

Chap 11 : ASPECT ENERGETIQUE DES PHENOMENES MECANQUES

1. Le théorème de l'énergie cinétique (Voir cours fait par ma remplaçante)

2. L'énergie mécanique – transferts énergétiques

2.1. Forces conservatives ou non conservatives

Dans le cas des études énergétiques, il est utile de séparer les forces en deux catégories : les forces conservatives et les forces non conservatives. Elles n'ont pas la même influence sur l'énergie totale du système.

Force conservative : Une force est dite conservative si son travail ne dépend que des positions initiale et finale A et B et ne dépend pas de la trajectoire suivie entre A et B.

Force non conservative : Une force est non conservative si son travail dépend du trajet suivi.

On peut démontrer que le travail d'une force constante au cours d'un mouvement (même valeur, sens et direction) ne dépend que des positions initiale et finale du système et ne dépend pas de la trajectoire du système. Ainsi, les forces constantes sont des forces conservatives.

Cas du poids :

Le poids est une force constante dans le référentiel terrestre (vertical, vers le bas, valeur : $m \times g$).

Le poids est une force conservative

Le travail du poids ne dépend pas du trajet entre A et B, il ne dépend que des altitudes z_A et z_B .

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \times (z_A - z_B) = m \times g \times (z_A - z_B) = m g z_A - m g z_B$$

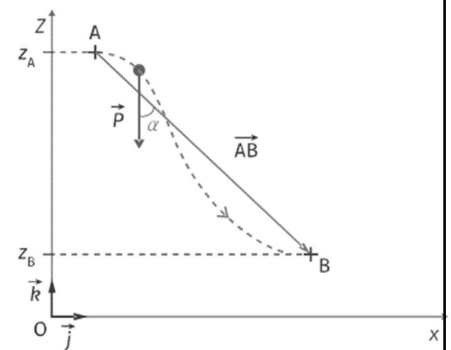
Avec P : intensité du poids (en N)

m : masse du système en kg

g = intensité de la pesanteur (en $N \cdot kg^{-1}$)

z_A et z_B les altitudes du système par rapport à une altitude de référence (en m) **Attention axe d'altitude orienté vers le haut !!!**

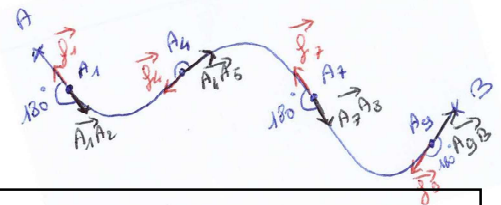
$W_{AB}(\vec{P})$ le travail du poids (en J)



Cas des frottements :

Les frottements sont représentés par un vecteur dont la direction est celle du déplacement.

Ce n'est pas un vecteur constant, il dépend de la trajectoire.



Les frottements sont une force non conservative.

Expression du travail des frottements résistants.

Les frottements résistants sont les frottements qui s'opposent au mouvement (frottement de l'air par exemple).

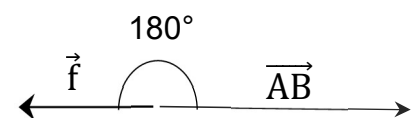
A chaque instant, les vecteurs force et déplacement font un angle de 180° entre eux.

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = f \times AB \times \cos(180) = - f \times AB$$

Avec f : intensité de la force de frottement (en N)

AB : longueur totale du déplacement réel de A jusqu'à B (en m)

$W_{AB}(\vec{f})$ le travail des frottements (en J)



2.2. Energie mécanique du système

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et des énergies potentielles du système.

Expression de l'énergie mécanique

$$E_m = E_c + E_p$$

Avec E_c : énergie cinétique (en Joules : J)
 E_p : énergie potentielle (en J)
 E_m : énergie mécanique (en J)

Energie cinétique : Un système en mouvement dans un référentiel possède une énergie due à son déplacement nommée **l'énergie cinétique** qui augmente avec la masse et la vitesse du système.

Expression de l'énergie cinétique

$$E_c = \frac{1}{2} m \times v^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

Avec : E_c : énergie cinétique du système (en Joule J)
 m : masse du système (en kg)
 v : vitesse du système dans le référentiel d'étude (en $m \cdot s^{-1}$)

Energie potentielle :

Une énergie potentielle est associée à une force conservative, le poids est une force conservative, on lui associe l'énergie potentielle de pesanteur. Cette année, la seule énergie potentielle rencontrée est l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} , il en existe d'autres.

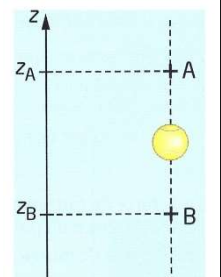
L'énergie potentielle de pesanteur du système est une énergie due à sa position, plus particulièrement à son altitude. Elle augmente avec l'altitude du système.

Plus un objet s'élève, plus il emmagasine de l'énergie qu'il pourra ensuite potentiellement restituer sous une autre forme, de l'énergie cinétique la plupart du temps, d'où le terme "potentielle", c'est de l'énergie en réserve.

Expression de l'énergie potentielle de pesanteur

$$E_{pp} = m \times g \times z = mgz$$

Avec E_{pp} : énergie potentielle du système (en Joule J)
 m : masse du système (en kg)
 g : intensité de la pesanteur en ($N \cdot kg^{-1}$)
 z : l'altitude du système mesurée par rapport à une origine et selon sur un axe vertical orienté vers le haut (en m)



Lorsqu'un objet s'élève, son altitude z augmente, son énergie potentielle de pesanteur E_{pp} augmente
Lorsqu'un objet descend, son altitude z diminue, son énergie potentielle de pesanteur E_{pp} diminue

Lien entre travail du poids et énergie potentielle de pesanteur :

$$W_{AB}(\vec{P}) = m g z_A - m g z_B$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{ppA} - E_{ppB}$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta E_{ppA \rightarrow B}$$

Le travail du poids entre deux points est l'opposé de la variation d'énergie potentielle

- Si le système monte, le travail du poids est résistant (négatif : le poids ne favorise pas ce déplacement), et l'énergie potentielle du système augmente (variation d' E_{pp} positive), le système acquiert de l'énergie potentielle.
- Et vice-versa s'il descend.

2.3. Conservation ou non conservation de l'énergie mécanique

Propriétés :

- A. Lorsqu'un système est soumis uniquement à des **forces conservatives et à des forces dont le travail est nul** (force perpendiculaire au déplacement), **son énergie mécanique** est constante : elle **se conserve**. Cette année, la seule force conservative étudiée est le poids.

**Si le bilan des forces est \vec{P} seul (chute libre) ou \vec{P} et des $\vec{F}_{perpendiculaire}$. au mvt
Le bilan des forces ne comporte pas de force non conservative, on a**

$$E_{m_A} = E_{m_B} = cste \quad \text{soit} \quad \Delta E_{m_{A \rightarrow B}} = E_{m_B} - E_{m_A} = 0$$

Cette propriété s'applique, entre autres, dans les cas suivants :

Chute libre

Plan incliné sans frottement

Pendule simple sans frottement

- B. Si le bilan des forces comporte **des forces non conservatives**, **son énergie mécanique** varie, elle **ne se conserve pas**.
La variation de l'énergie mécanique est alors égale au travail des forces non conservatives.

Si le bilan des forces comporte des forces non conservatives (\vec{F}_{NC}) on a

$$\Delta E_{m_{A \rightarrow B}} = E_{m_B} - E_{m_A} = \sum W_{AB}(\vec{F}_{NC})$$

Cette propriété s'applique, entre autres, dans les cas suivants :

Mouvement avec frottement résistant

Mouvement avec force motrice

Application : à rédiger sur une feuille séparée

- Un enfant lance verticalement depuis une altitude de 1,0 m, vers le haut, une balle de 30g avec une vitesse initiale $v_0 = 5 \text{ m.s}^{-1}$. En l'absence de frottements, déterminer l'altitude maximale atteinte par la balle et sa vitesse lorsqu'elle retombe sur le sol.
- Toujours sans frottements, que se passe-t-il si l'enfant fait la même chose avec une balle deux fois plus lourde ?
- En réalité la balle de 30 g atteint seulement l'altitude de 2,0 m. Évaluer la valeur de la force de frottement de l'air sur la balle, supposée constante pendant la montée.
- A quelle vitesse la balle touchera-t-elle le sol en supposant que les frottements gardent toujours cette intensité pendant la descente ?
- La masse joue-t-elle un rôle en présence de frottements ?