

# Thermodynamique

## Expériences : Deuxième principe

Prof. Jean-Philippe Ansermet



## Clausius



## Search MOOC



## Video



# Expériences : deuxième principe



- Température
- Entropie
- Pression

Thermodynamique

Je vous rejoins à nouveau pour vous montrer quelques expériences dans cette leçon. La notion de température a été introduite comme une grandeur intensive conjuguée à l'entropie. Bien sûr, vous êtes familier avec la notion de température. Ici, on va mesurer la température d'un gaz en fonction de sa pression. On va aussi se familiariser avec la notion d'entropie grâce à une expérience très simple avec laquelle on va chercher à mesurer un changement d'entropie. La pression a été définie dans cette leçon aussi comme une variable intensive conjuguée au volume. Pour avoir une intuition meilleure de la notion de pression, on va regarder un modèle mécanique des gaz.

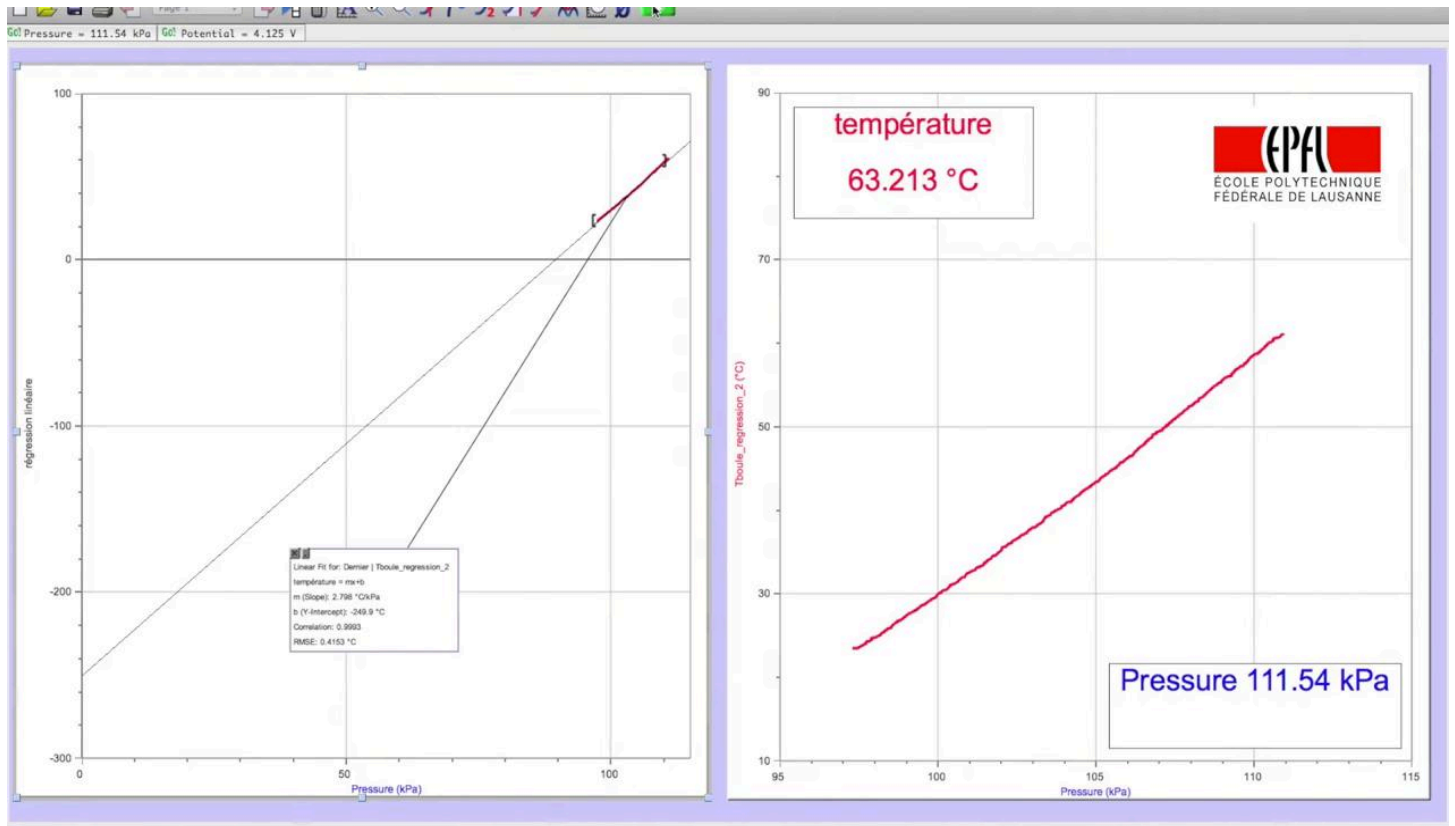
Notes

Summary



0m 05s



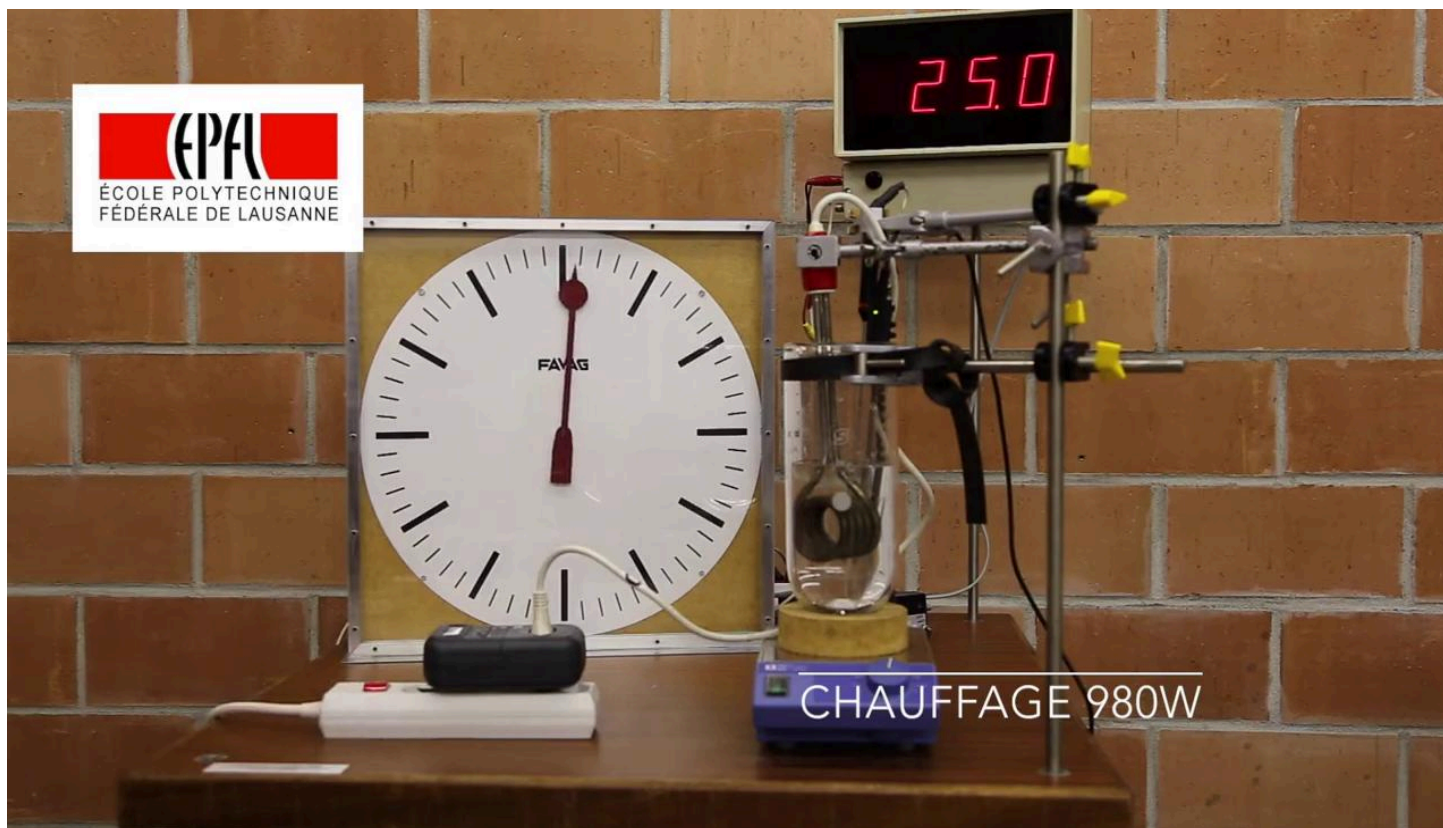


Un capteur mesure la température du gaz lui même. Ici, on assiste à un enregistrement de la température en fonction de la pression. En même temps, le programme opère une régression linéaire. À droite, on voit les points de mesure sur une échelle de température correspondant au domaine des valeurs mesurées. Tandis qu'à gauche, on a une échelle de température qui s'étend jusqu'à 300 degrés Celsius. Cette mesure fournit un zéro de pression à moins de 150 degrés. On aurait dû l'obtenir à moins de 163 degrés. On peut s'estimer content de la précision de la mesure, car l'extrapolation est poussée très loin en dehors du domaine mesuré.

Notes

Summary





Passons maintenant à la notion d'entropie. On va chercher ici à mesurer un changement d'entropie grâce à des instruments très simples. Nous avons ici un calorimètre dans lequel on a introduit 500 grammes d'eau. Le calorimètre est muni d'un corps de chauffe d'une puissance de 900 huitante watt et d'un brasseur.

Notes

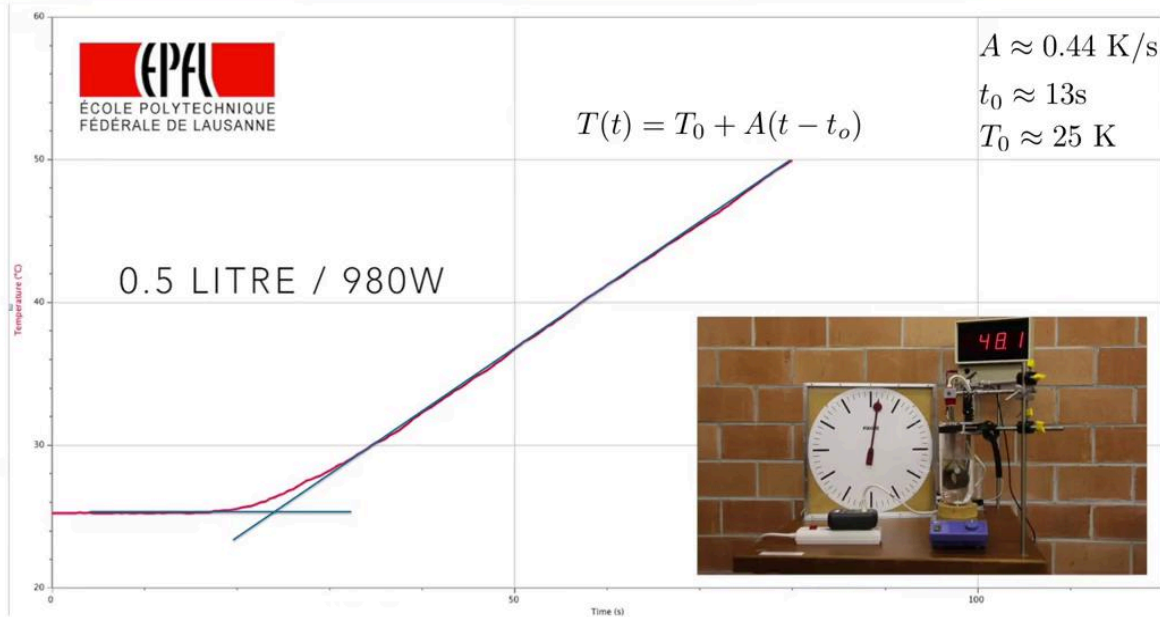
Summary



2m 04s



# Changement d'entropie de l'eau



Thermodynamique

On mesure la température de l'eau en fonction du temps. Voici le résultat obtenu. On va faire l'approximation suivante on considère que la température évolue selon une ligne droite. On a ainsi. La température en fonction du temps. Avec les coefficients estimés très approximativement à partir des données du graphe. Les voici.

Notes

Summary



2m 30s

# Changement d'entropie de l'eau



$$T(t) = A(t - t_0) + T_0$$

$$A \approx 0.44 \text{ K/s} \quad t_0 \approx 13 \text{ s} \quad T_0 \approx 25 \text{ K}$$

$$P_Q \approx 980 \text{ W}$$

$$\dot{S} \approx \frac{P_Q}{T}$$

$$\Delta S_{t_0 \rightarrow t_1 \approx 80 \text{ s}}$$

$$\Delta S = \int_{t_0}^{t_1} \frac{P_Q dt}{A(t - t_0) + T_0}$$

$$\approx \frac{980}{0.44} \ln \left( \frac{50}{25} \right) \text{ J/K} \approx 1.5 \cdot 10^3 \text{ J/K}$$

Thermodynamique

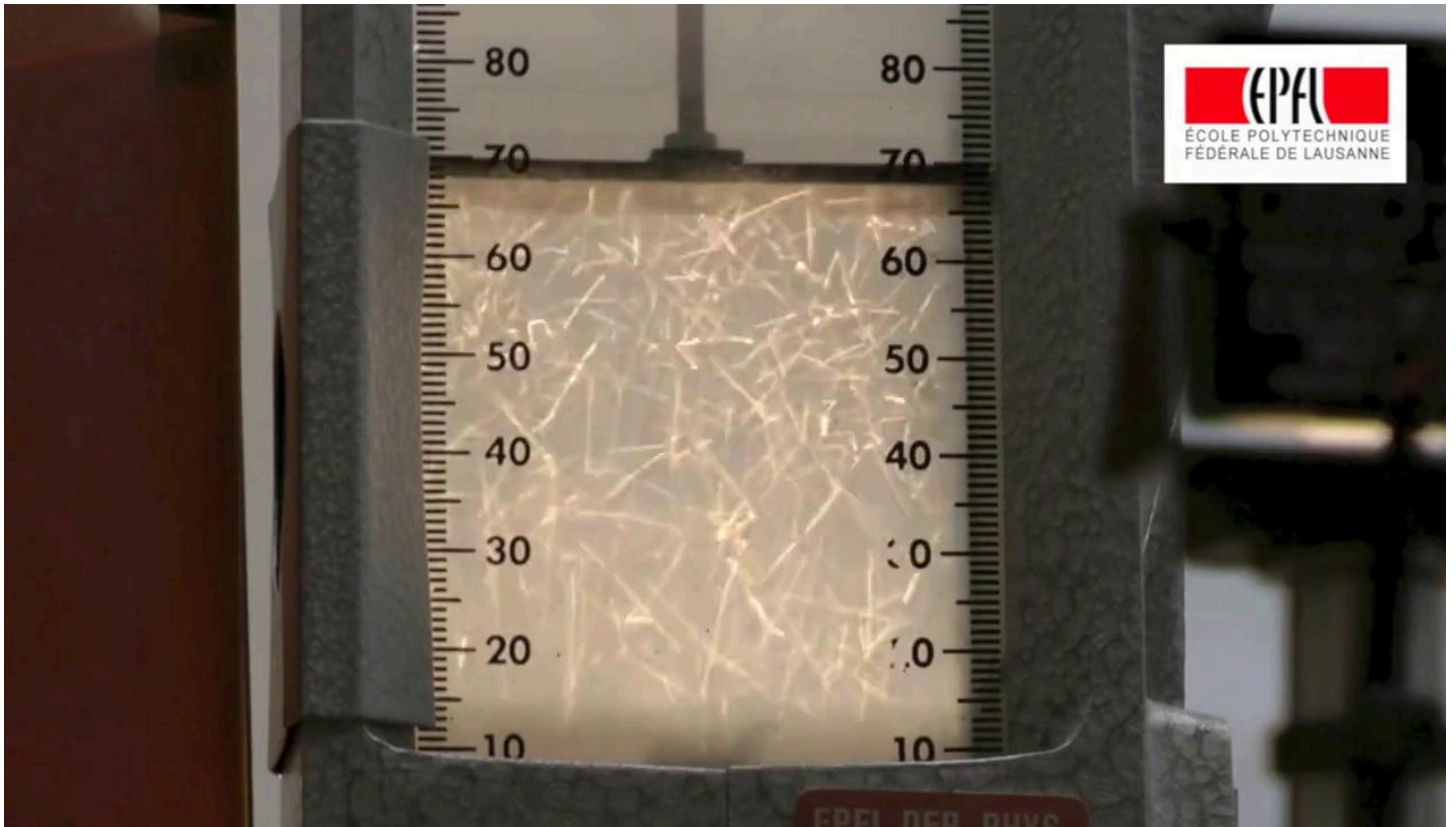
Voici encore une fois les données expérimentales. La question que je pose maintenant, c'est de savoir comment on peut en déduire un changement d'entropie. Je vous invite à faire une pause et essayer de trouver par vous même. Voici comment nous allons procéder. Nous allons utiliser la relation suivante du cours qui donne l'évolution de l'entropie pour un processus. Pour une puissance thermique  $p$  un discus. Cette formule est valable dans le cas d'un processus réversible. Si on voulait vraiment s'approcher d'une situation réversible, il aurait fallu chauffer le corps de chauffe électrique tranquillement pour minimiser la différence de température entre le corps de chauffe et l'eau. Mais enfin, on va utiliser cette approximation là de là par intégration. Entre le temps  $t_0$  ou  $t_0$  commence à chauffer et le temps  $t_1$ . Quand l'eau a atteint 50 degrés centigrades, on va pouvoir. Calculer le changement d'entropie. On le fait par une intégration dans le temps. Cette intégrale donne lieu à un logarithme. Il est vite fait de voir que c'est le logarithme des rapports des températures qui intervient. Et on trouve une valeur numérique en joule par kelvin comme il se doit.

Notes

Summary



3m 12s



Passons maintenant à la notion de pression. Je vous propose de regarder un modèle mécanique des gaz. Nous avons des billes dans un récipient pour simuler l'agitation thermique. Nous allons secouer le récipient et nous allons. Nous avons un piston qui va être soulevé par le mouvement aléatoire débit. Ce modèle offre une visualisation de l'énergie interne comme une énergie cinétique à l'échelle moléculaire. On voit aussi que la pression est due aux collisions des particules sur les parois. Notamment, le piston est soulevé par les particules.

Notes

Summary

4m 48s





# Expériences : deuxième principe



- Zéro absolu
- Mesure d'un changement d'entropie
- Pression et agitation thermique

Thermodynamique

En résumé. Nous avons vu une expérience qui suggère comment démontrer l'existence d'un zéro absolu à l'échelle des températures. Nous avons vu comment, avec un appareillage très simple, on peut essayer de mesurer un changement d'entropie. Et avec un modèle mécanique des gaz, on a vu. La notion de pression et d'énergie interne.

Notes

Summary



5m 31s