

Énergie potentielle et mécanique

Cours de sciences physiques - niveau 1re

Une balle lancée vers le ciel ralentit en montant, s'arrête, puis retombe en accélérant : sa vitesse change à chaque instant, et pourtant une grandeur reste la même tout au long du mouvement. Cette grandeur, c'est l'**énergie mécanique**, somme de deux formes d'énergie que l'on apprend ici à calculer, à représenter et à suivre, avec ou sans frottements.

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

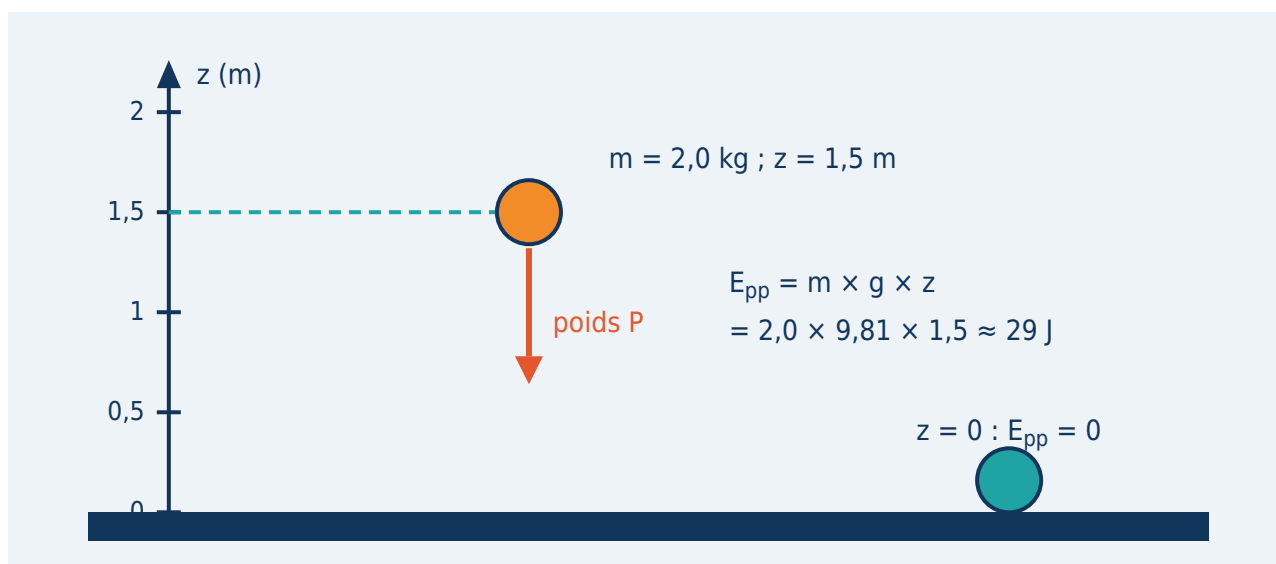
L'énergie potentielle de pesanteur

Nous savons déjà qu'un système de masse m animé d'une vitesse v possède une énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2} m v^2$. Un objet situé en altitude possède, lui aussi, une capacité à « donner » de l'énergie : s'il tombe, sa vitesse augmente. Cette énergie, liée à la position dans le champ de pesanteur terrestre, est l'**énergie potentielle de pesanteur**, notée E_{pp} .

FORMULE À RETENIR

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

E_{pp} en joules (J), m en kilogrammes (kg), $g = 9,81 \text{ N/kg}$ (intensité de la pesanteur), z en mètres (m) : altitude repérée sur un axe vertical orienté vers le haut.



Le calcul de E_{pp} dépend de l'axe choisi : ici l'origine $z = 0$ est au niveau du sol.

Le choix de l'**origine des altitudes est libre** : on prend souvent le sol, parfois une table. Une énergie potentielle peut donc être nulle, positive ou négative (si l'objet est en dessous de l'origine, $z < 0$). Seules comptent les **variations** d'énergie potentielle, qui ne dépendent pas de ce choix.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Une balle de masse $m = 2,0$ kg est à l'altitude $z = 1,5$ m. $E_{pp} = 2,0 \times 9,81 \times 1,5 = 29,43$ J, soit **$E_{pp} \approx 29$ J** (deux chiffres significatifs, comme les données).

Le travail du poids et la variation d'énergie potentielle

Lorsqu'un objet passe d'un point A d'altitude z_A à un point B d'altitude z_B , le travail du poids est égal à la force multipliée par le déplacement dans la direction de la force. Avec un axe vertical orienté vers le haut :

PROPRIÉTÉ

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

Le travail du poids **ne dépend que des altitudes de départ et d'arrivée**, pas du trajet suivi : le poids est une **force conservative**. Il est positif à la descente, négatif à la montée.

EXEMPLE

Une bille de 0,50 kg descend de $z_A = 3,0$ m à $z_B = 1,0$ m. $W_{AB}(P) = 0,50 \times 9,81 \times (3,0 - 1,0) = 9,81$ J, soit **9,8 J**. La variation d'énergie potentielle vaut donc **$\Delta E_{pp} = -9,8$ J** : la bille a « perdu » de l'énergie potentielle.

L'énergie mécanique d'un système

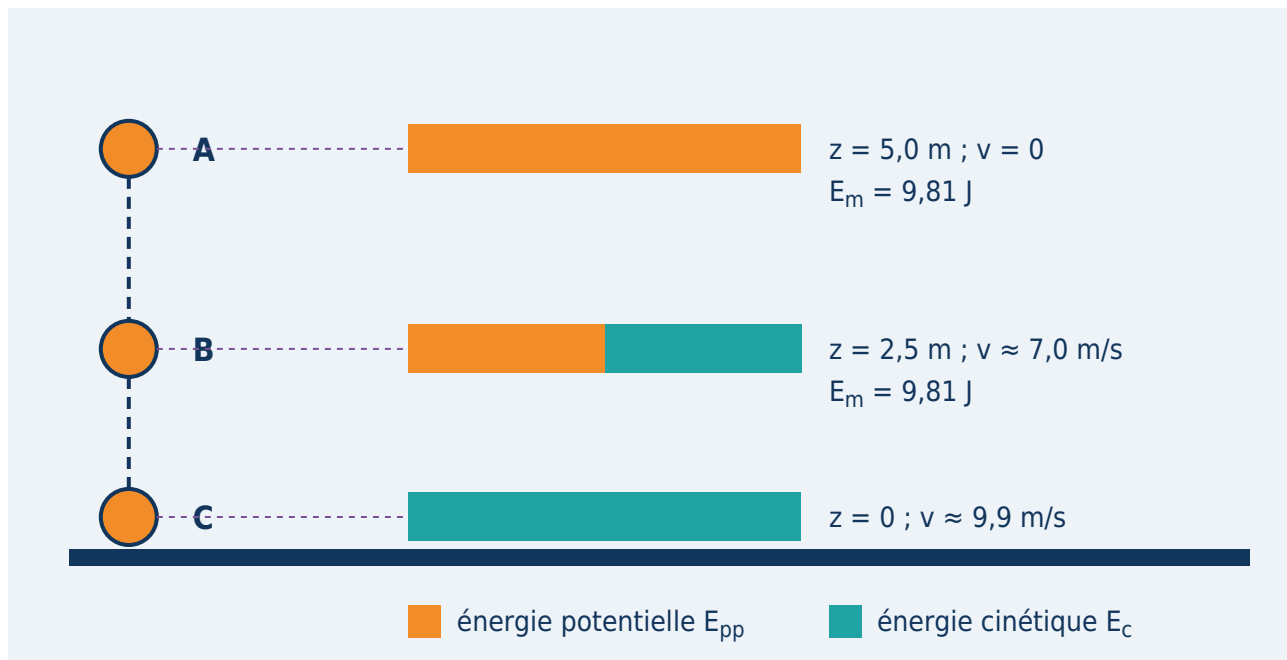
DÉFINITION

L'**énergie mécanique** d'un système est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle : **$E_m = E_c + E_{pp}$** , en joules (J).

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_c = \Sigma W(\text{forces})$. Si la seule force qui travaille est le poids, $\Delta E_c = W(P) = -\Delta E_{pp}$. On en déduit $\Delta E_c + \Delta E_{pp} = 0$, c'est-à-dire $\Delta E_m = 0$.

LOI

L'énergie mécanique se conserve lorsque le système n'est soumis qu'à des forces conservatives (le poids), ou à des forces qui ne travaillent pas (tension d'un fil, réaction d'un support lisse, toujours perpendiculaires au déplacement). Alors E_c et E_{pp} se convertissent l'une en l'autre, leur somme restant constante.



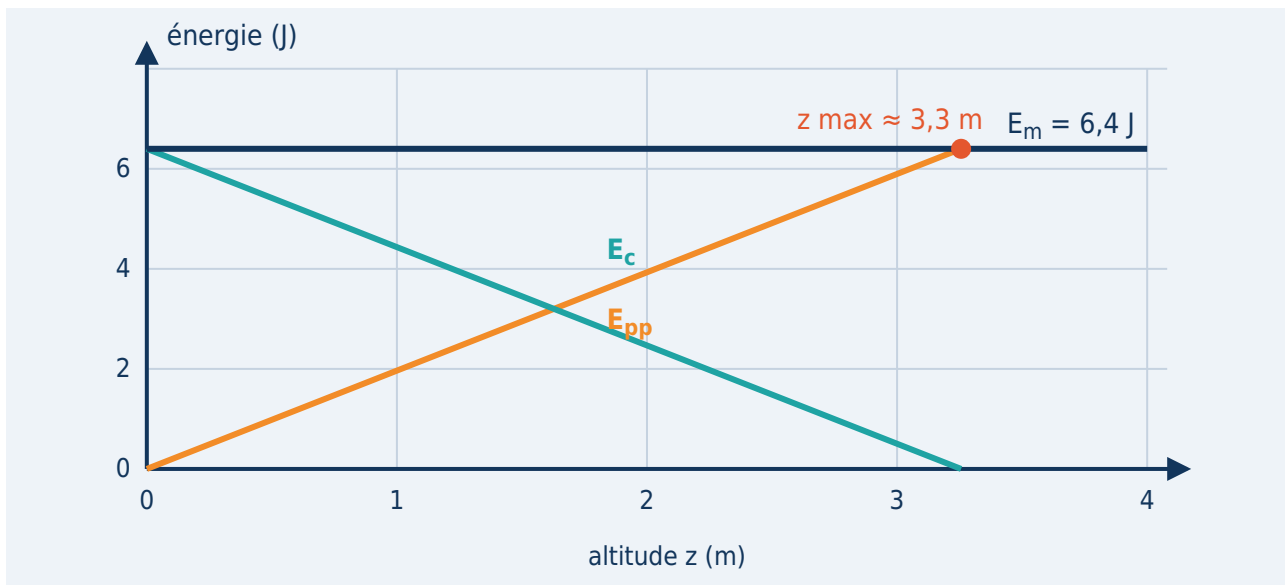
Chute libre d'une balle de 0,200 kg lâchée de 5,0 m : la longueur totale de la barre (E_m) ne change pas.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Une balle de 0,200 kg est lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur de 5,0 m. En A : $E_m = 0 + 0,200 \times 9,81 \times 5,0 = 9,81$ J. Au sol, $E_{pp} = 0$ donc $E_c = 9,81$ J, soit $\frac{1}{2} m v^2 = 9,81$ d'où $v = \sqrt{(2 \times 9,81 \div 0,200)} = \mathbf{9,9 \text{ m/s}}$. Le calcul général donne $v = \sqrt{(2 g h)}$: la masse disparaît, tous les objets lâchés de la même hauteur arrivent à la même vitesse (en l'absence de frottements).

Lire un diagramme d'énergie

Pour suivre un mouvement, on trace E_c , E_{pp} et E_m en fonction de l'altitude z ou du temps. Pour une balle lancée verticalement vers le haut, $E_{pp} = m g z$ est une **droite passant par l'origine** dont la pente vaut $m g$. $E_c = E_m - E_{pp}$ est une droite de pente $-m g$, et E_m est une **droite horizontale**.



Balle de 0,20 kg lancée à 8,0 m/s depuis le sol : E_c diminue exactement de ce que E_{pp} gagne ; au sommet $E_c = 0$.

EXEMPLE

Au départ ($z = 0$), $E_{pp} = 0$ et $E_c = \frac{1}{2} \times 0,20 \times 8,0^2 = 6,4$ J, donc $E_m = 6,4$ J. Au sommet, $v = 0$ donc $E_{pp} = E_m$: $m g z_{\max} = 6,4$ J, d'où $z_{\max} = 6,4 \div (0,20 \times 9,81) \approx \mathbf{3,3 \text{ m}}$.

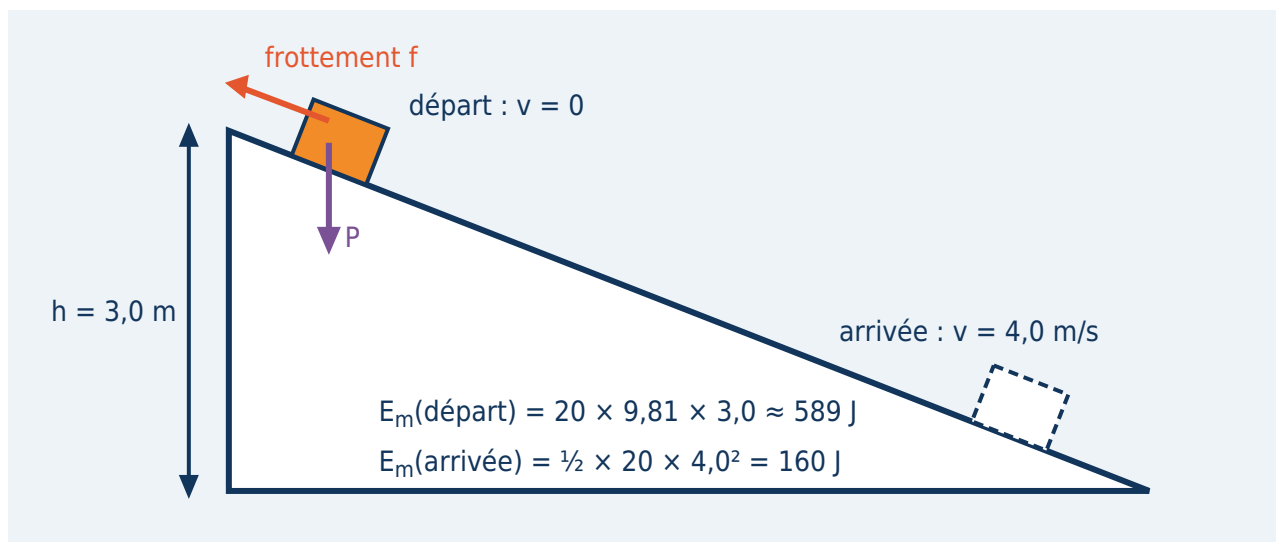
Quand les frottements interviennent

Les forces de frottement, la résistance de l'air ou la force d'une personne qui pousse sont des **forces non conservatives** : leur travail dépend du chemin suivi. Un frottement s'oppose toujours au mouvement, donc son travail est négatif et l'énergie mécanique diminue.

PROPRIÉTÉ

$$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = W_{AB}(\text{forces non conservatives})$$

Avec des frottements, $\Delta E_m < 0$: l'énergie mécanique perdue est transférée au milieu extérieur, surtout sous forme de **transfert thermique** (les surfaces et l'air s'échauffent). L'énergie n'est pas détruite : elle n'est plus mécanique.



Avec frottements, l'énergie mécanique d'arrivée est plus petite que celle de départ.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Pour la caisse de la figure : $\Delta E_m = 160 - 588,6 = -428,6 \text{ J}$, soit **$W(f) = \Delta E_m \approx -4,3 \times 10^2 \text{ J}$** . Si la pente mesure $8,0 \text{ m}$ de long, la force de frottement moyenne vaut $f = 428,6 \div 8,0 \approx 54 \text{ N}$.

ERREUR FRÉQUENTE

Trois confusions reviennent souvent : oublier que z se compte à partir de l'origine choisie (E_{pp} peut être négative) ; croire que l'énergie mécanique se conserve toujours, alors qu'elle diminue avec des frottements ; écrire une altitude en centimètres dans $m g z$ au lieu de la convertir en mètres.

L'essentiel à retenir

- $E_{pp} = m g z$ (J), avec z l'altitude sur un axe vertical orienté vers le haut ; l'origine est un choix.
- $W_{AB}(P) = m g (z_A - z_B) = -\Delta E_{pp}$: le poids est une force conservative.
- L'énergie mécanique est $E_m = E_c + E_{pp}$.
- Sans force non conservative : E_m est constante, $\Delta E_c = -\Delta E_{pp}$.
- Avec frottements : $\Delta E_m = W(\text{forces non conservatives}) < 0$, l'énergie perdue est transférée sous forme thermique.
- Dans un graphique, E_{pp} est une droite de pente $m g$, et E_m une droite horizontale quand il n'y a pas de frottements.