Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques-Correction

QCM

1 A et C. **2** A. **3** A et C.
4 A et B. **5** C. **6** A, B et C.
7 B et C. **8** A et B.

---

9 **1.** $v = \frac{253}{3{,}600} = 70{,}3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2. $E_c = \frac{1}{2}\ mv^2$; $E_c = \frac{1}{2} \times 55 \times 10^{-3} \times (\frac{253}{3{,}600})^2 = 136$ J.

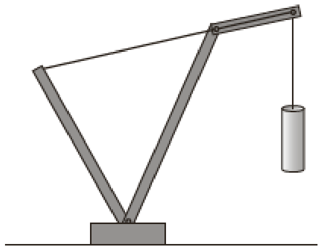
10 **1.** $\vec{R}$ et $\overrightarrow{AB}$ forment un angle $\alpha = 90{,}0°$. Donc c'est la force $\vec{R}$ dont le travail est nul.

2. $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos 0$ car $(\vec{F}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 0°$ d'où $W_{AB}(\vec{F}) = 80 \times 12{,}0 \times 1 = 9{,}6.10^2$ J.

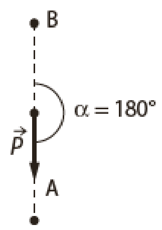
$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} = P \times AB \times \cos(100)$ car $(\vec{P}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 100°$ donc $W_{AB}(\vec{P}) = -6{,}25 \times 10^2$ J.

3. Le travail du poids est résistant car sa valeur est négative, le travail de la force de traction est moteur car positif.

11 **1.** Placer les points A et B, orienter le vecteur poids $\vec{P}$ selon la verticale vers le bas, et représenter l'angle $\alpha = 180°$.



schéma



modélisation

2. $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} = P \times AB \times \cos(180)$ donc $W_{AB}(\vec{P}) = -\ 260 \times 10^3 \times 9{,}8 \times 100 = -2{,}5 \times 10^8$ J.

3. Ce travail est négatif car le travail du poids est résistant, le poids s'oppose au mouvement du dôme.

12 **1.** La variation d'énergie cinétique d'un système qui se déplace d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux des forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'appliquent sur le solide lors de son déplacement.

2. $\Delta E_c = \frac{1}{2}\ mv_f^{\ 2} - 0$, soit $\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 14 \times 10^3 \times (\frac{250}{3{,}600})^2$ $= 3{,}4 \times 10^7$ J.

3. D'après le théorème de l'énergie cinétique, la somme vaut : $3{,}4 \times 10^7$ J.

13 **1.** $\vec{R}$ et $\vec{P}$ sont perpendiculaires à $\overrightarrow{AB}$ donc leur travail est nul.

2. $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos 0$ car $(\vec{F}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 0°$ d'où $W_{AB}(\vec{F}) = 250 \times 20 \times 1 = 5{,}0 \times 10^3$ J

$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = f \times AB \times \cos(180)$ car $(\vec{f}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 180°$ donc $W_{AB}(\vec{f}) = -5{,}0 \times 10^2$ J.

3. D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué entre A et B,

$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB}(\vec{F}) + W_{AB}(\vec{f})$ soit avec $v_A = 0$, $v_B = \sqrt{\frac{2 \times (W_{AB}(\vec{F}) + W_{AB}(\vec{f}))}{m}}$, soit $v_B = 5{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

›Forces conservatives et non-conservatives

14 **1.** L'intensité de la force dépend de l'étirement du ressort et donc de la position du système : la force n'est pas constante.

2. Par définition, une force conservative est une force dont la valeur du travail est indépendante du chemin suivi, donc la force de rappel est une force conservative.

15 **1. a.**

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} = \vec{P} \cdot (\overrightarrow{AH} + \overrightarrow{HB})$
$= \vec{P} \cdot \overrightarrow{AH} + \vec{P} \cdot \overrightarrow{HB} = W_{AH}(\vec{P}) + W_{HB}(\vec{P})$.

b. $(\vec{P}\ ;\ \overrightarrow{HB}) = 90°$ et $(\vec{P}\ ;\ \overrightarrow{AH}) = 180°$ donc $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AH} + \vec{P} \cdot \overrightarrow{HB} = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AH} = P \times AH \times \cos 180$
$= mg \times AH \times (-1) = -mg \times (z_H - z_A)$.

Puisque $z_H = z_B$, $W_{AB}(\vec{P}) = mg \times (z_A - z_B)$.

c. Le travail du poids ne dépend que de l'altitude z_A et z_B et non du chemin suivi. Le poids est donc une force conservative.

d. $W_{AB}(\vec{P}) = mg \times (z_A - z_B) < 0$ le travail du poids est résistant, le poids s'oppose au mouvement.

2. a. $\Delta E_{pp} = -W_{AB}(\vec{P})$

c'est-à-dire $E_{ppB} - E_{ppA} = mg \times (z_B - z_A) > 0$

b. Cette variation est positive car en augmentant son altitude, le système a emmagasiné une énergie en réserve appelée énergie potentielle. Cette énergie pourra être restituée ensuite par exemple en perdant de l'altitude.

c. $E_{ppB} - E_{ppA} = mgz_B - mgz_A$ donc on peut écrire $E_{pp} = mgz$ avec E_{pp} nulle à l'origine des z pour $z = 0$.

d. Cette expression n'est pas unique, elle est définie à une constante près car elle dépend du niveau de référence choisi.

b. Cette variation est positive car en augmentant son altitude, le système a emmagasiné une énergie en réserve appelée énergie potentielle. Cette énergie pourra être restituée ensuite par exemple en perdant de l'altitude.

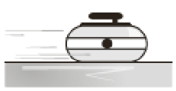
c. $E_{ppB} - E_{ppA} = mgz_B - mgz_A$ donc on peut écrire $E_{pp} = mgz$ avec E_{pp} nulle à l'origine des z pour $z = 0$.

d. Cette expression n'est pas unique, elle est définie à une constante près car elle dépend du niveau de référence choisi.

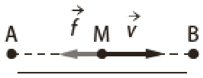
16 **1.** En prenant le niveau du sol pour niveau de référence, $E_{pp} = mgz = 18$ J.

2. En prenant le niveau du panier pour niveau de référence alors $E_{pp} = 0$ J.

17 **1. a.** et **b.** $\vec{v}$ et $\vec{f}$ sont de sens opposé.



schéma



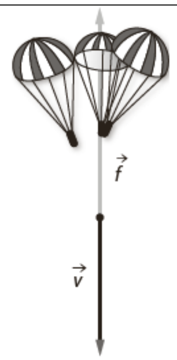
modélisation

2. $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = -f \times AB$ et $W_{AB}(\vec{f}) = -7{,}5$ J.

3. a. Sur un déplacement retour, $\vec{f}$ est d'intensité constante mais le vecteur change de sens car la force de frottement est de sens opposé au vecteur vitesse.
$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{BA} = -f \times AB$ soit $W_{AB}(\vec{f}) = -7{,}5$ J.

b. Si f est une force conservative, alors son travail ne dépend pas du chemin suivi.
Pour un aller-retour depuis A en passant par B, $W_{total} = -15$ J.
Pour un aller-retour jusqu'au milieu M de AB, le travail aurait été moitié moindre. Ainsi le travail dépend du chemin suivi et les forces de frottement sont non conservatives.

18 **1. a. et b.** $\vec{v}$ vertical orienté vers le sol et $\vec{f}$ vertical et de sens opposé.



2. a. $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = -f \times AB$.

b. En une minute soit 1/60e d'heure, $AB = 35 \times 10^3/60 = 583$ m soit $W_{AB}(\vec{f}) = -\ 1{,}3 \times 10^6$ J.

c. Le travail est négatif car la force s'oppose au mouvement.

20 **1. a.** Le tracé représentant l'énergie mécanique est en jaune sur le graphique. L'énergie potentielle de pesanteur est en violet, sa variation est proportionnelle à l'altitude du ballon. L'énergie cinétique est en bleu sur le graphique, elle diminue lors de la phase de montée du ballon puis augmente lors de la phase de descente.

b. L'énergie mécanique se conserve au cours du mouvement, donc il n'y pas de forces non conservatives modélisant une action mécanique lors du lancer.

2. La valeur de l'énergie mécanique est égale à 12 J environ.

22 **1. a.** Comme l'énergie potentielle diminue au cours du temps, l'étude énergétique représente la descente de l'enfant depuis la balançoire jusqu'au sol.

b. $\Delta E_{pp} = -\, mgh$ soit $h = \dfrac{-\Delta E_{pp}}{m \times g} = -\,1{,}4$ m. Le système était à une hauteur de 1,4 m au-dessus du sol.

2. a. L'enfant est soumis à des frottements dans le cas où l'énergie mécanique ne se conserve pas au cours du temps. Il s'agit du graphe représenté à droite.

b. S'exercent alors les actions mécaniques modélisées par le poids et les forces de frottement. Le poids est une force conservative mais pas les forces de frottement.

c. Le travail des forces non conservatives correspond à la variation d'énergie mécanique :
$\Delta E_m = \Delta E_{pp} = 280 - 400 = -\,120$ J.

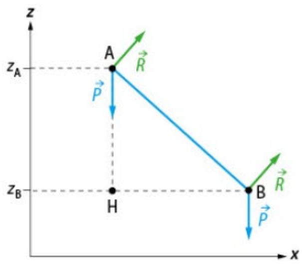
23 **Saut à ski**

1. Seuls le poids et la réaction sont à prendre en compte : $W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overrightarrow{AB}$ or $(\vec{R}\,;\,\overrightarrow{AB}) = 90°$ donc $\boldsymbol{W_{AB}(\vec{R}) = 0}$

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB}$ or $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AH} + \overrightarrow{HB}$, $(\vec{P}\,;\,\overrightarrow{HB}) = 90°$ et $(\vec{P}\,;\,\overrightarrow{AH}) = 0°$ donc

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AH} + \vec{P} \cdot \overrightarrow{HB} = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AH} = P \times AH \times \cos 0 = mg \times AH = mg \times (z_A - z_B)\,;$$

$\boldsymbol{W_{AB}(\vec{P}) = 75 \times 9{,}81 \times (107 - 66) = 3{,}0 \times 10^4}$ **J**.



Le travail du poids est **moteur** car son signe est **positif**.

2. La variation d'énergie cinétique d'un système qui se déplace d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux des forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'appliquent sur le solide lors de son déplacement : $\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB}(\vec{P})$

d'où $\frac{1}{2}mv_B^2 = W_{AB}(\vec{P})$ car $v_A = 0$. On en déduit l'expression $v_B = \sqrt{\dfrac{2 \times W_{AB}(\vec{P})}{m}}$ et $\boldsymbol{v_B = 28\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}}$.

QUELQUES CONSEILS

1. Schématiser la situation, nommer les points A et B. Tracer les axes et faire apparaître la hauteur et le point H.

Représenter l'angle entre les vecteurs réaction et déplacement.

Le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi.

24 **1.** Le poids et la réaction sont perpendiculaires au déplacement donc $W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overrightarrow{AB}$

or $(\vec{R}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 90°$ donc $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ J.

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB}$ or $(\vec{P}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 90°$ donc $W_{AB}(\vec{P}) = 0$ J.

$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$, $(\vec{F}\ ;\ \overrightarrow{AB}) = 20°$

donc $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos 20$.

2. La variation d'énergie cinétique d'un système qui se déplace d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux des forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'appliquent sur le solide lors de son déplacement :

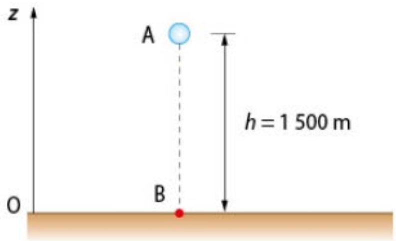
$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB}(\vec{F})$$

d'où $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos 20 = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$

d'où $F = \dfrac{m \times (v_B^2 - v_A^2)}{2 \times AB \times \cos(20)}$ et $F = 3{,}6$ N.

Cette intensité est faible donc on ne peut pas négliger les frottements.

25 **Chute de grêlons**



1. L'énergie cinétique du grêlon est responsable du dégât.

2. a. Le grêlon chute depuis sa position A vers la position B comme indiqué sur le schéma ci-contre. En l'absence de forces non-conservatives, l'énergie mécanique E_m est constante. $\mathbf{E_m(B) = E_m(A)}$.

b. L'E_m du grêlon en A est égale à E_c : $E_m(A) = E_{pp}(A) + E_c(A)$. La chute du système s'effectue sans vitesse initiale, donc $\mathbf{E_c(A) = 0}$ **J**.

Soit $E_m(A) = E_{pp}(A) = mgz(A) = mgh$; $\mathbf{E_m(A)} = 13{,}0 \times 10^{-3} \times 9{,}81 \times 1\,500 = \mathbf{1{,}91 \times 10^2}$ **J**.

c. Comme $z(B) = 0$, $E_{pp}(B) = 0$ J et $E_m(B) = E_c(B) = \frac{1}{2}mv_B^2$.

donc : $v_B = \sqrt{\dfrac{2 \times E_m(B)}{m}} = \sqrt{\dfrac{2 \times E_m(A)}{m}} = \sqrt{2gh}$ soit $\mathbf{v_B = 172\ m \cdot s^{-1} = 618\ km \cdot h^{-1}}$.

d. Cette vitesse est bien supérieure à la vitesse mesurée en réalité car il faut prendre en compte l'action mécanique de l'air sur le système modélisée par des **forces non-conservatives**.

3. $\Delta E_m = W_{AB}(\vec{f})$ soit, si v'_B est la vitesse mesurée :

$$\mathbf{W_{AB}(\vec{f})} = E_m(B) - E_m(A) = \frac{1}{2}mv'^2_B - E_m(A) = \mathbf{-\ 178\ J}.$$

QUELQUES CONSEILS

1. Faire un schéma de la situation en nommant les points de départ et d'arrivée au cours du déplacement.

2. Identifier les cas où l'énergie mécanique se conserve ou pas.

3. Utiliser les unités du système international pour appliquer les formules.

26 **1.** En l'absence de frottement, il y a conservation de l'énergie mécanique entre le point A et le point C correspondant à l'arrêt du système (pour $v_C = 0$).

$E_{mC} = E_{mA}$ d'où $mg(z_C - z_A) = \frac{1}{2}mv_A^2$ ce qui donne $z_C = \dfrac{v_A^2}{2g}$ et $z_C = 1{,}3$ m.

Diana remontera bien la rampe intégralement.

2. En présence de frottement, le système Diana pour entrer en jeu doit atteindre l'altitude z_B du point B avec une vitesse $v_B = 0$ m · s^{-1} :

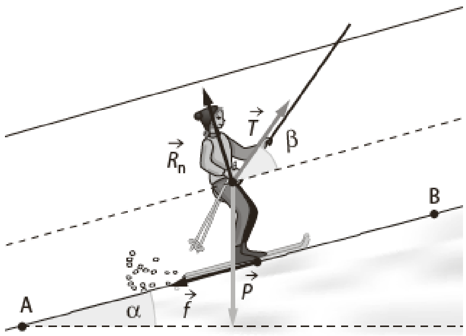
$$\Delta E_m = E_{mB} - E_{mA} = E_{ppB} - E_{cA} = mgz_B - \frac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB}(\vec{f})$$

Ce qui donne : $W_{AB}(\vec{f}) = -135$ J. Or $W_{AB}(\vec{f}) = -f \cdot AB$

soit $f = \dfrac{-W_{AB}(\vec{f})}{AB}$ $f = 42$ N.

La force ne doit pas dépasser 42 N.

28 **1. a.** Le skieur est soumis au poids $\vec{P}$, à la force de traction $\vec{T}$, à la réaction $\vec{R}$ de la piste et une force de frottement $\vec{f}$.



b. Le mouvement est rectiligne uniforme. D'après le principe d'inertie, la résultante des forces est nulle.

c. $W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{f}) + W_{AB}(\vec{T}$
$= \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} + \vec{R} \cdot \overrightarrow{AB} + \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} + \vec{T} \cdot \overrightarrow{AB}$
$= (\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} + \vec{T}) \cdot \overrightarrow{AB} = \vec{0} \cdot \overrightarrow{AB} = 0.$

2. $\vec{T}$ fournit un travail moteur, $\vec{R}$ ne travaille pas, $\vec{f}$. et $\vec{P}$ fournissent un travail résistant.

3. a. En notant A le bas de la piste, B le sommet, on a : $z_A - z_B = - L \cdot \sin\alpha = - 112$ m.

b. $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = - 9{,}4 \times 10^4$ J.

$W_{AB}(\vec{T}) = T \times AB \times \cos\beta$ car $(\vec{F}\ ;\ \overrightarrow{AB})$

$= \beta \cdot W_{AB}(\vec{T}) = 1{,}1 \times 10^5$ J.

$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = - f \times AB$.

$W_{AB}(\vec{R}) = 0$ J.

c. Puisque la somme des travaux des forces est nul :

$W_{AB}(\vec{f}) = -(W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + +W_{AB}(\vec{T})) = - f \times AB$

d'où $f = \dfrac{W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{T})}{AB} = 59$ N.

31 **1. a.** L'énergie initiale est sous forme d'énergie potentielle de pesanteur.

$E_{pp}(0) = mgh_0 = 0{,}049$ J.

b. Elle est transférée sous forme d'énergie cinétique.

2. a. E_c est nulle à l'origine, E_{pp} est maximale à $t = 0$ et E_m est constante.

b. E_m se conserve car les forces de frottements sont négligeables devant l'action du poids.

c. $E_m = E_{pp}(0) = mgz_0$; $E_m = 0{,}049$ J.

34 **1. a.** $z_A = - L \cos\alpha_A$ et $z_B = - L \cos\alpha_B$

b. $E_{ppA} = - mg\, L \cos\alpha_A$ et $E_{ppA} = - mg\, L \cos\alpha_B$

2. a. $E_{mA} = E_{ppA} + E_{cA} = - mgL \cos\alpha_A + \dfrac{1}{2} mv_A^2$

et $E_{mB} = E_{ppB} + E_{cB} = - mgL \cos\alpha_B$ car $E_{cB} = 0$ J.

b. Les frottements étant négligeables, l'énergie mécanique du pendule se conserve au cours de son mouvement. Il vient donc : $E_{mA} = E_{mB}$ soit :

$- mgL \cos\alpha_A + \dfrac{1}{2} mv_A^2 = - mgL \cos\alpha_B$

$- gL \cos\alpha_A + \dfrac{1}{2} mv_A^2 = - gL \cos\alpha_B$

$\cos\alpha_B = \cos\alpha_A - \dfrac{v_A^2}{2\,gL}$

$\cos\alpha_B = 0{,}61$ soit $\alpha_B = 52°$.

35 **› Démarche élémentaire**

1. Au cours du mouvement de la balle, une partie de l'énergie cinétique est convertie en énergie potentielle de pesanteur. L'autre partie est dissipée par les frottements.

2. $W_{AC}(\vec{f}) = - f \cdot AC = - \dfrac{mg}{5} \times AC \times \sin\alpha$ par hypothèse.

3. a. $\Delta E_m = E_{mC} - E_{mA} = E_{pC} - E_{cA}$

$= mg \times AC \times \sin(\alpha) - \dfrac{1}{2} mv_A^2$.

b. $\Delta E_m = W_{AC}(\vec{f})$ d'où $mg \times AC \times \sin\alpha - \dfrac{1}{2} mv_A^2$

$= - \dfrac{mg}{5} \times AC \times \sin\alpha$

$- \dfrac{1}{2} mv_A^2 = - \dfrac{mg}{5} \times AC \times \sin\alpha - mg \times AC \times \sin\alpha$

$\dfrac{1}{2} mv_A^2 = \dfrac{6\,mg}{5} \times AC \times \sin\alpha$

$AC = \dfrac{5 v_A^2}{12\, g \times \sin\alpha}$

AC = 4,4 m. La balle n'atteint pas le trou. Elle s'arrête à 0,6 m du trou.

› Démarche avancée

Soit C le point atteint par la balle lorsque son mouvement cesse. La variation d'énergie mécanique entre A et C est égale au travail des forces de frottement qui modélisent les actions mécaniques qui s'exercent entre A et C.

$\Delta E_m = E_{mC} - E_{mA} = E_{pC} - E_{cA}$

$= mg \times AC \times \sin\alpha - \dfrac{1}{2} mv_A^2$

Or $\Delta E_m = W_{AC}(\vec{f})$

d'où $mg \times AC \times \sin\alpha - \dfrac{1}{2} mv_A^2 = - \dfrac{mg}{5} \times AC \times \sin\alpha$

$AC = \dfrac{5 v_A^2}{12\, g \times \sin\alpha}$

AC = 4,4 m. La balle n'atteint pas le trou. Elle s'arrête à 0,6 m du trou.