



- Système rigide fermé
- Système mécanique adiabaticquement fermé
- Système fermé
- Travail et chaleur

Thermodynamique

Bonjour et bienvenue à ce moment de thermodynamique. Cette leçon est consacrée aux systèmes simple. On va considérer différents types de systèmes simples. Premièrement, un système qui est rigide et fermé. Deuxièmement, un système mécanique adiabatique fermé et troisièmement, un système qui est fermé. Et pour ces différents systèmes, on va exprimer le travail et la chaleur en fonction des variables d'état correspondantes.

Notes

Summary



0m 05s



- Système rigide : $P_W = 0$
- Variable d'état extensive :
 - Entropie S

- Premier principe :

$$\dot{U}(S) = T(S) \dot{S} = P_Q$$

- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = 0 \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur infinitésimale fournie :

$$\delta Q = P_Q dt = T(S) dS \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur fournie ($i \rightarrow f$) :

$$Q_{if} = \int_i^f \delta Q = \int_{S_i}^{S_f} T(S) dS \quad (\text{processus réversible})$$

Thermodynamique

Commençons donc par le système rigide et fermé. Ce système est constitué d'un gaz qui est homogène et se trouve dans une enceinte dont les parois sont immobiles et dit à terme, c'est à dire qu'elles laissent passer la chaleur qu'on symbolise ici par cette bougie. Donc la puissance thermique P_Q est non nulle. Le système est rigide, ce qui signifie que la puissance mécanique de déformation P_W est nulle, donc son volume est constant. La quantité de matière qui se trouve dans ce système est aussi constante puisque le système est fermé. Donc la seule grandeur qui varie, c'est en réalité l'entropie. Donc on va choisir comme variable d'état extensive l'entropie s de ce système. L'énergie interne U et la température T sont des fonctions d'état. Elles vont donc être fonction de l'entropie S qui est la variable d'état du système. On peut calculer la dérivée temporelle de l'énergie interne du point qui est égale à la dérivée partielle de l'énergie interne U par rapport à l'entropie S , ce qui est par définition la température T qui dépend de d'autres pièces. Soit la dérivée temporelle de l'entropie S . Cet espace. Par le premier principe. On sait par ailleurs que si P_W est nul, alors le point se réduit à pic.

Notes

Summary





- Système rigide : $P_W = 0$
- Variable d'état extensive :
 - Entropie S

- Premier principe :

$$\dot{U}(S) = T(S) \dot{S} = P_Q$$

- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = 0 \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur infinitésimale fournie :

$$\delta Q = P_Q dt = T(S) dS \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur fournie ($i \rightarrow f$) :

$$Q_{if} = \int_i^f \delta Q = \int_{S_i}^{S_f} T(S) dS \quad (\text{processus réversible})$$

Thermodynamique

En regardant cette dernière identité, à savoir que TS point est égal à PQ. On en déduit que ce point est égal à PQ Sûreté. Ce qui signifie qu'il y a uniquement un taux d'échange d'entropie dans cette équation, mais qu'il n'y a pas de taux de production d'entropie. Par conséquent, le taux de production d'entropie Π de S est nul, ce qui signifie que les processus qui ont lieu sur ce système rigide fermé, qui sont des processus d'échange de chaleur, sont des processus réversibles. On peut à présent calculer la chaleur infinitésimale qui est fournie au système. C'est δQ qui par définition est égal au produit de la puissance thermique, PQ il faut un intervalle de temps infinitésimal, DT . Compte tenu du premier principe, on voit que PQ égal à treize points, ce qui signifie que $PQ DT$ sera égal à $T ds$. En intégrant cette chaleur infinitésimale fournie au système, on obtient la chaleur fournie au système pour un processus qui va de l'état initial i à l'état final f . C'est q_{if} qui est l'intégrale de $T dS$ de S_i à S_f . On substitue la forme explicite de T en fonction de l'entropie S , c'est à dire qu'on va intégrer initial à l'état final.

Notes

Summary



Système mécanique adiabatiquement fermé



- Système adiabatiquement fermé :

$$P_Q = 0$$

- Processus réversibles :

$$\Pi_S = 0 \quad \Rightarrow \quad \dot{S} = 0$$

- Variable d'état extensive :

- Volume V

- Premier principe :

$$\dot{U}(V) = -p(V) \dot{V} = P_W$$

- Travail infinitésimal effectué :

$$\delta W = P_W dt = -p(V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Travail effectué ($i \rightarrow f$) :

$$W_{if} = \int_i^f \delta W = - \int_{V_i}^{V_f} p(V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

Thermodynamique

L'État est caractérisé par la variable d'état, donc on intègre de l'entropie initiale s_i à l'entropie finale s_f . Le deuxième système qu'on va caractériser, c'est le système mécanique qui est adiabatique, fermé. Le système est constitué d'un gaz homogène qui se trouve dans un cylindre. Et il est refermé par deux pistons. Les pistons sont libres de coulisser de manière symétrique. Ce qui implique que le centre de masse du système est immobile, donc on ne tient pas compte de son état de mouvement. On suppose que les parois du cylindre sont des parois adiabatique et que les pistons sont également adiabatique, ce qui signifie que le système est adiabatique fermé. Par conséquent, la puissance thermique P_Q est nulle et on va considérer uniquement des processus réversibles sur ce système. Par définition, si on a des processus réversibles, le taux de production d'entropie de Hess est nul compte tenu du fait que la puissance thermique P_Q est nulle. Et de l'équation bilan d'entropie. On n'en tire que la dérivée temporelle de l'entropie à ce point est nulle, ce qui signifie que s est constante. Le système est fermé, donc la quantité de matière qui se trouve dans ce système est constante.

Notes

Summary



3m 46s

Système mécanique adiabatiquement fermé



- Variable d'état extensive :

- Volume V

- Premier principe :

$$\dot{U}(V) = -p(V) \dot{V} = P_W$$

- Travail infinitésimal effectué :

$$\delta W = P_W dt = -p(V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Travail effectué ($i \rightarrow f$) :

$$W_{if} = \int_i^f \delta W = - \int_{V_i}^{V_f} p(V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Système adiabatiquement fermé :

$$P_Q = 0$$

- Processus réversibles :

$$\Pi_S = 0 \quad \Rightarrow \quad \dot{S} = 0$$

Thermodynamique

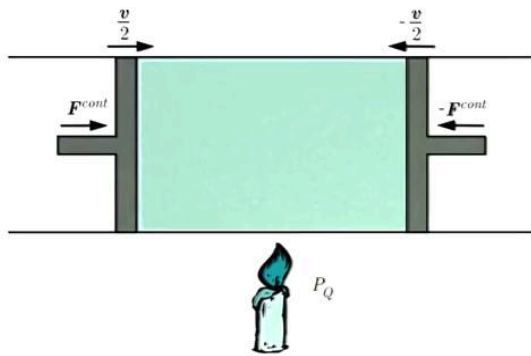
La seule grandeur qui varie, c'est le volume du système puisqu'on peut déplacer les pistons. Donc, la variable d'état extensive qu'on va utiliser pour caractériser ce système, c'est le volume V . L'énergie interne et la pression P_S sont des fonctions d'État, ce sont donc des fonctions du volume V . On peut à présent calculer la dérivée temporelle de l'énergie interne Q . Cette dérivée temporelle nous donne le résultat suivant. C'est la dérivée partielle de l'énergie interne U par rapport au volume v , ce qui par définition est égal à la pression p qui dépend du volume V . Fais la dérivée du volume V par rapport au temps cv . Point. Le premier principe nous dit que si la puissance thermique P_Q est nulle, alors il va être égal à la puissance mécanique de déformation. P_W . On peut donc à présent. Obtenir une expression explicite pour le travail infinitésimal qui est effectué. Sur ce système. Lorsqu'on a un processus réversible, alors le travail infinitésimal c'est ΔW qui est défini comme $p w dt$. P_W est égal à moins $p v$ point. Donc $p w dt$ c'est moi. P_W . BV . À l'aide de cette expression du travail infinitésimal effectué sur le système, on peut trouver le travail effectué de l'état initial à l'état final.

Notes

Summary



5m 21s



- Variables d'état extensives :

- Entropie S
- Volume V

- Premier principe :

$$\dot{U}(S, V) = T(S, V) \dot{S} - p(S, V) \dot{V} = P_W + P_Q$$

- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = \frac{1}{T(S, V)} (P_W + p(S, V) \dot{V}) \geq 0$$

- Puissance mécanique (déformation) :

$$P_W = \mathbf{F}^{\text{cont}} \cdot \frac{\mathbf{v}}{2} + (-\mathbf{F}^{\text{cont}}) \cdot \left(-\frac{\mathbf{v}}{2}\right) = \mathbf{F}^{\text{cont}} \cdot \mathbf{v}$$

- Force de contact et taux de variation de volume :

$$\mathbf{F}^{\text{cont}} = p^{\text{ext}} \mathbf{A} \quad \dot{V} = -\mathbf{A} \cdot \mathbf{v}$$

- Puissance mécanique :

$$P_W = -p^{\text{ext}} \dot{V}$$

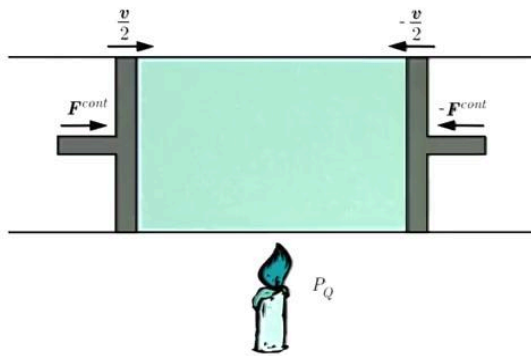
Thermodynamique

F. Simplement pour calculer ce travail effectué. WF On intègre le travail infinitésimal δw de l'état initial i à l'état final. F. La variable, c'est le volume. Donc on va intégrer. Du volume initial au volume final VF. PDV, on rajoute un six mois. Le troisième type de système qu'on va considérer, c'est un système simple, fermé. Le système est constitué d'un gaz homogène qui se trouve dans un cylindre qui est fermé par deux pistons. C'est analogue au système précédent, sauf que les parois du cylindre et les pistons sont des parois dites adiabatiques, donc il ne laisse passer de la chaleur, donc il y a des échanges de chaleur. Donc P_Q est non nul. Le système est fermé donc il n'y a pas d'échange de matière. Pour rendre compte de la variation du volume et de la variation d'entropie, on va choisir comme variables d'état extensive l'entropie S et le volume V . L'énergie interne, la température T et la pression P sont des fonctions d'état. Ce sont donc des fonctions des variables d'état de ce système qui sont entre parenthèses et le volume p . On peut maintenant déterminer la dérivée temporelle de l'énergie interne. Qui est constitué de deux termes. Le premier terme, c'est la dérivée partielle de l'énergie interne par rapport à S qui correspond à la température.

Notes

Summary





- Variables d'état extensives :

- Entropie S
- Volume V

- Premier principe :

$$\dot{U}(S, V) = T(S, V) \dot{S} - p(S, V) \dot{V} = P_W + P_Q$$

- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = \frac{1}{T(S, V)} (P_W + p(S, V) \dot{V}) \geq 0$$

- Puissance mécanique (déformation) :

$$P_W = \mathbf{F}^{\text{cont}} \cdot \frac{\mathbf{v}}{2} + (-\mathbf{F}^{\text{cont}}) \cdot \left(-\frac{\mathbf{v}}{2}\right) = \mathbf{F}^{\text{cont}} \cdot \mathbf{v}$$

- Force de contact et taux de variation de volume :

$$\mathbf{F}^{\text{cont}} = p^{\text{ext}} \mathbf{A} \quad \dot{V} = -\mathbf{A} \cdot \mathbf{v}$$

- Puissance mécanique :

$$P_W = -p^{\text{ext}} \dot{V}$$



Thermodynamique

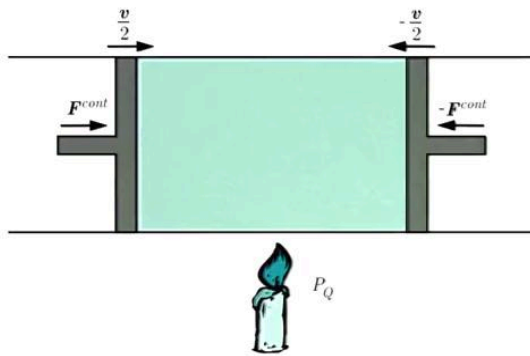
Notes

Le deuxième terme, c'est la dérivée partielle de l'énergie interne U par rapport au volume V , qui correspond à moins la pression. Foi. 20 point. Le premier principe affirme par ailleurs que la dérivée temporelle de l'énergie interne est égale à la somme. La puissance mécanique de déformation P_W et de la puissance thermique P_Q . On peut maintenant obtenir une expression explicite pour le taux de production d'entropie qui est défini pour un système adiabatique fermé, c'est à dire lorsque P_Q est nul. Donc on prend la dernière identité précédente. Et puis on passe le deuxième terme du membre central dans le membre de droite et on divise le tout par la température. Pour un système adiabatique fermé est ce point est égal à Π de S . Par conséquent, Π de S est égal à un sur la température qui multiplie la puissance mécanique de déformation p_W plus le produit de la pression p fois le taux de variation de volume v point. Tout ceci est plus grand ou égal à zéro. On doit maintenant caractériser la puissance mécanique de déformation. Qui est due aux forces de contact qui sont exercées par les pistons sur le gaz. Il y a donc deux termes. Le terme de gauche est dû à la force de contact exercée par le piston de gauche.

Summary



8m 50s



- Variables d'état extensives :

- Entropie S
- Volume V

- Premier principe :

$$\dot{U}(S, V) = T(S, V) \dot{S} - p(S, V) \dot{V} = P_W + P_Q$$

- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = \frac{1}{T(S, V)} (P_W + p(S, V) \dot{V}) \geq 0$$

- Puissance mécanique (déformation) :

$$P_W = \mathbf{F}^{\text{cont}} \cdot \frac{\mathbf{v}}{2} + (-\mathbf{F}^{\text{cont}}) \cdot \left(-\frac{\mathbf{v}}{2}\right) = \mathbf{F}^{\text{cont}} \cdot \mathbf{v}$$

- Force de contact et taux de variation de volume :

$$\mathbf{F}^{\text{cont}} = p^{\text{ext}} \mathbf{A} \quad \dot{V} = -\mathbf{A} \cdot \mathbf{v}$$

- Puissance mécanique :

$$P_W = -p^{\text{ext}} \dot{V}$$

Thermodynamique

Et le terme de droite est dû à la force de contact exercée par le piston de droite. Ces termes s'additionnent et donc au final, la puissance mécanique va être égale à au produit scalaire de la force de contact. Fois la vitesse. Cette vitesse v s'interprète. Comme la vitesse relative entre les pistons, c'est à dire la vitesse du piston de gauche dans le référentiel du piston de droite. On peut maintenant introduire un vecteur \mathbf{r} . Ce vecteur \mathbf{r} , c'est le vecteur \mathbf{a} . Ce vecteur \mathbf{a} est défini positif. De la gauche vers la droite. Sa norme correspond à l'air. D'un piston. On peut exprimer la force de contacts escomptes en fonction de ces vecteurs à escompte. C'est le produit. De la pression extérieure, p^{ext} . Une fois. Et puis la variation de volume. Le taux de variation de volume \dot{V} point. Est égal. A moi le produit scalaire du vecteur \mathbf{a} avec le vecteur vitesse \mathbf{v} . En tenant compte de ces deux expressions, on peut maintenant reformuler la puissance mécanique de déformation en termes. De la pression extérieure. Cette puissance mécanique s'exprime alors de la manière suivante. P_W est égal à moi. La pression extérieure p^{ext} . Le taux de variation du volume \dot{V} point. On peut maintenant prendre cette expression de la puissance mécanique et la substituer dans l'expression du taux de production d'entropie. On met \dot{V} point en évidence qui est le taux de variation de volume.

Notes

Summary





- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = \frac{1}{T(S, V)} (p(S, V) - p^{\text{ext}}) \dot{V} \geq 0$$

- Processus réversible :

$$\Pi_S = 0 \quad \Rightarrow \quad p(S, V) = p^{\text{ext}}$$

- Puissance mécanique (déformation) :

$$P_W = -p(S, V) \dot{V} \quad (\text{processus réversible})$$

- Puissance thermique :

$$P_Q = T(S, V) \dot{S} \quad (\text{processus réversible})$$

Thermodynamique

Le taux de production d'entropie prend alors la forme suivante. Π_S est égal à un sur la température, qui est une fonction de l'entropie S et du volume V qui multiplie la différence entre la pression du système qui est une fonction d'état qui dépend de S et de V , moins la pression extérieure qui elle n'est pas une fonction d'état. Et le tout est multiplié par le taux de variation de volume \dot{V} point. Le taux de production d'entropie est plus grand ou égal à zéro. On va maintenant considérer un processus réversible, c'est à dire que par définition, Π_S est nul si Π_S est nul. Les termes entre parenthèses s'annulent, ce qui implique que la pression intérieure système qui est une fonction d'état qui dépend de l'entropie S et du volume V , va être égale à la pression extérieure p.ex.. On peut alors ré exprimer la puissance mécanique de l'information en termes des variables d'état du système. Grâce à cette identité, la puissance mécanique de déformation W s'exprime alors comme moins. Le produit de la pression qui est fonction de l'entropie S du volume V voit le taux de variation de volume \dot{V} point. On peut également pour un processus réversible.

Notes

Summary



Système fermé : processus réversible



- Taux de production d'entropie :

$$\Pi_S = \frac{1}{T(S, V)} (p(S, V) - p^{\text{ext}}) \dot{V} \geq 0$$

- Processus réversible :

$$\Pi_S = 0 \quad \Rightarrow \quad p(S, V) = p^{\text{ext}}$$

- Puissance mécanique (déformation) :

$$P_W = -p(S, V) \dot{V} \quad (\text{processus réversible})$$

- Puissance thermique :

$$P_Q = T(S, V) \dot{S} \quad (\text{processus réversible})$$

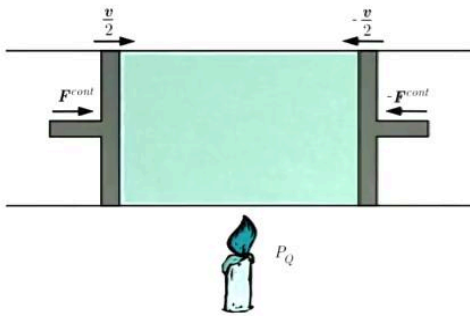
Thermodynamique

Exprimer la puissance thermique P_Q en fonction des variables d'état du système pour un processus réversible est ce poids est égal au rapport de P_Q sûreté. Par conséquent, la puissance thermique P_Q est égale au produit de la température qui dépend des variables d'état entropie S et volume V . Fois la dérivée temporelle de l'entropie est ce point ?

Notes

Summary





- Travail infinitésimal effectué :

$$\delta W = P_W dt = -p(S, V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur infinitésimale fournie :

$$\delta Q = P_Q dt = T(S, V) dS \quad (\text{processus réversible})$$

- Travail effectué ($i \rightarrow f$) :

$$W_{if} = \int_i^f \delta W = - \int_{V_i}^{V_f} p(S, V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur fournie ($i \rightarrow f$) :

$$Q_{if} = \int_i^f \delta Q = \int_{S_i}^{S_f} T(S, V) dS \quad (\text{processus réversible})$$

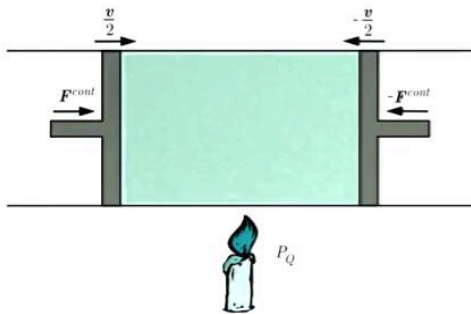
Thermodynamique

À l'aide de ces définitions, de la puissance mécanique de déformation PWM et de la puissance thermique PQ, on peut maintenant établir des expressions explicites pour le travail effectué sur le système et la chaleur fournie au système en termes des variables d'état de système. Le travail infinitésimal qui est effectué. Delta W est égal au produit de la puissance mécanique de déformation PWM pour un intervalle de temps infinitésimal DT, ce qui est égal à moins p. La pression qui est une fonction de l'entropie et du volume dV. La chaleur infinitésimale qui est fournie au système delta q C'est le produit de la puissance thermique PQ. Pour un intervalle de temps infinitésimal DT, ce qui est égal au produit de la température qui est une fonction de l'entropie du volume V fois ds. On peut maintenant intégrer ces deux expressions pour obtenir et respectivement le travail effectué d'un état initial et un état final f et la chaleur fournie au système d'un état initial i un état final f le travail effectué. W f. C'est l'intégrale de l'état initial à l'état final. F Du travail infinitésimal. Delta W. La variable d'état qu'on fait varier, c'est le volume. On aura donc l'intégrale sur le volume.

Notes

Summary





- Travail infinitésimal effectué :

$$\delta W = P_W dt = -p(S, V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur infinitésimale fournie :

$$\delta Q = P_Q dt = T(S, V) dS \quad (\text{processus réversible})$$

- Travail effectué ($i \rightarrow f$) :

$$W_{if} = \int_i^f \delta W = - \int_{V_i}^{V_f} p(S, V) dV \quad (\text{processus réversible})$$

- Chaleur fournie ($i \rightarrow f$) :

$$Q_{if} = \int_i^f \delta Q = \int_{S_i}^{S_f} T(S, V) dS \quad (\text{processus réversible})$$

Thermodynamique

L'intégrale de du produit, de la pression qui dépend de l'entropie du volume v. Fois dv. C'est une intégration de volume, donc c'est une intégrale qui se fera du volume initial 28 au volume final. VF. La chaleur fournie durant le processus qui va de l'état initial à l'état final. F fait cuire. C'est l'intégrale de l'état initial à l'état final. F de Delta. Q. C'est donc une intégrale sur d'entropie. C'est l'intégrale de l'entropie initiale et ceci à l'entrée à l'entropie finale s f du produit de la température qui est fonction de l'entropie et du volume. Foi ds.

Notes

Summary



15m 45s