

LP20 - Conservation de l'énergie =

2 I = Automobile

Niveau = L1.

énergie mécanique
Energie cinétique, énergie potentielle, travail d'une force.

Pré-requis = - Théorème de l'énergie cinétique (~~1^{er}~~)
DONT travail force de pression.

- Thermo = 1^{er} ^(ade) pp, adiabatique (L1)
travail des forces de pression

Difficultés = - passage macro au micro.

Séquence pēda = ~~sentit de la lecture~~ Séquence de Thermo. ici 1^{er} cou
TP: Calorimétrie, trace d' E_c , E_p , E_m du pendule

blabla pēda = démarche spiralaire = on revient sur un truc fait et on approfondit \Rightarrow évaluer diag.

Ref galiléen pour tout la course

I - \rightarrow Véhicule = distance de freinage

II \rightarrow Chauffage des freins

Conversion = afin de la fréquence = moteurs thermiques = cycle de Beau de Rocher

①
Inho =

50 → 10
80 → 40

La physique est régie par de nombreuses lois mais une des plus importantes est le principe de conservation de l'énergie c'est la loi selon laquelle l'énergie totale d'un Σ isolé est conservée au cours du temps, dans un référentiel inertiel donné.

Un peu comme en chimie = rien ne se perd, tout se transforme!
 Δ par lavoisier rien ne se crée, Annecyagor.

~~Exercice~~

Notre objectif aujourd'hui est comprendre et savoir traduire la conservation de l'énergie à plusieurs échelles (micro et macro.)

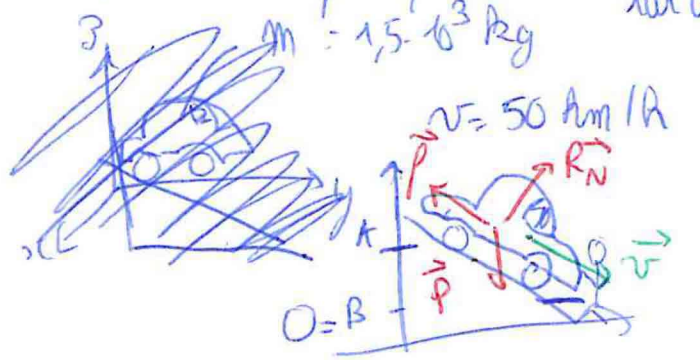
I - Approche macroscopique

Animation = 1) conservation de l'énergie
On va commencer par regarder une animation qui va nous montrer la conservation de l'énergie à l'échelle macroscopique =

Mette la bille en haut, et ce qu'elle va tomber ? Non = conservé de l'énergie. En haut = E_p max, en bas E_c max, E_{tot}

2) Théorème de l'énergie cinétique (conservée)

Ca c'est le cas que vous avez vu au lycée, maintenant on va l'introduire à un système un tout petit peu plus compliqué :
Mise en situation = voiture à 50 km/h sur une pente → piéton traverse devant lui
⇒ conducteur enlève la pédale de frein
l'arrête sur $d = 15m$
→ 1 m de diff.



2) ~~Ref~~ Objet = voiture = animé à son centre de gravité M
de masse m

Ref = ~~un~~ référentiel galiléen. \rightarrow Ce sera le cas dans toute la
leçon

\vec{F} qui s'exerce sur lui = poids, Réact normale de la route,
force de freinage f = force constante
opposée à la vitesse.

(Poids et réaction normale : ~~perpendiculaire au mouvement~~ ~~perpendiculaire~~
pas de travail. ~~La~~ Réact normale \perp au mouvement \rightarrow travail pas)

Travail de la force de frottement ?

\rightarrow On va appliquer un théorème nouveau pour vous = le
Théorème de l'énergie mécanique =

$$\Delta E_m = \Delta(E_c + E_p) = W(\vec{F}^{nc})$$

On va le démontrer sur cet exemple =

Pour les forces conservatives ici le poids = $W(\vec{F}_g) = -\Delta E_p$

$$W(\vec{p}) = -\Delta E_{p \text{ pesanteur}}$$

Théorème de l'énergie cinétique =

$$\Delta E_c = \sum_i W(\vec{F}_i) = \cancel{-\Delta E_{p \text{ pesanteur}}} + W(\vec{f})$$

$$\Delta E_c + \Delta E_{p \text{ pes}} = W(\vec{f}) = \Delta(E_c + E_p) = \Delta(E_m)$$

$$\Delta E_m = W(\vec{f})$$

\rightarrow forme élémentaire =
 $dE_m = d(E_c + E_p) = \delta W(\vec{F}^{nc})$

③ Le travail de la force de freinage du notre car

est donc ..

$$\Delta \mathcal{E}_c + \Delta \mathcal{E}_{pot} = W(\vec{f})$$

$$W(\vec{f}) = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 + m g \Delta z - m g z_0$$

$$= -\frac{1}{2} m v_i^2 - m g z_0$$

$$= -0,5 \times 1,5 \times 10^3 \times \left(\frac{50}{3,6}\right)^2 - 15 \times 10^3 \times 9,8 \times 1$$

~~$$= -2159,18$$~~

$$= -1,6 \cdot 10^5 \text{ J} < 0$$

force résistante
↓

On peut ainsi remonter à la force =

$$W(\vec{f}) = \int_{t_0}^{t_f} \vec{f} \cdot \vec{v} dt = -f d \rightarrow f = -\frac{d}{W(\vec{f})}$$

$$= \frac{1,6 \cdot 10^5}{15}$$

$$= 1,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

~~$$W(\vec{f}) = -1 m v_i^2 = -\frac{1}{2} m v_i^2$$~~

$$d = -\frac{f}{W(\vec{f})} = +\frac{1}{2} m v_i^2$$

→ distance de freinage proportionnelle au carré de la vitesse de l'automobile. (Même auto etc.)

On a donc vu l'énergie mécanique \rightarrow conservée à (4)
 l'échelle macro. Si on fait cette expérience en vrai \rightarrow pose les mains
 sur les freins \rightarrow chaud \Rightarrow pourquoi?

II - A l'échelle microscopique

Animation = ΣE_c et $E_p \rightarrow \Sigma E_{kg} \rightarrow$ mais E_{totale} n'est conservée.

Comment mettre ça en équation?

1) Energie interne et 1^{er} principe

Quantité thermo qui décrit l'état
 d'un S et dont la valeur ne
 p dep. par des états antérieurs

Vous avez déjà vu ce qu'est l'énergie interne (fd. d'état décrivant
 l'énergie contenue dans les degrés de liberté microscopique
 d'un système thermodynamique) mais on va essayer de
 le revoir \oplus précisément ici.

L'énergie d'un système thermo est la somme de
 son énergie interne U , son énergie cinétique macro. E_c
 et le sep d'échelle et E_p .

$$\boxed{E = U + E_c + E_p}$$

Le 1^{er} ppe de la thermo permet de caractériser la
 conservation de l'énergie du système.

La version plus générale que celle que vous avez vu
 est \rightarrow projeté (portion de l'univers qu'on isole
 par la pensée) hypothèse = tenir mot
d'ensemble.

Pour tout système thermodynamique, on peut définir, à une
 constante près, une fonction U , appelée énergie interne ayant
 les propriétés suivantes :

- U est une fonction d'état (dep. que des états initiaux
 et finaux de la transf.)
- U est extensive
- 1) le symbole de un S est U .

5 bis

2) La fonction d'état enthalpie

On appelle enthalpie d'un Σ thermos la fct d'état =

$$J \quad H = U + PV \quad \text{volume}$$

\uparrow énergie interne \downarrow pression

→ fct d'état
→ extensive
et additive

Pour une transfo monobare avec équilibre méca de l'état initial et final =
 $p_{ext} = p_0$ cste.

Eq méca entre Σ et ext à état f et i = $P_i = P_f = P_0$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{pression}} &= -P_0(V_f - V_i) \\
 &= -P_f V_f + P_i V_i \\
 &= -\Delta(PV)
 \end{aligned}$$

$$W = W_{\text{pression}} + W_{\text{autre}}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta U &= \Delta E_c = W + Q = W_{\text{pression}} + W_{\text{autre}} + Q \\
 &= -\Delta(PV) + W_{\text{autre}} + Q
 \end{aligned}$$

$$\Delta U + \Delta(PV) = \Delta(U + PV) = \Delta H$$

Donc pour une transfo. monobare avec eq méca à état i et f =

$$\Delta H + \Delta E_c = W_{\text{autre}} + Q$$

Forces appliquées sur le $\Sigma = -\text{Poid} \rightarrow$ travail par

~~travail~~
- force de pression = travail par
un P est uniforme et V invariant
de A et B

1^{er} principe sur Σ (A + B) =

$$\Delta U + \Delta E_c = \cancel{W} + \cancel{Q} \text{ adia.}$$

$$\Delta E_c < 0$$

Donc $\Delta U = \overset{\text{entière}}{\Delta U_A + \Delta U_B} > 0$

\Rightarrow L'énergie cinétique de A est transformée en énergie interne de A et de B. Localement là où il y a eu contact, la T des solides a augmenté.

Vous avez vu que pour une phase condensée incompressible et incompressible :

$$\Delta U = m C \Delta T - K$$

\uparrow \uparrow \uparrow
masse (kg) capacité thermique (J.kg⁻¹.K⁻¹)

Donc on pourrait déterminer cette différence de température si on connaît la capacité thermique d'un Σ mais vous ne savez pas comment l'obtenir : on va voir ça tout de suite :

3) Détermination expérimentale d'une capacité thermique

$m_{\text{eau}} =$ $T_i =$
 $m_{\text{fer}} =$ $T_{\text{fer}} =$

$$\Sigma = \text{calo} + \text{eau} + \text{fer}$$

Relation monovariable avec eq meca de l'état : et état f

66 4.

4' 4'

4'

1

4' 4'

Pour d' = Σ_c , m'importe que pression =

(7)

$$\Delta H = Q$$

$$\text{Calo isolé} = \Delta H = 0$$

Enthalpie fct additive =

$$\Delta H = \Delta H_{\text{eau}} + \Delta H_{\text{calo}} + \Delta H_{\text{FeCu}}$$

$$\Delta H_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} C_{\text{eau}} (T_f - T^i)$$

$$\Delta H_{\text{calo}} = \mu C_{\text{eau}} (T_f - T^i)$$

$4,18 \cdot 10^3 \text{ J/K/kg}$
↑ valeur en eau calo.

$$\Delta H_{\text{FeCu}} = m_{\text{Fe}} C_{\text{FeCu}} (T_f - T_{\text{FeCu}}^i)$$

$$\Delta H = 0$$

$$\Rightarrow C_{\text{FeCu}} = \frac{(m_{\text{eau}} + \mu) C_{\text{eau}} (T_f - T^i)}{m_{\text{Fe}} (T_{\text{FeCu}}^i - T_f)}$$

$$= (\quad)$$

$$C_w = (32 \pm 3) \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$C_w = 385 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

→ valeur \oplus faible car pas parfaitement calorifugé

→ valeur \oplus haute = gros apport énergie cu

Conclu =

ouverture = \oplus de thermo → mesure kg de la voiture

barre de fer (ou cuivre)

- Thermomètre

- Thermocouple

- eau

- bouilloir

- becher

- balance

- calorimètre.

valeur en eau calo:

1) m_F, T_F eau froide $m_F = 165,30\text{g}$ $T_F = 25^\circ\text{C}$

2) m_C, T_C eau chaude $m_C = 110,16\text{g}$ $T_C = 84^\circ\text{C}$

3) mesure $T_{\text{finale}} = 45^\circ\text{C}$

$$0 = \mu_{\text{eau}}(T_{\text{finale}} - T_F) + m_F c_{\text{eau}}(T_{\text{finale}} - T_F) + m_C c_{\text{eau}}(T_{\text{finale}} - T_C)$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{m_C(T_C - T_{\text{finale}})}{T_{\text{finale}} - T_F} - m_F = \frac{49,51\text{g}}{AN}$$

→ Faire la manœuvre en eau du calorimètre

→ mettre Cu dans un becher d'eau bouillant
(attendre un peu d'être à l'éq.) → Mesurer $T_{\text{Cu}} = 82^\circ\text{C}$
 $m_{\text{Cu}} = 31,81\text{g}$

→ Mettre la barre de cuivre dans une manœuvre
d'eau connue (≈ 400g eau fraîche) → Mesurer T_{eau}
fraîche = 23°C
di un calo. → 504,37g

→ Mesurer $T_{\text{eau finale}} = 26^\circ\text{C}$

Mesure n°2. m_{Cu} idem $T_{\text{Cu}} = 90^\circ\text{C}$

$m_{\text{eau froide}} = 371,88\text{g}$

$T_{\text{eau fraîche}} = 17^\circ\text{C}$

$T_{\text{eau finale}} = 21^\circ\text{C}$

Capacité calor = énergie qu'il faut fournir à 1 g
de matière pour ↑ la T de 1K

$$\left. \frac{\partial H}{\partial T} \right)_{p, T, \text{ etc}}$$

Ex. Vale = dérivée seconde positive

$$T = \frac{\partial U}{\partial S}$$

$$k_B = \frac{R}{N_A}$$

Retour =

Conservation ds le cas de force centrale = Leçon que
méca.

↳ loi des aires

→ pas oublié échange de matière

Σ isolé - mais freinage = \underline{pl}

freinage à induction = pl à v. ⊕ isolé

Ref galiléen = ref. bouge par hop par rapport à la durée de l'exp
Être donnée numérique à la fin

Limite thermo = moyennage = Σ assez grand. (⊖ d'au moins 10²³ en soi
⊕ d'une mole c'est bon.)

Expliquer théorie par manip'

Question valeur république = dire pourquoi c'est un problème.

→ absurde pouvoir = 3 ans de prison.

Parler à l'informaticien = proposer à l'élève de venir discuter.
+ P14. scolaire.

