Chapitre 13

Énergie potentielle et mécanique

Ce chapitre prend la suite directe du précédent sur les aspects énergétiques de la mécanique. Les notions de travail d'une force et d'énergie cinétique ont été définies, avant d'introduire le théorème de l'énergie cinétique. Ce théorème explique que la variation d'énergie cinétique d'un système au cours de son mouvement, résulte des différentes contributions énergétiques des forces extérieures appliquées au système.
Ici nous allons aller un peu plus loin dans l'analyse énergétique des mouvements en distinguant les forces dites conservatives des forces dites non conservatives. L'énergie potentielle et l'énergie mécanique d'un système seront définies, tout en faisant le lien avec le chapitre précédent.

13.1 Forces conservatives ou non conservatives - Énergie potentielle

13.1.1 Forces conservatives ou non conservatives

Une force **conservative** est une force dont le travail sur un trajet AB ne dépend pas du chemin suivi pour aller du point A au point B.

Une force **non conservative** est une force dont le travail sur un trajet AB dépend du chemin suivi pour aller du point A au point B.

Exemples : L'interaction gravitationnelle et l'interaction électrostatique sont des forces conservatives. Les frottements sont des forces non conservatives.

13.1.2 Energie potentielle

Énergie potentielle

Soit $\overrightarrow{F}$ une force conservative s'appliquant sur un système entre un point A et un point B d'un trajet AB. On définit alors une **énergie potentielle** E_p dont la variation ΔE_p sur le chemin AB est l'opposé du travail de la force :

$$W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) = -\Delta E_p = -\left(E_p\left(B\right) - E_p\left(A\right)\right)$$

W le travail (en J)
E_p l'énergie potentielle (en J)

On peut définir ainsi une énergie potentielle pour toute force conservative. Les exemples les plus courants abordés au lycée sont l'énergie potentielle de pesanteur (associée au poids $\overrightarrow{P} = m\overrightarrow{g}$), l'énergie potentielle électrique (associée à la force électrique $\overrightarrow{F}_e = q\overrightarrow{E}$) et l'énergie potentielle élastique (associée à la force élastique $\overrightarrow{F} = k\overrightarrow{x}$).
Au programme de première, on se limitera à l'étude de l'**énergie potentielle de pesanteur**.

13.1.3 Énergie potentielle de pesanteur

Le poids $\overrightarrow{P}$ étant une force conservative, on peut lui associer une énergie potentielle dite de pesanteur notée E_{pp}.

Énergie potentielle de pesanteur

La variation d'énergie potentielle de pesanteur entre un point A et un point B est donnée par la relation suivante :

$$\Delta E_{pp} = E_{pp}(B) - E_{pp}(A) = mgz_B - mgz_A = mg(z_B - z_A)$$

$$\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A)$$

E_{pp} l'énergie potentielle de pesanteur(en J)
m la masse du système (en kg)
g l'intensité du champ de pesanteur (en m.s^{-2})
z l'altitude (en m)

Remarque :

Lorsque le système monte, il gagne en altitude donc il gagne en énergie potentielle de pesanteur : $\Delta E_{pp} > 0$.
Si le système descend c'est l'inverse, il perd de l'énergie potentielle de pesanteur : $\Delta E_{pp} < 0$.

Remarque 2 :

Le niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur peut être choisi de manière arbitraire. L'important est la variation d'énergie lorqu'il y a une variation d'altitude.

13.2 Théorème de l'énergie mécanique

13.2.1 Énergie mécanique

Énergie mécanique

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

$$E_m = E_c + E_p$$

Remarque : Si la seule force conservative exercée sur le sytème est le poids, on obtient : $E_m = E_c + E_{pp}$.

13.2.2 Théorème de l'énergie mécanique

Théorème de l'énergie mécanique

La variation de l'énergie mécanique d'un système est égale à la somme des travaux des forces non conservatives qui s'appliquent sur le système :

$$\Delta E_m = \sum W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_{NC}\right)$$

Démonstration :

D'après le théorème de l'énergie cinétique vu au chapitre précédent, la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux de toutes les forces extérieures appliquées au système, conservatives et non conservatives :

$$\Delta E_c = \sum W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) = W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_C\right) + W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_{NC}\right)$$

Or on a $E_m = E_c + E_p$ donc $\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p$.
De plus, la variation d'énergie potentielle est égale à l'opposé du travail des forces conservatives :

$\Delta E_p = -W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_C\right)$ donc on obtient la relation suivante :

$$\Delta E_m = W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_C\right) + W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_{NC}\right) - W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_C\right)$$

$$\Delta E_m = W_{AB}\left(\overrightarrow{F}_{NC}\right)$$

13.2.3 Conservation de l'énergie mécanique

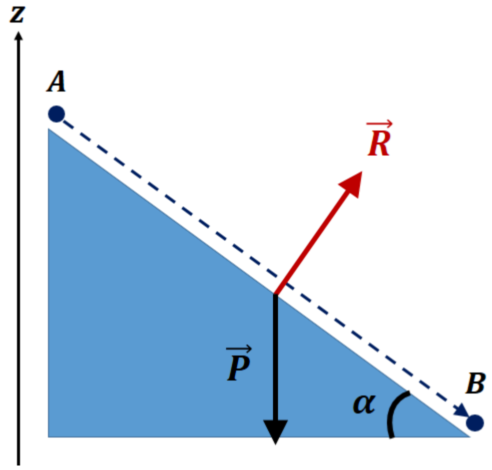
Conservation de l'énergie mécanique

Lorsque le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, alors l'énergie mécanique se conserve. L'énergie mécanique est constante et ses variations sont nulles :

$$\Delta E_m = 0 \Longleftrightarrow E_m(A) = E_m(B)$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = 0$$

13.3 Exercice type



On considère un objet de masse $m = 50$ kg glissant sans frottements sur un pan incliné d'angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale. Il part sans vitesse initiale du point A situé à une hauteur $h = z_A - z_B = 10$ m. On prendra $g = 10$ N.kg^{-1}
On se propose de déterminer la vitesse $\overrightarrow{v}_B$ du système au point B.

Dans cette situation, le système est soumis à son poids et à la réaction du support. Le poids est une force conservative et la réaction est une force dont le travail est toujours nul puisqu'elle est perpendiculaire au chemin suivi. Les frottements étant négligés, le système est donc conservatif et son énergie mécanique reste constante au cours du mouvement :

$$E_m(A) = E_m(B) \Longleftrightarrow E_c(A) + E_{pp}(A) = E_c(B) + E_{pp}(B)$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgz_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgz_B$$

Or $v_A = 0$ m.s^{-1} donc :

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = mgz_A - mgz_B = mgh$$

$$v_B = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 10} \simeq 14 \text{ m.s}^{-1}$$