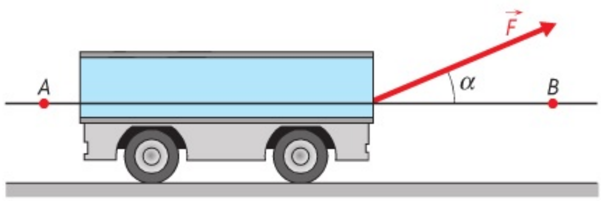
CHAPITRE 9 : ENERGIE MECANIQUE

1 Travail d'une force

1.1 Définition

Le travail d'une force $\overrightarrow{F}$ pour un objet se déplaçant d'un point A vers un point B se note $W_{AB}(\overrightarrow{F})$. Il a la même unité que l'énergie et s'exprime en joules (J).

Si on considère un solide se déplaçant de A à B sous l'action d'une force $\overrightarrow{F}$.



Le travail de cette force constante $\overrightarrow{F}$ correspond au produit scalaire du vecteur force $\overrightarrow{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$. Il a pour expression :

Travail d'une force et produit scalaire

$$\boldsymbol{W_{AB}(\overrightarrow{F}) = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{AB}}$$

Si l'angle entre les deux vecteurs force $\overrightarrow{F}$ et déplacement $\overrightarrow{AB}$ est α alors l'expression précédente devient :

Travail d'une force

$$\boldsymbol{W_{AB}(\overrightarrow{F}) = F \times AB \times cos\alpha}$$

- $W_{AB}(\overrightarrow{F})$: travail de la force (J)
- F : valeur de la force (N)
- AB : distance entre A et B (m)
- α : angle entre $\overrightarrow{F}$ et $\overrightarrow{AB}$ (rad)

> **Remarque** : Si les deux vecteurs force $\overrightarrow{F}$ et déplacement $\overrightarrow{AB}$ sont colinéaires (même direction et même sens) alors $\alpha = 0$. Donc $cos\alpha = 1$ et l'expression du travail de la force constante est : $W_{AB}(\overrightarrow{F}) = F \times AB$

1.2 Forces dont le travail est nul

Toute force perpendiculaire à la trajectoire à un travail nul. En effet, dans ce cas, l'angle α entre les deux vecteurs force $\overrightarrow{F}$ et déplacement $\overrightarrow{AB}$ est de 90°. Alors $cos\alpha = 0$ et $W_{AB}(\overrightarrow{F}) = 0$.

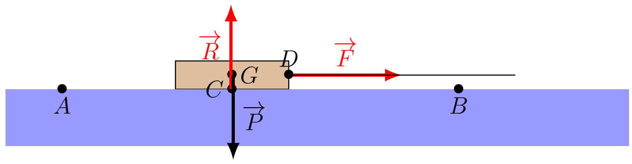
Exemple : Objet que l'on déplace par l'intermédiaire d'un fil d'un point A vers un point B sur une surface plane et sans frottement.

Le système choisit est l'objet. Les forces qui s'exercent sur l'objet sont :

— La force exercée par la surface sur l'objet. Cette force est notée $\overrightarrow{R}$.

— La force exercée par la Terre sur l'objet. Cette force correspond au poids, notée $\overrightarrow{P}$

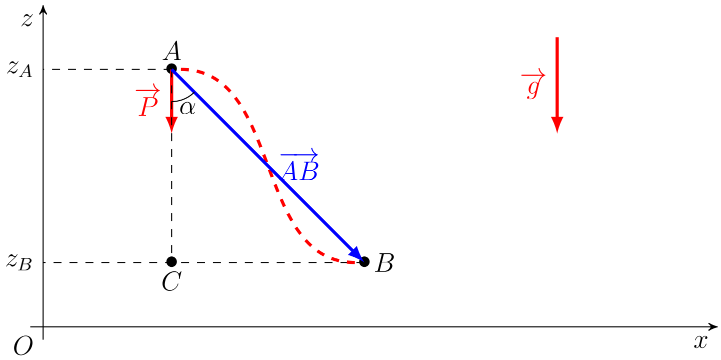
— La force exercée par le fil sur l'objet. Cette force est notée $\overrightarrow{F}$



Le poids $\overrightarrow{P}$ et la force $\overrightarrow{R}$ sont des forces perpendiculaires au vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$ donc le travail de ces forces est nul. ($W_{AB}(\overrightarrow{R}) = W_{AB}(\overrightarrow{P}) = 0$)

2 Travail du poids

On considère le mouvement d'un objet de masse m se déplaçant dans un champ de pesanteur $\overrightarrow{g}$ d'un point A à un point B. Cet objet est donc soumis à une seule force : le poids $\overrightarrow{P}$.



Le travail du poids a pour expression :

$$W_{AB}(\overrightarrow{P}) = \overrightarrow{P} \cdot \overrightarrow{AB} = P \times AB \times cos\alpha$$

$$or \quad cos\alpha = \frac{AC}{AB} = \frac{(z_A - z_B)}{AB}$$

$$d'où \quad W_{AB}(\overrightarrow{P}) = P \times AB \times \frac{(z_A - z_B)}{AB} = P(z_A - z_B) = mg(z_A - z_B)$$

Ainsi le travail du poids est indépendant du trajet parcouru entre A et B : il ne dépend que de la différence des altitudes. Il a pour expression :

Travail du poids

$$\boldsymbol{W_{AB}(\overrightarrow{P}) = mg\,(z_A - z_B)}$$

— $W_{AB}(\overrightarrow{P})$: Travail du poids (J)

— m : masse de l'objet (kg)

— g : intensité de la pesanteur ($m.s^{-2}$)

— z_A, z_B : altitude respective des points A et B (m)

Remarque : Si on note $h = z_A - z_B$ alors l'expression du travail du poids devient :

$$W_{AB}(\overrightarrow{P}) = mgh$$

3 Energie potentielle de pesanteur

3.1 Définition

L'énergie potentielle de pesanteur est l'énergie que possède un objet de masse m du fait de son altitude z dans le champ de pesanteur terrestre. Cette énergie potentielle de pesanteur est notée E_{PP} et s'exprime en joules (J).

L'énergie potentielle de pesanteur est une grandeur relative. Sa valeur dépend de la référence choisie pour laquelle l'énergie potentielle de pesanteur est nulle. En général, on choisit une énergie potentielle de pesanteur nulle au niveau du sol : à l'altitude $z = 0$ m, $E_{PP} = 0\ J$. L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur est la suivante :

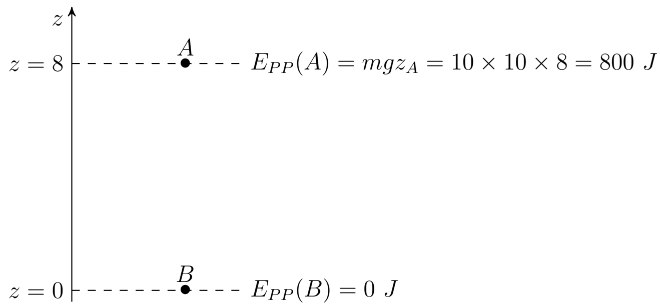
Energie potentielle de pesanteur

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

- E_{PP} : énergie potentielle de pesanteur (J)
- m : masse de l'objet (kg)
- g : intensité de la pesanteur ($m.s^{-2}$)
- z : altitude (m)

Exemple : Energie potentielle d'un objet de masse $m = 10$ kg situé à une altitude de 8 m. (On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$).

On choisit l'altitude $z = 0$ m comme référence et on oriente l'axe Oz vers le haut.



3.2 Energie potentielle de pesanteur et travail du poids

Le travail du poids est égal à l'opposé de la variation d'énergie potentielle de pesanteur entre deux points A et B. Le point A représente la position de l'objet à l'instant initial et le point B représente la position de l'objet à l'instant final. On a la relation :

Energie potentielle de pesanteur et travail du poids

$$\boldsymbol{W_{AB}(\overrightarrow{P}) = -\Delta E_{PP} = -\left(E_{PP}(B) - E_{PP}(A)\right)}$$

- $W_{AB}(\overrightarrow{P})$: Travail du poids (J)
- $E_{PP}(A)$, $E_{PP}(B)$: énergie potentielle de pesanteur au points A et B (J)

4 Energie mécanique

4.1 Définition

L'énergie mécanique E_m d'un système est la somme de son énergie cinétique E_c et de son énergie potentielle E_p :

Energie mécanique

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

- E_m : Energie mécanique (J)
- E_c : Energie cinétique (J)
- E_p : Energie potentielle (J)

> **Remarque :** Il existe différents types d'énergie potentielle : énergie potentielle de pesanteur, énergie potentielle électrique, énergie potentielle élastique, ...
>
> Si la seule force exercée sur le système est le poids alors l'énergie potentielle correspond à l'énergie potentielle de pesanteur et l'expression de l'énergie mécanique devient :
>
> $$E_m = E_c + E_{pp}$$

4.2 Conservation de l'énergie mécanique

Si le système n'est pas soumis à des forces de frottements $\overrightarrow{F}$ alors l'énergie mécanique se conserve. L'énergie mécanique est constante au cours du temps et ses variations sont nulles.

Conservation de l'énergie mécanique

$$\boldsymbol{\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = 0} \text{ ou } \boldsymbol{E_m(A) = E_m(B) = Cte}$$

Cette relation permet de déterminer la valeur de la vitesse ou l'altitude du système en un point de la trajectoire.

Elle montre aussi que, au cours du mouvement, l'énergie potentielle perdue est convertie en énergie cinétique et inversement car l'énergie mécanique du système se conserve.

4.3 Non conservation de l'énergie mécanique

Si le système est soumis à des forces de frottements $\overrightarrow{F}$ alors l'énergie mécanique ne se conserve pas. Dans ce cas, la variation de l'énergie mécanique du système est égale au travail des forces de frottement $\overrightarrow{F}$ notée $W_{AB}(\overrightarrow{F})$.

Non conservation de l'énergie mécanique

$$\boldsymbol{\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = W_{AB}(\overrightarrow{F})}$$

Cette relation permet de déterminer le travail ou la valeur des forces de frottement qui s'appliquent sur le système lors de son déplacement.

5 Puissance et énergie disponibles

5.1 Energie

Le travail d'une force correspond à l'énergie fournie par cette force lorsque son point d'application se déplace (l'objet subissant la force se déplace ou se déforme).

5.2 Puissance moyenne

La puissance moyenne développé lors d'un travail entre deux point A et B est :

Puissance moyenne

$$\boxed{\boldsymbol{P = \frac{W_{AB}(\overrightarrow{F})}{\Delta t}}}$$

— P : puissance moyenne (W)
— $W_{AB}(\overrightarrow{F})$: travail de la force (J)
— Δt : durée du déplacement (s)