

Travail , énergie potentielle de pesanteur , énergie mécanique

I. Energie potentielle de pesanteur :

1) Notion d'énergie potentielle de pesanteur :

On a étudié une forme d'énergie, c'est l'énergie cinétique que possède un corps matériel du fait de son mouvement, nous allons voir dans cette leçon une autre forme d'énergie : c'est l'énergie potentielle de pesanteur.

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est une énergie qu'il possède dans le champ de pesanteur grâce à sa position par rapport à la terre.

2) Expression de l'énergie potentielle de pesanteur :

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide de masse m est donnée par la relation suivante:

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z + C$$

E_{pp} : énergie potentielle de pesanteur en (J)

g : l'intensité de pesanteur en (N/kg)

C : constante qui se détermine à partir de l'état de référence.

z : l'altitude du centre de gravité du corps en (m).

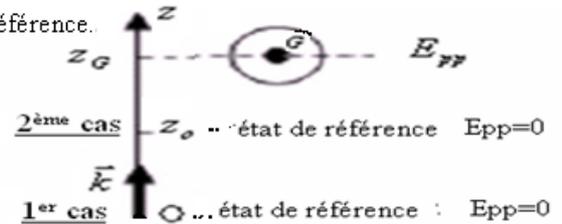
Par convention l'énergie potentielle d'un solide est nulle au niveau pris comme état de référence.

1^{er} cas : si l'état de référence est $E_{pp}=0$ lorsque $z=0$

$$0 = m \cdot g \cdot 0 + C \quad \text{donc} \quad C=0 \quad \text{dans ce cas} \quad E_{pp} = m \cdot g \cdot z$$

2^{ème} cas : si l'état de référence est $E_{pp}=0$ lorsque $z=z_0$

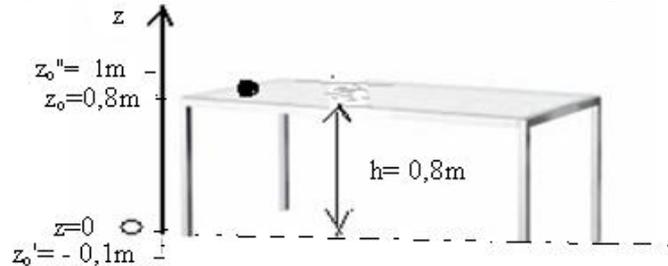
$$0 = m \cdot g \cdot z_0 + C \quad \text{donc} \quad C = -m \cdot g \cdot z_0 \quad \text{dans ce cas} \quad E_{pp} = m \cdot g \cdot (z - z_0)$$



Remarque. - l'énergie potentielle est une valeur algébrique.

-La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps dépend du choix de l'état de référence

Exemple : Un corps ponctuel de masse $m = 2g$, posé sur une table de hauteur $h = 0,8m$ comme l'indique la figure suivante :



Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du corps dans chacun des cas suivants :

- Etat de référence : $E_{pp}=0$ lorsque $z=0$
- Etat de référence : $E_{pp}=0$ lorsque $z_0=0,8m$
- Etat de référence : $E_{pp}=0$ lorsque $z_0' = -0,1m$
- Etat de référence : $E_{pp}=0$ lorsque $z_0'' = 1m$.

On a : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z + C$

a) Pour $E_{pp}=0$ lorsque $z=0$, $C=0$ donc : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z_G = 2 \cdot 10^{-3} \times 10 \times 0,8 = 0,016J$

b) Pour $E_{pp}=0$ lorsque $z_0=0,8m$, $E_{pp} = m \cdot g \cdot z_0 + C$ d'où : $C = m \cdot g \cdot z_0$ donc : $E_{pp} = m \cdot g \cdot (z_G - z_0) = 2 \cdot 10^{-3} \times 10(0,8 - 0,8) = 0$

c) Pour $E_{pp}=0$ lorsque $z_0' = -0,1m$, $E_{pp} = m \cdot g \cdot z_0' + C$ d'où : $C = m \cdot g \cdot z_0'$ donc : $E_{pp} = m \cdot g \cdot (z_G - z_0') = 2 \cdot 10^{-3} \times 10[0,8 - (-0,1)] = 0,018J$

d) Pour $E_{pp}=0$ lorsque $z_0'' = 1m$, $E_{pp} = m \cdot g \cdot z_0'' + C$ d'où : $C = m \cdot g \cdot z_0''$ donc : $E_{pp} = m \cdot g \cdot (z_G - z_0'') = 2 \cdot 10^{-3} \times 10[0,8 - 1] = -0,004J$

Conclusion : L'énergie potentielle d'un corps de masse m dont le centre de gravité est situé à l'altitude z_G : $E_{pp} = m \cdot g \cdot (z_G - z_{réf})$

3) Variation de l'énergie potentielle de pesanteur :

La variation de son énergie de potentielle : $\Delta E_{pp} = E_{pp(finale)} - E_{pp(initiale)}$

Lorsqu'un corps se déplace de la position G_1 à la position G_2 , la variation de son énergie de potentielle :

$$\Delta E_{pp} = E_{pp2} - E_{pp1} = m \cdot g \cdot (z_2 - z_1) \quad (1)$$

Or nous savons que le travail du poids d'un corps durant le déplacement de G_1 à G_2 :

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}^{\vec{P}} = m \cdot g \cdot (z_1 - z_2) \quad (2)$$

D'après (1) et (2) on déduit que:

$$\Delta E_{pp} = -W_{G_1 \rightarrow G_2}^{\vec{P}}$$

pour : $\Delta E_{pp} > 0$, $z_2 - z_1 > 0$ Le corps gagne de l'énergie potentielle au cours de sa montée.

pour : $\Delta E_{pp} < 0$, $z_2 - z_1 < 0$ Le corps perd de l'énergie potentielle au cours de sa descente.

II- Energie mécanique :

1) Définition :

L'énergie mécanique d'un corps solide à un instant donné est la somme de son énergie cinétique et son énergie potentielle de pesanteur à cet instant.

$$E_M = E_c + E_{pp}$$

E_M : énergie mécanique en (J)

E_c : énergie cinétique en (J)

E_{pp} : énergie potentielle de pesanteur en (J)

2) Conservation de l'énergie mécanique :

a) Cas d'un corps en chute libre:

On considère un corps solide de masse m en chute libre sous l'action de son poids.

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le corps entre les positions G_1 et G_2 :

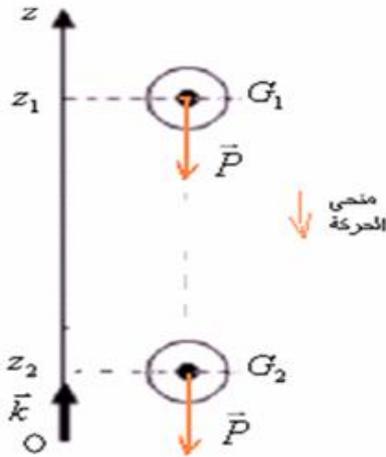
$$\Delta E_{C_{G \rightarrow G}} = \sum W \vec{F}_{G \rightarrow G} \quad \text{le corps en chute libre est soumis uniquement à l'action de son poids, donc} \quad \Delta E_{C_{G \rightarrow G}} = W \vec{P}_{G \rightarrow G}$$

$$\text{d'où :} \quad \Delta E_{C_{G_1 \rightarrow G_2}} = m \cdot g (z_1 - z_2) \quad (1)$$

$$\text{L'énergie potentielle de pesanteur du corps dans la position } G_1: \quad E_{pp1} = m \cdot g \cdot z_1 + C$$

$$\text{et, l'énergie potentielle de pesanteur du corps dans la position } G_2: \quad E_{pp2} = m \cdot g \cdot z_2 + C$$

Donc la variation de l'énergie potentielle du corps entre G_1 et G_2 est:



$$\begin{aligned} \Delta E_{pp} &= E_{pp2} - E_{pp1} = (m \cdot g \cdot z_2 + C) - (m \cdot g \cdot z_1 + C) \\ &= m \cdot g \cdot z_2 + C - m \cdot g \cdot z_1 - C \\ &= m \cdot g \cdot z_2 - m \cdot g \cdot z_1 \\ \Delta E_{pp} &= m \cdot g \cdot (z_2 - z_1) \quad (2) \end{aligned}$$

d'après (1) et (2) on a :

$$\begin{aligned} \Delta E_{C_{G_1 \rightarrow G_2}} &= -\Delta E_{pp_{G_1 \rightarrow G_2}} \\ \text{d'où} \quad E_{C2} - E_{C1} &= -(E_{pp2} - E_{pp1}) \\ E_{C2} - E_{C1} &= E_{pp1} - E_{pp2} \\ E_{C2} + E_{pp2} &= E_{C1} + E_{pp1} \\ E_{m2} &= E_{m1} \end{aligned}$$

Donc il y'a conservation de l'énergie mécanique du corps entre les positions G_1 et G_2 .

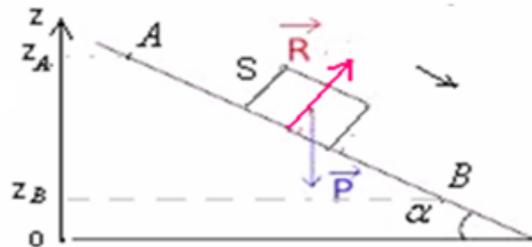
b) Cas de glissement d'un corps solide sans frottement sur un plan incliné :

On considère un corps solide en état de glissement sans frottement sur un plan incliné comme l'indique la figure suivante:

Le corps est soumis à l'action de deux forces:

\vec{P} : son poids.

et \vec{R} : la réaction du plan incliné.



En appliquant le théorème de l'énergie cinétique sur le corps entre les positions A et B:

$$\Delta E_{C_{A \rightarrow B}} = \sum W \vec{F}_{A \rightarrow B}$$

$$\Delta E_{C_{A \rightarrow B}} = W \vec{P}_{A \rightarrow B} + W \vec{R}_{A \rightarrow B} \quad \text{et on a:} \quad W \vec{R}_{A \rightarrow B} = 0$$

$$\text{donc:} \quad \Delta E_{C_{A \rightarrow B}} = W \vec{P}_{A \rightarrow B}$$

$$\text{or:} \quad \Delta E_{pp_{A \rightarrow B}} = -W \vec{P}_{A \rightarrow B}$$

$$\text{donc:} \quad \Delta E_{C_{A \rightarrow B}} = -\Delta E_{pp_{A \rightarrow B}}$$

$$\Rightarrow E_{C(B)} - E_{C(A)} = E_{pp(A)} - E_{pp(B)}$$

$$E_{C(B)} + E_{pp(B)} = E_{C(A)} + E_{pp(A)}$$

$$E_{m(B)} = E_{m(A)}$$

Donc il y'a conservation de l'énergie mécanique du corps entre A et B.

On dit que le poids est une force conservative, car malgré que le poids travaille au cours du mouvement il y'a conservation de l'énergie mécanique.

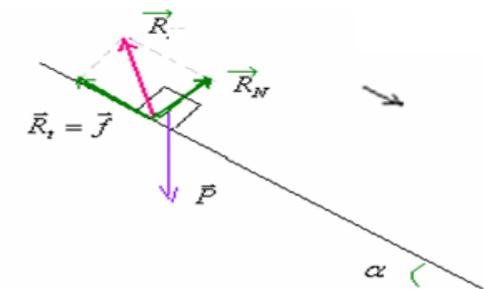
3) Cas où il n'y'a pas conservation de l'énergie mécanique :

Le mouvement d'un corps solide avec frottement sur un plan incliné

Le corps est soumis à l'action de deux forces:

\vec{P} : son poids.

et \vec{R} : la réaction du plan incliné.



$$\Delta E_{C_{A \rightarrow B}} = \sum W \vec{F}_{A \rightarrow B} \Rightarrow \Delta E_C = W \vec{P}_{A \rightarrow B} + W \vec{R}_{A \rightarrow B} \quad \text{dans ce cas le travail de la réaction du plan n'est pas nul.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W \vec{R}_{A \rightarrow B} = \overset{0}{W \vec{R}_N}_{A \rightarrow B} + W \vec{f}_{A \rightarrow B} = W \vec{f}_{A \rightarrow B} \\ W \vec{P}_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{PP}_{A \rightarrow B} \end{array} \right. \quad \text{donc} \quad \Delta E_C = -\Delta E_{PP}_{A \rightarrow B} + W \vec{f}_{A \rightarrow B} \Rightarrow \underbrace{\Delta E_C + \Delta E_{PP}_{A \rightarrow B}}_{\Delta E_m} = W \vec{f}_{A \rightarrow B}$$

donc $\boxed{\Delta E_m = W \vec{f}_{A \rightarrow B}}$

Interprétation: Les forces de frottements ne sont pas conservatives car à cause de leur travail l'énergie mécanique du système diminue, cette diminution est due à une perte d'une partie de l'énergie mécanique par frottement sous forme d'énergie calorifique (chaleur).

$$\Delta E_m = W \vec{f} = -Q$$

..... SBIRO Abdelkrim