

Travail, énergie potentiel de pesanteur et énergie mécanique

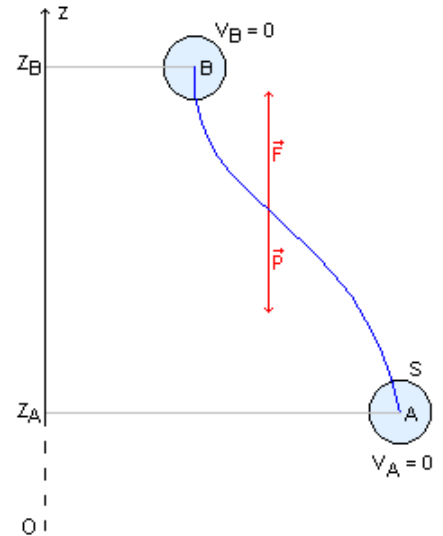
I Travail d'une force conservative, énergie potentiel de pesanteur

1) Exemple d'une force conservative

Soit un objet S passant d'une position A d'altitude z_A à une position B d'altitude z_B tel que $z_A < z_B$ sous l'action d'une force \vec{F} .

D'après le théorème de l'énergie cinétique:

$$\begin{aligned} E_c(B) - E_c(A) &= W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{F}) \\ \Rightarrow E_c(B) - E_c(A) &= m \cdot g \cdot (z_A - z_B) + W_{AB}(\vec{F}) \\ \Rightarrow 0 - 0 &= m \cdot g \cdot (z_A - z_B) + W_{AB}(\vec{F}) \\ \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) &= -m \cdot g \cdot (z_A - z_B) \\ \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) &= m \cdot g \cdot (z_B - z_A) \end{aligned}$$



Le travail de la force \vec{F} peut être exprimé **en fonction de la quantité mgz**.

Le travail du poids ne dépend que des altitudes de départ et d'arrivée, il ne dépend pas du chemin suivi par le système. On parle dans ce cas de force conservative.

2) Définition de l'énergie potentiel de pesanteur

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide S de masse m situé à l'altitude z est l'énergie qu'il possède du fait de son interaction avec la Terre. La valeur de cette énergie dépend de la position du solide. Si cette position est définie par l'abscisse z de son centre d'inertie sur un axe orienté vers le haut alors :

$$E_{pp}(z) = mgz + \text{constante}$$

- Par convention $E_{pp}=0$ pour $z=0$ (normalement au sol), mais il est possible de choisir le niveau de référence pour l'énergie potentielle ($E_{pp}=0$) à une altitude quelconque.

3. Propriétés

- L'énergie potentielle de pesanteur augmente avec l'altitude.
- Le travail du poids sur un trajet AB est égal à l'opposé de la variation d'énergie potentielle entre les points A et B, en effet:

$$\begin{aligned} \Delta E_{pp}(AB) &= E_{pp}(B) - E_{pp}(A) & \Rightarrow \Delta E_{pp}(AB) &= m \cdot g \cdot z_B - m \cdot g \cdot z_A \\ & & \Rightarrow \Delta E_{pp}(AB) &= m \cdot g \cdot (z_B - z_A) \\ & & \Rightarrow \Delta E_{pp}(AB) &= -m \cdot g \cdot (z_A - z_B) \\ & & \Rightarrow \Delta E_{pp}(AB) &= -W_{AB}(\vec{P}) \end{aligned}$$

II Travail d'une force non conservative : exemple de la force de frottement fluide ou solide

Lorsqu'un solide se déplace dans un fluide ou sur un support solide, il subit des forces de frottement appelées respectivement force de frottement fluide et force de frottement solide. La direction de ces forces est parallèle à la direction du vecteur vitesse, le sens est opposé à celui du mouvement. La norme des forces de frottements fluides est d'autant plus grande que la vitesse est élevée.

Lors d'un déplacement rectiligne de longueur AB, le travail de la force de frottement :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos(\vec{F}, \vec{AB}), \text{ or la force de frottement est parallèle au déplacement mais de sens opposé, donc l'angle } (\vec{F}, \vec{AB}) = 180^\circ, \text{ et donc } W_{AB}(\vec{F}) = -F \times AB$$

Ce travail est résistant.

Le travail de la force de frottement dépend du chemin suivi. On parle dans ce cas de force non conservative.

II. Transformations d'énergie

1. Chute libre

Soit un objet en chute libre d'un point A vers un point B. L'objet est soumis uniquement à son poids et d'après le théorème de l'énergie cinétique:

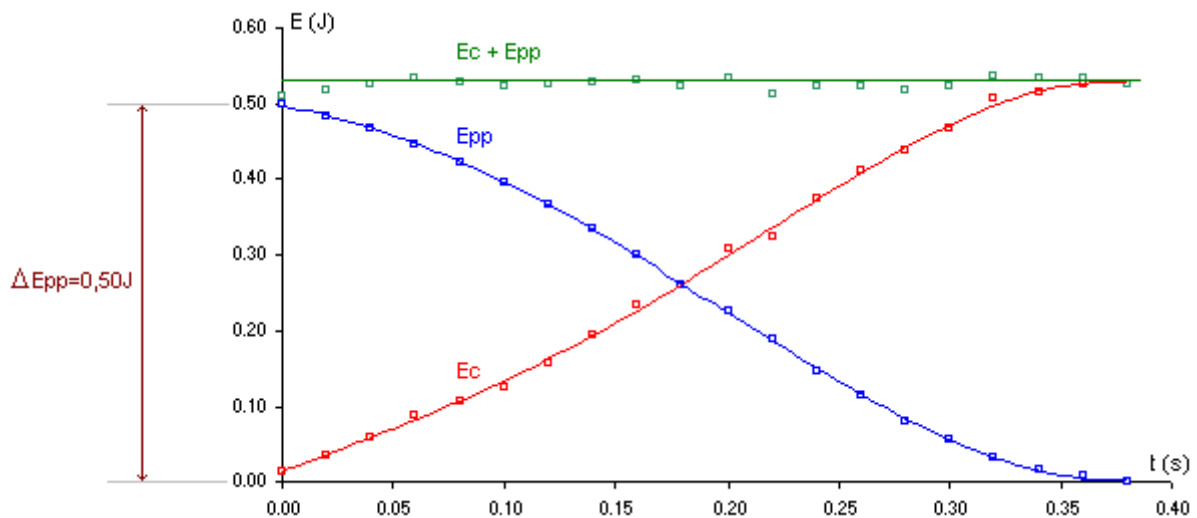
$$\begin{aligned} E_c(B) - E_c(A) &= W_{AB}(\vec{P}) \quad \Rightarrow E_c(B) - E_c(A) = m.g.(z_A - z_B) \\ &\Rightarrow E_c(B) - E_c(A) = m.g.z_A - m.g.z_B \\ &\Rightarrow E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B) \\ &\Rightarrow E_c(A) + E_{pp}(A) = E_c(B) + E_{pp}(B) \end{aligned}$$

Conclusion: la somme $E_c + E_{pp}$ ($\frac{1}{2}.m.V^2 + m.g.z$) ne dépend pas de la position, elle garde toujours la même valeur.

$$E_c + E_{pp} = \text{constante}$$

On dit que la somme $E_c + E_{pp}$ **se conserve**.

On dit qu'au cours de la chute l'énergie potentielle de pesanteur du solide se transforme en énergie cinétique.



2. Généralisation : conservation de l'énergie mécanique

Lorsqu'un solide se déplace et que toutes les forces extérieures qui lui sont appliquées, **à l'exception du poids, effectuent un travail nul, la somme $E_c + E_{pp}$ est constante.**

Remarque: la somme $E_c + E_{pp}$ est appelée énergie mécanique. On dit que **l'énergie mécanique se conserve**.

3. Non conservation de l'énergie mécanique

Lorsqu'un système est soumis à des forces non conservatives qui travaillent, alors son énergie mécanique ne se conserve pas. On peut écrire :

$$\Delta E_m (A \rightarrow B) = E_m(B) - E_m(A) = \sum W_{AB}(\vec{F}_{nc})$$

avec $\sum W(F_{nc})$: la somme des travaux des forces non conservatives s'appliquant sur le système (frottements par exemple).

Dans le cas où l'énergie mécanique d'un système ne se conserve pas, alors l'énergie cinétique du système est partiellement convertie en énergie potentielle et inversement :