

Fiche de cours Énergie mécanique

L'essentiel du chapitre en deux pages

définitions · lois · méthodes · à savoir par cœur

1 ÉNERGIE CINÉTIQUE

Définition. Un système de masse m (en kg) dont le centre a une vitesse de valeur v (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) possède l'**énergie cinétique**

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad (\text{en J}).$$

Remarque. E_c est toujours positive et varie comme le carré de la vitesse : doubler v quadruple E_c . Conversion indispensable : $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = \frac{1}{3,6} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2 TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE

Définition. Le **travail** d'une force constante $\vec{F}$ lors d'un déplacement rectiligne de A à B est le produit scalaire

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos \alpha \quad (\text{en J}),$$

où α est l'angle entre $\vec{F}$ et le déplacement $\vec{AB}$. C'est l'énergie transférée au système par cette force.

Propriété. Le travail est **moteur** si $W > 0$ ($\alpha < 90^\circ$: la force favorise le mouvement), **résistant** si $W < 0$ ($\alpha > 90^\circ$), et **nul** si $\vec{F} \perp \vec{AB}$ ($\alpha = 90^\circ$) — c'est le cas de la réaction normale d'un support ou de la tension d'un fil de pendule.

Propriété — travail du poids. Avec un axe (Oz) vertical orienté vers le haut :

$$W_{AB}(\vec{P}) = m g (z_A - z_B), \quad g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}.$$

Il est moteur à la descente, résistant à la montée, et **ne dépend pas du chemin suivi** mais seulement de la dénivellation : le poids est une force **conservative**.

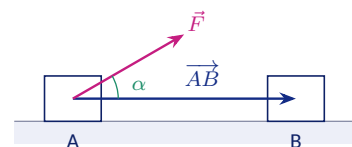


Figure 1 — $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos \alpha$.

3 THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

Théorème. Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un système entre A et B est égale à la somme des travaux de toutes les forces qui s'exercent sur lui :

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = \sum W_{AB}(\vec{F}).$$

Méthode — appliquer le théorème. définir le système et le référentiel, choisir les points A et B, faire l'inventaire des forces, calculer le travail de chacune (celles perpendiculaires au déplacement sont nulles), puis résoudre en v ou en distance.

4 ÉNERGIE POTENTIELLE ET ÉNERGIE MÉCANIQUE

Définition. L'**énergie potentielle de pesanteur** d'un système d'altitude z est $E_{pp} = m g z$, définie à partir d'une **origine choisie** ($E_{pp} = 0$ en $z = 0$). Le travail du poids en est l'opposé de la variation : $W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta E_{pp}$.

Définition. L'**énergie mécanique** du système est $E_m = E_c + E_{pp}$.

Théorème. Entre A et B, $\Delta E_m = W_{AB}(\text{forces non conservatives})$: frottements, force motrice, action d'un opérateur. En particulier, si ces forces sont absentes ou ne travaillent pas, l'énergie mécanique **se conserve** :

$$E_m(A) = E_m(B) \quad \text{soit} \quad \frac{1}{2} m v_A^2 + m g z_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g z_B.$$

Des frottements donnent $\Delta E_m < 0$: l'énergie mécanique perdue est transférée au milieu extérieur sous forme thermique.

Remarque. Graphiquement, en l'absence de frottements, les courbes E_c et E_{pp} se déduisent l'une de l'autre par symétrie par rapport à la droite horizontale d'ordonnée $E_m/2$, et leur somme E_m est constante ; des frottements font décroître E_m .

■ FORMULAIRE — Les relations du chapitre

- $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ • $E_{pp} = m g z$ • $E_m = E_c + E_{pp}$ (toutes en J).
- $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos \alpha$ • $W_{AB}(\vec{P}) = m g (z_A - z_B)$.
- $\Delta E_c = \sum W_{AB}(\vec{F})$ • $\Delta E_m = W_{AB}(\text{forces non conservatives})$.
- Chute libre ou glissement sans frottement depuis le repos : $v = \sqrt{2 g h}$ (h : dénivellation, indépendant de la masse et du chemin).

5 SAVOIR-FAIRE DU CHAPITRE

➤ SAVOIR-FAIRE

- Calculer une énergie cinétique, une énergie potentielle, une énergie mécanique (unités, conversions de vitesse).
- Calculer le travail d'une force constante et du poids ; dire s'il est moteur, résistant ou nul.
- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique : vitesse atteinte, distance de freinage, hauteur maximale.
- Exploiter la conservation de E_m (chute, pendule, toboggan, saut) et repérer les conversions entre E_c et E_{pp} .
- Déterminer, à partir de ΔE_m , le travail des frottements puis l'intensité de la force de frottement.
- Exploiter un bilan énergétique tabulé ou calculé avec Python (listes de z , v , E_c , E_{pp} , E_m).

6 EXEMPLES TYPES

★ EXEMPLE — distance de freinage

Une voiture de $m = 1\,200\text{ kg}$ roule à $v = 90\text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sur une route horizontale ; les freins exercent une force opposée au mouvement d'intensité $f = 6,0 \times 10^3\text{ N}$. Le poids et la réaction normale ne travaillent pas, donc $0 - \frac{1}{2}mv^2 = -f \times d$, soit $d = \frac{mv^2}{2f} = \frac{1200 \times 25^2}{2 \times 6,0 \times 10^3} = 63\text{ m}$. À $180\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, la distance est *quadruplée* (250 m).

★ EXEMPLE — conservation de l'énergie mécanique

Un enfant part sans vitesse du haut d'un toboggan de hauteur $h = 3,0\text{ m}$; les frottements sont négligés et la réaction du support ne travaille pas. Alors E_m se conserve : $m g h = \frac{1}{2}mv^2$, d'où $v = \sqrt{2 g h} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 3,0} = 7,7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, *quelles que soient sa masse et la forme du toboggan*.

★ EXEMPLE — force de frottement

Le même enfant, de masse $m = 30\text{ kg}$, arrive en réalité à $v = 6,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ au bas du toboggan, long de $L = 5,0\text{ m}$. Alors $\Delta E_m = \frac{1}{2} \times 30 \times 6,0^2 - 30 \times 9,8 \times 3,0 = 540 - 882 = -3,4 \times 10^2\text{ J}$: c'est le travail des frottements. En supposant la force de frottement d'intensité constante et toujours opposée au mouvement, $W = -f \times L$, d'où $f = \frac{|\Delta E_m|}{L} = \frac{342}{5,0} = 68\text{ N}$.

✗ PIÈGES

- Oublier de convertir les $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ avant d'élever au carré, ou écrire $E_c = \frac{1}{2}(mv)^2$.
- Compter le travail d'une force perpendiculaire au déplacement : il est *nul* (réaction normale, tension d'un fil).
- Écrire $W(\vec{P}) = m g h$ sans se soucier du signe : $W(\vec{P}) = m g (z_A - z_B)$ est *négatif* à la montée.
- Utiliser la conservation de E_m alors qu'il y a des frottements : dans ce cas $\Delta E_m = W(\text{frottements}) < 0$.
- Oublier de préciser l'origine des altitudes : E_{pp} n'a de valeur que par rapport à un niveau de référence choisi.