

Extrait du programme

Partie : L'énergie : conversions et transferts.

Chapitre : Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel. Travail d'une force. Expression du travail dans le cas d'une force constante. Théorème de l'énergie cinétique. Forces conservatives. Énergie potentielle. Cas du champ de pesanteur terrestre. Forces non-conservatives : exemple des frottements. Énergie mécanique. Conservation et non conservation de l'énergie mécanique. Gain ou dissipation d'énergie.	Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel. Utiliser l'expression du travail $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$ dans le cas de forces constantes. Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique. Établir et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre. Calculer le travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne. Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique. Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement, oscillations d'un pendule en l'absence de frottement, etc. Utiliser la variation de l'énergie mécanique pour déterminer le travail des forces non conservatives. <i>Utiliser un dispositif (smartphone, logiciel de traitement d'images, etc.) pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc.</i> Capacité numérique : Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement. Capacité mathématique : Utiliser le produit scalaire de deux vecteurs.

1 Énergie cinétique

1.1 Définition

Rappels : l'énergie cinétique est l'énergie liée au mouvement d'un système matériel. Elle dépend de la vitesse du corps et de sa masse.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

E_c en joules (J), m en kilogrammes (kg), v en mètres par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

1.2 Travail d'une force

Les interactions d'un système avec l'extérieur sont modélisées par des forces. Ces interactions sont à l'origine de transfert d'énergie entre l'extérieur et le système lors de son mouvement.

Le travail d'une force correspond à l'énergie transférée au système (transfert positif ou négatif) lors de son déplacement.

Pour une force constante, sur un déplacement du point A au point B , le travail s'exprime par le **produit scalaire** entre le vecteur force \vec{F} et le vecteur déplacement \vec{AB} :

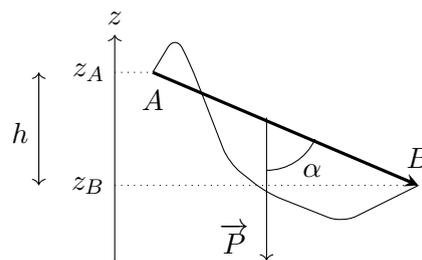
$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos \alpha$$

Le travail est une énergie et s'exprime en joules (J). L'intensité de la force F se mesure en newtons (N) et la distance AB en mètres (m).

Lorsque le travail d'une force est positif, on dit que le travail est **moteur** et il tend à favoriser le mouvement (angle $\alpha < 90^\circ$) et à faire gagner de l'énergie cinétique au système. Au contraire, lorsque le travail est négatif (angle $\alpha > 90^\circ$), le travail est **résistant** et tend à s'opposer au mouvement. Dans le cas particulier d'une force perpendiculaire au déplacement, on dit que la force ne travaille pas ($W = 0$) et cette force ne transfère aucune énergie au système.

1.2.1 Travail du poids

Le poids $\vec{P} = m\vec{g}$ est une force constante. On peut calculer son travail pour un déplacement quelconque du point A d'altitude z_A au point B d'altitude z_B :



$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = mg \times AB \times \cos \alpha = mg(z_A - z_B) = mgh$$

On retiendra que le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi et qu'il ne dépend que de la différence d'altitude entre le point de départ et le point d'arrivée. Il est moteur lorsque le système « descend » et résistant si le système « s'élève ».

$$W(\vec{P}) = \pm mgh$$

1.2.2 Travail d'une force de frottement constante

Les forces de frottements s'opposent toujours au mouvement : même direction que le vecteur vitesse mais de sens opposé (angle $\alpha = 180^\circ$).

Dans le cas d'une force de frottement constant, on peut calculer son travail :

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

Le travail d'une force de frottement est toujours résistant. Il est proportionnel à l'intensité de la force et à la longueur du déplacement.

1.3 Théorème de l'énergie cinétique

On peut démontrer que la variation d'énergie cinétique au cours du mouvement d'un système est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au système.

$$\Delta E_c = E_{cB} - E_{cA} = \sum_i W_{AB}(\vec{F}_i)$$



2 Énergie potentielle

2.1 Force conservative

Lorsque le travail d'une force ne dépend pas du trajet suivi au cours du déplacement (ex : le poids), on dit que cette force est conservative et on peut lui associer une énergie potentielle. Par définition, le travail d'une force conservative est l'opposé de la variation d'énergie potentielle associée.

2.2 Énergie potentielle de pesanteur

Établissons l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur, associée au poids :

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = -\Delta E_{pp}$$
$$mgz_A - mgz_B = -(E_{ppB} - E_{ppA}) = E_{ppA} - E_{ppB}$$

On peut donc en déduire que :

$$E_{pp} = mgz$$

- E_{pp} : énergie potentielle de pesanteur, en J.
- m : masse, en kg.
- g : intensité du champ de pesanteur, en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, ou en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- z : altitude, en m.

2.3 Force non conservative

Lorsque le travail d'une force dépend du trajet suivi au cours du déplacement, on dit que cette force est non conservative. C'est par exemple le cas des forces de frottements.

3 Énergie mécanique

3.1 Définition

L'énergie cinétique est l'énergie liée au mouvement et elle apparaît de ce fait assez tangible. **L'énergie potentielle en revanche ne se manifeste que par ses variations.** Lorsqu'un corps est une altitude h , on ne « ressent » pas son énergie potentielle de pesanteur ; mais lorsque le corps tombe (sur mon pied par exemple !), on comprend que potentiellement le corps possédait de l'énergie, et que plus l'altitude était grande plus ce « réservoir » d'énergie était important (la douleur de mon pied augmente avec la hauteur de chute!).

L'énergie mécanique d'un système tient compte de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

$$E_m = E_c + E_p$$

3.2 Conservation de l'énergie mécanique ?

Lorsque le système étudié n'est soumis qu'à des forces extérieures conservatives, son énergie mécanique est conservée au cours du mouvement (on comprend maintenant d'où vient ce terme « conservatif »), c'est-à-dire qu'elle reste constante.

Cela implique que dans ce cas, il y a un transfert de l'énergie cinétique en énergie potentielle et vice-versa au cours du mouvement :

Système soumis uniquement à des **forces conservatives** :

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

$$\Delta E_c = -\Delta E_p$$

En présence de forces non conservatives, l'énergie mécanique varie au cours du mouvement. La variation d'énergie mécanique est égale au travail des forces non conservatives :

Système soumis à des forces **non conservatives** :

$$\Delta E_m = W(\vec{f}_{nc})$$

Il y a un gain d'énergie si les forces non conservatrices sont motrices, ou une dissipation d'énergie si les forces non conservation son résistantes.

3.2.1 Cas de la chute libre

En mécanique, une chute **libre** signifie que **seul le poids agit** sur le système. Il n'y a en particulier aucune force de frottement.

Dans ce cas, il y a conservation de l'énergie mécanique.

Lorsque le système tombe, il perd de l'énergie potentielle au profit de l'énergie cinétique qui augmente (gain de vitesse). En revanche si on jette un corps vers le haut, il perd de la vitesse en gagnant de l'altitude.

3.2.2 Cas d'un mouvement avec des forces de frottements constantes

En présence de **forces de frottement** (forces non conservatives résistantes), **l'énergie mécanique décroît** au cours du mouvement. La perte d'énergie mécanique est égale au travail des forces de frottement :

Système soumis à des **forces de frottement** :

$$\Delta E_m < 0$$

$$\Delta E_m = W(\vec{f}) = -f \cdot AB$$