MODULE 5

L'ÉNERGIE ET SES TRANSFORMATIONS

Chapitre 15 Le travail et la puissance mécanique

Manuel, p. 325 à 338

POUR FAIRE LE POINT

Section 15.1 Le travail

Manuel, p. 330

1. $F = 620$ N $\quad \Delta s = 160$ m $\quad \theta = 42°$

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = 620 \text{ N} \times 160 \text{ m} \times \cos 42°$

$= 7{,}4 \times 10^4$ J

2. $F = ?$ $\quad \Delta s = 25$ m $\quad \theta = 30°$ $\quad W = 9\,600$ J

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta \Rightarrow$

$$F = \frac{W}{\Delta s \times \cos\theta} = \frac{9\,600 \text{ J}}{25 \text{ m} \times \cos 30°} = 443 \text{ N} = 0{,}44 \text{ kN}$$

3. $F = 640$ N $\quad \Delta s = 24$ m $\quad \theta = ?$ $\quad W = 12\,500$ J

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta \Rightarrow$

$$\cos\theta = \frac{W}{F \times \Delta s} = \frac{12\,500 \text{ J}}{640 \text{ N} \times 24 \text{ m}} = 0{,}81 \Rightarrow \theta = 36°$$

4. $m = 60$ kg $\quad \Delta s = 20$ m $\quad \theta = ?$ $\quad W_g = ?$

La force gravitationnelle s'exerçant sur la femme est :

$F_g = mg = 60 \text{ kg} \times 9{,}80 \text{ m/s}^2 = 588$ N.

Cette force est dirigée vers le bas, tout comme le déplacement, donc $\theta = 0$.

$W_g = F_g \times \Delta s \times \cos\theta = 588 \text{ N} \times 20 \text{ m} \times \cos 0°$

$= 1{,}2 \times 10^4$ J

5. $F = 5\,000$ N $\quad v = 2$ m/s $\quad \Delta t = 20$ s $\quad W = ?$

La vitesse est constante, donc le mouvement est rectiligne uniforme.

$\Delta s = x_f - x_i = v_i \Delta t = 2 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 40$ m

On considère que la force exercée est dans le sens du déplacement : $\theta = 0°$.

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = 5\,000 \text{ N} \times 40 \text{ m} \times \cos 0°$

$= 2 \times 10^5$ J

6. $m = 71 \text{ kg} + 179 \text{ kg} = 250$ kg $\quad \Delta s = 58$ m

On considère que le moteur soulève la plate-forme à vitesse constante : la force F exercée vers le haut sur la plate-forme est donc égale en grandeur à la force gravitationnelle.

$F = mg = 250 \text{ kg} \times 9{,}80 \text{ m/s}^2 = 2{,}45 \times 10^3$ N

Cette force est dans le sens du déplacement : $\theta = 0°$.

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta$

$= 2{,}45 \times 10^3 \text{ N} \times 58 \text{ m} \times \cos 0°$

$= 1{,}4 \times 10^5$ J

7. $F = 250$ N $\quad \Delta s = 12{,}75$ m $\quad W = ?$

La force exercée par la personne est dans le sens du déplacement : $\theta = 0°$.

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = 250 \text{ N} \times 12{,}75 \text{ m} \times \cos 0°$

$= 3{,}19 \times 10^3$ J

Section 15.2 La puissance mécanique

Manuel, p. 334

1. $W = 6 \times 10^4$ J $\quad \Delta t = 5 \text{ min} = 300$ s $\quad P = ?$

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{6 \times 10^4 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 200 \text{ W} = 0{,}2 \text{ kW}$$

2. $W = 7{,}5 \times 10^4$ J $\quad \Delta t = ?$ $\quad P = 2{,}5$ kW

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{W}{P} = \frac{7{,}5 \times 10^4 \text{ J}}{2{,}5 \times 10^3 \text{ W}} = 30 \frac{\text{J}}{\text{J/s}}$$

$\Delta t = 30$ s

3. $m = 1{,}50\ \text{t} \quad \Delta s = 65\ \text{m} \quad \Delta t = 3{,}50\ \text{min} \quad P = ?$

En supposant que la vitesse d'ascension est constante, la force exercée par la grue est égale en grandeur à la force gravitationnelle :

$F = mg = 1\,500\ \text{kg} \times 9{,}80\ \text{m/s}^2 = 1{,}47 \times 10^4\ \text{N}$

et cette force est dirigée dans le sens du déplacement : $\theta = 0°$.

Le travail effectué par la grue vaut :

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta$

$= 1{,}47 \times 10^4\ \text{N} \times 65\ \text{m} \times \cos 0°$

$= 9{,}6 \times 10^5\ \text{J}$

et il est effectué en : $\Delta t = 3{,}50\ \text{min} = 210\ \text{s}$.

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{9{,}6 \times 10^5\ \text{J}}{210\ \text{s}} = 4{,}6\ \text{kW}$$

4. $m = 250\ \text{kg} \quad \Delta s = 30\ \text{m} \quad \Delta t = 20\ \text{s} \quad P = ?$

En supposant que la vitesse d'ascension est constante, la force exercée par le moteur est égale en grandeur à la force gravitationnelle :

$F = mg = 250\ \text{kg} \times 9{,}80\ \text{m/s}^2 = 2{,}45 \times 10^3\ \text{N}$

et on considère que cette force est dirigée dans le sens du déplacement : $\theta = 0°$.

Le travail effectué par le moteur vaut :

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta$

$= 2{,}45 \times 10^3\ \text{N} \times 30\ \text{m} \times \cos 0°$

$= 7{,}4 \times 10^4\ \text{J}$

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{7{,}4 \times 10^4\ \text{J}}{20\ \text{s}} = 3{,}7 \times 10^3\ \text{W} = 3{,}7\ \text{kW}$$

5. $W = 70\ \text{kJ} \quad P = 40\ \text{kW} \quad \Delta t = ?$

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{W}{P} = \frac{70 \times 10^3\ \text{J}}{40 \times 10^3\ \text{W}} = 1{,}8\ \text{s}$$

6. $m = 1{,}25\ \text{t} \quad \Delta s = 57{,}4\ \text{m} \quad \Delta t = 3{,}5\ \text{s} \quad P = ?$

En supposant que la vitesse d'ascension est constante, la force exercée par la grue est égale en grandeur à la force gravitationnelle :

$F = mg = 1\,250\ \text{kg} \times 9{,}80\ \text{m/s}^2 = 1{,}23 \times 10^4\ \text{N}$

et cette force est dirigée dans le sens du déplacement : $\theta = 0°$.

Le travail effectué par la grue vaut :

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta$

$W = 1{,}23 \times 10^4\ \text{N} \times 57{,}4\ \text{m} \times \cos 0° = 7{,}0 \times 10^5\ \text{J}$

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{7{,}0 \times 10^5\ \text{J}}{3{,}5\ \text{s}} = 2{,}0 \times 10^5\ \text{W} = 200\ \text{kW}$$

7. $\Delta s = 92\ \text{m} \quad$ Débit $= 75\ \text{L/s} \quad P = ?$

Élever à vitesse constante un litre d'eau nécessite une force de grandeur égale au poids de ce litre d'eau : $F_{\text{litre}} = mg = 1{,}0\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 9{,}8\ \text{N}$.

Pour 75 L d'eau, la force à exercer est :

$F = 75 \times F_{\text{litre}} = 75 \times 9{,}8\ \text{N} = 735\ \text{N}$.

Tout se passe comme si la pompe élevait 75 L d'une hauteur de 92 m chaque seconde. Ainsi, le travail effectué par la pompe en une seconde est :

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = 735\ \text{N} \times 92\ \text{m} \times \cos 0°$

$= 6{,}8 \times 10^4\ \text{J}$

et la puissance nécessaire est :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{6{,}8 \times 10^4\ \text{J}}{1{,}0\ \text{s}} = 6{,}8 \times 10^4\ \text{W} = 68\ \text{kW}.$$

8. $m = 613\ \text{kg} \quad P = 950\ \text{W} \quad v = ?$

La force nécessaire pour soulever la masse à vitesse constante est :

$F = mg = 613\ \text{kg} \times 9{,}80\ \text{m/s}^2 = 6{,}00 \times 10^3\ \text{N}$.

On considère que la force exercée par le chariot est dans le sens du déplacement, donc verticale : $\theta = 0°$.

$W = F \times \Delta s \times \cos 0° = F \times \Delta s$

et $P = \dfrac{W}{\Delta t} = \dfrac{F \times \Delta s}{\Delta t}$

Le rapport $\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ correspond à la vitesse. Ainsi,

$P = F \times v \Rightarrow$

$$v = \frac{P}{F} = \frac{950\ \text{W}}{6{,}00 \times 10^3\ \text{N}} = 0{,}158\ \frac{\text{kg m}^2\ \text{s}^{-3}}{\text{kg m s}^{-2}} = 0{,}158\ \text{m/s}.$$

Chapitre 15
Le travail et la puissance mécanique

Manuel, p. 338

● **1.** $F = 7{,}50 \times 10^3\ \text{N} \quad \Delta s = 3{,}20\ \text{km} \quad P = 25\ \text{kW} \quad \Delta t = ?$

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = 7{,}50 \times 10^3\ \text{N}$

$\times (3{,}20 \times 10^3\ \text{m}) \times \cos 0° = 2{,}40 \times 10^7\ \text{J}$

$$P = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Delta t = \frac{W}{P} = \frac{2{,}4 \times 10^7 \text{ J}}{25 \times 10^3 \text{ W}} = 960 \text{ s} = 16 \text{ min}$$

■ **2.** Si l'ascenseur monte à vitesse constante, la force à exercer est toujours de grandeur égale à la force gravitationnelle (au cours de la phase d'accélération, la force à exercer est plus grande que mg, au cours de la décélération, la force à exercer est plus petite que mg ; on peut considérer que ces deux phases se compensent).

Le déplacement est identique, que l'ascenseur monte lentement ou vite. Le travail est donc le même dans les deux cas.

Si l'ascenseur monte plus vite, la puissance de son moteur devra toutefois être supérieure, puisque Δt sera plus petit.

■ **3.** $F = 5{,}0$ N $m = 6{,}0$ kg $v = 2{,}5$ m/s

La force est parallèle au plancher, tout comme le déplacement : $\theta = 0°$.

a) $\Delta t = 25$ s $W = ?$

Puisque la vitesse est constante :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta s = v \times \Delta t$$

$$\Delta s = 2{,}5 \text{ m/s} \times 25 \text{ s} = 63 \text{ m}$$

$$W = F \times \Delta s \times \cos\theta$$

$$= 5{,}0 \text{ N} \times 63 \text{ m} \times \cos 0° = 315 \text{ J.}$$

b) $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{315 \text{ J}}{25 \text{ s}} = 13 \text{ W}$

c) Puisque la vitesse est constante, la force de frottement est égale en grandeur (mais de sens opposé) à la force motrice. Donc, $F_f = 5{,}0$ N.

■ **4.** $m = 1\,300$ kg $\Delta s = 40$ m $\Delta t = 75$ s

a) $W = ?$

En considérant que la montée se fait à vitesse constante, le moteur de l'ascenseur exerce sur la cabine (par l'intermédiaire du câble) une force dirigée vers le haut de grandeur égale à :

$$F = mg = 1\,300 \text{ kg} \times 9{,}80 \text{ m/s}^2 = 1{,}27 \times 10^4 \text{ N.}$$

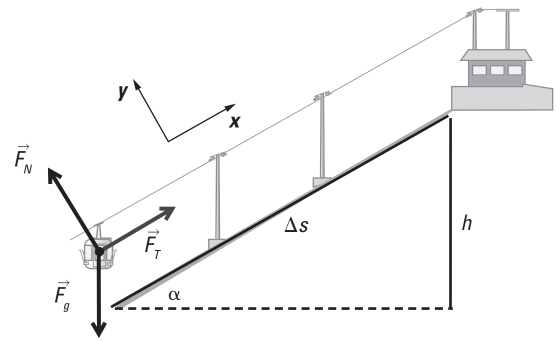
Le travail effectué sur la cabine au cours d'une montée vaut :

$$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = (1{,}27 \times 10^4 \text{ N}) \times 40 \text{ m} \times \cos 0° = 5{,}1 \times 10^5 \text{ J.}$$

b) $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{5{,}1 \times 10^5 \text{ J}}{75 \text{ s}} = 6{,}8 \times 10^3 \text{ W} = 6{,}8 \text{ kW}$

◆ **5.** $h = 300$ m $m_{\text{skieur}} = 80$ kg Débit = 3 skieurs en 30 s

a) On considère un siège de télésiège tiré sur une distance Δs et une hauteur h par une tension F_T :



Pour éviter toute confusion entre l'angle θ existant entre $\vec{F}_T$ et $\Delta\vec{s}$ et l'inclinaison du plan incliné, on utilise α comme symbole pour cette inclinaison.

Le travail effectué par la tension (donc par le moteur du télésiège) est égal à :

$$W = F_T \times \Delta s \times \cos 0° = F_T \times \frac{h}{\sin\alpha},$$

car $h = \Delta s \times \sin\alpha$.

La force F_T nécessaire est donnée par l'application de la deuxième loi de Newton en x :

$$F_{Rx} = F_T - mg\sin\alpha = ma_x = 0 \Rightarrow F_T = mg\sin\alpha.$$

Ainsi :

$$W = mg\sin\alpha \times \frac{h}{\sin\alpha} = mgh.$$

Le travail ne dépend pas de la pente, uniquement de la dénivellation h.

La puissance dépensée pour monter trois skieurs en 30 secondes est donc de :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t}$$

$$= \frac{(3 \times 80 \text{ kg}) \times 9{,}8 \text{ m/s}^2 \times 300 \text{ m}}{30 \text{ s}}$$

$$= 2{,}4 \times 10^4 \text{ W.}$$

Bien sûr, le télésiège ne transporte probablement pas trois skieurs au sommet en 30 secondes.

Par exemple, il transporte peut-être 30 skieurs répartis sur 10 sièges, chaque siège mettant 300 secondes à se rendre au sommet. La puissance exigée du moteur du télésiège est alors la même que si un siège montait en 30 secondes.

b) Si le frottement augmente de 25 % la puissance requise, les moteurs doivent fournir une puissance égale à :

$P' = 2{,}4 \times 10^4$ W $+ 0{,}25 \times (2{,}4 \times 10^4$ W)

$= 2{,}4 \times 10^4$ W $+ 0{,}6 \times 10^4$ W

$= 3{,}0 \times 10^4$ W.

◆ **6.** $F = 60$ N $s = 400$ m $l_{\text{corde}} = 1{,}50$ m

$h_{\text{corde}} = 90$ cm $= 0{,}90$ m

$\theta = ?$ $W = ?$

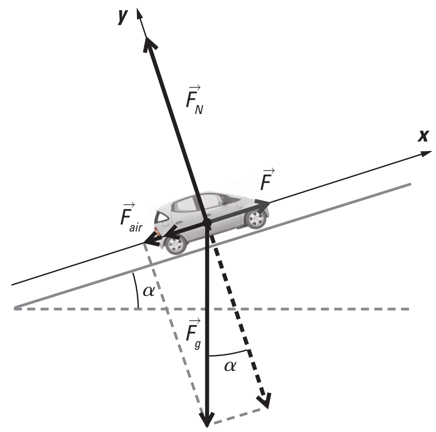
$$\sin\theta = \frac{h}{l} = \frac{0{,}90 \text{ m}}{1{,}50 \text{ m}} = 0{,}60 \Rightarrow \theta = 37°$$

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta = 60 \text{ N} \times 400 \text{ m} \times \cos 37°$

$= 1{,}9 \times 10^4$ J

◆ **7.** $m = 2\,000$ kg $v = 90$ km/h $= 25$ m/s $F_{\text{air}} = 450$ N
$\alpha = 6°$

a) La figure suivante représente toutes les forces qui s'appliquent sur la voiture. Ces forces sont la force motrice ($\vec{F}$), le poids du véhicule ($\vec{F_g}$), la force normale ($\vec{F_N}$) et la résistance de l'air ($\vec{F}_{\text{air}}$).



b) Pour déterminer la force motrice, il faut appliquer la deuxième loi de Newton, en considérant l'accélération en *x* nulle puisque la vitesse est constante :

$F_{Rx} = F - F_{\text{air}} - mg \sin\alpha = ma_x = 0$

$F = F_{air} + mg \sin\alpha$

$= 450 \text{ N} + 2\,000 \text{ kg} \times 9{,}80 \text{ m/s}^2 \times \sin 6°$

$= 450 \text{ N} + 2\,049 \text{ N} = 2{,}5 \times 10^3$ N.

c) Pendant $\Delta t = 5$ min $= 300$ s, la voiture a parcouru la distance Δs :

$\Delta s = v \times \Delta t = 25 \text{ m/s} \times 300 \text{ s} = 7{,}5 \times 10^3$ m.

La force étant parallèle au déplacement, le travail effectué par le moteur de la voiture est donc :

$W = F \times \Delta s \times \cos\theta$

$= 2{,}5 \times 10^3 \text{ N} \times (7{,}5 \times 10^3 \text{ m}) \times \cos 0°$

$= 19 \times 10^6$ J $= 19$ MJ

d) $$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{19 \times 10^6 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 63 \times 10^3 \text{ W} = 63 \text{ kW}$$

Chapitre 16 L'énergie mécanique

Manuel, p. 339 à 362

POUR FAIRE LE POINT

Section 16.1 L'énergie cinétique

Manuel, p. 341

1. $$m = 150 \text{ t} \times \frac{1\,000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} = 150\,000 \text{ kg}$$

$$v = 850 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = 236 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} (150\,000 \text{ kg}) (236 \text{ m/s})^2 = 4{,}18 \times 10^9 \text{ J}$$

2. $m = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg $v = 2 \times 10^6$ m/s $E_c = ?$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times (9{,}11 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times (2{,}0 \times 10^6 \text{ m/s})^2$$

$= 1{,}8 \times 10^{-18}$ J