

COURS

Énergie — Conversions et conservation

2^{de}

Programme de seconde générale et technologique — BO spécial n°1 du 22 janvier 2019

Une voiture qui roule à 100 km/h ne freine pas en deux fois plus de distance qu'à 50 km/h : elle en met environ quatre fois plus. Ce facteur quatre n'est pas une règle de sécurité arbitraire, c'est la conséquence d'un carré dans une formule.

1 Les deux énergies de la mécanique

DÉFINITION

L'**énergie cinétique** est l'énergie que possède un corps du fait de son **mouvement**. Elle est proportionnelle à la **masse**, mais au **carré** de la vitesse : c'est cette dissymétrie qui fait toute la difficulté du chapitre. Elle s'exprime en **joule** (J), avec la masse en **kilogrammes** et la vitesse en **mètres par seconde**.

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

DÉFINITION

L'**énergie potentielle** de pesanteur est l'énergie que possède un corps du fait de sa **position** en hauteur. Elle se compte à partir d'une **origine choisie** — le sol, la table, ce qu'on veut — et seule sa **variation** a un sens physique. Elle s'exprime elle aussi en **joule**.

$$E_{pp} = m g h$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Écrire que l'énergie cinétique double quand la vitesse double. — La vitesse intervient au **carré**. La doubler multiplie l'**énergie cinétique** par **quatre**, la tripler la multiplie par **neuf**. L'erreur vient de ce qu'on lit la formule comme une proportionnalité simple, par analogie avec la masse — qui, elle, intervient bien au premier degré. Toute la sécurité routière découle de ce carré, et les exercices de freinage le sanctionnent lourdement.

Le réflexe : Garder v^2 écrit jusqu'au bout, et ne remplacer par un nombre qu'à la dernière ligne.

PROPRIÉTÉ

L'**énergie mécanique** d'un système est la somme de son **énergie cinétique** et de son **énergie potentielle**. Lorsque les frottements sont négligeables, elle se **conserv**e : ce que l'objet perd en hauteur, il le gagne en vitesse, et réciproquement. La **conservation** de l'énergie mécanique permet de relier deux instants d'un mouvement **sans connaître ce qui s'est passé entre les deux**, ce qui est exactement ce qui la rend si commode.

$$E_m = E_c + E_{pp} = \text{constante}$$

EXEMPLE

Une bille de 0,20 kg est lâchée sans vitesse d'une hauteur de 5,0 m. On prendra $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ et on néglige les frottements. Avec quelle vitesse arrive-t-elle au sol ?

- ① Au départ, la bille est immobile : toute son énergie mécanique est potentielle.
 $0,2 \times 9,8 \times 5 = 9,8$
- ② Soit $E_{pp} = 9,8 \text{ J}$. Au sol, la hauteur est nulle : toute cette énergie est devenue **cinétique**, donc $E_c = 9,8 \text{ J}$.
- ③ On isole v^2 dans la relation $E_c = \frac{1}{2} m v^2$, soit $v^2 = 2E_c/m$:
 $2 \times 9,8 \div 0,2 = 98$
- ④ La vitesse est la racine carrée de 98, soit environ **9,9 m·s⁻¹** — de l'ordre de 35 km/h, ce qui est plausible pour une chute de cinq mètres.

$v \approx 9,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2 Travail et puissance

DÉFINITION

Le **travail** d'une force mesure l'**énergie transférée** par cette force le long d'un déplacement. Il dépend de l'angle entre la force et le déplacement : maximal quand la force **accompagne** le mouvement, nul quand elle lui est **perpendiculaire**, négatif quand elle s'y oppose — c'est le cas des frottements. Il s'exprime en **joule**.

$$W = F \times d \times \cos \alpha$$

DÉFINITION

La **puissance** est l'énergie transférée **par unité de temps**. Elle s'exprime en **watt (W)**, un watt valant un **joule** par seconde. Deux moteurs peuvent fournir la même énergie : le plus **puissant** est celui qui met le moins de temps. C'est une grandeur de **débit**, pas de quantité.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad E = P \times \Delta t$$

Le **joule** est une petite unité à l'échelle domestique, d'où l'usage du **kilowattheure** sur les factures : 1 kWh vaut 3 600 000 **joule**. Les deux mesurent la même grandeur ; seul le format change. Un relevé en kWh converti naïvement en watts confond une **énergie** et une **puissance**, et l'erreur est fréquente dans les copies parce que les deux mots se ressemblent.

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Confondre une puissance et une énergie, par exemple dire qu'une ampoule « consomme 60 W par heure ». — Les 60 W sont déjà une grandeur **par unité de temps** : dire « par heure » revient à diviser deux fois. L'ampoule consomme une **puissance** de 60 W, et une **énergie** de 60 Wh en une heure. La **conservation** de l'énergie ne s'écrit qu'entre des énergies : mélanger les deux grandeurs dans un bilan le rend faux d'emblée.

Le réflexe : Vérifier l'unité finale : **joule** ou wattheure pour une énergie, **watt** pour une **puissance**.

3 Conversions et rendement

RÈGLE

Principe de **conservation** de l'énergie : l'énergie ne se **crée** pas et ne se **détruit** pas, elle se **convertit** d'une forme à une autre. Ce qu'on appelle une **perte** est en réalité un transfert vers une forme qu'on n'exploite pas — le plus souvent la chaleur dissipée par les frottements. Le **rendement** d'un convertisseur est le rapport entre l'énergie utile en sortie et l'énergie reçue en entrée ; il est toujours inférieur à 1.

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{reçue}}}$$

TRAITER UN PROBLÈME DE CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

- 1 Définir le **système** et les **deux instants** entre lesquels on fait le bilan.
- 2 Écrire les formes d'énergie présentes à chaque instant, avec leurs expressions littérales.
- 3 Poser l'égalité des énergies mécaniques si les frottements sont négligés, ou retrancher l'énergie dissipée sinon.
 $0,5 \times 1200 \times 20 \times 20 = 240000$
Une voiture de 1 200 kg à 20 m·s⁻¹ possède 240 kJ d'énergie cinétique.
- 4 Isoler la grandeur cherchée en gardant le **carré de la vitesse** jusqu'à la dernière étape.
- 5 Contrôler l'**unité** obtenue et la **vraisemblance** du résultat avant de conclure.

À VÉRIFIER

- Ai-je converti la vitesse en **m·s⁻¹** — diviser par 3,6 depuis les km/h ?
- Ai-je bien **élevé la vitesse au carré**, et une seule fois ?
- Mon origine des **énergie potentielle** est-elle choisie et annoncée ?
- Mon bilan relie-t-il deux **énergies**, et non une énergie et une **puissance** ?
- Mon résultat est-il en **joule** pour une énergie, en **watt** pour une puissance ?
- Si l'énergie semble avoir disparu, ai-je identifié où elle est passée ?

À RETENIR

- $E_c = \frac{1}{2} m v^2$: la vitesse intervient au **carré**, la masse au premier degré.
- Vitesse doublée, **énergie cinétique** multipliée par **quatre**.
- $E_{pp} = m g h$: l'**énergie potentielle** se compte depuis une origine choisie.
- $E_m = E_c + E_{pp}$ se **conserve** quand les frottements sont négligeables.
- $W = F \times d \times \cos \alpha$: le **travail** d'une force perpendiculaire est **nul**.
- $P = W / \Delta t$: la **puissance** est un débit, en **watt**.
- Une énergie est en **joule** ; 1 kWh vaut 3 600 000 joule.
- **Conservation** : rien ne se perd, tout se **convertit** — souvent en chaleur.
- Un **rendement** est un rapport de deux énergies, toujours inférieur à 1.