

# L'accélération

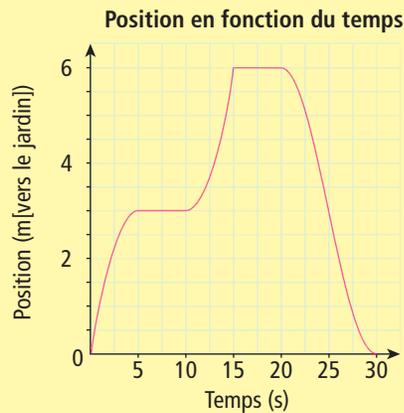
A photograph of an alpinist in a red jacket and yellow helmet climbing a massive, vertical wall of ice. The climber is positioned in the middle of the frame, using ice axes and a rope. To the left, a stone wall is partially covered in ice. The background is a clear blue sky.

**L**es variations du vecteur vitesse peuvent être grandes ou petites. Cet alpiniste escalade lentement une chute d'eau gelée. Pendant qu'il plante profondément son piolet dans le mur de glace, son vecteur vitesse est nul. Par la suite, la mesure de son vecteur vitesse augmente pendant qu'il progresse le long de la paroi en tirant sur son piolet. Cette petite augmentation est suivie d'un autre arrêt (pendant lequel le vecteur vitesse est de nouveau nul) au moment où l'alpiniste replante son piolet. Ce nouvel arrêt est suivi d'une augmentation de la mesure du vecteur vitesse lorsque l'alpiniste reprend sa progression vers le haut. La même suite d'actions se répète jusqu'à ce qu'il arrive en haut de la paroi. Dans le présent chapitre, tu étudieras les variations du vecteur vitesse et tu apprendras à effectuer des calculs relatifs à ces variations.

## ACTIVITÉ DE DÉPART 6

### Comment le vecteur vitesse peut-il varier ?

Quand tu marches, tu es en mouvement, et ce mouvement varie sans cesse. Tu marches vite, tu ralentis, tu t'arrêtes. Tu effectues ces mouvements sans y penser. Le graphique ci-dessous représente la position en fonction du temps d'une personne qui marche le long d'un sentier de 6 m pour se rendre dans un jardin.



#### Matériel

- un mètre rigide
- du ruban-cache
- un chronomètre

#### Ce que tu dois faire

1. Avec une ou un camarade, mesure 6 m en ligne droite, dans la classe ou ailleurs, à l'aide du mètre rigide. Colle un morceau de ruban-cache à 0 m, à 3 m et à 6 m.

2. Examine le graphique pour déterminer le type de mouvement qui est représenté à chaque intervalle de 5 secondes.
3. En marchant, tente de reproduire le mouvement associé au graphique. Demande à ta ou à ton camarade de chronométrer ton déplacement.
4. Chronomètre ta ou ton camarade qui tente de reproduire le mouvement.
5. Compare les résultats que tu as obtenus avec ceux d'une autre équipe.

#### Qu'as-tu découvert ?

1. Quelles parties du graphique les repères de ruban-cache représentent-ils ?
2. À quels intervalles de temps correspondent les situations suivantes ?
  - a) un changement d'orientation (direction ou sens)
  - b) une augmentation de la vitesse
  - c) une diminution de la vitesse
  - d) une vitesse nulle
3. De façon générale, que devient la pente du graphique lorsque la mesure du vecteur vitesse augmente, diminue ou reste constante ?
4. Les membres de l'autre équipe ont-ils effectué des mouvements différents des vôtres ? De quelle façon et comment l'expliques-tu ?

### Ce que tu apprendras

Dans le présent chapitre, tu vas :

- **analyser** graphiquement la relation entre le vecteur vitesse, le temps, le déplacement et l'accélération ;
- **déterminer** des grandeurs inconnues en utilisant des formules qui se rapportent à la distance, à la vitesse, au temps, au déplacement, au vecteur vitesse et à l'accélération.

### Pourquoi est-ce important ?

Étudier des graphiques qui se rapportent au mouvement te permettra de mieux comprendre les relations entre les variables du mouvement comme le déplacement, le temps et le vecteur vitesse. Les scientifiques utilisent souvent les mathématiques pour représenter et décrire le mouvement. Apprendre à utiliser des formules associées au mouvement te permettra d'analyser rapidement un mouvement sans devoir te servir d'un graphique.

## 6.1 Les variations du vecteur vitesse

### Qu'en penses-tu ?

- Quand utilise-t-on le terme *accélération* dans le langage courant ?
- Lorsque tu te déplaces à vélo, en auto, en train, en bateau ou en avion, que ressens-tu physiquement lorsque la vitesse diminue ou augmente ?

### Mot clé

accélération

**Figure 6.1** Imagine ce que le pilote ressent lorsque la vitesse du dragster augmente rapidement.

*Que ressens-tu physiquement lorsque tu passes de l'état de repos complet à un mouvement vers l'avant ?*



### L'accélération

**accélération** ( $\vec{a}$ ) une variation du vecteur vitesse d'un objet au cours d'un intervalle de temps; le taux de variation du vecteur vitesse par unité de temps

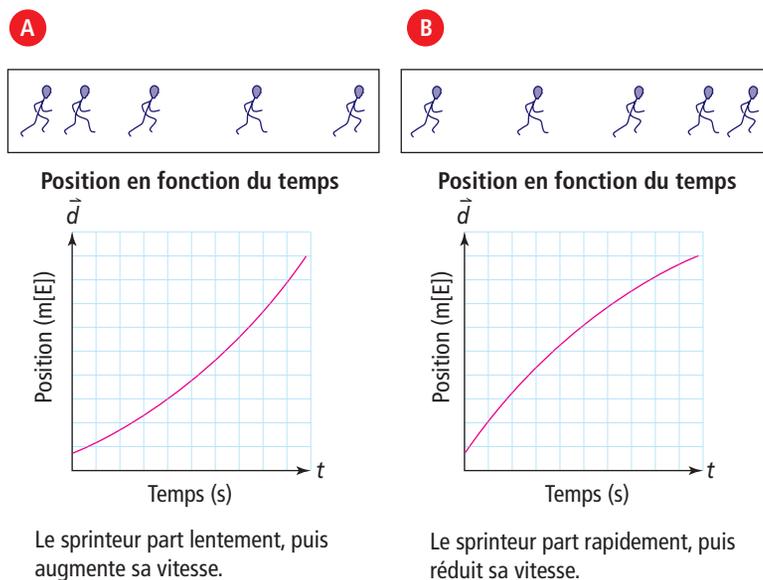
Pour les physiciens, l'**accélération**,  $\vec{a}$ , est une variation du vecteur vitesse d'un objet au cours d'un intervalle de temps. Cette variation peut être une augmentation ou une diminution de la vitesse ou un changement de direction du mouvement. Puisque le vecteur vitesse est une grandeur vectorielle et que l'accélération est une variation du vecteur vitesse, l'accélération est aussi une grandeur vectorielle.

Pour comprendre pourquoi tu ressens une variation du mouvement, ou une accélération, pense à la cause de l'accélération. Pense à une surface glacée si lisse qu'une rondelle de hockey peut la traverser presque sans frottement. Comment peux-tu faire aller la rondelle plus vite ou moins vite ou la faire changer de trajectoire ? Tu dois exercer une force sur elle. Lorsque tu ressens un changement de direction à bord d'une auto qui roule, tu ressens en fait la force qui cause la variation du mouvement de ton corps. Le mouvement uniforme d'un objet ne changera pas si aucune force n'agit sur cet objet.

## La représentation graphique du mouvement accéléré

Quelle est la différence entre un graphique de la position en fonction du temps d'un mouvement accéléré et celui d'un mouvement uniforme?

Examine les schémas et les graphiques de la **figure 6.2**, qui décrivent le mouvement d'un sprinteur. L'intervalle entre les images de chaque schéma correspond à un temps de 1 s. Sur la **figure 6.2A** le sprinteur accélère, car la distance parcourue pendant chaque intervalle consécutif de 1 s augmente. Par contre, la distance parcourue pendant chaque intervalle consécutif diminue sur la **figure 6.2B**. Note que les deux graphiques correspondants sont des courbes. Lorsque la vitesse augmente, la courbe est incurvée vers le haut. Lorsque la vitesse diminue, elle est incurvée vers le bas.

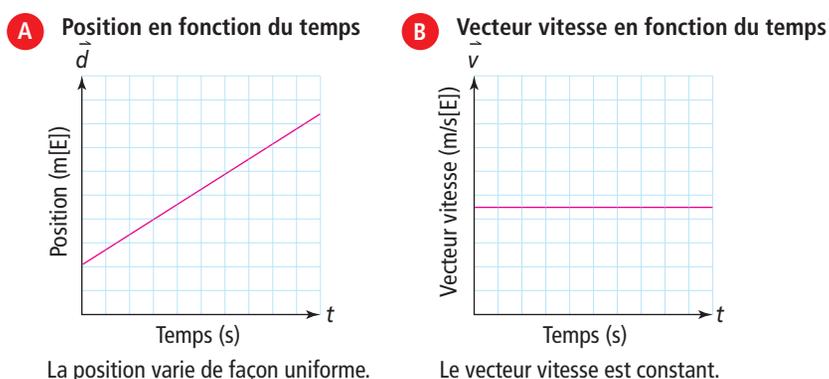


**Figure 6.2** Lorsqu'un objet est animé d'un mouvement accéléré, son mouvement n'est pas uniforme. Le graphique de la position en fonction du temps d'un mouvement accéléré est toujours une courbe.

*Comment les schémas montrent-ils les variations du mouvement du sprinteur ?*

## Analyser des graphiques pour déterminer une accélération nulle

Un graphique de la position en fonction du temps permet de déterminer si le vecteur vitesse est nul, constant ou variable. On peut en apprendre plus à partir du graphique du vecteur vitesse en fonction du temps, comme le démontre la **figure 6.3**. Le graphique de la position en fonction du temps (**figure 6.3A**) est une droite, ce qui signifie que le vecteur vitesse est constant. De la même façon, le graphique du vecteur vitesse en fonction du temps (**figure 6.3B**) indique que l'accélération est constante. Puisque la variation du vecteur vitesse est nulle, l'accélération est également nulle.



**Figure 6.3** La pente du graphique de la position en fonction du temps (**A**) indique que le vecteur vitesse est constant. La pente du graphique du vecteur vitesse en fonction du temps (**B**) indique aussi que le vecteur vitesse est constant; l'accélération est donc constante elle aussi. La pente nulle du graphique du vecteur vitesse en fonction du temps indique que l'accélération est nulle.

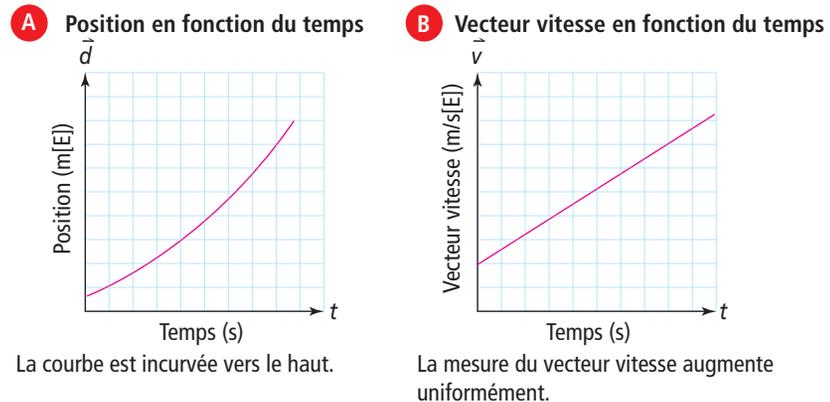
*Quels éléments clés de ces graphiques indiquent que le vecteur vitesse et l'accélération sont constants ?*

## Analyser des graphiques pour déterminer une accélération positive

Le graphique de la position en fonction du temps de la **figure 6.4A** est une courbe incurvée vers le haut. Cela signifie que la mesure du vecteur vitesse augmente. Tu as appris plus tôt que le vecteur vitesse est constant lorsque le graphique de la position en fonction du temps est une droite. En examinant la **figure 6.4B**, tu peux voir que la mesure du vecteur vitesse augmente de façon uniforme. En pareil cas, l'accélération est constante. Dans cet exemple, la mesure du vecteur vitesse augmente et l'accélération est positive, comme l'indique la pente positive du graphique du vecteur vitesse en fonction du temps.

**Figure 6.4** La courbure du graphique de la position en fonction du temps (**A**) indique que la mesure du vecteur vitesse augmente. La pente du graphique du vecteur vitesse en fonction du temps (**B**) indique que la mesure du vecteur vitesse augmente uniformément. L'accélération est aussi constante et positive.

*Que cherches-tu dans un graphique de la position en fonction du temps pour déterminer si la mesure du vecteur vitesse augmente ?*



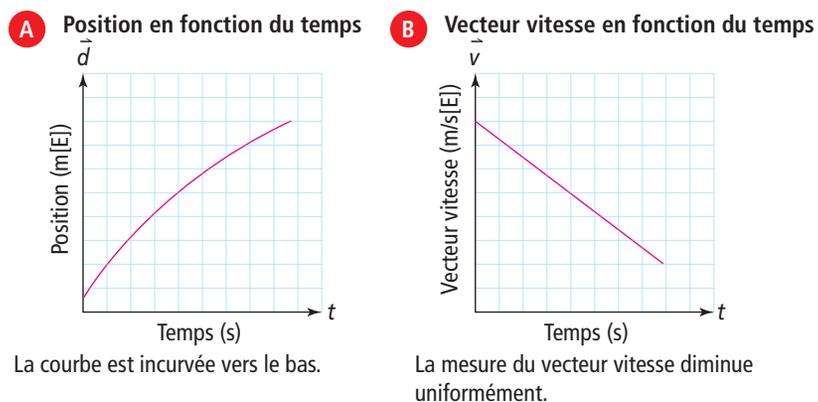
## Analyser des graphiques pour déterminer une accélération négative

Le graphique de la position en fonction du temps de la **figure 6.5A** est une courbe incurvée vers le bas. Sa courbure est l'inverse de celle du graphique de la **figure 6.4A**. Elle indique une variation du vecteur vitesse, et plus précisément une diminution, comme le montre le graphique du vecteur vitesse en fonction du temps de la **figure 6.5B**. Ce graphique montre que la mesure du vecteur vitesse diminue uniformément, et donc que l'accélération est constante. Puisque la vitesse diminue, l'accélération est négative, ce qu'indique la pente négative du graphique. En sciences, une accélération décroissante se nomme une *accélération négative* (le terme *décélération* appartient au langage courant).

Réalise l'**Activité d'exploration 6-1A**, Le mouvement accéléré, à la page suivante.

**Figure 6.5** La forme du graphique de la position en fonction du temps (**A**) indique que la mesure du vecteur vitesse diminue. La pente du graphique du vecteur vitesse en fonction du temps (**B**) indique que la mesure du vecteur vitesse diminue uniformément. L'accélération aussi est constante et négative.

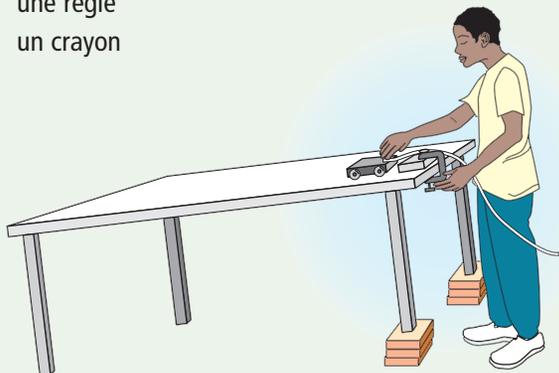
*Que cherches-tu dans un graphique de la position en fonction du temps pour déterminer si la mesure du vecteur vitesse diminue ?*



Tu n'as besoin que de quelques objets pour analyser un mouvement accéléré.

### Matériel

- une table de laboratoire
- quelques livres ou autres objets plats
- un serre-joint en C
- une minuterie d'enregistrement ou une minuterie électronique à étincelles (60 Hz)
- du ruban de télécopieur ou du ruban à étincelles
- du ruban-cache
- un charriot dynamique
- une règle
- un crayon



Étapes 2 et 3

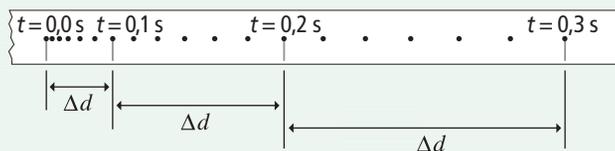
### Ce que tu dois faire

1. Reproduis ce tableau dans ton cahier. Donne-lui un titre.

Intervalles de temps (s)	Déplacement (cm[avant])	Vecteur vitesse moyenne (cm/s[avant])
De 0,0 à 0,1		
De 0,1 à 0,2		
De 0,2 à 0,3		
De 0,3 à 0,4		
De 0,4 à 0,5		
De 0,5 à 0,6		
De 0,6 à 0,7		
De 0,7 à 0,8		

2. Place quelques livres ou d'autres objets plats sous deux pieds de la table pour la soulever de 10 à 15 cm.

3. À l'aide du serre-joint en C, fixe la minuterie au bord de l'extrémité soulevée de la table. Coupe un morceau de ruban de 1 m de longueur et insère-le dans la minuterie. Ensuite, fixe le ruban à l'arrière du charriot dynamique à l'aide de ruban-cache.
4. Maintiens le charriot immobile devant la minuterie et relâche-le quand tu démarres la minuterie. Demande à une ou à un camarade d'attraper le charriot avant qu'il ne tombe.
5. Marque le premier point du ruban et nomme-le  $t = 0,0$  s. Compte six points à partir de  $t = 0,0$  s, marque le sixième point et nomme-le  $t = 0,1$  s. Mesure la distance entre les deux marques et écris cette valeur dans le tableau : elle représente le déplacement pendant l'intervalle de  $t = 0,0$  à  $t = 0,1$  s.



Tu dois marquer le ruban comme ci-dessus.

6. Marque le sixième point après  $t = 0,1$  s. Nomme-le  $t = 0,2$  s. Mesure la distance entre  $t = 0,1$  s et  $t = 0,2$  s. Note-la dans le tableau : elle représente le déplacement pendant l'intervalle de  $t = 0,1$  à  $t = 0,2$  s.
7. Mesure et note ainsi le déplacement pendant chaque intervalle.
8. Détermine le vecteur vitesse moyenne de chaque intervalle de 0,1 s à l'aide de l'équation  $\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ . Écris ces valeurs dans ton tableau.
9. Nettoie et range le matériel que tu as utilisé.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Explique en une phrase en quoi l'espacement des points qui représentent ce mouvement accéléré diffère de l'espacement des points qui représenteraient, selon toi, un mouvement uniforme.
2. Représente tes résultats par un graphique de la position en fonction du temps. De quelle façon le déplacement du charriot varie-t-il au cours de chaque intervalle de 0,1 s ?
3. Représente tes résultats par un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps. Comment le vecteur vitesse moyenne du charriot a-t-il varié au cours de chaque intervalle de 0,1 s ?

## Vérifie ce que tu as compris

1. Décrit le graphique du vecteur vitesse d'un objet en fonction du temps lorsque l'accélération est : nulle, positive et négative.
2. Compare les termes *décélération* et *accélération négative*.
3. L'accélération est-elle une grandeur vectorielle ou scalaire? Explique ta réponse.
4. Décrit une situation où l'accélération d'un objet est positive.
5. Décrit une situation où l'accélération d'un objet est négative.
6. Décrit une situation où l'accélération d'un objet est nulle.

## Déterminer graphiquement un déplacement

Tu as appris qu'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps donne de l'information sur l'accélération d'un objet. Ce type de graphique fournit aussi de l'information utile sur le déplacement de l'objet. *Le déplacement d'un objet du temps  $t_1$  au temps  $t_2$  est égal à l'aire de la région située sous le graphique du vecteur vitesse en fonction du temps dans l'intervalle donné.*

Le problème type ci-dessous te montre la façon de déterminer un déplacement à partir d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps. Fais les exercices pratiques qui suivent pour t'exercer à déterminer le déplacement à l'aide de cette méthode.

### Problème type: déterminer le déplacement à partir d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps

Une auto a un vecteur vitesse de  $14 \text{ m/s[S]}$  lorsque son conducteur aperçoit tout à coup un lynx roux sur la route. Après un temps de réaction de  $0,50 \text{ s}$ , le conducteur freine. L'auto s'arrête  $3,0 \text{ s}$  après l'instant où l'homme a aperçu le lynx. Détermine le déplacement de l'auto au cours de cet intervalle de  $3,0 \text{ s}$  à partir d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps.

#### Que dois-tu déterminer?

Tu dois déterminer le déplacement à partir d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps.

#### Quelles sont les valeurs connues?

Tu sais que le vecteur vitesse est initialement de  $14 \text{ m/s[S]}$ .

Tu sais que le temps de réaction est de  $0,5 \text{ s}$ .

Tu sais que l'intervalle de temps est de  $3,0 \text{ s}$ .

#### Établis une stratégie

Trace le graphique du vecteur vitesse en fonction du temps.

Détermine l'aire de la région située sous la courbe entre  $0,0 \text{ s}$  et  $3,0 \text{ s}$ .

(suite à la page suivante)

## Problème type : déterminer le déplacement à partir d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps (suite)

### Applique ta stratégie

Trace le graphique du vecteur vitesse en fonction du temps. Tu peux voir le résultat ci-contre.

La région en orange est un rectangle. Pour trouver son aire, tu dois multiplier sa longueur par sa largeur, qui sont indiquées par l'axe des  $x$  et par l'axe des  $y$ . Le calcul est le suivant :

$$\begin{aligned}\text{aire} &= \text{longueur} \times \text{largeur} \\ &= \left(14,0 \frac{\text{m}[\text{S}]}{\text{s}}\right) \times (0,50 \text{ s}) = 7,0 \text{ m}[\text{S}]\end{aligned}$$

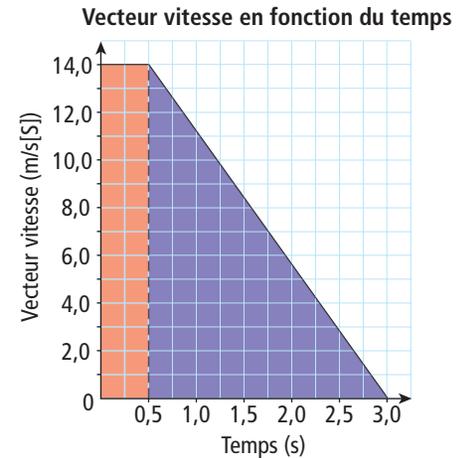
Ensuite, tu dois calculer l'aire du triangle — c'est-à-dire la région en violet. De nouveau, les axes indiquent les valeurs à utiliser. Le calcul qui permet de trouver l'aire du triangle est le suivant :

$$\begin{aligned}\text{aire} &= \frac{1}{2} \times \text{base} \times \text{hauteur} \\ &= \frac{1}{2}(2,5 \text{ s})\left(14,0 \frac{\text{m}[\text{S}]}{\text{s}}\right) = 17,5 \text{ m}[\text{S}]\end{aligned}$$

Enfin, tu dois additionner les deux aires représentant les deux parties du déplacement, puis arrondir la réponse au nombre approprié de chiffres significatifs.

$$\vec{d} = 7,0 \text{ m}[\text{S}] + 17,5 \text{ m}[\text{S}] = 24,5 \text{ m}[\text{S}] \approx 25 \text{ m}[\text{S}]$$

Le déplacement de l'auto au cours de l'intervalle de 3,0 s est d'environ 25 m[S].



### Indice

La région sous le graphique a une forme irrégulière. On peut la décomposer en deux parties de forme régulière. On additionne ensuite les aires des deux parties pour obtenir l'aire de toute la région sous le graphique.

## Exercices pratiques

1. Sur la route de Chelsea à Waterloo, un conducteur roule pendant 30,0 s avec un vecteur vitesse constante de 16 m/s[E]. Quel est son déplacement pendant cet intervalle de temps?
2. Un train se rend à Halifax. En approchant de la gare, il passe de 12 m/s[E] à 0 m/s en 90,0 s. Quel est le déplacement du train pendant cet intervalle de 90,0 s?
3. Un secouriste du parc national des Hautes-Terres-du-Cap-Breton part en motoneige aider un randonneur pédestre en détresse. Au cours du trajet, son vecteur vitesse est de 8,5 m/s[N] pendant 30,0 s. Puis le secouriste repère le randonneur, ralentit et continue vers le nord pendant 60,0 s pour finalement s'arrêter. Quel est le déplacement du secouriste au cours de cet intervalle de 90,0 s?

### Activité suggérée

Réalise une expérience 6-1B,  
Le sens de l'accélération

## Les mouvements à l'intérieur d'une auto

Chaque fois que tu te trouves à bord d'une auto ou d'un autobus en mouvement, ton corps ressent les effets de l'accélération. Les situations décrites ci-dessous font appel à des concepts de physique parfois complexes, que nous avons simplifiés ici.

### Une accélération nulle

Tu roules en auto sur une route lisse, droite et horizontale avec un vecteur vitesse qui est constant. Assise ou assis confortablement sur ton siège, tu ne ressens aucune force agissant sur toi. Pourtant, certaines forces agissent sur toi : le siège exerce une force verticale vers le haut qui s'oppose à la force gravitationnelle. Dans cet exemple, tu roules confortablement grâce à une accélération nulle, comme la personne de la **figure 6.6A**.

### Une accélération positive

Tu es à bord d'une auto arrêtée à une intersection. Le feu passe au vert et le conducteur appuie fortement sur l'accélérateur. L'auto bondit en avant. Tu ressens l'accélération positive de l'auto lorsque le siège te propulse vers l'avant. Bien que tu aies l'impression d'être poussée ou poussé vers l'arrière, le siège de l'auto te pousse en fait vers l'avant.

### Une accélération négative

Imagine maintenant que tu roules sur l'autoroute à la vitesse permise. Soudain, un chevreuil traverse la route devant toi. Le conducteur freine brusquement. L'auto subit une accélération négative. Tu ressens les effets de cette accélération négative lorsque ton corps est retenu par la ceinture de sécurité pendant que tu es propulsée ou propulsé vers l'avant. Ta tête et tes épaules peuvent subir un contrecoup lorsque l'auto s'immobilise finalement. Le mannequin de la **figure 6.6B** est retenu par la ceinture de sécurité lorsque l'auto subit une accélération négative.



**Figure 6.6** Un trajet confortable en auto pendant lequel on ne ressent aucune force agissant sur son corps est souvent le résultat d'une accélération nulle (A). Lorsque la conductrice ou le conducteur freine brusquement, on a l'impression d'être propulsé vers l'avant (B).

*Que ressens-tu lorsqu'une auto accélère rapidement ?*

**Vérifie tes habiletés**

- Examiner ou observer
- Mesurer
- Contrôler les variables
- Évaluer de l'information

**Consigne de sécurité****Matériel**

- une minuterie d'enregistrement ou une minuterie électronique à étincelles (60 Hz)
- 2 m de ruban de téléscripateur ou de ruban à étincelles
- un serre-joint en C
- un crayon

Habituellement, on définit le mouvement avant d'un objet comme étant positif (+). Si un objet augmente sa vitesse vers l'avant, son accélération sera également positive (+), ce qui signifie que l'objet accélère vers l'avant. Si l'objet ralentit son mouvement vers l'avant, alors l'accélération se fait vers l'arrière et elle est négative (-). Dans l'expérience qui suit, tu analyseras l'accélération en comparant les vecteurs vitesse moyenne d'intervalles de temps égaux. Rappelle-toi : pour des intervalles de temps égaux, une augmentation du déplacement représente une augmentation de la mesure du vecteur vitesse moyenne.

**Question**

Comment l'accélération est-elle représentée dans un schéma produit à l'aide d'une minuterie d'enregistrement ?



Tu dois marquer le ruban de la façon indiquée ci-dessus.

**Marche à suivre**

1. À l'aide du serre-joint en C, fixe la minuterie à l'extrémité d'une table. Coupe un bout de ruban long de 2 m et insère-le dans la minuterie.
2. Démarre la minuterie et fais passer environ 1,5 m du ruban dans la minuterie avec un mouvement non uniforme. Assure-toi que la vitesse du ruban augmente et diminue plusieurs fois pendant que tu le tires.
3. Arrête la minuterie.
4. À l'aide d'un crayon, trace un trait vis-à-vis du premier point sur le ruban.
5. Trace un trait tous les six points sur toute la longueur du ruban.
6. Fais un croquis du ruban dans ton cahier.
7. Nettoie et range le matériel que tu as utilisé.

**Analyse**

1. Le déplacement pour chacun des intervalles de temps égaux est proportionnel au vecteur vitesse moyenne du ruban. Dans les intervalles où la distance entre les points augmente, la mesure du vecteur vitesse moyenne du ruban augmente aussi. Cela indique que le ruban accélère dans le sens du mouvement. Dans les intervalles où la distance entre les points diminue, la mesure du vecteur vitesse moyenne du ruban diminue également. Cela indique que le ruban décélère. En d'autres mots, il a une accélération négative, c'est-à-dire de sens contraire au sens du vecteur vitesse. Trace une flèche qui indique le sens de l'accélération pour les intervalles successifs.

**Conclusion et mise en pratique**

1. Pourquoi certaines des flèches représentant l'accélération pointent-elles en sens contraire ?
2. Tourne ton ruban de 180 degrés. Examine les flèches représentant l'accélération. Sont-elles encore correctes ? Explique ta réponse.

## L'accélération humaine

À la fin des années 1940, les transports ont commencé à devenir de plus en plus rapides. Les avions à réaction pouvaient atteindre des vitesses supérieures à 700 km/h. Les voitures de course pouvaient rouler à plus de 150 km/h. Ces vitesses accrues ont toutefois eu un prix : les accidents survenus à de telles vitesses étaient habituellement mortels à cause de la forte accélération subie par les pilotes, les conducteurs et les passagers.

Le colonel John Stapp (1910-1999) a été un pionnier dans l'étude des effets de l'accélération sur le corps humain. On le surnommait « l'homme le plus rapide de la planète ». Le colonel Stapp a effectué la majeure partie de ses recherches à la base militaire Edwards, en Californie, où il occupait le poste de médecin. En 1947, les scientifiques ne disposaient pas d'ordinateurs et de mannequins sophistiqués pour faire des essais de collision et analyser les effets de l'accélération sur les humains. Pour effectuer ses recherches, John Stapp se soumettait lui-même à de fortes accélérations. Une accélération de 1 *g* (*g* étant le symbole qui représente la valeur de l'accélération due à la force gravitationnelle) équivaut à l'accélération d'un objet qu'on laisse tomber près de la surface de la Terre. On estimait qu'une accélération supérieure à 18 *g* (176 m/s<sup>2</sup>) pouvait causer la mort, mais John Stapp a subi des accélérations allant jusqu'à 46 *g* (451 m/s<sup>2</sup>) et il a survécu.

Les recherches de John Stapp ont débouché sur l'invention de dispositifs de sécurité qu'on utilise aujourd'hui. John Stapp avait à cœur la sécurité et a toujours appuyé le port de la ceinture de sécurité dans les voitures. Les ceintures abdominales et les baudriers des véhicules modernes sont le fruit de ses recherches. John Stapp a également découvert que les humains peuvent supporter une plus forte accélération quand ils se trouvent dos au sens du déplacement. C'est pourquoi on installe les sièges d'auto pour bébé tournés vers l'arrière du véhicule.

Pour un de ses premiers essais dans le « décélérateur humain », John Stapp portait 16 accéléromètres sur diverses parties de son corps. Malheureusement, ces 16 capteurs étaient installés à l'envers. Pendant une accélération très désagréable, aucune mesure n'a été enregistrée en raison de cette erreur, et les efforts de John Stapp n'ont servi à rien. Par la suite, John Stapp a acquis la réputation d'envisager tous les problèmes possibles avant d'entreprendre une expérience.



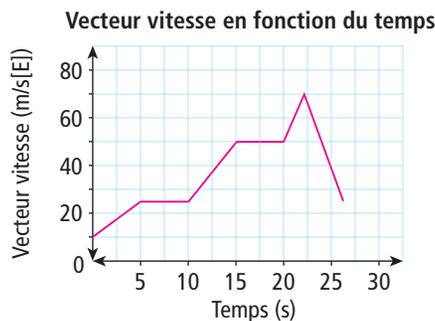
Construit sur la base militaire Edwards, le « décélérateur humain » était composé de rails de 610 m de longueur et d'un traineau de 680 kg propulsé par des fusées. Quand le traineau allait suffisamment vite, un système de freinage de 14 m de longueur, le plus puissant jamais construit, était actionné pour freiner le passager du traineau selon une accélération calculée.

### Questions

1. Quel était le but des recherches de John Stapp ?
2. Quelle accélération maximale a-t-il subie ?
3. Quels dispositifs de sécurité modernes lui doit-on ?

## Des notions à retenir

- À l'aide de mots et d'un schéma, décris l'apparence d'un graphique du vecteur vitesse d'un objet en fonction du temps lorsque l'objet est animé d'un mouvement uniformément accéléré.
- Examine le graphique ci-dessous du vecteur vitesse en fonction du temps. Indique les intervalles au cours desquels l'accélération est positive et ceux au cours desquels l'accélération est négative.



- Reporte-toi au graphique de la question 2. Explique ce qui se produit pendant l'intervalle de temps compris entre 15 s et 20 s.
- Un camion effectue un déplacement de 100 km[N] avec un vecteur vitesse moyenne de 55 km/h[N]. Est-ce qu'une accélération a pu se produire pendant ce déplacement? Explique ta réponse.
- On a fixé un morceau de ruban de transcripteur à un charriot dynamique qui montait et descendait une série de plans inclinés. On a ensuite analysé une portion du ruban et on a constaté que les points se rapprochaient l'un de l'autre. Que s'est-il produit au cours de l'intervalle de temps correspondant?

## Des concepts à comprendre

- Une auto se déplace en marche arrière. Le conducteur freine. Si le sens positif est vers l'avant, l'accélération au cours du freinage sera-t-elle positive ou négative? Explique ta réponse.
- Un train circule avec un vecteur vitesse de 15 m/s[S] pendant 20,0 s, puis ralentit et

s'arrête complètement 90,0 s plus tard. Quel est le déplacement total du train au cours de cet intervalle de 110,0 s?

- Comment peut-on utiliser un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps pour déterminer le déplacement d'un objet au cours d'un intervalle de temps donné?
- En roulant de Jeddore à Sheet Harbour, Richard a maintenu un vecteur vitesse constante de 21,0 m/s[E] pendant 45,0 s. Quel a été son déplacement total au cours de cet intervalle?
- Une voiture de course roule sur un circuit ovale, aux virages relevés, à une vitesse constante de 150 km/h. Dans la première ligne droite, elle se dirige vers le nord. Indique le type d'accélération qu'elle subit:
  - au milieu du premier virage;
  - au milieu de la dernière ligne droite;
  - au milieu du dernier virage.
- On fait rouler une balle vers le haut sur un plan incliné assez long pour que la balle s'arrête au sommet et revienne à son point de départ. Représente le vecteur vitesse de la balle en fonction du temps, sachant que son vecteur vitesse est initialement de 5 m/s[vers le haut du plan incliné]. (Indice: suppose que le sens positif est vers le haut et que l'accélération de la balle est de  $-9,8 \text{ m/s}^2$ .)
- Soit ton graphique de la question 11.
  - Détermine le déplacement total de la balle de  $t = 0 \text{ s}$  à  $t = 1 \text{ s}$ .
  - Détermine le déplacement total de la balle de  $t = 1 \text{ s}$  à  $t = 2 \text{ s}$ .
  - Comment peux-tu utiliser les réponses aux questions a) et b) pour expliquer le fait que la balle revient à son point de départ à la fin de l'intervalle de 2 s?

## Pour le projet

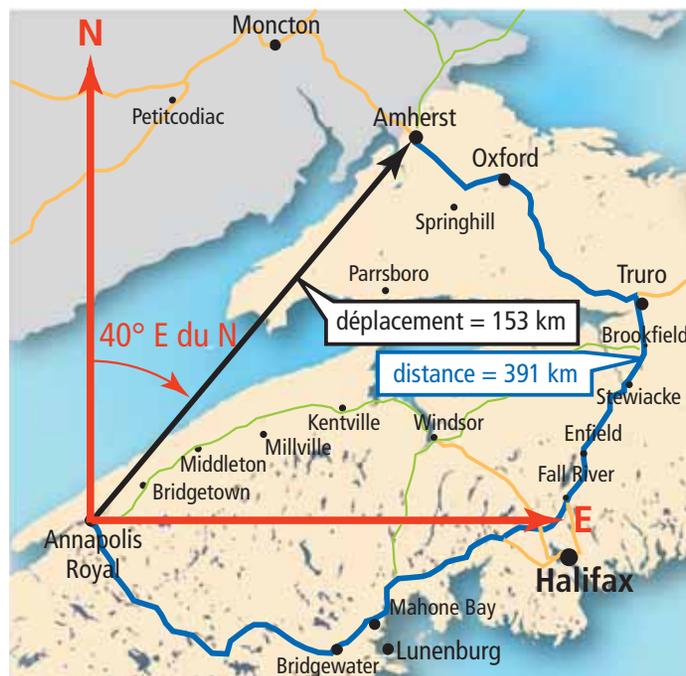
Comment peux-tu utiliser ce que tu as appris dans la présente section pour réaliser le projet du module? Discutes-en avec tes camarades.

## 6.2 L'utilisation de formules

### Qu'en penses-tu ?

- Quelles sont les variables nécessaires pour déterminer la vitesse d'un objet et comment faut-il les agencer dans une formule mathématique ?
- Nomme au moins deux situations où il est utile de déterminer le vecteur vitesse. Pourquoi est-ce utile ?
- Selon toi, pourquoi est-il important de garder à l'esprit les signes + et - de la vitesse, du vecteur vitesse et de l'accélération ?

Examinons de nouveau les concepts de distance et de déplacement : cela t'aidera à bien comprendre la manière de déterminer la vitesse et le vecteur vitesse. Examine la carte de la **figure 6.7**.



**Figure 6.7** La longueur d'une distance et celle d'un déplacement sont souvent différentes. Pourquoi ne peut-on pas suivre la flèche qui représente le déplacement pour se rendre à Amherst en auto ?

### Déterminer la vitesse et le vecteur vitesse

La flèche noire représente le déplacement d'Annapolis Royal à Amherst. Pour éviter de trop compliquer la carte, on n'a pas choisi de point de référence et on n'a pas indiqué les positions. La distance le long de la flèche qui représente le déplacement est d'environ 153 km. L'orientation de la flèche est d'environ  $40^\circ$  à l'est du nord. Ceci signifie que si tu diriges une flèche vers le nord (comme la flèche rouge), et que tu effectues une rotation de  $40^\circ$  vers l'est, ta flèche aura maintenant l'orientation du déplacement sur la carte. Tu pourras alors représenter le déplacement d'Annapolis Royal vers Amherst par  $\Delta \vec{d} = 153 \text{ km}[40^\circ \text{ E du N}]$ .

## La distance et le déplacement

Pour te rendre d'Annapolis Royal à Amherst, tu ne peux pas voyager en ligne droite. Tu dois suivre le trajet en bleu sur la carte. La longueur du trajet en bleu est d'environ 391 km. Cette distance est entièrement représentée par  $\Delta d = 391$  km. Elle n'a pas d'orientation (ni direction ni sens). Note que la distance est plus grande que le déplacement. Quand on compare la distance parcourue sur la route à la flèche qui représente le déplacement, on voit facilement que ces deux nombres sont différents.

## Les formules de la vitesse et du vecteur vitesse

Au chapitre 5, tu as étudié la vitesse et le vecteur vitesse, et tu as appris en quoi ils sont différents. Une météorologue utilise un vecteur vitesse pour décrire le vent. La vitesse d'une voiture de course peut dépasser 200 km/h. Rappelle-toi que la vitesse est une grandeur scalaire et que le vecteur vitesse est une grandeur vectorielle. La vitesse est liée à la distance et le vecteur vitesse est lié au déplacement. Ces deux grandeurs sont liées au temps.

Si tu voulais déterminer la vitesse ou le vecteur vitesse d'un sprinteur, tu démarrerais sans doute ton chronomètre à l'instant où le sprinteur quitte la ligne de départ. Tu pourrais aussi t'intéresser à la vitesse du sprinteur au cours de la première ou de la deuxième moitié de la course. Pour un sprint de 50 m, par exemple, tu démarrerais le chronomètre au début de la course, tu noterais un temps intermédiaire à la ligne des 25 m et tu lirais le temps final à l'arrivée. De cette façon, tu aurais mesuré deux intervalles de temps. Rappelle-toi la formule (vue au chapitre 5) qui sert à déterminer un intervalle de temps :

$$\Delta t = t_f - t_i \text{ ou } \Delta t = t_2 - t_1$$

La vitesse est la distance parcourue par un objet au cours d'un intervalle de temps donné. Le vecteur vitesse est le déplacement d'un objet au cours d'un intervalle de temps donné divisé par cet intervalle. Il a la même orientation (direction et sens) que le déplacement. Puisque la vitesse et le vecteur vitesse peuvent varier au cours d'un intervalle de temps, les formules ci-dessous représentent la vitesse moyenne et le vecteur vitesse moyenne. Elles se ressemblent, mais tu verras leurs différences à la page suivante.

### Vitesse

$$v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

où  $v_{\text{moy}}$  est la vitesse moyenne en mètres par seconde (m/s),  
 $\Delta d$  est la distance en mètres (m),  
 $\Delta t$  est l'intervalle de temps en secondes (s).

### Vecteur vitesse

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} \text{ ou } \vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}$$

où  $\vec{v}_{\text{moy}}$  est le vecteur vitesse moyenne en mètres par seconde (m/s),  
 $\Delta \vec{d}$  est le déplacement en mètres (m),  
 $\vec{d}_2$  est la position finale en mètres (m),  
 $\vec{d}_1$  est la position initiale en mètres (m),  
 $\Delta t$  est l'intervalle de temps en secondes (s),  
 $t_2$  est le temps final en secondes (s),  
 $t_1$  est le temps initial en secondes (s).

## Utiliser les formules de la vitesse et du vecteur vitesse

Imagine que tu te rends d'Annapolis Royal à Amherst en voiture. Le voyage dure 5,2 h. Comme tu l'as vu précédemment, la distance par la route est de 391 km et le déplacement est de 153 km [40° E du N]. Tu peux déterminer la vitesse et le vecteur vitesse de la façon suivante.

### Vitesse

$$v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

$$v_{\text{moy}} = \frac{391 \text{ km}}{5,2 \text{ h}}$$

$$v_{\text{moy}} = 75,192 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$v_{\text{moy}} \approx 75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

### Vecteur vitesse

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t}$$

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{153 \text{ km}}{5,2 \text{ h}} [40^\circ \text{ E du N}]$$

$$\vec{v}_{\text{moy}} = 29,423 \frac{\text{km}}{\text{h}} [40^\circ \text{ E du N}]$$

$$\vec{v}_{\text{moy}} \approx 29 \frac{\text{km}}{\text{h}} [40^\circ \text{ E du N}]$$

La vitesse et le vecteur vitesse sont différents même s'ils se rapportent au même voyage. Cette différence est due au fait que la vitesse et le vecteur vitesse sont des concepts différents. Rappelle-toi qu'on mesure toujours le déplacement le long de la droite qui relie la position initiale à la position finale, alors qu'on mesure la distance le long du trajet réel. L'intervalle de temps est le même.

La carte de la **figure 6.7** est reproduite ci-dessous pour te permettre de comparer son contenu aux calculs effectués ci-dessus afin de déterminer la vitesse et le vecteur vitesse. Assure-toi de bien comprendre la différence entre les deux résultats. Étudie ensuite les problèmes types de la page suivante, puis fais les exercices pratiques qui suivent pour t'exercer à résoudre des problèmes qui concernent la vitesse et le vecteur vitesse.

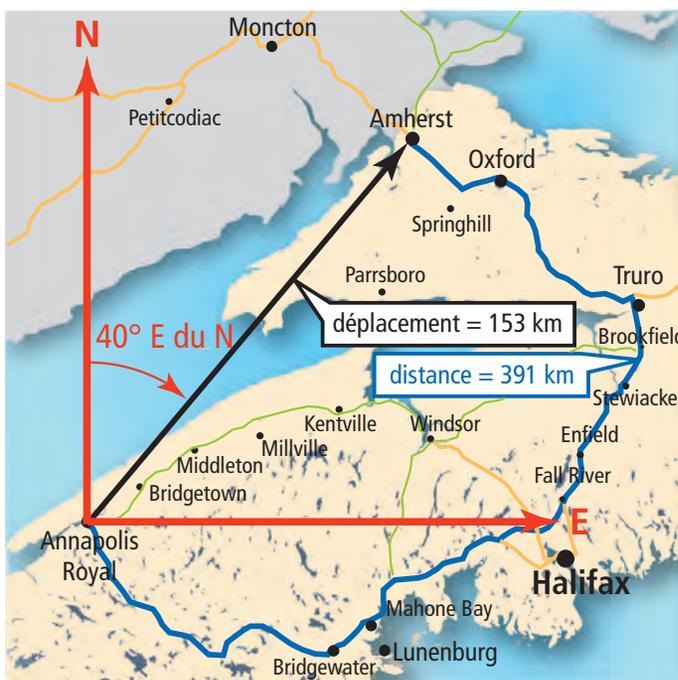
## Le savais-tu?

Pour résoudre des problèmes liés au mouvement, tu dois parfois effectuer des conversions d'unités. Par exemple, si la vitesse est donnée en km/h, tu dois parfois la convertir en m/s. Pour effectuer cette conversion, multiplie la grandeur initiale par le rapport des mètres aux kilomètres et par le rapport des heures aux secondes. Par exemple, pour convertir 55 km/h en m/s, fais le calcul suivant:

$$\left( \frac{55 \text{ km}}{\text{hr}} \right) \left( \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \left( \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \right)$$

$$= \frac{(55)(1000)}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 15,28 \text{ m/s}$$

= 15  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$   
Lorsqu'on peut simplifier correctement les unités, on sait que l'équation est bonne.



## Problème type : partie A

### Problème

Une auto parcourt 550 m en 35 s. Quelle est la vitesse de l'auto?

### Que dois-tu déterminer?

Tu dois calculer la vitesse de l'auto,  $v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ .

### Quelles sont les valeurs connues?

Tu sais que la distance,  $\Delta d$ , est de 550 m et que l'intervalle de temps,  $\Delta t$ , est de 35 s.

### Établis une stratégie

Ton enseignante ou ton enseignant te demandera peut-être d'inclure un schéma dans la solution de ce problème ou d'autres du même type. Ici, toutefois, tu apprendras à résoudre le problème sans schéma. Les valeurs connues sont l'intervalle de temps et la distance. Utilise donc la formule basée sur la distance et l'intervalle de temps,

$$v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

### Applique ta stratégie

Inscris les valeurs connues dans la formule et résous l'équation.

$$v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{550 \text{ m}}{35 \text{ s}} = 15,714 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La vitesse de l'auto est d'environ 16 m/s.

## Problème type : partie B

### Problème

Deux personnes chronomètrent une coureuse. Elles démarrent leur chronomètre en même temps au moment où la coureuse quitte la ligne de départ. Par rapport à la ligne de départ, la position du premier chronométré est 12 m[S] et celle du second est 65 m[S]. Chaque chronométré mesure le temps écoulé au moment où la coureuse passe devant lui. Le premier chronométré obtient 1,6 s et le second, 8,7 s. Quel était le vecteur vitesse de la coureuse entre les deux chronométrés?

### Que dois-tu déterminer?

Le vecteur vitesse de la coureuse entre les deux chronométrés,

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}$$

### Quelles sont les valeurs connues?

$$\vec{d}_1 = 12 \text{ m[S]}$$

$$\vec{d}_2 = 65 \text{ m[S]}$$

$$t_1 = 1,6 \text{ s}$$

$$t_2 = 8,7 \text{ s}$$

(suite à la page suivante)

## Le savais-tu?

Les mesures, la communication et la précision sont essentielles en sciences et dans les calculs mathématiques associés. En 1999, la sonde spatiale *Mars Climate Orbiter* de la NASA a disparu. Plusieurs groupes d'ingénieurs avaient travaillé à la conception, à la construction et au lancement de la sonde, dont le coût s'est élevé à 300 millions de dollars. Une enquête a révélé qu'un groupe avait utilisé les unités SI comme le mètre et le kilogramme, alors qu'un autre groupe avait tenu pour acquis que les mesures étaient exprimées en pieds et en livres, des unités couramment utilisées aux États-Unis. À la suite de cela, les ordinateurs à bord de la sonde ont fait des erreurs de calcul lors de la mise en orbite. La sonde s'est probablement désintégrée dans l'atmosphère de Mars en raison de ces erreurs de calcul.

## Indice

Indique les unités de mesure à chaque étape de ton raisonnement. Si les unités ne se simplifient pas correctement ou si tu n'as pas les unités voulues dans ta réponse, cela signifie que tu as mal modélisé ton problème. Analyser les unités en cours de raisonnement est une façon de vérifier son travail.

### Problème type : partie B (suite)

#### Établis une stratégie

Tu connais la position des deux chronomètres. Chacun a mesuré le temps écoulé depuis le départ jusqu'au moment où la coureuse est passée devant lui. Les temps enregistrés sont donc les temps de passage de la coureuse aux deux positions. Par conséquent, utilise la formule du vecteur vitesse basée sur les positions et les temps,

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}.$$

#### Applique ta stratégie

Inscris les valeurs connues dans la formule et trouve la valeur inconnue.

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1} = \frac{65 \text{ m[S]} - 12 \text{ m[S]}}{8,7 \text{ s} - 1,6 \text{ s}} = \frac{53 \text{ m[S]}}{7,3 \text{ s}} = 7,26 \frac{\text{m[S]}}{\text{s}} \approx 7,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Le vecteur vitesse de la coureuse était d'environ 7,3 m/s[S].

### Problème type : partie C

#### Problème

Le temps nécessaire pour se rendre d'une maison à l'épicerie est de 660 s à une vitesse moyenne de 12,7 m/s. Quelle distance sépare la maison de l'épicerie?

#### Que dois-tu déterminer?

Tu dois déterminer la distance.

#### Quelles sont les valeurs connues?

La vitesse moyenne,  $v_{\text{moy}} = 12,7 \text{ m/s}$ , et l'intervalle de temps,  $\Delta t = 660 \text{ s}$ .

#### Établis une stratégie

La formule de la vitesse moyenne est  $v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ .

Multiplie chaque membre de l'équation par  $\Delta t$  pour obtenir une formule modifiée qui permet de déterminer la distance :

$$\Delta d = v_{\text{moy}} \times \Delta t.$$

#### Applique ta stratégie

Inscris les valeurs connues dans la formule et résous l'équation.

$$\Delta d = v_{\text{moy}} \times \Delta t = 12,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 660 \text{ s} = 8\,382 \text{ m} \approx 8,4 \text{ km}$$

La distance entre la maison et l'épicerie est d'environ 8,4 km.

### Exercices pratiques

- Un cycliste acrobatique parcourt 39 m en 3,0 s. À quelle vitesse roule-t-il?
- Un skieur se déplace de 148 m[O] en 5,5 s. Quel est le vecteur vitesse du skieur?

## Exercices pratiques (suite)

- Un avion parcourt la distance de 959 km entre Ottawa (en Ontario) et Halifax (en Nouvelle-Écosse) en 1 h et 28 min. Détermine sa vitesse moyenne en mètres par seconde. (Indice : 1 km = 1 000 m, 1 min = 60 s et 1 h = 3 600 s.)
- Le vecteur vitesse d'un guépard est de 29 m/s[N]. Il court pendant 8,4 s. Quel est son déplacement?
- Ta famille et toi parcourrez 95 km en auto pour vous rendre chez un ami. Combien de temps le trajet dure-t-il si vous roulez à une vitesse moyenne de 85 km/h?
- On a marqué un trajet de 100 m à chaque mètre. On démarre les chronomètres lorsque le coureur quitte la ligne de départ. Le temps de passage à la position 12 m[E] est de 1,8 s et le temps de passage à la position 56 m[E] est de 6,7 s. Quel est le vecteur vitesse moyenne du sprinteur entre ces deux positions?
- Les poteaux de la clôture d'un pâturage sont espacés de 2,5 m. Un cheval commence à courir vers l'ouest le long de la clôture. Il passe le 5<sup>e</sup> poteau au bout de 9,0 s et le 14<sup>e</sup> poteau au bout de 11,5 s. Quel est le vecteur vitesse moyenne du cheval?
- Sandrine fait partie d'une équipe de hockey qui a loué un autobus pour participer à un tournoi dans plusieurs villes de la province. À 14 h 15, l'autobus avait parcouru 35 km. Plus tard, à 15 h 09, l'autobus avait parcouru 116 km. Quel a été le vecteur vitesse moyenne de l'autobus?
- Un cougar reste en l'air 1,8 s lors d'un bond horizontal de 11 m. Quelle a été sa vitesse moyenne?
- Si un train à sustentation magnétique parcourait les 295 km qui séparent Wedgeport de Halifax, la durée du trajet serait d'environ 0,75 h (trois quarts d'heure). Quelle serait la vitesse moyenne du train?
- Une auto quitte Big Lorraine à midi. Elle traverse Port Hawkesbury à 14 h 15 et arrive à Sackville à 17 h 45. Big Lorraine et Port Hawkesbury sont distants de 168 km, et Sackville et Port Hawkesbury, de 290 km. Quelle a été la vitesse moyenne de l'auto entre Big Lorraine et Sackville?
- Deux sœurs, Caroline et Victoire, entraînent leur chien à livrer des messages entre le magasin où l'une travaille et le restaurant qui emploie l'autre. Elles veulent connaître le temps qu'il faudra à leur chien pour livrer les messages. Le déplacement du magasin au restaurant est de 1,2 km[O]. Le chien a mis 14 min pour faire le trajet. Quel a été le vecteur vitesse moyenne du chien?
- Si tu te rends de la maison à l'école en 18 min à une vitesse de 1,2 m/s, quelle est la distance entre ta maison et l'école?

## Indice

Lorsque tu lis l'énoncé d'un problème, prends les unités de mesure en note. Effectue toute conversion nécessaire en premier. Ainsi, tous les nombres auront les unités appropriées lorsque tu commenceras tes calculs.

## Le savais-tu ?

En Chine, un nouveau train roule à des vitesses de 250 à 300 km/h. Ce train à grande vitesse permet d'aller de Wuhan à Guangzhou en 3 h. Autrefois, ce trajet prenait 11 h.

## Vérifie ce que tu as compris

- Pourquoi la mesure d'une distance peut-elle être différente de celle d'un déplacement?
- Comment le vecteur vitesse et l'accélération sont-ils liés?
- Pourquoi est-ce important de savoir convertir des unités?

## Déterminer l'accélération

Comme tu peux le voir ci-dessous, les équations qui représentent l'accélération sont très semblables à celles qui décrivent le vecteur vitesse. À première vue, l'unité de mesure — le mètre par seconde carrée — peut sembler étrange, mais elle s'explique facilement. Quand un objet accélère, son vecteur vitesse change. Numériquement, l'accélération est donc le taux de variation du vecteur vitesse. Une valeur de  $1,2 \text{ m/s}^2$  signifie que le vecteur vitesse varie de  $1,2 \text{ m/s}$  par seconde.

### Le savais-tu?

La valeur numérique de l'accélération est la mesure du taux de variation du vecteur vitesse. En chute libre près de la surface de la Terre, comme dans le manège ci-dessous, l'accélération d'un objet est de  $9,81 \text{ m/s}^2$  dirigée verticalement vers le bas. Cette accélération peut sembler élevée jusqu'à ce qu'on la compare à d'autres :

- une puce de rat peut sauter avec une accélération de  $1\,350 \text{ m/s}^2$ ;
- la tête d'un pic-bois s'immobilise après une accélération négative de  $1\,200 \text{ m/s}^2$ ;
- une truite peut se mettre en mouvement avec une accélération de  $40 \text{ m/s}^2$ ;
- une squille mante (un crustacé qui habite l'océan Pacifique) peut fouetter son membre antérieur avec une accélération de  $104\,000 \text{ m/s}^2$  pour écraser sa proie.

### Accélération

$$a_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ ou } a_{\text{moy}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

où  $\vec{a}_{\text{moy}}$  est l'accélération moyenne en mètres par seconde carrée ( $\text{m/s}^2$ ),

$\Delta \vec{v}$  est la variation du vecteur vitesse en mètres par seconde ( $\text{m/s}$ ),

$\vec{v}_2$  est le vecteur vitesse finale en mètres par seconde ( $\text{m/s}$ ),

$\vec{v}_1$  est le vecteur vitesse initiale en mètres par seconde ( $\text{m/s}$ ),

$\Delta t$  est l'intervalle de temps en secondes (s),

$t_2$  est le temps final en secondes (s),

$t_1$  est le temps initial en secondes (s).

### Analyse dimensionnelle

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}}$$

$$= \frac{\text{m}}{\text{s}} \div \frac{\text{s}}{1}$$

$$= \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1}{\text{s}}$$

$$= \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

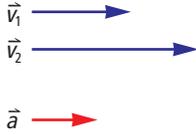


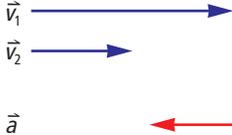
Ce manège provoque une chute libre du haut d'une tour de 62 m.

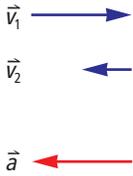
## L'orientation de l'accélération

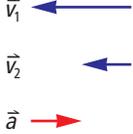
L'orientation de l'accélération est la même que celle de la variation du vecteur vitesse. Pour déterminer l'orientation de l'accélération à partir du vecteur vitesse finale et du vecteur vitesse initiale, demande-toi dans quelle direction et dans quel sens tu devrais exercer une force sur l'objet pour provoquer le changement désiré. Les exemples ci-dessous vont t'aider à visualiser l'orientation de l'accélération.

- Le vecteur vitesse initiale est de sens positif.  
Le vecteur vitesse finale est aussi de sens positif et il est plus long.  
L'accélération a la même orientation que le vecteur vitesse initiale.


- Le vecteur vitesse initiale est de sens positif.  
Le vecteur vitesse finale est aussi de sens positif, mais il est plus court.  
L'orientation de l'accélération est contraire à celle du vecteur vitesse initiale.

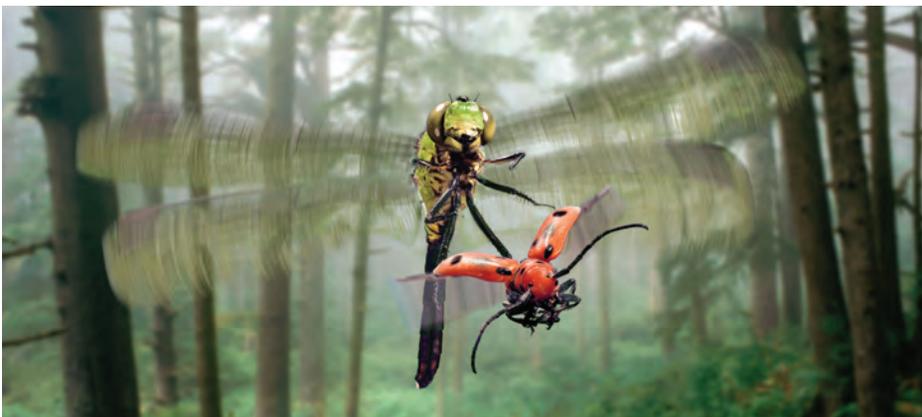

- Le vecteur vitesse initiale est de sens positif.  
Le vecteur vitesse finale est de sens négatif.  
L'objet a ralenti, s'est arrêté et a commencé à se déplacer en sens contraire.  
L'orientation de l'accélération est contraire à celle du vecteur vitesse initiale.


- Le vecteur vitesse initiale est de sens négatif.  
Le vecteur vitesse finale est aussi de sens négatif, mais il est plus court.  
L'orientation de l'accélération est contraire à celle du vecteur vitesse initiale.



Lorsque tu résous des problèmes mathématiquement, le signe de la réponse — positif ou négatif — te donne l'orientation de l'accélération. Exerce-toi en faisant le problème type de la page suivante.

Fais ensuite les exercices pratiques. Analyse le signe de chaque réponse et assure-toi qu'il correspond bien à l'orientation que tu avais prévue. C'est une façon de vérifier ta réponse.



### Le savais-tu ?

L'accélération de certaines libellules, comme la *Macromia taeniolata*, peut atteindre  $19 \text{ m/s}^2$  lorsqu'elles poursuivent leur proie.

## Problème type

### Problème

Un biologiste a observé qu'un guépard, au départ immobile, avait atteint un vecteur vitesse de 19 m/s en 2,0 s. Quelle a été l'accélération du guépard? Suppose qu'il court dans le sens positif.

### Que dois-tu déterminer ?

Tu dois déterminer l'accélération du guépard.

### Quelles sont les valeurs connues ?

Tu connais le vecteur vitesse initiale,  $v_1 = 0,0$  m/s.

Tu connais le vecteur vitesse finale,  $v_2 = +19$  m/s.

Tu connais l'intervalle de temps,  $\Delta t = 2,0$  s.

### Établis une stratégie

Utilise la formule basée sur le vecteur vitesse et le temps pour

déterminer l'accélération,  $\vec{a}_{\text{moy}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  ou  $\vec{a}_{\text{moy}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$ .

### Applique ta stratégie

Inscris les valeurs connues dans la formule et résous l'équation.

$$\begin{aligned}\vec{a}_{\text{moy}} &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ &= \frac{+19 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,0 \text{ s}} \\ &= +9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

L'accélération du guépard a été de 9,5 m/s<sup>2</sup> dans le sens positif.

## Exercices pratiques

17. Lors d'une course mémorable, une voiture atteint un vecteur vitesse de 145,08 m/s en 4,48 s. Quelle a été son accélération moyenne? Suppose que le vecteur vitesse est de sens positif.
18. Un modèle réduit de fusée décolle et atteint un vecteur vitesse de 66 m/s en 5,0 s. Quelle a été son accélération moyenne? (Verticalement vers le haut est le sens positif.)
19. En roulant à vélo, une élève décide de déterminer son accélération pendant la descente d'une pente abrupte. Au départ immobile, elle atteint un vecteur vitesse de 8,75 m/s en 3,8 s. Quelle a été son accélération moyenne? (Le sens positif est vers le bas de la pente.)
20. Le vecteur vitesse d'une auto qui s'engage sur l'autoroute est de 14 m/s[N]. Au bout de 5,5 s, son vecteur vitesse est de 28 m/s[N]. Quelle est son accélération moyenne?

## Exercices pratiques (suite)

21. Au baseball professionnel, un lanceur lance la balle avec un vecteur vitesse de  $45 \text{ m/s}$  [vers le frappeur]. Le vecteur vitesse de la balle frappée est de  $30 \text{ m/s}$  [vers le lanceur]. Suppose que le sens positif est du frappeur vers le lanceur. Si la variation du vecteur vitesse se produit en  $1,2 \text{ s}$ , quelle a été l'accélération moyenne de la balle?
22. Un enfant fait rouler une balle vers le haut d'une pente. Au temps zéro, le vecteur vitesse de la balle est de  $1,8 \text{ m/s}$  [vers le haut de la pente]. Au bout de  $6,5 \text{ s}$ , il est de  $2,3 \text{ m/s}$  [vers le bas de la pente]. Le sens positif choisi est vers le haut de la pente. Quelle a été l'accélération moyenne de la balle? Quelle est la signification du signe de l'accélération?
23. Les objets en chute libre près de la surface de la Terre ont une accélération de  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Du haut d'une falaise, tu laisses tomber une pierre. Quelle est sa vitesse au bout de  $4,1 \text{ s}$ ?
24. Au décollage, l'accélération moyenne de la navette spatiale est de  $29 \text{ m/s}^2$  [vers le haut]. Quel est le vecteur vitesse de la navette  $12 \text{ s}$  après le décollage? (Le sens positif est vers le haut.)
25. Le vecteur vitesse d'une auto est initialement de  $4,2 \text{ m/s}$  [O]. Si l'accélération moyenne de l'auto est de  $0,86 \text{ m/s}^2$  [O], en combien de temps son vecteur vitesse atteindra-t-il  $9,6 \text{ m/s}$  [O]?

### Activité suggérée

Réalise une expérience 6-2A, Le mouvement et les innovations canadiennes



Un guépard



Un voilier

### Le savais-tu?

Le guépard, *Acinonyx jubatus*, est le mammifère terrestre le plus rapide du monde. Il peut passer de  $0$  à  $96 \text{ km/h}$  en  $3 \text{ s}$ . C'est une accélération positive d'environ  $9 \text{ m/s}^2$ .

### Le savais-tu?

Le voilier, *Istiophorus platypterus*, est le poisson océanique le plus rapide du monde. Il peut atteindre une vitesse de  $110 \text{ km/h}$ .

#### Vérifie tes habiletés

- Planifier
- Faire une recherche
- Traiter de l'information
- Communiquer

#### Matériel

- un ordinateur avec accès à Internet
- des encyclopédies ou d'autres sources d'information

Les scientifiques, ingénieurs et inventeurs canadiens ont grandement contribué à l'avancement des sciences et de la société. Le Canada a innové dans de nombreux domaines liés au mouvement, y compris le transport maritime, terrestre et aérien. Le Canada a également contribué à faciliter les déplacements dans des conditions difficiles, comme dans la neige abondante.

#### Question

Quelles sont les innovations canadiennes liées au mouvement ?

#### Marche à suivre

1. Choisis un élément dans la liste ci-dessous ou proposes-en un autre. Assure-toi que ton enseignante ou ton enseignant approuve ton choix avant de commencer ta recherche. Fais ta recherche en tentant de répondre aux cinq grandes questions suivantes : Qui ? Quand ? Où ? Pourquoi ? Comment ? N'oublie pas de noter l'adresse des sites Web et la référence des livres que tu consultes.
2. Prépare un compte rendu, sous la forme de ton choix, qui présente de l'information entre autres sur l'aspect innovateur de la conception de l'invention choisie, son évolution et son impact global.
  - l'avion Avro CF-105 Arrow
  - l'avion Silver Dart
  - la combinaison anti-g
  - l'hélice à pas variable
  - la motoneige
  - le chasse-neige rotatif pour les trains
  - le Canadarm1 et le Canadarm2
  - le chemin de fer national
  - les avions de brousse
  - les bombardiers à eau Canadair
  - l'autoroute Transcanadienne
  - le pont de la Confédération
  - la voie maritime du Saint-Laurent
  - la goélette *Bluenose*
  - la pile à combustible Ballard

#### Analyse

1. Quelles sources d'information as-tu utilisées et pourquoi ?
2. Pourquoi est-il important de noter ses sources d'information ?

#### Conclusion et mise en pratique

1. Quels ont été les effets de l'invention que tu as étudiée sur les applications du concept de mouvement ?
2. L'invention est-elle encore utilisée aujourd'hui ? Donne une réponse détaillée.

## Des notions à retenir

1. Décris une situation où la distance qui sépare ton école d'un autre endroit est numériquement très différente du déplacement entre ces deux endroits.
2. Suppose que, à la question 1, l'intervalle de temps pour se rendre de l'endroit 1 à l'endroit 2 est le même. La vitesse et le vecteur vitesse sont-ils égaux? Explique ta réponse.
3. La vitesse moyenne d'un objet peut-elle être:
  - a) égale à la mesure du vecteur vitesse moyenne?
  - b) plus petite que la mesure du vecteur vitesse moyenne?
  - c) plus grande que la mesure du vecteur vitesse moyenne?Explique chaque réponse.
4. Peut-on diviser le vecteur vitesse moyenne d'un intervalle de temps par cet intervalle de temps pour obtenir l'accélération? Explique ta réponse.
5. Stéphane en vient à la conclusion que l'unité de mesure de l'accélération, soit le m/s par seconde, peut s'écrire sous la forme m/s/s ou sous la forme m/s<sup>2</sup>. Ces deux formes sont-elles justes? Explique ta réponse algébriquement.
6. «L'orientation de l'accélération est toujours la même que l'orientation de la variation du vecteur vitesse.» Cet énoncé est-il toujours, jamais ou parfois vrai? Explique ta réponse.
7. Un objet dont le vecteur vitesse est de sens positif subit une accélération négative au cours d'un petit intervalle de temps. Que devient le vecteur vitesse au cours de cet intervalle de temps?
8. Un objet se déplace vers le nord à 14 m/s. Il subit une accélération de 2,0 m/s<sup>2</sup> dans le même sens que son déplacement pendant 4,0 s. Quel est son vecteur vitesse au bout de ces 4,0 s?

## Des concepts à comprendre

9. Le déplacement entre Shelburne et Yarmouth est de 64,6 km[50° O du N], alors que la distance par la route est de 80,8 km. La durée du voyage est de 1,5 h. Quels sont la vitesse moyenne et le vecteur vitesse moyenne?
10. Tu fais du ski de fond et ta vitesse est de 3,7 km/h. En 55 min, tu rejoins le chalet à partir du dernier arrêt le long de la piste. Quelle est la distance, en km, entre le dernier arrêt et le chalet?
11. La vitesse moyenne de l'air expulsé lors d'un éternuement est de 150 km/h. Quelle distance cet air pourrait-il parcourir en 0,10 s?
12. Une pierre de curling glisse à la vitesse de 2,0 m/s pendant 12 s avant de s'arrêter. Quelle a été son accélération moyenne?



13. L'accélération due à la force gravitationnelle de la Lune est le 1/6 de celle de la Terre, soit environ 1,64 m/s<sup>2</sup>. Si on laissait tomber une roche lunaire du bord d'un cratère, quelle serait sa vitesse 3,50 s plus tard?
14. Une auto roule à 38 m/s et commence à freiner. L'accélération négative est de 1,25 m/s<sup>2</sup> et elle dure 2,4 s. Quel sera le vecteur vitesse finale?

## Pour le projet

Reporte-toi à la description du projet à la fin du présent module. Comment peux-tu utiliser ce que tu as appris dans la présente section pour réaliser ce projet? Discutes-en avec tes camarades.

## Prépare ton propre résumé

Dans le présent chapitre, tu as étudié le mouvement accéléré et la façon d'effectuer des calculs associés au mouvement. Prépare un résumé des concepts présentés dans le chapitre. Tu peux inclure des organisateurs graphiques et des illustrations. (L'annexe B peut t'aider à utiliser les organisateurs graphiques.) Divise ton résumé en deux parties :

1. Les variations du vecteur vitesse
2. L'utilisation de formules

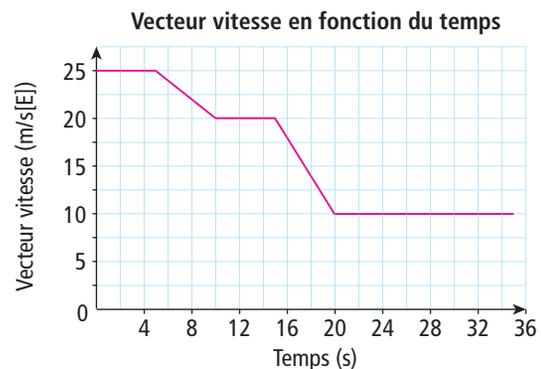
## Des notions à retenir

1. Qu'est-ce qui provoque l'accélération lorsqu'une auto tourne à une intersection?
2. Trace un graphique qui peut représenter le déplacement d'un chien en fonction du temps, sachant que le chien court à 15 m/s pendant 10 s, puis s'arrête et reste immobile pendant 15 s.
3. Naomi affirme que si une variation du vecteur vitesse n'implique pas de changement d'orientation, alors on peut considérer que l'accélération est une grandeur scalaire, mais que si l'orientation change, alors l'accélération est une grandeur vectorielle. Cette affirmation est-elle juste? Explique ta réponse.
4. Détermine l'orientation de l'accélération par rapport à celle du vecteur vitesse initiale de sens négatif, sachant que le vecteur vitesse finale est aussi de sens négatif et que sa mesure est plus petite.
5. Marie affirme que la grandeur scalaire associée à l'accélération est la variation de la vitesse au cours d'un intervalle de temps. Raymond n'est pas d'accord. Selon lui, ce type de grandeur scalaire n'existe pas. Qui a raison? Explique ta réponse.
6. Le vecteur vitesse d'un objet est de 18 m/s[N], puis de 18 m/s[S] 25 s plus tard. Claire affirme que, puisque la vitesse est demeurée constante à 18 m/s, il n'y a pas eu d'accélération. A-t-elle raison? Explique ta réponse.

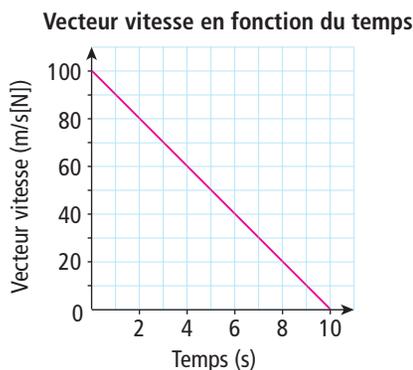
7. La pédale de l'accélérateur d'une auto peut-elle provoquer une accélération négative? Explique ta réponse.
8. Une sprinteuse olympique peut atteindre un vecteur vitesse de 10,2 m/s en 3,0 s. Quelle est son accélération pendant cet intervalle de temps? Suppose que son vecteur vitesse est de sens positif.
9. Une accélération peut-elle faire en sorte qu'un objet se déplace dans le sens contraire à celui de son déplacement initial? Si ce n'est pas possible, explique pourquoi. Si c'est possible, donne un exemple.

## Des concepts à comprendre

10. Une astronaute effectue une réparation extérieure à la Station spatiale internationale lorsqu'elle se détache accidentellement de la station et commence à s'éloigner dans l'espace. Puisqu'il n'y a pas d'atmosphère pour la ralentir, l'astronaute va continuer de s'éloigner si elle ne fait rien.
  - a) Décris brièvement ce qu'elle peut faire pour revenir à la station. Explique pourquoi cela va lui permettre de revenir.
  - b) Fais une recherche dans Internet pour connaître la façon dont les astronautes font face à cette situation dans l'espace.
11. Une auto tombe en panne d'essence, mais roule à 20 m/s[S] pendant 65 s avant de s'immobiliser. Quel est son déplacement?
12. Comment peut-on calculer l'aire de la région sous ce graphique du vecteur vitesse en fonction du temps, de  $t = 0$  s à  $t = 25$  s?



13. Utilise la méthode que tu as décrite à la question 12 pour calculer le déplacement de l'objet au cours de l'intervalle indiqué.
14. La distance entre Amherst et Pugwash est de 51,7 km et celle entre Amherst et Tatamagouche est de 88,7 km. Tori passe un endroit entre Amherst et Pugwash à midi et atteint Pugwash à 12 h 35. Elle arrive à Tatamagouche à 13 h 17. Quelle a été sa vitesse moyenne entre Pugwash et Tatamagouche?
15. Un camion parcourt une distance de 475 m en 40,0 s. Quelle est sa vitesse en m/s?
16. Une balle de tennis arrive vers un des joueurs à une vitesse de 35 m/s. Le joueur frappe la balle avec sa raquette, le contact dure 0,85 s et la balle est renvoyée vers le filet à une vitesse de 38 m/s. Quelle est l'accélération moyenne de la balle au cours de tout ce processus?
17. À partir du graphique ci-dessous, représente l'accélération moyenne au cours des 8,0 premières secondes.



18. Une auto a un vecteur vitesse de 3,8 m/s[O]. Elle accélère de 0,75 m/s<sup>2</sup>[O]. En combien de temps son vecteur vitesse atteint-il 5,2 m/s[O]?
19. Représente par un graphique la position en fonction du temps des situations suivantes:
  - a) une vitesse nulle;
  - b) un mouvement uniforme;
  - c) une vitesse croissante.
20. Décris la façon de déterminer le vecteur vitesse d'un objet à partir d'un graphique de sa position en fonction du temps.
21. Représente une accélération positive par un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps.
22. Un cheval de course parcourt 1,8 km en 2 min et 18 s exactement. Quelle a été sa vitesse moyenne?
23. Sur une route, on a installé une borne à chaque kilomètre sur une distance de 25 km. Une auto passe devant la borne des 5 km à 13 h 16, puis devant la borne des 25 km à 13 h 31. Quelle a été la vitesse moyenne de l'auto sur cette section de la route?
24. Le faucon pèlerin est l'oiseau qui atteint la plus grande vitesse de descente du monde. Il peut plonger en piqué d'une hauteur de 600 m directement sur une proie. Au cours de sa descente en piqué, il replie ses ailes pour prendre une forme la plus aérodynamique possible. Avec ses ergots repliés, il plonge vers sa proie et la frappe en plein vol pour la rendre inconsciente, puis revient vers elle et l'attrape avant qu'elle ne touche le sol. En partant d'une altitude de 600 m (vitesse de plongée initiale nulle), un faucon a atteint une vitesse de plongée de 320 km/h.
  - a) Quel est son vecteur vitesse finale en m/s?
  - b) Si on suppose que la résistance de l'air est négligeable, en combien de temps le faucon atteint-il sa vitesse maximale?
  - c) Représente sa descente en piqué par un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps. Suppose que le vecteur vitesse est de sens négatif.

## Au quotidien

Trouve des situations où les personnes ci-dessous auront besoin d'une connaissance fonctionnelle des concepts liés au mouvement:

- un planchiste de compétition professionnel;
- une réalisatrice de films d'action;
- un chorégraphe de danse contemporaine;
- une triathlonienne.

## Emploi : camionneuse – camionneur



Les matériaux de construction, comme le bois de sciage, les briques et les bardeaux, sont livrés par camion partout au Canada.



La plupart des marchandises que tu achètes dans les magasins, comme la nourriture, le shampoing et les médicaments, sont livrées par camion.

Au Canada, l'industrie du transport routier est en croissance constante, tout comme la demande en camionneuses et en camionneurs bien formés, qualifiés et professionnels. Les élèves qui désirent faire ce métier doivent avoir un dossier de conduite irréprochable et un casier judiciaire vierge.

Les camionneuses et les camionneurs doivent pouvoir résoudre des problèmes mathématiques portant sur la vitesse, la distance et le temps. Ils doivent aussi réussir le test TOWES, qui évalue les habiletés en lecture, en écriture et en calcul. Le Commercial Safety College à Truro, en Nouvelle-Écosse, forme les chauffeurs de camions porteurs et de tracteurs routiers. La directrice de l'école, Alyson Sutherland, répond à nos questions concernant l'utilisation des lois du mouvement dans le transport routier.

### Parmi les problèmes que les camionneuses et les camionneurs doivent régler, lesquels sont liés aux concepts de distance, de vitesse et de temps ?

Pour déterminer le temps nécessaire pour se rendre d'un endroit à un autre, ils doivent tenir compte des conditions météorologiques, des zones de construction, de la circulation routière, des distances et des limites de vitesse. De plus, pour des longs trajets, ils doivent respecter les limites de temps de conduite imposées par le gouvernement.

### À l'approche du lieu d'un accident, est-il important de connaître le temps nécessaire pour immobiliser un gros camion ?

C'est très important. Les camionneuses et les camionneurs doivent pouvoir déterminer rapidement le temps nécessaire pour immobiliser leur véhicule selon sa vitesse et les conditions routières. Ils doivent aussi comprendre la relation entre la distance d'arrêt et le poids de leur véhicule. Une petite voiture peut s'arrêter beaucoup plus vite qu'un camion. Plus la charge est lourde, plus la distance d'arrêt est grande. C'est également un facteur important pour évaluer la distance à maintenir entre le camion et les autres véhicules sur la route.

### Pourquoi est-il important de comprendre les concepts de distance, de vitesse et de temps pour bien planifier le trajet de livraison de sa cargaison ?

En plus des conditions locales, les camionneuses et les camionneurs doivent tenir compte de la distance à parcourir et des limites de vitesse pour déterminer la durée du trajet. Une bonne planification leur permet d'économiser du temps et de l'argent.

### Quel impact la longueur du trajet a-t-elle sur la rentabilité ?

Les camionneuses et les camionneurs sont généralement payés selon le nombre de kilomètres parcourus. S'ils choisissent un trajet plus long, l'entreprise de transport dépense plus en salaires et en carburant, et cela occasionne aussi des frais de livraison tardive — sans compter que le temps ainsi perdu aurait pu servir à faire d'autres livraisons.

# Le mouvement au travail

L'étude du mouvement a des applications dans ces professions et dans bien d'autres encore !



## À ton tour

1. Quelles connaissances au sujet du mouvement les camionneuses et les camionneurs doivent-ils avoir ?
2. Fais une recherche sur un autre métier qui nécessite des connaissances au sujet du mouvement. Quelles sont les connaissances et les habiletés requises pour ce travail ?

# Projet du module 3

## Au jeu!

Une maison d'édition de manuels scolaires a demandé à ta classe d'imaginer une chasse au trésor qui servira à enseigner les concepts de physique du présent module à d'autres élèves de 10<sup>e</sup> année de la Nouvelle-Écosse. Le travail se fera en groupe et consistera à concevoir plusieurs prototypes du jeu, à les essayer et à les évaluer.

### Problème

Comment peux-tu utiliser une chasse au trésor pour enseigner des concepts de physique à d'autres élèves de 10<sup>e</sup> année?

### Matériel suggéré

- des instruments de mesure
- des feuilles de papier, blanches et quadrillées
- des crayons, des stylos et des gommes à effacer
- une règle
- une calculatrice
- un chronomètre
- un appareil photo numérique (facultatif)

### Marche à suivre

1. La maison d'édition a fourni des exigences à respecter dans la conception du jeu.
  - Le jeu doit comprendre une introduction qui donne un aperçu clair et bien organisé des concepts étudiés dans le présent module.
  - Le jeu doit fournir 10 indices qui mènent à un objet caché sur le terrain de l'école. (Les enseignantes ou enseignants qui achètent le jeu devront pouvoir adapter les indices aux particularités de leur école.)
  - Les indices doivent comprendre au moins une fois chacun des éléments suivants : la distance, le déplacement, la vitesse, le vecteur vitesse et l'accélération. (Indice : certaines valeurs peuvent être utilisées pour déterminer d'autres valeurs.)
  - Les indices doivent comprendre au moins un graphique et n'utiliser que les concepts mathématiques du présent module.
2. Utilise les instruments de mesure et tout autre matériel fourni pour concevoir ton prototype.

3. Demande à ton enseignante ou à ton enseignant de vérifier le prototype de ton groupe. Apportes-y les modifications demandées s'il y a lieu, après quoi ton enseignante ou ton enseignant cachera votre objet à l'endroit demandé.
4. Échange ton jeu contre celui d'un autre groupe et essaie le jeu reçu. Utilise le chronomètre pour mesurer le temps nécessaire pour trouver l'objet caché.
5. Dès que tes camarades et toi avez trouvé l'objet, informez-en votre enseignante ou votre enseignant.
6. Fais un résumé des forces et des faiblesses du prototype de chasse au trésor que tu as essayé. Explique les critères d'évaluation que tu as utilisés.
7. Échange cette évaluation contre celle du groupe dont tu as essayé le jeu à l'étape 4.

## Présentation

1. Lis l'évaluation que l'autre groupe a faite de ton prototype. Tiens compte des commentaires qu'elle contient ainsi que de ta propre intuition pour améliorer ton prototype.
2. Prépare une présentation des principales caractéristiques de ton prototype, qui devra comprendre entre autres :
  - l'introduction du jeu, y compris un résumé des concepts étudiés dans le présent module;
  - les indices et une explication des améliorations apportées à ton prototype après l'essai;
  - une explication de la façon dont tu as utilisé les mesures liées au mouvement dans les indices;
  - des idées pour la mise en marché de ce jeu éducatif.
3. Fais ta présentation devant la classe.
4. En groupe-classe, évalue tous les prototypes et choisis celui qui devrait être envoyé à la maison d'édition.

## Évaluation

Après avoir terminé le travail, pose-toi ces questions :

- As-tu rédigé une introduction qui résume clairement les concepts de physique étudiés dans le présent module ?
- As-tu conçu 10 indices qui comprennent au moins un graphique et des mesures de distance, de déplacement, de vitesse, de vecteurs vitesse et d'accélération ?
- As-tu fait une évaluation détaillée des forces et des faiblesses du prototype que tu as essayé ?
- As-tu utilisé l'évaluation reçue de l'autre groupe ainsi que ton intuition pour améliorer ton prototype ?
- As-tu préparé une présentation des principales caractéristiques de ton prototype ?

**5 L'étude du mouvement**

- Pour décrire la position d'un objet, tu dois mentionner une distance, une orientation (direction et sens) et un point de référence. (5.1)
- On utilise des unités de longueur, comme le mètre et le kilomètre, pour mesurer les distances. (5.1)
- On décrit souvent une position en utilisant les points cardinaux ou un système de coordonnées. (5.1)
- La distance et le déplacement sont deux façons de décrire le mouvement, un processus qui engendre un changement de position (5.1)
- Une grandeur scalaire est entièrement définie par sa mesure, comme la distance, le temps et la température. (5.1)
- Une grandeur vectorielle est définie par sa mesure, sa direction et son sens, comme le déplacement et la position. (5.1)
- On utilise des vecteurs pour représenter le mouvement et on les additionne pour en obtenir la résultante. (5.1)
- Les graphiques de la position en fonction du temps indiquent si un objet se déplace dans le sens positif, dans le sens négatif ou pas du tout. (5.1)
- La vitesse est la distance parcourue par un objet au cours d'une période de temps donnée. (5.2)
- La vitesse est une grandeur scalaire. (5.2)
- Il y a plusieurs types de vitesse, dont la vitesse constante, la vitesse variable, la vitesse moyenne et la vitesse instantanée. (5.2)
- La pente du segment de droite qui relie deux points d'un graphique de la distance en fonction du temps représente la vitesse moyenne de l'objet en mouvement au cours de l'intervalle de temps correspondant. (5.2)
- Le vecteur vitesse est une grandeur vectorielle qui représente le déplacement d'un objet au cours d'un intervalle de temps donné ou le taux de variation de la position d'un objet. (5.3)
- Il y a plusieurs types de vecteur vitesse, dont le vecteur vitesse constante, le vecteur vitesse variable, le vecteur vitesse moyenne et le vecteur vitesse instantanée. (5.3)
- La pente du segment de droite qui relie deux points d'un graphique de la position en fonction du temps représente la mesure du vecteur vitesse moyenne de l'objet au cours de l'intervalle de temps correspondant. (5.3)

**6 L'accélération**

- L'accélération est une variation du vecteur vitesse d'un objet au cours d'un intervalle de temps donné. (6.1)
- Une variation du vecteur vitesse peut résulter d'une variation de la vitesse de l'objet, d'une variation de sa direction ou d'une variation de sa vitesse et de sa direction. (6.1)
- Analyser un graphique de la position en fonction du temps donne de l'information sur le vecteur vitesse d'un objet. (6.1)
- Analyser un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps donne de l'information sur l'accélération d'un objet. (6.1)
- Au cours d'un trajet en auto, tu peux ressentir une accélération nulle, une accélération positive et une accélération négative. (6.1)
- On utilise des formules pour déterminer mathématiquement des vitesses, des vecteurs vitesse, des distances et des déplacements. (6.2)



## Mots clés

- déplacement
- distance
- grandeur scalaire
- grandeur vectorielle
- mouvement
- mouvement uniforme
- point de référence
- position
- vecteur vitesse
- vecteur vitesse constante
- vecteur vitesse instantanée
- vecteur vitesse moyenne
- vecteur vitesse variable
- vitesse
- vitesse constante
- vitesse instantanée
- vitesse moyenne
- vitesse variable

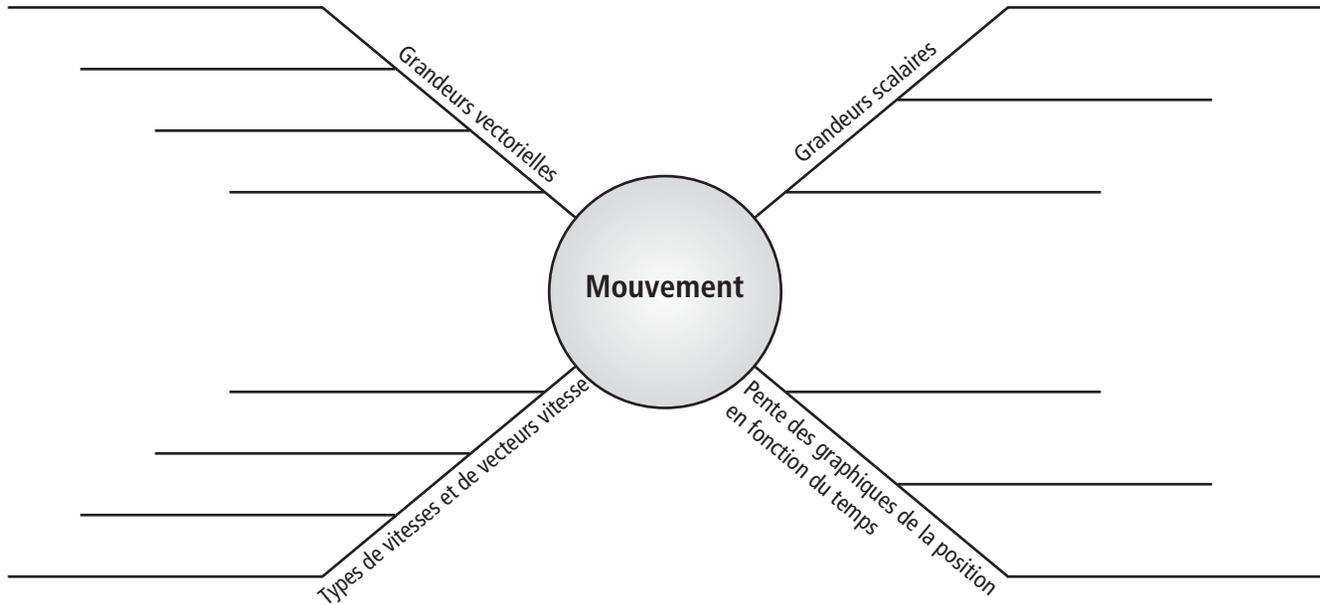


## Mot clé

- accélération

## La synthèse du contenu

1. Reproduis cette carte conceptuelle et remplis-la en y inscrivant des expressions ou des termes liés au mouvement.



## Des notions à retenir

2. Qu'utilise-t-on comme point de départ lorsqu'on décrit l'emplacement d'un objet?
3. Quelles étapes suit-on pour déterminer le déplacement d'un point à un autre sur un axe ou une droite numérique?
4. Le choix d'un point de référence influe-t-il sur le déplacement d'un point à un autre? Explique ta réponse.
5. Nomme trois grandeurs scalaires et trois grandeurs vectorielles.
6. Donne un exemple de mouvement à vitesse constante et un exemple de mouvement à vitesse variable.
7. Tu roules à vélo à une vitesse moyenne de 18,4 m/s. En combien de temps parcoures-tu 2,50 km? Donne ta réponse en secondes.
8. Dans quelles circonstances la vitesse moyenne est-elle égale à la vitesse instantanée?
9. Tu roules en auto à une vitesse de 25 km/h, et ton ami habite à 8,3 km de l'endroit où tu te trouves. Dans combien de temps seras-tu chez ton ami?
10. L'énoncé ci-dessous est-il vrai ou faux? S'il est vrai, explique pourquoi. S'il est faux, reformule-le pour le rendre vrai.  
  
Tu lances une balle verticalement vers le haut à 5,0 m/s. Lorsque la balle retombe dans ta main, son vecteur vitesse n'a pas changé.
11. Décris trois situations qui illustrent les différentes façons dont le vecteur vitesse peut varier.
12. Donne un exemple de chacune des situations de la question 11.
13. Quel type de graphique permet de déterminer le vecteur vitesse moyenne d'un objet à partir de la pente d'une droite? Comment fait-on?
14. Régine a défini l'accélération comme étant la variation de la vitesse divisée par l'intervalle de temps au cours duquel la vitesse a varié. Est-ce juste? Pourquoi?
15. Décris la sensation d'une accélération sur ton corps et explique la cause de cette sensation.

16. Tu cours sur une piste circulaire à une vitesse constante de 1,5 m/s. Pour parcourir la moitié de la piste, il te faut 2,5 min. Quelle est ton accélération moyenne du moment où tu fais face à l'est jusqu'au moment où tu fais face à l'ouest de l'autre côté de la piste?
17. À quoi ressemble une accélération négative sur un graphique de la position en fonction du temps?
18. À quoi ressemble la pente d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps au cours d'un intervalle de temps où l'accélération provoque une diminution régulière de la mesure du vecteur vitesse?
19. Décris une situation où :
- vitesse moyenne = mesure du vecteur vitesse.
  - vitesse moyenne > mesure du vecteur vitesse.
  - vitesse moyenne < mesure du vecteur vitesse.
20. Représente graphiquement les données ci-dessous. Écris ensuite une histoire qui correspondrait au graphique.

Temps (s)	Vecteur vitesse (m/s[E])
0	0,0
5	10,0
10	15,0
15	7,5
20	12,0
25	15,0

21. Tu te rends de la maison à l'école en 15 min. Ta vitesse moyenne est de 14,1 m/s. Quelle distance sépare l'école de chez toi?

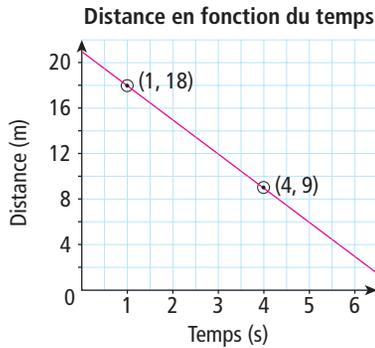
### Des concepts à comprendre

22. Tu es à 3 m au nord d'un parc, et ton ami est à 5 m au sud du même parc. Indique :
- la position et l'orientation de ton ami par rapport à toi,
  - ta position et ton orientation par rapport à ton ami.
23. Donne un exemple de mouvement uniforme et un exemple de mouvement non uniforme.
24. En quoi le graphique de la position en fonction du temps pour un mouvement uniforme diffère-t-il de celui pour un mouvement non uniforme?
25. Trouve le déplacement de la position  $\vec{d}_A$  à la position  $\vec{d}_B$  dans chacun des cas.
- $\vec{d}_A = 12,4 \text{ m[E]}$  et  $\vec{d}_B = 14,7 \text{ m[O]}$
  - $\vec{d}_A = 18 \text{ km[S]}$  et  $\vec{d}_B = 22 \text{ km[S]}$
  - $\vec{d}_A = 45,9 \text{ km[E]}$  et  $\vec{d}_B = 33,2 \text{ km[E]}$
26. Une athlète parcourt deux fois une piste circulaire. Elle termine sa course là où elle a commencé. Le rayon de la piste est de 75,0 m. (Indice : la formule de la circonférence d'un cercle est  $C = 2\pi r$ .)
- Détermine la distance parcourue.
  - Détermine le déplacement.
  - Les deux réponses sont-elles identiques? Pourquoi?
27. On choisit le nord comme sens positif sur un graphique de la position en fonction du temps. Décris le mouvement qui correspond à un segment de droite :
- dont la pente est négative.
  - dont la pente est nulle.
  - dont la pente est positive.
28. La baleine noire est une espèce en voie de disparition. On la trouve au large des côtes de la Nouvelle-Écosse. Cette baleine est parmi celles qui nagent le moins vite. Elle peut atteindre une vitesse de 17 km/h. À cette vitesse, quelle distance une baleine noire peut-elle parcourir en 0,5 h?



29. Lorsque tu analyses le ruban marqué par une minuterie, comment peux-tu savoir si la vitesse de l'objet augmente, diminue ou reste constante?

30. Comment calcule-t-on la vitesse moyenne à partir d'un graphique de la distance en fonction du temps?
31. À l'aide du graphique ci-dessous de la distance en fonction du temps, détermine la vitesse moyenne de l'objet au cours de l'intervalle de temps compris entre  $t = 1,0$  s et  $t = 4,0$  s.

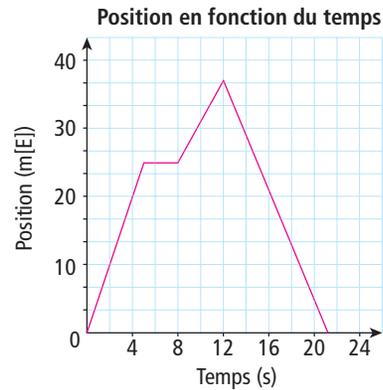


32. Représente graphiquement les données ci-dessous concernant deux jeunes lapins, Olivia et Randy. Réponds aux deux questions qui suivent à l'aide du graphique.

	Olivia	Randy
Temps (s)	Distance (m)	Distance (m)
0	0,0	0,0
10,0	5,0	3,5
20,0	10,0	7,0
30,0	15,0	10,5
40,0	20,0	14,0
50,0	25,0	17,5

- a) Qui a la plus grande vitesse moyenne au cours des 30 premières secondes, Olivia ou Randy? Explique ta réponse.
- b) Si les lapins maintiennent leur vitesse, de combien de mètres le plus rapide sera-t-il en avance sur l'autre au bout de 8,0 min? Donne tous les détails de ton calcul.
33. Quand tu voyages en auto, quels sont les deux instruments de mesure nécessaires pour déterminer ton vecteur vitesse instantanée? Quels renseignements donnent-ils?

34. Comment peut-on déterminer le déplacement d'un objet à partir d'un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps?
35. Détermine le vecteur vitesse de l'objet au cours de chaque intervalle de temps à partir du graphique ci-dessous de la position en fonction du temps. Le sens positif est vers l'est.



36. À partir du graphique de la question 35, détermine le vecteur vitesse moyenne de l'objet au cours de ces intervalles de temps.
- de  $t = 1$  s à  $t = 12$  s
  - de  $t = 5$  s à  $t = 15$  s
  - de  $t = 10$  s à  $t = 18$  s
37. Utilise le graphique de la question 35 pour répondre aux questions suivantes.
- Au cours de quel intervalle l'objet se déplaçait-il le plus vite?
  - Dans quel sens l'objet se déplaçait-il alors?
  - Quels sont la vitesse moyenne et le vecteur vitesse moyenne de l'objet au cours de l'intervalle complet de 21 s?
38. Pendant une promenade sur ta moto tout-terrain, tu conserves un vecteur vitesse de  $2,85$  m/s[O] pendant 3,0 min. Quel est ton déplacement total au cours de cet intervalle de temps?
39. Une auto a un vecteur vitesse de  $22$  m/s[E] pendant 15 s. Elle commence à ralentir uniformément et s'immobilise 25 s plus tard. Quel est le déplacement total au cours de l'intervalle de temps de 40 s?

40. Une voiture sport à haute performance a une vitesse de pointe de 315 km/h et elle peut passer de 0,0 à 100,0 km/h en 4,0 s. Quelle est son accélération en  $\text{m/s}^2$ ?
41. Pendant ton jogging, ta vitesse est de 15,0 m/s pendant 10,0 s. Tu accélères ensuite jusqu'à 0 m/s au cours des 10,0 s suivantes.
- Représente ton mouvement par un graphique du vecteur vitesse en fonction du temps.
  - Détermine ton déplacement total pendant l'intervalle de temps de 20,0 s.
42. Représente graphiquement la position en fonction du temps d'un objet qui subit une accélération positive au cours d'un certain intervalle de temps, ne subit aucune accélération pendant l'intervalle suivant, puis subit une accélération négative au cours d'un dernier intervalle de temps.
43. Dessine un ruban de téléscripateur dont le marquage correspond au graphique de la question 42.
44. Lors d'un voyage en auto, tu vois un panneau de signalisation qui t'indique que tu es à 395 km à l'est de ta destination. Deux heures plus tard, un autre panneau t'indique que tu es à 247 km à l'est de ta destination.
- Quel était le vecteur vitesse moyenne de l'auto au cours de cet intervalle de deux heures?
  - Quelle hypothèse dois-tu faire pour que le calcul de la partie a) soit valable?
  - Si cette hypothèse n'était pas vérifiée, qu'aurais-tu pu déterminer en a)?
45. Une voiture de course prend le départ et parcourt 77,2 m vers le nord en 5,5 s. Au bout de 17,2 s en piste, elle se trouve à 153,5 m au nord de son point de départ. Quel était le vecteur vitesse moyenne de la voiture entre les deux points où on a chronométré sa course?

46. Un alligator peut se déplacer à une vitesse de 15,5 m/s. Un sprinteur olympique peut courir 102 m en 10,0 s. Imagine une course de 50,0 m entre un alligator et un sprinteur.
- Qui gagne la course?
  - Combien de mètres d'avance le gagnant aura-t-il à la ligne d'arrivée?
  - Quelles hypothèses doit-on faire dans ce calcul?



47. Une auto a parcouru une distance de 825 m en un temps de 55 s.
- Quelle est la vitesse moyenne de l'auto pendant cet intervalle de temps?
  - La mesure du vecteur vitesse sera-t-elle plus grande ou plus petite que cette vitesse moyenne?
  - La vitesse instantanée peut-elle être plus grande que la vitesse moyenne à un moment quelconque de l'intervalle de temps? Explique ta réponse.
48. Un camion roule avec un vecteur vitesse de 3,8 m/s[N]. Il accélère, et son accélération moyenne est de 0,50  $\text{m/s}^2$ [N]. En combien de temps le vecteur vitesse du camion atteindra-t-il 6,7 m/s[N]?
49. Le crotale diamantin de l'est, *Crotalus adamanteus*, peut saisir une proie distante de 0,5 m en 0,2 s. Quelle est la vitesse du crotale au moment où il attaque sa proie?

