volume minimal. Mais cette fois ci, le gaz est confiné dans la zone exposée à la source froide. Il n'y a plus qu'à faire une transformation ISO record pour revenir à l'état initial.

Notes

Summary



10m 25s



Thermodynamique

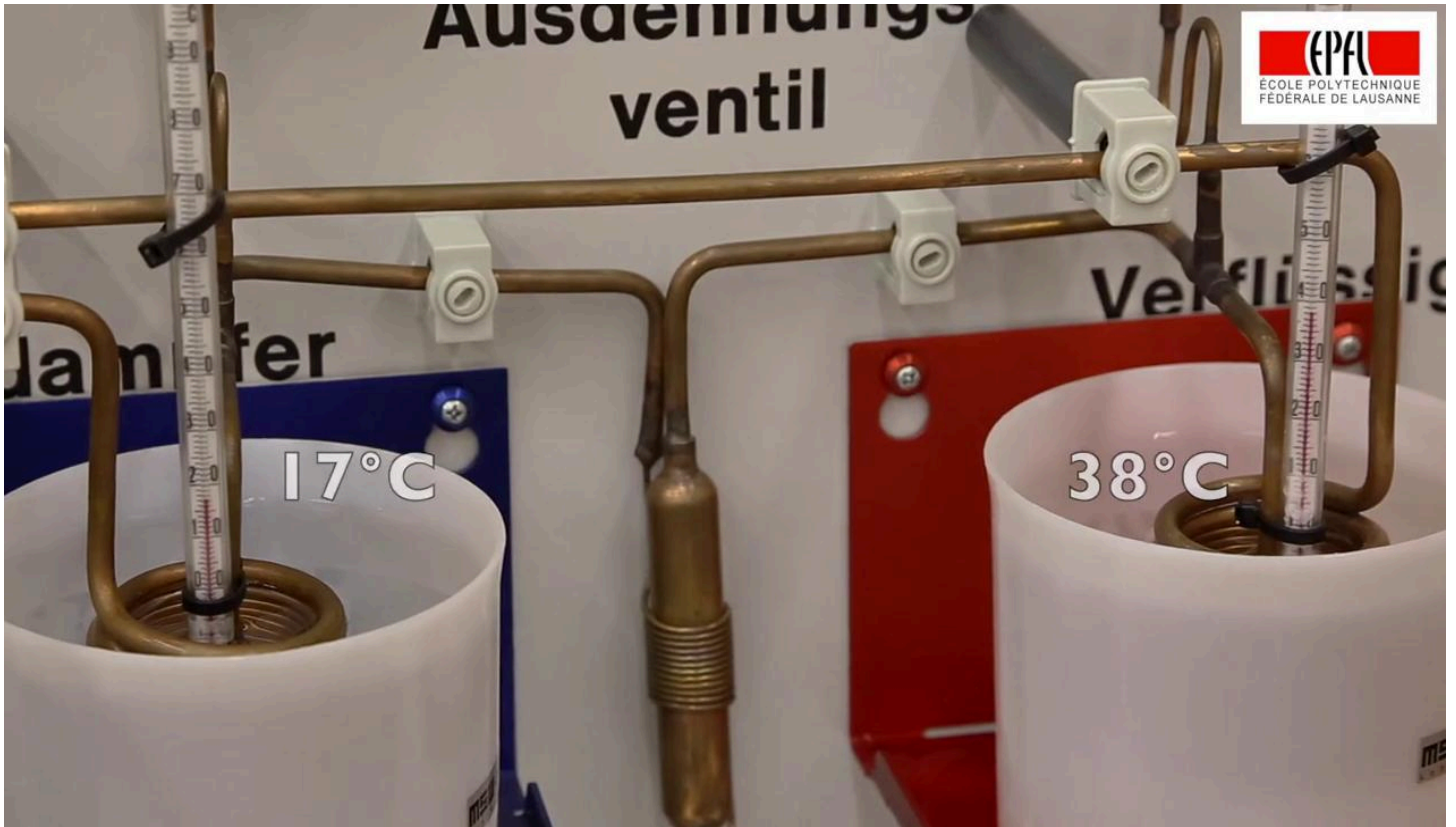
Pour terminer, j'aimerais vous montrer le fonctionnement d'un réfrigérateur. Vous avez ici un réfrigérateur dont on n'a gardé que le principe de fonctionnement, si vous voulez bien. Pour marquer sur l'image la présence d'un compresseur qui est alimenté électriquement. Il y a un dispositif de sécurité qui assure que la pression ne monte pas trop dans le système. Vous avez ici un condenseur, on observe. On notera ici qu'on a une pression du gaz qui vaut à peu près quinze bars quand le système tourne. Et on va condenser le gaz caloporteur dans le condenseur, ce qui va faire, puisqu'on a une condensation du gaz que l'eau autour de la spirale. Ici l'eau va avoir une température élevée. Ensuite le gaz. Enfin, le liquide passe par un détendeur, ce qui va diminuer sa température. Après le détendeur, il y a un capillaire, ce qui va assurer la différence de pression. Vous noterez ici une pression élevée d'à peu près quinze bars et une pression bien plus faible du côté du liquide. De ce côté là. Vous avez maintenant une évaporation du liquide qui a lieu et qui va provoquer un abaissement de la température de l'eau. Le gaz peut alors passer dans le compresseur observant le dispositif en fonctionnement.

Notes

Summary



11m 01s



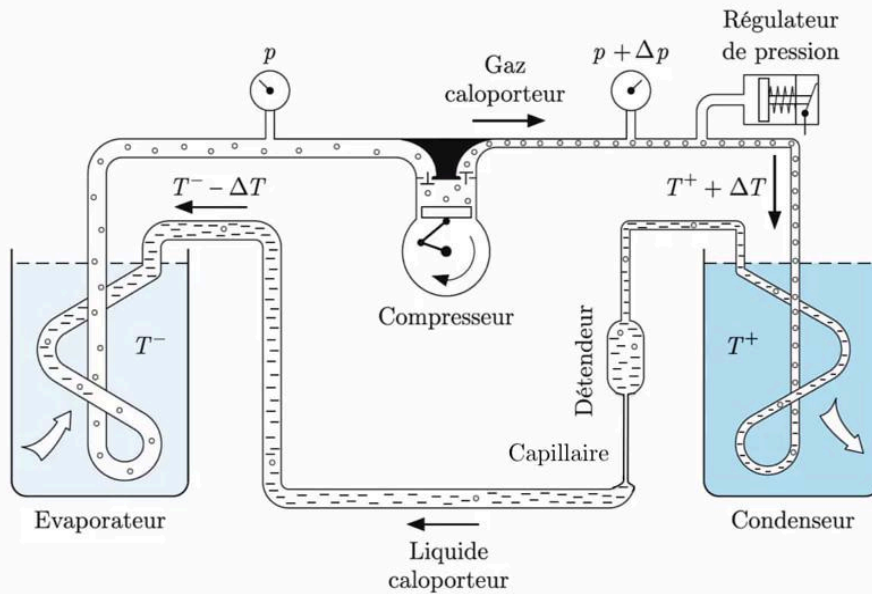
Le préparateur enclenche le compresseur pour noter sur le manomètre de droite la pression qui augmente. Initialement, l'eau est un peu à température ambiante. Et après quelque temps, on arrive à peu près à quinze bars et deux bars. Pour la pression du gaz. Et du liquide. Et l'eau atteint une température de 17 degrés d'un côté et de 38 degrés de l'autre.

Notes

Summary



Modèle de réfrigérateur



Thermodynamique

Voici un schéma qui résume le principe de fonctionnement de ce réfrigérateur. Vous reconnaissez les deux bassins d'eau, les spirales. D'un côté, il y a condensation. De l'autre, il y a évaporation. Il y a un détendeur suivi d'un capillaire pour assurer de maintenir la différence de pression du liquide entre les deux branches du circuit du fluide caloporteur. Et puis, au milieu, bien sûr, le compresseur.

Notes

Summary



Expériences : cycles thermodynamiques



- Oiseau buveur
- Moteur à dépression
- Moteur de Stirling
- Réfrigérateur

Thermodynamique

En résumé. Dans ce module, nous avons analysé le principe thermique qui fait fonctionner ce jouet que j'ai appelé l'oiseau buveur. On a vu fonctionner un moteur à dépression. Avec, on l'a vu très clairement, une source chaude. La flamme et un système de refroidissement les ailettes sur le cylindre. On a ensuite analysé le mode de fonctionnement d'un moteur de Stirling. Puis on a regardé un réfrigérateur démonté pour qu'on en voit bien toutes les parties. Je vous remercie de votre attention.

Notes

Summary



13m 53s