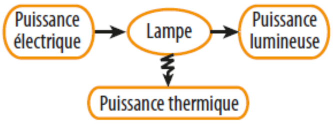
Corrigé de la série 20 exos- Chapitre 14-15-16

Exercice 1 : Lampe à incandescence

1.



2. Le rendement η est défini par $\eta = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{exploitable}}}{\mathcal{P}_{\text{entrée}}}$.

Pour le convertisseur lampe, la puissance d'entrée est une puissance électrique ; la puissance exploitable est une puissance lumineuse.

Le rendement de la lampe a pour expression : $\eta = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{lumineuse}}}{\mathcal{P}_{\text{électrique}}}$

3. Sur la caractéristique de la lampe, pour $U = 110$ V, on relève $I = 0{,}74$ A.

$\mathcal{P}_{\text{électrique}} = U \times I = 110 \text{ V} \times 0{,}74 \text{ A} = 81$ W.

La puissance électrique reçue par la lampe lors de son fonctionnement est 81 W.

4. $\eta_{\text{lampe}} = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{lumineuse}}}{\mathcal{P}_{\text{électrique}}} = \dfrac{2{,}9 \text{ W}}{81 \text{ W}} = 0{,}036$ soit 3,6%.

Le rendement de conversion de la lampe est 3,6 %.

5. Le rendement est très faible, une puissance lumineuse très faible par rapport à la puissance d'entrée. On comprend que ces ampoules aient été retirées du marché.

Exercice 2 : Une grue en jouet

1. La caractéristique $U = f(I)$ est représentative d'une fonction affine telle que $U = rI + E'$ où r est le coefficient directeur de la droite et E' l'ordonnée à l'origine.

2. Soient deux points de la droite éloignés de coordonnées A(0 ;4,30) et B(0,10 ;4,50).

On a : $r = \dfrac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = \dfrac{4{,}30 \text{ V} - 4{,}50 \text{ V}}{0 \text{ A} - 0{,}10 \text{ A}} = 2{,}0\ \Omega$.

On relève $E' = 4{,}3$ V.

La caractéristique du moteur de cette grue s'écrit $U = 2{,}0\, I + 4{,}3$.

3. a. D'après la caractéristique du moteur, avec $I = 0{,}100$ A il vient $U = 2{,}0\ \Omega \times 0{,}100 \text{ A} + 4{,}3 \text{ V} = 4{,}5$ V.

On relève également $U = 4{,}50$ V par lecture graphique.

b. $\mathcal{E}_{\text{élec}} = U \times I \times \Delta t = 4{,}5 \text{ V} \times 0{,}100 \text{ A} \times 3{,}00 \text{ s} = 1{,}4$ J.

Le moteur reçoit une énergie de 1,4 J.

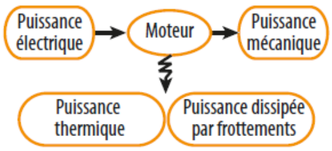
c. $\mathcal{E}_J = r \times I^2 \times \Delta t = 2{,}0\ \Omega \times 0{,}100^2 \text{ A}^2 \times 3{,}00 \text{ s} = 6{,}0 \times 10^{-2}$ J.

L'énergie dégradée par effet Joule est $6{,}0 \times 10^{-2}$ J.

d. Pour soulever la charge, il faut fournir au minimum l'énergie égale à

$\mathcal{E}_{\text{méca}} = m \times g \times h = 50{,}0 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 9{,}81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 0{,}500 \text{ m} = 0{,}245$ J.

4.



5. Par définition, le rendement est : $\eta = \dfrac{\mathcal{P}_{\text{exploitable}}}{\mathcal{P}_{\text{entrée}}}$

$P_{\text{exploitable}} = P_{\text{méca}} = \dfrac{\mathcal{E}_{\text{méca}}}{\Delta t}$

et $P_{\text{entrée}} = P_{\text{élec}} = \dfrac{\mathcal{E}_{\text{élec}}}{\Delta t}$

Il vient $\eta = \dfrac{\mathcal{E}_{\text{méca}}}{\mathcal{E}_{\text{élec}}} = \dfrac{0{,}245 \text{ J}}{1{,}4 \text{ J}} = 0{,}18$ ou 18%.

Exercice 3 : Rendement d'une éolienne

a La puissance mécanique reçue par l'éolienne est $P_m = Kv^3$, soit $P_m = 350 \times 15{,}0^3 = 1{,}18 \times 10^6$ W, ou encore $P_m = 1{,}18$ MW.

b La puissance mécanique reçue par l'éolienne est P_m et la puissance électrique qu'elle délivre est $P_é$.

Son rendement s'écrit donc : $\eta = \dfrac{P_é}{P_m}$

La puissance électrique délivrée est donc :

$P_é = \eta P_m$ soit $P_é = 0{,}810 \times 1{,}18 = 0{,}957$ MW

c L'énergie mécanique qui n'a pas été convertie sous forme électrique a été convertie sous forme thermique du fait des frottements entre les différentes parties mobiles de l'éolienne, et du fait de l'effet Joule dans les circuits internes de l'éolienne.

Exercice 4 : Production industrielle de l'aluminium

Questions préliminaires

a. Les ions positifs se déplacent vers l'électrode reliée au pôle négatif du générateur. Les ions négatifs se déplacent en sens opposé. Les électrons dans les fils sortent de la borne moins du générateur et entrent dans la borne plus.

b. Les demi-réactions se produisant à chaque électrode sont :

$Al^{3+} + 3\ e^- = Al$ $\qquad$ $2\ O_2^- = O_2 + 4\ e^-$

L'équation de formation globale de l'aluminium s'écrit en équilibrant le nombre d'électrons échangés : $\quad 4\ Al^{3+} + 6\ O_2– \longrightarrow 4\ Al + 3\ O_2$

Problème

On veut produire m = 1,00 tonne d'aluminium. La quantité de matière d'aluminium correspondant à la masse désirée est : $\quad n = \dfrac{m}{M_{Al}} = 37{,}0 \times 10^3$ mol

Or la formation de chaque atome d'aluminium nécessite trois électrons d'après la demi-équation de réaction. On déduit le nombre d'électrons échangés pendant la fabrication :

$N_e = 3n\,N_A = 6{,}69 \times 10^{28}$

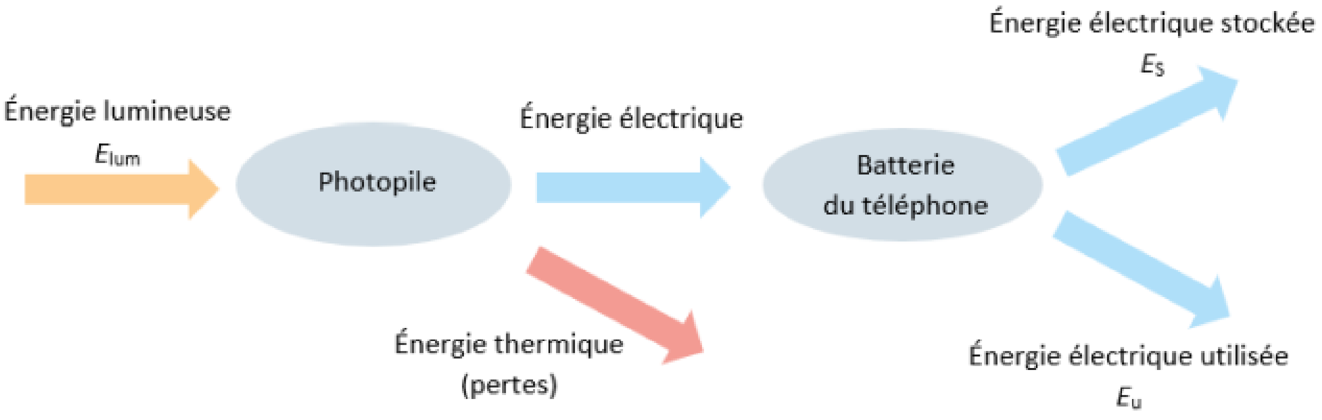
Ce qui correspond à une charge électrique totale (en valeur absolue) :

$Q = e\ N_e = 1{,}07 \times 10^{10}$ C

Pour avoir la durée nécessitant un tel transfert, il faut calculer l'intensité du courant. On la déduit à partir de la tension et de la puissance de l'électrolyseur :

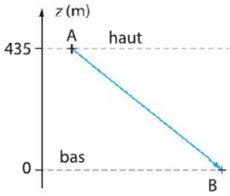
$$I = \frac{1{,}5 \times 10^6}{5{,}0} = 3{,}0 \times 10^5 \text{ A}$$

On déduit enfin la durée de l'électrolyse : $\quad \Delta t = \dfrac{Q}{I} = 3{,}6 \times 10^4 \text{ s} = 10 \text{ h}$



Exercice 5 : Le record de vitesse en ski

1. On trace un axe Oz vertical ascendant.
La coordonnée *z* du skieur en haut de la piste est 435 m.
L'énergie potentielle du skieur en haut de la piste est : $\mathscr{E}_{p_A} = m \times g \times z_A$
$\mathscr{E}_{p_A} = 90\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 435\ \text{m} = 3{,}8 \times 10^5\ \text{J}$
L'énergie potentielle en A est $3{,}8 \times 10^5$ J.



2.a. Le travail du poids est ici positif car lors d'une descente, cette force est une force motrice : $W_{A \to B}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$.
Le travail de la force $\vec{R}$ est ici nul car lors de ce mouvement, cette force est une force perpendiculaire à $\overrightarrow{AB}$: $W_{A \to B}(\vec{R}) = 0$ J.

b. D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué au skieur dans le référentiel terrestre, entre la position initiale A et la position finale B :

$$\mathscr{E}_{c_B} - \mathscr{E}_{c_A} = W_{A \to B}(\vec{P}) + W_{A \to B}(\vec{R})$$

D'après les données du texte :
- $v_A = 0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: « *Parti sans vitesse initiale du haut de la piste* ».
- $z_A - z_B = 435$ m : « *dénivellation de 435 m* ».

L'application du théorème de l'énergie cinétique au système étudié conduit à

$$\mathscr{E}_{c_B} - \mathscr{E}_{c_A} = W_{A \to B}(\vec{P}) + W_{A \to B}(\vec{R})$$

$$\frac{1}{2} m \times v_B^2 - \frac{1}{2} m \times v_A^2 = m \times g \times (z_A - z_B) + 0$$

En simplifiant par *m*, il vient $\frac{1}{2} {v_B}^2 - \frac{1}{2} {v_A}^2 = g \times (z_A - z_B)$

La relation précédente se ramène à $\frac{1}{2} {v_B}^2 - 0 = g \times (z_A - z_B)$ car $v_A = 0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Soit $v_B = \sqrt{2g \times (z_A - z_B)}$,

ce qui donne $v_B = \sqrt{2 \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 435\ \text{m}}$ soit $v_B = 92{,}4\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.a. On peut supposer que les frottements ne sont pas négligeables, ce qui entraine une diminution de l'énergie mécanique.

b. La variation de l'énergie mécanique est alors $\mathscr{E}_{m_B} - \mathscr{E}_{m_A} = W_{A \to B}(\vec{f})$ donc :

$$\frac{1}{2} m \times v_B^2 + m \times g \times z_B - \frac{1}{2} m \times v_A^2 - m \times g \times z_A = -f \times AB$$

Donc $f = - \dfrac{\frac{1}{2} m \times (v_B^2 - v_A^2) + m \times g \times (z_B - z_A)}{AB}$

$$f = - \frac{\frac{1}{2} \times 90\ \text{kg} \times (70{,}8^2 - 0^2)(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2 + 90\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \times (0 - 435)\ \text{m}}{1400\ \text{m}} = 1{,}1 \times 10^2\ \text{N}$$

Les forces de frottements, supposées constantes, ont une valeur de $1{,}1 \times 10^2$ N.

Exercice 6 : Quel saut !

1. a. Entre sa position initiale, que nous noterons A et sa position finale, que nous noterons B, la variation d'énergie potentielle de pesanteur de Luke AIKINS est :

$$\Delta\mathscr{E}_{p_{A \to B}} = - W_{A \to B}(\vec{P}) = - m \times g \times (z_A - z_B)$$

b. La différence $z_A - z_B$ est la « hauteur de chute », elle est égale à 7 600 m.
La variation d'énergie potentielle de pesanteur est donc égale à :

$$\Delta\mathscr{E}_{p_{A \to B}} = - 80{,}0\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 7600\ \text{m}$$
$$= - 5{,}96 \times 10^6\ \text{J}$$

2. a. Lors d'une chute libre le système n'est soumis qu'à son poids. L'énergie mécanique du système se conserve et on peut écrire $\mathscr{E}_{mA} = \mathscr{E}_{mB}$ ou $-\Delta\mathscr{E}_{m_{A \to B}} = 0$ J.

Ainsi : $\Delta\mathscr{E}_{c_{A \to B}} = - \Delta\mathscr{E}_{p_{A \to B}} = 5{,}96 \times 10^6$ J.

b. La variation d'énergie cinétique $\Delta\mathscr{E}_{c_{A \to B}}$ est égale à :

$$\Delta\mathscr{E}_{c_{A \to B}} = \frac{1}{2} m \times v_B^2 - \frac{1}{2} m \times v_A^2$$

Comme la vitesse initiale est nulle, il vient : $\Delta\mathscr{E}_{c_{A \to B}} = \frac{1}{2} m \times v_B^2$

Donc : $v_B = \sqrt{\dfrac{2 \times \Delta\mathscr{E}_{cA \to B}}{m}}$ $\quad v_B = \sqrt{\dfrac{2 \times 5{,}96 \times 10^6\ \text{J}}{80{,}0\ \text{kg}}}$

$v_B = 386\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

3. La valeur réelle de la vitesse est inférieure à celle que l'on obtiendrait avec une chute libre. Les forces de frottement, non conservatives, ne sont donc pas négligeables. Ce sont elles qui freinent la chute.

Exercice 7 : Le pendule de Newton

1.a. Théorème de l'énergie cinétique : la variation d'énergie cinétique d'un système est égale à la somme des travaux de toutes les forces appliquées au système :

$$\Delta\mathscr{E}_c = \sum_i W_{A \to B}(\vec{F_i})$$

b. Seul le poids travaille donc :
$\Delta\mathscr{E}_c = W_{A \to B}(\vec{P})$
Donc

$$\frac{1}{2} m \times v_B^2 - \frac{1}{2} m \times v_A^2 = m \times g \times (z_A - z_B)$$

On lâche la boule de la position A. Sachant que la vitesse initiale au point A est nulle, on en déduit la valeur de la vitesse v_B au point B :

$$\frac{1}{2} m \times v_B^2 = m \times g \times (z_A - z_B)$$

Soit :

$$v_B = \sqrt{2\ g \times (z_A - z_B)}$$

Application numérique :
$v_B = \sqrt{2 \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 16{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}}$
$v_B = 1{,}77\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

2. Toute l'énergie est transmise sans perte, successivement aux autres boules du pendule. L'énergie cinétique de la dernière boule lorsqu'elle se met en mouvement est donc :

$$\mathscr{E}_c = \frac{1}{2} m \times v^2$$

$$\mathscr{E}_c = \frac{1}{2} \times 0{,}100\ \text{kg} \times (1{,}77\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2$$

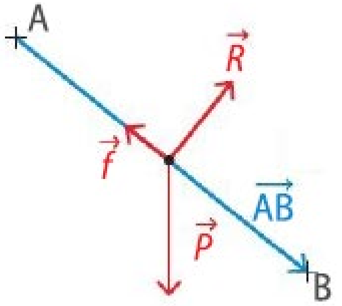
$$\mathscr{E}_c = 1{,}57 \times 10^{-1}\ \text{J}$$

3. Dans cette hypothèse, l'énergie cinétique de la boule étant intégralement convertie en énergie potentielle de pesanteur, la dernière boule remonte à 16 cm au-dessus de sa position initiale.

4. L'action de l'air sur le système et une dissipation de l'énergie lors des chocs peuvent expliquer l'arrêt progressif des mouvements.

Exercice 8 : Benne basculante

a Le système subit :

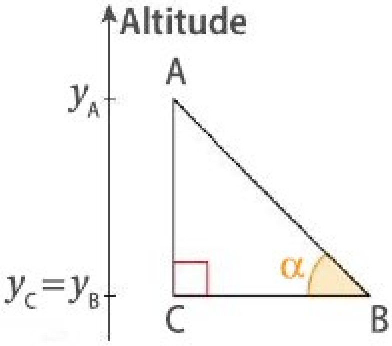


– son poids $\vec{P}$, vertical vers le bas ;

– les frottements de la benne $\vec{f}$, parallèles à la benne, vers le haut ;

– la réaction normale de la benne $\vec{R}$, perpendiculaire à cette dernière, vers le haut.

b Le travail du poids vaut $W_{AB}(\vec{P}) = mg(y_A - y_B)$, avec y_A l'altitude du point A et y_B celle du point B.



Avec les notations du schéma ci-contre,

on a $y_C = y_B$ et $\sin(\alpha) = \dfrac{AC}{AB}$,

ce qui donne $y_A - y_C = y_A - y_B = AB \times \sin(\alpha)$,

puis $W_{AB}(\vec{P}) = mg \times AB \times \sin(\alpha)$.

On sait que le travail des frottements vaut $W_{AB}(\vec{f}) = -f \times AB$.

La réaction normale de la benne étant constamment perpendiculaire au mouvement, elle ne travaille pas : $W_{AB}(\vec{R}) = 0$

c Le théorème de l'énergie cinétique entre A et B s'écrit :

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{f}) + W_{AB}(\vec{R})$$

avec $E_c(A)$ et $E_c(B)$ les énergies cinétiques du parpaing respectivement en A et en B.

Le parpaing est immobile en A, et $\vec{R}$ ne travaille pas, donc cela s'écrit aussi :

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = mg \times AB \times \sin(\alpha) - f \times AB$$

En divisant les deux membres par m et en les multipliant par 2, on obtient :

$$v_B^2 = 2\left(g \times AB \times \sin(\alpha) - \frac{f}{m} \times AB\right)$$

Puis $v_B = \sqrt{2\,AB\left(g\sin(\alpha) - \dfrac{f}{m}\right)}$

L'application numérique donne :

$$v_B = \sqrt{2 \times 4{,}0\left(9{,}81 \times \sin(45°) - \frac{20}{15}\right)} = 6{,}7\ \text{m·s}^{-1}$$

Exercice 9 : Distances d'arrêt et limitations de vitesse

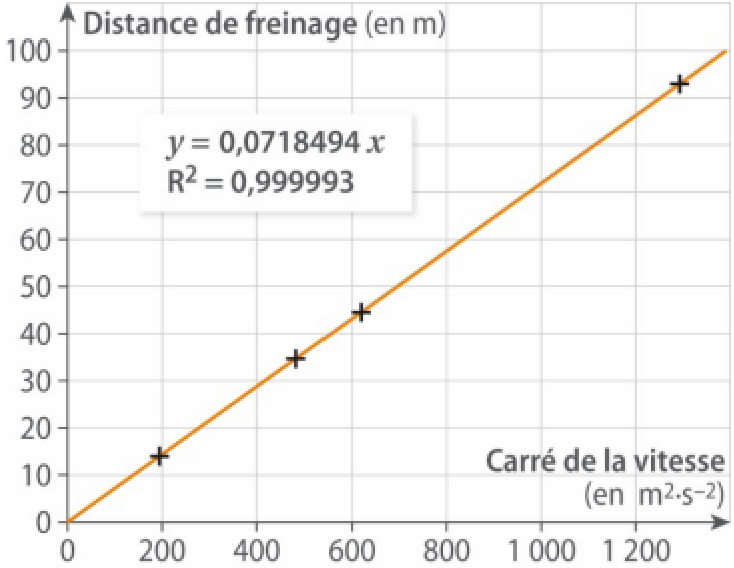
Questions préliminaires

a. On convertit les vitesses en mètres par seconde.

Vitesse en $km \cdot h^{-1}$	Vitesse en $m \cdot s^{-1}$	Distance parcourue en 1 s
50	14	14
80	22	22
90	25	25
130	36	36

Les valeurs des distances parcourues pendant le temps de réaction sont confirmées.

b.



Problème

La voiture subit son poids $\vec{P}$, vertical vers le bas, la réaction $\vec{R}$ de la route, verticale vers le haut, et la force de frottement $\vec{f}$, horizontale, opposée au mouvement.

P et R étant perpendiculaires au mouvement, elles ne travaillent pas.

Le travail de f avant arrêt vaut $W_{d_f} = -f\,d_f$.

Entre le début du freinage et l'arrêt de la voiture, le théorème de l'énergie cinétique donne :

$$-\frac{1}{2}mv^2 = W_{d_f} = -f\,d_f \qquad \text{d'où } d_f = \frac{m}{2f}v^2.$$

On trace d_f en fonction de v^2 et on obtient une droite passant par l'origine, dont le coefficient directeur vaut $a = 0{,}072$ USI.

Par identification, $a = \dfrac{m}{2f}$ et donc $\dfrac{f}{m} = \dfrac{1}{2a} = \dfrac{1}{2 \times 0{,}072} = 6{,}9\ N \cdot kg^{-1}$.

Le coefficient de frottement entre les pneus et la route vaut donc :

$$\mu = \frac{f}{P} = \frac{f}{mg} = \frac{1}{g} \times \frac{f}{m} = \frac{0{,}69}{9{,}81} = 0{,}71$$

D'après le **doc. 3**, la route est donc sèche.

Remarque Si la route n'est pas sèche, la distance d'arrêt est encore plus grande.

Exercice 10 : Distances d'arrêt et limitations de vitesse

a Puisque le niveau de l'eau est choisi comme référence, alors l'énergie potentielle de pesanteur initiale de la boule s'écrit $E_{pp0} = mgh$.

On en déduit $h = \frac{E_{pp0}}{mg}$. Or à l'instant initial, l'énergie potentielle de pesanteur de la boule est $E_{pp0} = 60$ J. On en déduit $h = \frac{60}{0{,}700 \times 9{,}81} = 8{,}7$ m.

b L'énergie cinétique de la boule à l'entrée dans l'eau ($t = 1{,}15$ s) s'écrit

$E_{c,eau} = \frac{1}{2} m v_{eau}^2$. On en déduit que $v_{eau}^2 = 2\frac{E_{c,eau}}{m}$, puis $v_{eau} = \sqrt{\frac{2E_{c,eau}}{m}}$.

Or, d'après le graphique à $t = 1{,}15$ s, $E_{c,eau} = 60$ J.

Application numérique : $v_{eau} = \sqrt{\frac{2 \times 60}{0{,}700}} = 13\ m \cdot s^{-1}$.

c La courbe de l'énergie mécanique est constante au début du mouvement, de $t = 0$ s à $t = 1{,}15$ s. L'action de l'air (frottements notamment) n'est donc pas perceptible sur ce graphique.

À partir de $t = 1{,}15$ s, E_m diminue. C'est à cet instant que la boule entre dans l'eau : l'action de l'eau est perceptible.

Les frottements $\vec{f}$ sont la seule force non conservative qui travaille.

D'après le théorème de l'énergie mécanique, la variation de E_m de la boule entre le point A (entrée dans l'eau à $t = 1{,}15$ s) et le point B (position à $t = 2{,}0$ s) est égale au travail des frottements :

$\Delta E_m = W_{AB}(\vec{f})$ soit $W_{AB}(\vec{f}) = E_m(B) - E_m(A) = 30 - 60 = -30$ J.

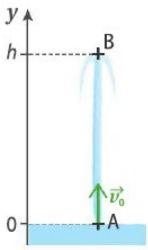
Exercice 11 : Jet d'eau

a • Système étudié : la goutte d'eau de masse m modélisée par un point matériel.

• Référentiel d'étude : le référentiel terrestre supposé galiléen.

• Bilan des forces subies par la goutte : d'après l'énoncé, elle subit uniquement son poids.

• Le système n'est soumis à aucune force non conservative donc d'après le théorème de l'énergie mécanique, l'énergie mécanique est conservée, elle est donc constante.



b • On appelle A le point d'éjection de la goutte.

On appelle B le point le plus haut atteint.

La conservation de l'énergie mécanique E_m de la goutte entre A et B s'écrit :

$$E_m(A) = E_m(B)$$

• Le point A est choisi comme origine de l'axe vertical. En A, l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp}(A)$ de la goutte est choisie nulle. Comme en A, la vitesse de la goutte est v_0, son énergie cinétique est $E_c(A) = \frac{1}{2} m v_0^2$.

L'énergie mécanique de la goutte en A est donc :

$$E_m(A) = E_c(A) + E_{pp}(A) = \frac{1}{2} m v_0^2$$

• En B, l'eau cesse de monter avant de redescendre, donc sa vitesse est nulle. Son énergie cinétique $E_c(B)$ est donc nulle. L'énergie potentielle de pesanteur de la goutte en B est $E_{pp}(B) = mgh$. L'énergie mécanique de la goutte en B est donc :

$$E_m(B) = E_c(B) + E_{pp}(B) = mgh$$

• La conservation de l'énergie mécanique $E_m(A) = E_m(B)$ donne l'égalité :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = mgh$$

On en déduit $\frac{1}{2} v_0^2 = gh$ puis $v_0^2 = 2gh$ soit enfin $v_0 = \sqrt{2gh}$.

c On calcule $v_0 = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 140} = 52{,}4\ m \cdot s^{-1}$, soit $v_0 = 189\ km \cdot h^{-1}$.

C'est un peu inférieur aux 200 $km \cdot h^{-1}$ annoncés.

Mais l'énoncé précise que 140 m est une hauteur *moyenne* atteinte.

S'il y a une autre force que le poids qui s'applique à l'eau, par exemple les frottements de l'air, alors l'énergie mécanique n'est pas conservée.

Et s'il y a du vent, le jet n'est pas vertical, comme le montre la photo.

Exercice 12 : Records en ski

Question préliminaire

Plus la zone d'élan est pentue, plus la vitesse acquise est élevée : l'hypothèse **b** est plus favorable que l'hypothèse **a**.

Si tout frottement est négligé, alors l'énergie mécanique du skieur est conservée, ce qui maximise sa vitesse acquise : les hypothèses **c** et **d** sont favorables.

Problème

On étudie un sportif de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen. En imaginant que l'équipement et la posture du sportif soient optimisés, négligeons tout frottement.
Le sportif subit alors seulement son poids et la réaction du sol, perpendiculaire au sol.

D'après le théorème de l'énergie mécanique, son énergie mécanique est donc constante au cours de son mouvement.

Appelons A le point de départ du sportif et B, sa position après la phase d'élan. La longueur de la piste est AB = 550 m **(doc. 2)**.
Dans le meilleur des cas, toute la piste d'élan est inclinée à 98 % (hypothèse **b**) et forme un angle α avec l'horizontale, tel que $\tan(\alpha) = 0{,}98$, soit $\alpha = 44°$.

Le dénivelé entre A et B est donc $h = y_A - y_B = AB \sin(\alpha) = 3{,}8 \times 10^2$ m.

L'énergie mécanique du sportif en A est $E_m(A) = mg\,y_A$.

Le sportif a acquis une vitesse v_f à l'issue de la phase d'élan, en B.

Son énergie mécanique en B est $E_m(B) = \frac{1}{2} m v_f^2 + mg\,y_B$.

La conservation de l'énergie mécanique s'écrit $E_m(B) = E_m(A)$, d'où $\frac{1}{2} m v_f^2 + mg\,y_B = mg\,y_A$.

$\frac{1}{2} m v_f^2 = mg\,(y_A - y_B) = mgh$

D'où $v_f^2 = 2gh$ ce qui donne $v_f = \sqrt{2gh}$.

Application numérique : $v_f = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 3{,}8 \times 10^2} = 86{,}9 \text{ m·s}^{-1} = 313 \text{ km·h}^{-1}$

Avec les hypothèses fortes qu'on a faites, il resterait la possibilité d'augmenter le record de près de 60 km·h⁻¹. Mais cela nécessite d'éliminer tous les frottements, de l'air comme du sol, ce qui est peu réaliste.
L'hypothèse que toute la piste d'élan est inclinée à 98 % est certainement aussi une hypothèse trop favorable.

Exercice 13 : Célérité d'une onde ultrasonore

1. Sur l'oscillogramme, on mesure qu'une période des ondes ultrasonores correspond à 5,0 divisions et qu'une division correspond à 5 µs.
On a donc $T = 5{,}0 \times 5\ \mu s = 25\ \mu s = 25 \times 10^{-6}$ s.
2. La distance d correspond à 10 longueurs d'onde puisque les maxima des deux courbes se sont retrouvés confondus 10 autres fois.
On a donc $\lambda = \frac{d}{10} = \frac{8{,}5 \text{ cm}}{10} = 0{,}85 \text{ cm} = 8{,}5 \times 10^{-3}$ m.
3. a. $v = \frac{\lambda}{T}$.

b. $v = \frac{8{,}5 \times 10^{3} \text{ m}}{25 \times 10^{-6} \text{ s}} = 340 \text{ m·s}^{-1}$.
La célérité de l'onde ultrasonore dans l'air est 340 m·s⁻¹.

Exercice 14 : Le télémètre à pointeur laser

1. La variation du signal sur la courbe rouge correspond à la réception de lumière.
Les variations du signal sur la courbe violette correspondent à la réception d'ultrasons.
Les variations du signal sur la courbe bleue correspondent à l'émission d'ultrasons.
2. On lit, sur le graphique donné, une durée entre l'émission et la réception du signal de 15 ms.
Pendant cette durée, le signal parcourt 5,1 m.
On a $v = \frac{d}{\Delta t}$.
Donc $v = \frac{5,1\ \text{m}}{15\ \text{s}} = 3,4 \times 10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
Cette célérité correspond à celle des sons et ultrasons dans l'air.
3. On peut supposer que le laser sert de viseur pour indiquer la distance que mesure le télémètre.

Exercice 15 : Microphone et signal

1. Il s'agit d'une représentation temporelle (temps en abscisse).
Ce signal a pour amplitude 200 mV et pour période 2,0 ms.
2. La célérité du son est donnée et $v = \frac{\lambda}{T}$ d'où $\lambda = v \times T = 330\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \times 2,0 \times 10^{-3}\ \text{s} = 6,6 \times 10^{-1}$ m.
La longueur d'onde des ondes sonores est $6,6 \times 10^{-1}$ m.
3. La célérité du son a changé mais pas sa fréquence ni sa période; la longueur d'onde a donc changé, l'amplitude également a pu changer.

Exercice 16 : Onde progressive le long d'une corde

a À l'instant t_1 le début de la perturbation est en A, à l'instant t_2 il est en B. Donc le retard entre ces deux points est $\tau_{AB} = t_2 - t_1$,
soit $\tau_{AB} = 0,41 - 0,14 = 0,27$ s.

b La distance séparant A et B est $AB = 7,5\ \text{cm} = 7,5 \times 10^{-2}$ m.
La célérité de l'onde est donc $v = \frac{AB}{\tau_{AB}}$,
soit $v = \frac{7,5 \times 10^{-2}}{0,27} = 0,28\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

c Le chronomètre étant déclenché au moment de la création de la perturbation sur la corde, la distance entre la source S et le point A est $SA = vt_1$
soit $SA = 0,28 \times 0,14 = 3,9 \times 10^{-2}$ m, soit 3,9 cm.

Exercice 17 : Émission-Réception

a. Le retard de l'onde sonore entre les deux micros :
$\tau_{12} = t_2 - t_1 = 2,4 - 1,2 =$ **1,2 ms.**
b. La distance d séparant les deux micros :
$d = v \times \tau_{12} = 340 \times 1,2 \times 10^{-3} =$ **0,41 m.**

c. La distance entre le bip et le premier micro :
$\Delta t = 1,2 - 0 =$ **1,2 ms.**
$d' = v \times \Delta t = 340 \times 1,2 \times 10^{-3} =$ **0,41 m (40,8 cm).**

Exercice 18 : Ondes périodiques

a Le phénomène est périodique, car il se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers.
Sur le doc. 2, on mesure $4T = 24$ s donc $T = 6,0$ s.
Sa fréquence est donc $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6,0} = 0,17$ Hz.
Le phénomène n'est pas sinusoïdal, car la forme de la représentation graphique n'est pas celle d'une fonction sinusoïdale.

b Le retard τ dépend du positionnement dans l'espace de A et B. Si B est au plus près de A, la plus petite durée est $\tau = 2,0$ s.
Les autres valeurs possibles sont 8,0 s ; 14,0 s ; 20,0 s.
Comme AB semble juste un peu plus grande qu'une longueur d'onde, la bonne valeur est $\tau = 8,0$ s.

c Le retard valant $\tau = 8,0$ s pour passer du point A au point B, la célérité de la vague est :
$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{20}{8,0} = 2,5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$
La longueur d'onde de l'onde est donc :
$$\lambda = vT = 2,5 \times 6,0 = 15\ \text{m}$$

d Le point B est au sommet d'une vague au moment où la photo est prise.
Pour parcourir la distance $d' = 12$ m entre B et le surfeur, la houle met la durée $\tau' = \frac{d'}{v}$ soit $\tau' = \frac{12}{2,5} = 4,8$ s.
Le surfeur se trouvera donc au sommet d'une vague $\tau' = 4,8$ s après la photo, mais aussi $T + \tau'$, $2T + \tau'$, ainsi que $3T + \tau' = 22,8$ s après la photo. Au bout de 23 s, il est donc presque au sommet d'une vague, en train de redescendre.

Exercice 19 : Étude d'un signal ultrasonore sinusoïdal

a Le signal obtenu est un sinus, donc l'onde ultrasonore est une onde sinusoïdale. Sur le doc. 2, on détermine sa période T : on mesure $3T = 120\ \mu s$, donc $T = 40{,}0\ \mu s$. La fréquence f de cette onde est donc $f = \frac{1}{T}$ soit $f = \frac{1}{40 \times 10^{-6}} = 2{,}5 \times 10^4$ Hz.	**b** Lors de l'expérience décrite, le récepteur R_2 s'est déplacé de $10\ \lambda$. On en déduit que $10\lambda = 14$ cm soit $\lambda = 1{,}4$ cm. **c** On peut aussi calculer λ à l'aide de la célérité v de l'onde : $\lambda = \frac{v}{f}$ soit $\lambda = \frac{340}{2{,}5 \times 10^4} = 1{,}4 \times 10^{-2}$ m. Les valeurs déterminées aux questions **a** et **b** sont cohérentes.

Exercice 20 : la voiture intelligente…

Questions préliminaires

1. Faire un schéma représentant un aller-retour.

2. Le capteur unique est donc à la fois émetteur et récepteur, le sonar émet des salves à intervalles de temps réguliers, il faut donc que le retour du signal émis ait lieu avant l'émission de la salve suivante et il ne faut pas que le signal émis revienne avant que l'émission soit finie.

Problème

La durée d'un aller-retour doit donc être supérieure à $\Delta t_1 = 1{,}7$ ms et inférieure à $\Delta t_2 = 12$ ms.

La distance minimale entre le détecteur et l'obstacle est donc $d_1 = \frac{v_{air}\, \Delta t_1}{2} = 0{,}29$ m.

La distance maximale est $d_2 = \frac{v_{air}\, \Delta t_2}{2} = 2{,}0$ m.

Il faut donc d'autres systèmes adaptés pour les distances plus grandes mais aussi pour des déplacements à vitesse élevée. En effet, dans ce calcul, on a considéré le sonar à l'arrêt.