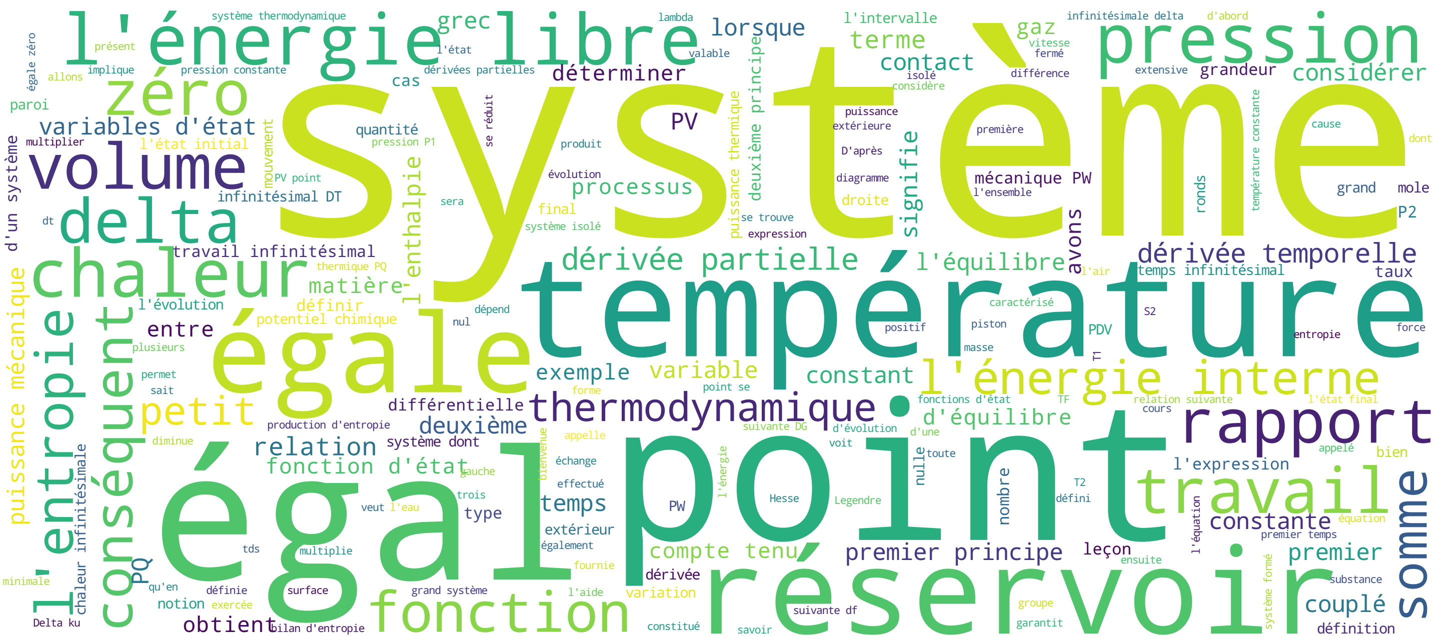
Thermodynamique

# Evolution d'un système couplé à un réservoir

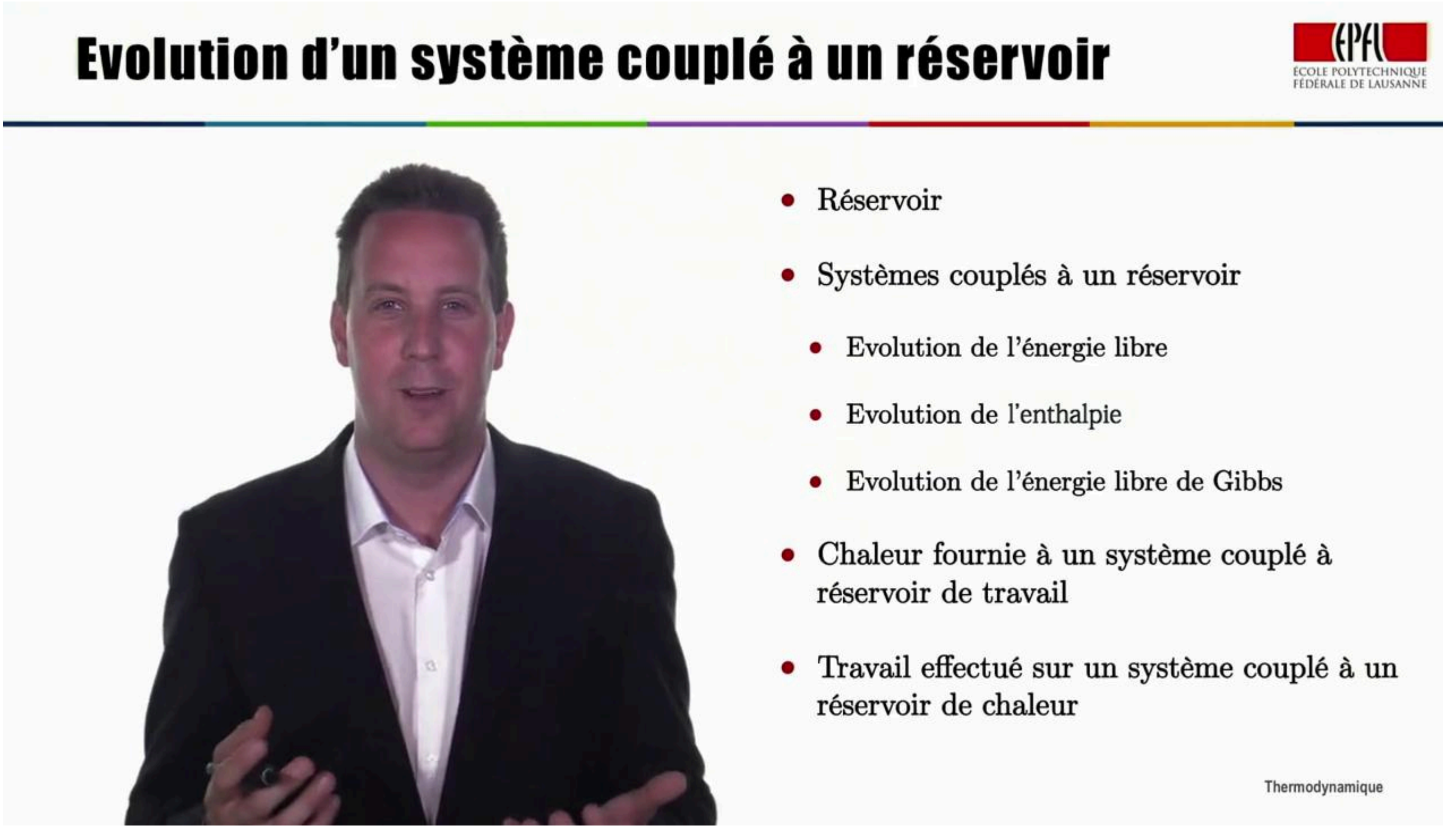
Dr. Sylvain Bréchet

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmoltz, 1821 - 1894




Search MOOC

Video

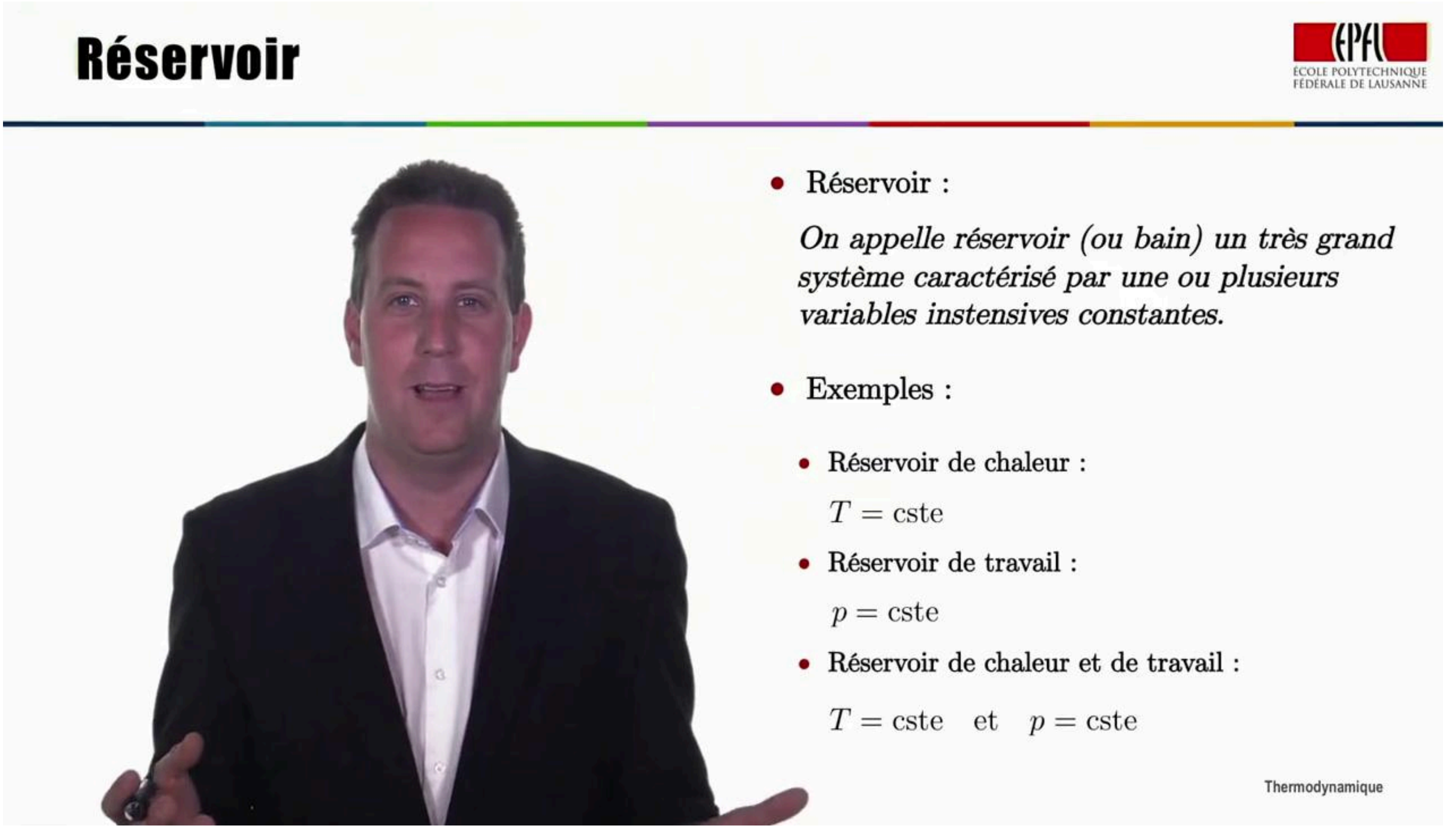



Bonjour et bienvenue a se moque de thermodynamique. Cette leçon est consacrée à l'évolution d'un système couplé à un réservoir. Dans un premier temps, on va définir la notion de réservoir. On va ensuite considérer les systèmes qui sont couplés à un réservoir. On va s'intéresser premièrement à l'évolution de l'énergie libre. Deuxièmement, à l'évolution de l'enthalpie et troisièmement, à l'évolution de l'énergie libre de type. Et puis on va également déterminer la chaleur qui est fournie. Un système qui est couplé à un réservoir de travail. Et le travail qui est effectué sur un système qui est couplé à un réservoir de chaleur.

Notes

Summary

0m 05s




On appelle les réservoirs. On parle aussi de bain, un très grand système qui est caractérisé par le fait qu'une ou plusieurs de ces variables intensives sont constantes. Un système dont la température est constante. Est appelé un réservoir de chaleur. Il est suffisamment grand. Un grand système dont la pression est constante d'appeler un réservoir de travail. Un grand système dont la température et la pression sont constantes est appelé un réservoir de chaleur et de travail.

Notes

Summary

0m 45s

# Evolution de l'énergie libre

- **Réservoir de chaleur et paroi immobile :**

  $T_{\text{ext}} = T_1 = T_2 \equiv T \qquad \text{et} \qquad V = \text{cst}$

- **Dérivée temporelle énergie libre :**

  $\dot{F} = \dot{U} - T\,\dot{S}$

- **Premier et deuxième principes :**

  $\dot{F} = P_Q - T\,\dot{S} = -T\,\Pi_S \leq 0$

- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

$$\boxed{dF \leq 0 \qquad \text{(température et volume constants)} \qquad F \text{ est minimale à l'équilibre}}$$


On va maintenant s'intéresser à un système qui est formé de deux sous systèmes sous système, un en eau et le sous système deux en bas. Ces sous systèmes sont couplés à un réservoir. L'entropie S du système est égale à la somme des entropie S1 et S2 des sous systèmes. Puisque l'entropie est extensive, le volume est aussi extensif, donc le volume du système est égal à la somme des volumes V1 et V2 des sous systèmes. Les potentiels thermodynamiques sont aussi des grandeurs extensives, donc l'énergie interne U du système est égale à la somme de l'énergie interne U1 et U2 des deux sous systèmes. l'Énergie libre F du système est égale à la somme des énergies libres f un et f deux. Les deux sous systèmes. L'enthalpie H est égale à la somme des enthalpie H1 et H2 des deux sous systèmes, et finalement, l'énergie libre de sujet du système est égale à la somme des énergies libres de groupes G1 et G2 des deux sous systèmes. On va maintenant déterminer l'évolution de l'énergie libre. On va considérer un système formé de deux sous systèmes sous système un et de sous système deux qui sont en contact avec un réservoir de chaleur. La température du réservoir extérieur est égale à la température T1 et à la température T2.

Notes

Summary

1m 23s

# Evolution de l'énergie libre

- **Réservoir de chaleur et paroi immobile :**

  $T_{\text{ext}} = T_1 = T_2 \equiv T \qquad \text{et} \qquad V = \text{cst}$

- **Dérivée temporelle énergie libre :**

  $\dot{F} = \dot{U} - T\,\dot{S}$

- **Premier et deuxième principes :**

  $\dot{F} = P_Q - T\,\dot{S} = -T\,\Pi_S \leq 0$


- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

  $\boxed{dF \leq 0 \qquad \text{(température et volume constants)} \qquad F \text{ est minimale à l'équilibre}}$

Thermodynamique

Des deux sous systèmes. Cette température, c'est la température T. Et puis, on considère que la paroi qui sépare le système du réservoir est immobile, ce qui signifie que le volume du système est constant. Par contre, le volume vient du sous système un et le volume V2 du sous système deux peut varier et il varie de telle manière à garantir que V soit constant. l'Énergie libre f est égale à U moins TF. La température T est constante. Elle est imposée par le réservoir de chaleur. Par conséquent, la dérivée temporelle de l'énergie libre est égale à un point moité. Est ce point ? On peut maintenant appliquer le premier principe de la thermodynamique. Vu que le volume est constant du point est égal à PQ et donc est ce point est égal à PQ ? Moité est le point d'après l'équation bilan d'entropie. Est ce point ? Est égal à PI de plus PQ sûreté. Ce qui veut dire que PQ moitié est ce point ? Est égal à moité pi de s. D'après le deuxième principe, Pie de Hesse est plus grand ou égal à zéro. La température est positive et donc moins. Pie de Hesse est plus petit ou égal à zéro, ce qui signifie que f point. Et plus petit ou égal à zéro.

Notes

Summary

2m 56s

# Evolution de l'enthalpie

- **Réservoir de travail et entropie constante :**

  $p_{\text{ext}} = p_1 = p_2 \equiv p \qquad \text{et} \qquad S = \text{cste}$

- **Dérivée temporelle enthalpie :**

  $\dot{H} = \dot{U} + p\,\dot{V}$

- **Puissance mécanique :**

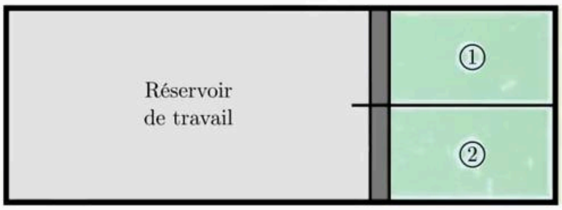
  $P_W = -\,p_{\text{ext}}\,\dot{V} = -\,p\,\dot{V}$

- **Premier principe et entropie constante :**

  $\dot{H} = P_Q + P_W + p\,\dot{V} = P_Q \leq 0$

- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

$$\boxed{dH \leq 0 \qquad \text{(pression et entropie constantes)} \qquad H \text{ est minimale à l'équilibre}}$$




Thermodynamique

Cette relation, on peut la multiplier par l'intervalle de temps infinitésimal DT et on obtient la relation suivante df est plus petit ou égal à zéro. Considérons donc tout d'abord la condition d'évolution qui est la suivante. DF strictement plus petit que zéro. Donc, lorsque le système est en contact avec un réservoir de chaleur qui garantit qu'il a une température constante et qu'en plus son volume est constant. L'évolution irréversible de ce système. Va provoquer la diminution de l'énergie libre puisque EDF est plus petit que zéro. Ça c'est la condition d'évolution et le système va ensuite évoluer vers un état d'équilibre et à l'équilibre, la condition d'équilibre CDF égale zéro. l'Énergie libre F sera donc minimale. A présent, on va s'intéresser à l'évolution de l'enthalpie, à considérer un système formé de deux sous systèmes, le sous système un et le sous système deux qui sont en contact avec un réservoir de travail. La pression du réservoir de travail extérieur est égale à la pression. P1 et P2, les deux sous systèmes. Et cette pression, c'est la pression p. Et puis le système est tel que son entropie est constante, donc c'est une constante. L'enthalpie H, c'est u plus pv ou p est constant.

Notes

Summary

4m 30s

# Evolution de l'enthalpie

- **Réservoir de travail et entropie constante :**

$$p_{\text{ext}} = p_1 = p_2 \equiv p \qquad \text{et} \qquad S = \text{cste}$$

- **Dérivée temporelle enthalpie :**

$$\dot{H} = \dot{U} + p\,\dot{V}$$

- **Puissance mécanique :**

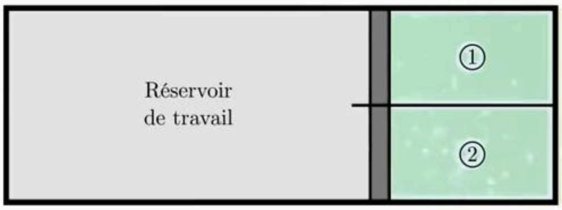
$$P_W = -\,p_{\text{ext}}\,\dot{V} = -\,p\,\dot{V}$$

- **Premier principe et entropie constante :**

$$\dot{H} = P_Q + P_W + p\,\dot{V} = P_Q \leq 0$$

- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

$$\boxed{dH \leq 0 \qquad \text{(pression et entropie constantes)} \qquad H \text{ est minimale à l'équilibre}}$$




Thermodynamique

Par conséquent, la dérivée temporelle de l'enthalpie hPa est égale à u point p v point. La puissance mécanique pw qui est exercée par le réservoir de travail sur le système, c'est moins p extérieure v point. C'est à dire compte tenu du fait que p extérieur est égal à p, c'est moins p point. On peut maintenant réécrire la dérivée temporelle de l'enthalpie à l'aide du premier principe. Le point est égal à PQ plus pw, ce qui signifie que h point est égal à pq plus pw plus sup v pour. Seulement PW est égal à un PV. Pour cette contribution. Le PV point se simplifie avec la contribution PV et au final H points se réduit à PQ. Comme on l'a vu dans une leçon précédente. Lorsque l'entropie est constante, DQ peut être nulle ou il peut être négatif. Par conséquent, chaque point est plus petit ou égal à zéro. Cette relation, on peut la multiplier par l'intervalle de temps infinitésimal dt et on obtient la relation suivante dh est plus petit ou égal à zéro.

Notes

Summary

6m 03s

# Evolution de énergie libre de Gibbs

- **Réservoir de chaleur et de travail :**

$$T_{\text{ext}} = T_1 = T_2 \equiv T \qquad \text{et} \qquad p_{\text{ext}} = p_1 = p_2 \equiv p$$

- **Dérivée temporelle énergie libre de Gibbs :**

$$\dot{G} = \dot{U} - T\,\dot{S} + p\,\dot{V}$$

- **Puissance mécanique :**

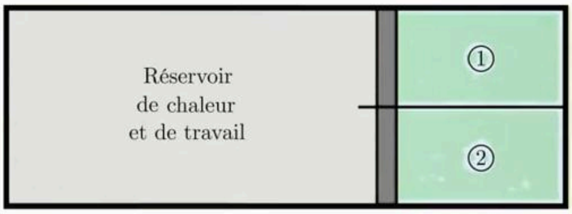
$$P_W = -\,p_{\text{ext}}\,\dot{V} = -\,p\,\dot{V}$$

- **Premier et deuxième principes :**

$$\dot{G} = P_Q + P_W - T\,\dot{S} + p\,\dot{V} = P_Q - T\,\dot{S} = -\,T\,\Pi_S \leq 0$$

- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

$$\boxed{dG \leq 0 \qquad \text{(température et pression constantes)} \qquad G \text{ est minimale à l'équilibre}}$$




Thermodynamique

Par conséquent, lorsque le système est en contact avec un réservoir de travail qui garantit qu'il ait une pression constante et qu'en plus l'entropie reste constante, l'évolution du système est une évolution irréversible dont la condition est DH strictement plus petit que zéro, et au cours de cette évolution, l'enthalpie du système diminue et le système va tendre vers un état d'équilibre qui est défini par la condition DH égal à zéro et à l'équilibre H est minimale. On va considérer à présent l'évolution de l'énergie libre de groupe du système. Donc on a un système constitué de deux sous systèmes le sous système un et le système deux. Ce système est en contact avec un réservoir de chaleur et de travail. La température du réservoir, c'était extérieur. Été extérieur est égal à T1 et T2. Les températures des deux sous systèmes et cette température, c'est la température T et la pression extérieure du réservoir est égale à la pression. P1 et P2 les deux sous systèmes. Et cette pression, c'est la pression P. l'Énergie libre de gypse G est égale à une TF. Plus PV ou T et P sont constants. Par conséquent, la dérivée temporelle de l'énergie libre de groupe G points est égale à une montée s point plus p v point.

Notes

Summary

7m 28s

# Evolution de énergie libre de Gibbs

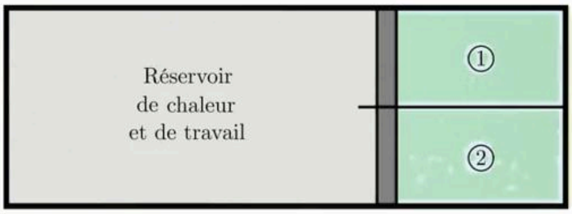
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

- **Réservoir de chaleur et de travail :**

  $T_{\text{ext}} = T_1 = T_2 \equiv T \qquad \text{et} \qquad p_{\text{ext}} = p_1 = p_2 \equiv p$

- **Dérivée temporelle énergie libre de Gibbs :**

  $\dot{G} = \dot{U} - T\,\dot{S} + p\,\dot{V}$




- **Puissance mécanique :**

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

- **Premier et deuxième principes :**

  $\dot{G} = P_Q + P_W - T\,\dot{S} + p\,\dot{V} = P_Q - T\,\dot{S} = -\,T\,\Pi_S \leq 0$

- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

  $\boxed{dG \leq 0 \qquad \text{(température et pression constantes)} \qquad G \text{ est minimale à l'équilibre}}$

Thermodynamique

La puissance mécanique PW exercée par le réservoir sur le système. C'est moins p exterieure v point. C'est à dire compte tenu de l'égalité entre p extérieure et P. La puissance mécanique PW est égale à moins de p. 20 point. On peut maintenant utiliser le premier principe pour exprimer la dérivée temporelle de l'énergie libre de l'équipe en termes de puissance. Et point c'est pq plus bw donc g point c'est pq plus pw moi ts points plus pv points. On sait par ailleurs que la puissance mécanique PW c'est moins p v pour ce terme va se simplifier avec le plus PV pour. Et donc g points se réduit à PQ moité espoir. Compte tenu de l'équation de bilan d'entropie PQ moitié est ce point se réduit à moité pi de baisse compte tenu du deuxième principe. Pi de ses plus grands est égal à zéro. Par conséquent, g pour la moitié pi d'os et G pour va être plus petit ou égal à zéro. En multipliant cette condition par l'intervalle de temps infinitésimal DT, on obtient la relation suivante dg. Plus petit ou égal à zéro. Donc, lorsque le système est couplé à un réservoir de chaleur et de travail qui maintient sa température et sa pression constante, l'évolution de ce système, qui est caractérisé par la condition d'âge, est strictement plus petit que zéro.

Notes

Summary

9m 04s

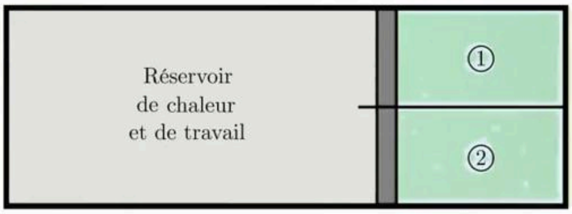
# Evolution de énergie libre de Gibbs

- **Réservoir de chaleur et de travail :**

$$T_{\text{ext}} = T_1 = T_2 \equiv T \qquad \text{et} \qquad p_{\text{ext}} = p_1 = p_2 \equiv p$$

- **Dérivée temporelle énergie libre de Gibbs :**

$$\dot{G} = \dot{U} - T\,\dot{S} + p\,\dot{V}$$




- **Puissance mécanique :**

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

- **Premier et deuxième principes :**

$$\dot{G} = P_Q + P_W - T\,\dot{S} + p\,\dot{V} = P_Q - T\,\dot{S} = -\,T\,\Pi_S \leq 0$$

- **Condition d'évolution et d'équilibre :**

$$\boxed{dG \leq 0 \qquad \text{(température et pression constantes)} \qquad G \text{ est minimale à l'équilibre}}$$

Thermodynamique

Cette évolution va provoquer la diminution de l'énergie libre. Cette évolution est une évolution irréversible, donc j'ai diminue et lorsque le système s'approche de l'équilibre, G va atteindre une valeur minimale à l'équilibre, donc à l'équilibre. On a la condition suivante DG égale zéro et donc à l'équilibre, G est minimale.

Notes

Summary

10m 52s

# Chaleur : système couplé à un réservoir de travail

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

- **Réservoir de travail :**

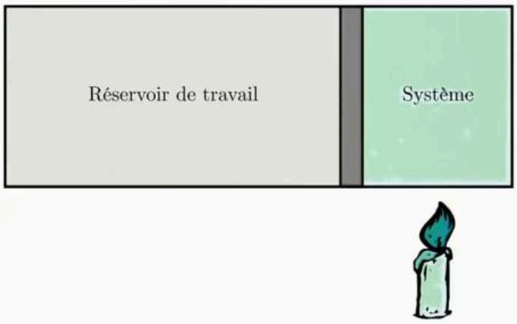
$$p_{\text{ext}} = p$$

- **Chaleur infinitésimale fournie :**

$$\delta Q = dU - \delta W = dU + p\,dV = d\,(U + p\,V) = dH$$

- **Chaleur fournie** $(i \to f)$ **:**

$$Q_{if} = \Delta H_{if} = \int_{H_i}^{H_f} dH = H_f - H_i$$




Thermodynamique

On va maintenant déterminer la chaleur qui est fournie à un système qui est couplé à un réservoir de travail. La pression de ce réservoir de travail extérieur. Et puis la pression du système CP. Et puis on chauffe ce système, donc on lui fournit une chaleur infinitésimale. Delta Q. D'après le premier principe, on sait que c'est Delta ku plus delta w. Donc. Delta ku, c'est du delta W. Le travail infinitésimal effectué sur le système Delta W est égal à moitié extérieur. dV comme p extérieur est égal à p delta W est égal à moins pdv, ce qui implique que moins delta W, c'est plus PDV. Et puis il y a pression constante des PDV pour l'écrire comme d. De plus PV ai eu plus de PV. C'est par définition. H. Par conséquent, la chaleur infinitésimale delta q qui est fournie au système lorsque ce système est en contact avec un réservoir de travail qui maintient constant sa pression. Cette chaleur infinitésimale delta Q est égale à la différentielle de l'enthalpie DH. On peut maintenant déterminer la chaleur fournie lors d'un processus qui va de l'état initial i à l'état final f. Cette chaleur fournit au système Q et F est égale à la variation d'enthalpie du système, c'est à dire delta h x.

Notes

Summary

11m 20s

# Travail : système couplé à un réservoir de chaleur

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

- **Réservoir de chaleur :**

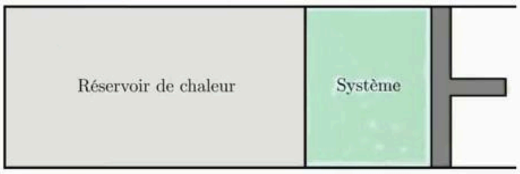
$$T_{\text{ext}} = T$$

- **Travail infinitésimal effectué :**

$$\delta W = dU - \delta Q = dU - T\,dS = d\,(U - T\,S) = dF$$

- **Travail effectué** $(i \to f)$:

$$W_{if} = \Delta F_{if} = \int_{F_i}^{F_f} dF = F_f - F_i$$




Thermodynamique

Cette variation d'enthalpie. Plus que l'enthalpie est une fonction d'état est égale à a chef mois hachis. Pour terminer, on va déterminer le travail qui est effectué sur un système qui est couplé à un réservoir de chaleur. Le système ici est le réservoir de chaleur. La température du réservoir de chaleur extérieure et la température du système CT. Donc, on veut déterminer le travail infinitésimal qui est effectué sur ce système delta W. D'après le premier principe, Delta W est égal à moins delta ku. Vu que la température du réservoir, qui est le milieu extérieur, est égale à la température du système T delta Q dans ce cas, est égal à TDS. Donc Delta W est égal à moité DS. Vu que la température est constante, d u tds peut se réécrire comme d de U moins ts et u moins ts. C'est l'énergie libre f. Par conséquent, lorsqu'on effectue un travail infinitésimal sur un système qui est en contact avec un réservoir de chaleur qui garantit que ce système est maintenu à une température constante, ce travail infinitésimal delta W est égal à la différentielle de l'énergie libre DF. On peut maintenant déterminer le travail effectué sur ce système dans l'état initial i un état final f.

Notes

Summary

13m 04s

# Travail : système couplé à un réservoir de chaleur

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

- **Réservoir de chaleur :**

$$T_{\text{ext}} = T$$

- **Travail infinitésimal effectué :**

$$\delta W = dU - \delta Q = dU - T\,dS = d\,(U - T\,S) = dF$$

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

$$W_{if} = \Delta F_{if} = \int_{F_i}^{F_f} dF = F_f - F_i$$


Thermodynamique

Ce travail w y f est égal à la variation d'énergie libre du système delta f. l'Énergie libre est une fonction d'état. Par conséquent, cette variation s'est tout simplement. l'Énergie libre finale ff moins l'énergie libre initiale est EFI.

Notes

Summary

14m 44s