

LP20 - Conservation de l'énergie

Niveau L1

Prerequis

- * Principe fondamental de la dynamique (L1)
- * Puissance, force, énergie, travail (Lycée)
- * Pendule simple
- * Forces gravitationnelles
- * Notion de base en astrophysique
- * Coordonnées polaires
- * Orbite circulaire
- * Thermodynamique (L1)
- * Description microscopique de la matière

Bibliographie

- * Physique PCSI - Grevas
- * Physique - Hecht
- * A la découverte de l'univers - Communis
- * Devoir CAPES

- Expérience :
- Conservation par le pendule simple
 - Calorimétrie.

Intro Pédagogie (Thermo)

- * Ce cours se place au niveau de licence 1 car il aborde un phénomène fondamental qui va pouvoir servir tout au long de la scolarité
- * Ce cours se place après un cours sur le principe fondamental de la dynamique et l'étude de systèmes simple.
- * Ce cours aborde des notions qui ont déjà été vues en terminal, les élèves ont déjà parlé au lycée de conservation de l'énergie mécanique dans le cas de systèmes conservatif. Ainsi que la notion de variation d'énergie interne, vue au lycée et durant le cours de l'année.
- * On supposera que les élèves sont familiers avec les notions de travail, force et énergie, ainsi qu'avec la description microscopique de la matière.
- * Dans ce cours on va montrer aux élèves que l'énergie totale se conserve, ils sont habitués à l'énergie mécanique, mais on insistera bien sur le fait que l'énergie mécanique peut se transformer en énergie interne.
- * Les difficultés de cette leçon sont :
 - dans les calculs mathématiques
 - le fait de comprendre que même si l'énergie mécanique diminue, elle n'est pas perdue par le système, mais qu'elle est convertie sous une autre forme
- * Pour faciliter la compréhension des élèves on fera les calculs pas à pas et on se raccrochera à des systèmes simples que les élèves maîtrisent déjà
- * Pour essayer de bien faire comprendre les conversions d'énergie et la conservation de l'énergie totale on s'appuiera au maximum sur des exemples que les élèves comprennent intuitivement.
- * TP on peut redémontrer des équations diff en passant par l'énergie et calculer l'énergie perdue par frottement : calcul de la chaleur dégagée par frottement des mains
- * TP le pendule simple avec et sans frottements (fluide et solide)
- * Etude de Doc. Sur la conservation au niveau des planètes par introduire le cours suivant. (à sur moyen conversion énergie)

Introduction

- * Depuis le lycée on entend parler d'énergie et souvent que l'énergie se conserve
- * On arrive à le comprendre : si on met un skieur dans une descente
 - il perd en énergie potentielle car il descend la pente (il perd de l'altitude)
 - il gagne en énergie cinétique car il prend de la vitesse.
- * Mais dans certains cas c'est plus compliqué à dire
 - Je freine avec ma voiture
 - ↳ la vitesse diminue
 - ↳ mais on ne gagne pas d'énergie potentielle.
 - On va essayer de comprendre ce que devient l'énergie car elle ne disparaît pas
- * Le but de ce cours sera aussi de comprendre ce qui fait que l'on gagne ou qu'on perd de l'énergie potentielle ou cinétique.

Transition :

Pour comprendre comment varie l'énergie il faut regarder comment les forces travaillent.

Objectif : Savoir justifier le fait que l'énergie mécanique se conserve ou non, et comprendre sous quelle forme elle est convertie.
Savoir résoudre des problèmes en utilisant une approche énergétique

I - Conservation de l'énergie mécanique

A - Le travail des forces: Rappel et compléments

Puissance: $\vec{P} = \vec{f} \cdot \vec{v}$ Au lycée: $W = AB f \cos \alpha$

Travail élémentaire: $\delta W = \vec{f} \cdot d\vec{\ell} = f \cdot \frac{d\ell}{dt} dt = P dt$.

$$\hookrightarrow W = \int_A^B \vec{f} \cdot d\vec{\ell} = \int_{t_1}^{t_2} P dt.$$

2 types de Forces

- Non conservatives dépendent chemin suivi:

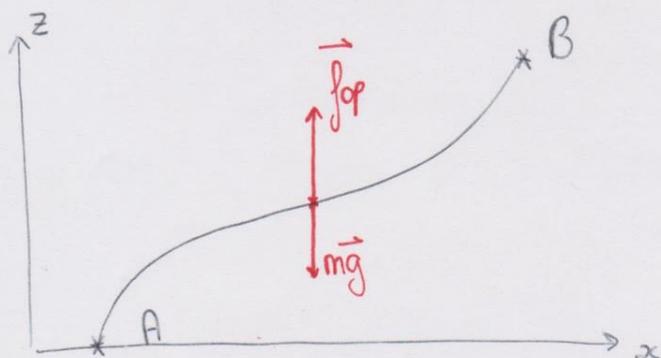
$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} = \pm \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m \vec{v}^2 \right) = \pm \frac{d}{dt} (E_c)$$

Las général.

$\hookrightarrow \delta W = P dt = \pm dE_c$. : Variable aussi pour les conservatives.

travail fait gagner
Ec si dans le même
sens que \vec{v}

- Conservatives: définissent un potentiel



déplacement infiniment lent: $m\vec{g} \approx -f_{op}$

$$W(\vec{f}) = \int_A^B \vec{f}_{op} \cdot d\vec{\ell} = \int_A^B -m\vec{g} \cdot d\vec{\ell} = -W_{poids}$$

$$\delta W_{poids} = -mg dz = -d(mgz) = -dE_p \Rightarrow \text{il fait perdre de l'énergie potentielle}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{force conservative } \delta W_c = dE_c = -dE_p \\ \text{force non conservative } \delta W_{nc} = dE_c. \end{cases}$$

Transition: Ce sont les forces qui changent l'énergie: mais Em?

B. L'énergie mécanique

$$E_m = E_c + E_p$$

$$\begin{aligned} \hookrightarrow dE_m &= dE_c + dE_p \\ &= \delta W_{nc} + \delta W_c - \delta W_c \\ &= \delta W_{nc} \end{aligned}$$

* Uniquement forces conservatives où qui ne travaillent pas ($\vec{f} \perp d\vec{l}$)

$$\hookrightarrow dE_c = 0 \Rightarrow E_c = \text{cte}$$

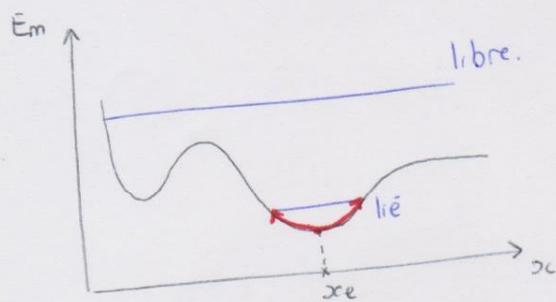
* Forces non conservatives: ces qui travaillent

$$\hookrightarrow dE_c \neq 0 \quad (\text{souvent } < 0 \text{ par frottement})$$

⚠ L'énergie ne disparaît pas: elle est cédée sans forme. transfert thermique

\hookrightarrow plaquette de freins qui chauffe au même moment (voiture intro)

\Rightarrow Conservation énergie dans les deux systèmes.



On imagine bien que si on lâche une bille elle va faire des oscillations

$$\hookrightarrow E_p(x) = E_p(x_e) + (x - x_e) \frac{\partial E_p}{\partial x} \Big|_{x_e} + \frac{1}{2} (x - x_e)^2 \frac{\partial^2 E_p}{\partial x^2} \Big|_{x_e} = 0$$

$$E_m = E_c + E_p$$

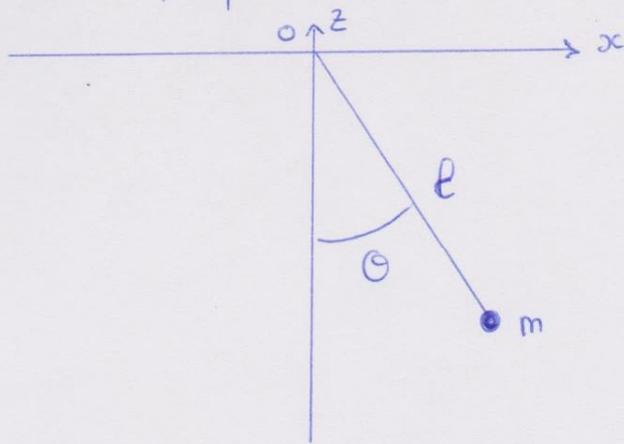
$$= \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} (x - x_e)^2 \frac{\partial^2 E_p}{\partial x^2} \Big|_{x_e} + E_p(x_e)$$

$$\frac{dE_m}{dt} = m \dot{x} \ddot{x} + (x - x_e) \dot{x} \frac{\partial^2 E_p}{\partial x^2} \Big|_{x_e} = 0$$

$= \ddot{X} + \omega^2 X = 0$: c'est le pendule qu'on connaît: faisons son étude un peu abstrait

C. Exemple du pendule

- Faire un dessin propre



• [On a déjà vu que $\ddot{\theta} + g/l \sin \theta = 0$] avec PFD projection.

- On sait que sans frottement $\Delta E_m = 0 \Leftrightarrow E_m = \text{cte}$

$$E_m = E_c + E_p$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + mgz$$

$$= \frac{1}{2} m (l \dot{\theta})^2 - mgl \cos \theta$$

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 = \frac{1}{2} m l^2 \cdot 2 \dot{\theta} \ddot{\theta} + mgl \dot{\theta} \sin \theta = 0$$

$$\Leftrightarrow m l^2 \ddot{\theta} + mgl \sin \theta = 0$$

$$\Leftrightarrow \ddot{\theta} + g/l \sin \theta = 0$$

↳ Pendule simple @ Latis Pro : montrer deux courbes 

↳ On ajoute des frottements on a bien $\Delta E_m < 0$

Transition: Avec les frottements l'énergie mécanique diminue, mais est-ce que ça veut dire que l'énergie disparaît?

Transition: On a conservation dans le laboratoire, mais c'est aussi très

important à l'échelle des planètes, en dehors de l'atmosphère pas de frottements

\Rightarrow @ facile d'avoir des systèmes conservatifs

II - Aspect microscopique

A - Le premier principe de la thermodynamique

* C'est un principe qu'on a déjà vu au lycée, qui nous dit qu'il existe un autre paramètre qui est l'énergie interne U , et qui mesure l'agitation microscopique du système

* Mayer en 1845 postule un principe qui dit que "pour un système isolé, l'énergie totale se conserve"

* Dans le cas de la voiture, on perd de l'énergie mécanique quand on freine, mais on augmente son énergie interne, cela se traduit par une augmentation de la température des freins

↳ L'énergie n'est pas perdue, elle est convertie en une autre forme!

* Dans le cas d'un système non isolé, il existe un principe, pour des systèmes fermés qui échangent de l'énergie avec l'extérieur qui dit:

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

W : travail des forces en J

Q : transfert thermique en J.

⇒ On a donc l'énergie totale d'un système qui se conserve.

↳ Pour changer l'énergie d'un système il faut qu'il échange de l'énergie avec un autre système.

B. Application à la calorimétrie

- * Le principe de la calorimétrie est qu'on utilise un calorimètre (projeté) qui est composé d'une cavité avec des parois en aluminium et des matériaux isolants pour n'avoir aucun transfert thermique
- * Ce système nous permet aussi de faire de mesure de plusieurs grandeurs physiques
- * On peut appliquer un courant électrique, en mesurant l'énergie fournie on aura: $\Delta U = V I t$
- * On peut mélanger deux systèmes et dans ce cas là $\Delta U = 0$
- * On va s'en servir pour mesurer une capacité calorifique massique.
 - ↳ c'est l'énergie nécessaire pour augmenter la température d'un composé de 1K
- * Avant toute chose il faut faire attention car le calorimètre aussi va changer de température, il a une capacité calorifique.
 - ↳ on leur donne une masse d'eau équivalente
 - ↳ en préparation on a mesuré: $m_{\text{eau}} = (\quad \pm \quad) \text{g}$ (Projeté)
- * Maintenant si on introduit de l'eau et qu'on chauffe une résistance dans l'eau, on aura

$$\Delta W = U \cdot I \cdot \Delta t = c_{\text{eau}} (m_{\text{eau}} + m_{\text{calo}}) \Delta T$$



$$\Rightarrow c_{\text{eau}} = \frac{U I \Delta t}{(m_{\text{eau}} + m_{\text{calo}}) \Delta T} = (\quad \pm \quad) \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Conclusion: On a vu que dans les systèmes conservatifs, l'énergie mécanique se conserve, et que dans les systèmes non conservatifs, l'énergie mécanique ne se conserve pas.

Mais qu'elle était convertie en une autre forme d'énergie.

↳ échauffement \Rightarrow augmentation de U