LP 19 : Conservation de l'énergie

Élément imposé : Évolution du système Terre-Lune(leçon Fenril), Roues à inertie, orbite astéroïde (voir exo dans le Pearson) , main qui chauffe quand on frotte (exo Pearson)

Niveau : (L1, BCPST1)

Prérequis :
- Mécanique : PFD, forces usuelles (L1), puissance, travail des forces usuelles (L1), energie-cinétique (TS), le pendule simple (L1)
- Thermo : Description d'un système, premier principe, fonctionnement d'un calorimètre, capacité thermique (TS)
- Acquisition et traitement du signal (L1)
- Repère polaire , vitesse, déplacement élémentaire (L1)

Biblio :
- Duffait CAPES (p.279 calorimétrie), (p.264 pendule pesant)
- Grecias BCPST ?

Introduction pédagogique :
Notion déjà connu par les élèves (1e et TS). Il s'agit d'approfondir avec notamment le théorème de l'énergie cinétique. On va approfondir les connaissances en introduisant les théorèmes énergétiques pour retrouver des expériences que les élèves connaissent, viennent de voir avec notamment le PFD. On se base sur l'exemple du pendule simple
Visualisation de la conservation de l'énergie à plusieurs échelle en exploitant le 1er principe de la thermo
Avant : cours sur la dynamique du point matériel, le travail et la puissance d'une force
Après : cours sur la thermodynamique
Difficultés : Vecteurs et produits scalaires
TD : Exercices pour déterminer l'équation de mouvement grâce aux théorème énergétique. Exercice sur les oscillateurs harmoniques, le mouvement d'un satellite dans un champ de force gravitationnelle.
TP : Étude de chute libre, ressort (avec et sans frottements)

Introduction

Aujourd'hui nous allons nous intéresser au principe de conservation de l'énergie. Slide citation Feynman.
La quantité à laquelle nous allons nous intéresser ici est l'énergie. Même si le système peut changer de position ou encore de température, l'énergie totale du système est conservé. Cela s'applique dans de nombreux domaines de la physique.
Vous avez déjà vu la conservation de p pour un système isolé. Pour un système isolé → conservation de l'énergie totale
Transformation de, ex skieur. Mais dans le cas d'une voiture qui freine sur une ligne horizontale ? Qu'est-ce qui fait qu'on a des transformations d'énergie ?

Objectifs : Comprendre la conservation de l'énergie à plusieurs échelles.

I. Approche macroscopique

On va essayer de comprendre cette vidéo :https://www.youtube.com/watch?v=xXXF2C-vrQE
Le pendule ne dépasse pas sa position initiale, pourquoi ?

A. Théorème de l'énergie cinétique

On a $Ec = \frac{1}{2} m v^2$

Dans un référentiel galiléen, pour un système soumis à Fext, on a $m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$

On fait le produit scalaire avec v → $m\vec{v}.\frac{d\vec{v}}{dt} = \sum \vec{v}.\vec{F}_{ext}$

$$\frac{1}{2} m \frac{d v^2}{dt} = \sum P(\vec{F}_{ext})$$

On a donc $\frac{dEc}{dt} = \sum P(\vec{F}_{ext})$

$ou\ dEc = \delta W(\vec{F}_{ext})$

Exemple simple du pendule
Schéma pendule (Slide)
Référentiel galiléen, système la masse m

$\vec{T} = T\vec{er}$

Bilan des forces : $\vec{P} = mgl(\cos\theta\,\vec{er} - \sin\theta\,\vec{e}\theta)$

Rappel travail d'une force : W(F) = F.dl

$d\vec{l} = l\dot{\theta}\vec{e}\theta$

$\delta W(\vec{T}) = 0$

$\delta W(\vec{P}) = -lmg\dot{\theta}\sin\theta$

$\frac{1}{2} v^2 = lg(\cos\theta - \cos\theta 0)$

On a directement l'équation du mouvement

<u>Transition</u> : Vous savez qu'il existe une autre forme d'énergie : l'énergie potentielle, quel est son lien avec le travail ?

B. Énergie potentielle

Par exemple on lève un poids
On applique une force Fop pour amener un objet à un point malgré une force (Grecias p560, à vérifier, il y aurait un exo/Schéma bien)
Le travail de cette force est Wop :
→ ΔEp = Wop =-Wpoids
Remarque: Δep ne dépend pas du chemin suivi car P est une force conservative. Vrai seulement pour force conservative
Généralisation : dEp=-δW(ΣFc) = - ΣδW(Fc)
Retour sur le TEC : dEc= δW(F) = δW(Fnc) + δW(Fc)= δW(Fnc) - dEp
Donc dEm = dEc+dEp = δWnc
On a donc une importance ? Distinguer force conservative et force non conservative : on a ΔEc = δWnc + δWc → d(Ec+Ep) = δWnc
Si pas de force non conservative → dEm=0 Conservation
https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_fr.html
http://scphysiques.free.fr/ Pendule 2 avec et sans frottement
Tracer Ec, Ep, et Em en fonction de t
→ sans frottement : conservation
on trace en fonction de θ dans le cas sans frottement → Ep<=Em
Ec>= 0 → Ep(θ)<= Em
Or Ec(θ0)=0 donc Ep(θ0)=Em, θ est borné par [$-\theta_0,\theta_0$] Retour sur la vidéo

→ avec frottement : dissipation donc Em diminue

Transition : Avec frottement, il y a dissipation d'énergie, où est-elle passée ?

II. Approche microscopique

Au lycée déjà vu la notion d'énergie microscopique d'un système et d'énergie interne.

A. Premier principe de la thermodynamique

Principe de conservation : l'énergie E d'un système isolé se conserve (1845 J.R. Von Mayer)
Un système isolé n'échange ni matière ni énergie avec l'extérieur.
Le premier principe pour un système thermoélastique fermé : (thermoélastique = que travail et transfert thermique)
ΔU + ΔEm = Etot = W + Q équation de conservation. Le seul moyen de faire varier l'énergie du système est lorsque qu'il gagne ou fournit un travail ou un transfert thermique.
Aussi énergie interne U= Ecmicro (agitation thermique) + Epmicro (interaction entre particule)
Energie macroscopique perdu sous forme d'énergie microscopique

Transition : Bilan d'énergie via ce principe

B. Application à la calorimétrie

On va déterminer la capacité calorifique d'un matériau, plomb
Capacité calorifique massique = énergie qu'il faut apporter à 1kg d'un composé pour élever sa température d'un degré K.
Slide schéma de l'expérience
Le volume est constant : pas de travail des forces de pression.
Adiabatique et énergie macro constante (pas d'agitation, nie de variation de vitesse ou position)
Système : {calorimètre + eau + laiton}
On a donc :
On fait en réalité bilan sur H (pas encore vu en BCPST en L1 mais on le verra l'année prochaine

$$\Delta U = 0 = (m_{ceau} + m_{calo}) c_{eau} (T_{eq} - T_f) + m_{laiton} c_{laiton} (T_{eq} - T_c)$$

$$c_{laiton} = \frac{-(m_{ceau} + m_{calo}) c_{eau} (T_{eq} - T_f)}{m_{laiton} (T_{eq} - T_c)}$$

AN :
http://www.fmarchand67.com/documents/TS/TSP1/TSP1SP3/TSP1SP3Ch14/TSP1SP3Ch14T3-correction_exercices_calorimetrie.pdf
Incertitude : m surtout celle du calorimètre, et T. + Pas réellement système parfait
L'énergie interne du bloc est conservée, → a chauffé l'eau.
Pas parfait car pas totalement adiabatique

Conlusion

Bilan, conservation de l'énergie à différentes échelles
Réponse aux questions del'intro
Ouverture : autre principe de conservation comme la conservation de la charge ou de la masse
Ou système ouvert → 1er principe industriel