

# Travail, énergie et puissance

**LE TRAVAIL** produit par une force, lorsque celle-ci est orientée dans le sens du déplacement, est défini comme le produit de l'intensité de la force et de la distance sur laquelle la force agit. Plus généralement, considérons le cas d'un mouvement rectiligne, tel que représenté à la Fig. 6-1, où une force  $\vec{F}$  s'exerce sur un corps et déplace celui-ci d'un vecteur  $\vec{s}$ . La composante de  $\vec{F}$  dans la direction de  $\vec{s}$  est  $F \cos \theta$ . Le travail  $W$  effectué par la force  $\vec{F}$  est défini comme la composante de  $\vec{F}$  dans la direction du déplacement, multipliée par ce déplacement :

$$W = (F \cos \theta)(s) = Fs \cos \theta$$

Notons que  $\theta$  est l'angle entre les vecteurs force et déplacement. Le travail est une grandeur scalaire.

Si  $\vec{F}$  et  $\vec{s}$  ont même orientation,  $\cos \theta = \cos 0^\circ = 1$  et  $W = Fs$ . Si  $\vec{F}$  et  $\vec{s}$  sont de sens opposés, alors  $\cos \theta = \cos 180^\circ = -1$  et  $W = -Fs$  ; le travail est alors négatif. Souvent, des forces comme le frottement ralentissent le mouvement d'un objet et agissent alors en sens opposé au déplacement. De telles forces produisent généralement un travail négatif. Dans la mesure où la force de frottement s'oppose au mouvement d'un objet, le travail produit pour contrer le frottement (selon toute trajectoire courbe ou rectiligne) correspond au produit de  $F_f$  et de la longueur de la trajectoire parcourue. Ainsi, si un objet est traîné en luttant contre le frottement, jusqu'en son point de départ, un travail est effectué bien que le déplacement soit nul.

Le travail consiste en un transfert d'énergie d'un corps à un autre par l'action d'une force appliquée sur une distance donnée. Le point d'application de la force doit se déplacer pour qu'un travail soit produit.

**L'UNITÉ DE TRAVAIL** dans le système SI est le *newton-mètre*, appelé *joule* (J). Un joule correspond au travail effectué par une force de 1 N déplaçant un objet sur une distance de 1 m dans la même orientation que la force. D'autres unités également utilisées pour le travail sont le *erg*, où  $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$ , et le *pied-livre* (pi · lb), où  $1 \text{ pi} \cdot \text{lb} = 1,355 \text{ J}$ .

**L'ÉNERGIE** est une mesure du changement apporté à un système. Elle est communiquée à un objet lorsqu'une force produit un travail sur celui-ci. La quantité d'énergie communiquée à l'objet est alors égale au travail effectué. De plus, lorsqu'un objet produit un travail, il perd une quantité d'énergie égale au travail effectué. L'énergie et le travail possèdent la même unité, le joule. L'énergie, comme le travail, est une grandeur scalaire. Un objet pouvant produire un travail possède de l'énergie.

**L'ÉNERGIE CINÉTIQUE ( K )** est l'énergie que possède un objet du fait de son mouvement. Si un objet de masse  $m$  se déplace avec une vitesse  $v$ , il possède une  $K$  de translation donnée par

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Lorsque  $m$  est exprimée en kg et  $v$  en m/s, l'unité de  $K$  est le joule.

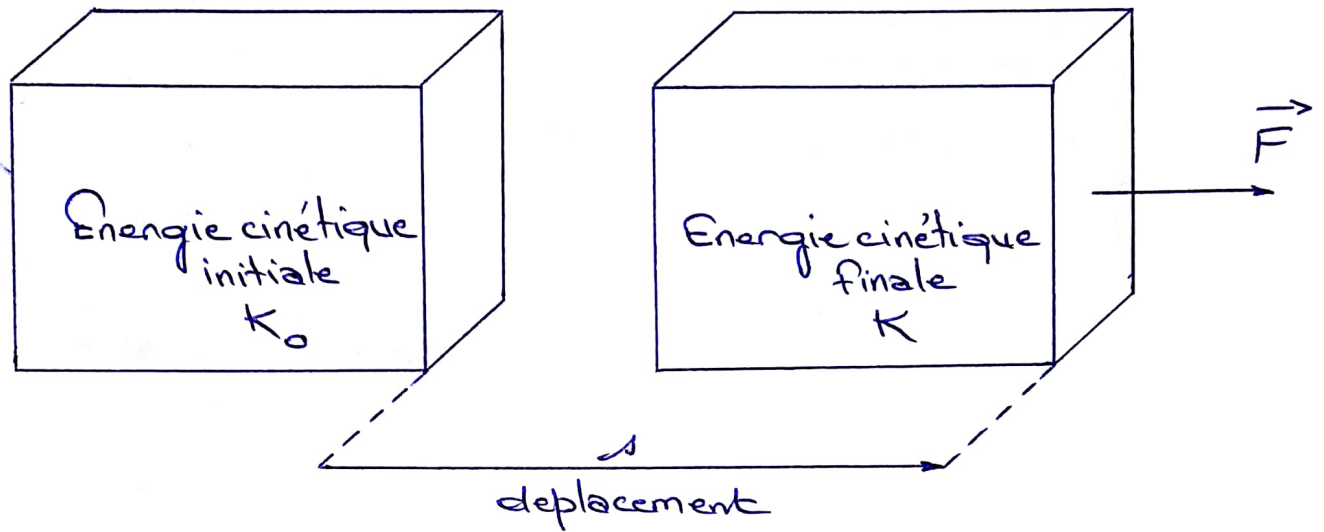
**L'ÉNERGIE POTENTIELLE GRAVITATIONNELLE ( U )** est l'énergie que possède un corps du fait de l'attraction gravitationnelle. En tombant d'une distance verticale  $h$ , une masse  $m$  peut produire un travail  $mgh$ . On définit l' $U$  d'un objet par rapport à un niveau de référence arbitraire, souvent la surface de la Terre. Si l'objet se trouve à une hauteur  $h$  au-dessus du niveau zéro (de référence), alors

$$U = mgh$$

où  $g$  est l'accélération due à la gravité. Remarquons que  $mg$  est le poids de l'objet. Les unités de  $U$  sont le joule si  $m$  est exprimé en kg,  $g$  en  $\text{m/s}^2$  et  $h$  en m.

# Energie cinétique & Energie potentielle

Energie cinétique (K):



L'énergie cinétique  $K$  est due à la vitesse du corps.  
 Si la vitesse du corps augmente alors son  $K$  augmente aussi.  
 Afin que  $v$  augmente, il faut fournir un travail (réalisé par le moteur).

Nous pouvons donc noter:  $K = K_0 + W$

$W$  étant le travail...

Si nous considérons que la vitesse augmente de la même manière (accélération constante). Il s'agit donc d'un MRUA.

Par conséquent, nous pouvons partir de l'équation:

$$v = v_0 + at \quad (\text{MRUA})$$

$$v^2 = (v_0 + at)^2$$

$$v^2 = v_0^2 + a^2 t^2 + 2v_0 at$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a \left( \frac{at^2}{2} + v_0 t \right)$$

$$= \Delta e = s = \text{déplacement}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

suite →

$$\begin{aligned} & \times \frac{m}{2} \left( v^2 = v_0^2 + 2as \right) \times \frac{m}{2} \\ & \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \underbrace{ams}_{F} \end{aligned}$$

Vu que  $K = K_0 + W$   
 alors ...

Par comparaison:

Nous obtenons les équations suivantes:

$$K = \frac{mv^2}{2} ; K = \frac{mv_0^2}{2} ; W = F \cdot s$$

Energie potentielle (U):

Par définition:  $W = a \cdot m \cdot s$

Vu qu'il s'agit de la chute libre:

$$W_{\text{vertical}} = a_{\text{verticale}} \cdot m \cdot s_{\text{vertical}}$$

Donc nous pouvons écrire que :

$$W_{\text{vertical}} = U = g \cdot m \cdot h$$

Sachant que  $g$  correspond à l'accélération de pesanteur;

$m$ , la masse du corps

$h$ , la hauteur (= déplacement vertical).



**THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE.** Lorsqu'un travail est effectué sur une masse ponctuelle ou un corps rigide et qu'aucune variation d'  $U$  ne survient, l'énergie transmise se présente sous forme d'énergie cinétique seulement. Dans la mesure où un corps n'est pas totalement rigide, cependant, l'énergie peut être transférée en certaines parties et le travail effectué ne correspondra pas exactement à la variation d'  $K$  du corps.

**CONSERVATION DE L'ÉNERGIE.** L'énergie ne peut être ni créée ni détruite, mais transformée d'une forme à une autre. (On peut considérer la masse comme une forme d'énergie. Généralement, on peut négliger la conversion de masse en énergie et inversement, énoncée dans la Théorie de la relativité restreinte. Ce sujet sera étudié au Chap. 41.)

**LA PUISSANCE** est le taux de production d'un travail :

$$\text{Puissance moyenne} = \frac{\text{travail effectué par une force}}{\text{durée du travail}} = \text{force} \times \text{vitesse}$$

où la vitesse est mesurée dans la direction de la force appliquée à l'objet. Plus généralement, la puissance est le taux de transfert d'énergie. Dans le système international, l'unité de puissance est le watt (W), et  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ .

Une autre unité fréquemment utilisée est le *horse-power* :  $1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$ .

**LE KILOWATT-HEURE** est une unité d'énergie. Si une force produit un travail au taux de 1 kilowatt (soit  $1000 \text{ J/s}$ ), alors elle produira en une heure un travail de  $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$  :

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

## Problèmes résolus

- 6.1 À la Fig. 6-1, considérer que l'objet est tiré au sol par une force de  $75 \text{ N}$  à  $28^\circ$  par rapport à l'horizontale. Quel travail est effectué par la force si elle tire l'objet sur une distance de  $8,0 \text{ m}$  ?

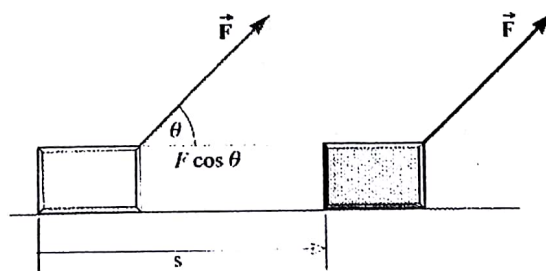


Fig. 6-1

Le travail effectué est égal au produit du déplacement,  $8,0 \text{ m}$ , et de la composante de la force parallèle au déplacement,  $(75 \text{ N})(\cos 28^\circ)$ . Ainsi,

$$W = (75 \text{ N})(\cos 28^\circ)(8,0 \text{ m}) = 0,53 \text{ kJ}$$

- ! Sous l'action de certaines forces, un bloc glisse vers le haut d'un plan incliné à  $30^\circ$ . Trois des forces en question sont représentées à la Fig. 6-2.  $\vec{F}_1$  est horizontale et d'intensité 40 N.  $\vec{F}_2$  est normale au plan et d'intensité 20 N.  $\vec{F}_3$  est parallèle au plan et d'intensité 30 N. Déterminer le travail accompli par chacune des forces lorsque le bloc (et le point d'application de chaque force) parcourt 80 cm vers le haut du plan incliné.

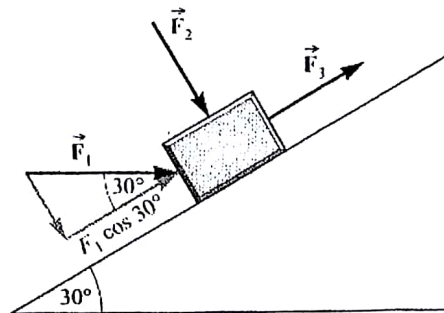


Fig. 6-2

La composante de  $\vec{F}_1$  dans la direction du déplacement est

$$F_1 \cos 30^\circ = (40 \text{ N})(0,866) = 34,6 \text{ N}$$

Ainsi, le travail effectué par  $\vec{F}_1$  est de  $(34,6 \text{ N})(0,80 \text{ m}) = 28 \text{ J}$ . (Noter que la distance doit être exprimée en mètres.)

La force  $\vec{F}_2$  ne produit aucun travail car elle ne possède pas de composante dans la direction du déplacement.

La composante de  $\vec{F}_3$  dans la direction du déplacement est de 30 N. Ainsi, le travail effectué par  $\vec{F}_3$  est de  $(30 \text{ N})(0,80 \text{ m}) = 24 \text{ J}$ .

Un objet de 300 g glisse de 80 cm sur le dessus d'une table. Quel travail est effectué pour lutter contre le frottement entre l'objet et la table si le coefficient de frottement cinétique est de 0,20 ?

On trouve d'abord la force de frottement. Puisque la force normale est égale au poids de l'objet,

$$F_f = \mu_c F_N = (0,20)(0,300 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2) = 0,588 \text{ N}$$

Le travail effectué pour lutter contre le frottement est de  $F_f s \cos \theta$ . Puisque la force de frottement agit en sens opposé au déplacement,  $\theta = 180^\circ$ . Ainsi,

$$\text{Travail} = F_f s \cos 180^\circ = (0,588 \text{ N})(0,80 \text{ m})(-1) = -0,47 \text{ J}$$

Le travail est négatif car la force de frottement ralentit l'objet ; elle diminue l'énergie cinétique de l'objet.

Quel travail est effectué contre la gravité lorsque l'on soulève un objet de 3,0 kg sur une distance verticale de 40 cm ?

Il faut une force extérieure pour soulever l'objet. S'il s'élève à vitesse constante, la force de soulèvement doit être égale au poids de l'objet. Le travail effectué par la force de soulèvement s'appelle *travail effectué contre la gravité*. Puisque la force de soulèvement est de  $mg$ , où  $m$  est la masse de l'objet, on a

$$\text{Travail} = (mg)(h)(\cos \theta) = (3,0 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N})(0,40 \text{ m})(1) = 12 \text{ J}$$

De façon générale, le travail effectué contre la gravité en soulevant un objet de masse  $m$  à vitesse constante sur une distance verticale  $h$  est  $mgh$ .

Quel travail est effectué sur un objet par la force qui le supporte lorsque l'objet descend d'une distance verticale  $h$  ? Quel travail est effectué par la force de gravité dans cette situation ?

La force de soutien est  $mg$ , où  $m$  est la masse de l'objet. Celle-ci est orientée vers le haut alors que le déplacement est orienté vers le bas. Ainsi, le travail effectué par cette force est de

$$F_s \cos \theta = (mg)(h)(\cos 180^\circ) = -mgh$$

La force de gravité sur l'objet est également de  $mg$ , mais dirigée vers le bas, comme le déplacement. Le travail effectué sur l'objet par la force de gravité est donc de

$$F_s \cos \theta = (mg)(h)(\cos 0^\circ) = mgh$$

Le centre de gravité d'une échelle de 3,0 m de longueur et pesant 200 N est situé à 120 cm du pied. En son extrémité supérieure est suspendu un poids de 50 N. Trouver le travail nécessaire pour soulever l'échelle de la position horizontale au sol à la position verticale.

Le travail effectué (contre la gravité) se divise en deux parties : le travail qui permet de soulever le centre de gravité de 1,20 m et le travail permettant de soulever le poids à l'extrémité de 3,0 m. Ainsi

$$\text{Travail effectué} = (200 \text{ N})(1,20 \text{ m}) + (50 \text{ N})(3,0 \text{ m}) = 0,39 \text{ kJ}$$

Trouver le travail effectué contre la gravité par une pompe qui transfère 600 litres d'essence d'un réservoir à un autre situé 20 m plus haut. Un centimètre cube d'essence a une masse de 0,82 g. Un litre correspond à 1000 cm<sup>3</sup>.

La masse soulevée correspond à

$$(600 \text{ litres}) \left( 1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{litre}} \right) \left( 0,82 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = 492\,000 \text{ g} = 492 \text{ kg}$$

Le travail effectué pour soulever cette masse est donc de

$$\text{Travail} = (mg)(h) = (492 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)(20 \text{ m}) = 96 \text{ kJ}$$

Une masse de 2,0 kg tombe de 400 cm. (a) Quel travail a été effectué sur celle-ci par la force de gravité ? (b) Quelle quantité d'U a été perdue ?

La gravité attire l'objet vers le bas avec une force de  $mg$  et le déplacement est de 4 m dans le sens de la force. Le travail effectué par la gravité est donc de

$$(mg)(4,00 \text{ m}) = (2,0 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N})(4,00 \text{ m}) = 78 \text{ J}$$

La variation de l'U de l'objet est de  $mgh_f - mgh_i$ , où  $h_i$  et  $h_f$  sont respectivement les hauteurs initiale et finale de l'objet au-dessus du niveau de référence. On a alors

$$\text{Variation de l'U} = mgh_f - mgh_i = mg(h_f - h_i) = (2,0 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N})(-4,0 \text{ m}) = -78 \text{ J}$$

La perte d'U est de 78 J.

Une force de 1,50 N accélère un chariot sur coussin d'air de 0,20 kg. Le déplacement et la force sont horizontaux et de même direction constante. Quelle est la vitesse du chariot après avoir accéléré sur une distance de 30 cm à partir du repos ? (On considère le frottement négligeable.)

Le travail effectué par la force est égal à l'augmentation de l'K du chariot, dont il est la cause. Ainsi,

$$\text{Travail effectué} = K_{\text{finale}} - K_{\text{initiale}} \quad \text{ou} \quad F_s \cos 0^\circ = \frac{1}{2} m v_f^2 - 0$$

En substituant les valeurs connues on trouve

$$(1,50 \text{ N})(0,30 \text{ m}) = \frac{1}{2} (0,20 \text{ kg}) v_f^2$$

d'où  $v_f = 2,1 \text{ m/s}$ .



## Travail, Puissance, Energie

- 6.24 Une force de 3,0 N agit sur une distance de 12 m. La force et le déplacement produits ont la même orientation. Trouver le travail effectué. *Réponse* 36 J
- 6.25 Un objet de 4,0 kg est soulevé de 1,5 m. (a) Quel travail est produit pour lutter contre la gravité ? (b) Reprendre cette question dans le cas où l'objet est abaissé au lieu de soulevé. *Réponse* (a) 59 J ; (b) -59 J
- 6.26 Une plaque de marbre rectangulaire et uniforme mesure 3,4 m de longueur et 2,0 m de largeur. Sa masse est de 180 kg. Si elle repose initialement à plat sur le sol, quel travail est requis pour la relever sur un côté ? *Réponse* 3,0 kJ
- 6.27 Quelle doit être l'intensité d'une force permettant d'accélérer une voiture de 1300 kg de la position de repos à une vitesse de 20 m/s et ce, sur une distance de 80 m ? *Réponse* 3,3 kN
- 6.28 Une voiture de 1200 kg roulant à une vitesse de 30 m/s freine en glissant jusqu'à s'immobiliser. Si la force de frottement entre les pneus et la route est de 6000 N, sur quelle distance la voiture dérape-t-elle avant de s'immobiliser ? *Réponse* 90 m
- 6.29 Un proton ( $m = 1,67 \times 10^{-27}$  kg) ayant une vitesse de  $5,0 \times 10^6$  m/s traverse un film métallique de 0,010 mm d'épaisseur et en ressort avec une vitesse de  $2,0 \times 10^6$  m/s. Quelle a été l'intensité de la force opposée au mouvement du proton à travers le film ? *Réponse*  $1,8 \times 10^{-9}$  N
- 6.30 On pousse un chariot de 200 kg, lentement, au haut d'un plan incliné. Quel travail est effectué par la force de poussée pour élever le chariot jusqu'à une plate-forme située à 1,5 m au-dessus du point de départ ? Considérer le frottement négligeable. *Réponse* 2,9 kJ
- 6.31 Reprendre le Problème 6.30 dans le cas où la distance parcourue le long du plan incliné est de 7,0 m et une force de frottement de 150 N s'oppose au mouvement. *Réponse* 4,0 kJ
- 6.32 On tire un wagon de marchandises de 50 000 kg à vitesse constante sur une distance de 800 m le long d'une pente à 1,20 %. (a) Trouver le travail effectué contre la gravité par la force de traction. (b) Si une force de frottement de 1500 N s'oppose au mouvement, trouver le travail effectué. *Réponse* (a) 4,70 MJ ; (b) 5,90 MJ
- 6.33 Une femme de 60 kg monte un escalier reliant deux étages dont la différence de hauteur est de 3,0 m. (a) Quel travail est effectué sur la femme pour monter ? (b) Quel travail est effectué par la femme ? (c) Quelle est la variation de l'U de la femme ? *Réponse* (a) 1,8 kJ ; (b) 1,8 kJ ; (c) 1,8 kJ
- 6.34 Une pompe extrait l'eau d'un lac et la déverse dans un réservoir situé à 20 m au-dessus du lac. Quel travail est effectué par la pompe contre la gravité lorsqu'elle transfère ainsi  $5,0 \text{ m}^3$  d'eau ? La masse d'un mètre cube d'eau est de 1000 kg. *Réponse*  $9,8 \times 10^5$  J
- 6.35 Au moment de toucher le sol, l'K d'un corps de 2,0 kg est de 400 J. Si l'on ne tient pas compte du frottement, de quelle hauteur est-il tombé ? *Réponse* 20,0 m
- 6.36 Une balle de 0,50 kg passe devant une fenêtre de 1,50 m de hauteur en tombant. (a) De combien l'K de la balle a-t-elle augmenté en passant devant la fenêtre ? (b) Si sa vitesse était de 3,0 m/s en haut de la fenêtre, quelle était sa vitesse en bas de celle-ci ? *Réponse* (a) 7,4 J ; (b) 6,2 m/s
- 6.37 Au niveau de la mer, une molécule d'azote dans l'air possède une K de translation moyenne de  $6,2 \times 10^{-21}$  J. Sa masse est de  $4,7 \times 10^{-26}$  kg. (a) Si la molécule pouvait se projeter verticalement vers le haut sans frapper d'autres molécules, jusqu'à quelle hauteur s'élèverait-elle ? (b) Quelle est la vitesse initiale de la molécule ? *Réponse* (a) 14 km ; (b) 0,51 km/s
- 6.38 Le coefficient de frottement cinétique entre une voiture de 900 kg et la route sur laquelle elle glisse est de 0,80. Si la voiture se déplace à 25 m/s lorsqu'elle commence à freiner, quelle distance parcourra-t-elle avant de s'arrêter ? *Réponse* 40 m

# Travail, Puissance, Energie

l'énergie potentielle est égal au \_\_\_\_\_ changé de signe.

**Q6-12** Habituellement, les forces dissipatives transforment de l'énergie mécanique en \_\_\_\_\_.

**Q6-13** Le travail effectué par les forces de frottement est toujours \_\_\_\_\_.

**Q6-14** L'énergie potentielle gravitationnelle donnée par l'expression  $U = mgh$  est valable pour des objets \_\_\_\_\_.

**Q6-15** La vitesse minimum nécessaire pour qu'un objet, lancé vers le haut à partir de la surface de la terre, échappe à l'attraction terrestre, est appelée la \_\_\_\_\_.

**Q6-16** La puissance représente la vitesse à laquelle \_\_\_\_\_.

**Q6-17** L'unité de puissance du système S.I. est le \_\_\_\_\_.

**Q6-18** Un kilowatt-heure est une unité \_\_\_\_\_.

**Q6-19** Une \_\_\_\_\_ implique l'hypothèse que les caractéristiques d'un système biologique sont liées directement à sa taille.

## Contrôle

Définir ou expliquer:

Travail	Energie potentielle gravitationnelle
Joule	Energie potentielle électrique
Energie cinétique	Electron-volt
Energie potentielle	Puissance
Force conservative	Watt
Energie mécanique totale	Kilowatt-heure
Force dissipative	Energie cinétique rotationnelle
Force appliquée	Loi d'échelle.
Conservation de l'énergie mécanique	
Vitesse de libération	

## QUESTIONS DE REVISION

**Q6-1** Le travail effectué par une force est positif lorsque  $F$  est \_\_\_\_\_ à  $s$ , négatif lorsque  $F$  est \_\_\_\_\_ à  $s$  et nul lorsque  $F$  est \_\_\_\_\_ à  $s$ .

**Q6-2** L'unité de travail du système S.I. est le \_\_\_\_\_.

**Q6-3** L'énergie cinétique d'un objet est une mesure de la possibilité qu'a cet objet d'effectuer \_\_\_\_\_.

**Q6-4** L'énergie cinétique de translation d'un objet de masse  $m$  et de vitesse  $v$  vaut \_\_\_\_\_.

**Q6-5** L'énergie cinétique finale d'un objet est égale à son \_\_\_\_\_ augmentée du travail total effectué par \_\_\_\_\_.

**Q6-6** Les forces qui peuvent être incluses dans l'énergie potentielle sont dites \_\_\_\_\_.

**Q6-7** L'énergie mécanique totale est égale à \_\_\_\_\_ plus \_\_\_\_\_.

**Q6-8** L'énergie mécanique est conservée lorsque \_\_\_\_\_.

**Q6-9** L'énergie potentielle est l'énergie associée à la \_\_\_\_\_.

**Q6-10** Le zéro de l'énergie potentielle est \_\_\_\_\_.

**Q6-11** De façon générale, l'accroissement de

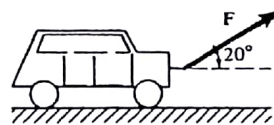


Figure 6.17. Exercice 6-1.

**6-1** Un enfant tire une petite voiture avec une force de 10 N. Cette force fait un angle de  $20^\circ$  avec l'horizontale (Fig. 6.17). Si la voiture parcourt une distance de 6 m, quel est le travail fourni par l'enfant?

**6-2** Une femme pousse une chaise horizontalement avec une force de 300 N. Evaluer le travail qu'elle effectue (a) si la chaise est déplacée de 2 m parallèlement à la force; (b) si la chaise est déplacée d'1 m dans la direction opposée à la force; (c) si la chaise reste immobile.

**6-3** Une femme exerce une force horizontale constante de 200 N sur un enfant assis sur un tricycle. Le tricycle avance de 2 m. Le travail effectué par la femme vaut 100 J. Quel est l'angle entre la force et le déplacement du tricycle?



## Travail, Puissance, Energie

- 6.39 Considérons le pendule représenté à la Fig. 6-7. (a) Si on le libère à partir du point A, quelle sera la vitesse de la balle en passant au point C ? (b) Quelle sera la vitesse de la balle au point B ?

Réponse (a) 3,8 m/s ; (b) 3,4 m/s

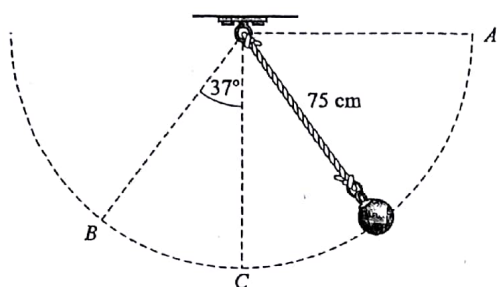


Fig. 6-7

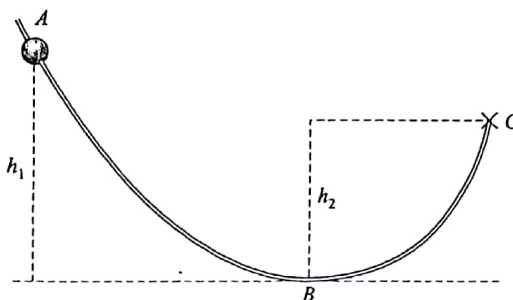


Fig. 6-8

- 6.40 Une voiture de 1200 kg descend une pente inclinée à  $20^\circ$  par rapport à l'horizontale, à partir du repos. La longueur de la pente est de 15 m. Quelle est la vitesse de la voiture au bas de la pente si (a) le frottement est négligeable et (b) la force de frottement s'opposant au mouvement est de 3000 N ?

Réponse (a) 10 m/s ; (b) 5,1 m/s

- 6.41 Le conducteur d'une voiture de 1200 kg note un ralentissement de la voiture de 20 m/s à 15 m/s sur une distance de 130 m sur une route horizontale. Quelle est l'intensité de la force s'opposant au mouvement ?

Réponse 0,81 kN

- 6.42 Un ascenseur de 2000 kg s'élève à partir de l'état de repos, au sous-sol, jusqu'au quatrième étage. La distance verticale parcourue est de 25 m. En dépassant le quatrième étage, sa vitesse est de 3,0 m/s. La force de frottement est constante et égale à 500 N. Calculer le travail effectué par le mécanisme de levage.

Réponse 0,51 MJ

- 6.43 Une perle glisse le long d'un fil, tel qu'illustré à la Fig. 6-8. Quelle doit être la hauteur  $h_1$  si la perle, initialement au repos en A, doit atteindre la vitesse de 200 cm/s au point B ? Ne pas considérer le frottement.

Réponse 20,4 cm

- 6.44 À la Fig. 6-8,  $h_1 = 50,0$  cm,  $h_2 = 30,0$  cm et la longueur du fil entre A et C est de 400 cm. Une perle de 3,00 g, lâchée en A, glisse jusqu'en C où elle s'immobilise. Quelle est l'intensité de la force de frottement s'opposant au mouvement de la perle ?

Réponse 1,47 mN

- 6.45 À la Fig. 6-8,  $h_1 = 200$  cm,  $h_2 = 150$  cm et la perle de 3,00 g a une vitesse vers le bas du fil, en A, de 800 cm/s. (a) Quelle est la vitesse de la perle au point B si le frottement est négligeable ? (b) Quelle énergie a été perdue par la perle pour lutter contre le frottement si elle s'élève jusqu'à une hauteur de 20,0 cm au-dessus de C en quittant le fil ?

Réponse (a) 10,2 m/s ; (b) 105 mJ

- 6.46 Calculer en horse-power la puissance moyenne requise pour élever une caisse de 150 kg jusqu'à une hauteur de 20 m et ce, en 1,0 minute.

Réponse 0,66 hp

- 6.47 Calculer la puissance produite par une machine soulevant une caisse de 500 kg jusqu'à une hauteur de 20,0 m en 60,0 s.

Réponse 1,63 kW

- 6.48 Un moteur développe une puissance de 40,0 hp en propulsant une voiture le long d'une route horizontale à 15,0 m/s. Quelle est l'intensité de la force de frottement freinant la voiture ?

Réponse 1,99 kN

- 6.49 Une voiture de 1000 kg roule le long d'une pente à 3,0 % selon une vitesse de 20 m/s. Trouver la puissance requise, en hp, sans tenir compte du frottement.

Réponse 7,9 hp

- 6.50 Une voiture de 900 kg, dont le moteur développe une puissance maximale de 40,0 hp, peut maintenir une vitesse constante de 130 km/h sur une route horizontale. Quelle est l'intensité de la force de frottement freinant le mouvement à cette vitesse ?

Réponse 826 N

- 6.51 L'eau s'écoule d'un réservoir au taux de 3000 kg/min, jusqu'à une turbine située 120 m plus bas. Si le rendement de la turbine est de 80 %, calculer, en horse-power, la puissance produite par la turbine. Ne pas tenir compte du frottement ni de la faible EC de l'eau s'écoulant de la turbine.

Réponse 63 hp

6-4 Une moto s'arrête en dérapant sur une distance de 5 m. Durant ce dérapage, la force exercée par la route sur la moto vaut 200 N. Cette force a une direction opposée au mouvement. (a) Quel travail la route effectue-t-elle sur la moto? (b) Quel travail est effectué par la moto sur la route?

6-5 Une fillette tire une boîte pesant 40 N. La boîte se déplace de 10 m, à vitesse constante. Quel travail effectue la fillette si le coefficient de frottement cinétique vaut 0,2?

6-6 Une boîte, ayant une masse de 10 kg, tombe à la verticale d'une hauteur de 2 m. Quel est le travail effectué par la pesanteur?

6-7 Une voiture, ayant une masse de 1300 kg, parcourt une distance de 100 m en descendant une côte. La route forme un angle de  $10^\circ$  avec l'horizontale. Quel est le travail effectué sur la voiture par la pesanteur?

### §6.2 | L'Énergie Cinétique

6-8 Une automobile de 1000 kg a une vitesse de  $40 \text{ km h}^{-1}$ . Que vaut son énergie cinétique?

6-9 Que vaut l'énergie cinétique d'une pierre de 0,25 kg qui se déplace à la vitesse de  $10 \text{ ms}^{-1}$ ?

6-10 Une balle de base-ball a une masse de 0,15 kg. Elle est lancée à la vitesse de  $30 \text{ ms}^{-1}$ . (a) Que vaut son énergie cinétique? (b) Si la balle est lancée par un homme qui exerce une force constante sur une distance de 1,5 m, que vaut cette force?

6-11 Un homme de 100 kg se trouve dans une voiture qui avance à la vitesse de  $20 \text{ ms}^{-1}$ . (a) Trouver l'énergie cinétique de cet homme. (b) La voiture percute un mur. L'avant de la voiture s'écrase sur une distance d'un mètre et la voiture s'immobilise. Le passager porte une ceinture de sécurité. Que vaut la force moyenne exercée par la ceinture durant la collision?

6-12 Montrer que l'énergie cinétique a les dimensions d'une force multipliée par une longueur.

6-13 Un espadon de 200 kg nage à la vitesse de  $5 \text{ ms}^{-1}$ . Il éperonne un yacht en bois qui est à l'ancre. Son épée pénètre dans le bateau et le poisson s'arrête sur une distance d'1 m. (a) Que vaut l'énergie cinétique initiale du poisson? (b) Quel est le travail effectué par le poisson?

6-14 Les lignes de pêche sont habituellement caractérisées par la force à laquelle elles peuvent résister. Quelle résistance est nécessaire pour ferrer

un saumon de 10 kg, nageant à la vitesse de  $3 \text{ ms}^{-1}$ , si on veut l'immobiliser sur une distance de 0,2 m?

6-15 Une balle de base-ball est lancée du centre du terrain vers la seconde base. Sa vitesse diminue de  $20 \text{ ms}^{-1}$  à  $15 \text{ ms}^{-1}$ . Si la masse de la balle est de 0,15 kg, quelle est l'énergie perdue en raison de la résistance de l'air? (Supposer que les hauteurs initiale et finale sont les mêmes.)

6-16 Une balle ayant une masse de 0,2 kg tombe à la verticale d'une hauteur de 10 m. (a) Quel est le travail effectué par la force de pesanteur sur la balle? (b) Si la balle est initialement au repos, quelle sera sa vitesse après la chute de 10 m?

6-17 On frappe une balle qui est au repos sur le gazon, avec un club de golf. Le club est en contact avec la balle sur une distance de 2 cm. Si la balle acquiert une vitesse de  $60 \text{ ms}^{-1}$  et si sa masse est de 0,047 kg, que vaut la force moyenne exercée par le club?

### §6.3 | Énergie Potentielle et Forces Conservatives

6-18 Un nageur plonge du tremplin dans une piscine. Il nage vers le bord et remonte sur le tremplin. Identifier et discuter les forces en présence et le travail qu'elles effectuent.

6-19 Les routes de montagne sont habituellement des routes en lacets et non des routes droites. Pourquoi?

6-20 Un enfant sur une escarpolette atteint une hauteur de 2 m par rapport à sa position la plus basse. Quelle est la vitesse de l'escarpolette au point le plus bas? (Négliger les forces de frottement.)

6-21 Une canette de bière tombe d'une fenêtre située à 100 pieds au-dessus du sol. A quelle vitesse atteindra-t-elle le sol? (Négliger la résistance de l'air.)

6-22 Une voiture dont la vitesse est de  $40 \text{ ms}^{-1}$  percute un mur. De quelle hauteur la voiture devrait-elle tomber pour subir le même dommage, en percutant une surface identique au mur?

6-23 Un garçon a pris place dans une nacelle d'une grande roue de foire. Quel travail est effectué par la force de pesanteur lorsque la roue effectue un tour complet?