

## **MODULE 2 – LES NOTIONS PRÉALABLES À LA MÉCANIQUE**

### **CHAPITRE 6 – LES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCES**

#### **6.1 L'utilité d'un système de référence**

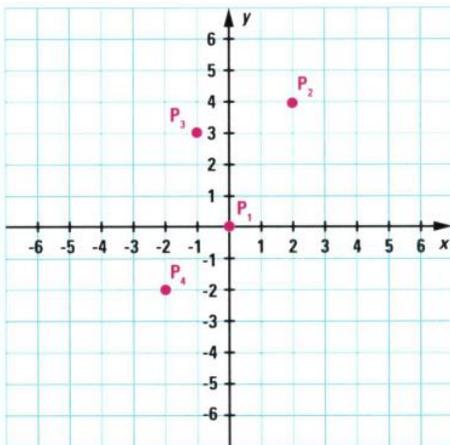
1. Les deux repères qui constituent un système de référence sont le repère d'espace et le repère de temps.
2. a) La vitesse du train par rapport au passager assis dans le wagon.  
b) La vitesse du train est non nulle par rapport à la personne immobile sur le quai de la gare.
3. Sur l'image du haut : la trajectoire est une ligne droite vers le bas.  
Sur l'image du bas : la trajectoire est une parabole vers la droite orientée vers le bas.
4. a)  $v_1 = 220 \text{ km/h}$ , b)  $v_2 = 120 \text{ km/h}$
5. a)  $v_{\text{ouest}} = 7.7 \text{ m/s}$ , b)  $v_{\text{est}} = 5.1 \text{ m/s}$

#### **6.2 Les systèmes de référence galiléens**

1. Par définition, un système de référence galiléen est un système dans lequel un corps isolé est soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme.
2. Les systèmes de référence qui sont dotés d'un mouvement accéléré ou en rotation par rapport à un système de référence galiléen sont non galiléens.
3. Dans un système de référence héliocentrique, la Terre a un mouvement elliptique.
4. Oui. Le système de référence  $S_1$  est galiléen. En effet, tous les systèmes de référence en mouvement rectiligne uniforme par rapport à un système de référence galiléen sont eux-mêmes galiléens.
5. Le principe de relativité de Galilée stipule que les lois physiques valides dans un système de référence galiléen donné sont également valides dans tous les systèmes de référence qui se déplacent à des vitesses constantes par rapport au premier.

#### **6.3 Les systèmes de coordonnées**

1. Un point dans un plan peut être repéré par deux systèmes de coordonnées : le système de coordonnées cartésiennes et le système de coordonnées polaires.
- 2.

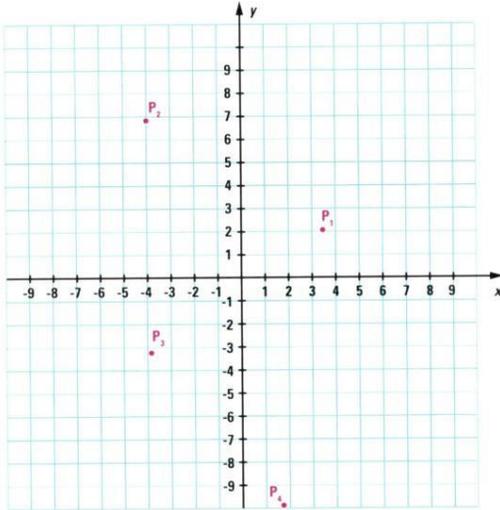


3.  $P_1 : (-5, 0)$ ,  $P_2 : (0, 8)$ ,  $P_3 : (0, -12)$ ,  $P_4 : (-4.2, -4.2)$

#### **Consolidation**

1. Les trois systèmes de référence les plus communément utilisés sont : le système de référence terrestre, le système de référence géocentrique et le système de référence héliocentrique.
2. Pour repérer un point dans l'espace, il est nécessaire d'avoir trois coordonnées.

3.



4.  $P_1 : (7.1, 45^\circ)$ ,  $P_2 : (8.2, 14^\circ)$

## **CHAPITRE 7 – LES GRANDEURS ET LES UNITÉS**

### 7.1 Grandeur, mesure et unité de mesure

#### 7.2 Le système international d'unités

1. Une grandeur est la propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance qu'on peut exprimer quantitativement sous forme d'un nombre et d'une unité de mesure.
2. Une unité de mesure est une grandeur réelle, définie et adoptée par convention, à laquelle on peut comparer toute autre grandeur de même nature pour exprimer le rapport des deux grandeurs sous la forme d'un nombre.

3.

Unité	Symbole de l'unité
mètre	m
kilogramme	kg
seconde	s
ampère	A
kelvin	K
mole	mol
candela	cd

4. a)  $l = 2 \text{ m}$ ,  $m = 1500 \text{ kg}$  (où  $l$  = longueur et  $m$  = masse)  
b)  $I = 1.5 \text{ A}$ ,  $T = 350 \text{ K}$  (où  $I$  = intensité et  $T$  = température)
5. Deux des sept unités de base du SI, l'ampère et le kelvin, proviennent de noms propres.

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

#### 7.4 Les unités dérivées du système international

1. Les unités de base de la mécanique sont le mètre, le kilogramme et la seconde.
2. Un étalon est la réalisation de la définition d'une grandeur donnée, avec une valeur déterminée et une incertitude de mesure associée, utilisée comme référence.
3. Accélération =  $\text{m/s}^2$ , force =  $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ , énergie =  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ , puissance =  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$

### 7.5 Les multiples et les sous-multiples des unités

#### 7.6 Les grandeurs scalaires et les grandeurs vectorielles

1. Tableau de gauche : déca, hecto, kilo, méga, giga  
Tableau de droite : déci, centi, milli, micro, nano
2. Le kilogramme (kg).

3.

**Solution :**

En fonction des unités de base du SI, l'unité de l'énergie est :  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$ .

Pour que la formule soit homogène, il faut que l'unité du produit  $\frac{1}{2} k (\Delta x)^2$  ait la même unité que celle de l'énergie.

Puisque  $\frac{1}{2}$  n'a pas d'unité, on a :

$$\text{unité} \left( \frac{1}{2} k (\Delta x)^2 \right) = \text{unité} (k) \times \text{unité} ((\Delta x)^2) = \text{unité} (k) \times (\text{unité} (\Delta x))^2 = \text{kg s}^{-2} \times \text{m}^2 = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$$

La formule est homogène, car l'unité du produit  $\frac{1}{2} k (\Delta x)^2$  est la même que celle de l'énergie.

4. Plusieurs réponses sont possibles. Ex. : masse, temps, température, énergie, puissance, etc.

5. Norme = 5 N, la direction du vecteur est celle de la droite AB, le sens du vecteur est de A vers B.

Consolidation

1. Le système international d'unités (SI) date de 1960.

2. Grandeur : la vitesse. Unité de mesure : le mètre par seconde (m/s). Type de grandeur : grandeur vectorielle car, pour qu'on puisse définir complètement une vitesse, on a besoin de connaître son orientation dans l'espace.

3. a) Erreurs : 200 w  $\rightarrow$  200 W ou 200 watts; 800 Joule  $\rightarrow$  800 J ou 800 joules; 4 secs  $\rightarrow$  4 s ou 4 secondes. Une puissance de 200 W correspond à une quantité de travail de 800 J effectuée en 4 s. Ou Une puissance de 200 watts correspond à une quantité de travail de 800 joules effectuée en 4 secondes.

b) Erreurs : 0.3 milli-seconde  $\rightarrow$  0.3 milliseconde ou 0,3 ms; 1 Décimètre  $\rightarrow$  1 décimètre ou 1 dm. Une balle de masse égale à 8 g met 0.3 ms pour parcourir 1 dm. Ou Une balle de masse égale à 8 grammes met 0.3 milliseconde pour parcourir 1 décimètre.

4. Le prototype international du kilogramme.

5. a)  $I = 1 \text{ mA} = 1 \text{ milliampère}$

b)  $W = 3 \text{ kJ} = 3 \text{ kilojoules}$

c)  $t = 1 \mu\text{s} = 1 \text{ microseconde}$

6. a)  $0.073 \text{ s} = 7.3 \times 10^{-2} \text{ s}$     b)  $0.980 \text{ kg} = 9.80 \times 10^{-1} \text{ kg}$     c)  $0.055 \text{ m} = 5.5 \times 10^{-2} \text{ m}$

d)  $9\,000 \text{ m} = 9,00 \times 10^3 \text{ m}$

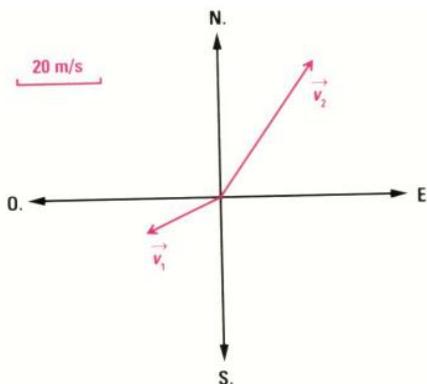
**CHAPITRE 8 – LES VECTEURS**

8.1 Les propriétés des vecteurs

1. La méthode des points cardinaux et la méthode de l'angle trigonométrique.

2. Deux vecteurs ne peuvent être égaux que s'ils ont la même norme, la même direction et le même sens.

3.



4. a) 4 m [40° N. de E.]    b) 3 m [30° O. de N.]    c) 5 m [40° S. de O.]    d) 4 m [30° E. de S.]

5. (-5, 4), (4, 3), (2, -5)

6. a)  $\vec{F} = 300 \text{ N}$  à 30° b)  $F_x \approx 2.6 \times 10^2 \text{ N}$ ,  $F_y = 1.5 \times 10^2 \text{ N}$

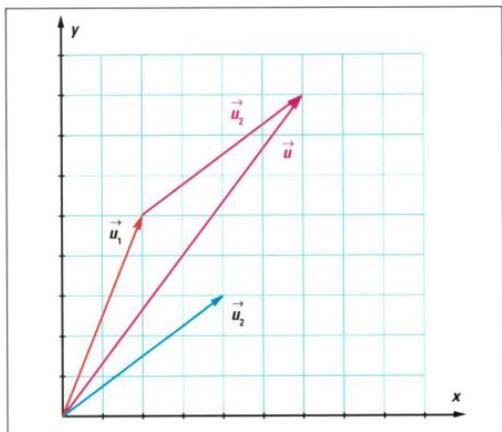
7.  $s \approx 6.4 \text{ km}$ ,  $\theta \approx 60^\circ$ ,  $\vec{s} = 6.4 \text{ km}$  à 60°

8.  $\vec{AB} = (3, -1)$ ,  $\vec{AD} = (0, -5)$ ,  $\vec{CD} = (3, -6)$

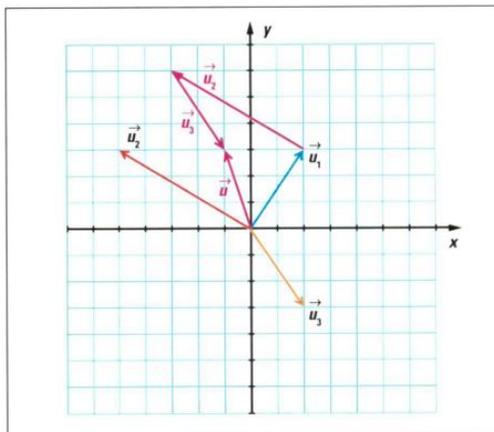
## 8.2 L'addition de vecteurs

1.

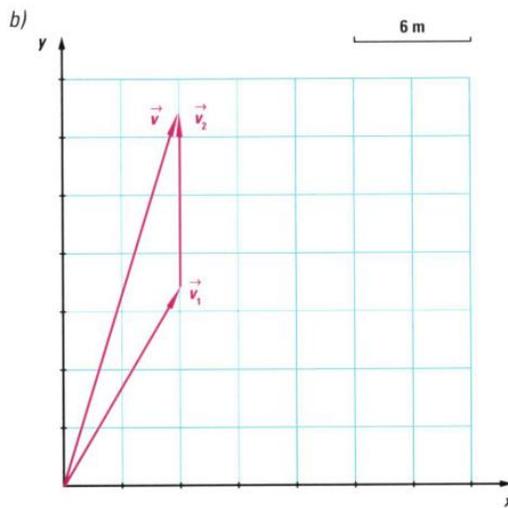
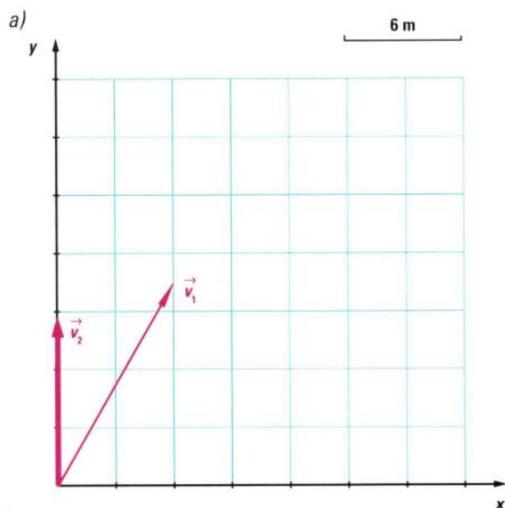
a)  $\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$



b)  $\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 + \vec{u}_3$



2.



Réponse:  $v = 20 \text{ m}$     $\theta = 73^\circ$     $\vec{v} \approx 20 \text{ m à } 73^\circ$

3.  $s \approx 6.5 \text{ km}$ ,  $\theta \approx 39^\circ$ ,  $\vec{s} \approx 6.5 \text{ km à } 39^\circ$

4.  $\vec{w} = (-4, 3)$ ,  $w = 5$

5. a)  $\vec{OD}$    b)  $\vec{OC}$    c)  $-\vec{DA}$

d)  $\vec{AO}$

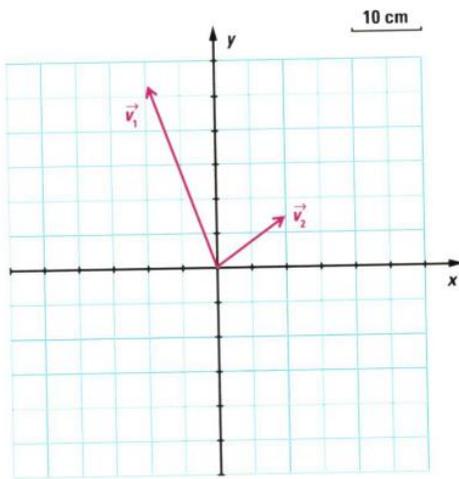
e)  $-\vec{OC} + -\vec{AO}$

## 8.3 La soustraction de vecteurs

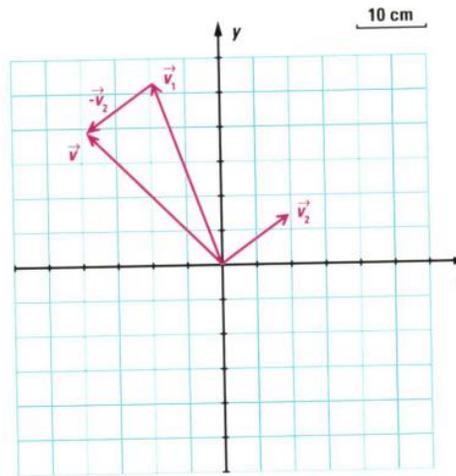
1.  $\vec{v}' = -\vec{v} = (-2, -5)$

2.

a)



b)

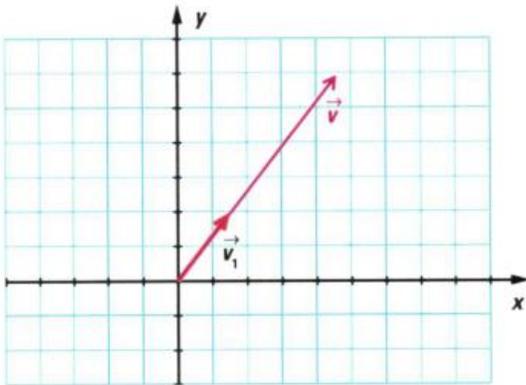


Réponse:  $v = 27 \text{ cm}$     $\theta = 135^\circ$     $\vec{v} = 27 \text{ cm à } 135^\circ$

3.  $\vec{w} = (12, -35)$ ,  $w = 37$

### 8.4 La multiplication d'un vecteur par un nombre

1.



2. a) 2                      b) -3                      c) -1.5                      d) 1/3  
 3.  $\vec{u} = (10, -25)$

### Consolidation

1. a) 4 m à  $40^\circ$                       b) 5 m à  $220^\circ$   
 2. a)  $\vec{AB} = (3, 1)$ ,  $\vec{BC} = (1, -3)$ ,  $\vec{AC} = (4, -2)$   
 b)

#### Solution :

Pour qu'un triangle soit rectangle, il faut que ses côtés vérifient le théorème de Pythagore :  $AB^2 + BC^2 = AC^2$ .

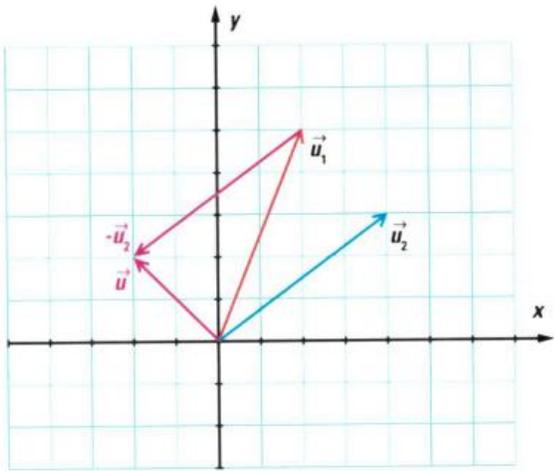
$$AB = \sqrt{3^2 + 1^2} = \sqrt{10} \Rightarrow AB^2 = 10$$

$$BC = \sqrt{1^2 + (-3)^2} = \sqrt{10} \Rightarrow BC^2 = 10$$

$$AC = \sqrt{4^2 + (-2)^2} = \sqrt{20} \Rightarrow AC^2 = 20$$

On remarque que :  $AB^2 + BC^2 = 10 + 10 = 20 = AC^2$ . Le triangle ABC est donc rectangle en B.

3.



4.  $s_2 \approx 6.4 \text{ km}$ ,  $\theta \approx 95^\circ$ ,  $\vec{s}_2 \approx 6.4 \text{ km à } 95^\circ$

5.  $\vec{w} = (19, 14)$

## MODULE 3 – LA CINÉMATIQUE

### CHAPITRE 9 – LE MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME

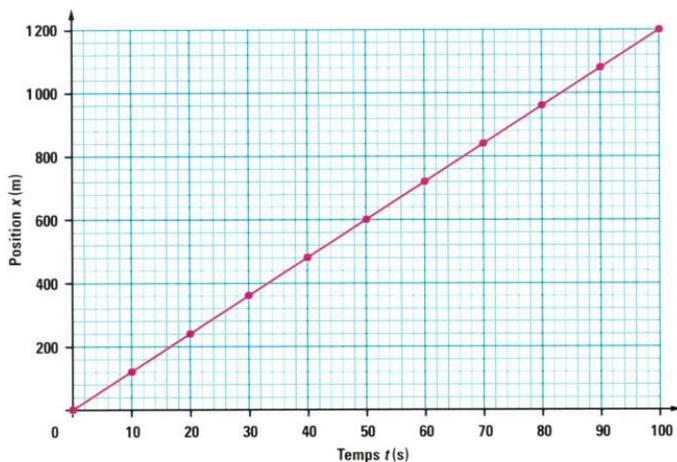
#### 9.1 La position, le déplacement et la distance parcourue

1. La cinématique est un domaine de la physique qui a pour objectif de décrire les mouvements des corps sans toutefois tenir compte de leurs causes.
2. La trajectoire correspond à la suite de points par lesquels un objet passe successivement lors de son mouvement.
3. Le mouvement est dit rectiligne lorsque la trajectoire d'un objet est en ligne droite.
4. Position :  $x_A = -0.5 \text{ km}$ ,  $x_B = 0.5 \text{ km}$ ,  $x_C = -1.0 \text{ km}$   
Déplacements:  $\Delta x_{AB} = 1.0 \text{ km}$ ,  $\Delta x_{AC} = 1.5 \text{ km}$ ,  $\Delta x_{BC} = 0.5 \text{ km}$
5. a)  $\Delta x = 0 \text{ m}$ , distance parcourue =  $L = 800 \text{ m}$   
b)  $L = 600 \text{ m}$
6.  $\Delta x = 15.0 \text{ m}$ , distance parcourue =  $L = 35.0 \text{ m}$
7. distance parcourue =  $L = 2140 \text{ m}$ ,  $\Delta x = 600 \text{ m}$  vers l'est

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

1. Dans un mouvement rectiligne uniforme, lorsque les intervalles de temps sont égaux, les distances parcourues sont égales. Ainsi, la voiture parcourra 12 km aussi.
2. Dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, le graphique de la position en fonction du temps est une droite, ou plusieurs segments de droite dans le cas où le mouvement comporte plusieurs sections.
3. La réponse est le graphique C. En effet, dans ce graphique, la position de l'objet ne change pas à mesure que le temps s'écoule, ce qui indique que l'objet est immobile.
4. a) Oui. Le mouvement de la voiture est uniforme car, pour des intervalles de temps égaux, les distances parcourues sont égales.  
b)

La position d'une voiture en fonction du temps

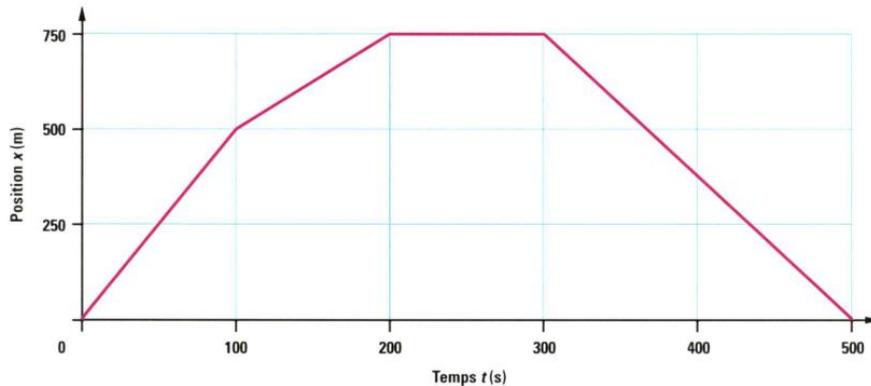


Le graphique étant une droite, il s'agit d'un mouvement rectiligne uniforme.

5. a) Entre 0 et 1.0 h et entre 3.0 h et 5.0 h.  
b) L'objet est resté immobile pendant 2.0 h.  
c) 5 h  
d) 10 km  
e) 0 km

6.

Le mouvement d'une athlète



7. a) La position initiale des deux mobiles : 0 m.  
 b) Le mobile A commence à se déplacer en premier, à  $t = 0$  s.  
 c) Le début du mouvement de chacun des mobiles est séparé de 5.0 secondes.  
 d) Mobile A : 30 m. Mobile B : 20 m.  
 e) À  $t = 20.0$  s, les deux mobiles auront parcouru la même distance.  
 f) À  $t = 20.0$  s, les deux mobiles auront parcouru 60 m.  
 g) Mobile A : 25 s. Mobile B : 20.0 s.  
 h) La position finale du mobile B : 80 m.  
 i) La distance parcourue par le mobile B : 80 m.  
 j) Le déplacement du mobile B : 80 m.
8. a) Mobile A : 5 m. Mobile B : 0 m.  
 b) Les deux mobiles commencent à se déplacer en même temps, à  $t = 0$  s.  
 c) 5 m.  
 d) Mobile A : 10 m. Mobile B : 20 m.  
 e) 10.0 s.  
 f) Mobile A : 20 m. Mobile B : 20 m.  
 g) Mobile A : 15 m. Mobile B : 20 m.  
 h) Mobile A : 15 m. Mobile B : 20 m.
9. a) 150, 150, 200, 300, 400  
 b) Le segment A indique que le facteur a été immobile pendant 100 secondes.  
 c) Le segment B indique que le facteur retourne sur ses pas et parcourt 50 m en 100 secondes, en direction du point de départ.  
 d)  $L = 200$  m.  
 e)  $L_{\text{totale}} = 500$  m.  
 f)  $\Delta x = 400$  m.

### 9.3 La vitesse

1. La vitesse décrit le rythme auquel une variation de position se produit. La vitesse ( $v$ ) est égale au déplacement ( $\Delta x$ ) par intervalle de temps ( $\Delta t$ ).
2. 
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$
 Où  $t_i$  = temps initial, exprimé en seconde (s)  
 $t_f$  = temps final, exprimé en seconde (s)  
 $x_i$  = position initial, exprimée en mètre (m)  
 $x_f$  = position final, exprimée en mètre (m)  
 $v$  = vitesse, exprimée en mètre par seconde (m/s)
3.  $v \approx 2.08$  m/s  
 4.  $\Delta x = 3.00 \times 10^4$  m  
 5.  $\Delta t \approx 318$  s  
 6.  $x_f = 65$  km  
 7.  $v = 64.5$  km/h  
 8. Le signe négatif d'une vitesse signifie que le mouvement du mobile se fait dans le sens opposé à la direction prise comme référence. Ainsi, lorsqu'un mobile a une vitesse positive, il se déplace dans la direction des  $x$  croissants ; lorsque sa vitesse est négative, il se dirige vers les  $x$  décroissants.

9. a)  $v = 12 \text{ m/s}$   
b)  $v = 10 \text{ m/s}$
10. Distance entre la ville A et le point de rencontre :  $44 \text{ km}$ ,  $\Delta t = 1980 \text{ s}$

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

1. Le mouvement rectiligne uniforme est représenté par une droite horizontale, car la vitesse ne varie pas en fonction du temps.
2. Le déplacement du mobile.
3. Le graphique C.
4.  $\Delta x = 1.2 \times 10^2 \text{ m}$
5. (Erreur dans le problème : Le temps sur le graphique devrait être exprimé en min.)

Solution :

Intervalle A (de 0,0 min à 3,0 min) :

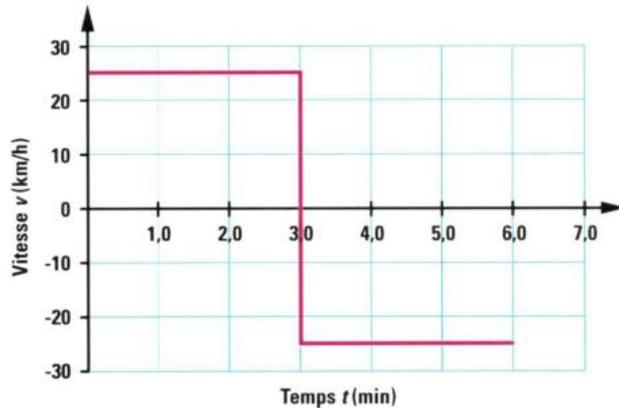
$$v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

$$= \frac{1250 \text{ m} - 0 \text{ m}}{3,0 \text{ min} - 0,0 \text{ min}} = \frac{1,250 \text{ km}}{0,050 \text{ h}} = 25 \text{ km/h}$$

Intervalle B (de 3,0 min à 6,0 min) :

$$v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

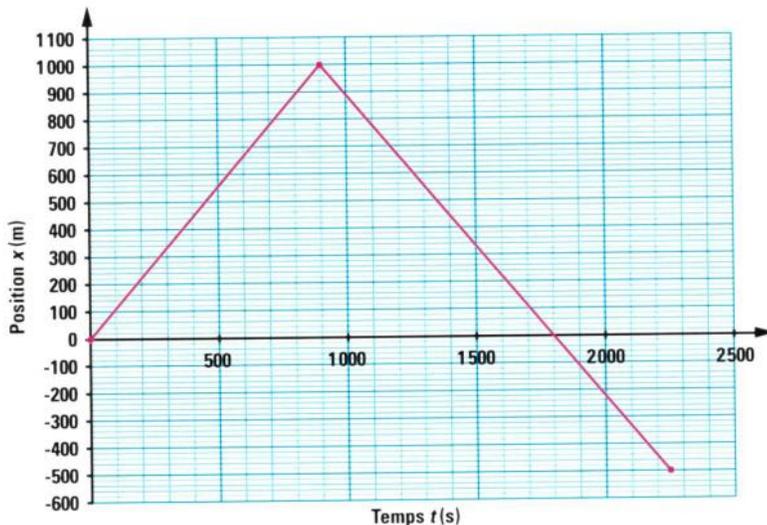
$$= \frac{0 \text{ m} - 1250 \text{ m}}{6,0 \text{ min} - 3,0 \text{ min}} = \frac{-1,250 \text{ km}}{0,050 \text{ h}} = -25 \text{ km/h}$$



#### Consolidation

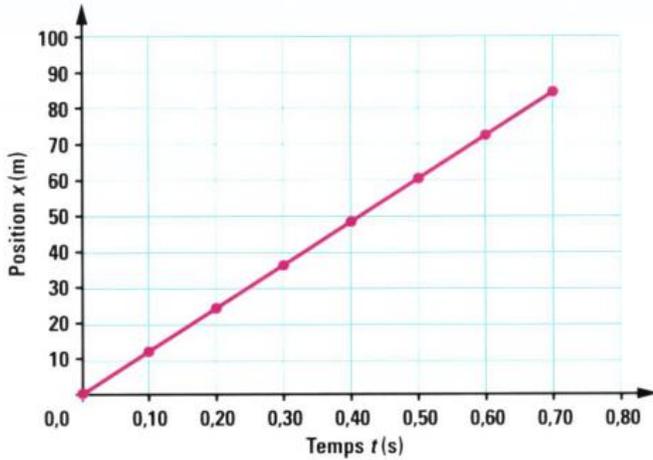
1. a)  $\Delta x = -0.5 \text{ km}$ ,  $L = 2.5 \text{ km}$   
b)

Le graphique de la position de l'élève en fonction du temps



2.  $\Delta x = 12.0 \text{ m}$ ,  $L = 32.0 \text{ m}$
3. Segment A :  $50.0 \text{ m/s}$ , Segment B :  $25.0 \text{ m/s}$ , Segment C :  $0 \text{ m/s}$ , Segment D :  $-37.5 \text{ m/s}$ ,
4.  $\Delta x = 12 \text{ m}$  (Erreur dans le problème : La vitesse sur le graphique devrait être exprimée en m/s et le temps en s.)

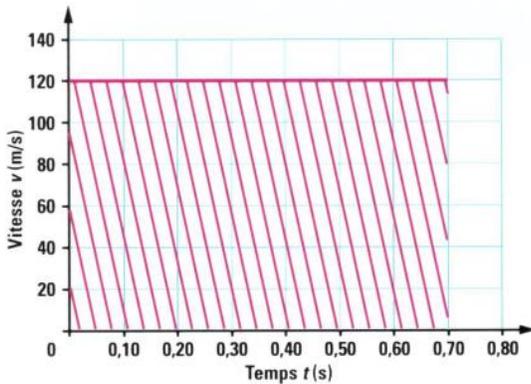
5.



Le graphique est une droite. Cela veut dire que le mouvement est rectiligne uniforme.

b)  $v = 1.2 \times 10^2 \text{ m/s}$

c)



**Solution :**

Le déplacement est égal à l'aire de la surface se trouvant sous la droite du graphique vitesse-temps.

$$\Delta x = 120 \text{ m/s} \times 0,70 \text{ s} = 84 \text{ m}$$

Réponse :

$$\Delta x = 84 \text{ m}$$

6.  $\Delta t = 60 \text{ s}$

## CHAPITRE 10 – LE MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORMÉMENT ACCÉLÉRÉ

### 10.1 Les caractéristiques du mouvement rectiligne uniformément accéléré

- C'est un mouvement qui se fait en ligne droite et dont la vitesse varie de manière constante en fonction du temps. En d'autres termes, son accélération est constante.
- La vitesse instantanée est la vitesse à un instant donné. Elle est égale au déplacement ( $\Delta x$ ) par intervalle de temps ( $\Delta t$ ), à condition que cet intervalle de temps soit très petit.
- On trace la tangente à la courbe position-temps au point dont l'abscisse correspond au temps  $t$ . On calcul la pente de la tangente. La valeur trouvée est la vitesse instantanée au temps  $t$ .
- L'accélération est une variation de la vitesse en grandeur ou en orientation, ou les deux. Par variation de grandeur, on entend soit une augmentation, soit une diminution.

5.  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$ , où  $i$  = initial et  $f$  = final

6. B

7. L'aire de la surface sous la courbe représente le déplacement du mobile.

8. L'aire de la surface sous la courbe représente la variation de vitesse du mobile.

9. a) MRU    b) MRUA    c) MRUA    d) MRU

10. a)

Temps (s)	0	10.0	14.0
Vitesse (m/s)	0	15.0	0

b) Segment A: La vitesse augmente. Elle passe de 0 à 15.0 m/s.

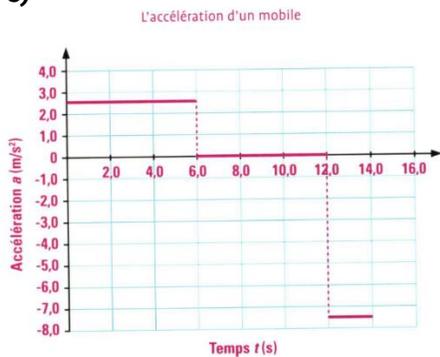
Segment B : La vitesse est constante. Elle est égale à 15.0 m/s.

Segment C : La vitesse diminue. Elle passe de 15.0 à 0 m/s.

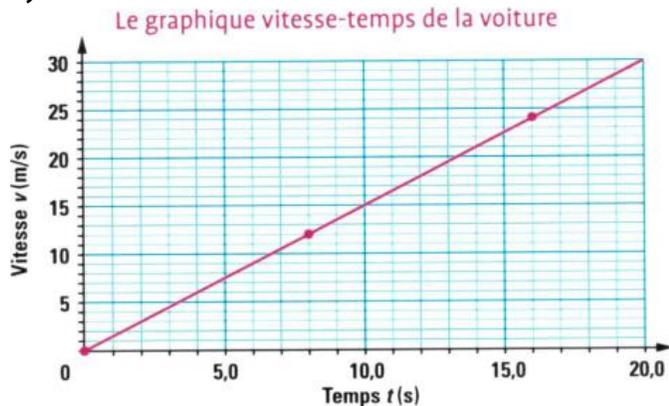
c)  $\Delta x_A = 45 \text{ m}$ ,  $\Delta x_B = 90 \text{ m}$ ,  $\Delta x_C = 15 \text{ m}$

- d) Segment A : L'accélération est constante et positive. Elle est égale à  $2.5 \text{ m/s}^2$ .  
 Segment B : L'accélération est nulle car la vitesse est constante.  
 Segment C : L'accélération est constante et négative. Elle est égale à  $-7.5 \text{ m/s}^2$ .

e)

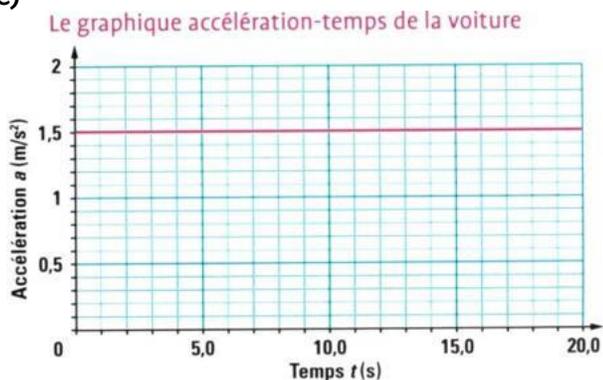


11. a) Il s'agit d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré.  
 b) La voiture accélère, car la vitesse augmente avec le temps (la distance parcourue dans un même intervalle de temps augmente à mesure que le temps augmente).  
 c) vitesse à 8 s : environ  $12 \text{ m/s}$ , vitesse à 16 s : environ  $24 \text{ m/s}$   
 d)



La courbe obtenue est une ligne droite.

e)



## 10.2 Les équation du mouvement rectiligne uniformément accéléré

- $\alpha \approx 1.4 \text{ m/s}^2$
- $v_i \approx 2.9 \text{ m/s}$
- $\Delta x = 800 \text{ m}$
- $\Delta x = 180 \text{ m}$
- $\Delta x \approx 593 \text{ m}$
- $\Delta x = 125 \text{ m}$
- $\Delta t \approx 13.5 \text{ s}$
  - $\Delta x \approx 159 \text{ m}$

8.  $\Delta x = 108 \text{ m}$
9.  $\alpha \approx 1.50 \times 10^5 \text{ m/s}^2$
10. a)  $v_1 \approx 17.3 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 30.0 \text{ m/s}$   
b)  $\Delta t = 4.23 \text{ s}$
11.  $\alpha = 0.40 \text{ m/s}^2$ ,  $\Delta x = 60 \text{ m}$
12.  $v_i = 10 \text{ m/s}$
13.  $\alpha = 0.125 \text{ m/s}^2$
14.  $\Delta t = 14 \text{ s}$
15.  $\Delta x = 82 \text{ m}$

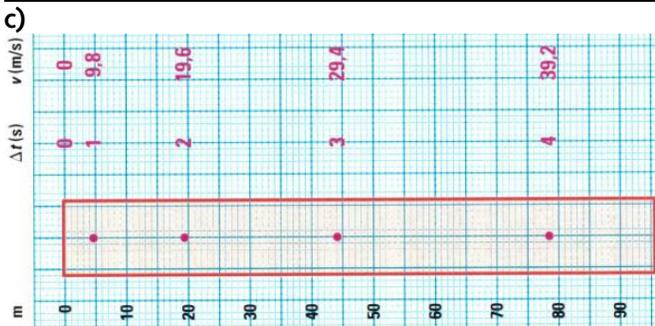
### 10.3 La chute libre

1. La chute libre est un mouvement qui se produit quand un objet n'est soumis qu'à la force gravitationnelle.
2. La chute libre est un mouvement rectiligne uniformément accéléré vertical dont l'accélération est fixe, toujours égale à  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ .
3. a)  $\Delta y \approx 50.2 \text{ m}$   
b)  $v_f \approx 76.7 \text{ m/s}$
4. a)  $v_1 = 0 \text{ m/s}$   
b)  $\alpha = g = -9.80 \text{ m/s}^2$  (On considère un axe y dirigé vers le haut et dont l'origine coïncide avec le point de lancement de l'objet.)  
c)  $v_2 = -10 \text{ m/s}$
5.  $\Delta t \approx 3.4 \text{ s}$
6. a)  $v_i \approx 15.7 \text{ m/s}$   
b)  $\Delta y = 12.6 \text{ m}$
7.  $v_i = 2.4 \text{ m/s}$ ,  $\Delta t = 0.24 \text{ s}$
8. a)  $v_1 \approx 12.7 \text{ m/s}$   
b)  $\Delta t_1 = 0.541 \text{ s}$
9. L'objet B ira 4 fois plus haut que l'objet A.
10. a)  $v_1 \approx -7.9 \text{ m/s}$     b)  $y_2 = 6.1 \text{ m}$     c)  $v_f \approx -17.6 \text{ m/s}$
11. a)  $\Delta y \approx 38.4 \text{ m}$     b)  $\Delta y = 35.7 \text{ m}$

### Consolidation

1. a) Il accélère dans une direction négative.  
b) Les sections B, D et F.  
c) La vitesse s'annule à  $t = 7.0 \text{ s}$ .  
d)  $\alpha = -2.0 \text{ m/s}^2$   
e) Il décélère, car la vitesse diminue en valeur absolue.
2.  $\Delta t \approx 1.47 \text{ s}$
3.  $\Delta x = 120 \text{ m}$
4. a)  $\alpha = -6.80 \text{ m/s}^2$   
b)  $\Delta x_1 \approx 39.4 \text{ m}$   
c)  $\Delta x \approx 68.9 \text{ m}$
5. a) b)

Temps (s)	0	1.00	2.00	3.00	4.00
Position (m)	0	-4.90	-19.6	-44.1	-78.4
Vitesse (m/s)	0	-9.80	-19.6	-29.4	-39.2



6.  $h_2 \approx 10.0 \text{ m}$
7.  $v_B \approx 7.8 \text{ m/s}$

## **CHAPITRE 11 – LE MOUVEMENT DES PROJECTILES**

### **11.1 La description du mouvement des projectiles**

1. Plusieurs réponses sont possibles : lancer d'une boule de neige, lancer d'un ballon vers le panier de basketball, arrosage non vertical à l'aide d'un tuyau, skieur effectuant un saut dans l'épreuve de saut à ski, jet d'eau décoratif non vertical, etc.
2. Contrairement au MRU et au MRUA, qui sont des mouvements rectilignes à une dimension (x ou y), le mouvement d'un projectile est un mouvement courbe à deux dimensions (x et y).
3. Les mouvements horizontal et vertical sont indépendants.
4. Le mouvement horizontal d'un projectile est un MRU, alors que son mouvement vertical est un MRUA.
5. a) Accélération (y) b) Position (y) c) Accélération (x) d) Position (x)
6. Les deux balles atteindront le sol en même temps.
7. a) La flèche représentant la vitesse est orientée horizontalement vers la droite et débute au sommet de la parabole.  
b) Il s'agit d'un angle droit.  
c)  $v_{hy} = 0 \text{ m/s}$   
d)  $v_h = v_{ix}$

### **11.2 Le mouvement des objets lancés horizontalement**

1. Le temps de vol d'un projectile est le temps que le projectile passe dans les airs, c'est-à-dire le laps de temps compris entre l'instant de son départ et celui de son arrivée.
2. a)  $\Delta t \approx 2.26 \text{ s}$  b)  $\Delta x \approx 27.1 \text{ m}$
3. a)  $v_{ix} = 11.0 \text{ m/s}$  b)  $y_i = 17.7 \text{ m}$
4.  $y_i = 5.40 \text{ m}$
5.  $\Delta t \approx 1.01 \text{ s}$ ,  $v_{ix} \approx 5.94 \text{ m/s}$
6. a)  $y_i = 30.6 \text{ m}$   
b)  $v \approx 35.0 \text{ m/s}$
7.  $v \approx 35.8 \text{ m/s}$
8. Oui, la balle franchira le muret (elle passera 12 cm plus haut).
9. a)  $v \approx 32 \text{ m/s}$   
b) L'angle du vecteur vitesse est de  $340^\circ$ , soit  $20^\circ$  sous l'horizontale. L'angle entre la flèche et la normal au sol sera donc de  $70^\circ$ .
10.  $v_{ix} \approx 14.6 \text{ m/s}$

### **11.3 Le mouvement des objets lancés obliquement**

1. Lorsqu'un objet est lancé horizontalement, le vecteur représentant sa vitesse initiale est dirigé suivant l'axe x et n'a aucune composante sur l'axe y. Dans le cas d'un objet lancé obliquement, le vecteur représentant la vitesse initiale possède des composantes non nulles suivant les deux axes, x et y.
2. La portée d'un projectile est la distance horizontale parcourue par le projectile entre son point de départ et son point d'arrivée.
3. Comme la trajectoire d'un projectile lancé obliquement est symétrique, le temps de montée est égal au temps de descente. Ainsi, il atteint sa hauteur maximale après 4.2 s.
4.  $\Delta t \approx 1.56 \text{ s}$ ,  $\Delta x \approx 10.0 \text{ m}$
5. La portée du tir est 15.5 km.
6. a)  $v_{ix} \approx 21.4 \text{ m/s}$ ,  $v_{iy} \approx 23.8 \text{ m/s}$   
b) plateau = (42.8, 28.0) m,  $v_f \approx 21.8 \text{ m/s}$   
c)  $\Delta x \approx 52.0 \text{ m}$
7. a)  $\Delta y_{\max} \approx 5.69 \text{ m}$ ,  $\Delta t_{\max} \approx 1.08 \text{ s}$   
b)  $\Delta t \approx 2.16 \text{ s}$ ,  $\Delta x \approx 42.9 \text{ m}$
8.  $\vec{v}_f = 22.0 \text{ m/s}$  à  $319.1^\circ$
9.  $\Delta x \approx 52.9 \text{ m}$

### **Consolidation**

1. Selon x (horizontal) :  $a_x = 0$ ; selon y (vertical) :  $a_y = -g$  (si l'axe y est dirigé vers le haut).

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

$$x_f = x_i + v_{ix}\Delta t$$

$$v_{fy} = v_{iy} + a_y\Delta t$$

$$v_{fy}^2 = v_{iy}^2 + 2a_y\Delta t$$

3. a) On remarque qu'à des intervalles de temps égaux, la distance horizontale parcourue par la bille blanche est toujours la même. Ainsi, la composante horizontale de sa vitesse est constante, ce qui est une caractéristique du MRU.  
b) On remarque qu'à des intervalles de temps égaux, la distance parcourue verticalement par les deux billes augmente au même rythme. Le mouvement vertical de la bille blanche est identique à celui de la bille rouge qui tombe en chute libre. Il est donc lui aussi rectiligne uniformément accéléré.
4. a)  $\Delta x \approx 3.8 \text{ m}$ ,  $\Delta y \approx -0.99 \text{ m}$   
b)  $\vec{v} \approx (8.5, -4.4) \text{ m/s}$ ,  $v \approx 9.6 \text{ m/s}$
5. a)  $\Delta x = 4.75 \text{ m}$       b)  $y_i = 7.66 \text{ m}$
6.  $\theta = 45^\circ$
7.  $\Delta t \approx 31.3 \text{ s}$ ,  $\Delta x \approx 8140 \text{ m}$