Approche énergétique en mécanique newtonienne

Position : énergie potentielle de pesanteur

Du fait de son altitude, un corps possède « en réserve » une énergie appelée « énergie potentielle gravitationnelle », liée à l'interaction gravitationnelle qui existe entre l'objet et la Terre.

Pour un objet situé au voisinage de la Terre ($g = g_0$ = cste), cette énergie est appelée **énergie potentielle de pesanteur**, E_{pp}.

$$\boldsymbol{E_{pp} = mgz}$$

!! L'AXE (OZ) EST ORIENTE VERS LE HAUT DANS CETTE RELATION !!

Rappel : Une énergie se mesure en joules

Rq : Choix de l'origine de l'axe (Oz) :
Epp dépend de z $\Rightarrow$ La position de l'origine a une importance.
La détermination d'Epp n'est pas unique : $E_{pp} = mgz + \underbrace{K}_{dépend\ de\ l'origine\ choisie}$
Pour z = 0, $K = E_{pp_0}$
Pour nous, l'origine n'aura pas d'importance, car on ne va s'intéresser qu'aux variations d'E_{pp} :
$\Delta E_{pp} = E_{pp_f} - E_{pp_i} = (mgz_f + K) - (mgz_i + K) = mgz_f - mgz_i$ *La constante disparaît.*

Rq : Il existe d'autres formes d'énergie potentielle.
Un ressort comprimé, par exemple, possède « en réserve » de l'énergie potentielle élastique :
$E_{p_{él}} = \frac{1}{2}kx^2$ *avec k la constante de raideur du ressort et x son allongement.*

Vitesse : énergie cinétique

L'énergie cinétique E_c d'un corps est due à son mouvement.

$$\boldsymbol{E_c = \frac{1}{2}mv^2}$$

Energie mécanique

On définit l'énergie mécanique macroscopique d'un objet comme la somme des énergies cinétique et potentielles de cet objet :

$$\boldsymbol{E_m = E_c + E_p}$$

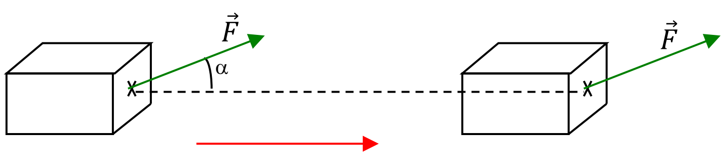
Approche énergétique du mouvement

1. Travail d'une force

Une force est constante lorsque sa valeur, sa direction et son sens ne varient pas au cours du temps.

Le travail W_{AB} d'une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace de A à B est donné par le produit scalaire :

$$\underbrace{W_{AB}(\vec{F})}_{en\ J} = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = \underbrace{F}_{N}.\underbrace{AB}_{m}.cos\alpha$$



- **Travail moteur.**

$\vec{F}$ est motrice quand elle agit dans le sens du déplacement AB.

$\alpha < 90° \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) > 0$ Travail moteur

Rq : $\alpha = 0° \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) = F.AB$ *Le travail est maximal.*

- **Travail résistant.**

$\vec{F}$ est résistante quand elle agit dans le sens opposé au déplacement AB.

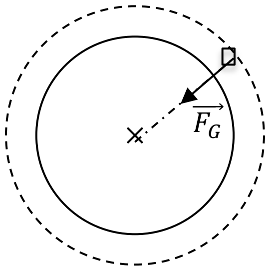
$\alpha > 90° \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) < 0$ Travail résistant

Rq : $\alpha = 180° \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) = -F.AB$ *Le travail est maximal en valeur absolue.*

- **Travail nul.**

Quand $\vec{F}$ agit perpendiculairement au déplacement AB, $\alpha = 90° \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) = 0$ Travail nul

Ex : *force de gravitation agissant sur un satellite en orbite circulaire dans le référentiel géocentrique.*



2. Force conservative vs non-conservative

D'un point de vue énergétique, on peut distinguer deux types de forces :

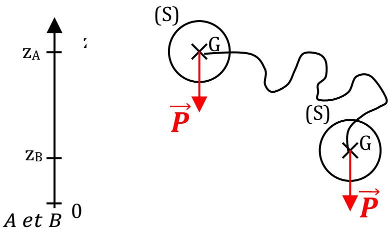
- Une force est dite conservative lorsque son travail est indépendant du chemin suivi.

Ex : *le poids.*

- Une force est dite non-conservative lorsque son travail dépend du chemin suivi.

Ex : *les forces de frottement.*

3. Transfert d'énergie macroscopique.



- **Travail du poids et énergie potentielle de pesanteur.**

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = mgz_A - mgz_B = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$\Rightarrow W_{AB}(\vec{P}) = -\underbrace{\Delta E_{pp_{A\to B}}}_{variation\ d'énergie potentielle\ de\ pesanteur\ entre\ les\ états\ A\ et\ B}$$

- **Travail des forces extérieures appliquées à un solide et énergie cinétique.**

THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE :

Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un solide entre $\begin{cases} 2\ instants\ t_A\ et\ t_B \\ 2\ états\ A\ et\ B \end{cases}$ est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au système.

$$\Delta E_{c_{A\to B}} = E_c(B) - E_c(A) = \sum_i W_{AB}(\vec{F_i})$$

- **Travail des forces extérieures appliquées à un solide et énergie mécanique.**

La variation d'énergie mécanique entre deux états A et B s'écrit :

$$\Delta E_{m_{A\to B}} = \Delta E_{c_{A\to B}} + \Delta E_{pp_{A\to B}} = \sum_i W_{AB}(\vec{F_i}) - W_{AB}(\vec{P}) = \left(\sum_i W_{AB}(\vec{F_I}) + W_{AB}(\vec{P})\right) - W_{AB}(\vec{P}) = \sum_i W_{AB}(\vec{F_i})$$

avec $\vec{F_I}$: forces extérieures appliquées au solide qui travaillent et dont le travail dépend du chemin suivi (ex : frottements)

⇒ Théorème important : CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE

Lorsqu'un solide n'est soumis qu'à des forces qui ne travaillent pas $\left(W_{AB}(\vec{F}) = 0\right)$, ou à des forces qui travaillent mais dont le travail est indépendant du chemin suivi (ex : $\vec{P}$), alors son énergie mécanique se conserve au cours du temps.

$$\boldsymbol{\Delta E_m = 0} \qquad \text{(Pas de variation)}$$

Il y a transformation d'énergie cinétique en énergie potentielle et vice-versa.

Pas de perte d'énergie vers le milieu extérieur, ni de gain d'énergie depuis le milieu extérieur.

Rq : *Le travail permet un transfert d'énergie.*