QUANTUM
PHYSIQUE

2e cycle du secondaire • 3e année

POUR FAIRE LE POINT

Corrigé

CHENELIÈRE ÉDUCATION

Table des matières

MODULE 2

LES NOTIONS PRÉALABLES À LA MÉCANIQUE

Chapitre 6 Les systèmes de référence

Manuel, p. 151 à 164

POUR FAIRE LE POINT

Section 6.1
L'utilité d'un système de référence

Manuel, p. 154

1. Un système de référence est constitué d'un repère d'espace, composé d'une origine et de trois axes perpendiculaires entre eux, auquel on peut joindre un repère de temps.

2. *a)* L'observateur se trouvant sur le tapis roulant verra une trajectoire verticale, perpendiculaire au plan du tapis.

b) L'observateur se trouvant sur le sol, à l'extérieur du tapis roulant, verra une trajectoire parabolique.

3. *a)* Note : L'axe de référence, pour les signes de vitesses, est dirigé dans le sens du tapis roulant.

$v_{AB} = 1{,}3$ m/s (vitesse du tapis roulant)

$v_B = -1{,}3$ m/s (vitesse de la personne sur le tapis roulant)

La vitesse de la personne par rapport à l'observateur sur le sol est:

$v_A = v_B + v_{AB} = 1{,}3 \text{ m/s} - 1{,}3 \text{ m/s} = 0 \text{ m/s}.$

Pour l'observateur se trouvant sur le sol à l'extérieur du tapis roulant, la personne sur le tapis se déplace à une vitesse de 0 m/s.

b) Tout se passe comme si la personne était immobile par rapport au sol. Donc, l'observateur se trouvant sur le sol, à l'extérieur du tapis roulant, verra une trajectoire verticale, perpendiculaire au plan du tapis.

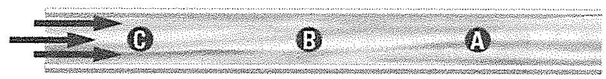
4. $t_{BC} = 18 \text{ min} = 1\,080 \text{ s}$

$d_{AB} = 800 \text{ m}$

Vitesse du nageur par rapport à l'eau $= v$

Vitesse du courant par rapport à la rive $= v' = ?$

On suppose que la planche se déplace à la même vitesse que le courant.



De façon systématique, en utilisant les notions abordées dans la section, on pose :

$t =$ Temps mis par la planche pour passer du point B au point A

$t_{BC} =$ Temps mis par la personne pour nager du point B au point C

$t_{CB} =$ Temps mis par la personne pour nager du point C au point B

$t_{BA} =$ Temps mis par la personne pour nager du point B au point A

$L_{BC} =$ Distance entre B et C = Distance entre C et B.

Le fait que le nageur arrive en même temps que la planche au point A est l'élément central du problème. On peut écrire que le temps mis par la planche pour passer de B à A est égal au temps mis par le nageur pour passer de B à C à B à A:

$t = t_{BC} + t_{CB} + t_{BA}.$

Le temps mis par la planche pour passer du point B au point A est:

$t = \dfrac{d_{AB}}{v'}$, où $d_{AB} = 800$ m. Cependant, t est inconnu.

Du point B au point C, la personne nage à contre-courant. Sa vitesse par rapport à la rive est égale à $v - v'$ (notons que $v' < v$, sinon la personne n'arriverait pas à remonter la rivière).

Le temps mis par la personne pour nager du point B au point C est:

$$t_{BC} = \frac{L_{BC}}{v - v'}$$

$$\Rightarrow L_{BC} = (v - v') \times t_{BC}, \text{ où } t_{BC} = 1\,080 \text{ s}.$$

Du point C au point B, la personne nage dans le sens du courant. Sa vitesse par rapport à la rive est égale à $v + v'$.

Le temps mis par la personne pour nager du point C au point B est:

$$t_{CB} = \frac{L_{BC}}{v + v'}.$$

En remplaçant l'expression trouvée précédemment pour L_{BC}, on obtient:

$$t_{CB} = \frac{(v - v') \times t_{BC}}{v + v'}.$$

Le temps mis par la personne pour nager du point B au point A est:

$$t_{BA} = \frac{d_{AB}}{v + v'}.$$

Puisque $t = t_{BC} + t_{CB} + t_{BA}$, on obtient:

$$\frac{d_{AB}}{v'} = t_{BC} + \frac{v - v'}{v + v'} \times t_{BC} + \frac{d_{AB}}{v + v'}.$$

Dans cette équation, d_{AB} et t_{BC} sont connus, v et v' sont inconnus.

On transforme l'équation en trouvant un dénominateur commun aux trois termes de droite:

$$\frac{d_{AB}}{v'} = \frac{v + v'}{v + v'} \times t_{BC} + \frac{v - v'}{v + v'} \times t_{BC} + \frac{d_{AB}}{v + v'}$$

$$= \frac{v + v' + (v - v')}{v + v'} \times t_{BC} + \frac{d_{AB}}{v + v'}$$

$$\frac{d_{AB}}{v'} = \frac{2v}{v + v'} \times t_{BC} + \frac{d_{AB}}{v + v'}.$$

En isolant les deux termes en d_{AB} du même côté de l'égalité, on obtient:

$$\frac{d_{AB}}{v'} - \frac{d_{AB}}{v + v'} = \frac{2v}{v + v'} \times t_{BC}$$

$$d_{AB} \times \left(\frac{1}{v'} - \frac{1}{v + v'}\right) = \frac{2v}{v + v'} \times t_{BC}$$

$$d_{AB} \times \frac{(v + v') - v'}{v'(v + v')} = \frac{2v}{v + v'} \times t_{BC}$$

$$d_{AB} \times \frac{v}{v'(v + v')} = \frac{2v}{v + v'} \times t_{BC} \Rightarrow \frac{d_{AB}}{v'} = 2\,t_{BC}.$$

La vitesse v n'apparaît plus dans la dernière équation. Il ne reste plus que la vitesse inconnue, celle qu'on cherche:

$$v' = \frac{d_{AB}}{2t_{BC}} = \frac{800 \text{ m}}{2 \times 1080 \text{ s}} = 0{,}370 \text{ m/s}.$$

Section 6.2
Les systèmes de référence galiléens

Manuel, p. 157

1. Pour le système de référence héliocentrique, l'origine du repère d'espace se trouve au centre du Soleil. Les trois axes du repère (x, y et z) sont perpendiculaires les uns aux autres et sont orientés vers des étoiles lointaines considérées comme fixes.

2. Dans le système de référence géocentrique, la Terre est animée d'un mouvement de rotation sur elle-même, d'ouest en est, autour de l'axe de rotation passant par ses pôles.

3. Par définition, un système de référence galiléen est un système dans lequel un corps isolé est soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme.

   Voici quelques exemples de systèmes de référence galiléens:

   – Le système de référence terrestre pour toutes les expériences de courte durée et qui ne sont pas influencées par le mouvement de rotation de la Terre.

   – Le système de référence lié à une voiture tant que celle-ci se limite à un mouvement rectiligne uniforme.

4. Voici quelques exemples de systèmes de référence non galiléens:

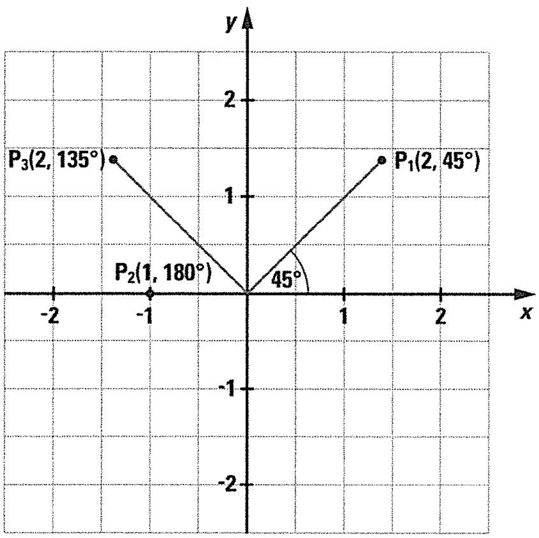
   – Un système de référence lié à une voiture dans un virage.

- Un système de référence lié à un véhicule en accélération.
- Un système de référence lié à un manège en rotation.

Section 6.3
Les systèmes de coordonnées

Manuel, p. 160

1.



2. Point P_1 : $r_1 = 2$, $\theta_1 = 45° \Rightarrow x_1 = ?$, $y_1 = ?$

$x_1 = r_1 \times \cos\theta_1 = 2 \times \cos 45° = 1{,}4$

$y_1 = r_1 \times \sin\theta_1 = 2 \times \sin 45° = 1{,}4$

Point P_2 : $r_2 = 1$, $\theta_2 = 180° \Rightarrow x_2 = ?$, $y_2 = ?$

$x_2 = r_2 \times \cos\theta_2 = 1 \times \cos 180° = -1$

$y_2 = r_2 \times \sin\theta_2 = 1 \times \sin 180° = 0$

Point P_3 : $r_3 = 2$, $\theta_3 = 135° \Rightarrow x_3 = ?$, $y_3 = ?$

$x_3 = r_3 \times \cos\theta_3 = 2 \times \cos 135° = -1{,}4$

$y_3 = r_3 \times \sin\theta_3 = 2 \times \sin 135° = 1{,}4$

3. Point P_1 : $x_1 = 2$, $y_1 = 1 \Rightarrow r_1 = ?$, $\theta_1 = ?$

$r_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} = \sqrt{2^2 + 1^2} = 2{,}2$

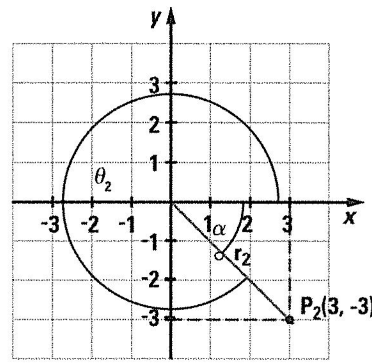
$\tan\theta_1 = \frac{y_1}{x_1} = \frac{1}{2} = 0{,}5 \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1}(0, 5) = 27°$

Donc, $P_1(2{,}2,\ 27°)$

Point P_2 : $x_2 = 3$, $y_2 = -3 \Rightarrow r_2 = ?$, $\theta_2 = ?$

$r_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} = \sqrt{3^2 + (-3)^2} = 4{,}2$

Le point $P_2(3,\ -3)$ se trouve dans le quatrième quadrant.



Soit α, l'angle entre l'axe des x positifs et le rayon polaire. Alors :

$\tan\alpha = \frac{|y_2|}{|x_2|} = \frac{3}{3} = 1 \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}(1) = 45°$

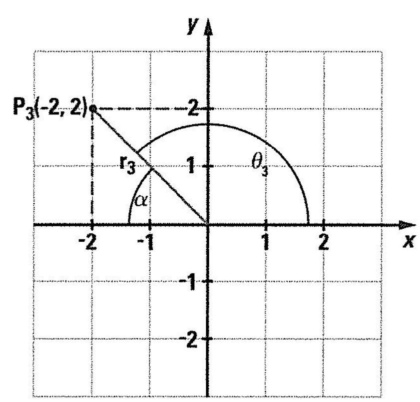
Ainsi,

$\theta_2 = 360° - \alpha = 360° - 45° = 315°$, et $P_2(4{,}2,\ 315°)$

Point P_3 : $x_3 = -2$, $y_3 = 2 \Rightarrow r_3 = ?$, $\theta_3 = ?$

$r_3 = \sqrt{x_3^2 + y_3^2} = \sqrt{(-2)^2 + (2)^2} = 2{,}8$

Le point $P_3(-2,\ 2)$ se trouve dans le deuxième quadrant.



Soit α, l'angle entre l'axe des x négatifs et le rayon polaire. Alors :

$\tan\alpha = \frac{|y_3|}{|x_3|} = \frac{2}{2} = 1 \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}(1) = 45°$

Ainsi,

$\theta_3 = 180° - \alpha = 180° - 45° = 135°$, et $P_2(2{,}8,\ 135°)$.

4. *a)* Les coordonnées cartésiennes s'obtiennent par lecture directe dans le graphique :

$P_1(5,\ 10)$ $P_2(4,\ \text{-}4)$ $P_3(\text{-}6,\ 9)$.

b) Point P_1

$$r_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11$$

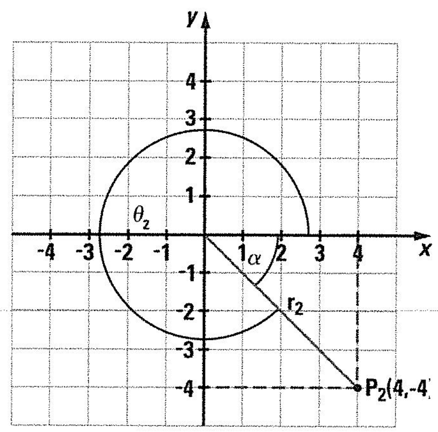
$$\tan \theta_1 = \frac{y_1}{x_1} = \frac{10}{5} = 2 \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1}(2) = 63°$$

Donc, $P_1(11{,}2,\ 63°)$.

Point P_2

$$r_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} = \sqrt{4^2 + (\text{-}4)^2} = 5{,}7$$

Le point P_2 se trouve dans le quatrième quadrant.



Soit α, l'angle entre l'axe des x positifs et le rayon polaire. Alors :

$$\tan \alpha = \frac{|y_2|}{|x_2|} = \frac{4}{4} = 1 \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}(1) = 45°.$$

Ainsi,

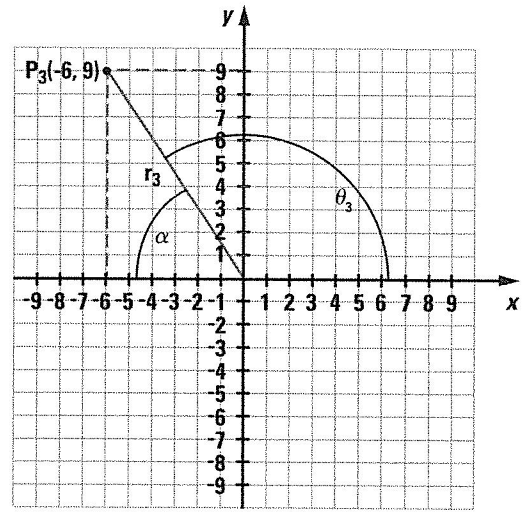
$\theta_2 = 360° - \alpha = 360° - 45° = 315°$ et

$P_2(5{,}7,\ 315°)$.

Point P_3

$$r_3 = \sqrt{x_3^2 + y_3^2} = \sqrt{(\text{-}6)^2 + 9^2} = 11$$

Le point P_3 se trouve dans le deuxième quadrant.



Soit α, l'angle entre l'axe des x négatifs et le rayon polaire. Alors :

$$\tan \alpha = \frac{|y_3|}{|x_3|} = \frac{9}{6} = 1{,}5 \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}(1{,}5) = 56°.$$

Ainsi,

$\theta_3 = 180° - \alpha = 180° - 56° = 124°$ et $P_3(11,\ 124°)$.

Chapitre 6
Les systèmes de référence

Manuel, p. 164

1. *a)* Il s'agit d'un système de référence terrestre.

b) Ce système de référence est galiléen, car la durée de l'expérience est très courte si on la compare à la durée de la rotation diurne de la Terre. Par ailleurs, cette rotation n'a pratiquement aucune influence sur l'expérience.

2. Non. Si vous laissez tomber un objet, par exemple, il semble tomber verticalement par rapport aux parois du train, que le train soit immobile ou qu'il se déplace à vitesse constante.

Chapitre 7 Les grandeurs et les unités

Manuel, p. 165 à 182

POUR FAIRE LE POINT

Section 7.2
Le système international d'unités

Manuel, p. 168

1. Grandeurs : longueur, masse et vitesse.

   Unités : mètre (m), kilogramme (kg), kilomètre par heure (km/h).

2. *a)* Un ouvrier applique une force de 100 <u>newtons</u> sur une caisse.

   b) La masse de la table est égale à 30 <u>kg</u>.

   c) Le match a duré 45 <u>s</u> de plus.

3. L'étiquette comporte une erreur, car le gramme (g) est une unité de masse et non de poids. L'étiquette devrait plutôt mentionner : « Masse nette : 500 g ».

4. • Longueur de la coudée de Nippour = 0,518 5 m
   • Nombre de doigts sumériens dans la coudée de Nippour : 30
   • Nombre de doigts égyptiens dans la coudée de Nippour : 28

   Calcul de la longueur des doigts :

   Longueur d'un doigt sumérien

   $$= \frac{0{,}518\,5 \text{ m}}{30} = 0{,}017\,28 \text{ m}$$

   Longueur d'un doigt égyptien

   $$= \frac{0{,}518\,5 \text{ m}}{28} = 0{,}018\,52 \text{ m}.$$

   Calcul du nombre de doigts dans un mètre :

   Nombre de doigts sumériens dans un mètre

   $$= \frac{1 \text{ m}}{0{,}017\,28 \text{ m}} \approx 58$$

   Nombre de doigts égyptiens dans un mètre

   $$= \frac{1 \text{ m}}{0{,}018\,52 \text{ m}} \approx 54.$$

Section 7.3
Les étalons fondamentaux des unités de base de la mécanique

Manuel, p. 171

1. Non. L'étalon matériel du mètre n'est plus en usage depuis 1960.

2. Le seul étalon matériel d'une unité de base du SI encore utilisé de nos jours est celui du kilogramme.

3. Pour définir le mètre, il a été convenu de fixer la vitesse de la lumière dans le vide à c = 299 792 458 m/s.

4. Cette définition a été abandonnée à cause des irrégularités de la rotation de la Terre.

Section 7.4
Les unités dérivées du système international

Manuel, p. 172

1. 1 kWh = 1 000 W × 1 h = 1 000 W × 3 600 s
   = 3 600 000 W • s

   En fonction des unités de base du SI : 1 W = 1 kg m^2 s^{-3}.

   Ainsi, 1 kWh = 3 600 000 W • s = 3 600 000 kg m^2 s^{-3} × 1 s
   = 3 600 000 kg m^2 s^{-2}.

   Comme cette combinaison d'unités correspond au joule (*voir le tableau 5, à la page 172 du manuel*), on a donc 1 kWh = 3 600 000 J.

2. $W = F \times \Delta s$

   Unité de (W) = unité de (F) × unité de (Δs) = N × m
   = (kg m s^{-2}) × m = kg m^2 s^{-2}

3. Poids = masse × accélération gravitationnelle ou $F_g = mg$

   (*Voir le rappel, à la page 13 du manuel.*)

Unité du poids = (unité de la masse) × (unité de l'accélération gravitationnelle)

$= \text{kg} \times \text{m s}^{-2} = \text{kg m s}^{-2}$

Comme l'unité de la force est le kilogramme-mètre par seconde carrée, ou kg m s^{-2} (*voir le tableau 5, à la page 172 du manuel*), on peut en conclure que le poids est une force.

4. $p = \dfrac{F}{A} \Rightarrow \text{Unité de }(p) = \dfrac{\text{Unité de }(F)}{\text{Unité de }(A)} = \dfrac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Unité de $(p) = \text{kg m}^{-1}\,\text{s}^{-2}$

Section 7.5 Les multiples et les sous-multiples des unités

Manuel, p. 175

1. $t = 250$ s

a) $t = 250\text{ s} \times \dfrac{10^6\ \mu\text{s}}{1\text{ s}} = 2{,}50 \times 10^8\ \mu\text{s}$

$t = 250\,000\,000\ \mu\text{s}$

b) $t = 250\text{ s} \times \dfrac{10^3\text{ ms}}{1\text{ s}} = 2{,}50 \times 10^5\text{ ms}$

$t = 250\,000\text{ ms}$

c) $t = 250\text{ s} \times \dfrac{10^{-3}\text{ ks}}{1\text{ s}} = 2{,}50 \times 10^{-1}\text{ ks}$

$t = 0{,}250\text{ ks}$

d) $t = 250\text{ s} \times \dfrac{10^{-6}\text{ Ms}}{1\text{ s}} = 2{,}50 \times 10^{-4}\text{ Ms}$

$t = 0{,}000\,250\text{ Ms}$

2. $E = 150\text{ MJ} = 150 \times 10^6\text{ J} = 1{,}50 \times 10^8\text{ J}$

$1\text{ mJ} = 10^{-3}\text{ J}$

Donc,

$E = 1{,}50 \times 10^8\text{ J} \times \dfrac{1\text{ mJ}}{10^{-3}\text{ J}} = 1{,}50 \times 10^{11}\text{ mJ}.$

3. $m = 10{,}2\ \mu\text{g} = 10{,}2 \times 10^{-6}\text{ g} = 1{,}02 \times 10^{-5}\text{ g}$

$1\text{ kg} = 1\,000\text{ g}$

$m = 1{,}02 \times 10^{-5}\text{ g} \times \dfrac{1\text{ kg}}{10^3\text{ g}} = 1{,}02 \times 10^{-8}\text{ kg}$

4. $\text{A} = 23{,}5\text{ cm}^2 \quad 1\text{ m} = 100\text{ cm}$

$\text{A} = 23{,}5\text{ cm}^2 \times \left(\dfrac{1\text{ m}}{100\text{ cm}}\right)^2 = 2{,}35 \times 10^{-3}\text{ m}^2$

5. *a)* $v = 25\,\dfrac{\text{km}}{\text{h}} \times \dfrac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \dfrac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 6{,}9\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

b) $v = 150\,\dfrac{\text{km}}{\text{h}} \times \dfrac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \dfrac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 41{,}7\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

c) $v = 2{,}0\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}} \times \dfrac{1\text{ km}}{1\,000\text{ m}} \times \dfrac{3\,600\text{ s}}{1\text{ h}} = 7{,}2\,\dfrac{\text{km}}{\text{h}}$

d) $v = 50\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}} \times \dfrac{1\text{ km}}{1\,000\text{ m}} \times \dfrac{3\,600\text{ s}}{1\text{ h}} = 180\,\dfrac{\text{km}}{\text{h}}$

6. Unité de $(E_c) = \text{J} = \text{kg m}^2\,\text{s}^{-2}$

Unité de $\dfrac{1}{2}mv^2$ = unité de (m) × unité de (v^2)

$= \text{kg} \times \left(\dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \text{kg m}^2\,\text{s}^{-2}$

La formule de l'énergie cinétique est donc homogène.

7. *a)* $l = 1$ micromètre

b) $t = 1$ femtoseconde

c) $m = 1$ microgramme

8. *a)* $l = 1$ km

b) $E = 1$ MJ

c) $P = 1$ GW

9. Unité de (T): s

Unité de (g): m/s²

$\text{Unité de } \sqrt{\dfrac{l}{g}} = \sqrt{\dfrac{\text{Unité de }(l)}{\text{Unité de }(g)}} = \sqrt{\dfrac{m}{\text{m}/\text{s}^2}} = \sqrt{m \times \dfrac{\text{s}^2}{\text{m}}}$

$= \sqrt{\text{s}^2} = \text{s}$

La formule est homogène.

10. $k = \dfrac{F_r}{\Delta x}$

$\text{Unité de } k = \dfrac{\text{Unité de }(F_r)}{\text{Unité de }(\Delta x)} = \dfrac{\text{N}}{\text{m}}$

L'unité de la constante de rappel k est le newton par mètre (N/m).

Section 7.6
Les grandeurs scalaires et les grandeurs vectorielles

Manuel, p. 177

1. Les grandeurs scalaires sont complètement décrites par un seul nombre et une unité de mesure. Les grandeurs vectorielles se caractérisent par une orientation (direction et sens) en plus de la grandeur (ou norme) et de l'unité de mesure.

2. Ces grandeurs sont dites vectorielles, car elles nécessitent un vecteur pour être complètement définies.

3. Grandeurs scalaires : longueur, superficie, volume, masse, temps, travail, énergie, puissance, fréquence, période, angle, indice de réfraction, convergence, etc.
   Grandeurs vectorielles : position, déplacement, vitesse, accélération, force, etc.

4. Un vecteur est caractérisé par :
   - sa norme, ou module, qui représente sa grandeur ;
   - sa direction, qui est celle de la droite selon laquelle le vecteur est orienté ;
   - son sens, qui indique de quel côté sur la droite se dirige le vecteur.

Chapitre 7
Les grandeurs et les unités

Manuel, p. 182

1.

Facteur	Nom	Symbole
10^{21}	zetta	Z
10^{1}	déca	da
10^{-15}	femto	f
10^{-3}	milli	m
10^{9}	giga	G
10^{-1}	déci	d

2.

Information	Unité de base du SI
Unité basée sur une propriété de l'atome de césium 133	seconde
Unité définie par rapport à une distance parcourue par la lumière	mètre
Seule unité définie par rapport à un étalon matériel	kilogramme
Unité qui a été modifiée à quatre reprises depuis 1889	mètre
Unité la plus précisément connue du SI	seconde

3.

Grandeur	Scalaire/vectorielle
Force	Vectorielle
Masse	Scalaire
Vitesse	Vectorielle
Accélération	Vectorielle
Énergie	Scalaire

4. Étant donné que la masse est une grandeur scalaire et que la vitesse est une grandeur vectorielle, leur produit est une grandeur vectorielle. En effet, le résultat de la multiplication d'un scalaire et d'un vecteur est un vecteur.

5. $p = m \times v \Rightarrow$ Unité de (p) = Unité de $(m) \times$ Unité de (v)

$$\text{Unité de } (p) = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{kg m s}^{-1}$$

L'unité de la quantité de mouvement est le kilogramme-mètre par seconde (kg m s^{-1}).

6. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire : « F est une force, m_1 et m_2 sont des masses, r est une longueur et G est la constante gravitationnelle. »

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$$

$$\text{Unité de } G = \frac{\text{Unité de } (F) \times (\text{Unité de } (r))^2}{\text{Unité de } (m_1) \times \text{Unité de } (m_2)}$$

$$= \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg} \times \text{kg}} = \frac{(\text{kg m s}^{-2}) \times \text{m}^2}{\text{kg} \times \text{kg}} = \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^{-2}$$

L'unité de la constante gravitationnelle est : $\text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^{-2}$.

7. $m = 1$ kg

Diamètre du cylindre (D) = hauteur du cylindre (h)
$= 39 \times 10^{-3}$ m

$$\text{Masse volumique } (\rho) = \frac{\text{Masse } (m)}{\text{Volume } (V)}$$

$$V = \pi \times r^2 \times h = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times h$$

$$= \pi \times \left(\frac{39 \times 10^{-3}\text{ m}}{2}\right)^2 \times 39 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$= 4{,}66 \times 10^{-5}\ \text{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1\text{ kg}}{4{,}66 \times 10^{-5}\text{ m}^3} = 2{,}2 \times 10^4\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho = 2{,}15 \times 10^4\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1\,000\text{ g}}{1\text{ kg}} \times \left(\frac{1\text{ m}}{100\text{ cm}}\right)^3 = 22\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

★ **8.** Si on considère les unités de base de l'énergie et de la puissance, on constate qu'elles sont les mêmes, à l'exception de l'exposant de la seconde (s). On peut donc trouver la relation entre E et P en considérant le rapport E/P (ou P/E) :

$$\frac{\text{Unité de } (E)}{\text{Unité de } (P)} = \frac{\text{kg m}^2\text{ s}^{-2}}{\text{kg m}^2\text{ s}^{-3}} = \text{s (unité de temps)}.$$

Il est donc possible que la relation entre E et P soit proportionnelle, c'est-à-dire que $\frac{E}{P} \alpha t$ ou $P \alpha \frac{E}{t}$. On obtient alors $\left(P = k\frac{E}{t}\right)$. Toutefois, la relation pourrait être plus complexe et contenir d'autres variables.

Chapitre 8 Les vecteurs

Manuel, p. 183 à 202

POUR FAIRE LE POINT

Section 8.1 Les propriétés des vecteurs

Manuel, p. 189

1. *a)* Scalaire, car le prix n'a pas d'orientation.

b) Scalaire, car la durée n'a pas d'orientation.

c) Vecteur, car la vitesse est orientée.

d) Scalaire, car le volume n'a pas d'orientation.

e) Vecteur, car le déplacement est orienté.

2. L'angle exprimant l'orientation est mesuré dans le sens contraire des aiguilles d'une montre à partir de l'axe des x positifs, qu'on considère orienté vers la droite.

a) $\theta_u = 270° - 30° = 240°$

b) $\theta_v = 360° - 20° = 340°$

c) $\theta_w = 90° + 40° = 130°$

3. *a)* $F_1 = 166$ N $\quad \theta_1 = 125° \quad F_{1x} = ? \quad F_{1y} = ?$

$F_{1x} = F_1 \cos \theta_1 = 166 \text{ N} \cos 125° = -95{,}2 \text{ N}$

$F_{1y} = F_1 \sin \theta_1 = 166 \text{ N} \sin 125° = 136 \text{ N}$

b) $F_2 = 23{,}5$ N $\quad \theta_2 = 225° \quad F_{2x} = ? \quad F_{2y} = ?$

$F_{2x} = F_2 \cos \theta_2 = 23{,}5 \text{ N} \cos 225° = -16{,}6 \text{ N}$

$F_{2y} = F_2 \sin \theta_2 = 23{,}5 \text{ N} \sin 225° = -16{,}6 \text{ N}$

c) $F_3 = 575$ N $\quad \theta_3 = 285° \quad F_{3x} = ? \quad F_{3y} = ?$

$F_{3x} = F_3 \cos \theta_3 = 575 \text{ N} \cos 285° = 149 \text{ N}$

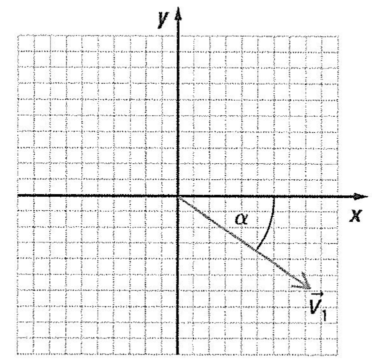
$F_{3y} = F_3 \sin \theta_3 = 575 \text{ N} \sin 285° = -555 \text{ N}$

4. *a)* $v_{1x} = 8{,}4$ m/s $\quad v_{1y} = -5{,}9$ m/s $\quad v_1 = ? \quad \theta_1 = ?$

$v_1 = \sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2} = \sqrt{(8{,}4 \text{ m/s})^2 + (-5{,}9 \text{ m/s})^2}$

$= 10{,}3$ m/s

$\vec{v}_1$ se trouve dans le quatrième quadrant.



$$\tan \alpha = \frac{|v_{1y}|}{|v_{1x}|} = \frac{5{,}9 \text{ m/s}}{8{,}4 \text{ m/s}} = 0{,}70 \Rightarrow \alpha = 35°$$

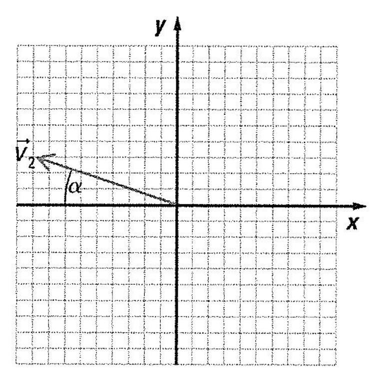
$\theta_1 = 360° - \alpha = 360° - 35° = 325°$

b) $v_{2x} = -881$ m/s $\quad v_{2y} = 302$ m/s $\quad v_2 = ? \quad \theta_2 = ?$

$v_2 = \sqrt{v_{2x}^2 + v_{2y}^2} = \sqrt{(-881 \text{ m/s})^2 + (302 \text{ m/s})^2}$

$= 931$ m/s

$\vec{v}_2$ se trouve dans le deuxième quadrant.



$$\tan \alpha = \frac{|v_{2y}|}{|v_{2x}|} = \frac{302 \text{ m/s}}{881 \text{ m/s}} = 0{,}343 \Rightarrow \alpha = 18{,}9°$$

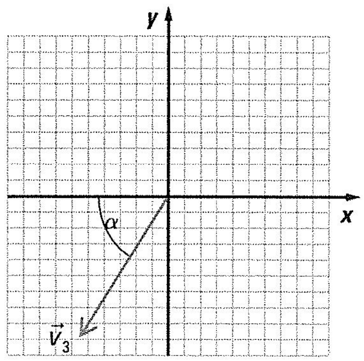
$\theta_2 = 180° - \alpha = 180° - 18{,}9° = 161°$

c) $v_{3x} = \text{-}55{,}1\ \text{m/s} \quad v_{3y} = \text{-}87{,}5\ \text{m/s} \quad v_3 = ? \quad \theta_3 = ?$

$$v_3 = \sqrt{v_{3x}^2 + v_{3y}^2} = \sqrt{(\text{-}55{,}1\ \text{m/s})^2 + (\text{-}87{,}5\ \text{m/s})^2}$$

$$= 103\ \text{m/s}$$

$\vec{v}_3$ se trouve dans le troisième quadrant.



$$\tan \alpha = \frac{|v_{3y}|}{|v_{3x}|} = \frac{87{,}5\ \text{m/s}}{55{,}1\ \text{m/s}} = 1{,}59 \Rightarrow \alpha = 57{,}8°$$

$\theta_3 = 180° + \alpha = 180° + 57{,}8° = 238°$

5. $\overrightarrow{AB} = (10,\ \text{-}2)\ \text{m} \qquad \overrightarrow{BC} = (\text{-}4,\ \text{-}10)\ \text{m}$

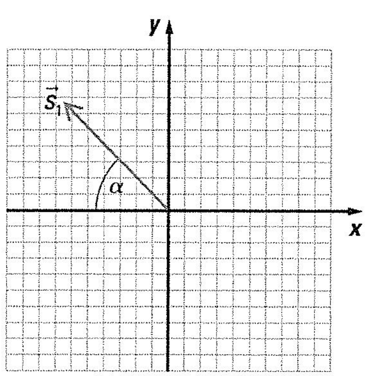
$\overrightarrow{CA} = (\text{-}6,\ 12)\ \text{m}$

6. On trouve les composantes par lecture directe sur le graphique :

$\vec{s}_1 = (\text{-}3,\ 3)\ \text{m} \qquad \vec{s}_2 = (\text{-}3,\ \text{-}6)\ \text{m} \qquad \vec{s}_3 = (9,\ 1)\ \text{m}$

$$s_1 = \sqrt{s_{1x}^2 + s_{1y}^2} = \sqrt{(\text{-}3\ \text{m})^2 + (3\ \text{m})^2} = 4{,}2\ \text{m}$$

$\vec{s}_1$ se trouve dans le deuxième quadrant.

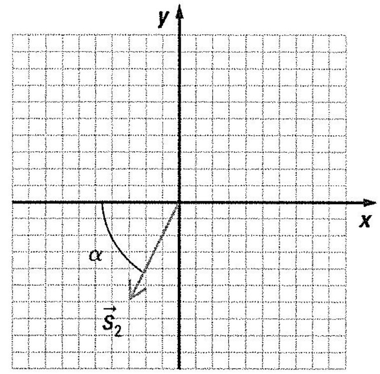


$$\tan \alpha = \frac{|s_{1y}|}{|s_{1x}|} = \frac{3\ \text{m}}{3\ \text{m}} = 1 \Rightarrow \alpha = 45°$$

$\theta_1 = 180° - \alpha = 180° - 45° = 135°$

$$s_2 = \sqrt{s_{2x}^2 + s_{2y}^2} = \sqrt{(\text{-}3\ \text{m})^2 + (\text{-}6\ \text{m})^2} = 6{,}7\ \text{m}$$

$\vec{s}_2$ se trouve dans le troisième quadrant.

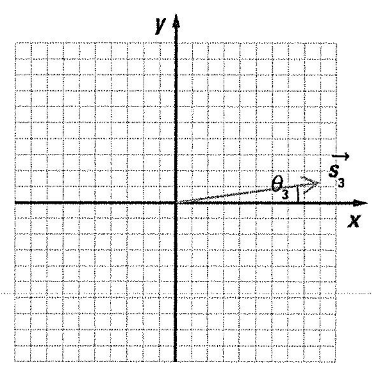


$$\tan \alpha = \frac{|s_{2y}|}{|s_{2x}|} = \frac{6\ \text{m}}{3\ \text{m}} = 2 \Rightarrow \alpha = 63°$$

$\theta_2 = 180° + \alpha = 180° + 63° = 243°$

$$s_3 = \sqrt{{s_{3x}}^2 + {s_{3y}}^2} = \sqrt{(9\ \text{m})^2 + (1\ \text{m})^2} = 9{,}1\ \text{m}$$

$\vec{s}_3$ se trouve dans le premier quadrant.

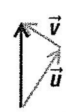


$$\tan \theta_3 = \frac{|s_{3y}|}{|s_{3x}|} = \frac{1\ \text{m}}{9\ \text{m}} \Rightarrow \theta_3 = 6{,}3°$$

Section 8.2 L'addition de vecteurs

Manuel, p. 192

1. *a)* $\vec{b}$, car



b) $\vec{a}$, car

2. *a)* $\vec{F}_1 = 45\ \text{N à } 135° \quad \vec{F}_2 = 20\ \text{N à } 200°$

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = ?$

$F_{1x} = 45\ \text{N} \cos 135° = \text{-}31{,}8\ \text{N}$

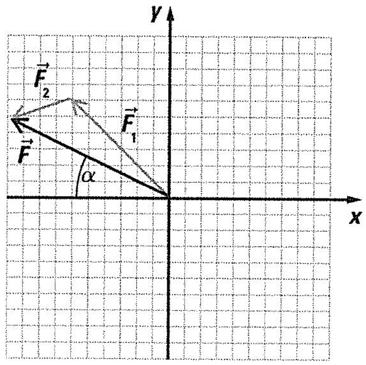
$F_{1y} = 45\text{ N} \sin 135° = 31{,}8\text{ N}$

$F_{2x} = 20\text{ N} \cos 200° = -18{,}8\text{ N}$

$F_{2y} = 20\text{ N} \sin 200° = -6{,}8\text{ N}$

$F_x = F_{1x} + F_{2x} = -31{,}8\text{ N} - 18{,}8\text{ N} = -50{,}6\text{ N}$

$F_y = F_{1y} + F_{2y} = 31{,}8\text{ N} - 6{,}8\text{ N} = 25{,}0\text{ N}$



$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-50{,}6\text{ N})^2 + (25{,}0\text{ N})^2} = 56\text{ N}$$

$\vec{F}$ se trouve dans le deuxième quadrant.

$$\tan\alpha = \frac{|F_y|}{|F_x|} = \frac{25{,}0\text{ N}}{50{,}6\text{ N}} = 0{,}494 \Rightarrow \alpha = 26°$$

$\theta = 180° - \alpha = 180° - 26° = 154°$

$\vec{F} = 56\text{ N à } 154°$

b) $\vec{v}_1 = 150\text{ km/h à } 225°$ $\quad \vec{v}_2 = 20\text{ km/h à } 180°$

$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = ?$

$v_{1x} = 150\text{ km/h} \cos 225° = -106\text{ km/h}$

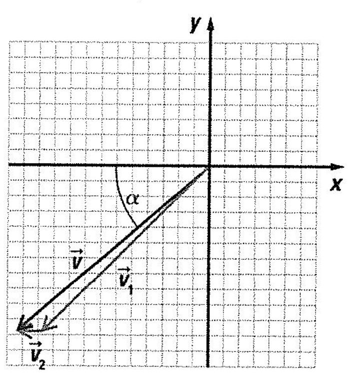
$v_{1y} = 150\text{ km/h} \sin 225° = -106\text{ km/h}$

$v_{2x} = 20\text{ km/h} \cos 180° = -20\text{ km/h}$

$v_{2y} = 20\text{ km/h} \sin 180° = 0\text{ km/h}$

$v_x = v_{1x} + v_{2x} = -106\text{ km/h} - 20\text{ km/h} = -126\text{ km/h}$

$v_y = v_{1y} + v_{2y} = -106\text{ km/h} + 0\text{ km/h} = -106\text{ km/h}$



$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$= \sqrt{(-126\text{ km/h})^2 + (-106\text{ km/h})^2} = 165\text{ km/h}$$

$\vec{v}$ se trouve dans le troisième quadrant.

$$\tan\alpha = \frac{|v_y|}{|v_x|} = \frac{106\text{ km/h}}{126\text{ km/h}} = 0{,}841 \Rightarrow \alpha = 40{,}1°$$

$\theta = 180° + \alpha = 180° + 40{,}1° = 220°$

$\vec{v} = 165\text{ km/h à } 220°$

c) $\vec{s}_1 = 5{,}4\text{ m à } 195°$ $\quad \vec{s}_2 = 1{,}82\text{ m à } 175°$

$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 = ?$

$s_{1x} = 5{,}4\text{ m} \cos 195° = -5{,}2\text{ m}$

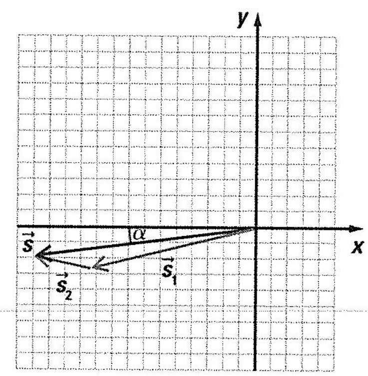
$s_{1y} = 5{,}4\text{ m} \sin 195° = -1{,}4\text{ m}$

$s_{2x} = 1{,}82\text{ m} \cos 175° = -1{,}81\text{ m}$

$s_{2y} = 1{,}82\text{ m} \sin 175° = 0{,}159\text{ m}$

$s_x = s_{1x} + s_{2x} = -5{,}2\text{ m} - 1{,}81\text{ m} = -7{,}0\text{ m}$

$s_y = s_{1y} + s_{2y} = -1{,}4\text{ m} + 0{,}159\text{ m} = -1{,}24\text{ m}$



$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{(-7{,}0\text{ m})^2 + (-1{,}24\text{ m})^2}$$

$= 7{,}1\text{ m}$

$\vec{s}$ se trouve dans le troisième quadrant.

$$\tan\alpha = \frac{|s_y|}{|s_x|} = \frac{1{,}24\text{ m}}{7{,}0\text{ m}} = 0{,}18 \Rightarrow \alpha = 10°$$

$\theta = 180° + \alpha = 180° + 10° = 190°$

$\vec{s} = 7{,}1\text{ m à } 190°$

3. On trouve les composantes par lecture directe sur le graphique :

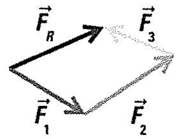
$\vec{F}_1 = (5, -3)\text{ N}$ $\quad \vec{F}_2 = (6, 4)\text{ N}$ $\quad \vec{F}_3 = (-5, 2)\text{ N}$

$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (5, -3)\text{ N} + (6, 4)\text{ N} + (-5, 2)\text{ N}$

$= (5 + 6 - 5, -3 + 4 + 2)\text{ N}$

$\vec{F}_R = (6, 3)\text{ N}.$

On confirme graphiquement:



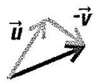
Section 8.3
La soustraction de vecteurs

Manuel, p. 195

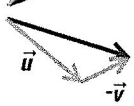
1. Un vecteur de 25 m/s au sud-ouest a une orientation de 225°. Le vecteur opposé a la même grandeur, mais une orientation opposée qui vaut donc 225° − 180° = 45°. Ce vecteur est dirigé vers le nord-est. Il y a donc deux bonnes réponses : B et C.

2. $\vec{a}$ et $\vec{h}$, $\vec{b}$ et $\vec{f}$

3. *a)* $\vec{c}$, car

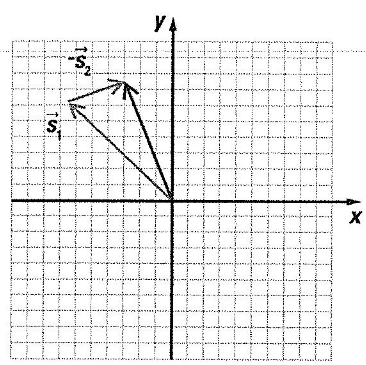


b) $\vec{a}$, car



4. *a)* $\vec{s}_1 = 45$ m à 135° $\quad \vec{s} = \vec{s}_1 - \vec{s}_2 = ?$

$\vec{s}_2 = 20$ m à 200°



$s_{1x} = 45$ m cos 135° = -32 m

$s_{1y} = 45$ m sin 135° = 32 m

$s_{2x} = 20$ m cos 200° = -19 m

$s_{2y} = 20$ m sin 200° = -6,8 m

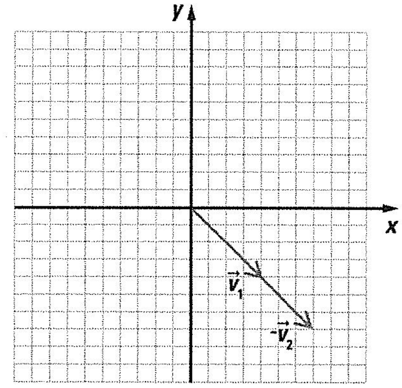
$s_x = s_{1x} - s_{2x} = -32$ m − (-19 m) = -13 m

$s_y = s_{1y} - s_{2y} = 32$ m − (-6,8 m) = 39 m

$\vec{s} = (-13, 39)$ m

b) $\vec{v}_1 = 60$ km/h à 315° $\quad \vec{v}_2 = 40$ km/h à 135°

$\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = ?$



$v_{1x} = 60$ km/h cos 315° = 42,4 km/h

$v_{1y} = 60$ km/h sin 315° = -42,4 km/h

$v_{2x} = 40$ km/h cos 135° = -28,3 km/h

$v_{2y} = 40$ km/h sin 135° = 28,3 km/h

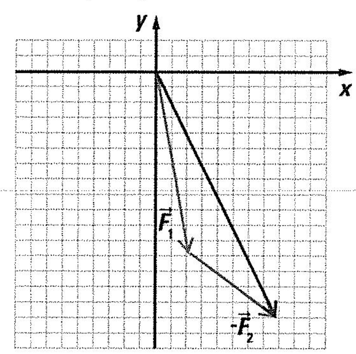
$v_x = v_{1x} - v_{2x} = 42,4$ km/h − (-28,3 km/h) = 71 km/h

$v_y = v_{1y} - v_{2y} = -42,4$ km/h − 28,3 km/h = -71 km/h

$\vec{v} = (71, -71)$ km/h

c) $\vec{F}_1 = 24,3$ N à 280° $\quad \vec{F}_2 = 13,7$ N à 145°

$\vec{F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2 = ?$



$F_{1x} = 24,3$ N cos 280° = 4,22 N

$F_{1y} = 24,3$ N sin 280° = -23,9 N

$F_{2x} = 13,7$ N cos 145° = -11,2 N

$F_{2y} = 13,7$ N sin 145° = 7,86 N

$F_x = F_{1x} - F_{2x} = 4,22$ N − (-11,2 N) = 15,4 N

$F_y = F_{1y} - F_{2y} = -23,9$ N − 7,86 N = -31,8 N

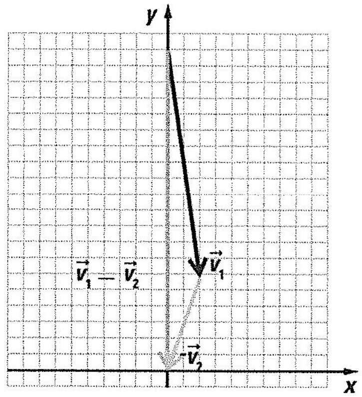
$\vec{F} = (15,4, -31,8)$ N

5. On trouve les composantes de chaque vecteur par lecture directe sur le graphique :

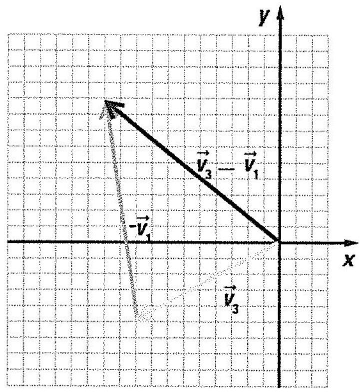
$\vec{v}_1 = (2, -14)$ km/h $\qquad \vec{v}_2 = (2, 6)$ km/h

$\vec{v}_3 = (-9, -5)$ km/h.

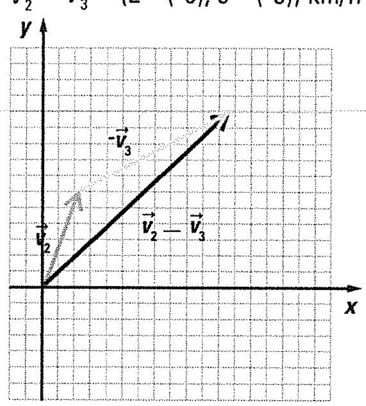
a) $\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = (2 - 2, \text{-}14 - 6)$ km/h $= (0, \text{-}20)$ km/h



b) $\vec{v}_3 - \vec{v}_1 = (\text{-}9 - 2, \text{-}5 - (\text{-}14))$ km/h $= (\text{-}11, 9)$ km/h



c) $\vec{v}_2 - \vec{v}_3 = (2 - (\text{-}9), 6 - (\text{-}5))$ km/h $= (11, 11)$ km/h



Section 8.4
La multiplication d'un vecteur par un nombre

Manuel, p. 197

1. *a)* 2

En effet, $\|\text{-}2{,}5\vec{v}\| = 2{,}5v = 2{,}5 \times 15$ m/s $= 37{,}5$ m/s, ce qui élimine l'option 3. De plus, le vecteur résultant est de sens opposé à $\vec{v}$: son orientation est donc égale à 100° + 180° = 280°.

b) 1

En effet, $\|8\vec{F}\| = 8F = 8 \times 11{,}27\ N = 90{,}16$ N, ce qui élimine l'option 2. De plus, le vecteur résultant est dans le même sens que $\vec{F}$: son orientation est donc égale à 135°, ou 45° à l'ouest du nord.

2. $\vec{v} = (\text{-}4, 7)$ km/h

a) $\vec{v}_R = 1{,}5\vec{v} = ?$

$v_{Rx} = 1{,}5v_x = 1{,}5 \times (\text{-}4 \text{ km/h}) = \text{-}6$ km/h

$v_{Ry} = 1{,}5v_y = 1{,}5 \times (7 \text{ km/h}) = 11$ km/h

$\vec{v}_R = (\text{-}6, 11)$ km/h

b) $\vec{v}_R = \text{-}0{,}8\vec{v} = ?$

$v_{Rx} = \text{-}0{,}8v_x = \text{-}0{,}8 \times (\text{-}4 \text{ km/h}) = 3$ km/h

$v_{Ry} = \text{-}0{,}8v_y = \text{-}0{,}8 \times (7 \text{ km/h}) = \text{-}6$ km/h

$\vec{v}_R = (3, \text{-}6)$ km/h

c) $\vec{v}_R = \frac{3}{5}\vec{v} = ?$

$v_{Rx} = \frac{3}{5}v_x = \frac{3}{5} \times (\text{-}4 \text{ km/h}) = \text{-}2$ km/h

$v_{Ry} = \frac{3}{5}v_y = \frac{3}{5} \times (7 \text{ km/h}) = 4$ km/h

$\vec{v}_R = (\text{-}2, 4)$ km/h

Chapitre 8
Les vecteurs

Manuel, p. 199

1. *a)* $v = 228$ m/s $\quad \theta = 160°$

$v_x = 228$ m/s cos 160° = -214 m/s

$v_y = 228$ m/s sin 160° = 78,0 m/s

b) $F = 79$ N $\quad \theta = 55°$

$F_x = 79$ N cos 55° = 45 N

$F_y = 79$ N sin 55° = 65 N

c) $s = 55$ m $\quad \theta = 320°$

$s_x = 55$ m cos 320° = 42 m

$s_y = 55$ m sin 320° = -35 m

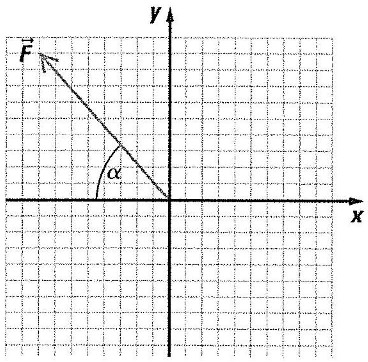
d) $F_x = \text{-}8 \times 5$ N = -40 N

$F_y = \text{-}4 \times 5$ N = -20 N

2. *a)* $F_x = -160{,}7\ \text{N}$ $\quad F_y = 191{,}5\ \text{N}$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-160{,}7\ \text{N})^2 + (191{,}5\ \text{N})^2}$$
$$= 250{,}0\ \text{N}$$

$\vec{F}$ se trouve dans le deuxième quadrant.



$$\tan \alpha = \frac{|F_y|}{|F_x|} = \frac{191{,}5\ \text{N}}{160{,}7\ \text{N}} = 1{,}192 \Rightarrow \alpha = 50{,}00°$$

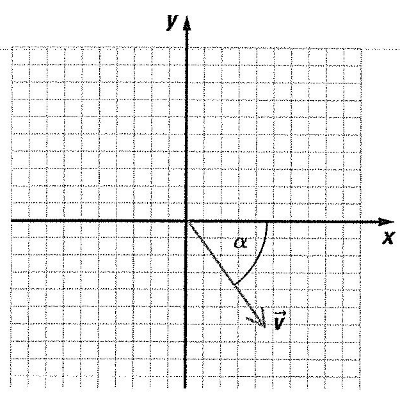
$\theta = 180° - \alpha = 180{,}0° - 50{,}00° = 130{,}0°$

$F = 250{,}0\ \text{N à } 130{,}0°$

b) $\vec{v} = (45, -62)\ \text{m/s}$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(45\ \text{m/s})^2 + (-62\ \text{m/s})^2}$$
$$= 77\ \text{m/s}$$

$\vec{v}$ se trouve dans le quatrième quadrant.



$$\tan \alpha = \frac{|v_y|}{|v_x|} = \frac{62\ \text{m/s}}{45\ \text{m/s}} = 1{,}38 \Rightarrow \alpha = 54°$$

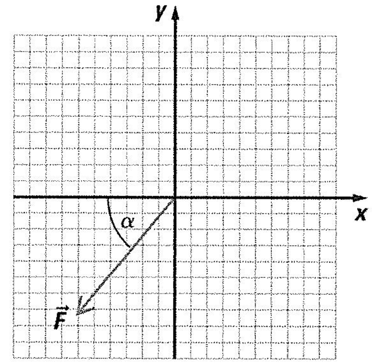
$\theta = 360° - \alpha = 360° - 54° = 306°$

$\vec{v} = 77\ \text{m/s à } 306°$

c) $F_x = -600\ \text{N}$ $\quad F_y = -750\ \text{N}$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-600\ \text{N})^2 + (-750\ \text{N})^2}$$
$$= 960\ \text{N}$$

$\vec{F}$ se trouve dans le troisième quadrant.



$$\tan \alpha = \frac{|F_y|}{|F_x|} = \frac{750\ \text{N}}{600\ \text{N}} = 1{,}25 \Rightarrow \alpha = 51{,}3°$$

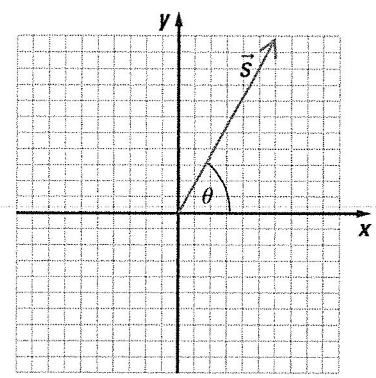
$\theta = 180° + \alpha = 180° + 51{,}3° = 231°$

$\vec{F} = 960\ \text{N à } 231°$

d) $s_x = 120\ \text{m}$ $\quad s_y = 220\ \text{m}$

$$s = \sqrt{s_x{}^2 + s_y{}^2} = \sqrt{(120\ \text{m})^2 + (220\ \text{m})^2} = 251\ \text{m}$$

$\vec{s}$ se trouve dans le premier quadrant.



$$\tan \theta = \frac{|s_y|}{|s_x|} = \frac{220\ \text{m}}{120\ \text{m}} = 1{,}83 \Rightarrow \theta = 61{,}4°$$

$\theta = 61{,}4°$

$\vec{s} = 251\ \text{m à } 61{,}4°$

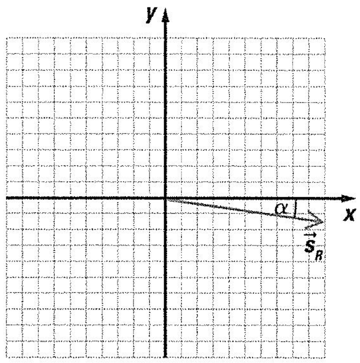
3. $\overrightarrow{AB} = (11, 3)\ \text{m}$ $\quad \overrightarrow{CD} = (9, -6)\ \text{m}$

Soit $\vec{s}_R = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{CD} = (11 + 9\ \text{m}, 3 + (-6)\ \text{m})$

$= (20, -3)\ \text{m}$

$$s_R = \sqrt{s_{Rx}^2 + s_{Ry}^2} = \sqrt{(20\ \text{m})^2 + (-3\ \text{m})^2} = 20{,}2\ \text{m}$$

$\vec{s}_R$ se trouve dans le quatrième quadrant.

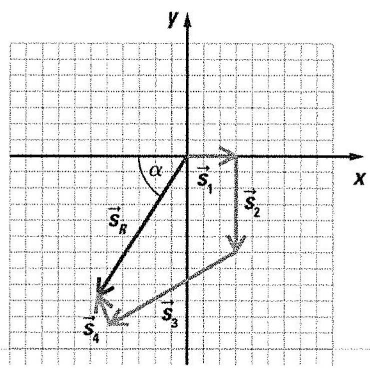


$$\tan \alpha = \frac{|s_{Ry}|}{|s_{Rx}|} = \frac{3\ \text{m}}{20\ \text{m}} = 0{,}15 \Rightarrow \alpha = 9°$$

$\theta = 360° - \alpha = 360° - 9° = 351°$

$\vec{s}_R = 20{,}2$ m à 351°

4. *a)* Tracé du parcours à l'échelle. 1 carré = 50 m



b) Trouver la distance et l'orientation du point d'arrivée par rapport au point de départ revient à déterminer la norme et l'orientation du vecteur déplacement résultant $\vec{s}_R$, où $\vec{s}_R = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 + \vec{s}_4$. Il faut donc déterminer les composantes de tous ces déplacements successifs.

$s_1 = 150$ m, $\theta_1 = 0° \Rightarrow \vec{s}_1 = (150, 0)$ m

$s_2 = 300$ m, $\theta_2 = 270° \Rightarrow \vec{s}_2 = (0, \text{-}300)$ m

$s_3 = 450$ m, $\theta_3 = 210°$

$s_{3x} = 450\ \text{m} \cos 210° = \text{-}390$ m

$s_{3y} = 450\ \text{m} \sin 210° = \text{-}225$ m

$\vec{s}_3 = (\text{-}390, \text{-}225)$ m

$s_4 = 100$ m, $\theta_4 = 112{,}5°$

$s_{4x} = 100\ \text{m} \cos 112{,}5° = \text{-}38{,}3$ m

$s_{4y} = 100\ \text{m} \sin 112{,}5° = 92{,}4$ m

$\vec{s}_4 = (\text{-}38{,}3,\ 92{,}4)$ m

$s_{Rx} = 150 + 0 - 390 - 38{,}3\ \text{m} = \text{-}278$ m

$s_{Ry} = 0 - 300 - 225 + 92{,}4\ \text{m} = \text{-}433$ m

$s_R = \sqrt{(\text{-}278\ \text{m})^2 + (\text{-}433\ \text{m})^2} = 515$ m

$\vec{s}_R$ se trouve dans le troisième quadrant.

$$\tan \alpha = \frac{|s_{Ry}|}{|s_{Rx}|} = \frac{433\ \text{km/h}}{278\ \text{km/h}} = 1{,}56 \Rightarrow \alpha = 57{,}3°$$

$\theta = 180° + \alpha = 180° + 57{,}3° = 237°$

$\vec{s}_R = 515$ m à 237°

c) La distance du vrai parcours est égale à la somme des normes de chaque déplacement :

$d = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 150\ \text{m} + 300\ \text{m} + 450\ \text{m} + 100\ \text{m} = 1\,000$ m.

En se rendant directement au point d'arrivée, le tricheur parcourt une distance s_R de 515 m.

La différence de distance est donc égale à :

$\Delta d = d - s_R = 1\,000\ \text{m} - 515\ \text{m} = 485$ m.

5. $\vec{v}_1 = 20$ km/h à 50°, $\vec{v}_2 = 40$ km/h à 200° et $\vec{v}_3 = 30$ km/h à 310°

$v_{1x} = v_1 \cos \theta_1 = 20\ \text{km/h} \cos 50° = 12{,}9$ km/h

$v_{2x} = v_2 \cos \theta_2 = 40\ \text{km/h} \cos 200° = \text{-}37{,}6$ km/h

$v_{3x} = v_3 \cos \theta_3 = 30\ \text{km/h} \cos 310° = 19{,}3$ km/h

$v_{1y} = v_1 \sin \theta_1 = 20\ \text{km/h} \sin 50° = 15{,}3$ km/h

$v_{2y} = v_2 \sin \theta_2 = 40\ \text{km/h} \sin 200° = \text{-}13{,}7$ km/h

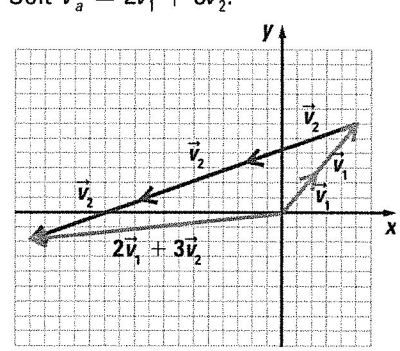
$v_{3y} = v_3 \sin \theta_3 = 30\ \text{km/h} \sin 310° = \text{-}23{,}0$ km/h

$\vec{v}_1 = (12{,}9,\ 15{,}3)$ km/h

$\vec{v}_2 = (\text{-}37{,}6,\ \text{-}13{,}7)$ km/h

$\vec{v}_3 = (19{,}3,\ \text{-}23{,}0)$ km/h

a) Soit $\vec{v}_a = 2\vec{v}_1 + 3\vec{v}_2$.



$v_{ax} = 2v_{1x} + 3v_{2x} = 2 \times 12{,}9\ \text{km/h} + 3 \times (\text{-}37{,}6\ \text{km/h}) = \text{-}87$ km/h

$v_{by} = 2v_{1y} + 3v_{2y} = 2 \times 15{,}3\ \text{km/h} + 3 \times (\text{-}13{,}7\ \text{km/h}) = \text{-}11$ km/h

$2\vec{v}_1 + 3\vec{v}_2 = (-87, -11)$ km/h

b) Soit $\vec{v}_b = 5\vec{v}_3 - \vec{v}_1$.

$v_{bx} = 5v_{3x} - v_{1x} = 5 \times 19{,}3$ km/h $- 12{,}9$ km/h
$= 84$ km/h

$v_{by} = 5v_{3y} - v_{1y} = 5 \times (-23{,}0$ km/h$) - 15{,}3$ km/h
$= -130$ km/h

$5\vec{v}_3 - \vec{v}_1 = (84, -130)$ km/h

c) Soit $\vec{v}_c = \vec{v}_2 + 4(\vec{v}_1 - \vec{v}_3) = \vec{v}_2 + 4\vec{v}_1 - 4\vec{v}_3$.

$v_{cx} = v_{2x} + 4v_{1x} - 4v_{3x}$
$= -37{,}6$ km/h $+ 4 \times 12{,}9$ km/h $- 4 \times 19{,}3$ km/h
$= -63$ km/h

$v_{cy} = v_{2y} + 4v_{1y} - 4v_{3y}$
$= -13{,}7$ km/h $+ 4 \times 15{,}3$ km/h $- 4 \times (-23{,}0$ km/h$)$
$= 140$ km/h

$\vec{v}_2 + 4(\vec{v}_1 - \vec{v}_3) = (-63, 140)$ km/h

6. $\vec{F}_1 = (5, -3)$ N, $\vec{F}_2 = (-8, 12)$ N et $\vec{F}_3 = (-6, -7)$ N

a) Soit $\vec{F}_a = -4\vec{F}_3 + 3\vec{F}_2 - \vec{F}_1$.

$F_{ax} = -4F_{3x} + 3F_{2x} - F_{1x} = -4 \times (-6$ N$) +$
$3 \times (-8$ N$) - 5$ N $= -5$ N

$F_{ay} = -4F_{3y} + 3F_{2y} - F_{1y} = -4 \times (-7$ N$) +$
3×12 N $- (-3$ N$) = 67$ N

$-4\vec{F}_3 + 3\vec{F}_2 - \vec{F}_1 = (-5, 67)$ N

b) Soit $\vec{F}_b = 7{,}5\vec{F}_1 - 2\vec{F}_2$.

$F_{bx} = 7{,}5F_{1x} - 2F_{2x} = 7{,}5 \times 5$ N $- 2 \times (-8$ N$)$
$= 54$ N

$F_{by} = 7{,}5F_{1y} - 2F_{2y} = 7{,}5 \times (-3$ N$) - 2 \times 12$ N
$= -47$ N

$7{,}5\vec{F}_1 - 2\vec{F}_2 = (54, -47)$ N

c) Soit $\vec{F}_c = 4(\vec{F}_1 - \vec{F}_3) - (6\vec{F}_2 - \vec{F}_1)$.

$F_{cx} = 4(F_{1x} - F_{3x}) - (6F_{2x} - F_{1x}) = 4 \times [5$ N $- (-6$ N$)]$
$- [6 \times (-8$ N$) - 5$ N$] = 44$ N $- (-53$ N$) = 97$ N

$F_{cy} = 4(F_{1y} - F_{3y}) - (6F_{2y} - F_{1y}) = 4 \times [-3$ N $- (-7$ N$)]$
$- [6 \times 12$ N $- (-3$ N$)] = 16$ N $- 75$ N $= -59$ N

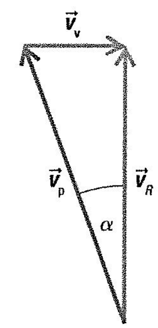
$4(\vec{F}_1 - \vec{F}_3) - (6\vec{F}_2 - \vec{F}_1) = (97, -59)$ N

7. Le mouvement global de la kayakiste est la combinaison du mouvement dû à sa propulsion avec la pagaie et du mouvement de dérive dû au vent. On connaît la norme de la vitesse de propulsion: $v_p = 12$ km/h, mais pas son orientation θ_p. Pour la dérive due au vent, on connaît la norme de la vitesse: $v_v = 4$ km/h, et l'orientation de $\vec{v}_v$: $\theta_v = 0°$ (l'axe des x correspond à la direction est).

Algébriquement, l'addition des deux mouvements s'écrit: $\vec{v}_R = \vec{v}_p + \vec{v}_v$

La question impose que le mouvement résultant s'effectue vers le nord, donc $\theta_R = 90°$.

On peut représenter graphiquement la situation comme dans le schéma suivant.



La norme de la vitesse résultante se déduit du théorème de Pythagore:

$$v_R = \sqrt{v_p^2 - v_v^2} = \sqrt{(12 \text{ km/h})^2 - (4 \text{ km/h})^2}$$
$$= 11{,}3 \text{ km/h}$$

et l'orientation que la kayakiste doit donner à son embarcation est donnée par

$$\tan \alpha = \frac{v_v}{v_r} = \frac{4 \text{ km/h}}{11{,}3 \text{ km/h}} = 0{,}35 \Rightarrow \alpha = 19°$$

à l'ouest du nord.

La kayakiste doit diriger son embarcation à 109° (90° + 19°) et sa vitesse résultante sera de 11,3 km/h.

QUANTUM

PHYSIQUE

2e cycle du secondaire • 3e année

POUR FAIRE LE POINT

Corrigé

CHENELIÈRE
ÉDUCATION

Table des matières

Chapitre 9 Le mouvement rectiligne uniforme

Manuel, p. 203 à 220

POUR FAIRE LE POINT

Section 9.1 La position, le déplacement et la distance parcourue

Manuel, p. 207

1. *a)* Distance parcourue.

b) Position.

c) Déplacement et distance parcourue, tous deux nuls.

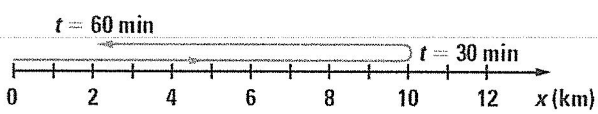
2. 0 km puisque $x_f = x_i$.

3. *a)* On choisit comme système de coordonnées un axe des x dont l'origine se trouve au point de départ: $x_i = 0$.

b) $x_f = 10$ km

c) $\Delta x = x_f - x_i = 10 \text{ km} - 0 \text{ km} = 10 \text{ km}$

4.



Avec comme système de coordonnées un axe des x dont l'origine se trouve au point de départ ($x_i = 0$) et orienté dans le sens du mouvement initial:

a) Après 30 minutes, $x_{30} = 10$ km

b) $\Delta x_{0\text{-}30} = x_{30} - x_0 = 10 \text{ km} - 0 \text{ km} = 10 \text{ km}$

c) Après 60 minutes, $x_{60} = 2$ km

d) $\Delta x_{30\text{-}60} = x_{60} - x_{30} = 2 \text{ km} - 10 \text{ km} = -8 \text{ km}$

e) $L = |\Delta x_{0\text{-}30}| + |\Delta x_{30\text{-}60}| = 10 \text{ km} + 8 \text{ km} = 18 \text{ km}$

5. Avec comme système de coordonnées un axe des x dont l'origine se trouve au sol et orienté vers le haut (d'autres choix sont possibles):

a) $x_i = 1{,}0$ m $\quad x_f = 0{,}3$ m

$\Delta x = x_f - x_i = 0{,}3 \text{ m} - 1{,}0 \text{ m} = -0{,}7 \text{ m}$

b) $L = |-1{,}0 \text{ m}| + |0{,}6 \text{ m}| + |-0{,}6 \text{ m}| + |0{,}3 \text{ m}| = 2{,}5 \text{ m}$

6. La grandeur du déplacement vaut 250 km, la distance parcourue, 750 km. La grandeur du déplacement est équivalente au tiers de la distance parcourue.

Section 9.2 La représentation graphique de la position en fonction du temps

Manuel, p. 209 et 210

1. L'énoncé *c)*.

L'arrêt ne dure que 10 secondes (entre $t = 20$ s et $t = 30$ s), donc *a)* ne convient pas. L'aller dure 20 secondes et la personne ne prend que 10 secondes pour revenir (de $t = 30$ s à $t = 40$ s), donc elle va deux fois plus vite au retour: *b)* ne convient pas. Enfin, *d)* ne convient pas non plus, car si la position diminue à partir de $t = 30$ s, cela signifie que la personne revient sur ses pas, donc qu'elle ne continue pas dans sa direction initiale.

2. Le graphique C.

Le graphique B illustre la distance parcourue, et non la position, en fonction du temps. Comme le piéton revient sur ses pas, sa position diminue à partir de $t = 50$ min. Le graphique D illustre chacune des portions de mouvement comme si le piéton repartait de son point initial, ce qui est incorrect. Pour chaque portion de mouvement, le piéton repart de l'endroit où il était rendu. C'est aussi pour cette raison que le graphique A est incorrect.

3. *a)* 15 minutes

b) $x = 10$ km

c) $L = 10 \text{ km} + 5 \text{ km} = 15 \text{ km}$

d) 5 km

e) $L_{tot} = 10 \text{ km} + 10 \text{ km} = 20 \text{ km}$

f) Entre 0 et 60 min : $\Delta x = x_{60} - x_0 = 5 - 0 \text{ km} = 5 \text{ km}$

Entre 0 et 80 min : $\Delta x = x_{80} - x_0 = 0 - 0 \text{ km} = 0 \text{ km}$

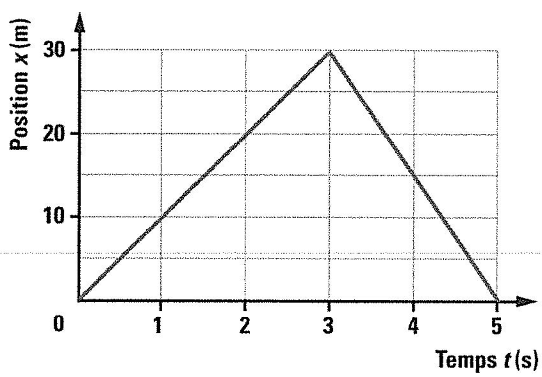
g) 10 minutes (entre $t = 30$ min et $t = 40$ min, x ne change pas)

h) 70 minutes

4. *a)* Le retour prend moins de temps, car la droite descendante occupe moins d'espace sur l'axe du temps que la droite ascendante.

b) Le magasin. Si le retour prend moins de temps, c'est que l'enfant va plus vite, ce qu'il peut faire s'il descend (et non pas s'il monte).

5. À l'aller, le ballon roule à 10 m/s durant 3 secondes, donc il parcourt 30 m. Au retour, le ballon roule à 15 m/s durant 30 m et revient à son point de départ. Comme l'aller et le retour sont des mouvements rectilignes uniformes, le graphique de la position en fonction du temps comporte deux segments de droite.



Section 9.3 La vitesse

Manuel, p. 213

1. $v = 30 \text{ km/h} \qquad \Delta t = 50 \text{ min} = \frac{5}{6} \text{ h} \qquad \Delta x = ?$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v\Delta t = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times 5/6 \text{ h} = 25 \text{ km}$$

Le cycliste parcourt 25 km.

2. $\Delta x = 8{,}24 \times 10^{13} \text{ km} = 8{,}24 \times 10^{16} \text{ m}$

$v = 3{,}00 \times 10^8 \text{ m/s} \qquad \Delta t = ?$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{8{,}24 \times 10^{16} \text{ m}}{3{,}00 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$= 2{,}75 \times 10^8 \text{ s}$$

$$\Delta t = 2{,}75 \times 10^8 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ j}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ année}}{365 \text{ j}}$$

$$= 8{,}72 \text{ ans}$$

La lumière émise par Sirius met 8,72 années pour parvenir jusqu'à la Terre.

3. $v = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = 27{,}8 \text{ m/s}$

$\Delta t = 1 \text{ s} \qquad \Delta x = ?$

$\Delta x = v \times \Delta t = 27{,}8 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 27{,}8 \text{ m}$

La distance parcourue en 1,0 seconde est de 27,8 m, donc plus longue qu'un terrain de tennis (23,77 m).

4. $v = 50 \text{ cm/s} = 0{,}50 \text{ m/s} \qquad \Delta x = 100 \text{ km} = 10^5 \text{ m}$

$\Delta t = ?$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{10^5 \text{ m}}{0{,}50 \text{ m/s}} = 2 \times 10^5 \text{ s} = 55{,}6 \text{ h}$$

Il lui faudra 55,6 heures pour parcourir 100 km.

5. À l'aller : $\Delta t = 1{,}00 \text{ h} \qquad \Delta x = 4{,}0 \text{ km}$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4{,}0 \text{ km}}{1{,}0 \text{ h}} = 4{,}0 \text{ km/h}$$

Au retour : $\Delta t = 1{,}25 \text{ h} \qquad \Delta x = -4{,}0 \text{ km}$

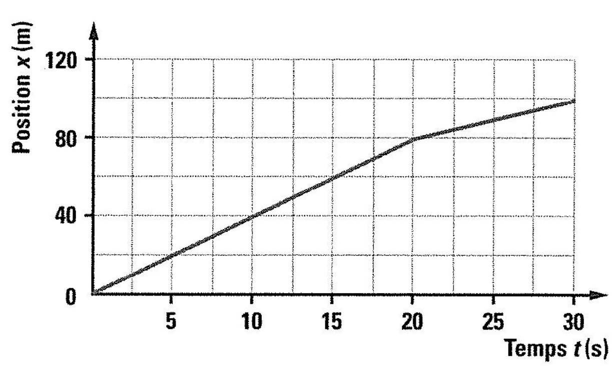
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-4{,}0 \text{ km}}{1{,}25 \text{ h}} = -3{,}2 \text{ km/h}$$

6. Premier segment de course : $v = 4 \text{ m/s} \qquad \Delta t = 20 \text{ s}$

$\Delta x = v \times \Delta t = 80 \text{ m}$

Second segment de course : $v = 2 \text{ m/s} \qquad \Delta t = 10 \text{ s}$

$\Delta x = v \times \Delta t = 20 \text{ m}$



Section 9.4
La représentation graphique de la vitesse en fonction du temps

Manuel, p. 215

1. *a)* 1 et 3. Si l'objet est immobile, x est constante, v est nulle.

b) 2 et 5. Si l'objet est en mouvement rectiligne uniforme, la vitesse est constante, la position augmente (ou diminue) de façon régulière, ce qui se traduit par un segment de droite incliné dans le graphique de $x(t)$.

c) 4 et 6. Si l'objet rebrousse chemin, le graphique de $v(t)$ comporte deux segments horizontaux, un correspondant à une vitesse positive et l'autre, à une vitesse négative pour lesquels le produit de V et Δt a la même grandeur. Le graphique de $x(t)$ comporte deux segments de droite inclinés se touchant au temps où l'objet rebrousse chemin.

2. Le déplacement est égal à la surface sous la courbe entre les temps considérés.

a) $\Delta x = v \times \Delta t = 10\ \text{m/s} \times 5\ \text{s} = 50\ \text{m}$

b) $\Delta x = \Delta x_{0\text{-}10} + \Delta x_{10\text{-}15} = 10\ \text{m/s} \times 10\ \text{s} +$

$15\ \text{m/s} \times 5\ \text{s} = 100\ \text{m} + 75\ \text{m} = 175\ \text{m}$

3. $x_i = 20\ \text{m} = x_0$

Entre 0 et 10 secondes, l'objet se déplace de

$\Delta x = v \times \Delta t = 10\ \text{m/s} \times 10\ \text{s} = 100\ \text{m}.$

$\Delta x = x_f - x_i = x_{10} - x_0$

Donc, à $t = 10$ s,

$x_{10} = x_0 + \Delta x = 20\ \text{m} + 100\ \text{m} = 120\ \text{m}.$

Comme le mouvement est rectiligne uniforme, la courbe joignant le point (0 s, 20 m) au point (10 s, 120 m) est un segment de droite.

Entre 10 et 15 secondes, l'objet se déplace de

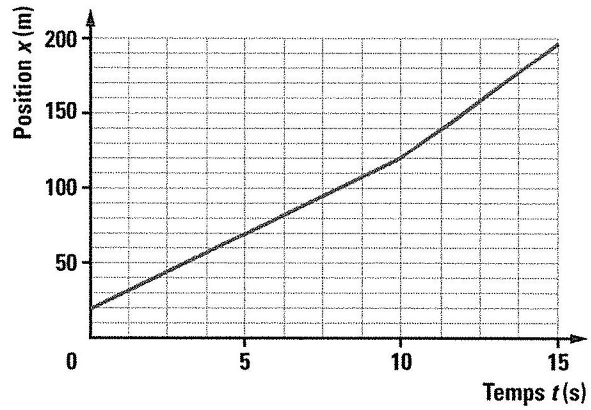
$\Delta x = v \times \Delta t = 15\ \text{m/s} \times 5\ \text{s} = 75\ \text{m}.$

$\Delta x = x_f - x_i = x_{15} - x_{10}$

Donc, à $t = 15$ s,

$x_{15} = x_{10} + \Delta x = 120\ \text{m} + 75\ \text{m} = 195\ \text{m}.$

Comme le mouvement est rectiligne uniforme, la courbe joignant le point (10 s, 120 m) au point (15 s, 195 m) est un segment de droite.

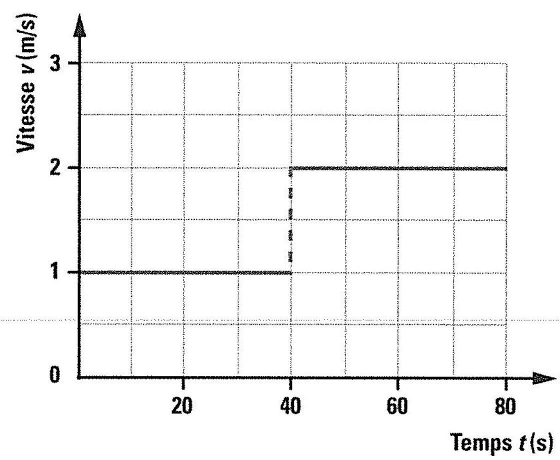


4. De 0 à 40 secondes, $\Delta x = 40$ m, $\Delta t = 40$ s.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{40\ \text{m}}{40\ \text{s}} = 1{,}0\ \text{m/s}$$

De 40 à 80 secondes, $\Delta x = 80$ m, $\Delta t = 40$ s.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{80\ \text{m}}{40\ \text{s}} = 2{,}0\ \text{m/s}$$



Chapitre 9
Le mouvement rectiligne uniforme

Manuel, p. 220

1. Mouvements rectilignes : *a), b), e), f).*

Mouvements rectilignes uniformes : *e), f).*
Les mouvements *a)* et *b)* ne sont pas uniformes, car la vitesse des objets varie.

2. $\Delta x = 384\,400\ \text{km} = 3{,}844\ \text{m} \times 10^8\ \text{m}$
$v = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m/s}$

$\Delta t = ?$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{3{,}84 \times 10^8\ \text{m}}{3{,}00 \times 10^8\ \text{m/s}} = 1{,}28\ \text{s}$$

3. Le coureur qui va le plus vite : A (car la valeur absolue de la pente est plus grande que pour B et C, c'est-à-dire qu'il parcourt une plus grande distance dans le même laps de temps).

Le coureur qui va en sens inverse des deux autres : A (car sa position diminue alors que pour B et C, la position augmente à mesure que le temps s'écoule).

4. *a)* $x = -20$ m

b) $\Delta x = x_{30} - x_0 = -20 - 0 \text{ m} = -20 \text{ m}$

c) $\Delta x = x_{80} - x_0 = -10 - 0 \text{ m} = -10 \text{ m}$

d) $L = |\Delta x_{0\text{-}20}| + |\Delta x_{20\text{-}30}| = 20 + 0 \text{ m} = 20 \text{ m}$

e) $L = |\Delta x_{0\text{-}20}| + |\Delta x_{20\text{-}30}| + |\Delta x_{30\text{-}50}| + |\Delta x_{50\text{-}80}|$
$= 20 + 0 + 50 + 40 \text{ m} = 110 \text{ m}$

f) La vitesse est égale à la pente du segment de droite à $t = 25$ s : $v_{25} = 0$ m/s.

g) La vitesse est égale à la pente du segment de droite à $t = 40$ s. Entre 30 et 50 s,

$$v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{30 - (-20) \text{ m}}{50 - 30 \text{ s}} = 2{,}5 \text{ m/s}.$$

5. $\Delta x = 200$ km $\quad v_A = 80$ km/h $\quad v_B = 100$ km/h

Pour la voiture A : $\Delta t_A = \dfrac{\Delta x}{v_A} = \dfrac{200 \text{ km}}{80 \text{ km/h}} = 2{,}5 \text{ h}.$

Pour la voiture B : $\Delta t_B = \dfrac{\Delta x}{v_B} = \dfrac{200 \text{ km}}{100 \text{ km/h}} = 2{,}00 \text{ h}.$

Écart $= \Delta t_A - \Delta t_B = 2{,}5 \text{ h} - 2{,}00 \text{ h} = 0{,}5 \text{ h}.$

La voiture B précédera la voiture A de 30 minutes.

6. $\Delta x = 400$ m $\quad v = 3{,}00 \times 10^8$ m/s

$$\Delta t_{\text{aller}} = \frac{\Delta x}{v} = \frac{400 \text{ m}}{3{,}00 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1{,}33 \times 10^{-6} \text{ s}$$

Pour l'aller et retour, $\Delta t = 2 \times \Delta t_{\text{aller}}$
$= 2 \times (1{,}33 \times 10^{-6} \text{ s}) = 2{,}66 \times 10^{-6}$ s.

7. $\Delta x =$ surface sous la courbe entre 1,0 et 2,0 h
$= 100 \text{ km/h} \times 0{,}25 \text{ h} + 80 \text{ km/h} \times 0{,}75 \text{ h}$
$= 25 \text{ km} + 60 \text{ km}$
$= 85 \text{ km}$

8. *a)* On choisit comme système de coordonnées un axe des x dirigé dans le sens du mouvement. Comme Gabriella part devant Farouk, on choisit $x_{iF} = 0$ pour Farouk et donc $x_{iG} = 30$ m pour Gabriella.

Avec $t_i = 0$ et $t_f = t$, le mouvement de Gabriella est décrit par l'équation :

$$x_{fG} = x_{iG} + v_G t = 30 \text{ m} + 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times t.$$

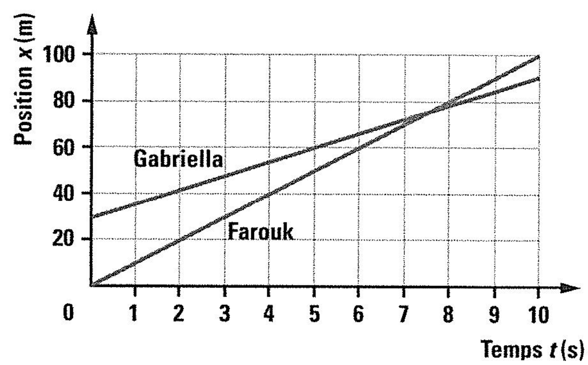
Ainsi, à $t = 1$ s, $x_G = 36$ m ; à $t = 5$ s, $x_G = 60$ m ; à $t = 10$ s, $x_G = 90$ m ; etc.

Le mouvement de Farouk est décrit par l'équation :

$$x_{fF} = x_{iF} + v_F t = 0 + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times t.$$

Ainsi, à $t = 1$ s, $x_F = 10$ m ; à $t = 5$ s, $x_G = 50$ m ; à $t = 10$ s, $x_G = 100$ m ; etc.

Le graphique suivant illustre les deux mouvements.



b) D'après le graphique, on constate que Farouk gagne la course : il a parcouru les 100 m en 10 secondes, alors qu'au bout de 10 secondes, malgré son avance initiale, Gabriella n'a pas parcouru les 100 m. Le temps auquel Farouk rejoint Gabriella correspond au point de croisement des deux droites sur le graphique, soit environ 7,5 secondes.

Algébriquement, le moment auquel Farouk rejoint Gabriella est décrit par $x_{fF} = x_{fG}$, soit :

$$10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times t = 30 \text{ m} + 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times t.$$

En isolant t, on obtient :

$$t = \frac{30 \text{ m}}{10 \text{ m/s} - 6 \text{ m/s}} = 7{,}5 \text{ s}.$$

La rencontre se produit à la position

$$x_{fF} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 7{,}5 \text{ s} = 75 \text{ m},$$

ce qu'on peut vérifier en calculant aussi la position de Gabriella à 7,5 secondes :

$$x_{fG} = 30 \text{ m} + 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 7{,}5 \text{ s} = 75 \text{ m}.$$

9. Ce problème ressemble au précédent, sauf que les deux objets en mouvement se déplacent en sens opposés. On choisit comme système de coordonnées un axe des x dirigé de Montréal à Québec, avec l'origine à Montréal. Ainsi, pour le train de marchandises, $x_{iM} = 0$ et pour le train de passagers, $x_{iP} = 250$ km. Compte tenu de l'orientation des mouvements par rapport à l'axe des x, $v_M = +50$ km/h et $v_P = -75$ km/h.

Avec $t_i = 0$ et $t_f = t$, le mouvement du train de marchandises est décrit par l'équation :

$$x_{fM} = x_{iM} + v_M t = 0 + 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times t = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times t.$$

Ainsi, à $t = 1$ h, $x_M = 50$ km ;

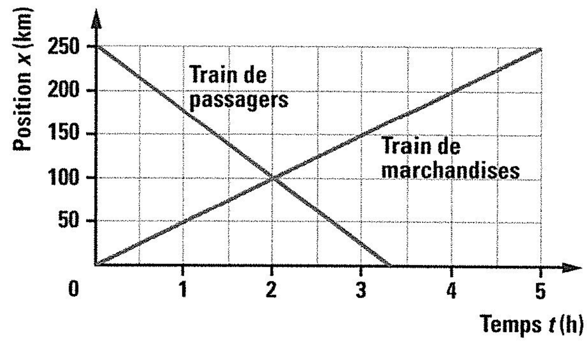
à $t = 5$ h, $x_M = 250$ km ; etc.

Le mouvement du train de passagers est décrit par l'équation :

$$x_{fP} = x_{iP} + v_P t = 250\text{ km} - 75\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times t.$$

Ainsi, à $t = 0$, $x_P = 250$ km ; à $t = 1$ h, $x_P = 175$ km ; à $t = 2$ h, $x_P = 100$ km ; etc.

Le graphique suivant illustre les deux mouvements.



D'après le graphique, le croisement des deux trains se fait environ deux (2,0) heures après le départ.

Algébriquement, le moment auquel les deux trains se rencontrent est décrit par $x_{fM} = x_{fP}$, soit :

$$x_{fM} = x_{fP}$$

$$50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times t = 250\text{ km} - 75\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times t.$$

En isolant t, on obtient :

$$t = \frac{250\text{ km}}{50\text{ km/h} - (-75\text{ km/h})} = 2{,}0\text{ h} = 120\text{ min}.$$

Les trains se croiseront deux heures (120 minutes) après leur départ.

Chapitre 10 Le mouvement rectiligne uniformément accéléré

Manuel, p. 221 à 242

POUR FAIRE LE POINT

Section 10.1 Les caractéristiques du mouvement rectiligne uniformément accéléré

Manuel, p. 228 et 229

1. Plusieurs réponses possibles.
   a) Une personne immobile.
   b) Une voiture roulant à vitesse constante.
   c) Une voiture accélérant ou ralentissant.
   d) Une balle lancée en l'air verticalement, alors qu'elle est au sommet de sa trajectoire.

2. La voiture est en train de décélérer (de ralentir). Si la voiture allait de plus en plus vite, son accélération serait orientée vers le sud, comme sa vitesse.

3. L'énoncé A est vrai.

   L'énoncé B est faux, car un objet peut ne pas accélérer, mais se déplacer à vitesse constante non nulle.

   L'énoncé C est faux parce que la vitesse peut être nulle temporairement sans que l'accélération soit nulle ; par exemple, dans le cas d'un objet qui rebrousse chemin.

   L'énoncé D est faux, car même si l'accélération est nulle, la vitesse peut aussi être nulle, comme pour un objet immobile.

4. *a)* 2, 5 (en 2, accélération nulle, vitesse constante ; en 5, position variant linéairement avec le temps).

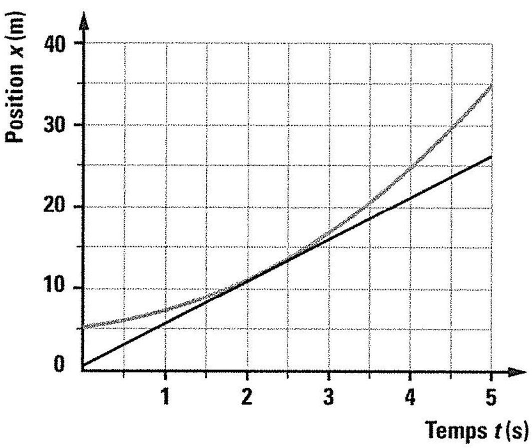
b) 1, 4 (en 1, vitesse variant linéairement avec le temps ; en 4, accélération constante).

c) 1, 3 (en 1, la vitesse change de signe, donc le mouvement change de sens ; en 3, la variation de la position s'inverse).

5. *a)* Pour déterminer la vitesse instantanée, il faut tracer la tangente à la courbe à $t = 2$ s, puis déterminer la pente de cette tangente.

$$v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{26 - 1 \text{ m}}{5 - 0 \text{s}}$$

$= 5{,}0$ m/s (réponse approximative)



b) $v_{moy} = \dfrac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \dfrac{35 - 7 \text{ m}}{5 - 1 \text{ s}} = 7$ m/s

6. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire :
« *a)* l'accélération à $t = 2$ s.
b) l'accélération à $t = 3{,}5$ s. »

a) L'accélération est égale à la pente de la tangente à la courbe d'un graphique de la vitesse en fonction du temps. À $t = 2$ s, la pente de la tangente est la même que celle du segment de droite reliant les points (1 s, 5 m/s) et (3 s, -5 m/s). Donc :

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{-5 - 5 \text{ m/s}}{3 - 1 \text{ s}} = -5 \text{ m/s}^2.$$

b) À $t = 3{,}5$ s, la pente de la tangente est nulle, donc $a = 0$.

c) $a = \dfrac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \dfrac{10 - 0 \text{ m/s}}{6 - 2 \text{ s}} = 2{,}5 \text{ m/s}^2$

7. *a)* Graphique 1. La vitesse est négative (la voiture va vers les *x* négatifs) et à mesure que le temps passe, la vitesse est de plus en plus négative, car son module est plus grand.

b) Graphique 4. La vitesse est positive (la voiture va vers les *x* positifs) et constante.

c) Graphique 2. La vitesse est négative et à mesure que le temps passe, son module diminue.

d) Graphique 3. La vitesse est positive et à mesure que le temps passe, son module diminue.

8. *a)* Le déplacement est égal à l'aire sous la courbe. On établit que l'aire sous l'axe du temps est négative et que l'aire au-dessus de l'axe du temps est positive.

$$\Delta x_{1\text{-}6} = \Delta x_{1\text{-}2} + \Delta x_{2\text{-}3} + \Delta x_{3\text{-}5} + \Delta x_{5\text{-}6}$$

$$= \left(-10 \bullet 1 + \frac{(-10 \times 1)}{2} + \frac{(20 \times 2)}{2} + 20 \bullet 1\right) \text{m}$$

(les unités sont des m/s × s)

$= (-10 - 5 + 20 + 20)$ m $= 25$ m

b) $v_{moy} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{25 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 5$ m/s

c) L'accélération instantanée est égale à la pente de la courbe au temps considéré. À $t = 2{,}5$ s, il suffit de calculer la pente du segment de droite :

$$a_{2,5} = \frac{20 - (-10 \text{ m/s})}{5 - 2 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}^2.$$

d) Par lecture directe du graphique, on a $v_4 = 10$ m/s.

Section 10.2
Les équations du mouvement rectiligne uniformément accéléré

Manuel, p. 234

1.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = ?$
$t_f = 6{,}0$ s	$x_f = 402$ m	$v_f = ?$	

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$x_f = 0 + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$a = \frac{2x_f}{\Delta t^2} = \frac{2 \times 402\text{ m}}{(6{,}0\text{ s})^2} = 22\text{ m/s}^2$$

$$v_f = v_i + a\Delta t$$
$$= 0 + 22\text{ m/s}^2 \times 6{,}0\text{ s}$$
$$= 132\text{ m/s} \times \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}} \times \frac{3\,600\text{ s}}{1\text{ h}}$$
$$= 475\text{ km/h}$$

2.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = ?$
$t_f = 1{,}0\text{ s}$	$x_f = 1{,}0\text{ m}$	$v_f = ?$	

a) $x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$

$$= 0 + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$a = \frac{2x_f}{\Delta t^2} = \frac{2 \times 1{,}0\text{ m}}{(1{,}0\text{ s})^2} = 2{,}0\text{ m/s}^2$$

b) Comme le plan incliné a la même inclinaison qu'en *a*, l'accélération est la même; seul le temps de parcours diffère.

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$
$$= 0 + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$
$$= \frac{1}{2}(2{,}0\text{ m/s}^2)\times(2{,}0\text{ s})^2$$
$$= 4{,}0\text{ m}$$

3. $v_i = 20{,}0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 5{,}56\text{ m/s}$

$v_f = 30{,}0\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}} \times \frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 8{,}33\text{ m/s}$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 5{,}56\text{ m/s}$	$a = ?$
$t_f = ?$	$x_f = 25{,}0\text{ m}$	$v_f = 8{,}33\text{ m/s}$	

a) $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x \Rightarrow a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}$

$$a = \frac{(8{,}33\text{ m/s})^2 - (5{,}56\text{ m/s})^2}{2 \times 25{,}0\text{ m}} = 0{,}770\text{ m/s}^2$$

b) $v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_f - v_i}{a}$

$$\Delta t = \frac{8{,}33\text{ m/s} - 5{,}56\text{ m/s}}{0{,}770\text{ m/s}^2} = 3{,}60\text{ s}$$

4. Puisque la voiture décélère, l'accélération est négative.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = ?$	$a = -4{,}00\text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = 25{,}0\text{ m}$	$v_f = 0$	

$$v_f^2 = 0 = v_i^2 + 2a\Delta x \Rightarrow v_i^2 = -2a\Delta x$$

$$v_i^2 = -2 \times (-4{,}00\text{ m/s}^2) \times 25{,}0\text{ m} = 200\text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_i = \pm 14{,}1\text{ m/s}$$

La bonne valeur de v_i est la valeur positive, car la voiture roule dans le sens des *x* positifs (puisque $x_f > x_i$).
Il reste à effectuer le changement d'unités demandé:

$$v_i = 14{,}1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}} \times \frac{3\,600\text{ s}}{1\text{ h}} = 50{,}8\text{ km/h.}$$

La durée du freinage est obtenue avec $v_f = v_i + a\Delta t$:

$$\Delta t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{0 - 14{,}1\text{ m/s}}{-4{,}00\text{ m/s}^2} = 3{,}53\text{ s.}$$

5.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 24\text{ m/s}$	$a = 2{,}0\text{ m/s}^2$
$t_f = 8{,}0\text{ s}$	$x_f = ?$	$v_f = ?$	

$$v_f = v_i + a\Delta t = 24\text{ m/s} + 2{,}0\text{ m/s}^2 \times 8{,}0\text{ s}$$
$$= 24\text{ m/s} + 16\text{ m/s} = 40\text{ m/s}$$

6. On choisit un axe des *x* dirigé vers le bas du plan incliné.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 1{,}0\text{ m/s}$	$a = ?$
$t_f = 4{,}0\text{ s}$	$x_f = 6{,}0\text{ m}$	$v_f = ?$	

a) $x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)\Delta t$

$$x_f = \frac{1}{2}(v_i + v_f)\,\Delta t \Rightarrow v_i + v_f = \frac{2x_f}{\Delta t}$$

$$v_f = \frac{2x_f}{\Delta t} - v_i$$
$$= \frac{2 \times 6{,}0\text{ m}}{4{,}0\text{ s}} - 1{,}0\text{ m/s}$$
$$= 3{,}0\text{ m/s} - 1{,}0\text{ m/s} = 2{,}0\text{ m/s}$$

b) $v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow a = \dfrac{v_f - v_i}{\Delta t}$

$$a = \frac{2{,}0\text{ m/s} - 1{,}0\text{ m/s}}{4{,}0\text{ s}} = 0{,}25\text{ m/s}^2$$

7. Il faut trouver les positions successives à $t = 10{,}0$ s et à $t = 15{,}0$ s.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = 6{,}0\text{ m/s}^2$
$t_f = 10{,}0$ s	$x_f = ?$	$v_f = ?$	

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 = 0 + (0 \times 0) +$$

$$\frac{1}{2}(6{,}0\text{ m/s}^2)(10{,}0\text{ s})^2 = 300\text{ m}$$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = 6{,}0\text{ m/s}^2$
$t_f = 15{,}0$ s	$x_f = ?$	$v_f = ?$	

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 = 0 + (0 \times 0) +$$

$$\frac{1}{2}(6{,}0\text{ m/s}^2)(15{,}0\text{ s})^2 = 675\text{ m}$$

$$L = x_{15} - x_{10} = 675\text{ m} - 300\text{ m} = 375\text{ m}$$

8.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 3{,}50$ m/s	$a = ?$
$t_f = 4{,}20$ s	$x_f = ?$	$v_f = 11{,}40$ m/s	

a) $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{11{,}40\text{ m/s} - 3{,}50\text{ m/s}}{4{,}20\text{ s}} = 1{,}88\text{ m/s}^2$

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$= 0 + 3{,}50\text{ m/s} \times 4{,}20\text{ s} +$$

$$\frac{1}{2} \times (1{,}88\text{ m/s}^2) \times (4{,}20\text{s}^2)$$

$$= 14{,}7\text{ m} + 16{,}6\text{ m} = 31{,}3\text{ m}$$

$$\Delta x = x_f - x_i = 31{,}3\text{ m} - 0\text{ m} = 31{,}3\text{ m}$$

b) $v_{moy} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{31{,}3\text{ m}}{4{,}20\text{ s}} = 7{,}45\text{ m/s}$

9. $v_i = 50{,}0$ km/h $= 13{,}9$ m/s

a) Ce problème est différent des précédents, car il comporte deux sections de mouvement : une de 0,70 seconde durant laquelle la voiture continue à vitesse constante, alors que la conductrice n'a pas encore appuyé sur les freins, puis la période de freinage.

On détermine le temps de freinage :

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 13{,}9$ m/s	$a = -7{,}50\text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 0$	

$$v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{0 - 13{,}9\text{ m/s}}{-7{,}50\text{ m/s}^2}$$

$= 1{,}85$ s

Temps nécessaire à l'arrêt
= temps de réaction + temps de freinage
= 0,70 + 1,85 s = 2,55 s

b) Durant 0,70 seconde, la voiture parcourt à vitesse constante une distance x_f :

$$x_f = x_i + v\Delta t$$

$$= 0 + (13{,}9\text{ m/s}) \times (0{,}70\text{ s})$$

$$= 9{,}7\text{ m}$$

et durant le freinage :

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$= 0 + (13{,}9\text{ m/s}) \times (1{,}85\text{ s}) +$$

$$\frac{1}{2}(-7{,}50\text{ m/s}^2) \times (1{,}85\text{ s})^2$$

$$= 25{,}7\text{ m} - 12{,}8\text{ m} = 12{,}9\text{ m.}$$

La distance totale parcourue une fois l'obstacle aperçu est donc, au minimum, de 9,7 + 12,9 m, soit 22,6 m.

Section 10.3 La chute libre

Manuel, p. 238

1. Le graphique B. Puisque $v_i = 0$,

$$y_f = y_i + \frac{1}{2}a_y t^2 = y_i - \frac{1}{2}gt^2$$

et le graphique de y en fonction du temps ne donne pas une droite, mais une parabole, ce qui élimine les graphiques A et C. À cause de l'accélération, y diminue lentement au début, puis plus vite à mesure que le temps passe.

2.

$t_i = 0$	$y_i = 15$ m	$v_i = 10$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y$

$= (10 \text{ m/s})^2 + 2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (0 - 15 \text{ m})$

$= 100 \text{ m}^2/\text{s}^2 + 294 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Donc,

$v_f^2 = 394 \text{ m}^2/\text{s}^2 \Rightarrow v_f = \pm 20 \text{ m/s}.$

Comme la balle descend, la vitesse d'arrivée au sol est négative : $v_f = -20$ m/s.

$$v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$\Delta t = \frac{-20 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 3{,}1 \text{ s}$$

Le temps de vol de la balle est de 3,1 secondes.

3.

$t_i = 0$	$y_i = 15$ m	$v_i = -10$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y = (-10 \text{ m/s})^2 +$

$2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (0 - 15 \text{ m})$

$= 100 \text{ m}^2/\text{s}^2 + 294 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_f^2 = 394 \text{ m}^2/\text{s}^2 \Rightarrow v_f v = \pm 20$ m/s

Comme la balle descend, la vitesse d'arrivée au sol est négative : $v_f = -20$ m/s.

$$v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$\Delta t = \frac{-20 \text{ m/s} - (-10 \text{ m/s})}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 1{,}0 \text{ s}$$

4.

$t_i = 0$	$y_i = 3{,}0$ m	$v_i = 0$	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y = 0 + 2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2)$

$\times (0 - 3{,}0 \text{ m}) = 59 \text{ m}^2/\text{s}^2 \Rightarrow v_f = \pm 7{,}7$ m/s

Comme l'enfant descend, la vitesse est négative : $v_f = -7{,}7$ m/s.

5.

$t_i = 0$	$y_i = ?$	$v_i = 0$	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = -5{,}0$ m/s	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y = 0 + 2a\Delta y \Rightarrow$

$$\Delta y = \frac{v_f^2}{2a} = \frac{(-5{,}0 \text{ m/s})^2}{2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2)} = -1{,}3 \text{ m}$$

$\Delta y = y_f - y_i = 0 - y_i = -1{,}3 \text{ m} \Rightarrow y_i = 1{,}3$ m

Les parachutistes doivent sauter d'une hauteur de 1,3 m pour simuler l'atterrissage.

6.

$t_i = 0$	$y_i = ?$	$v_i = 0$	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = 1{,}43$ s	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$$y_f = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \Rightarrow 0 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$\Rightarrow y_i = -\frac{1}{2}a\Delta t^2 = -\frac{1}{2} \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (1{,}43 \text{ s})^2$$

$= 10$ m

7.

$t_i = 0$	$y_i = 1{,}2$ m	$v_i = ?$	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 50$ m	$v_f = 0$	

$v_f^2 = 0 = v_i^2 + 2a\Delta y \Rightarrow v_i^2 = -2a\Delta y$

$v_i^2 = -2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (50 \text{ m} - 1{,}2 \text{ m}) = 956 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_i = 31$ m/s

8. *a)*

$t_i = 0$	$y_i = 0$	$v_i = 10$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = ?$	$v_f = 0$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y \Rightarrow$

$$\Delta y = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} = \frac{0^2 - (10 \text{ m/s})^2}{2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2)} = 5{,}1 \text{ m}$$

b)

$t_i = 0$	$y_i = 0$	$v_i = 10$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$$y_f = 0 = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$= 0 + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \Rightarrow \frac{1}{2}a\Delta t^2 = -v_i\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{-2v_i}{a} = \frac{-2 \times 10 \text{ m/s}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 2{,}0 \text{ s}$$

c) $-9{,}80$ m/s^2

9. La hauteur de départ est inconnue et il est alors préférable de choisir l'origine de l'axe des *y* au niveau du point de départ plutôt qu'au sol.

$t_i = 0$	$y_i = 0$	$v_i = 8{,}0$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s²
$t_f = ?$	$y_f = ?$	$v_f = 3{,}0$ m/s	

a) $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y \Rightarrow \Delta y = \dfrac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$

$\Delta y = \dfrac{(3{,}0 \text{ m/s})^2 - (8{,}0 \text{ m/s})^2}{2(-9{,}80 \text{ m/s}^2)} = 2{,}8 \text{ m}$

b) $v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow \Delta t = \dfrac{v_f - v_i}{a}$

$\Delta t = \dfrac{3{,}0 \text{ m/s} - 8{,}0 \text{ m/s}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 0{,}51 \text{ s}$

10.

$t_i = 0$	$y_i = 0$	$v_i = -4{,}0$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s²
$t_f = 2{,}0$ s	$y_f = ?$	$v_f = ?$	

a) $y_f = y_i + v_i\Delta t + \dfrac{1}{2}a\Delta t^2 = 0 \text{ m}$

$+ (-4{,}0 \text{ m/s})(2{,}0 \text{ s}) + \dfrac{1}{2}(-9{,}80 \text{ m/s}^2)(2{,}0 \text{ s})^2$

$= -8{,}0 \text{ m} - 19{,}6 \text{ m} = -28 \text{ m}$

La profondeur est donc égale à 28 m.

b) $v_f = v_i + a\Delta t = -4{,}0 \text{ m/s} - 9{,}80 \text{ m/s}^2 \times 2{,}0 \text{ s}$

$= -24 \text{ m/s}$

La vitesse du caillou quand il frappe l'eau est de 24 m/s vers le bas.

11. Balle A

$t_i = 0$	$y_i = 5$ m	$v_i = +10$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s²
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y = (10 \text{ m/s})^2 + 2(-9{,}80 \text{ m/s}^2)(0 \text{ m} - 5 \text{ m})$

$= 198 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_f = -14 \text{ m/s}$

$v_f = v_i + a\Delta t$, donc $\Delta t = \dfrac{v_f - v_i}{a}$

$\Delta t = \dfrac{-14 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 2{,}4 \text{ s}$

Donc $t_{fA} = 2{,}4$ s.

Balle B

$t_i = 0$	$y_i = 5$ m	$v_i = -10$ m/s	$a = -9{,}80$ m/s²
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y = (-10 \text{ m/s})^2 + 2(-9{,}80 \text{ m/s}^2)(-5 \text{ m})$

$= 198 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_f = -14 \text{ m/s}$

$v_f = v_i + a\Delta t$, donc $\Delta t = \dfrac{v_f - v_i}{a}$

$\Delta t = \dfrac{-14 \text{ m/s} - (-10 \text{ m/s})}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 0{,}41 \text{ s}$

Donc, $t_{fB} = 0{,}41$ s.

La différence de temps de vol vaut donc :

$t_{fA} - t_{fB} = 2{,}4 - 0{,}41 \text{ s} = 2{,}0 \text{ s}$

12. Chute libre

$t_i = 0$	$y_i = 11$ m	$v_i = 0$	$a = -9{,}80$ m/s²
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta y = 0 + 2(-9{,}80 \text{ m/s}^2)(0 \text{ m} - 11 \text{ m})$

$= 216 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Donc, $v_f = -15$ m/s.

MRUA dans l'eau : on prend un axe des *x* orienté vers le fond de la piscine, avec l'origine à la surface de l'eau. La vitesse finale de la chute libre devient la vitesse initiale du MRUA dans l'eau.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 15$ m/s	$a = -30$ m/s²
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 0$	

$v_f = v_i + a\Delta t$, donc

$\Delta t = \dfrac{v_f - v_i}{a} = \dfrac{0 - 15 \text{ m/s}}{-30 \text{ m/s}^2} = 0{,}50 \text{ s}$

$x_f = x_i + v_i\Delta t + \dfrac{1}{2}a\Delta t^2 = 0 + 15 \text{ m/s} \times 0{,}50 \text{ s} +$

$\dfrac{1}{2} \times (-30 \text{ m/s}^2) \times (0{,}50 \text{ s})^2$

$= 7{,}5 \text{ m} - 3{,}8 \text{ m} = 3{,}7 \text{ m}$

Le pince-nez atteint une profondeur de 3,7 m.

Chapitre 10
Le mouvement rectiligne uniformément accéléré

Manuel, p. 242

1. a) $v_f = 0$ b) $v_f = 0$ c) $v_i = 0$
d) $y_i = 0$ e) $v_i = 0$ f) $y_f = 0$

2. Le graphique A. En effet, selon $v_f = v_i + a\Delta t$, la grandeur de la vitesse augmente linéairement avec le temps.

3.

$t_i = 0$	$y_i = 1{,}8$ m	$v_i = 0$	$a = -1{,}6$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$$y_f = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$y_f = y_i + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$\Rightarrow \Delta t^2 = \frac{2(y_f - y_i)}{a} = \frac{2(0 - 1{,}8 \text{ m})}{-1{,}6 \text{ m/s}^2} = 2{,}25 \text{ s}^2$$

$$\Rightarrow \Delta t = 1{,}5 \text{ s}$$

Si on remplace le marteau par une plume, la plume prend le même temps pour tomber que le marteau, car sur la Lune, il n'y a pas d'air, donc pas de résistance au mouvement. Tous les objets tombent avec la même accélération.

4.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = ?$
$t_f = 50{,}0$ s	$x_f = 1\,500$ m	$v_f = ?$	

a) $x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 = 0 + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$

$$\Rightarrow a = \frac{2x_f}{\Delta t^2} = \frac{2 \times 1500 \text{ m}}{(50{,}0 \text{ s})^2} = 1{,}20 \text{ m/s}^2$$

b) $v_f = v_i + a\Delta t = 0 + 1{,}20 \text{ m/s}^2 (50{,}0 \text{ s}) = 60{,}0$ m/s

$= 216$ km/h

5. La situation décrite comporte trois sections de mouvement différentes, chacune se distinguant par son accélération.

Première section: $v_i = 0$ $a = 1{,}0$ m/s^2 $\Delta t = 6{,}0$ s

$v_f = v_i + a\Delta t = 0 + 1{,}0 \text{ m/s}^2 (6{,}0 \text{ s}) = 6{,}0$ m/s

La vitesse finale pour la première section devient la vitesse initiale pour la deuxième section.

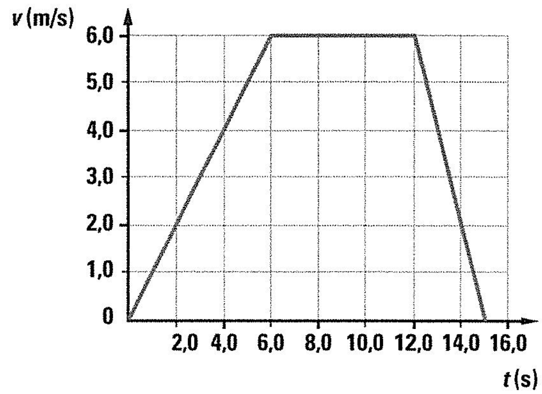
Deuxième section: $v_i = 6{,}0$ m/s $a = 0$ $\Delta t = 6{,}0$ s

Troisième section: $v_i = 6{,}0$ m/s $v_f = ?$

$a = -2{,}0$ m/s^2 $\Delta t = 3{,}0$ s

$v_f = v_i + a\Delta t = 6{,}0 \text{ m/s} + (-2{,}0 \text{ m/s}^2)(3{,}0 \text{ s}) = 0$

Il ne reste plus qu'à représenter ces données dans un graphique.



6. $v_D < v_C < v_B < v_A < v_E$. La vitesse instantanée aux instants considérés est donnée par la pente de la tangente en chaque point. En C et D, les vitesses sont négatives, en B, la vitesse est nulle, en A et E, les vitesses sont positives.

7.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 12$ m/s	$a = 6{,}0$ m/s^2
$t_f = ?$	$x_f = 63$ m	$v_f = ?$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$

$= (12 \text{ m/s})^2 + 2 \times 6{,}0 \text{ m/s}^2 \times 63 \text{ m}$

$= 144 \text{ m}^2/\text{s}^2 + 756 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 900 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_f = 30$ m/s

$$v_f = v_i + a\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{30 \text{ m/s} - 12 \text{ m/s}}{6{,}0 \text{ m/s}^2}$$

$= 3{,}0$ s

8.

$t_i = 0$	$y_i = 106$ m	$v_i = 0$	$a = -9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$$y_f = 0 = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$\Rightarrow \Delta t^2 = \frac{-2y_i}{a} = \frac{-2 \times 106 \text{ m}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 21{,}6 \text{ s}^2$$

$t_f = 4{,}7$ s

L'otage atteint l'eau du fleuve avant que le super-héros ait terminé la moitié de sa période de réflexion. La scène du film n'est donc pas réaliste.

9. L'information fournie permet de déterminer l'accélération.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 10{,}0$ m/s	$a = ?$
$t_f = ?$	$x_f = 50$ m	$v_f = 6{,}0$ m/s	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x \Rightarrow$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x} = \frac{(6{,}0\ \text{m/s})^2 - (10{,}0\ \text{m/s})^2}{2 \times 50\ \text{m}} = \text{-}0{,}64\ \text{m/s}^2$$

Il reste à déterminer la distance parcourue quand le cycliste passe d'une vitesse de 6,0 m/s à une vitesse nulle.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 6{,}0$ m/s	$a = \text{-}0{,}64$ m/s^2
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 0$	

$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x \Rightarrow$

$$\Delta x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} = \frac{0^2 - (6{,}0\ \text{m/s})^2}{2 \times (\text{-}0{,}64\ \text{m/s}^2)} = 28\ \text{m}$$

10. *a)* Quand il est lâché, le paquet est à la même altitude que la montgolfière, et il va aussi à la même vitesse.

$t_i = 0$	$y_i = 60$ m	$v_i = 8{,}0$ m/s	$a = \text{-}9{,}80$ m/s^2
$t_f = ?$	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$$y_f = 0 = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$60\ \text{m} + 8{,}0\ \text{m/s} \times \Delta t + \frac{1}{2}(\text{-}9{,}80\ \text{m/s}^2)\Delta t^2 = 0$$

On obtient une équation du second degré en Δt:

$(\text{-}4{,}9\ \text{m/s}^2)\Delta t^2 + 8{,}0\ \text{m/s} \times \Delta t + 60\ \text{m} = 0$

$$\Delta t = \frac{\text{-}b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{\text{-}8{,}0 \pm \sqrt{(\text{-}8{,}0)^2 - 4 \times (\text{-}4{,}9) \times 60}}{2 \times (\text{-}4{,}9)}$$

$$= \frac{\text{-}8{,}0\ \text{m/s} \pm 35{,}2\ \text{m/s}}{\text{-}9{,}80\ \text{m/s}^2} = 4{,}4\ \text{s ou -}2{,}8\ \text{s}$$

La solution négative est rejetée (le temps écoulé doit être positif), donc $t_f = 4{,}4$ s.

b) La position du paquet après 3,4 secondes est:

$$y_f = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$= 60\ \text{m} + 8{,}0\ \text{m/s} \times (3{,}4\ \text{s})$$

$$+ \frac{1}{2} \times (\text{-}9{,}80\ \text{m/s}^2) \times (3{,}4\ \text{s})^2$$

$$= 60\ \text{m} + 27\ \text{m} - 57\ \text{m}$$

$$= 30\ \text{m}.$$

Le paquet parcourt donc 30 m durant la dernière seconde.

11. Soit h, la hauteur de chute totale et t, le temps pris pour parcourir la première moitié de la chute. On prend comme instant initial le début de la chute et comme instant final le passage à mi-hauteur.

$t_i = 0$	$y_i = h$	$v_i = 0$	$a = \text{-}9{,}80$ m/s^2
$t_f = t$	$y_f = h/2$	$v_f = ?$	

$$y_f = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \Rightarrow \frac{h}{2} = h + 0 + \frac{1}{2}at^2$$

$$\Rightarrow \frac{h}{2} = \text{-}\frac{1}{2}at^2 \Rightarrow h = \text{-}at^2$$

On prend ensuite comme instant initial le début de la chute et comme instant final l'arrivée au sol.

$t_i = 0$	$y_i = h$	$v_i = 0$	$a = \text{-}9{,}80$ m/s^2
$t_f = t + 1$ s	$y_f = 0$	$v_f = ?$	

$$y_f = y_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \Rightarrow 0 = h + 0 + \frac{1}{2}a(t+1)^2$$

$$\Rightarrow h = \text{-}\frac{1}{2}a(t+1)^2$$

On obtient un système de deux équations à deux inconnues, t et h. En remplaçant la première équation ($h = \text{-}at^2$) dans la seconde, on obtient:

$$\text{-}at^2 = \text{-}\frac{1}{2}a(t+1)^2 \Rightarrow 2t^2 = (t+1)^2$$

$$\Rightarrow t^2 - 2t - 1 = 0$$

C'est une équation quadratique de forme
$at^2 + bt + c = 0$
où $a = 1$, $b = \text{-}2$ s et $c = \text{-}1$ s^2.
(Les unités de chaque terme sont des s^2.)

$$t = \frac{\text{-}b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{2\text{ s} \pm \sqrt{(-2\text{ s})^2 - 4 \times 1 \times (-1\text{ s}^2)}}{2 \times 1}$$

$$= \frac{2\text{ s} \pm \sqrt{8\text{ s}^2}}{2}$$

$$= 2{,}4\text{ s ou } -0{,}4\text{ s}$$

La seconde solution est à rejeter (un temps ne peut pas être négatif). Avec t, on calcule h:

$h = -at^2 = -(-9{,}80\text{ m/s}^2) \times (2{,}4\text{ s})^2 = 56\text{ m}.$

Chapitre 11 Le mouvement des projectiles

Manuel, p. 243 à 261

POUR FAIRE LE POINT

Section 11.1 La description du mouvement des projectiles

Manuel, p. 248

1. B et D. Pour que la situation soit considérée comme un mouvement de projectile, seule la gravité doit influencer le mouvement. Ce n'est pas le cas pour le faucon (l'air exerce une force de portance sur ses ailes) ni pour la fusée (les gaz éjectés exercent une force sur la fusée). On peut considérer comme négligeable la résistance de l'air sur la balle de neige et sur les molécules d'eau émergeant du Manneken Pis.

2. C. La vitesse horizontale de la bille est constante et non nulle du début à la fin de la trajectoire, ce qui élimine les trajectoires A, D et E. De plus, la bille tombe dès qu'elle quitte la table, ce qui élimine aussi la trajectoire E. Pour éliminer la trajectoire B, on peut se fier à l'expérience; pour admettre cette trajectoire, il faudrait que la position y varie proportionnellement au temps comme la position x, ce qui n'est pas le cas.

3. C. Cette question est similaire à la précédente. La pomme bouge de la même façon que la voiture au moment où vous l'échappez (sa vitesse horizontale est égale à la vitesse de la voiture). Dès que vous échappez la pomme, elle tombe et accélère vers le bas tout en continuant à se déplacer horizontalement avec la même vitesse. La pomme tombe donc en avant de l'endroit où vous l'avez échappée, en suivant une trajectoire courbe.

4. Note : Dans la première impression du manuel, l'énoncé 2 devrait plutôt se lire « Diminue ».

a) 3 *b)* 4 *c)* 2 *d)* 1 *e)* 5

La composante v_y peut augmenter en grandeur quand le projectile descend, mais sa valeur devient alors de plus en plus négative et est donc en diminution constante.

5. C, D. Dans l'équation A, le Δt devrait être remplacé par Δy et il manque un facteur 2. Dans l'équation B, le second Δt devrait être élevé au carré. En E, le v_x et le v_y dans la racine devraient être élevés au carré. L'équation C, quoique valide, se lit habituellement comme suit: $v_{fy}^2 = v_{iy}^2 + 2a_y\Delta y$. Enfin, en F, l'équation serait correcte si on remplaçait v_{ix} par v_{fx}.

Section 11.2 Le mouvement des objets lancés horizontalement

Manuel, p. 251

1. A et F.

En A, la vitesse verticale est initialement nulle puis négative, car l'objet va vers le bas, et varie linéairement avec le temps, ce qui est correct selon $v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t$.

En B, le graphique illustre une accélération en y non constante, ce qui est incorrect ($a_y = -g$).

En C, le graphique illustre une position x constante, ce qui est incorrect (x varie).

En D, le graphique illustre une accélération en x non nulle, ce qui est incorrect ($a_x = 0$).

En E, le graphique illustre une vitesse en x non constante, ce qui est incorrect.

En F, la position diminue lentement au début, puis de plus en plus vite en raison de l'augmentation de la vitesse vers le bas, ce qui est correct.

2.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 1\,950$ m	$v_{ix} = 92,0$ m/s	$v_{iy} = 0$	$a_y =$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 92,0$ m/s	$v_{fy} = ?$	-9,80 m/s²

a) $y_f = 0 = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$\Rightarrow \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = \text{-}y_i$

$\Delta t^2 = \frac{\text{-}2y_i}{a_y} \Rightarrow \Delta t = \sqrt{\frac{\text{-}2 \times 1950 \text{ m}}{\text{-}9,80 \text{ m/s}^2}} = 19,9 \text{ s}$

b) $x_f = x_i + v_{ix}\Delta t = 0 + 92,0 \text{ m/s} \times 19,9 \text{ s} = 1\,830 \text{ m}$
$= 1,83 \text{ km}$

c) $v_{fx} = 92,0 \text{ m/s}$
$v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t = 0 + (\text{-}9,80 \text{ m/s}^2) \times 19,9 \text{ s}$
$= \text{-}195 \text{ m/s}$

3.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = ?$	$v_{ix} = ?$	$v_{iy} = 0$	$a_y = \text{-}9,80$ m/s²
$t_f = 7,56$ s	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = ?$	$v_{fy} = ?$	

$y_{fi} = 0 = y + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$\Rightarrow y_i = \text{-}\frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = \text{-}\frac{1}{2} \times (\text{-}9,80 \text{ m/s}^2) \times (7,56 \text{ s})^2$

$= 280 \text{ m}$

4.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 3,0$ m	$v_{ix} = ?$	$v_{iy} = 0$	$a_y = \text{-}9,80$ m/s²
$t_f = ?$	$x_f = 4,0$ m	$y_f = 0$	$v_{fx} = ?$	$v_{fy} = ?$	

a) $y_f = 0 = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$= y_i + 0 + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 \Rightarrow \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = \text{-}y_i$

$\Delta t^2 = \text{-}\frac{2y_i}{a_y} = \text{-}\frac{2 \times 3,0 \text{ m}}{\text{-}9,80 \text{ m/s}^2} = 0,61 \text{ s}^2$

$\Rightarrow \Delta t = 0,78 \text{ s}$

b) $x_f = x_i + v_{ix}\Delta t \Rightarrow v_{ix} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t} = \frac{4,0 \text{ m}}{0,78 \text{ s}} = 5,1 \text{ m/s}$

5. *a)* $v_i = 160\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = 44,4 \text{ m/s}$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 2,50$ m	$v_{ix} = 44,4$ m/s	$v_{iy} = 0$	$a_y =$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 44,4$ m/s	$v_{fy} = ?$	-9,80 m/s²

$y_f = 0 = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$\Rightarrow \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = \text{-}y_i$

$\Delta t^2 = \text{-}\frac{2y_i}{a_y} = \text{-}\frac{2 \times 2,50 \text{ m}}{\text{-}9,80 \text{ m/s}^2} = 0,510 \text{ s}^2$

$\Rightarrow \Delta t = 0,714 \text{ s}$

$x_{fi} = x + v_{ix}\Delta t = 0 + 44,4 \text{ m/s} \times 0,714 \text{ s} = 31,7 \text{ m}$

b) Pour que la balle tombe en jeu (entre 11,89 m et 18,29 m), il faut que le vecteur vitesse initiale de la balle soit (légèrement) incliné sous l'horizontale.

6.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 1,5$ m	$v_{ix} = 30$ m/s	$v_{iy} = 0$	$a_y =$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 30$ m/s	$v_{fy} = ?$	-9,80 m/s²

$y_f = 0 = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$\Rightarrow \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = \text{-}y_i$

$\Delta t^2 = \text{-}\frac{2y_i}{a_y} = \text{-}\frac{2 \times 1,5 \text{ m}}{\text{-}9,80 \text{ m/s}^2} = 0,31 \text{ s}^2$

$\Rightarrow \Delta t = 0,55 \text{ s}$

$x_{fi} = x + v_{ix}\Delta t = 0 + 30 \text{ m/s} \times 0,55 \text{ s} = 17 \text{ m}$

7.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 20,0$ m	$v_{ix} = 4,25$ m/s	$v_{iy} = 0$	$a_y =$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 4,25$ m/s	$v_{fy} = ?$	-9,80 m/s²

a) $y_f = 0 = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = y_i + 0 + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$\Rightarrow \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = \text{-}y_i$

$\Delta t^2 = \text{-}\frac{2y_i}{a_y} = \text{-}\frac{2 \times 20,0 \text{ m}}{\text{-}9,80 \text{ m/s}^2} = 4,08 \text{ s}^2$

$\Rightarrow \Delta t = 2,02 \text{ s}$

b) $x_{fi} = x + v_{ix}\Delta t = 0 + 4,25 \text{ m/s} \times 2,02 \text{ s} = 8,59 \text{ m}$

c) $v_{fx} = 4{,}25$ m/s

$v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t = 0 + (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times 2{,}02 \text{ s}$
$= -19{,}8$ m/s

$v_f = \sqrt{v_{fx}^2 + v_{fy}^2} = \sqrt{(4{,}25 \text{ m/s})^2 + (-19{,}8 \text{ m/s})^2}$
$= 20{,}3$ m/s

Soit α, l'angle entre le vecteur $\vec{v}_f$ et l'axe des x positifs. Alors :

$$\tan\alpha = \frac{|v_{fy}|}{|v_{fx}|} = \frac{19{,}8 \text{ m/s}}{4{,}25 \text{ m/s}} = 4{,}66 \Rightarrow \alpha = 78°$$

$$\Rightarrow \theta = 360° - \alpha = 360° - 78° = 282°.$$

Ainsi, $\vec{v}_f = 20{,}3$ m/s à 282°.

8.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 3$ m	$v_{ix} = ?$	$v_{iy} = 0$	$a_y = -9{,}80$ m/s²
$t_f = ?$	$x_f = 2{,}5$ m	$y_f = 0$	$v_{fx} = ?$	$v_{fy} = ?$	

$y_f = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$, donc $\quad 0 = y_i + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$$\Delta t^2 = \frac{-2y_i}{a_y} = \frac{-2(3 \text{ m})}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 0{,}61 \text{ s}^2 \quad \text{donc} \quad \Delta t = 0{,}78 \text{ s}$$

$x_f = x_i + v_{ix}\Delta t = 0 + v_{ix}\Delta t$

donc $\quad v_{ix} = \dfrac{x_f}{\Delta t} = \dfrac{2{,}5 \text{ m}}{0{,}78 \text{ s}} = 3{,}2$ m/s

9. $v_{ix} = 30 \dfrac{\text{km}}{\text{h}} \times \dfrac{1\,000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \dfrac{1 \text{ h}}{3\,600 \text{ s}} = 8{,}3$ m/s

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 100$ m	$v_{ix} = 8{,}3$ m/s	$v_{iy} = 0$	$a_y = -9{,}80$ m/s²
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 8{,}3$ m/s	$v_{fy} = ?$	

a) $y_f = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$, donc $\quad 0 = y_i + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$$\Delta t^2 = \frac{-2y_i}{a_y} = \frac{-2\times 100 \text{ m}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 20{,}4 \text{ s}^2, \text{donc} \quad \Delta t = 4{,}52 \text{ s}$$

b) $v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t$
$= 0 - 9{,}80 \text{ m/s}^2 \times 4{,}52$ s
$= -44{,}3$ m/s

Soit α, l'angle entre le vecteur $\vec{v}_f$ et l'axe des x positifs. Alors :

$$\tan\alpha = \frac{|v_{fy}|}{|v_{fx}|} = \frac{44{,}3 \text{ m/s}}{8{,}3 \text{ m/s}} = 5{,}3 \Rightarrow \alpha = 79°$$

$$\Rightarrow \theta = 360° - \alpha = 360° - 79° = 281°.$$

Section 11.3 Le mouvement des objets lancés obliquement

Manuel, p. 257

1. $v_i = 94$ km/h $= 26$ m/s $\qquad \theta_i = 20°$

$v_{ix} = v_i \cos\theta_i = 26 \text{ m/s} \times \cos 20° = 24$ m/s

$v_{iy} = v_i \sin\theta_i = 26 \text{ m/s} \times \sin 20° = 8{,}9$ m/s

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = ?$	$v_{ix} = 24$ m/s	$v_{iy} = 8{,}9$ m/s	$a_x = 0$
$t_f = 5{,}5$ s	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 24$ m/s	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80$ m/s²

a) $y_f = 0 = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$y_i = -v_{iy}\Delta t - \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$
$= -8{,}9 \text{ m/s} \times 5{,}5 \text{ s} - \frac{1}{2} \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (5{,}5 \text{ s})^2$
$= -49 \text{ m} + 148 \text{ m} = 99$ m

b) $x_f = x_i + v_{ix}(t_f - t_i) = 24 \text{ m/s} \times 5{,}5 \text{ s} = 132$ m

2. $v_i = 5{,}00$ m/s $\qquad \theta_i = -25{,}0°$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 50{,}0$ m	$v_{ix} = 4{,}53$ m/s	$v_{iy} = -2{,}11$ m/s	$a_x = 0$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 4{,}53$ m/s	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80$ m/s²

a) $y_f = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$0 = 50{,}0 \text{ m} - 2{,}11 \text{ m/s} \times \Delta t - 4{,}90 \text{ m/s}^2 \times \Delta t^2$

$$\Delta t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$
$$= \frac{-(-2{,}11) \pm \sqrt{(-2{,}11)^2 - 4 \times (-4{,}90) \times 50{,}0}}{2 \times (-4{,}90)}$$
$$= \frac{2{,}11 \pm 31{,}4}{-9{,}80} = -3{,}42 \text{ s ou } 2{,}99 \text{ s}$$

La valeur négative est à rejeter, donc $\Delta t = 2{,}99$ s.

b) $v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t = -2{,}11 \text{ m/s} + (-9{,}80 \text{ m/s}^2)(2{,}99 \text{ s})$
$= -31{,}4$ m/s

$v_f = \sqrt{v_{fx}^2 + v_{fy}^2} = \sqrt{(4{,}53 \text{ m/s})^2 + (-31{,}4 \text{ m/s})^2}$
$= 31{,}7$ m/s

Soit α, l'angle entre le vecteur $\vec{v}_f$ et l'axe des x positifs. Alors :

$$\tan\alpha = \frac{|v_{fy}|}{|v_{fx}|} = \frac{31{,}4\text{ m/s}}{4{,}53\text{ m/s}} = 6{,}93 \Rightarrow \alpha = 81{,}8°$$

$$\Rightarrow \theta = 360° - \alpha = 360° - 82° = 278°.$$

c) $x_f = x_i + v_{ix}\Delta t = 0 + 4{,}53\text{ m/s} \times 2{,}99\text{ s} = 13{,}5\text{ m}$

3. $v_i = ?$ $\theta_i = 20°$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 7{,}0\text{ m}$	$v_{ix} = ?$	$v_{iy} = ?$	$a_x = 0$
$t_f = 1{,}3\text{ s}$	$x_f = ?$	$y_f = 1{,}0\text{ m}$	$v_{fx} = ?$	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80\text{ m/s}^2$

a) $y_f = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$

$$\Rightarrow v_{iy}\Delta t = y_f - y_i - \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$$

$$v_{iy} = \frac{y_f - y_i - \frac{1}{2}a_y\Delta t^2}{\Delta t}$$

$$= \frac{1{,}0\text{ m} - 7{,}0\text{ m} - \frac{1}{2} \times (-9{,}80\text{ m/s}^2) \times (1{,}3\text{ s})^2}{1{,}3\text{ s}}$$

$$= 1{,}8\text{ m/s}$$

$$v_{iy} = v_i \sin\theta_i \Rightarrow v_i = \frac{v_{iy}}{\sin\theta_i} = \frac{1{,}8\text{ m/s}}{\sin 20°} = 5{,}3\text{ m/s}$$

b) $v_{ix} = v_i \cos\theta_i = 5{,}3\text{ m/s} \times \cos 20° = 5{,}0\text{ m/s}$

$x_f = x_i + v_{ix}\Delta t = 5{,}0\text{ m/s} \times 1{,}3\text{ s} = 6{,}5\text{ m}$

4. 50° selon le tableau 1 de la page 256. Les angles de départ donnant une portée identique sont écartés de la même différence par rapport à 45°.

5. $v_i = 35{,}0\text{ m/s}$

Pour que la portée soit maximale (en l'absence de résistance de l'air), il faut que $\theta_i = 45{,}0°$.

$$\text{Portée} = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g}$$

$$\text{Portée} = \frac{(35{,}0\text{ m/s})^2 \sin 90{,}0°}{9{,}80\text{ m/s}^2}$$

$$\text{Portée} = 125\text{ m}$$

6. La façon la plus rapide de résoudre ce problème est d'utiliser l'équation de la portée :

$$\text{Portée} = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g}, \text{ donc}$$

$$\sin 2\theta_i = \frac{g \times \text{portée}}{v_i^2} = \frac{9{,}80\text{ m/s}^2 \times 26{,}0\text{ m}}{(18{,}0\text{ m/s})^2} = 0{,}786$$

$2\theta_i = \sin^{-1}(0{,}786) = 51{,}9°$ ou $128{,}1°$, donc

$\theta_i = 25{,}9°$ ou $64{,}1°$

Chapitre 11
Le mouvement des projectiles

Manuel, p. 261

1. *a)* $v_{fy} = 0$

b) $v_{iy} = 0$

c) $y_f = 0$

d) $v_y < 0$ ou $\theta < 0$

e) $y_f = y_i$

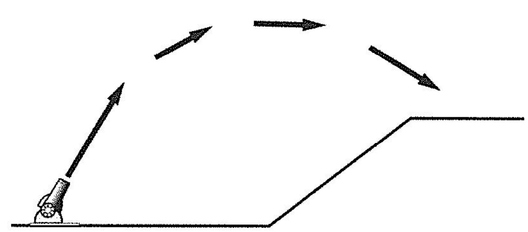
f) $\theta_i = 45°$

2. Si la flèche est alignée directement sur le centre de la cible avant le relâchement de l'arc, l'accélération de la flèche vers le bas au cours du vol fait en sorte que la flèche arrivera plus bas que le centre de la cible. Si le tir se fait sans dispositif de pointage, il faut donc viser au-dessus de la cible pour compenser la chute.

En réalité, les arcs de compétition comportent un viseur qui est ajusté de façon à compenser la chute verticale de la flèche pour une certaine distance. Il suffit alors d'aligner la cible dans le viseur.

3. *a)* Puisque la descente est plus courte que la montée, la vitesse au point d'arrivée est plus faible que la vitesse au point de départ, car la chute dure moins longtemps que la montée. C'est au point de départ que la vitesse est maximale.

La vitesse est minimale au sommet de la trajectoire, puisque la composante verticale de la vitesse y est nulle.



b) La vitesse est maximale au point d'arrivée et minimale au sommet de la trajectoire.

4. Portée = 50,0 m $\theta_i = 12,0°$ $y_i = y_f$ $v_i = ?$

La façon la plus rapide de résoudre ce problème est d'utiliser l'équation de la portée :

$$\text{Portée} = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g}$$

$$v_i^2 = \frac{g \times \text{portée}}{\sin 2\theta_i} = \frac{9{,}80 \text{ m/s}^2 \times 50{,}0 \text{ m}}{\sin 24{,}0°}$$

$$= 1\,205 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_i = 34{,}7 \text{ m/s} = 125 \text{ km/h}$$

5. $v_i = 3{,}2$ m/s $\theta_i = -33°$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 6{,}2$ m	$v_{ix} = 2{,}7$ m/s	$v_{iy} = -1{,}7$ m/s	$a_x = 0$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 1{,}0$ m	$v_{fx} = 2{,}7$ m/s	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80$ m/s²

a) $v_{fy}^2 = v_{iy}^2 + 2a_y\Delta y$

$= (-1{,}7 \text{ m/s})^2 + 2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (1{,}0 \text{ m} - 6{,}2 \text{ m})$

$= 105 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_{fy} = -10{,}2$ m/s (le signe est négatif, car la balle se déplace vers le bas.)

$$v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_{fy} - v_{iy}}{a_y}$$

$$\Delta t = \frac{-10{,}2 \text{ m/s} - (-1{,}7 \text{ m/s})}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 0{,}87 \text{ s}$$

b) $x_{fi} = x + v_{ix}\Delta t = 0 + 2{,}7 \text{ m/s} \times 0{,}87 \text{ s} = 2{,}3 \text{ m}$

c) $v_f = \sqrt{v_{fx}^2 + v_{fy}^2} = \sqrt{(2{,}7 \text{ m/s})^2 + (-10{,}2 \text{ m/s})^2}$

$= 11$ m/s

Soit α, l'angle entre le vecteur $\vec{v}_f$ et l'axe des x positifs. Alors :

$$\tan \alpha = \frac{|v_{fy}|}{|v_{fx}|} = \frac{10{,}2 \text{ m/s}}{2{,}7 \text{ m/s}} = 3{,}8$$

$\Rightarrow \alpha = 75°$ (sous l'horizontale)

$\Rightarrow \theta = 360° - \alpha = 360° - 75° = 285°.$

6. $v_i = 8{,}0$ m/s $\theta_i = 20{,}0°$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 1{,}0$ m	$v_{ix} = 7{,}5$ m/s	$v_{iy} = 2{,}7$ m/s	$a_x = 0$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = 7{,}5$ m/s	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80$ m/s²

$v_{fy}^2 = v_{fx}^2 + 2a_y\Delta y$

$= (2{,}7 \text{ m/s})^2$

$+ 2 \times (-9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (0 \text{ m} - 1{,}0 \text{ m})$

$= 27 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$v_{fy} = -5{,}2$ m/s (le signe est négatif, car la boule se déplace vers le bas.)

$$v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_{fy} - v_{iy}}{a_y}$$

$$\Delta t = \frac{-5{,}2 \text{ m/s} - 2{,}7 \text{ m/s}}{-9{,}80 \text{ m/s}^2} = 0{,}81 \text{ s}$$

$x_{fi} = x + v_{ix}\Delta t = 0 + 0 + 7{,}5 \text{ m/s} \times 0{,}81 \text{ s}$

$= 6{,}1$ m

La balle touche le sol à 6,1 m du lanceur.

7. Il faut mesurer la distance horizontale (x_f) et la distance verticale (y_i) parcourues par l'eau. Puisque le bec du tuyau d'arrosage est horizontal, la composante verticale de la vitesse initiale est nulle.

$t_i = 0$	$x_i = 0$	y_i connu	$v_{ix} = ?$	$v_{iy} = 0$	$a_x = 0$
$t_f = ?$	x_f connu	$y_f = 0$	$v_{fx} = ?$	$v_{fy} = ?$	a_y connu (-9,80 m/s²)

Puisque $y_f = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$,

alors on peut calculer $\Delta t = \sqrt{\frac{-2y_i}{a_y}}$.

Puisque $x_f = x_i + v_{ix}\Delta t$, alors on peut calculer

$$v_{ix} = \frac{x_f}{\Delta t} = x_f\sqrt{\frac{a_y}{-2y_i}}.$$

8. $v_i = 140$ km/h $= 38{,}9$ m/s $\theta_i = -4{,}0°$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 2{,}4$ m	$v_{ix} = 38{,}9$ m/s	$v_{iy} = -2{,}7$ m/s	$a_x = 0$
$t_f = ?$	$x_f = 12$ m	$y_f = ?$	$v_{fx} = 38{,}9$ m/s	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80$ m/s²

$v_{ix} = \dfrac{x_f - x_i}{\Delta t}$ donc, puisque $x_i = 0$,

$$\Delta t = \frac{x_f}{v_{ix}} = \frac{12 \text{ m}}{38{,}9 \text{ m/s}} = 0{,}31 \text{ s}$$

$y_f = y_i + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2 = 2{,}4 \text{ m} + (-2{,}7 \text{ m/s})$

$\times 0{,}31 \text{ s} + \frac{1}{2}(9{,}80 \text{ m/s}^2) \times (0{,}31 \text{ s})^2$

$= 2{,}4 \text{ m} - 0{,}84 \text{ m} - 0{,}47 \text{ m} = 1{,}1 \text{ m}$

La balle passera à 0,2 m au-dessus du filet.

★ **9.** Le mouvement sur le toit est un MRUA. Si l'axe de référence est parallèle au toit, on a :

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = 5{,}00\ \text{m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = 4{,}00\ \text{m}$	$v_f = ?$	

$$x_f = x_i + v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 = 0 + 0 + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$\Rightarrow \Delta t^2 = \frac{2x_f}{a} = \frac{2 \times 4{,}00\ \text{m}}{5{,}00\ \text{m/s}^2} = 1{,}60\ \text{s}^2$$

$\Delta t = 1{,}26\ \text{s}$

$v_f = v_i + a\Delta t = 5{,}00\ \text{m/s}^2 \times 1{,}26\ \text{s} = 6{,}30\ \text{m/s}$

La vitesse du ballon lorsqu'il arrive au bord du toit devient la vitesse initiale pour le mouvement de projectile :

$v_i = 6{,}30\ \text{m/s} \quad \theta_i = -40°$

$v_{ix} = v_i \cos \theta_i = 6{,}30\ \text{m/s} \times \cos(-40°) = 4{,}83\ \text{m/s}$

$v_{iy} = v_i \sin \theta_i = 6{,}30\ \text{m/s} \times \sin(-40°) = -4{,}05\ \text{m/s}$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$y_i = 3{,}00\ \text{m}$	$v_{ix} = 4{,}83\ \text{m/s}$	$v_{iy} = -4{,}05\ \text{m/s}$	$a_x = 0$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$y_f = 0$	$v_{fx} = ?$	$v_{fy} = ?$	$a_y = -9{,}80\ \text{m/s}^2$

$$y_f = 0 = y + v_{iy}\Delta t + \frac{1}{2}a_y\Delta t^2$$

$$\Rightarrow 0 = 3{,}00\ \text{m} - 4{,}05\ \text{m/s} \times \Delta t - 4{,}90\ \text{m/s}^2 \times \Delta t^2$$

$$\Delta t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-(-4{,}05\ \text{m/s}) \pm \sqrt{(-4{,}05\ \text{m/s})^2 - 4 \times (-4{,}90\ \text{m/s}^2) \times 3{,}00\ \text{m}}}{2 \times (-4{,}90\ \text{m/s}^2)}$$

$$= \frac{4{,}05\ \text{m/s} \pm 8{,}67\ \text{m/s}}{-9{,}80\ \text{m/s}^2} = -1{,}30\ \text{s ou } 0{,}471\ \text{s}$$

On retient la valeur positive et ainsi :

$x_f = x_i + v_{ix}\Delta t = 4{,}83\ \text{m/s} \times 0{,}471\ \text{s} = 2{,}27\ \text{m}.$

Le ballon tombe au-delà de la plate-bande. Les fleurs sont sauvées !