

Thermodynamique

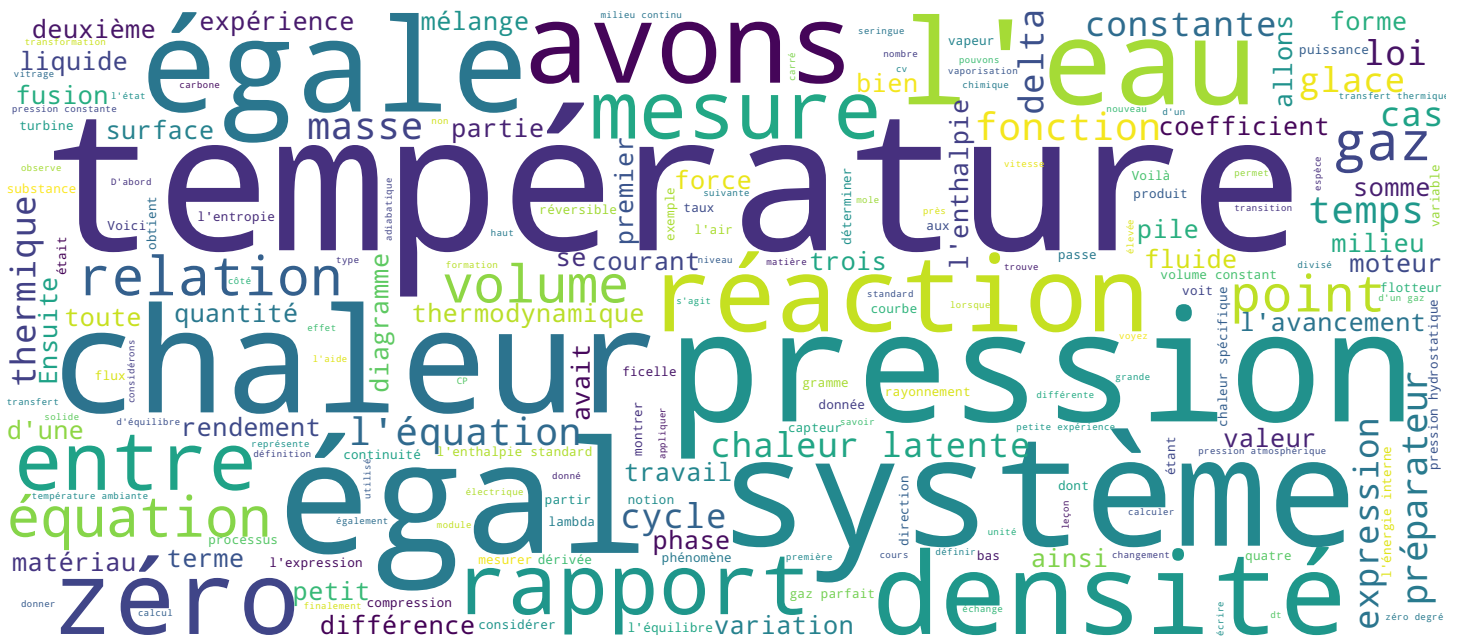
Expériences : Fluides en thermodynamique



Richard Mollier, 1863 - 1935



Prof. Jean-Philippe Ansermet



Search MOOC



Video





- Pression hydrostatique
- Chaleur latente de fusion de la glace
- Chaleur de vaporisation de l'eau
- Processus sur un gaz : Clément-Desormes

Thermodynamique

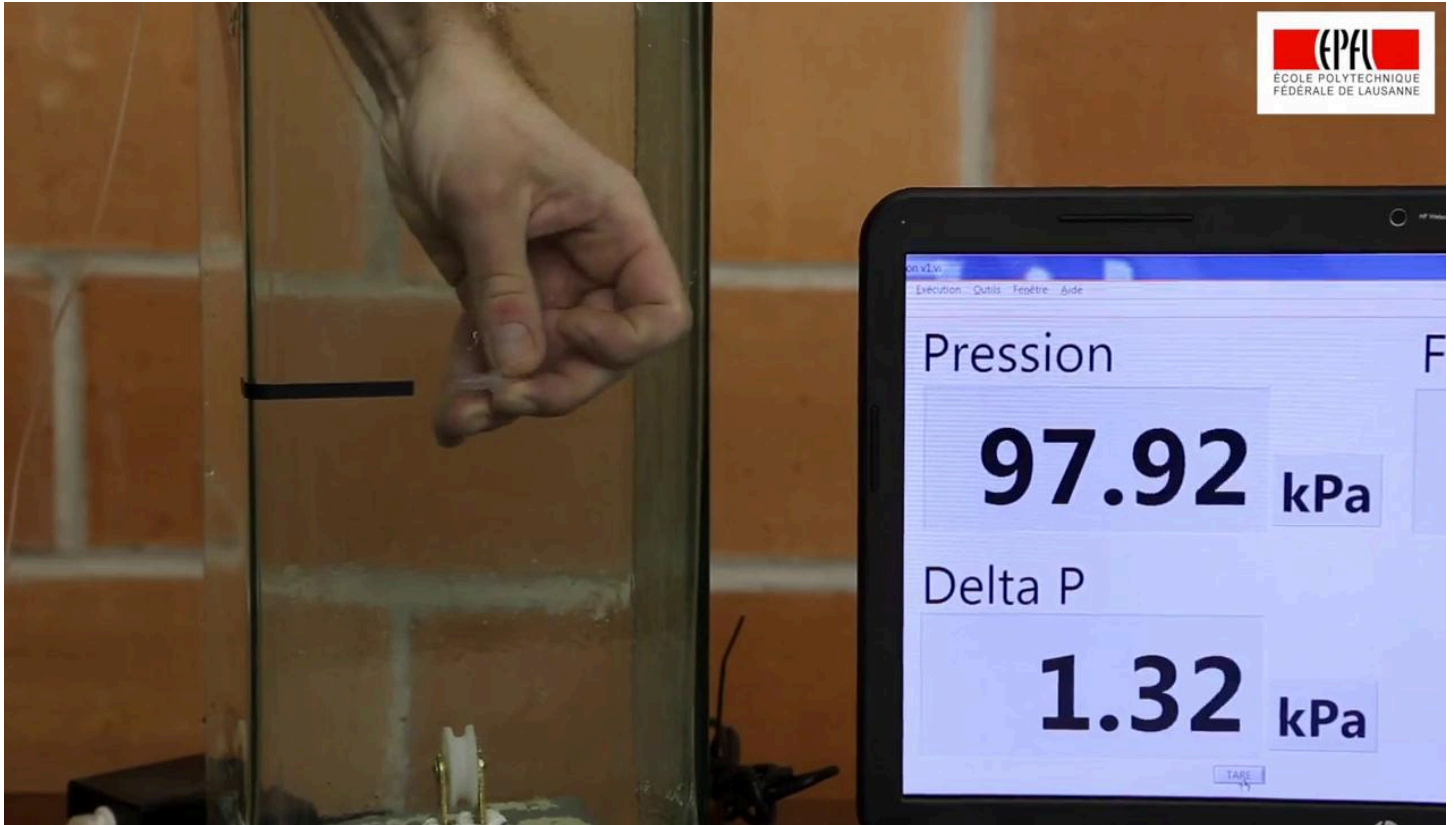
Dans cette leçon, André Tala vous a introduit la notion de pression hydrostatique. Alors j'aimerais vous faire une petite expérience pour illustrer ce concept. J'aimerais profiter de cette leçon pour vous montrer des expériences relatives à des coefficients colorimétriques. Les chaleurs latentes de fusion et on verra. Une mesure de la chaleur latente de fusion de la glace est la chaleur latente. Vaporisation. On fera une mesure pour la chaleur de vaporisation de l'eau. Et en vue de la préparation à la prochaine leçon, j'aimerais vous montrer une expérience par laquelle on fait un processus sur un gaz, une série de processus sur un gaz.

Notes

Summary



0m 04s



C'est une expérience qui est connue comme l'expérience de Clément Desormeaux commençant avec la pression hydrostatique. Il semble que certains étudiants soient surpris à l'idée que la pression hydrostatique est la même dans toutes les directions. Donc, voici une petite expérience pour vérifier avec un capteur de pression que la pression est bien la même en un point d'un fluide, quelle que soit la direction du capteur. Observons. Voici le capteur. Qui mesure en ce moment. La pression atmosphérique. On l'héberge. On observe une pression plus élevée et le préparateur change la direction du capteur. Et on constate que la pression est la même.

Notes

Summary



0m 57s



Maintenant, nous allons immerger un flotteur. En tirant avec une ficelle sur le flotteur pour qu'il reste au fond de l'eau. On va mesurer la force qu'il faut appliquer sur la ficelle et on va aussi mesurer la pression sur la face supérieure et la face inférieure de ce flotteur. En regardant la vidéo. Voici le dispositif. On tire sur la ficelle. Vous voyez sur l'écran de l'ordinateur la force. 1,8 Newton approximativement. Et maintenant, le préparateur va immerger le capteur de pression. D'abord au niveau de la face supérieure. Il va faire un zéro de la mesure pour qu'on puisse facilement lire la différence de pression entre la partie supérieure et la partie inférieure de ce flotteur. Voilà. Et on note la différence de pression entre le haut et le bas du flotteur. Ensuite, le préparateur va. Placez le flotteur plus bas dans le récipient. Comme ceci. Il faut attendre que le système s'équilibre. On obtient la même force sur la ficelle. On va à nouveau mesurer la différence de pression. Alors évidemment, la pression absolue est plus grande, mais on fait un zéro de la pression. Vous allez voir que la différence de pression entre le haut et le bas du flotteur reste la même.

Notes

Summary

1m 50s



Pression hydrostatique

	h1	h2
Force	1.78N	1.87N
Delta P	0.75kPa	0.75kPa

Volume de la boîte : 230cm^3

Poussée d'Archimède : 2.3N

Poids de la boîte : 0.5N

Force résultante : 1.8N

surface S : 28cm^2

$$F_z = S(p_2 - p_1)$$

$$F_z \approx 2.1\text{N}$$

Thermodynamique

Voici un résumé des mesures faites par le préparateur. On a un volume du flotteur qui est de 230 centimètres cubes. De là, on peut déduire la poussée d'Archimède qui est égale au poids du volume déplacé. Ça fait environ 2,3 Newton. Comme on a une boîte qui fait à peu près un qui fait un poids d'à peu près 0,5 Newton on a une force résultante sur qui est donc la force qu'il faut appliquer sur la ficelle qui vaut 1,8 Newton, ça correspond bien à ce qu'on a mesuré. Vu les incertitudes sur la mesure, la surface de la boîte vaut 28 centimètre carré. La surface de la face supérieure ou de la face inférieure de la boîte, c'est environ 28 de centimètre carré. La force associée. À la pression hydrostatique, c'est la surface fois la pression et vous avez donc une force résultante due à la différence de pression hydrostatique entre le haut et le bas du flotteur qui est qui est donné par la formule que j'ai indiquée et cela nous donne une valeur de 2,1. Newton vu les erreurs de mesure, c'est assez voisin, suffisamment suffisamment proche de la valeur estimée pour la poussée d'Archimède.

Notes

Summary



3m 56s



Je passe maintenant à des mesures de chaleur latente. On va commencer par la chaleur latente de la glace. Enfin de la fusion de la glace. Dans cette expérience, on fait la chose suivante on mélange 500 millilitres d'eau à température ambiante avec 50 grammes de glace à zéro degré. En mai. L'eau et la glace dans un calorimètre en brasse et on attend. Et on détermine la température d'équilibre du système du mélange. On trouve à peu près quatorze degrés Celsius.

Notes

Summary

5m 24s



Chaleur latente de fusion de la glace



500 g d'eau à 22°C

50 g de glace à 0°C

550 g d'eau à 14°C

$$0 = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = P_Q^{21} + P_Q^{12}$$

$$0 = m_1 c_{eau} \dot{T}_1 + \dot{m}_2 \ell_{sl} + m_2 c_{eau} \dot{T}_2$$

Thermodynamique

Comment analyser cette expérience ? Je commence par rappeler les données expérimentales. On a 500 grammes d'eau à 20 degrés, 50 grammes de glace à zéro degré et on observe que le mélange atteint une température de quatorze degrés. On va considérer que le calorimètre est un système isolé. Donc je peux écrire que son énergie interne ne change pas dans le temps. Maintenant, on a un transfert thermique. Je vais considérer qu'on a deux sous systèmes. Un, c'est les 500 millions de litres d'eau, l'autre, c'est les 50 grammes de glace. Ça, c'est mon système et mon système. Deux. On a donc un transfert thermique du sous système deux sous système un et du sous système un sous système deux. Pour le transfert de 2 à 1. On a tout simplement une expression de la puissance thermique en terme de ces eaux, c'est la chaleur spécifique de l'eau. Et ici j'ai des chaleurs spécifiques par unité de masse et masse à la masse de l'eau. Pour. L'action de. Deux sur deux, un sur deux. Donc l'action de l'eau sur la glace. Il faut faire attention. Il se passe deux choses. D'abord, la glace à zéro degrés fond. Donc mon PQ contient ici la dérivée de la masse du sous système deux par rapport au temps fois la chaleur spécifique, la chaleur, la chaleur latente de fusion de la glace par unité de masse.

Notes

Summary



6m 06s

Chaleur latente de fusion de la glace



$$500 \text{ g d'eau à } 22^\circ\text{C} \quad T_{1i}$$

$$50 \text{ g de glace à } 0^\circ\text{C} \quad T_c$$

$$550 \text{ g d'eau à } 14^\circ\text{C} \quad T_f$$

$$0 = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = P_Q^{21} + P_Q^{12}$$

$$0 = m_1 c_{eau} \dot{T}_1 + m_2 \ell_{sl} + m_2 c_{eau} \dot{T}_2$$

$$m_1 c_{eau} (T_{1i} - T_f) = m_2 \ell_{sl} + m_2 c_{eau} (T_f - T_c)$$

$$\ell_{sl} = \frac{m_1}{m_2} c_{eau} (T_{1i} - T_f) - c_{eau} (T_f - T_c)$$

$$\ell_{sl} \approx 276 \text{ J/g} \\ (333 \text{ J/g})$$

Thermodynamique

Et puis on a après l'eau à zéro degrés qui change de température. On a donc l'expression suivante. Pour le PQ, qui contient encore une fois la chaleur spécifique de l'eau et la masse. De glace transformée en eau à une température de. On intègre. T il. La température initiale des 500 millilitres d'eau s'appelle TC. La température de fusion de la glace. J'appelle TSF la température finale du mélange. Et j'ai l'intégrale que voici. Je réarrange les termes et j'ai donc une expression de la chaleur latente de fusion de la glace par unité de masse qui est donnée par cette expression. Si je fais une application numérique, je trouve 266 joules par gramme. La valeur tabulaire de 333. Encore une fois, cette mesure là n'avait pas pour but d'être une mesure très précise, mais plutôt d'illustrer les concepts de calories. Matrix.

Notes

Summary



7m 59s



Je passe maintenant à la chaleur latente de vaporisation de l'eau. Observons la vidéo pour faire cette mesure. On a mis de l'eau dans un calorimètre posé sur une balance, on applique 500 watts. Allô. On fait un transfert thermique de 500 watts, soit exactement 455 watts quand on fait la mesure précise. Et. Avec le temps, l'eau s'évapore. Ce qu'on détecte avec la balance. Je vous donne le résultat final de cette mesure.

Notes

Summary



Chaleur latente de vaporisation



$$P_Q = 455 \text{ W} \quad \delta t = 120 \text{ s}$$

$$\delta m = 21 \text{ g}$$

$$\ell_{lg} \approx 2.6 \text{ kJ/g}$$

$$(2.2 \text{ kJ/g})$$

Thermodynamique

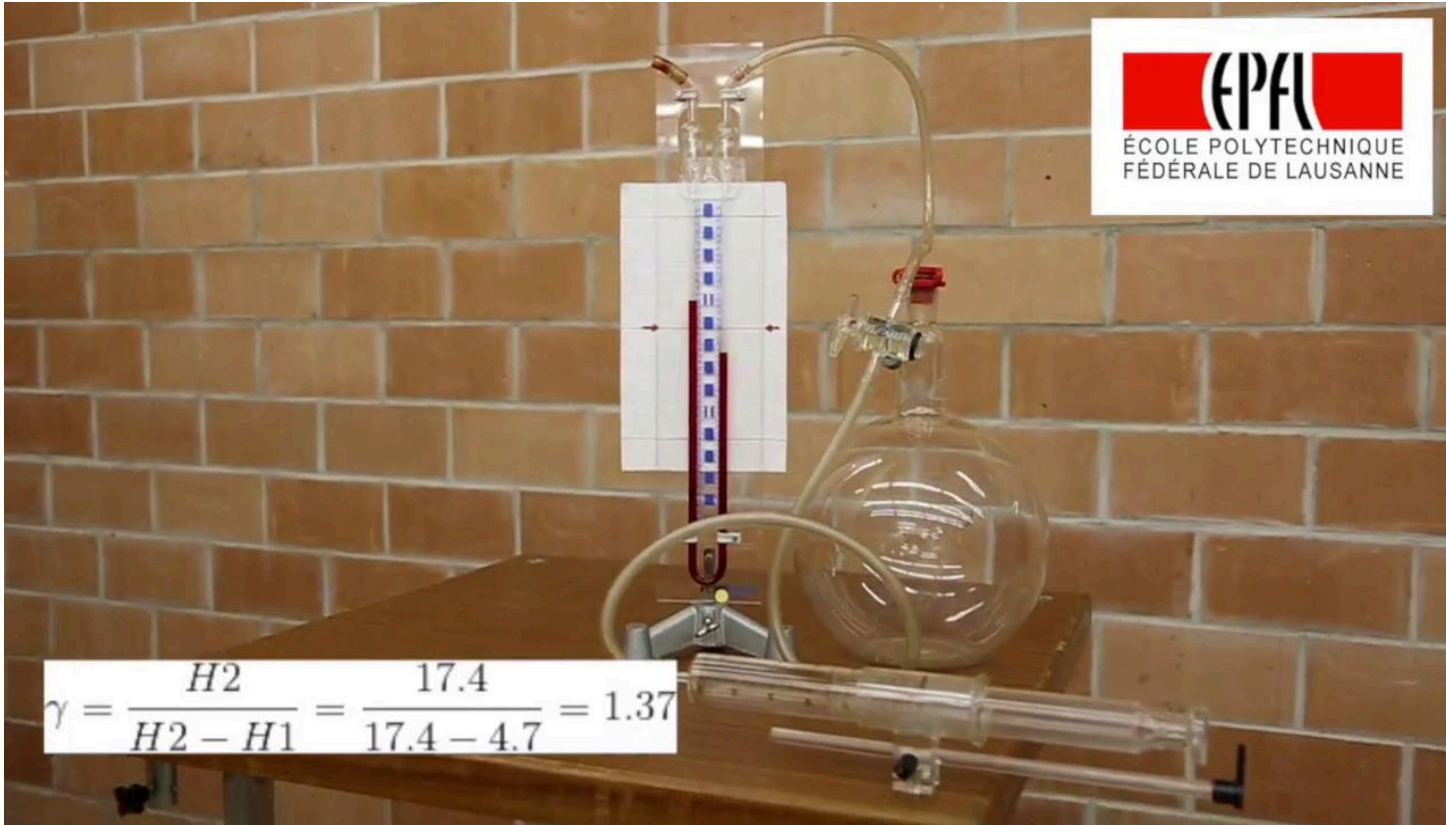
Voici les données expérimentales. On a 453455 watts. Appliqué pendant 120 secondes et on a évaporé 21 grammes d'eau. On en déduit une chaleur latente d'évaporation de 2,6 kilos joule par gramme. La valeur est tabulaire et de 2,2 kilos joule par gramme. Encore une fois, on n'a pas cherché à faire une mesure très précise ici.

Notes

Summary

10m 05s





Je pense maintenant à une expérience ou on fait plusieurs processus sur un gaz. Je le fais ici en prévision de la leçon suivante sur les machines thermiques. Je vous propose de regarder ce qu'a fait le préparateur et ensuite nous allons chercher à modéliser l'expérience. Cette expérience est connue comme étant la méthode de Clément II Desormeaux pour mesurer le coefficient gamma d'un gaz. En observant la vidéo, vous avez un grand ballon qui contient de l'air à température ambiante et pression atmosphérique. Il y a aussi une seringue qui est connectée au système. Maintenant, on ferme le système. Et lentement le préparateur. On voit le gaz qui est dans la seringue, dans le ballon. Et. Il observe la pression. De l'air dans le ballon à l'équilibre. Comme ceci. Maintenant, le préparateur va chercher. A. Faire un processus rapide. Qui ramène la pression à la pression initiale. Il va tirer sur la vague d'un coup sec. Comme ceci. Ensuite, il attend une touche plus la seringue et il attend. Et ça va lui donner une deuxième pression. Lorsque le système a atteint l'équilibre. Voici la deuxième pression. Avec ces deux valeurs de pression. Il fait le calcul suivant pour estimer le gamma, c'est la méthode dite de Clément II ordres pour mesurer le gamma d'un gaz.

Notes

Summary

10m 37s



Processus sur un gaz : Clément-Desormes



Que s'est-il passé ?

Trois processus :

1. Compression isotherme p_1

2. Détente adiabatique V
→ pression atmosphérique

3. Processus isochore p_2
→ température ambiante

$$p_1 = p_0 + \Delta p_1 \quad p_2 = p_0 + \Delta p_2$$

$$\Delta p_1, \Delta p_2 \ll p_0$$

Thermodynamique

Il s'agit pour nous maintenant de modéliser ce qu'a fait le préparateur. Je vous invite à faire une pause et essayer de décrire précisément les processus. Qui représente ce que le préparateur a fait. Alors, que s'est-il passé ? Il y avait trois processus. Quand le premier. On a comprimé le gaz très lentement. Ce qui donnait le temps au gaz de s'équilibrer avec le bain thermique. On avait donc une, c'est à dire la température ambiante. On avait donc une compression ISO terme. Ensuite, le préparateur a tiré rapidement sur la seringue. Et il a donc fait quelque chose qui s'approche d'une détente adiabatique. Et vous noterez qu'il l'a fait jusqu'à ce que la pression revienne à la pression atmosphérique. Ensuite, le préparateur a laissé le système à lui même. Le volume était constant et il y avait un échange de chaleur avec l'air ambiant. On avait donc un processus ISO core. Si on fait l'analyse de ces trois processus. Le premier va définir une pression. Pas. Le deuxième, un volume V particulier. Est le troisième processus. Donne une pression P_2 . On peut écrire que ces pressions c'est des variations petites par rapport à la pression atmosphérique.

Notes

Summary



12m 58s

Processus sur un gaz : Clément-Desormes



Que s'est-il passé ?

Trois processus :

1. Compression isotherme p_1

2. Détente adiabatique V
→ pression atmosphérique

3. Processus isochore p_2
→ température ambiante

$$p_1 = p_0 + \Delta p_1 \quad p_2 = p_0 + \Delta p_2$$

$$\Delta p_1, \Delta p_2 \ll p_0 \quad \gamma \approx \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 - \Delta p_2}$$

Thermodynamique

Et si on fait les calculs, on trouve que le rapport, comme l'a calculé le préparateur, vaut le gamma du gaz. Pour ce faire, on utilise notamment le fait que pression fois volume à la puissance gamma est une constante dans une détente adiabatique.

Notes

Summary



14m 42s



- Pression hydrostatique
- Chaleur latente de fusion de la glace
- Chaleur de vaporisation de l'eau
- Processus sur un gaz : Clément-Desormes

Thermodynamique

En résumé, dans cette leçon, on a vu une petite expérience sur la notion de pression hydrostatique. Ensuite, on a mesuré des chaleurs latentes : chaleur latente de fusion de la glace, chaleur latente de vaporisation de l'eau. Et pour terminer, je vous ai montré l'expérience de Clément Delorme. Je vous remercie de votre attention.

Notes

Summary



15m 00s