

LP 8 : Conservation de l'énergie

Element imposé : bilan d'énergie du corps humain, chute libre (à la place du pendule), conservation de l'énergie cinétique/mécanique/totale, calorimétrie

Niveau : TS

Pré-requis : - Energie cinétique et potentielle (de pesanteur) (1èreS)

- Forces (poids, frottements...) et vitesse (1ere S)
- Incertitudes (TS)
- Puissance dissipée par effet joule (1ère S)
- Vecteur, produit scalaire, trigonométrie (maths 2nd et 1ere)

Biblio : - Dictionnaire de physique, Taillet

- Hachette, TS physique chimie, enseignement spécifique
- Nathan, édition sirius, TS physique chimie, enseignement spécifique (édition 2017)
- Microméga, TS physique chimie, enseignement spécifique
- Duffait CAPES

Intro péda :

Leçon de TS dans le thème comprendre:lois et modèles

En première, les élèves ont déjà vu la conservation de l'énergie mais la on va leur réintroduire cette notion en utilisant le travail cette fois-ci, qu'ils n'ont pas encore vu et on va aussi introduire la notion d'énergie interne (et donc conservation de l'énergie totale d'un système macroscopique).

Présentation pré-requis

Obj : - Comprendre la conservation de l'énergie à différentes échelles, savoir la relier au travail des forces et l'utiliser pour déterminer des grandeurs physiques

Difficultés : - ne pas confondre travail, énergie et puissance → on va bien définir le terme de travail qui est nouveau et montrer les liens entre ces grandeurs.

- Travail = concept assez abstrait → on montrera bien le lien avec l'énergie mécanique (qu'ils connaissent déjà et est plus concrète) et animations

Choix péda : • Choix de partir du macro pour aller vers le micro (macro = plus parlant pour élèves et plus visuel)

- On ne parlera que du poids pour les forces conservatives, l'énergie électrostatique serait vu en TD cours pour ne pas être trop répétitif et que les élèves essaient de retrouver la formule en étant guidés
- Choix de faire une expérience de calorimétrie car facile à mettre en œuvre au lycée, les élèves pourront refaire l'expérience et à cheval sur le chapitre suivant sur les transferts thermiques et choix d'utiliser l'énergie interne pour les calculs car l'enthalpie n'est pas au programme et on ne veut pas perdre les élèves avec une nouvelle notion.

TD : étude de la conservation de l'énergie pour différents systèmes (ex : skieur)

TP : utilisation calorimètre, étude du pendule avec force frottements solide, étude chute libre en utilisant le travail des forces (et manipulation logiciel pointage pour mesurer vitesse → Ecinétique)

Intro :

Vous avez vu en 1ere que, si un système n'est soumis à aucun frottement, son énergie mécanique se conserve. Cependant, comme vous le savez certainement, dans la vie de tous les jours, il y a presque toujours des frottements (avec l'air par exemple).

Aujourd'hui, on va voir comment évolue l'énergie d'un système soumis à des frottements et nous verrons un principe de la conservation de l'énergie plus large que l'énergie mécanique.

I) Travail et énergie potentielle

A) Travail d'une force constante

Travail = Echange d'énergie dû au déplacement, à la déformation ou à la modification interne d'un système sous une action extérieure (déf Taillet)

= permet d'évaluer l'effet d'une force sur l'énergie d'un système en mouvement = mode de transfert d'énergie.

Pour une force constante, le travail pour un système allant de A à B est défini mathématiquement par :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = \|\vec{F}\| \cdot \|\vec{AB}\| \cdot \cos \alpha$$

→ indépendant du chemin suivi (cf diapo)

Si travail d'une force est indépendant du chemin suivi, on parle de **force conservative**.

Si $W_{AB} > 0$: travail moteur → système emmagasine de l'énergie

Si $W_{AB} < 0$: travail résistant → système cède de l'énergie

Si $W_{AB} = 0$: travail nul

(cf tableau diapo)

Ex : travail du poids :

Un objet de masse m , placé dans un champ de pesanteur uniforme \vec{g} , est soumis à son poids, dont le point d'application est le centre de gravité de l'objet. Lorsque le centre de gravité se déplace d'un point A à un point B, le travail du poids est donné par la relation :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos \alpha; \quad \text{or,} \quad \cos \alpha = \frac{(z_A - z_B)}{AB}$$

D'où : $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot (z_A - z_B)$
 $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$

$W_{AB}(\vec{P})$ s'exprime en joule (J), m , la masse de l'objet, en kilogramme (kg), g , l'intensité du champ de pesanteur, en mètre par seconde au carré ($m \cdot s^{-2}$) et $(z_A - z_B)$, la différence d'altitudes entre A et B, repérées sur un axe (Oz) orienté vers le haut, en mètre (m).

Et on reconnaît l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur vue en 1ere : $E_{pp} = mgz + cste$ (on prend $cste = 0$)

→ $W_{AB}(P) = E_{pp}(z_A) - E_{pp}(z_B) = -\Delta E_{pp}$

Généralisation : pour force conservative, on a : $W_{AB}(F_c) = -\Delta E_p$

Tr : mais toutes les forces ne sont pas constantes !

C) Travail des forces non conservatives

Prenons l'exemple des forces de frottements : (cf diapo)

Lors d'un mouvement rectiligne de longueur AB, le travail d'une force de frottement \vec{f} d'intensité constante est donné par la relation :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB}$$

$W_{AB}(\vec{f})$ s'exprime en joule (J), f , en newton (N) et AB, en mètre (m).

On remarque que le travail dépend du chemin suivi → **force non conservative**.

II) Conservation de l'énergie

Étudions le cas du pendule simple → animation (ne pas mettre trop grands angles pour approximation petits angles) : on voit que l'énergie mécanique se conserve

https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/premiere_1S/pendule_simple_forces_vitesse_energie.htm

Et, rappel, $E_m = E_p + E_c$

A) Energie potentielle

Bilan des forces (les faire apparaître sur animation) : T et P

T est orthogonal au mouvement pour tout angle θ → $W(T) = 0$

Pour P, on a, comme montré avant : $W_{AB}(P) = mg(z - z_0) = m \cdot g \cdot l \cdot (\cos(\theta) - 1)$ en prenant z_0 au niveau de la position verticale du pendule → $\Delta E_p = \Delta E_{pp} = m \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos(\theta))$

E_p : <http://scphysiques.free.fr/> dans pendule2

B) Energie cinétique

Par définition : $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

On admet que $v = l \cdot d\theta/dt$ → donc on a l'expression de E_c en fonction de θ

E_c : <http://scphysiques.free.fr/> dans pendule 2 → on voit déjà que pour min de E_c on a max de E_p

C) Energie mécanique

Donc on a dit $E_m = E_c + E_p$

<http://scphysiques.free.fr/> Dans pendule 2.

Puis on met amortissement : E_m diminue au cours du temps

Avant : cas parfait, sans frottements, mais en vrai, frottements de l'air → force non conservatives qui fait perdre de l'énergie au système (E_m diminue au cours du temps)

En effet, on a le **théorème de l'énergie mécanique** pour un système qui dit :

$$\Delta E_m = W_{AB}(F_{nc})$$

Ainsi, si aucune force non conservative travail on a conservation de l'énergie mécanique sinon on a un transfert d'énergie mais vers où ?

III) Du macroscopique au microscopique

A) Energie interne et conservation d'énergie

Énergie interne d'un système macroscopique = énergie qui prend en compte les phénomènes microscopiques : elles résultent des énergies cinétique et potentielle des entités microscopiques qui le compose.

Pour une phase condensée, on a

Ainsi on a, pour un système macroscopique : $E_{tot} = E_m + U$

Et on a principe de conservation de l'énergie pour un système macroscopique :

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_m + \Delta U = Q + W \quad (\text{1er Principe de la thermodynamique})$$

Où Q = transfert thermique et W = travail (tous deux échangés avec le milieu extérieur)

Ainsi, pendule perd de l'énergie sous forme de transfert thermique avec l'extérieur.

Tr : Ce principe de conservation de l'énergie peut être utilisé pour déterminer des grandeurs physiques

B) Application à la calorimétrie

On va mesurer la capacité calorifique massique de l'eau.

Capacité calorifique massique de l'eau = énergie à fournir à 1kg d'eau pour élever sa température d'un degré Kelvin.

Et pour une phase condensée, on a $\Delta U = m * c * \Delta T$.

A faire sous forme d'exos.

C calorimètre :

http://www.fmarchand67.com/documents/TS/TSP1/TSP1SP3/TSP1SP3Ch14/TSP1SP3Ch14T3-correction_exercices_calorimetrie.pdf

Eau : <http://www.web-sciences.com/devoir1b/ex9/ex9.php>

Exp (Duffait CAPES p281) : On utilise un calorimètre = adiabatique ($Q = 0$), on met une masse m_{eau} d'eau liquide, on ferme le calorimètre, on chauffe l'eau avec une résistance $\rightarrow W = W_{\text{elec}} = U * I * \Delta t$

On étudie le système : eau + calorimètre

D'après le principe de conservation de l'énergie on a :

$\Delta E_m + \Delta U = Q + W$ or $\Delta E_m = 0$ (système au repos)

$\Delta U = m_{\text{eau}} * c * \Delta T + \mu_{\text{calo}} * c * \Delta T = U * I * \Delta t$ (on a mesuré μ_{calo} en préparation)

On trace $\Delta T = f(\Delta t)$ et on remonte à c .

Valeur théorique : $c = 4,18 \text{ kJ/kg/K}$

Incertitudes : pertes au niveau du calorimètre (+agitation?) mais conservation de l'énergie est plutôt une bonne approximation pour le calorimètre.

Conclusion (diapo)

On a vu que la conservation de l'énergie pouvait être vu d'un point de vue macroscopique et la variation d'énergie d'un système est alors liée au travail des forces non conservatives. Et la conservation de l'énergie totale (macro et micro) permet de mieux comprendre d'où vient ou où va l'énergie gagner/perdue par système.

Ainsi, avec cette conservation de l'énergie, on peut remonter à des grandeurs physiques comme des capacités thermiques ou encore l'énergie nécessaire pour faire fondre un glaçon.

On a donc vu qu'un système pouvait perdre de l'énergie par transfert thermique mais on n'a pas parlé de comment se font les transferts thermiques. Ce sera l'objet du prochain cours.