

# Chapitre 6

## Travail et énergie

### Objectif particulier 2.3

Connaître les notions de travail, d'énergie cinétique et de puissance, puis employer le théorème de l'énergie cinétique pour décrire le mouvement d'un corps soumis à une ou plusieurs forces.

#### Travail effectué par une force constante

Le travail est la quantité d'énergie transférée à un corps par le biais d'une force. L'énergie emmagasinée par le corps augmente si le travail est positif. Pour une force constante, le travail se calcule avec

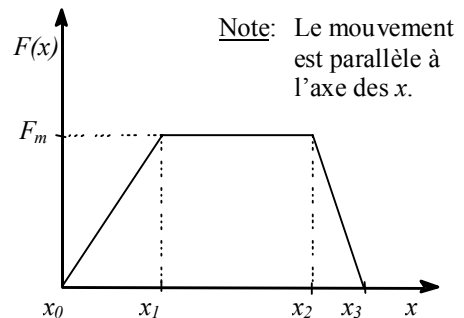
$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \theta$$

- où
- $W$  est le travail en joules,
  - $\vec{F}$  est le vecteur force (constante) en newtons,
  - $\vec{s}$  est le vecteur déplacement en mètres,
  - $F$  est la force (constante) en newtons
  - $s$  est le déplacement en mètres
- et  $\theta$  est l'angle entre  $\vec{F}$  et  $\vec{s}$ .

1. **Une force de 4 N est appliqué à un corps se déplaçant d'une distance horizontale de 0,8 m.**
  - a) Quel est le travail effectué par la force lorsque la force est appliquée dans la même direction que le déplacement ?
  - b) Quel est le travail effectué par la force lorsque l'angle entre la force et le déplacement est de  $30^\circ$  ?
  - c) Quel est le travail effectué par la force lorsque l'angle entre la force et le déplacement est de  $90^\circ$  ?
  - d) Quel est le travail effectué par la force lorsque la force est appliquée dans la direction opposée au déplacement ?

#### Travail effectué par une force variable

Le travail se représente graphiquement par la surface sous la courbe  $F(x)$ . Lorsque la force est constante, on emploie l'expression précédente du travail. Lorsque la force est variable, on emploie la surface sous la courbe  $F(x)$ .



Pour cas illustré, par exemple, le travail effectué lors de la 1<sup>re</sup> étape du mouvement vers la droite est

$$W_{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} F_m (x_1 - x_0)$$

où  $W_{0 \rightarrow 1}$  est le travail effectué de  $x_0$  à  $x_1$  en joules,  
 $F_m$  est la force maximale en newtons,  
 $x_0$  est la position initiale en mètres  
 et  $x_1$  est la position n°1 en mètres.

Le travail effectué lors de la 2<sup>e</sup> étape du mouvement vers la droite est

$$W_{1 \rightarrow 2} = F_m (x_2 - x_1)$$

où  $W_{1 \rightarrow 2}$  est le travail effectué de  $x_1$  à  $x_2$  en joules,  
 $F_m$  est la force maximale en newtons  
 et  $x_1, x_2$  sont les positions n°1 et n°2 en mètres.

Le travail effectué lors de la 3<sup>e</sup> étape du mouvement vers la droite est

$$W_{2 \rightarrow 3} = \frac{1}{2} F_m (x_3 - x_2)$$

où  $W_{2 \rightarrow 3}$  est le travail effectué de  $x_2$  à  $x_3$  en joules,  
 $F_m$  est la force maximale en newtons  
 et  $x_2, x_3$  sont les positions n°2 et n°3 en mètres.

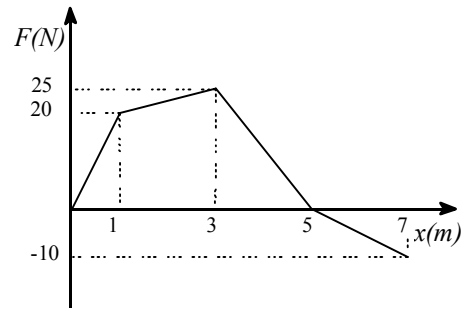
Finalement, Le travail effectué lors des trois étapes vers la droite (entre  $x_0$  et  $x_3$ ) est

$$\begin{aligned} W_{0 \rightarrow 3} &= W_{0 \rightarrow 1} + W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 3} \\ &= \frac{1}{2} F_m (x_1 - x_0) + F_m (x_2 - x_1) + \frac{1}{2} F_m (x_3 - x_2) \end{aligned}$$

où  $W_{0 \rightarrow 3}$  est le travail effectué de  $x_0$  à  $x_3$  en joules,  
 $W_{0 \rightarrow 1}$  est le travail effectué de  $x_0$  à  $x_1$  en joules,  
 $W_{1 \rightarrow 2}$  est le travail effectué de  $x_1$  à  $x_2$  en joules,  
 $W_{2 \rightarrow 3}$  est le travail effectué de  $x_2$  à  $x_3$  en joules,  
 $F_m$  est la force maximale en newtons,  
 $x_0$  est la position initiale en mètres  
 et  $x_1, x_2, x_3$  sont les positions n°1, n°2 et n°3 en mètres.

Ce travail est positif car les déplacements et la force sont positifs. Plus généralement, le travail est positif si la force et le déplacement sont de même signe.

2. Soit une force variable dont la forme est illustrée graphiquement sur la figure ci-dessous.



- Quel est le travail pour un déplacement de 1 m à 3 m ?
- Quel est le travail pour un déplacement de 5 m à 3 m ?
- Quel est le travail pour un déplacement de 5 m à 7 m ?
- Quel est le travail pour un déplacement de 0 m à 7 m ?

### Énergie cinétique

L'une des formes sous laquelle l'énergie est emmagasinée dans un corps est l'énergie cinétique. L'énergie cinétique est l'énergie emmagasinée en fonction de la vitesse. L'énergie cinétique est nulle lorsque la vitesse du corps est nulle. Elle se calcule avec

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

où  $K$  est l'énergie cinétique en joules,  
 $m$  est la masse en kilogrammes  
 et  $v$  est la vitesse en mètres par seconde.

Le travail effectué par la force résultante s'appelle travail net. On peut montrer que la variation d'énergie cinétique d'un corps est égale au travail net; soit que

$$W_{NET} = \vec{F}_R \cdot \vec{s} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = K_f - K_i = \Delta K \quad \text{où } W_{NET} \text{ est le travail net en joules,}$$

$\vec{F}_R$  est le vecteur force résultante en newtons,  
 $\vec{s}$  est le vecteur déplacement en mètres,  
 $m$  est la masse en kilogrammes  
 $v_f$  est la vitesse finale en mètres par seconde,  
 $v_i$  est la vitesse initiale en mètres par seconde,  
 $K_f$  est l'énergie cinétique finale en joules,  
 $K_i$  est l'énergie cinétique initiale en joules  
 et  $\Delta K$  est la variation d'énergie cinétique en joules.

C'est le théorème de l'énergie cinétique.

Si  $\Delta K > 0$ , il y a une augmentation d'énergie cinétique.

Si  $\Delta K < 0$ , il y a une diminution d'énergie cinétique.

- 3. Un électron frappe la surface d'un tube cathodique avec une vitesse d'impact de  $2 \cdot 10^7$  m/s. La masse d'un électron est de  $9,11 \cdot 10^{-31}$  kg. La masse du proton est de  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg.**
- Quelle est l'énergie cinétique de l'électron ?
  - Quelle serait l'énergie cinétique à cette vitesse si l'électron était remplacé par un proton ?
  - Quelle doit être la vitesse du proton pour avoir la même énergie cinétique que celle de l'électron ?
  - Quelle doit être la vitesse de l'électron pour que son énergie cinétique soit doublée ?
- 4. Un corps de 20 kg possédant une vitesse initiale de 5 m/s subit une force horizontale de 18 N dans la même direction que le déplacement. Le corps se déplace horizontalement de 6 m.**
- Quelle est l'énergie cinétique initiale ?
  - Quel est le travail effectué sur le corps ?
  - Quelle est l'énergie cinétique finale ?
  - Quelle est la vitesse finale ?
- 5. Un corps de 3 kg est soulevé de 0,4 m par une corde. La tension dans la corde est de 35 N. La vitesse initiale est nulle.**
- Quel est le travail effectué par la tension dans la corde ?
  - Quel est le travail effectué par le poids ?
  - Quel est le travail effectué par la force résultante ?
  - Quelle est l'énergie cinétique finale ?

### Puissance

La puissance instantanée est le taux de transfert d'énergie, c'est-à-dire la quantité d'énergie transférée par unité de temps. Ainsi

$$\mathcal{P} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

où  $\mathcal{P}$  est la puissance instantanée en watts,  
 $\Delta W$  est un élément de travail en joules,  
 $\Delta t$  est un intervalle de temps en secondes  
 et  $\frac{dW}{dt}$  est la dérivée du travail par rapport au temps en watts.

En mécanique, la quantité d'énergie transférée est le travail. Avec la définition du travail, pour une force constante, la puissance est

$$\mathcal{P} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{F}_R \cdot \vec{s}}{\Delta t} = \vec{F}_R \cdot \vec{v} = F_R v \cos \theta$$

où	$\mathcal{P}$	est la puissance instantanée en watts,
	$\vec{F}_R$	est le vecteur force résultante en newtons,
	$\vec{s}$	est le vecteur déplacement en mètres,
	$\Delta t$	est un intervalle de temps en secondes,
	$\vec{v}$	est le vecteur vitesse en mètres par secondes,
	$F_R$	est la force résultante en newtons,
	$v$	est la vitesse instantanée en mètres par secondes
et	$\theta$	est l'angle entre $\vec{F}_R$ et $\vec{v}$ .

**6. Un ascenseur monte avec une vitesse constante de 0,25 m/s. Le poids de l'ascenseur est de 300 N.**

- a) Quelle est la puissance fournie par le moteur pour soulever l'ascenseur ?
- b) Quelle est le travail effectué sur l'ascenseur durant 30 s ?

**7. Un ascenseur descend avec une vitesse constante de 0,5 m/s. Le poids de l'ascenseur est de 250 N.**

- a) Quelle est la puissance dissipée par le frein pendant que l'ascenseur descend ?
- b) Quelle est la quantité de chaleur dissipée par le frein durant 20 s ?

## Solutions

- 1. a) 3,2 J b) 2,77 J c) 0 J d) -3,2 J
- 2. a) 45 J b) -25 J c) -10 J d) 70 J
- 3. a)  $1,82 \cdot 10^{-16}$  J b)  $3,34 \cdot 10^{-13}$  J c)  $4,67 \cdot 10^5$  m/s d)  $2,83 \cdot 10^7$  m/s
- 4. a) 250 J b) 108 J c) 358 J d) 5,98 m/s
- 5. a) 14 J b) -11,76 J c) 2,24 J d) 2,24 J
- 6. a) 75 W b) 2 250 J
- 7. a) 125 W b) 2 500 J