

Travail, énergie, puissance - Corrigés

Ces corrigés accompagnent le chapitre **Travail, énergie, puissance**. Après lecture d'une solution, reprenez la question sans regarder le corrigé. Repérez si votre difficulté concernait la conversion des unités, le signe d'un travail, le choix de l'origine des altitudes, l'oubli d'une énergie cinétique initiale ou le choix entre le bilan d'énergie et les équations horaires. On prend $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ partout et on néglige les frottements de l'air sauf indication contraire.

Vérifications flash

F1 — Le camion

$36 \text{ km/h} = 10 \text{ m s}^{-1}$. $E_c = \frac{1}{2} \times 4000 \times 10^2 = 2 \times 10^5 \text{ J}$. Si la vitesse double, le carré quadruple : $8 \times 10^5 \text{ J}$. Sur la Lune, la masse du camion est la même et sa vitesse aussi : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ ne contient pas g , l'énergie cinétique vaut toujours $2 \times 10^5 \text{ J}$.

F2 — La luge tirée

$W = F \times AB \times \cos 60^\circ = 40 \times 50 \times \frac{1}{2} = 1000 \text{ J}$, moteur. Le poids et la réaction normale sont perpendiculaires au déplacement horizontal : leur travail est nul.

F3 — La rampe

Le poids ne voit que le dénivelé : $W(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = -20 \times 10 \times 3 = -600 \text{ J}$, résistant. Le travail « contre la pesanteur » est son opposé, $+600 \text{ J}$. Une rampe de 10 m ne change rien à ces deux valeurs ; elle changerait le travail des frottements et la force à exercer.

F4 — Le chariot

$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 20 \times (4^2 - 2^2) = 10 \times 12 = 120 \text{ J}$. La réponse 40 J viendrait de $\frac{1}{2} \times 20 \times (4 - 2)^2$: on aurait élevé au carré la variation de vitesse au lieu de soustraire les carrés des vitesses. La variation d'une énergie cinétique n'est pas l'énergie cinétique d'une variation de vitesse.

F5 — Le camion qui freine

$E_c = \frac{1}{2} \times 4000 \times 10^2 = 2 \times 10^5 \text{ J}$. Seule la force de freinage travaille : $0 - 2 \times 10^5 = -8000 \text{ J}$, donc $d = 25 \text{ m}$. À 72 km/h , l'énergie cinétique est quadruplée, la distance aussi : 100 m .

F6 — L'ascenseur

À vitesse constante, la tension du câble vaut le poids, 8000 N ; $W = 8000 \times 20 = 1,6 \times 10^5 \text{ J}$. Puissance : $1,6 \times 10^5 / 16 = 10^4 \text{ W}$, soit 10 kW . Par $P = mgv$: $v = 20 / 16 = 1,25 \text{ m s}^{-1}$ et $8000 \times 1,25 = 10^4 \text{ W}$, même résultat.

F7 — La moto

$36 \text{ km/h} = 10 \text{ m s}^{-1}$; $\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^2 = 10^4 \text{ J}$, fournis par le moteur en 5 s : $P = 10^4/5 = 2000 \text{ W}$, soit 2 kW .

F8 — Le livre

Origine au sol : $E_{pp} = 2 \times 10 \times 0,8 = 16 \text{ J}$. Origine sur la table : $E_{pp} = 0$. Monté à $1,8 \text{ m}$, soit $1,0 \text{ m}$ plus haut, le livre gagne $2 \times 10 \times 1,0 = 20 \text{ J}$ dans les deux cas : l'origine déplace la valeur, pas la variation.

F9 — Le ressort

$E_{pe} = \frac{1}{2} \times 500 \times 0,2^2 = \frac{1}{2} \times 500 \times 0,04 = 10 \text{ J}$. Comprimé de 40 cm , deux fois plus, il stocke quatre fois plus : 40 J . Libéré sans frottement, le palet reçoit les 10 J : $\frac{1}{2} \times 1 \times v^2 = 10$, $v^2 = 20$, $v = 2\sqrt{5} \simeq 4,5 \text{ m s}^{-1}$.

F10 — La bille

Origine au sol. Lâchée : $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, $v = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10 \text{ m s}^{-1}$. Lancée vers le bas à 10 m s^{-1} : $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$, $v^2 = 100 + 100 = 200$, $v = 10\sqrt{2} \simeq 14 \text{ m s}^{-1}$. La masse se simplifie dans les deux bilans.

F11 — La luge

Origine en bas. E_m initiale = $mgh = 20 \times 10 \times 10 = 2000 \text{ J}$; E_m finale = $\frac{1}{2} \times 20 \times 10^2 = 1000 \text{ J}$. Énergie dissipée : $2000 - 1000 = 1000 \text{ J}$, la moitié de l'énergie de départ. Sans frottement, la luge serait arrivée à $\sqrt{2gh} = 10\sqrt{2} \simeq 14 \text{ m s}^{-1}$.

F12 — La pierre et le pont

Origine à la surface de l'eau. Seul le poids travaille : $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$, $v^2 = 100 + 2 \times 10 \times 15 = 400$, $v = 20 \text{ m s}^{-1}$. La direction du lancer n'intervient pas : toutes les pierres lancées à 10 m s^{-1} depuis ce pont touchent l'eau à 20 m s^{-1} . Le bilan ne donne pas la date de l'impact : il faudrait les équations horaires du chapitre 5, et elles dépendent, elles, de la direction.

F13 — Le skieur

$108 \text{ km/h} = 30 \text{ m s}^{-1}$. Sans frottement, $\frac{1}{2}mv^2 = mg \Delta h$, $\Delta h = 900/20 = 45 \text{ m}$: altitude 1755 m . Parti à 10 m s^{-1} , il lui manque $\frac{1}{2}m(900 - 100)$, soit $\Delta h = 800/20 = 40 \text{ m}$: altitude 1760 m . Le bilan ne contient que des altitudes et des vitesses : il ne dit pas où se trouve ce point sur la piste, ni quand il y passe.

Exercices d'apprentissage**E1 — La luge tirée**

1. Tension de la corde : $W = 50 \times 40 \times \cos 60^\circ = 1000 \text{ J}$, moteur. Frottements, opposés au déplacement : $W = -20 \times 40 = -800 \text{ J}$, résistant. Poids et réaction normale, perpendiculaires au déplacement horizontal : 0 , travail nul.

2. Théorème de l'énergie cinétique depuis le repos : $\frac{1}{2} \times 16 \times v^2 = 1000 - 800 = 200 \text{ J}$, donc $v^2 = 25$ et $v = 5 \text{ m s}^{-1}$.
3. $P = W/\Delta t = 1000/20 = 50 \text{ W}$.
4. À vitesse constante, les travaux se compensent sur toute distance L : $F \cos 60^\circ \times L = 20 \times L$, donc $F = 40 \text{ N}$. La composante horizontale de la corde, 20 N , équilibre exactement les frottements, comme au chapitre 4.

E2 — Le camion qui freine

1. $72 \text{ km/h} = 20 \text{ m s}^{-1}$; $E_c = \frac{1}{2} \times 5000 \times 20^2 = 10^6 \text{ J}$. Seule la force de freinage travaille : $0 - 10^6 = -25\,000 d$, $d = 40 \text{ m}$.
2. À 144 km/h , la vitesse double et l'énergie cinétique quadruple : $d = 160 \text{ m}$. Les freins doivent absorber quatre fois plus d'énergie avec la même force.
3. Deuxième loi : $a = f/m = 25\,000/5000 = 5 \text{ m s}^{-2}$; durée $t = v_0/a = 20/5 = 4 \text{ s}$. Contrôle : $d = \frac{v_0}{2}t = 10 \times 4 = 40 \text{ m}$, cohérent avec la question 1.
4. $P = 10^6/4 = 2,5 \times 10^5 \text{ W}$, soit 250 kW dissipés en chaleur dans les freins, bien plus que la puissance d'un moteur de voiture : freiner est violent.

E3 — La rampe des déménageurs

1. Travail du poids : $-mgh = -80 \times 10 \times 3 = -2400 \text{ J}$; travail « contre la pesanteur » : $+2400 \text{ J}$, quelle que soit la rampe.
2. Frottements sur toute la longueur : $W = -100 \times 5 = -500 \text{ J}$.
3. Vitesse constante : $W_{\text{dém}} - 2400 - 500 = 0$, donc $W_{\text{dém}} = 2900 \text{ J}$, et $F = 2900/5 = 580 \text{ N}$. Pour soulever le meuble à la verticale, il faudrait 800 N .
4. $P = 2900/20 = 145 \text{ W}$.
5. Par une poulie, sans frottement : 2400 J seulement, mais avec une force de 800 N . La rampe permet de pousser moins fort (580 N) en poussant plus longtemps (5 m au lieu de 3 m); elle ne réduit pas le travail contre la pesanteur et elle ajoute celui des frottements.

E4 — Le skieur et la dissipation

1. $108 \text{ km/h} = 30 \text{ m s}^{-1}$. Seul le poids travaille (la normale ne travaille pas) : $\frac{1}{2}mv^2 = mg \Delta h$, $\Delta h = 900/20 = 45 \text{ m}$, altitude $1800 - 45 = 1755 \text{ m}$.
2. Origine à l'altitude 1700 m . E_m initiale = $60 \times 10 \times 100 = 6 \times 10^4 \text{ J}$; E_m finale = $\frac{1}{2} \times 60 \times 900 = 2,7 \times 10^4 \text{ J}$. Énergie dissipée : $33\,000 \text{ J}$, plus de la moitié.
3. $W(\vec{f}) = -fL$: $f = 33\,000/400 = 82,5 \text{ N}$, en supposant le frottement constant sur les 400 m .
4. $P = 33\,000/30 = 1100 \text{ W}$, soit $1,1 \text{ kW}$.

E5 — Le bloc et le ressort

1. À la compression maximale, la vitesse est nulle : $\frac{1}{2} \times 4 \times 3^2 = \frac{1}{2} \times 400 \times x^2$, donc $x^2 = 36/400 = 0,09$ et $x_{\text{max}} = 0,3 \text{ m}$.
2. $E_{pe} = \frac{1}{2} \times 400 \times 0,2^2 = 8 \text{ J}$; il reste $18 - 8 = 10 \text{ J}$ d'énergie cinétique : $\frac{1}{2} \times 4 \times v^2 = 10$, $v^2 = 5$, $v = \sqrt{5} \simeq 2,2 \text{ m s}^{-1}$.
3. À 6 m s^{-1} , l'énergie cinétique quadruple (72 J) et x^2 aussi : $x_{\text{max}} = 0,6 \text{ m}$, le double. La compression est proportionnelle à la vitesse, $x_{\text{max}} = v\sqrt{m/k}$.
4. Sans frottement, le ressort rend les 18 J : le bloc repart à 3 m s^{-1} . Avec 10 N de frottement sur $2 \times 0,3 = 0,6 \text{ m}$, l'énergie dissipée vaut 6 J (en toute rigueur la compression est un peu plus faible, on néglige cet effet) : il reste 12 J , $\frac{1}{2} \times 4 \times v^2 = 12$, $v = \sqrt{6} \simeq 2,4 \text{ m s}^{-1}$.

E6 — Le lancer vertical en énergie

1. $E_c = \frac{1}{2} \times 0,5 \times 20^2 = 100 \text{ J}$. Au sommet, $E_c = 0$ et $mgH = 100 \text{ J}$: $H = 100/5 = 20 \text{ m}$, la valeur $v_0^2/2g$ du chapitre 5.
2. À 15 m : $E_{pp} = 0,5 \times 10 \times 15 = 75 \text{ J}$; $E_c = 100 - 75 = 25 \text{ J}$; $\frac{1}{2} \times 0,5 \times v^2 = 25$, $v^2 = 100$, $v = 10 \text{ m s}^{-1}$.
3. $E_c = \frac{1}{2}m(20 - 10t)^2$: 100 J à $t = 0$, 0 au sommet à $t = 2 \text{ s}$ (tangente horizontale), 100 J au retour à $t = 4 \text{ s}$; parabole tangente à l'axe. $E_{pp} = mg(20t - 5t^2)$: 0, 100 J, 0 ; parabole renversée. $E_m = 100 \text{ J}$ à chaque instant : droite horizontale.
4. Au sommet, la composante horizontale $v_0 \cos 45^\circ = 10\sqrt{2}$ subsiste : $E_c = \frac{1}{2} \times 0,5 \times 200 = 50 \text{ J}$. Il reste 50 J pour E_{pp} : $H = 50/5 = 10 \text{ m}$, la moitié du lancer vertical, ce qui correspond à $(v_0 \sin 45^\circ)^2/2g$.

QCM d'automatismes

A1 — Réponse C

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$: le carré de $2v$ vaut $4v^2$. B serait vrai pour une grandeur proportionnelle à v ; D inverse le sens de variation.

A2 — Réponse B

La réaction normale est perpendiculaire au plan, donc au déplacement : $\cos 90^\circ = 0$, travail nul quelle que soit la pente (D). C'est le poids, non la normale, qui travaille sur une pente.

A3 — Réponse C

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ ne contient ni g ni le poids : même masse, même vitesse, même énergie cinétique. A et D appliquent au carré ou non le facteur six du poids ; B inverse le raisonnement.

A4 — Réponse B

Le watt est une énergie par unité de temps : $1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$. C est le joule ; A et D ne sont pas des unités de puissance.

A5 — Réponse C

$E_{pp} = mgz$ dépend de l'origine des altitudes : nulle si on la place sur la table, positive si on la place au sol, négative si on la place au plafond. Seules les variations ont un sens. D confond deux énergies.

A6 — Réponse A

Le poids est conservatif : $W = mg(z_A - z_B)$ ne dépend que des altitudes de départ et d'arrivée. B décrit les frottements ; C n'est vrai que sur un trajet horizontal ; D n'est vrai qu'en descente.

A7 — Réponse B

Les frottements travaillent de façon résistante : $\Delta E_m = W(\vec{f}) < 0$, l'énergie mécanique diminue et l'écart est dissipé en chaleur. C supposerait des forces conservatives seules ; D est faux tant que l'objet bouge ou est en hauteur.

A8 — Réponse D

$E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$: compression doublée, énergie quadruplée. B correspondrait à kx , la force, qui elle double.

A9 — Réponse C

À vitesse constante, la somme des travaux est nulle : $W(\vec{T}) + W(\vec{P}) = 0$, donc $W(\vec{T}) = -W(\vec{P})$. En descente, le poids travaille positivement ($+mgh$) et la tension du câble, vers le haut, négativement ($-mgh$) : les deux travaux sont opposés, égaux en valeur absolue. A oublie que le câble tire sur un déplacement non nul ; B oublie le signe ; D ne vaudrait que si la vitesse variait. Le sujet de 2020 août posait la montée (grue) : « égal au travail du poids en valeur absolue ».

A10 — Réponse A

Sans frottement, seule le poids travaille (la réaction normale est perpendiculaire au déplacement) : $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ sur les deux pentes, avec le même dénivelé h depuis A . Donc $v' = v$, quelle que soit la longueur ou l'inclinaison de la pente ; la pente la plus longue demande seulement plus de temps. B, C et D font dépendre la vitesse de la base, qui ne figure pas dans le bilan. C'est la question de 2017 ($OB' = 2OB$).

A11 — Réponse A

Le poids est une force conservative : son travail ne dépend que des altitudes de départ et d'arrivée, $mg(z_A - z_B)$. Sur un trajet fermé, $z_B = z_A$ et le travail est nul : la montée coûte $-mgh_{\max}$, la descente rend $+mgh_{\max}$. B ne compte que la montée, C additionne les valeurs absolues, D confond avec les frottements, dont le travail dépend de la longueur. Le sujet de 2024 posait un tour complet de grande roue (distracteurs $mg\,2R$, $mg\,2\pi R$, $mg\,4R$).

QCM de niveau concours**C1 — Réponse C**

Vitesse constante : $\Delta E_c = 0$, donc la somme des travaux est nulle. Sur une côte, le poids travaille aussi : $W_{\text{mot}} = fL + mgh$. B ne vaut que sur une route horizontale ; A confond un travail et une énergie qui ne varie pas ; D oublie les frottements et le signe.

C2 — Réponse A

$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 20 \times (36 - 4) = 320 \text{ J}$. B oublie l'énergie cinétique initiale ($\frac{1}{2} \times 20 \times 36$) ; C met au carré la variation de vitesse ($\frac{1}{2} \times 20 \times 16$) ; D est la moitié de C.

C3 — Réponse B

$W = mgh = 5000 \times 20 = 10^5 \text{ J}$ en 20 s : $P = 5000 \text{ W} = 5 \text{ kW}$. Par $P = mgv$: $v = 1 \text{ m s}^{-1}$, 5000×1 . A confond W et kW ; C et D viennent d'une mauvaise lecture de la durée.

C4 — Réponse A

À vitesse constante, $P = mgv$: la hauteur n'intervient pas, elle fixe seulement la durée du levage ($3h$ à $v/2$: six fois plus long) et l'énergie totale ($3mgh$). Diviser la vitesse par deux divise la puissance par deux. B et D font entrer la hauteur ; C multiplie par 3 et par 2. Le sujet de 2019 juillet ($2h$ et $3v$) donnait $3P$ par le même raisonnement.

C5 — Réponse A

108 km/h = 30 m s^{-1} . $\frac{1}{2}mv^2 = mg \Delta h$: $\Delta h = 900/20 = 45 \text{ m}$, altitude 1455 m. B prend $\Delta h = v^2/g$ (90 m); C vient d'un calcul avec 108 au lieu de 30 (ordre de grandeur d'une conversion oubliée); D arrondit faussement.

C6 — Réponse C

Origine au sol : E_m initiale = $4 \times 10 \times 20 = 800 \text{ J}$; finale = $\frac{1}{2} \times 4 \times 225 = 450 \text{ J}$; dissipée 350 J. A supposerait une chute libre; B et D sont l'énergie finale et l'énergie initiale, non leur différence.

C7 — Réponse B

36 km/h = 10 m s^{-1} . $\frac{1}{2} \times 5 \times 100 = \frac{1}{2} \times 2000 \times x^2$, donc $x^2 = 500/2000 = 0,25$ et $x = 0,5 \text{ m}$. A et C résultent d'une erreur d'un facteur 10 sur la vitesse (km/h non convertis donnent un x plus grand); D est absurde pour un butoir.

C8 — Réponse B

$E_{pp} = mgz = mg(v_0 t - \frac{1}{2}gt^2)$: nulle au départ (origine au sol), maximale au sommet, nulle au retour : une parabole renversée, le graphe B. A est l'allure de l'énergie cinétique $\frac{1}{2}m(v_0 - gt)^2$, positive au départ, nulle au sommet avec une tangente horizontale, puis croissante; les deux courbes sont complémentaires, leur somme E_m restant constante. C aurait une rupture de pente au sommet, impossible pour un polynôme; D décroît sans remonter. Le sujet de 2021 juillet demandait l'énergie cinétique : réponse A, même figure.

C9 — Réponse D

Énergie cinétique initiale : $\frac{1}{2} \times 0,4 \times 400 = 80 \text{ J}$; origine des altitudes au sol, $E_m = 80 \text{ J}$ tout au long du vol. À 10 m : $E_{pp} = 0,4 \times 10 \times 10 = 40 \text{ J}$, donc $E_c = 80 - 40 = 40 \text{ J}$, et non 20 J (A). Au sommet, $E_c = 0$ et $E_{pp} = 80 \text{ J}$, pas 40 J (B). Hauteur maximale : $80 = 0,4 \times 10 \times H$, $H = 20 \text{ m}$ (D, vraie). Retour au sol à $2v_0/g = 4 \text{ s}$, pas 2 s (C, qui est la date du sommet). Chaque affirmation se teste par un bilan; le sujet de 2024 (balle de 200 g à 10 m/s) fonctionnait de même, avec une seule affirmation vraie.

C10 — Réponse C

Sans frottement, l'énergie potentielle initiale devient énergie élastique à la compression maximale : $mgh = \frac{1}{2}kx^2$. Si la hauteur est multipliée par 4, x^2 l'est aussi. La compression est donc multipliée par $\sqrt{4} = 2$. A et B oublient la dépendance au carré de l'énergie du ressort; D multiplierait directement la compression comme la hauteur.