

Chapitre 4 et 5 : Travail et énergie potentielle de pesanteur - énergie mécanique (12h-14h*).

S.P: L'eau de barrage emmagasine une grande quantité d'énergie pouvant être exploitée pour produire de l'électricité. Cette énergie est appelée : **énergie potentielle de pesanteur**.



Qu'est-ce que l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps solide ?

Quelle est son expression mathématique ? Et comment est-elle exploitée ?

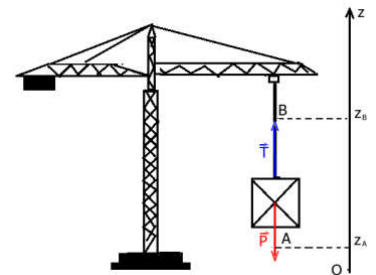
I. Énergie potentielle de pesanteur.

1. Mise en évidence de l'énergie potentielle de pesanteur.

Activité:

✓ En appliquant le théorème d'énergie cinétique, calculer le travail de la tension de câble pour soulever la charge de masse m du point A d'altitude z_A au point B d'altitude z_B .

- En supposant que la montée se fait lentement, d'après le T.E.C :



$$\Delta E_C = 0 \Rightarrow W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{T}) = 0$$

$$W_{AB}(\vec{T}) = -W_{AB}(\vec{P})$$

$$W_{AB}(\vec{T}) = mgz_B - mgz_A$$

Conclusion :

Lorsque une grue soulève une charge par un câble de $A(z_A)$ à $B(z_B)$, la tension du câble \vec{T} effectue un travail $W_{AB}(\vec{T}) = mgz_B - mgz_A$ qui transmet à la charge de l'énergie qui dépend de sa masse et de son altitude $h = z_B - z_A$. Cette énergie s'appelle **énergie potentielle de pesanteur**.

2. Définition.

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est l'énergie que possède un solide du fait de sa position par rapport à la Terre. Elle résulte de l'interaction gravitationnelle entre le solide et la terre. Elle est notée E_{pp} . Cette énergie s'exprime en joule (J).

3. L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur.

Au voisinage de la Terre, l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide de masse m est définie par : **$E_{pp} = m \cdot g \cdot z + Cte$** avec l'axe Oz vertical et orienté vers le haut,

E_{pp} énergie potentielle de pesanteur du centre de gravité du système en J ;

m : masse du système en kg ;

g : intensité du champ de pesanteur en $N \cdot kg^{-1}$;

z : altitude du centre de gravité en m.

Par convention $E_{pp}=0$ pour $z=0$ (normalement au sol) donc $Cte=0$: $E_{pp} = m \cdot g \cdot z$

- Il est possible de choisir le niveau de référence pour l'énergie potentielle ($E_{pp}=0$) à une altitude quelconque.

- L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide dépend de son altitude z , c'est à dire de sa position par rapport à la Terre. Elle est due à l'interaction du solide avec la Terre.

Remarque important:

Orientation d'axe \vec{Oz}	Vers le haut	Vers le bas
Expression de E_{pp}	$E_{pp} = mg(z - z_{ref})$.	$E_{pp} = -mg(z - z_{ref})$.

z_{ref} : l'altitude du point où on a choisi l'état de référence de E_{pp} .

4. Propriétés de l'énergie potentielle de pesanteur.

a. La variation de l'énergie potentielle de pesanteur.

l'expression de la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre état initial (A) et l'état final (B) est : $\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A)$ « voir démonstration ex 1 ».

b. Relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide et le travail de son poids .

Dans le cas où l'axe \vec{Oz} est orienté vers le haut la variation de l'énergie potentielle de pesanteur est : $\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A)$ et le travail de poids entre A et B est : $W_{AB} = mgh$ avec $h = z_A - z_B$ donc : $W_{AB} = mg(z_A - z_B)$

$$\text{Enfin : } \Delta E_{pp} = - W_{AB}(\vec{P})$$

Exercice N° 1:

Un parachutiste de masse 70kg est largué à 1500m d'altitude et attirée sur le sol , au niveau de la mer . Donnée : L'axe \vec{Oz} est orienté vers le haut L'intensité de pesanteur : $g = 9,80 \text{ N/kg}$.

1. Donner l'expression de l'énergie potentielle en choisissant les états de référence suivantes :

- Le niveau du sol.
- le niveau de l'avion.

2. Calculer la variation de l'énergie de potentielle ΔE_{pp} dans chacun des états de référence choisi dans la 2ème question (1-b) .

II. Énergie mécanique.

1. notion d'énergie.

La notion d'énergie est une notion fondamentale de la physique. Bien que le terme « énergie » soit utilisé couramment, on constate qu'il est difficile de définir la notion d'énergie.

Voici les principales propriétés de l'énergie :

- elle dépend de l'état du système ;
- elle peut apparaître sous différentes formes ;
- elle ne peut être ni créée ni détruite, elle se conserve.

La dernière propriété est un principe fondamental de la physique.

En mécanique, l'énergie d'un système change de forme ou est transférée d'un corps du système à un autre lorsqu'une force effectue un travail. Le travail est un mode de transfert d'énergie.

2. Définition d'énergie mécanique.

L'énergie mécanique d'un objet est liée à la position et au mouvement de l'objet. C'est la somme de son énergie potentielle et de son énergie cinétique.

$$E_{\text{mécanique}} = E_{\text{cinétique}} + E_{\text{potentielle}}$$

3. expression d'énergie mécanique.

a. cas de mouvement de translation.

$$E_m = \frac{1}{2} m. v^2 + m. g. z + \text{Cte}$$

b. cas de mouvement de rotation.

$$E_m = \frac{1}{2} J_{\Delta}. \omega^2 + m. g. z + \text{Cte}$$

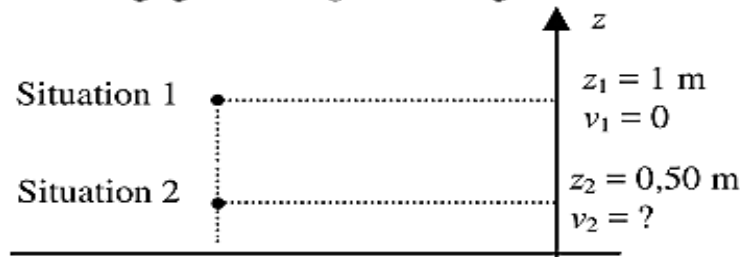
4. Conservation de l'énergie mécanique.

Lorsqu'un objet n'est soumis qu'à son poids et que les frottements sont négligeables, alors l'énergie mécanique reste constante tout au long du mouvement. On dit qu'elle se conserve.

Ceci signifie que, dans cette situation, si on connaît l'énergie mécanique d'un système à un moment donné, on peut connaître à tout moment sa vitesse si on connaît son altitude et réciproquement.

Exemple:

On laisse tomber un objet de masse $m = 1,0 \text{ kg}$ d'une altitude de 1 m . Quelle est sa vitesse lorsqu'il se trouve à $0,5 \text{ m}$ d'altitude ? Les frottements sont considérés comme négligeables et $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$



Comme cet objet n'est soumis qu'à son poids et qu'on néglige les frottements, alors l'énergie mécanique se conserve : $E_{M1} = E_{M2}$

$$0,5 \times m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot z_1 = 0,5 \times m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot z_2$$

On simplifie tout les termes de chaque membre de l'équation par m et on isole v_2 avec un calcul littéral :

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2 \cdot g \cdot z_1 - 2 \cdot g \cdot z_2}$$

$$v_2 \approx 3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

5. frottement-énergie thermique Q.

Des forces de frottement apparaissent sur un système dès qu'il y a déplacement dans un fluide ou qu'il y a contact avec un solide.

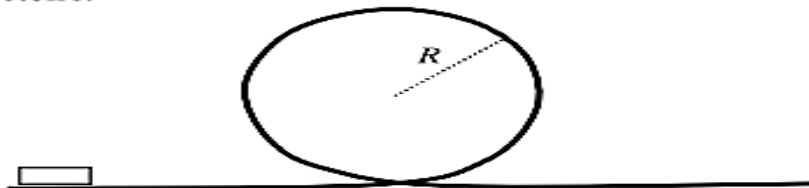
Lors d'un mouvement, les forces de frottement transforment une partie de l'énergie mécanique du système en énergie thermique : les frottements sont responsables d'échauffement.

Si les frottements ne sont pas négligeables, alors le système perd peu à peu de l'énergie mécanique. Celle-ci est convertie en énergie thermique

$$\Delta E_m = -Q^{(*)}$$

Exercice N° 2:

Une attraction foraine est constituée d'un rail comportant une boucle circulaire de rayon R . Un palet de masse m peut glisser sans frottement sur le rail. Le palet peut effectuer une boucle si sa vitesse au sommet est supérieure à $\sqrt{R \cdot g}$. L'origine de l'altitude est prise au niveau le plus bas de la trajectoire.



1. Quelle est l'expression générale de l'énergie mécanique du palet ?
 2. Pourquoi l'énergie mécanique est-elle constante ?
 3. Avec quelle vitesse minimale doit-on lancer le palet sur la partie horizontale du rail afin qu'il effectue une boucle ?
- Calculer cette vitesse pour $R = 1 \text{ m}$ et $m = 150 \text{ g}$. On prendra $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$