

LP6: Premier principe de la thermodynamique

Niveau: CPGE

Prérequis: transfert thermique, travail, fonctions d'état, type de transformation, mécanique, gp, théorème de l'équipartition de l'énergie, capacité calorifique

On a vu en méca que l'énergie méca se conserve sauf lorsqu'il est soumis à des frottements. Mais cette énergie part bien quelque part.

On comprend cela en thermo en introduisant la notion de transfert thermique (qui est un transfert d'NRJ faisant varier T).

On peut considérer le cas du freinage où un travail aboutit à une élévation de T donc à Q . Il y a donc un lien entre W et Q .

En thermo on formalise ça à travers le premier principe qui généralise le principe de la conservation d'NRJ à un syst thermo.

(Ajouter : qq part esq de Joule avec pôle).

I - Energie interne

1.1. Energie interne Definition

Définition : c'est la valeur moyenne de l'énergie microscopique du système.
Pour un syst de particules

$$U = \left\langle \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i v_i^2 + E_p \right\rangle.$$

où E_p est énergie d'interaction interne.
entre particules.

C'est une fonction extensive (si pas d'interaction longue portée).

1.2. Energie d'un gaz parfait

Rq: pour un GP : $E_p = 0$.

Le théorème de l'équi partition de l'énergie ^{à diff?}

donc

$$U = \alpha \times \frac{1}{2} k_B T \quad \alpha=3 \text{ pour monoatomique}$$

1.2. Energie d'un gaz parfait

Plus généralement $\Delta U = C_V \Delta T$

↳ on a vu $\delta Q = C_V \Delta T$

II - Premier principe

2. 1. Énoncé

U est une fonction d'état, dont la variation pour un système fermé lors d'une transformation entre deux EET s'écrit

$$\Delta U = W + Q.$$

\hookrightarrow travail \hookrightarrow transfert thermique
 échangé avec le milieu ext
 < 0 syst cède
 > 0 syst reçoit.

Leçons:

• U indé du chemin suivi, si on évolue entre deux EET par différent chemin i.e. $\neq W$ et $\neq Q$, $W + Q$ est le même.

• W et Q au même niveau, on peut transformer l'un en l'autre : appli aux moteurs.

• l'énergie est conservée, il n'y a pas de dissipation (que des chocs élastiques au niveau micro).

Rq: transfo infinitésimal:

$$dU = \delta W + \delta Q.$$

2.2. Généralisation à un syst mécanique

On a considéré que syst thermo immobile.
Si en mouvement et subit force ext; on
généralise à l'énergie totale:

$$E = U + \bar{E}_m.$$

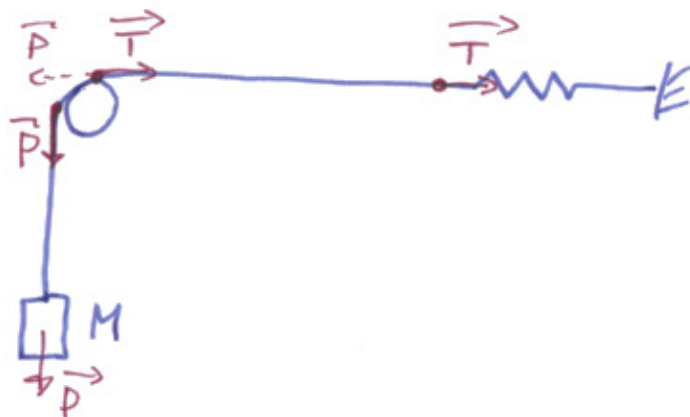
$$= U + \bar{E}_{c, \text{macro}} + \bar{E}_{p, \text{macro}}.$$

$$\Delta(U + \underbrace{\bar{E}_{c, m} + \bar{E}_{p, m}}_{\bar{E}_m}) = W + Q.$$

On comprend maintenant que lors de frottement
 $E_m \downarrow \quad U \uparrow.$

(Réfléchir si $W, Q \neq 0$)

2.3. Expérience de Joule.



Système {eau + cylindre}.

- OAM:
- \vec{P}
 - $\vec{T} = -k(l - l_0)\vec{e}_x$.
 - frottement \vec{f} sur $\odot \otimes$ cyl.

RP:

$$\vec{f} = \vec{T} + \vec{P}$$

$$f = -Mg + k(l - l_0).$$

→ Travail reçu par le syst.

$$W = \int_{0}^{2\pi n} \vec{f} \cdot d\vec{l}.$$

r : rayon cyl.

Syst isolé

$$W = [Mg - k(l - l_0)] 2\pi r n$$

P1: $Q = -W.$

($\Delta U = 0$).

$$Q = (m + m') C_{\text{eau}} \Delta T$$

↳ equiv cyl en eau.

on conclut.

III - Applications

(6)

3.1. Détente de Joule - Gay - Lussac \rightarrow PFR T



\hookrightarrow enceinte rigide et adiabatique

Suffisamment lentement pour que $Q = 0$.

Et $W = 0$.

P1: $\Delta U = 0$.

Or on a vu que pour gp $U = \frac{\alpha}{2} k_B T$.

Donc pr gp: $\Delta T = 0$. (1^{ère} loi de Joule)

Permet de savoir si un gaz se comporte comme un gp.

(gaz réel \rightarrow attraction entre molécules \rightarrow ① \rightarrow ② :
éloignement des molécules (V^*) \rightarrow besoin $NRT \rightarrow \Delta T < 0$)
(H: $\Delta > 0$).

3.2. Compression adiabatique d'un gaz



rapide $q = 0$ (ou lent).

$$P_f > P_i$$

$$V_f < V_i$$

$$\text{Syst} = \{\text{gaz}\}.$$

\hookrightarrow a reçu un travail. $= W$ des forces de pressions.
du piston; si $P_{\text{ext}} = \text{cte}$ et

$$W = - P_{\text{ext}} \underbrace{(V_f - V_i)}_{\Delta V}.$$

$$\Delta U = W = - P_{\text{ext}} \Delta V.$$

ou mode $g_p = C_v \Delta T$

$$\text{D'où } \Delta T = - \frac{P_{\text{ext}}}{C_v} \Delta V.$$

$$\text{Si } \Delta V < 0 \rightarrow \Delta T > 0 \quad T \uparrow.$$

principe du moteur diesel sans bougie d'allumage
video.

$$\Delta V > 0 \text{ (détente) } \Delta T < 0 \quad \text{froid.}$$

ouverture: P1 explique nos sens des transfos.