

Travail et énergie cinétique

Cours de sciences physiques - niveau 1re

*Pourquoi une voiture lancée à 130 km/h a-t-elle besoin de plus du double de distance pour s'arrêter qu'à 90 km/h ? La réponse tient en deux mots : **travail** et **énergie cinétique**. Dans ce chapitre de première, on apprend à calculer l'énergie d'un solide en mouvement et à relier sa variation aux forces qui agissent sur lui.*

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

Le travail d'une force constante

Lorsqu'une force agit sur un objet qui se déplace, elle peut lui **transférer de l'énergie** ou lui en retirer. Cette quantité d'énergie échangée par la force pendant le déplacement s'appelle le **travail** de la force. On le note W (de l'anglais *work*) et on l'exprime en **joules (J)**.

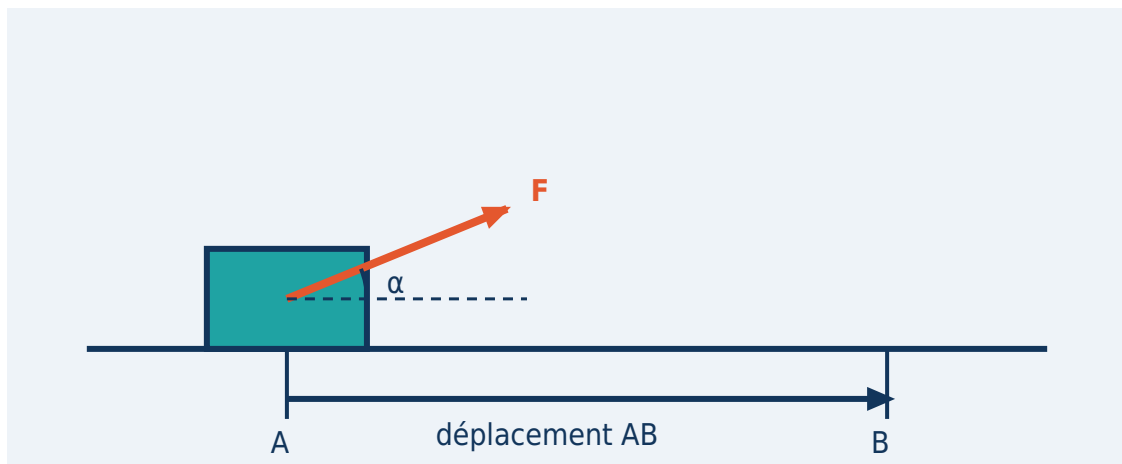
DÉFINITION

Le **travail** d'une force **constante** $\vec{F}$, dont le point d'application se déplace en ligne droite de A à B, vaut $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos \alpha$, où α est l'angle entre le vecteur force et le vecteur déplacement $\vec{AB}$.

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

FORMULE À RETENIR

W en joules (J), F en newtons (N), AB en mètres (m), α en degrés. $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$.



La force F fait l'angle α avec le déplacement AB : seule la part de la force dirigée selon AB travaille.

Signe du travail

Angle α	$\cos \alpha$	Travail	Rôle de la force
$0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$	positif	$W > 0$	moteur : elle aide le mouvement
$\alpha = 90^\circ$	0	$W = 0$	nul : elle ne fait ni gagner ni perdre d'énergie
$90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$	négatif	$W < 0$	résistant : elle freine le mouvement

APPLICATION NUMÉRIQUE

On tire une luge sur 25 m avec une corde qui exerce une force de 80 N inclinée de 30° par rapport au sol. $W = 80 \times 25 \times \cos 30^\circ = 2\,000 \times 0,866 = 1\,732$ J, soit **$W \approx 1,7 \times 10^3$ J** (deux chiffres significatifs, comme la donnée de 80 N).

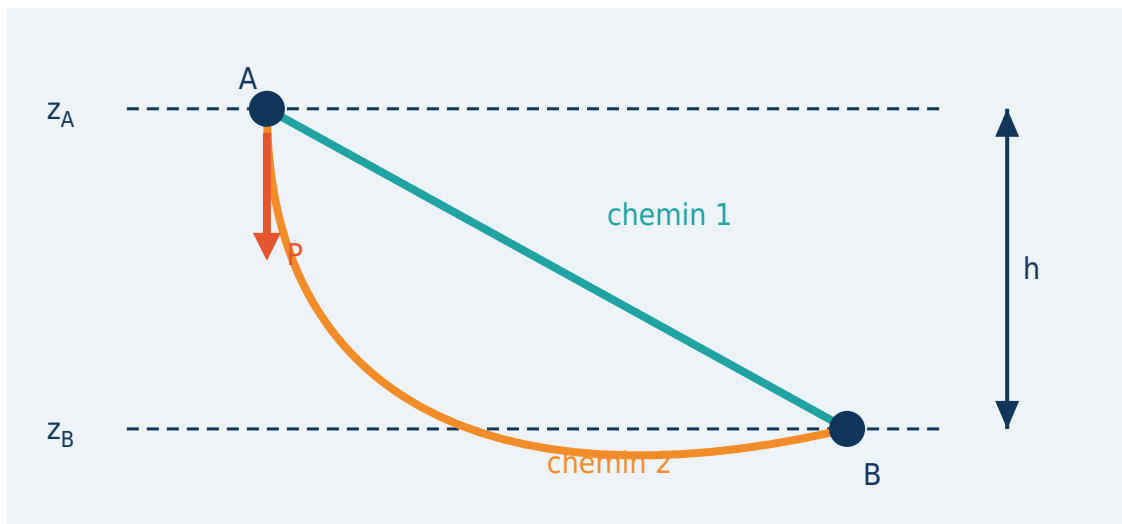
Le travail du poids et des frottements

Pour un solide de masse m qui passe d'un point A d'altitude z_A à un point B d'altitude z_B (axe vertical orienté vers le haut), le travail du poids se calcule avec la seule différence d'altitude. Il ne dépend **pas du chemin suivi** : on dit que le poids est une **force conservative**.

FORMULE À RETENIR

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

m en kg, $g = 9,81$ N/kg, altitudes en m, W en J. Positif en descente, négatif en montée.



Quel que soit le chemin de A à B, le travail du poids vaut $m \times g \times h$: seule la différence d'altitude compte.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Une valise de 15 kg est montée de 3,0 m. $W(P) = 15 \times 9,81 \times (0 - 3,0) = -441,45 \text{ J}$, soit $-4,4 \times 10^2 \text{ J}$: le poids s'oppose à la montée.

Une **force de frottement** f , de sens opposé au déplacement et d'intensité constante, a un angle $\alpha = 180^\circ$ avec le déplacement. Son travail vaut $W = f \times d \times \cos 180^\circ = -f \times d$: toujours négatif, et il dépend du chemin parcouru. Les frottements ne sont pas conservatifs.

ERREUR FRÉQUENTE

La réaction normale d'un support lisse et la tension d'un fil tendu sont perpendiculaires au déplacement : leur travail est **nul**. Il ne faut pas les compter, mais il ne faut pas non plus les oublier dans le bilan des forces.

L'énergie cinétique d'un solide

Un objet en mouvement possède de l'énergie du seul fait de sa vitesse : c'est son **énergie cinétique**. Pour un solide de masse m en translation à la vitesse v :

FORMULE À RETENIR

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

E_c en joules (J), m en kilogrammes (kg), v en mètres par seconde (m/s). Penser à convertir : $90 \text{ km/h} = 90 \div 3,6 = 25 \text{ m/s}$.

L'énergie cinétique est toujours positive ou nulle. Elle est proportionnelle à la masse mais au **carré de la vitesse** : si la vitesse double, l'énergie cinétique est multipliée par 4. Cette dépendance explique l'importance de la vitesse dans la gravité des accidents.

APPLICATION NUMÉRIQUE

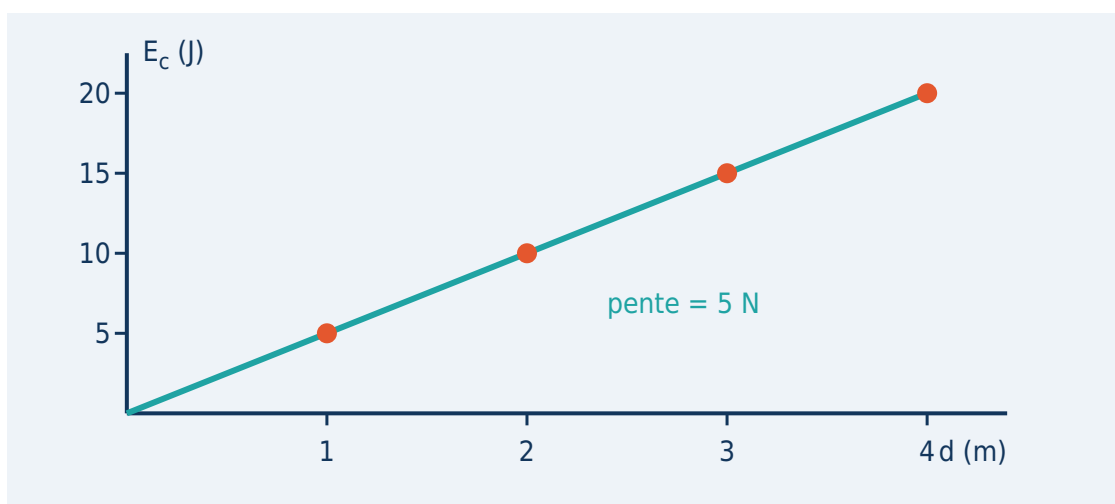
Une cycliste de 80 kg (vélo compris) roule à 36 km/h, soit $v = 10$ m/s. $E_c = \frac{1}{2} \times 80 \times 10^2 = 4,0 \times 10^3$ J.

Le théorème de l'énergie cinétique

LOI

Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un solide entre A et B est égale à la **somme des travaux de toutes les forces** extérieures qui s'exercent sur lui : $\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \Sigma W_{AB}(F^r)$.

Si la somme des travaux est positive, le solide accélère ; si elle est négative, il ralentit ; si elle est nulle, l'énergie cinétique (donc la vitesse) ne change pas. Pour une force résultante constante de même direction que le déplacement, E_c croît **linéairement avec la distance** parcourue, et la pente de la droite est la valeur de cette force.



Pour une force résultante constante de 5 N dans le sens du mouvement, $E_c = 5 \times d$: la pente de la droite est la force.

Méthode et exemple résolu

1. Choisir le **système** (le solide) et le référentiel galiléen (le sol).
2. Faire le **bilan des forces** entre A et B et repérer celles dont le travail est nul.
3. Calculer le travail de chaque force, avec son signe.
4. Écrire $\Delta E_c = \Sigma W$ et résoudre pour l'inconnue (vitesse, distance, force...).

EXEMPLE RÉSOLU

Une voiture de masse 1 200 kg roule à 72 km/h ($v = 20$ m/s) et freine : les freins exercent une force de frottement constante de 6 000 N. Quelle distance d parcourt-elle avant de s'arrêter ?

Forces : le poids et la réaction de la route ne travaillent pas (perpendiculaires au déplacement). Seule la force de freinage travaille : $W = -6\,000 \times d$.

$\Delta E_c = 0 - \frac{1}{2} \times 1\,200 \times 20^2 = -2,4 \times 10^5 \text{ J}$. Donc $-2,4 \times 10^5 = -6\,000 \times d$, soit **$d = 40 \text{ m}$** .

Erreurs fréquentes

- Oublier de convertir les km/h en m/s avant de calculer E_c .
- Écrire $E_c = \frac{1}{2} \times m \times v$ (sans le carré) ou doubler l'énergie quand la vitesse double.
- Prendre $g = 9,81 \text{ N/kg}$ avec une altitude comptée vers le bas sans changer le signe du travail du poids.
- Compter deux fois une même force, ou oublier les frottements dans le bilan.
- Écrire un travail sans unité ou avec trop de chiffres significatifs.

L'essentiel à retenir

- $W_{AB}(F) = F \times AB \times \cos \alpha$, en joules ; moteur si $W > 0$, résistant si $W < 0$, nul si $F \perp AB$.
- $W_{AB}(P) = m g (z_A - z_B)$, indépendant du chemin ; frottement : $W = -f \times d$.
- $E_c = \frac{1}{2} m v^2$, avec v en m/s et m en kg ; si v double, E_c est multipliée par 4.
- Théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_c = \Sigma W$ des forces extérieures.