

EN MOUVEMENT

guide d'apprentissage de l'élève

Don Metz, Ph.D.



*Société d'assurance
publique du Manitoba*

Manitoba 

EN MOUVEMENT

guide
d'apprentissage
de
l'élève

Don Metz, Ph.D.

La Société d'assurance publique du Manitoba et le ministère de l'Éducation et de la Jeunesse du Manitoba remercient de leur appui et de leur contribution tous les spécialistes des organismes qui ont participé à l'élaboration du présent module d'enseignement.

Ce module a pour but d'aider les élèves à atteindre les résultats d'apprentissage du regroupement **En mouvement** du cours Sciences de la nature de secondaire 2 au Manitoba. Il aborde diverses notions de cinématique et de dynamique sous l'angle de la sécurité routière.

Nous tenons à remercier de façon particulière les personnes suivantes de leur contribution à ce projet :

Auteur

Don Metz, Ph. D., PROGRAMME D'ÉDUCATION, UNIVERSITÉ DE WINNIPEG

Chef de projet

James Aryee, SOCIÉTÉ D'ASSURANCE PUBLIQUE DU MANITOBA

Conseiller pédagogique en sciences de la nature

John Murray, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA JEUNESSE, DIVISION DES PROGRAMMES SCOLAIRES

Conseillères pédagogiques en sciences de la nature

Danièle Dubois-Jacques, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA JEUNESSE, DIVISION DU BUREAU DE L'ÉDUCATION FRANÇAISE

Chantal Bérard, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE LA JEUNESSE, DIVISION DU BUREAU DE L'ÉDUCATION FRANÇAISE (JUSQU'AU MOIS D'AOÛT 2002)

Examineur en chef chargé des examens de conduite

Fred Mann, MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DES SERVICES GOUVERNEMENTAUX, DIVISION DES PERMIS DE CONDUIRE ET DE L'IMMATRICULATION DES VÉHICULES

Coordonnateur de la production

David Watson, SOCIÉTÉ D'ASSURANCE PUBLIQUE DU MANITOBA

Conception graphique

Raquelle Lafond, PANAMA DESIGN

Traduction

Raymond Arès, Marie-Christine Aubin, Pierre Lemoine, Joël Marcon et Carmen Roberge

Correction d'épreuves

Raymond Arès

Publié en 2003 par la Société d'assurance publique du Manitoba et le ministère de l'Éducation et de la Jeunesse du Manitoba.

Imprimé au Canada par Transcontinental Printing Inc.

ISBN 0-7711-3078-3

Table des matières

Chapitre 1

Introduction	4
• Introduction	4
• Accident d'automobile – À qui la faute?	5

Chapitre 2

Analyse des déplacements	7
• Position et déplacement	7
• Instants et intervalles de temps	10
• Mouvement uniforme	12
• Vitesse vectorielle instantanée	16
• Accélération	18
• Déplacements de tous les jours	22

Chapitre 3

L'inertie	23
• Le mouvement naturel selon Aristote	23
• Le mouvement naturel selon Galilée	23
• La première loi de Newton et la « seconde collision »	27
• Vitesse d'une automobile sur un plan incliné	27
• L'inertie et l'occupant non attaché	31

Chapitre 4

Forces et mouvement	33
• Force et accélération	34
• Masse et accélération	35
• Force et masse	36
• Force et direction	37
• Forces action-réaction	39
• Concours de conception d'une automobile de course	40

Chapitre 5

Quantité de mouvement et énergie	41
• La quantité de mouvement	41
• Impulsion et quantité de mouvement	43
• Dispositifs d'amortissement	46
• La protection des occupants	50
• Énergie et quantité de mouvement lors d'une collision	51

Chapitre 6

Le freinage	54
• Distance de freinage	54
• Distance d'immobilisation	57
• Temps de réaction	58

Chapitre 7

Conduire prudemment	62
• Étude de cas n ^o 1	62
• Étude de cas n ^o 2	63

Introduction

Par moments, tout bouge rapidement autour de nous. Les gens sont de plus en plus pressés et les véhicules sont sans cesse en mouvement. À mesure que nos modes de transport deviennent de plus en plus complexes, il est essentiel de bien comprendre ce qu'est le mouvement dans la vie de tous les jours.

ACTIVITÉ DE GROUPE: Séance de remue-méninges

Que savez-VOUS à propos du mouvement? À l'aide de la stratégie « chaîne de graffitis coopératifs » et des questions ci-dessous, dites ce que vous, vous savez à ce sujet.



FIGURE 1

Pensez-y!

1. Qu'est-ce que ça veut dire « être en mouvement »? Comment un objet se déplace-t-il? Donnez des exemples.
2. Quelles aptitudes et compétences faut-il posséder pour conduire un véhicule automobile?
3. Qu'est-ce qui se passe lors d'un accident de véhicule automobile?
4. Les cascades d'automobile et les courses d'autos-série, genre NASCAR, est-ce dangereux?



FIGURE 2

Discute de ce que tu sais à propos du mouvement avec ton groupe et toute la classe. As-tu déjà été impliqué dans un accident d'automobile? Connais-tu quelqu'un qui l'a été?

Chaîne de graffitis coopératifs

Divisez la classe en groupes de trois élèves. Remettez à chaque groupe une grande feuille de papier à journal (le format 53 cm x 79 cm fait très bien l'affaire. On peut s'en procurer dans les magasins de fournitures de bureau.) Inscrivez chacune des questions ci-dessus sur des feuilles séparées. Inscrivez de nouveau chaque question sur d'autres feuilles, mais en y ajoutant cette fois-ci la consigne « Illustrez vos réponses au moyen d'un dessin ». Chaque groupe a une minute pour mettre ses idées sur papier avec un crayon-feutre. Au bout d'une minute, dites « Changez »; les élèves passent alors la feuille au groupe voisin. Lorsque chaque groupe aura répondu aux quatre questions deux fois (par écrit et au moyen d'un dessin), affichez les feuilles sur le mur en vue d'une discussion.

Accident d'automobile - À qui la faute ?

Les accidents d'automobile entraînent de graves conséquences. D'une part, il y a des blessés et les familles pleurent la perte de personnes chères; d'autre part, des véhicules, des objets personnels et publics et l'environnement subissent des dommages. Dans certains cas, des personnes irresponsables font l'objet de poursuites judiciaires ou sont accusées de conduite dangereuse, et même d'homicide involontaire commis au volant d'un véhicule automobile. En réalité, tout le monde est responsable.

Toutefois, il n'est pas toujours facile de déterminer à qui incombe la responsabilité après un accident d'automobile. L'accident a souvent lieu en une fraction de seconde et ce qu'on a remarqué ou ce dont on se souvient peut varier d'une personne à l'autre.

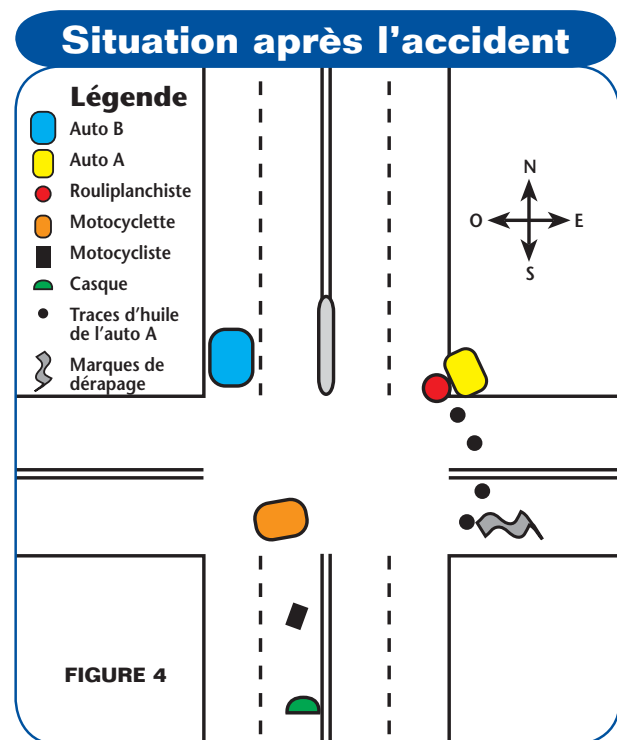
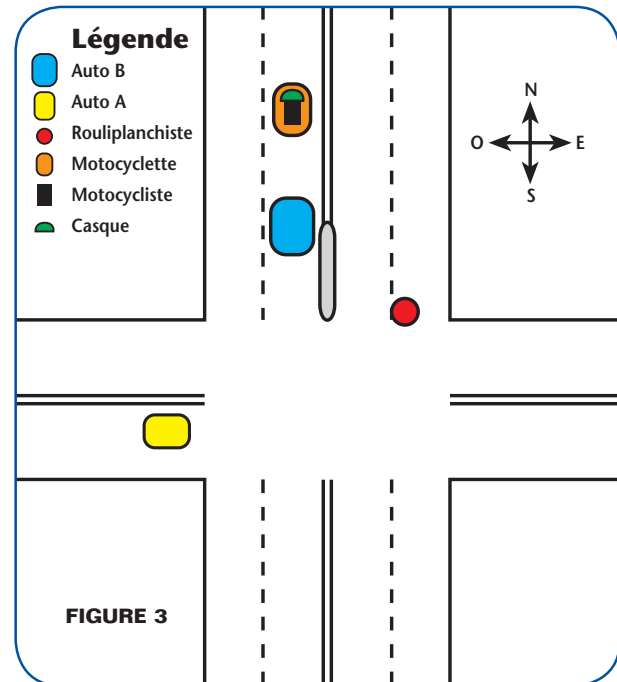
ACTIVITÉ DE GROUPE :

Que penses-tu du scénario d'accident suivant? En groupe, discutez de ce qui a pu causer l'accident. Examinez les faits et voyez si vous pouvez reconstruire ce qui s'est passé. Chaque groupe présente ensuite ses conclusions à la classe.

► Scénario d'un accident

La figure 3 illustre la circulation dans la rue quelques instants avant l'accident. Le véhicule A se dirige en direction est à une vitesse constante et est sur le point de s'engager dans l'intersection. Le véhicule B se déplace en direction sud; le conducteur indique avec son clignotant qu'il veut tourner à droite; un motocycliste le suit de près. Un rouliplanchiste traverse l'intersection en direction est. Tous sont d'accord que c'était là leur position avant l'accident. Toutefois, personne ne se rappelle les particularités des marques sur la chaussée.

La figure 4 illustre la situation quelques instants après l'accident. Chacune des personnes impliquées dans l'accident a raconté ce qui s'est passé dans le rapport qu'elle a déposé au poste de police.



Rapport d'accident – Conductrice du véhicule A

Je me dirigeais en direction est à une vitesse constante. Le feu ayant passé au vert alors que j'approchais de l'intersection, j'ai tout simplement continué d'avancer à la même vitesse. J'ai alors entendu un grand bruit et mon véhicule a été projeté vers la gauche et s'est retrouvé dans le passage à piétons au coin de la rue transversale, de l'autre côté du rouliplanchiste. Puis, mon véhicule s'est immobilisé après avoir passé par-dessus la chaîne de trottoir de l'autre côté de la rue. Je n'ai pas été blessée, mais tout s'est passé si vite que je ne suis pas bien certaine de ce qui s'est passé en réalité.

Rapport d'accident – Conducteur du véhicule B

Je me dirigeais en direction sud sur la rue Main lorsque j'ai voulu vérifier le nom de la rue suivante. J'ai alors indiqué que je voulais changer de voie et je suis passé de la voie médiane à la voie de droite. Je ne sais pas si le feu était rouge, jaune ou vert, car je tentais de lire la plaque de rue.

Rapport d'accident – Rouliplanchiste

Je traversais l'intersection en direction est en empruntant le passage à piétons. Étant donné que j'écoutais de la musique avec mon baladeur, je n'ai rien entendu. Je ne prêtais pas beaucoup attention à la circulation, lorsque tout à coup le véhicule A est arrivé en tournoyant dans le passage à piétons. J'ai sauté de ma planche à roulettes qui est allée frapper l'arrière du véhicule. Je n'ai pas été blessé, mais je n'écoute plus de musique avec mon baladeur quand je circule avec ma planche.

Rapport d'accident – Motocycliste

Je me dirigeais en direction sud et le feu était vert. Au moment où le véhicule B s'est déplacé de la voie médiane à la voie de droite, j'ai indiqué que je voulais tourner à gauche et je me suis

avancé prudemment dans l'intersection pour faire mon virage. La conductrice du véhicule A a brûlé le feu rouge et, au moment où j'ai frappé la partie avant de son véhicule, elle était en train de tourner à gauche. J'ai été projeté par-dessus le capot de son véhicule et je suis tombé dans la rue. Mon casque n'était pas attaché solidement et il s'est enlevé au moment de l'impact. J'ai subi une commotion cérébrale et je suis demeuré à l'hôpital pendant plusieurs jours.

Rapport de la police

Domages importants à la partie avant de la motocyclette. Domages aux ailes avant et arrière du véhicule A. La conductrice du véhicule A affirme que les dommages à la partie avant sont le résultat d'un accrochage antérieur. Le motocycliste affirme qu'il a endommagé la partie avant du véhicule A et le planchiste la partie arrière du véhicule A. Des traces d'huile, des marques de dérapage et l'emplacement du casque du motocycliste sont indiqués sur la figure 4. La version des faits rapportés par la conductrice du véhicule A et celle du motocycliste ne concordent pas en ce qui concerne la personne responsable de l'accident. Par conséquent, nous recommandons qu'un « expert en physique » soit consulté pour vérifier les affirmations de chacun.

As-tu l'étoffe d'un « expert en physique » ? À mesure que tu te familiarises avec les principes du mouvement dans les chapitres qui suivent, revois l'explication que tu donnes des faits. Un peu plus loin, nous examinerons de nouveau les faits se rapportant à cet accident. Notre compréhension du mouvement nous aidera à déterminer exactement ce qui s'est passé dans cet exemple tiré de la réalité.



Analyse des déplacements

Position et déplacement



Qu'est-ce que le déplacement? Si tu restes à la même place, que tu ne modifies pas ta position, et que tu es là, debout, immobile, il n'y a aucun déplacement.

Se déplacer, c'est changer de place.
Allez, hop! Debout!

Afin de décrire le déplacement d'un véhicule en marche ou d'une personne qui court, il faut en déterminer et décrire la position. Pour être en mesure de communiquer nos données à d'autres personnes, il doit y avoir un point de référence à partir duquel nous prenons les mesures.

La position d'un objet se définit par la distance qui le sépare de son point d'origine, ainsi que par sa direction par rapport à ce point.



Commençons ici

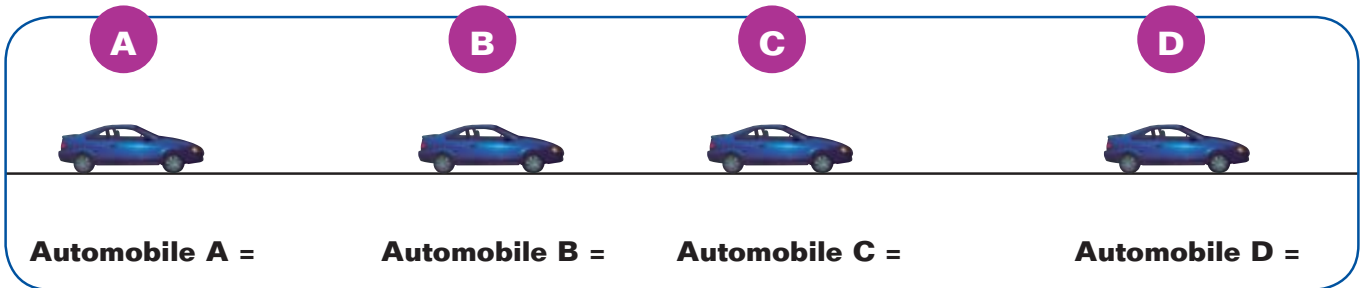


Puisque l'on connaît le point de référence, il est facile de mesurer la distance au moyen d'une règle. Quant à la direction du déplacement, elle est habituellement exprimée par une droite numérotée « -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 » (0 étant l'origine). (Voir le diagramme ci-dessus : les nombres positifs [+] représentent une position à la droite du point de référence et les nombres négatifs [-], une position à la gauche.) Il y a aussi d'autres façons de marquer la direction, p. ex. avec une boussole ou un goniomètre servant à repérer les points cardinaux. En ce qui nous

concerne particulièrement, nous décrirons la direction par rapport à une seule ligne droite, ce qui nous facilitera beaucoup la tâche. Une droite numérotée, ainsi que les termes bien connus tels que « à droite », « à gauche », « en avant », « en arrière » ou, s'il s'agit d'une ligne verticale, « en haut » et « en bas », serviront à décrire le déplacement. De plus, nous qualifierons de « vecteur » toute quantité décrite en termes de grandeur et de direction. Représentés symboliquement, les vecteurs sont transcrits **en gras** dans le présent texte.

EXERCICE

1. Sers-toi du pare-chocs avant de l'automobile B dans le diagramme ci-dessous comme point de référence et note dans ton cahier la position des automobiles A, C et D en centimètres.



► Déplacement

Le déplacement d'un objet implique un changement de position quelconque. S'il a lieu le long d'une ligne droite, il est représenté par la distance entre la position finale de l'objet et sa position initiale. Pour calculer cette distance, il suffit de soustraire la position initiale (1) de la position finale (2), comme suit :

$$\text{déplacement} = \text{position 2} - \text{position 1}$$

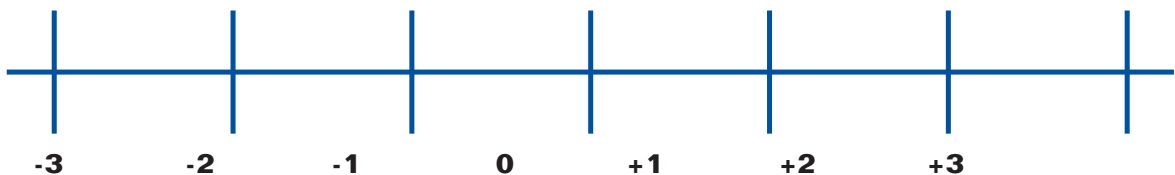
ou **SYMBOLIQUEMENT** :

$$\Delta \mathbf{d} = \mathbf{d}_2 - \mathbf{d}_1$$

Dans cette équation, « d » représente « la position » et « Δd » (delta d) signifie « changement de position » ou « déplacement ». Le caractère **gras** désigne une grandeur vectorielle et indique qu'il faut tenir compte d'une direction.

Exemple:

Une automobile jouet se déplace en ligne droite sur une table, le long d'une ligne droite numérotée. Supposons que la position initiale de l'automobile se situe au point -1 cm et que l'automobile termine son parcours au point +3 cm. Calcule alors son déplacement.



$$\mathbf{d}_1 = -1 \text{ cm}$$

et

$$\mathbf{d}_2 = +3 \text{ cm}$$

$$\Delta \mathbf{d} = \mathbf{d}_2 - \mathbf{d}_1$$

$$\Delta \mathbf{d} = (+3) - (-1)$$

$$\Delta \mathbf{d} = \mathbf{+4 \text{ cm}}$$
 (Vérifie ton calcul en comptant les espaces sur la droite numérotée.)

EXERCICE

1. Les données suivantes représentent la position initiale (d_1) et la position finale (d_2) d'un automobiliste, d'un cycliste, d'un piéton et d'un rouliplanchiste.

	Automobiliste	Cycliste	Piéton	Rouliplanchiste
d_1	+2 m	+7 m	-1 m	+4 m
d_2	+14 m	+2 m	+2 m	-1 m

- Trace une droite numérotée et indique le point « 0 » comme point d'origine. Inscris au-dessus de la ligne la position initiale de chaque personne.
 - Inscris sous la ligne la position finale de chacun.
 - Calcule le déplacement de chacun.
 - Que se passe-t-il? En supposant que le temps mis par chacun pour se déplacer est le même, rédige un paragraphe qui décrit le déplacement de chaque personne.
2. Le répartiteur d'un service de messagerie reçoit un message du chauffeur de camion « A » qui indique être au point +5 après s'être déplacé sur un parcours de +2. Quelle était la position initiale du camion « A »? Trouve la solution au moyen de la droite numérotée, d'abord, et à l'aide d'une équation, ensuite.
3. Deux taxis se déplacent sur le chemin Pembina en sens inverse. Le taxi « A » va du point +6 au point +10, pendant que le taxi « B » passe du point +6 au point +1. Illustre dans un diagramme la position initiale et la position finale de chacun.
4. Calcule le déplacement de chaque taxi.
5. Que peux-tu conclure au sujet de la vitesse des deux taxis?
6. Si tu décidais de changer le point de référence, quel effet cela aurait-il sur la position des taxis? En quoi le déplacement des taxis changerait-il à la suite d'une telle décision?

Instants et intervalles de temps

Une automobile se déplace à une vitesse variable. Parfois elle accélère, parfois elle ralentit. Dans l'exemple précédent, le taxi « B » se déplace plus rapidement que le taxi « A », parce qu'il parcourt une plus grande distance dans le même intervalle de temps. Mais nous ne connaissons toujours pas la vitesse à laquelle il roule, ni si la circulation est rapide ou si elle avance au ralenti.

La lecture d'une horloge, p. ex. 10 h 15, ou d'un chronomètre, p. ex. 36,2 secondes, nous renseigne sur ce qu'est un instant. Cependant, pour connaître la vitesse d'un taxi, il faut connaître le temps qu'il met à parcourir la distance d'un point à l'autre (temps écoulé), soit l'intervalle de temps compris entre deux lectures. Ainsi,



Rappel

Δ signifie
« changement »

Intervalle de temps = temps 2 - temps 1

ou *SYMBOLIQUEMENT* :

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

La direction n'entre pas dans le calcul du temps. Les quantités qui sont décrites seulement en termes de grandeur sont dites **scalaires**.

Pour connaître la vitesse à laquelle roule un taxi, il faut recueillir des données sur la position du taxi à divers moments.

Penses-y!

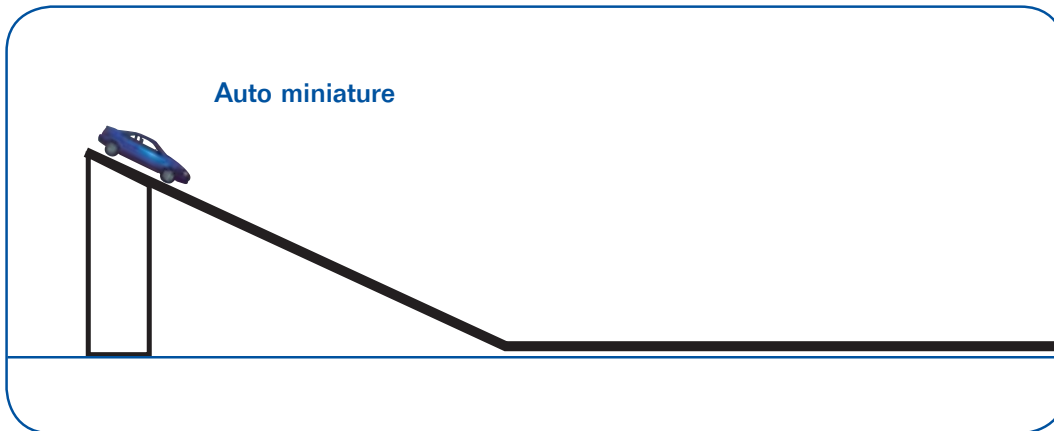
1. Décris quelques exemples concrets d'intervalles de temps.
2. Que représente un intervalle de 10 secondes par rapport à une heure? Qu'est-ce qui fait que ce calcul est difficile?

Expérience 1 VÉHICULES EN MOUVEMENT

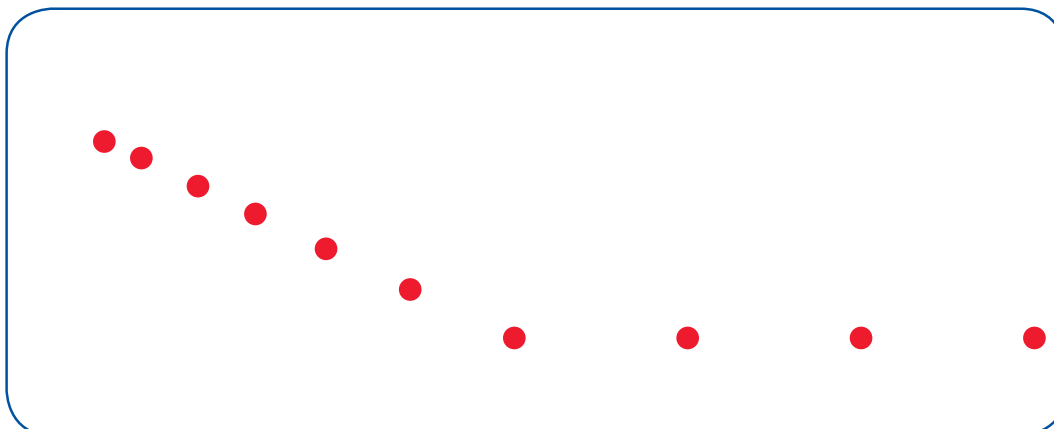
Tu peux te servir d'autos miniatures en alliage moulé (de type Hot Wheels) pour cette expérience. Choisis-les parmi les plus rapides. Une bille de verre ou d'acier peut également faire l'affaire.

Directives

1. Installe une rampe d'au moins 1 mètre de long, comme dans l'illustration ci-dessous.
2. Enregistre sur bande vidéo le parcours de l'automobile descendant la rampe et poursuivant sa course sur la table. Dispose



La disposition des points sur ton acétate devrait ressembler à ceci :



la caméra à 3 ou 4 mètres de l'installation et ne la bouge pas pendant l'enregistrement.

3. Fixe une feuille d'acétate, tel qu'un transparent de rétroprojecteur, sur l'écran du téléviseur et visualise l'enregistrement image par image. Avec un marqueur, indique par un point la position du véhicule à chaque image ou à toutes les deux images. Choisis toujours le même endroit sur le véhicule pour y indiquer ton point. **VEILLE À NE PAS ÉCRIRE DIRECTEMENT SUR L'ÉCRAN.**

Penses-y!

1. Quand le véhicule se déplace-t-il le plus lentement? Explique ta réponse.
2. Quand le véhicule se déplace-t-il le plus rapidement? Explique ta réponse.
3. Comment se fait-il que l'espace entre les points ne varie pas pendant le trajet du véhicule sur la surface de la table?
4. Quelles conclusions peux-tu tirer au sujet du déplacement du véhicule sur la rampe comparativement à son déplacement sur la table?

Mouvement uniforme

La plupart des grandes routes affichent une limite de vitesse. (En l'absence d'affiches, quelle est la limite permise?) Le déplacement des véhicules qui roulent à cette vitesse sur de telles routes est dit uniforme. Autrement dit, la vitesse du véhicule est constante. Le diagramme A illustre le parcours d'une automobile se déplaçant à vitesse constante. Chaque image représente un intervalle de 1 seconde. Remarque que les espaces

correspondant aux intervalles de temps égaux sont, eux aussi, égaux. Mesure la longueur de chaque espace et remplis le tableau A. Dessine le graphique de tes résultats en reportant les données de position sur l'axe des y et les données de temps sur l'axe des x. Fais un autre graphique avec les données du diagramme B, puis réponds aux questions.

Diagramme A

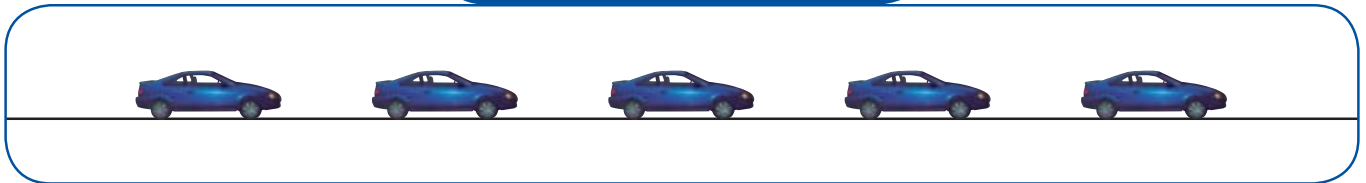


Diagramme B

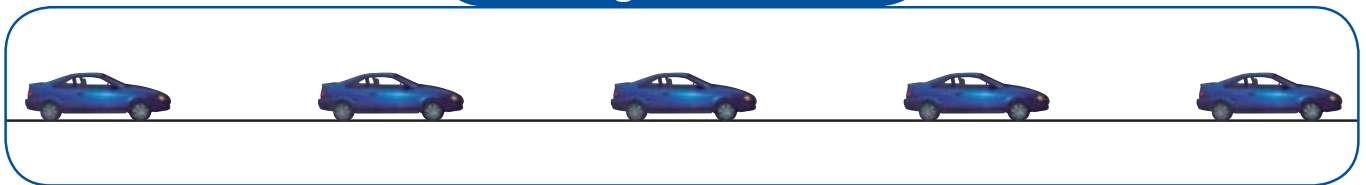


Tableau A

Position (cm)	Temps (s)
	0
	1
	2
	3
	4
	5

Modèle seulement.
N'écris rien ici.

Tableau B

Position (cm)	Temps (s)
	0
	1
	2
	3
	4
	5

Modèle seulement.
N'écris rien ici.

Penses-y!

1. Quelle est la différence entre le graphique A et le graphique B?
2. Comment l'espace entre l'automobile de chaque diagramme se compare-t-il à la courbe du graphique qui lui correspond?

La pente

La distance entre les points relevée lors de l'analyse image-par-image est représentée par l'inclinaison de la courbe des graphiques. Plus la pente de la courbe est prononcée, plus la distance entre les points est grande. Dans un même intervalle de 1 seconde, l'automobile du diagramme B se déplace sur une plus grande distance que l'automobile du diagramme A. Autrement dit, l'automobile « B » se déplace plus rapidement que l'automobile « A ». Le déplacement de l'automobile par rapport au temps, c'est sa vitesse, laquelle est indiquée par le compteur de vitesse de l'automobile. Les physiciens nomment « vitesse vectorielle » le déplacement d'un objet (changement de position) dans une direction donnée par unité de temps et la représentent par l'équation suivante :

$$\text{vitesse vectorielle} = \frac{\text{déplacement}}{\text{temps écoulé}}$$

La même relation s'applique aux objets qui se déplacent à une vitesse constante. Cependant, il est rare en réalité qu'un objet se déplace à une vitesse uniforme. Nous supposons seulement qu'elle l'est, même si elle varie un peu, et c'est pourquoi nous la qualifions de « vitesse vectorielle moyenne », représentée ainsi :

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

La vitesse vectorielle est toujours associée à une direction. Dans tes réponses aux questions, tu peux indiquer la direction à l'aide de termes tels que « à droite », « à gauche », « en avant », « en arrière » ou, sur une droite numérotée, au moyen des symboles « + » ou « - ».

L'inclinaison de la courbe d'un graphique est dite « pente de la courbe ». Une pente droite, p. ex. le toit d'une maison, correspond à des données dont la variation est constante. Nous exprimons numériquement cette valeur constante par un rapport, soit la différence des ordonnées (Δy) sur la différence des abscisses (Δx).

Nous pouvons calculer la pente au moyen de la formule suivante :

$$\text{pente} = \frac{\text{différence des ordonnées}}{\text{différence des abscisses}}$$

ou

$$\text{pente} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Dans l'exemple du déplacement uniforme, si la position (\mathbf{d}) est représentée sur l'axe y et le temps sur l'axe x, la pente est égale à $\Delta \mathbf{d} / \Delta t$. La pente représente la vitesse vectorielle du véhicule.

Penses-y!

1. Crée une carte conceptuelle qui illustre les liens qui existent entre les facteurs suivants :

- pente,
- vitesse vectorielle,
- vitesse scalaire,
- $\Delta \mathbf{d}$,
- Δt ,
- inclinaison,
- invariabilité,
- déplacement,
- déplacement vertical,
- déplacement horizontal.

Ajoute quelques autres termes que tu connais.

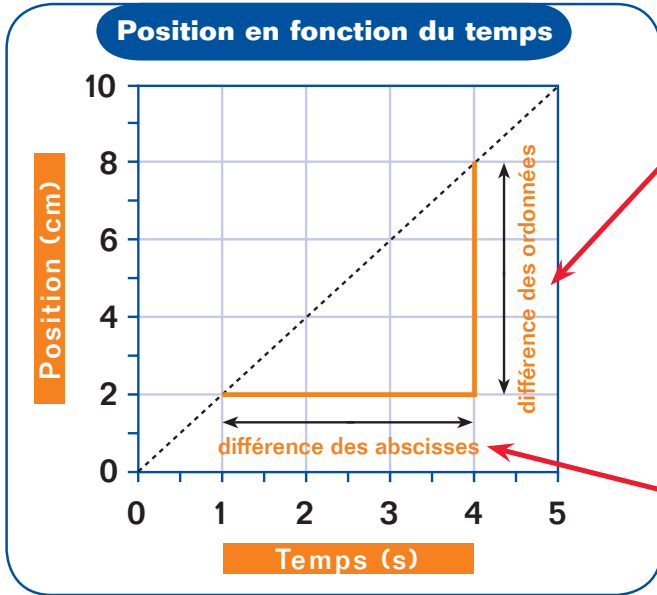
► Calcul de la pente

Choisis deux points sur une courbe de données, de préférence relativement éloignés l'un de l'autre en vue de réduire les sources d'erreur, et calcule la pente de la courbe. Note également, à partir du graphique « position en fonction du temps », les équations suivantes :

$$\text{différence des ordonnées} = d_2 - d_1 = \Delta d$$

et

$$\text{différence des abscisses} = t_2 - t_1 = \Delta t$$



$$\text{différence des ordonnées} = d_2 - d_1$$

$$\text{différence des ordonnées} = 8 - 2$$

$$\text{différence des ordonnées} = 6$$

$$\text{différence des abscisses} = t_2 - t_1$$

$$\text{différence des abscisses} = 4 - 1$$

$$\text{différence des abscisses} = 3$$

EXERCICE

- Pour chacune des situations suivantes, dessine un diagramme en y indiquant un point de référence et la direction. Calcule la vitesse vectorielle moyenne dans chaque situation.
 - Une bicyclette parcourt 36 km en 1,2 heure.
 - Un piéton met 2 secondes à courir 17 m vers un arrêt d'autobus.
 - Un automobiliste met 18 secondes à passer 6 poteaux de téléphone, chacun espacé de 50 m.
 - Une auto miniature se déplace sur une piste du point +2 cm au point +26 cm en 0,5 seconde.
- Selon ton expérience à toi, dans chacune de ces situations, les objets et les personnes se déplacent-ils lentement, à une vitesse normale, rapidement, ou encore à une vitesse irréaliste?

3. Un rouliplanchiste se déplace à 2 m/s à partir du coin de la rue. Si tu prends le coin de la rue comme point de référence, quelle distance le rouliplanchiste aura-t-il parcourue en 3,5 secondes?
4. Que signifie un excès de vitesse par rapport au déplacement sur une grande route?
5. Une auto miniature quitte le bas de la rampe à une vitesse constante de 1,5 m/s et s'engage sur la partie horizontale de la piste. Si le bout de la rampe est situé au point -12 cm et que l'automobile arrive au bout de la piste en 0,4 seconde, quelle est la longueur de la piste? Joins un diagramme à tes calculs et indique le point de référence.

Conversion de m/s en km/h

Exemple : Convertis 4 m/s en km/h.

$$1 \text{ m} = 0,001 \text{ km} \quad 4 \text{ m} = 0,004 \text{ km}$$

Il s'agit donc de diviser les mètres par 1000.

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} \text{ et } 1 \text{ min} = 60 \text{ secondes}$$

$$1 \text{ h} = 60 \times 60 = 3\,600 \text{ secondes}$$

$$1 \text{ seconde} = \frac{1}{3\,600} \text{ heure}$$

$$4,0 \text{ m/s} = \frac{\frac{4,0}{1\,000}}{\frac{1}{3\,600}} \text{ km/h}$$

ET

$$4,0 \text{ m/s} = \frac{4,0}{1} \times \frac{3\,600}{1\,000} \text{ km/h}$$

$$4,0 \text{ m/s} = \frac{4,0}{1} \times 3,6 \text{ km/h}$$

$$4,0 \text{ m/s} = 14,4 \text{ km/h}$$

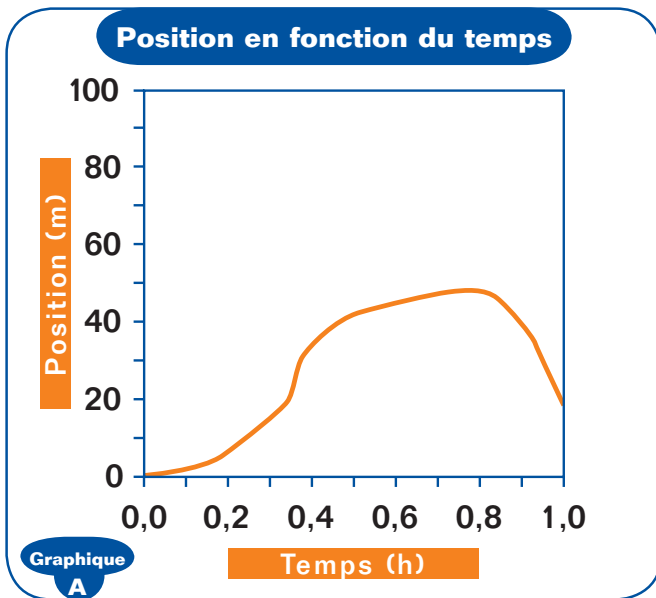
Méthode simple de conversion :

Il suffit de multiplier les « m/s » par 3,6 pour obtenir les « km/h ».

Vitesse vectorielle instantanée

La vitesse vectorielle moyenne décrit la vitesse d'un objet dans un intervalle de temps, tandis que la vitesse vectorielle instantanée correspond à la vitesse de l'objet à un moment précis. Si la vitesse de déplacement est uniforme, la vitesse vectorielle moyenne est égale à la vitesse vectorielle instantanée. Les données qui représentent un déplacement uniforme tracent une ligne droite sur un graphique « position en fonction du temps », tandis que les données qui représentent un déplacement non uniforme tracent une ligne courbe.

Le graphique A « position en fonction du temps » représente le déplacement non uniforme d'un objet. En examinant la courbe, peux-tu déterminer les moments où l'objet se déplaçait plus lentement et les moments où il se déplaçait plus rapidement?

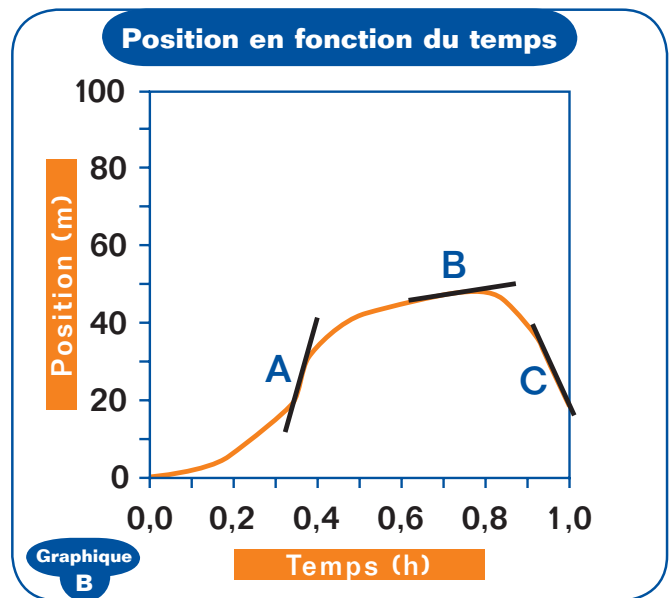


Rappelle-toi que la pente de la courbe d'un graphique « position en fonction du temps » représente la vitesse vectorielle instantanée. Un objet qui se déplace rapidement tracera une courbe à pente prononcée et un objet qui se déplace lentement tracera une courbe à pente plus douce (graphique B).

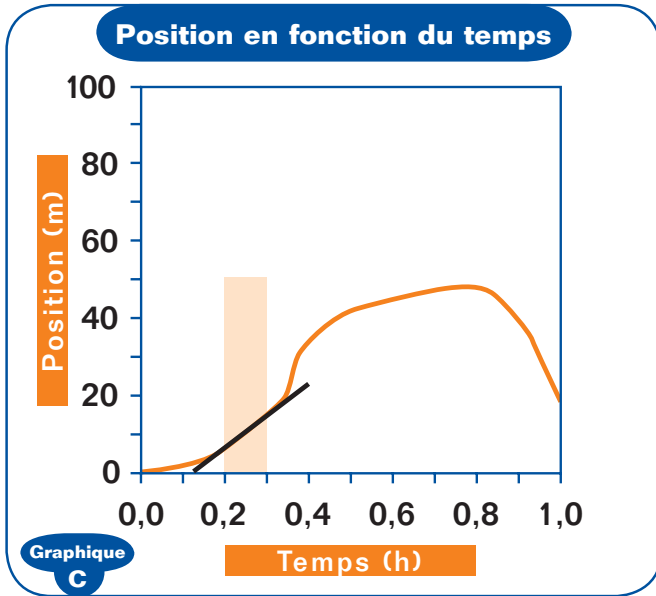
Au point A – la pente est prononcée et le déplacement est rapide.

Au point B – la pente est moins prononcée et le déplacement est plus lent.

Au point C – la pente est de nouveau prononcée et le déplacement est rapide, mais dans la direction opposée.



Dans la plupart des cas, il est possible de déterminer avec une certaine précision la vitesse vectorielle instantanée en choisissant un intervalle relativement court, car le segment de ligne qui joint les deux extrémités de l'intervalle est presque droit. Par exemple, la pente de la ligne droite tracée entre les points $t = 0,2$ et $t = 0,3$ de la ligne du temps se rapproche beaucoup de la pente de la courbe (voir graphique C).



La vitesse vectorielle moyenne de cet intervalle est la suivante :

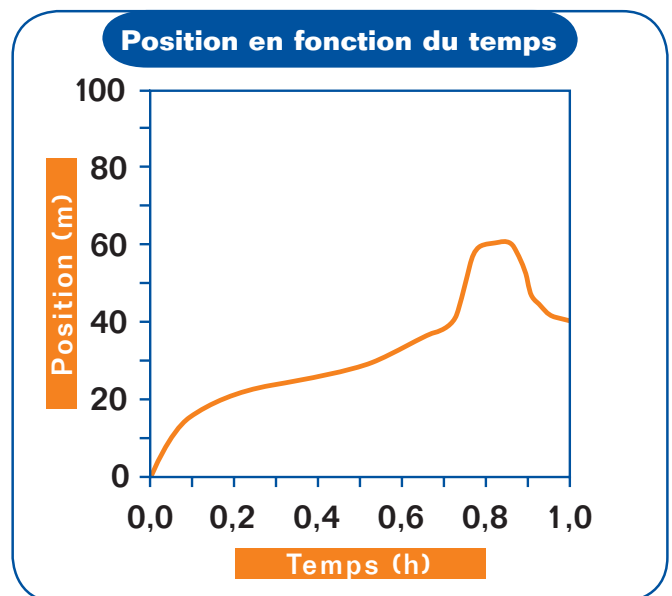
$$v_{\text{moy}} = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad v_{\text{moy}} = \frac{20 - 10}{0,3 - 0,2}$$

$$v_{\text{moy}} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} \quad v_{\text{moy}} = 100 \text{ km/h}$$

La vitesse vectorielle moyenne se rapproche beaucoup de la vitesse vectorielle instantanée à mi-chemin de l'intervalle. Dans le cas présent, le point milieu est 0,25 h (entre $t = 0,2$ et $t = 0,3$). La vitesse vectorielle à cet instant se rapproche beaucoup de 100 km/h et s'exprime ainsi en mathématiques : $v_{0,25} = 100 \text{ km/h}$

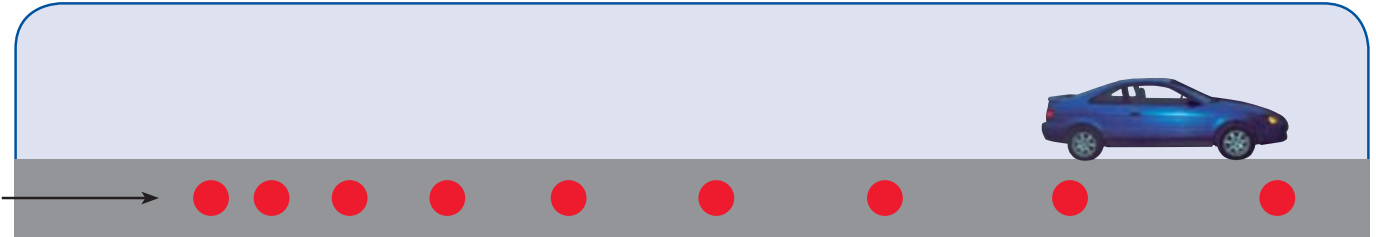
EXERCICE

- En t'inspirant du graphique « position en fonction du temps » ci-dessous, nomme un objet qui pourrait se déplacer de cette façon et justifie ta réponse.
- Calcule la vitesse vectorielle moyenne entre les points suivants et juge si elle se rapproche sensiblement de la vitesse vectorielle instantanée à mi-chemin de l'intervalle.
 - $t_1 = 0 \text{ h}$ et $t_2 = 0,1 \text{ h}$
 - $t_1 = 0,2 \text{ h}$ et $t_2 = 0,4 \text{ h}$
 - $t_1 = 0,6 \text{ h}$ et $t_2 = 0,8 \text{ h}$



Accélération

Lorsqu'un automobiliste démarre au feu vert ou d'une place de stationnement, il augmente graduellement sa vitesse de déplacement. De la vitesse zéro, il roule bientôt à la limite affichée sur la route. Quand un véhicule va plus vite ou qu'il ralentit, on dit qu'il accélère ou qu'il décélère.



ACTIVITÉ DE GROUPE :

Te souviens-tu des points sur l'acétate qui représentaient la descente de l'auto miniature? As-tu remarqué que la distance entre les points augmentait par rapport à des intervalles de temps égaux? À mesure que l'auto accélère, la distance entre les points augmente. En te servant de l'illustration ci-dessus ou des données que tu as notées à la page 11, mesure la distance entre les points de chaque intervalle du parcours de la petite auto et remplis le tableau C. Dessine ensuite un graphique en reportant les données de position sur l'axe y et les données de temps sur l'axe x.

Il est facile de confondre les notions de « vitesse » et d'« accélération ».



N'oublie pas que la vitesse implique un changement de position. Par ailleurs, pour qu'un véhicule accélère, sa vitesse doit changer.

Tableau C

Position (cm)	Temps (s)
	0
	1
	2
	3
	4
	5

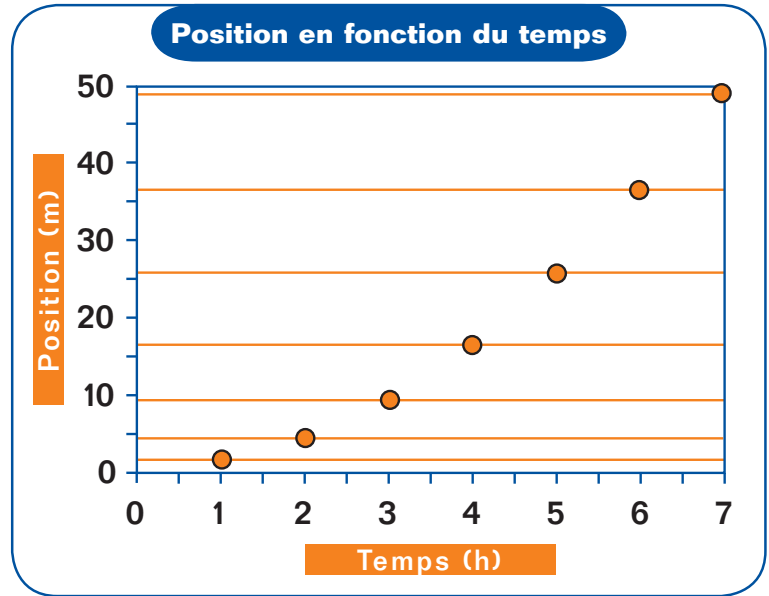
Modèle seulement.
N'écris rien ici.

Pensez-y!

1. Ton graphique représente-t-il un déplacement uniforme ou non uniforme?
2. Que peux-tu conclure de l'espacement des points et de la vitesse de l'automobile?
3. Que peux-tu conclure à propos de l'accélération de l'automobile?

Selon le graphique « position en fonction du temps » ci-contre, d'un intervalle de temps à l'autre la courbe monte vers la droite, parce que l'espace entre les points augmente. On peut tracer des lignes de référence sur le graphique, ce qui permet de constater que les points de la courbe correspondent à l'espacement des points sur l'auto.

Pour connaître le changement de vitesse vectorielle, il faut d'abord construire un graphique de la vitesse vectorielle instantanée à divers moments donnés. Dans un premier temps, remplis le tableau D afin de connaître la vitesse moyenne pour chaque intervalle de temps.



Pour déterminer le changement de vitesse vectorielle, il faut établir un graphique « vitesse vectorielle instantanée en fonction du temps ».



Tableau D

Temps (s)	Position (cm)	Vitesse vectorielle moyenne (cm/s)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Modèle seulement. N'écris rien ici.

Directives relatives au graphique

1. Calcule d'abord la vitesse vectorielle moyenne pour chaque intervalle (tableau D).
2. N'oublie pas que la vitesse vectorielle moyenne d'un intervalle se rapproche beaucoup de la vitesse vectorielle instantanée à mi-chemin de l'intervalle. Remplis le tableau E à l'aide des données du tableau D et dessine un graphique « vitesse vectorielle en fonction du temps ».

Tableau E

Vitesse vectorielle (cm/s)	Temps (s)
	0,5
	1,5
	2,5
	3,5
	4,5
	5,5
	6,5

Modèle seulement.
N'écris rien ici.

Penses-y!

1. Comment la vitesse vectorielle change-t-elle dans cet exemple?
2. Dans le cas présent, quelle est la relation entre la vitesse vectorielle et le temps?
3. Que peux-tu conclure à propos de l'accélération?

► Analyse du déplacement accéléré

Comme la vitesse vectorielle change à un rythme constant, les données du graphique « vitesse vectorielle en fonction du temps » sont représentées par une ligne droite. La pente de la ligne correspond à la variation de la vitesse vectorielle en fonction du temps et représente l'accélération, ce qui peut s'écrire ainsi :

$$\text{accélération} = \frac{\text{changement de vitesse vectorielle}}{\text{temps écoulé}}$$

ou **SYMBOLIQUEMENT** :

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

L'accélération est une grandeur vectorielle dont la direction est toujours identique au changement de vitesse vectorielle.

EXERCICE

1. La vitesse vectorielle en m/s de différents objets au cours d'intervalles de temps réguliers est indiquée au tableau F. Dessine un graphique « vitesse vectorielle en fonction du temps » pour chacun des cas ci-dessous et décris le déplacement de chaque objet.

Tableau F

TEMPS	0 s	1 s	2 s	3 s	4 s
1 ^{er} cas	0	+4	+8	+12	+16
2 ^e cas	+24	+24	+24	+24	+24
3 ^e cas	+24	+16	+8	0	-8
4 ^e cas	+2	+4	+6	+8	+10

2. Compare le déplacement uniforme au déplacement non uniforme, en te servant des notions de position, vitesse vectorielle et accélération.
3. Calcule l'accélération dans chacun des cas suivants :
- Une automobile accélère de 0 km/h à 20 km/h en six secondes.
 - Un train traverse un boulevard à 10 km/h et commence à accélérer au moment où il sort de la ville. Trente minutes plus tard, le train croise une autre route à 60 km/h. Quelle est l'accélération moyenne du train au cours de ces trente minutes?
 - Un camion se déplaçant à 50 km/h change de voie pour dépasser un véhicule qui roule à une vitesse uniforme. Le camion met 6 secondes à atteindre 60 km/h.
 - Fais une estimation de ta propre accélération lorsque tu pars de zéro et que tu atteins ta vitesse maximale.
4. Dessine un graphique « position en fonction du temps » pour chacun des cas de la question précédente. Choisis et indique d'abord un point de référence, puis choisis une échelle qui convienne.

Déplacements de tous les jours

Il est plus compliqué d'étudier les déplacements dans la réalité de la vie de tous les jours que les déplacements théoriques que nous venons d'étudier. Des facteurs tels que le frottement doivent être pris en compte au cours de l'analyse. Pourtant, il est possible d'étudier les déplacements réels en appliquant les mêmes principes.

À l'aide d'une caméra vidéo, enregistre quelques séquences de déplacements réels, p. ex. une automobile ou un cycliste qui circule sur la route, un jouet électrique qui se déplace sur la table ou passe par-dessus des rampes, un patineur qui évolue sur la glace ou dans la rue, ou tout autre déplacement qui te semble particulièrement intéressant. Veille à ne pas bouger l'appareil lorsque tu enregistres les séquences que tu comptes analyser. Visualise ensuite le déplacement image par image en te servant d'une feuille d'acétate fixée à l'écran du téléviseur. Lorsque tu as assez de données, analyse-les et reconstitue le mouvement en termes de position, de déplacement, de vitesse vectorielle, d'accélération et de temps.



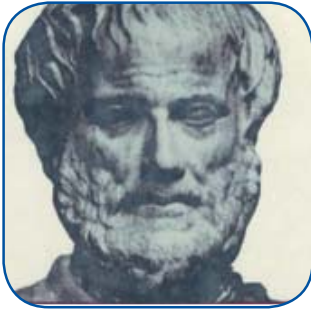
Penses-y!

Le diagramme suivant représente les traces de pas d'animaux dans la neige. À partir de ce que tu sais maintenant au sujet du déplacement, reconstitue ce qui s'est passé.



L'inertie

Le mouvement naturel selon Aristote



L'une des principales questions que l'on se pose sur le mouvement porte sur le mouvement naturel d'un objet. Autrement dit, comment un objet se comporterait-il si aucune force, aucune contrainte n'agissait sur lui? Aristote, le grand

philosophe grec, a réfléchi à cette question il y a plus de 2 500 ans.

C'est Aristote qui a donné la première description cohérente du monde naturel. Il a d'abord séparé l'univers en monde céleste et monde terrestre, les considérant comme deux domaines d'expérience distincts. Dans le monde céleste, celui des étoiles et des planètes, tout se déplace naturellement à vitesse constante en formant des cercles parfaits,

alors que dans le monde terrestre, la tendance naturelle des objets est de se déplacer vers le centre de l'univers, c'est-à-dire en direction de la Terre, puisque la représentation que les Grecs se faisaient de l'univers suivait un modèle géocentrique dans lequel la Terre occupait le centre.

La physique d'Aristote permet d'expliquer adéquatement l'une des lois les plus élémentaires du mouvement : « Tout ce qui monte doit redescendre. » D'après Aristote, tout mouvement qui n'est pas dirigé vers le haut ou vers le bas fait nécessairement intervenir une force qui agit sur l'objet. Il qualifiait cette force de mouvement violent. Selon la physique d'Aristote, il faut exercer une force sur l'objet pour le déplacer et maintenir cette force pour qu'il continue à se déplacer. Fais-en toi-même l'expérience. Pousse un livre sur une table, puis retire ta main du livre : le livre s'arrête.



Le mouvement naturel selon Galilée

Galilée a remis en question la physique d'Aristote. Il était persuadé que, dans la réalité, le mouvement était beaucoup plus complexe que ça. La raison pour laquelle le livre s'arrête, c'est qu'il y a toujours frottement entre le livre et la table. Autrement dit, une autre force que la main agit sur l'objet. L'une des principales contributions de Galilée à la science a été de pouvoir imaginer un monde « idéal » dans lequel le frottement

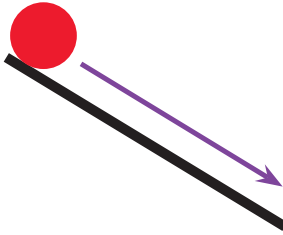
n'existerait pas. Il a mis son monde imaginaire à l'épreuve au moyen de raisonnements et de déductions. Il a réfléchi au comportement que les objets pourraient avoir dans un tel monde; puis il a transposé les principes qu'il en a dégagés et les a appliqués au monde réel.



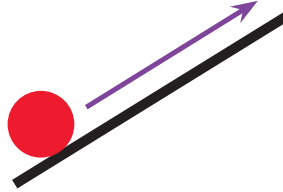
Ainsi, Galilée a soutenu que si on lâchait une balle sur un plan incliné, celle-ci prendrait de la vitesse en roulant. Au contraire, si on la faisait rouler vers le haut, elle perdrait de la vitesse.

Il a donc émis l'hypothèse que si le plan n'était pas incliné du tout, la balle ne prendrait pas de vitesse et n'en perdrait pas non plus. Elle continuerait indéfiniment à se déplacer à une vitesse constante.

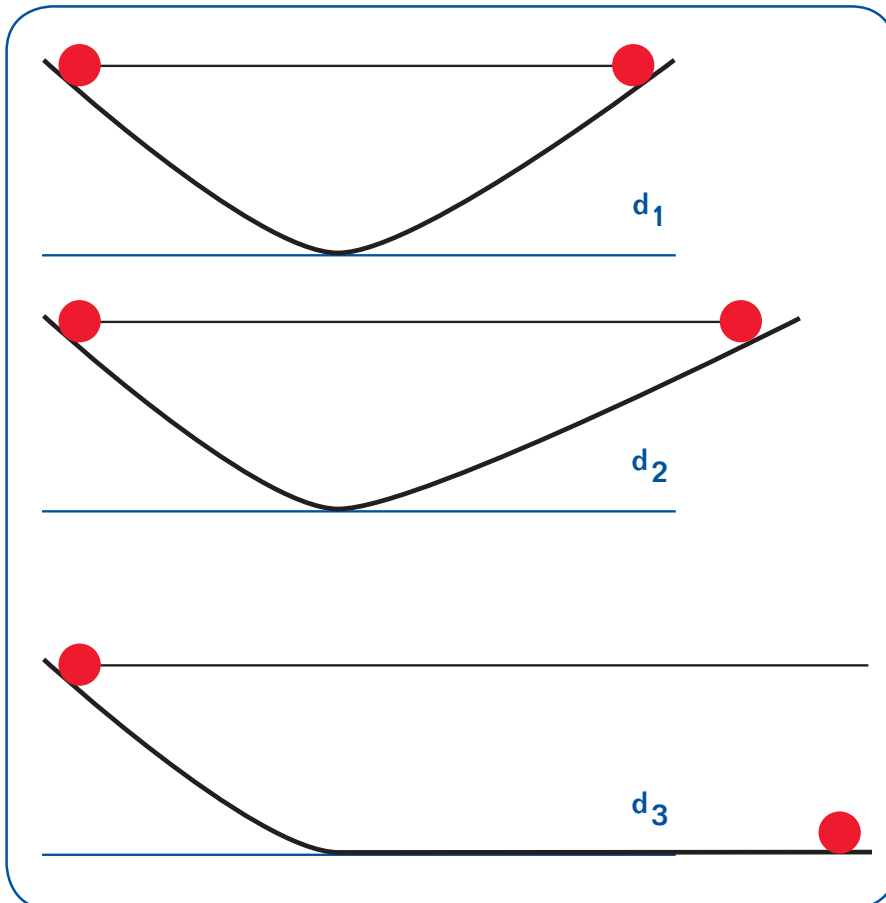
La balle accélère.



La balle ralentit.



La vitesse demeure constante.

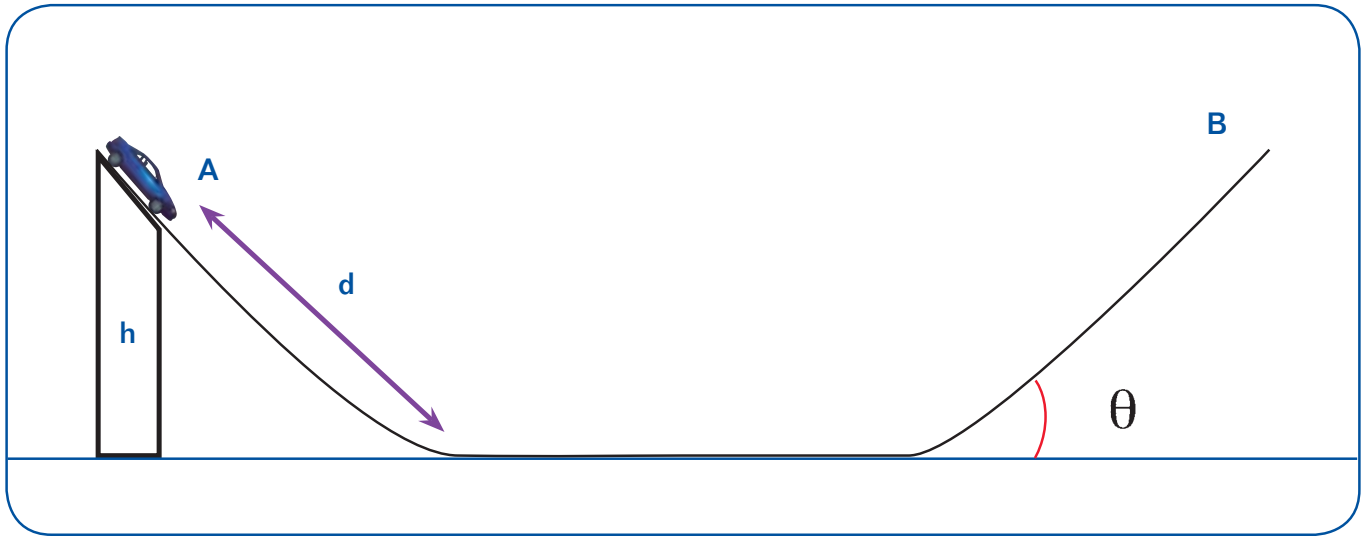


Dans une autre expérience imaginaire, Galilée fait rouler une sphère de haut en bas d'un plan incliné, en face duquel se trouve un autre plan incliné. Dans le monde « idéal » de Galilée, la sphère remonte le second plan incliné jusqu'à sa hauteur de départ (d_1). Si, toutefois, on réduit l'angle du second plan (d_2), la sphère devra parcourir une plus grande distance pour atteindre sa hauteur de départ. Si l'on réduit davantage l'angle du second plan (d_3) au point qu'il atteigne 0° (plan tout à fait horizontal), la sphère roulera indéfiniment, tâchant sans cesse d'atteindre la hauteur à laquelle elle a été lâchée.

ACTIVITÉ DE GROUPE: L'expérience imaginaire de Galilée

On peut reproduire l'expérience imaginaire de Galilée en utilisant des autos miniatures.

1. Installe une piste pour ta petite auto comme indiqué ci-dessous et mesure l'angle d'inclinaison de la rampe (θ). Choisis ta meilleure auto pour cette activité.



2. Mesure la hauteur à laquelle tu laisses aller ton auto (point A), puis mesure la hauteur à laquelle elle arrive de l'autre côté de la rampe (point B). Compare la hauteur de départ et la hauteur d'arrivée.
3. Mesure la distance parcourue par l'automobile pour descendre la rampe et celle qu'elle parcourt lorsqu'elle remonte de l'autre côté. Compare les deux distances.
4. Réduis l'angle de la partie ascendante de la rampe et fais partir l'automobile du même endroit que la première fois. Mesure et compare de nouveau la hauteur à laquelle l'auto arrive et la distance qu'elle a parcourue sur le second plan incliné.

Penses-y!

1. Quand on réduit l'angle d'inclinaison du second plan, quel effet cela a-t-il sur la distance parcourue par l'automobile sur la partie ascendante de la rampe? Pourquoi cette distance augmente-t-elle?
2. Si l'angle d'inclinaison de ce plan est de 0° , jusqu'où penses-tu que l'automobile ira?

Souviens-toi que Galilée a réfléchi au mouvement tel qu'il se produirait dans un monde abstrait. Il a expliqué que si l'on poussait un livre sur une table puis on retirait la main, une autre force, le frottement, freinait l'objet. Galilée était très intelligent et il a réfléchi longuement à la physique du mouvement. Il savait que la Terre était ronde et que ce que l'on concevait alors comme un monde plat faisait en réalité partie d'un cercle plus étendu. Il en a conclu qu'en l'absence de toute force, un objet continuerait à se mouvoir autour de la Terre en décrivant des cercles. Même si cet homme brillant a rejeté une grande partie des idées d'Aristote, il croyait lui aussi que le mouvement naturel de tout objet était un mouvement circulaire.

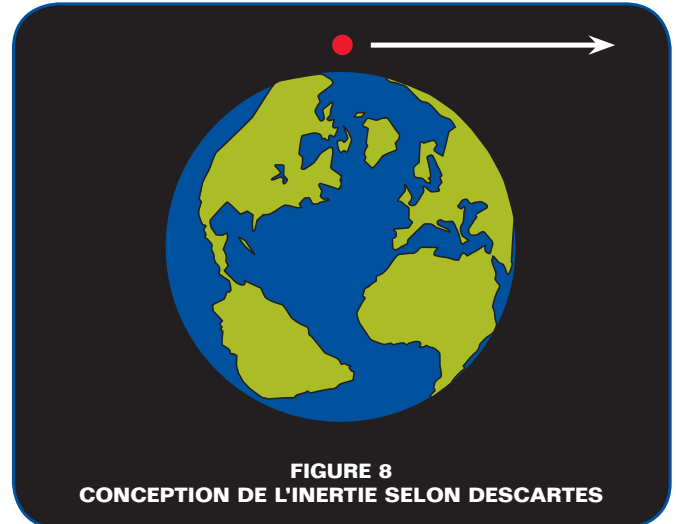
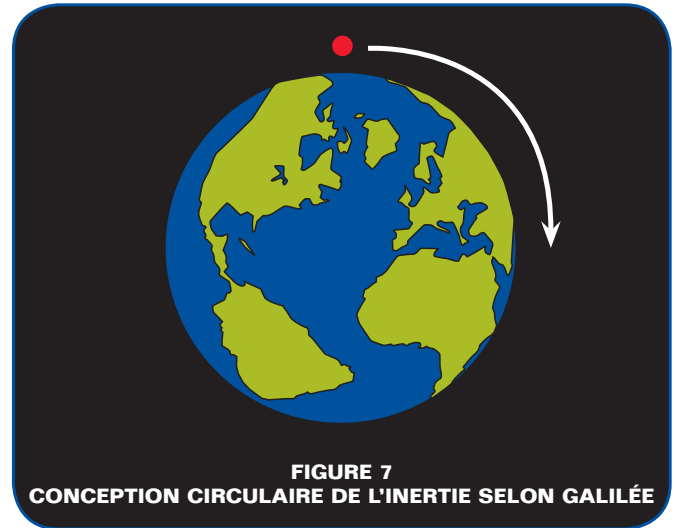
Un autre grand penseur de l'époque, René Descartes, a modifié l'idée de Galilée et a conclu que la tendance naturelle d'un objet était en fait de se mouvoir en ligne droite.

Bien que Descartes ait été le premier à avancer cette idée, c'est Isaac Newton qui a fait la synthèse du rapport entre force et mouvement dans son livre célèbre intitulé *Principes*. La propriété de la matière de résister aux changements de mouvement y est appelée la « force d'inertie ». Cette force est décrite par Newton dans sa première loi, sur la force d'inertie, qui s'énonce ainsi :

Un objet au repos reste au repos et un objet en mouvement reste en mouvement, à moins qu'une force extérieure non équilibrée n'agisse sur lui.

EXERCICE

1. Fais un croquis de la position d'un objet en mouvement inertiel en fonction du temps.
2. Constitue une série de données qui reflètent le mouvement inertiel.
3. Représente le mouvement inertiel sous forme de graphique.
4. Qu'entend-on par force extérieure non équilibrée?
5. Qu'est-ce qui manquait dans l'analyse du mouvement naturel faite par Aristote?
6. Qu'est-ce qui manquait dans l'analyse du mouvement naturel faite par Galilée?



La première loi de Newton et la « seconde collision »

Les lois de Newton s'appliquent à tous les objets en mouvement (et même à ceux qui ne le sont pas!). Les automobiles sont des objets qui se déplacent en respectant **toujours** la loi, du moins celle de Newton! D'après la première loi de Newton, un véhicule en mouvement restera en mouvement, se déplaçant dans la même direction et à vitesse constante, à moins qu'une force non équilibrée n'agisse sur lui. Ce principe s'applique également aux occupants et aux objets qui se trouvent dans le véhicule. Quand un véhicule en mouvement s'arrête subitement au moment d'une collision, les occupants qui ne sont pas attachés vont continuer à se déplacer à la même vitesse et

dans la même direction jusqu'à ce qu'ils soient soumis à une autre force. On donne souvent à cette force le nom de « seconde collision ». Même si l'on dit que l'occupant a été « éjecté » du véhicule, en fait, il n'a fait que continuer à se déplacer de manière inerte jusqu'à ce qu'il entre lui-même en collision avec une force extérieure non équilibrée. Dans la prochaine expérience, nous allons examiner certains des facteurs qui déterminent la distance à laquelle un occupant sans ceinture de sécurité va être projeté. Mais nous devons tout d'abord apprendre à régler la vitesse à laquelle se déplacent nos petites autos.

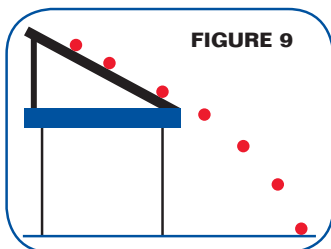
Vitesse d'une automobile sur un plan incliné

Pour réaliser les expériences ci-dessous, il est nécessaire de savoir régler la vitesse d'une auto miniature sur un plan incliné. Puisque la vitesse augmente au fur et à mesure que l'auto roule vers le bas du plan incliné, il faut choisir, sur ce plan, un point de départ bien précis pour que sa vitesse augmente à un rythme établi à l'avance. Il y a différentes façons de procéder; nous en présentons deux ci-dessous : le calibrage du plan incliné et le raisonnement traditionnel.

► Le calibrage du plan incliné

Installe une rampe au bord d'une table et mesure soigneusement l'angle d'inclinaison (figure 9). Le bas de la rampe devrait être légèrement plié vers le bas de façon à se fondre dans le plan horizontal de la table.

Si on relâche une bille à un point déterminé de la rampe, elle accélérera et atteindra en bas la vitesse v_1 , puis sera projetée horizontalement à cette même vitesse. Au moment où la bille



quitte le plan incliné, la gravité la fait accélérer, mais à la verticale cette fois-ci. En effet, si on fait abstraction de la résistance de l'air, il n'y a aucune force qui agit sur la bille dans son mouvement à l'horizontale. Par conséquent, la bille s'éloigne de la table à vitesse constante.

On peut vérifier que cela se passe ainsi en enregistrant l'expérience avec une caméra vidéo. En repassant les images une à une et en mesurant la distance parcourue à l'horizontale par le projectile, on remarque que la distance est constante. Ainsi, si

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

alors

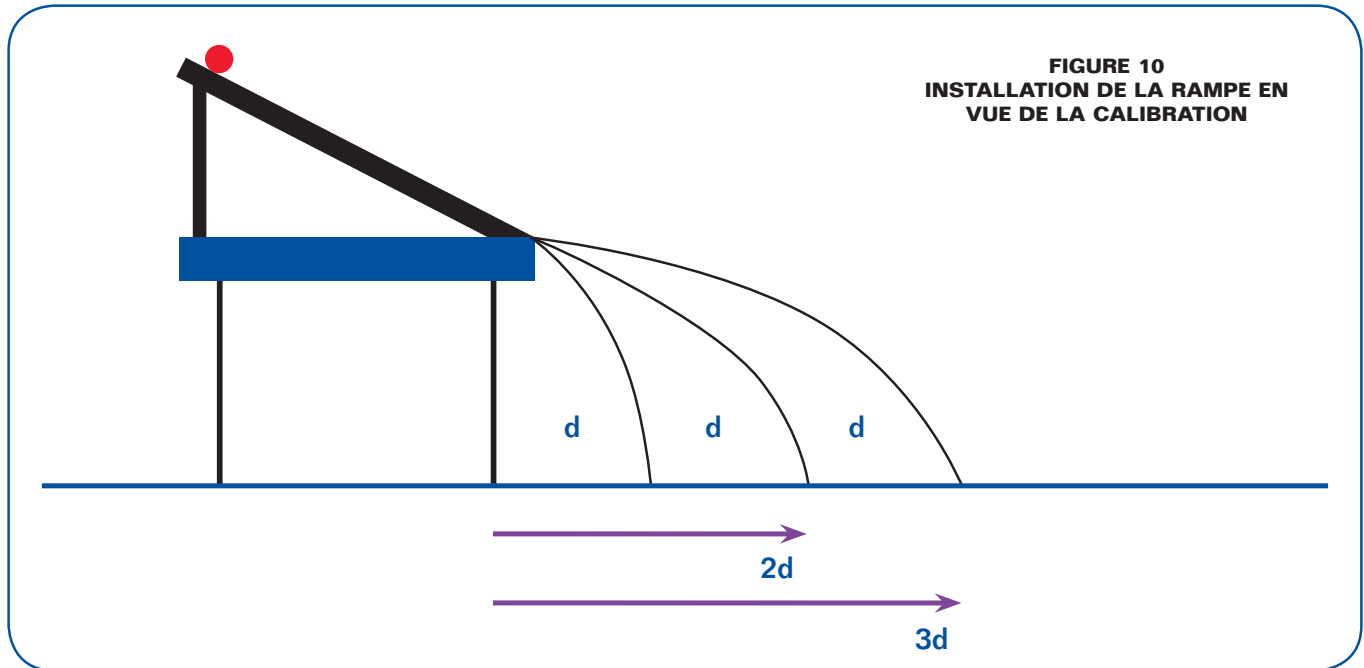
$$\Delta d = v \Delta t$$

Autrement dit, la distance parcourue par la bille depuis le bout de la table est proportionnelle à la vitesse acquise au moment où elle quitte la rampe. Donc, si on trouve les points précis sur le plan incliné où il faut, lors d'essais successifs, placer la bille pour que les distances parcourues depuis le bout de la table soient toujours égales, on pourra affirmer que la vitesse a augmenté à un taux constant.

► Comment calibrer un plan incliné

La distance « d » n'a pas grande importance. Elle dépend de l'angle de la rampe et de la hauteur de la table. Détermine la distance de manière à obtenir au moins 5 ou 6 vitesses à partir de la rampe, c'est-à-dire normalement entre 12 et 15 centimètres. Dans l'exemple suivant, $d = 12$ cm.

Pour ne pas endommager ta petite auto, utilise une bille qui, en étant relâchée à mi-hauteur de la rampe, parcourra la même distance que l'auto.

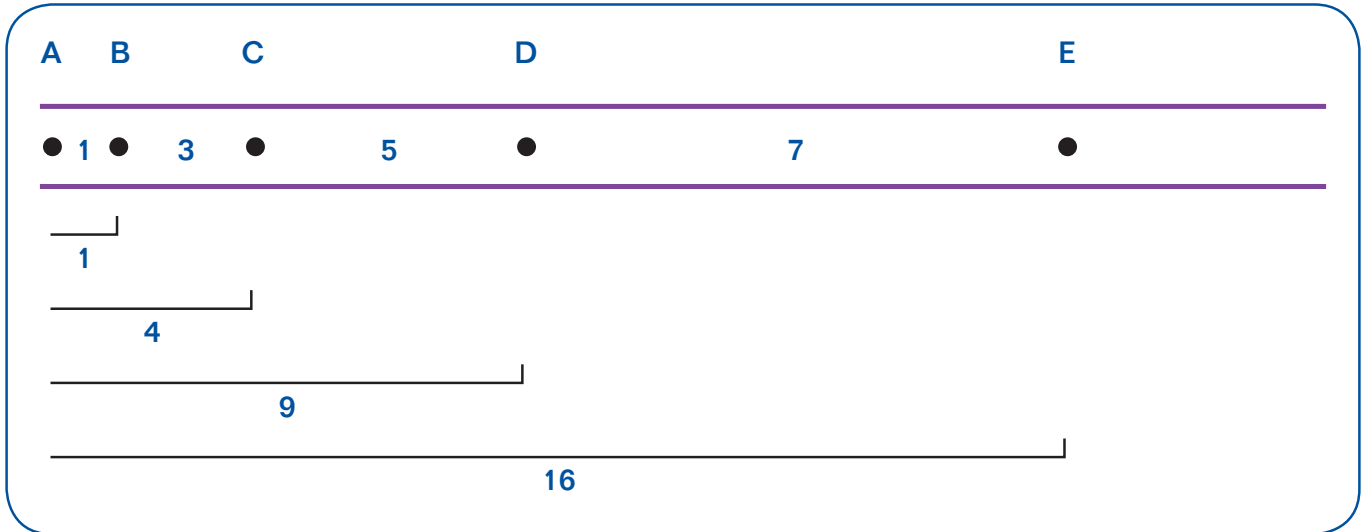


1. Place un objet étroit (un crayon, par exemple) sur le sol à 12 cm du bord de la table (d_1) puis trouve le point de départ correspondant sur la rampe de façon que la bille atterrisse sur cet objet. Admettons que la bille relâchée de cet endroit a une vitesse $v = 1$ (unité de mesure arbitraire). Marque ce point de départ avec du ruban à masquer.
2. Ensuite, place le crayon au point $2d$ (si $d = 12$ cm, $2d = 24$ cm), puis refais la même démarche. Si la bille atterrit sur $2d$, sa vitesse sera de $2v$.
3. Répète la même démarche pour les distances $3d$, $4d$ et $5d$ (soit 36, 48 et 60 cm). Maintenant, ta rampe est calibrée. Ne change pas l'angle de la rampe pour réaliser ton expérience. Si tu le changes, il faudra refaire le calibrage.

Le raisonnement traditionnel

Galilée a montré qu'un objet en accélération (qu'il soit en chute libre ou qu'il descende un plan incliné) parcourt une distance qui s'exprime

en chiffres impairs (1, 3, 5, 7, etc.) par intervalle de temps égal. Autrement dit, ce que l'on aurait vu sur le ruban à points de Galilée (s'il en avait eu un!) aurait ressemblé à ceci :



Puisque l'objet connaît une accélération constante (du fait de la gravité), la vitesse doit augmenter proportionnellement au nombre d'intervalles. Ainsi, la vitesse au point C sera deux fois plus grande que la vitesse au point B, la vitesse au point D sera trois fois plus grande que la vitesse au point B, et ainsi de suite. Comme la distance à partir du point d'origine s'accroît selon le modèle suivant : 1, 4, 9, 16 (il faut additionner le déplacement de l'objet lors de chaque essai), on sait que, si on relâche une petite automobile aux points correspondants sur le plan incliné, sa vitesse va s'accroître elle aussi dans la même proportion. Pour accroître les écarts de vitesse, multiplie ce modèle de base par une valeur constante. Pour réaliser cette expérience, commence par une échelle de 5 cm. Le tableau H dresse la liste des points d'origine d'un plan incliné typique.

Tableau H

Rapport requis	Facteur d'échelle	Point d'origine (cm)	Vitesse relative
1	x 5	5	1
4	x 5	20	2
9	x 5	45	3
16	x 5	80	4
25	x 5	125	5

Penses-y!

1. Compare ton calibrage avec le modèle 1, 4, 9, 16, 25 établi par Galilée. (Pour trouver ton modèle, divise chaque point d'origine par sa première valeur.)
2. Quelle est la signification mathématique du modèle 1, 4, 9, 16, 25?

► La force d'inertie et l'occupant sans ceinture de sécurité

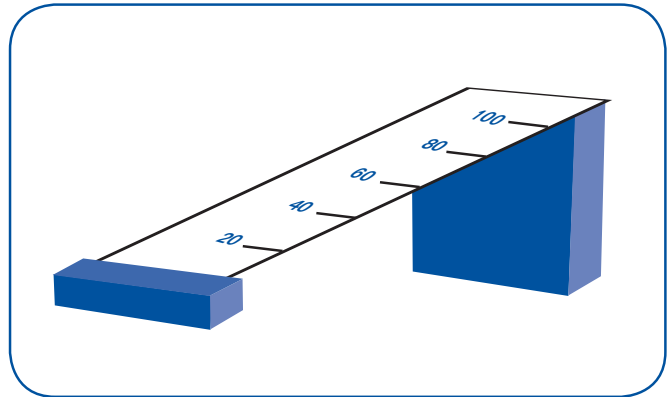
Lorsqu'un accident d'automobile se produit, il n'est pas rare que les occupants soient « éjectés » du véhicule. Selon les lois de la physique, au moment d'une collision (arrêt abrupt), la force d'inertie des occupants les transporte jusqu'à ce que des forces extérieures les arrêtent (n'oubliez pas qu'un objet en mouvement reste en mouvement, à moins que des forces non équilibrées n'agissent sur lui). Dans ce cas-ci, les forces externes en question sont le sol, un arbre, un bâtiment ou quelque autre objet fixe. Autrement dit, dans chaque collision, il y a en réalité deux collisions : celle du véhicule et celle des occupants.

Expérience 2 L'INERTIE ET L'OCCUPANT NON ATTACHÉ

Dans cette activité, nous étudierons le rapport entre la distance parcourue par l'occupant sans ceinture de sécurité et la vitesse du véhicule lors d'une collision.

Déroulement de l'expérience

1. Aménage un plan incliné et installe un obstacle au bout de la rampe. Marque sur le plan les divers points d'où partira ton auto miniature (voir plus haut comment calibrer un plan incliné).
2. Fabrique un « occupant » en pâte à modeler et pose-le à l'avant de ta petite auto.
3. Relâche ta petite auto de façon que la vitesse s'accroisse à intervalles réguliers en descendant la rampe et note la distance à laquelle l'occupant est projeté après la collision avec l'obstacle.
4. Après 3 essais, calcule la distance moyenne à laquelle l'occupant est projeté.



Vitesse	1 ^{er} essai (cm)	2 ^{er} essai (cm)	3 ^{er} essai (cm)	Distance moyenne (cm)	Remarques
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Modèle seulement.
N'écris rien ici.

Penses-y!

1. Dessine un graphique représentant la distance moyenne à laquelle l'occupant est projeté en fonction de la vitesse de l'automobile.
2. D'après le graphique, quelles conclusions peux-tu tirer concernant le rapport entre la distance parcourue par un objet qui n'est pas attaché et la vitesse de l'automobile?
3. Quels sont les autres facteurs (en dehors de la vitesse) qui influent sur la distance parcourue par l'occupant d'un essai à l'autre?

► Le coin des inventeurs

Invente une expérience permettant « d'illustrer » la force d'inertie et son action sur un occupant sans ceinture de sécurité. Il te faudra un appareil pour propulser un objet à différentes vitesses, lesquelles s'accroîtront de façon régulière, et aussi un objet capable de s'arrêter toujours de la même façon.

► Résumé

On qualifie d'« exponentiel » le rapport qui existe entre la distance à laquelle un occupant est projeté et la vitesse du véhicule. De tels rapports sont fréquents dans le monde idéal décrit par les équations de la physique. Dans le monde réel, le rapport exponentiel signifie qu'au fur et à mesure qu'une variable augmente, l'autre augmente encore plus vite. Ainsi, si l'on double la vitesse d'une automobile, la distance à laquelle l'occupant sera projeté au moment de la collision sera plus du double de la distance initiale. Autrement dit, la vitesse tue!

Dans les expériences concrètes que tu as réalisées, tu as pu constater que la distance à laquelle l'occupant est projeté varie d'un essai à l'autre. La taille, le physique et les membres de l'occupant, l'angle auquel il heurte le sol et dérape sont autant d'éléments qui déterminent son point de chute. Les calculs abstraits montrent cependant que si on double la vitesse à laquelle une automobile entre en collision avec un objet, l'occupant est projeté à une distance multipliée par quatre!

► La vitesse tue!

On est souvent tenté de dépasser la vitesse autorisée. Pourtant, les lois de la physique nous invitent à évaluer sérieusement les risques associés à la vitesse. Le passé nous en donne aussi des exemples. Dans les années 1970, à l'époque de la crise du pétrole, le gouvernement américain a réduit les limites de vitesse dans le but de réaliser des économies d'énergie. Le nombre d'accidents et de morts sur la route s'en est trouvé alors considérablement réduit.



Penses-y!

1. Quel est le rapport abstrait entre la distance à laquelle un objet non attaché est projeté et la vitesse de cet objet?

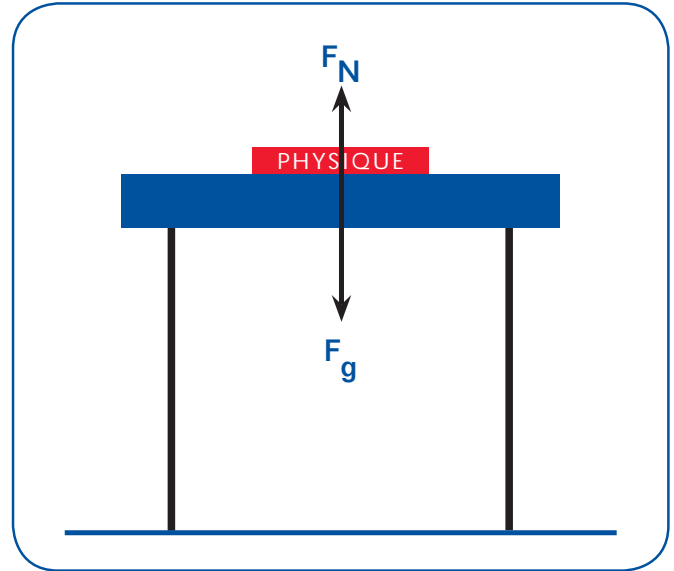
Forces et mouvement

Selon la première loi de Newton sur l'inertie, tout corps au repos ou en mouvement demeure au repos ou en mouvement à moins qu'une force extérieure non équilibrée n'agisse sur lui. Un livre posé sur la table, par exemple, reste immobile, même s'il subit la force de gravité qui le tire vers le bas. En effet, cette force est contrebalancée par la force de la table sur laquelle repose le livre, appelée force normale ou F_N . Si on retirait la table, l'équilibre entre les deux forces serait brisé et le livre tomberait par terre. Il y a inégalité de forces si l'une d'entre elles n'est pas annulée par l'autre.

Il y a de multiples façons d'exercer une force non équilibrée sur un objet. On peut tirer l'objet avec un fil ou une corde, le pousser ou se servir de la force de gravité, de la force électrique ou de la force magnétique. Même la force de frottement peut avoir un effet déstabilisateur s'il n'y a pas d'autres forces en jeu.

Machine d'Atwood

En 1784, George Atwood publie l'un des premiers ouvrages sur la mécanique newtonienne, un traité sur le mouvement rectiligne (*A Treatise on the Rectilinear Motion*) dans lequel il décrit un appareil servant à étudier les lois de la chute des corps. Le physicien britannique suspend deux poids inégaux aux extrémités d'un fil léger passant sur une poulie à frottement très faible. Il s'en sert pour mesurer l'accélération de masses diverses. Nous utiliserons un système légèrement différent pour illustrer les liens qui existent entre la force, la masse et l'accélération, d'une part, et un chariot dynamique d'autre part.



Penses-y!

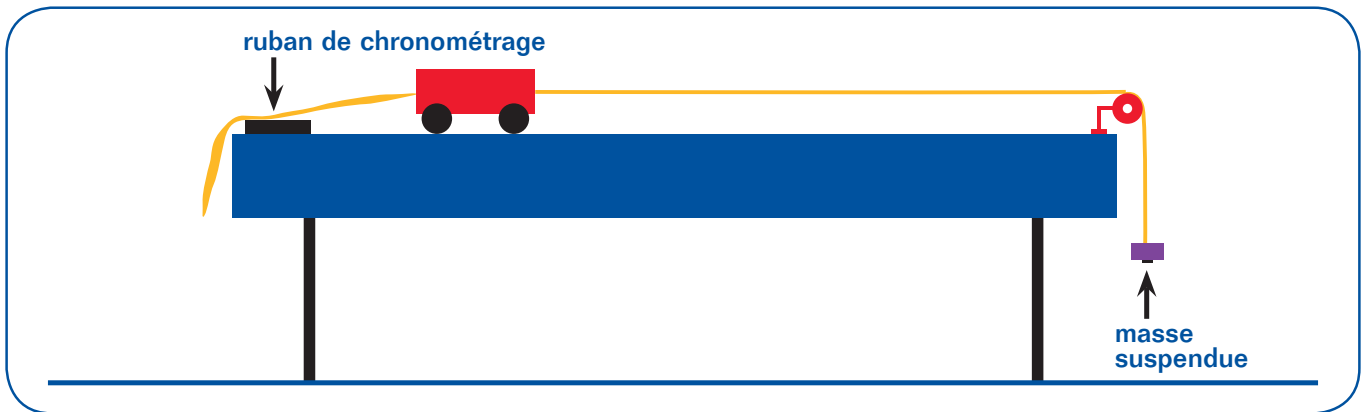
1. Résume les forces agissant sur une automobile qui, au départ d'un feu vert, accélère, ralentit et vire à gauche dans une entrée puis s'arrête en freinant.
2. Dessine un diagramme des forces qui agissent sur cette voiture. Dessine un nouveau diagramme chaque fois qu'il y a un changement de forces.

Expérience 3 FORCE ET ACCÉLÉRATION

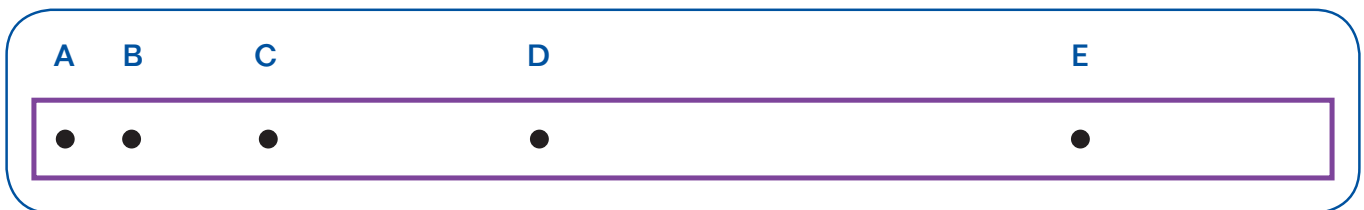
La première loi de Newton prédit le comportement d'un objet au repos ou en mouvement en l'absence de forces inégales. Mais qu'arrive-t-il à l'objet en présence d'une force non équilibrée?

Procédure

1. Installe l'appareil illustré ci-dessous comportant un ruban de chronométrage à points, un chariot dynamique et un système poulie-masse.



2. Utilise une méthode semblable à celle du chapitre 2 pour mesurer le mouvement du chariot. Mets le ruban de chronométrage en marche au même moment où tu laisses tomber la masse. (Un détecteur de mouvement ou une caméra vidéo peut également servir à cette fin.) La force de gravité qui agit sur la masse et tire le chariot demeure constante. Examine l'espacement des points sur le ruban, ce qui devrait ressembler à ceci :



Penses-y!

1. À partir de l'espacement des points sur le ruban, quelles conclusions peux-tu tirer par rapport à la relation entre une force constante et le mouvement?

Lien avec les mathématiques

Un graphique « vitesse vectorielle instantanée en fonction du temps » permet d'étudier avec plus de précision le changement de vitesse. Répète l'exercice du chapitre 2 en copiant et en remplissant les tableaux C, D et E des pages 18 à 20, et dessine un graphique « vitesse vectorielle en fonction du temps ». Rappelle-toi que la vitesse vectorielle moyenne au cours de l'intervalle entre deux points se rapproche beaucoup de la vitesse vectorielle instantanée à mi-chemin de l'intervalle. En examinant le graphique « vitesse vectorielle en fonction du temps », quelles conclusions peux-tu tirer par rapport à la relation entre force constante et mouvement?

► Résumé

L'espacement entre les points indique qu'une force constante se traduit par une accélération du chariot. C'est ce que révèle la ligne du graphique « vitesse vectorielle en fonction du temps », qui est droite et confirme la nature constante de l'accélération. Ainsi, une force constante produit une accélération constante. Jusqu'ici, nous avons vu que :

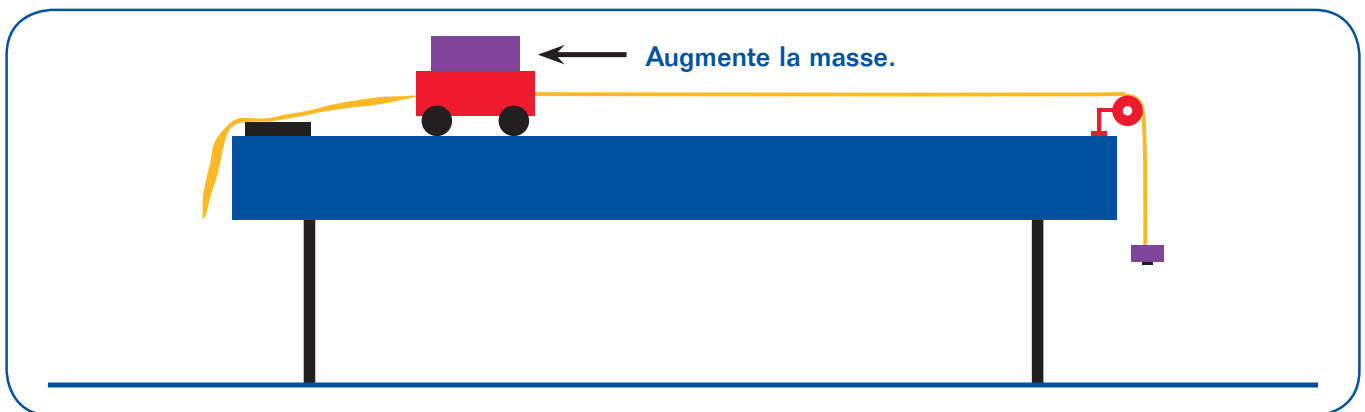
- si la force agissant sur un objet est nulle, l'accélération de l'objet est également nulle (inertie);
- si on exerce une force constante sur un objet, il accélérera de façon constante.

Penses-y!

1. Construis et compare deux schémas conceptuels sur la force et le mouvement, l'un illustrant la notion des « forces équilibrées », l'autre la notion des « forces non équilibrées ».

Expérience 4 MASSE ET ACCÉLÉRATION

Pour connaître la relation entre la masse et l'accélération, répète l'expérience 3 à plusieurs reprises en augmentant la masse du chariot d'une fois à l'autre et détermine chaque fois l'accélération du chariot.



Penses-y!

1. En examinant les données, quelles conclusions peux-tu tirer par rapport à la relation entre la masse et l'accélération?

► Lien avec les mathématiques

Un graphique « masse en fonction de l'accélération » permet de mieux évaluer la relation entre ces deux éléments. Décris la courbe du graphique. D'après le graphique, quelles conclusions peux-tu tirer par rapport à la relation entre la masse et l'accélération?

Expérience 5 FORCE ET MASSE

Pour connaître la relation entre la force et la masse, répète la même expérience en doublant la masse du chariot et en exerçant des forces d'intensité différente, jusqu'à ce que tu trouves la force qui produit une accélération identique à celle relevée lors de l'expérience initiale.

Résumé

Nous savons désormais par expérience que plus la masse d'un objet est grande, plus il est difficile d'en augmenter la vitesse. Comme la masse représente une résistance au mouvement, plus elle est grande, plus il faut exercer de force sur l'objet pour l'accélérer. Un examen attentif de diverses combinaisons permet de constater qu'il faut doubler la force pour produire la même accélération d'un objet dont nous avons doublé la masse : la force est donc proportionnelle à la masse (en termes mathématiques).

L'expérience nous apprend également que l'accélération produite en poussant un objet lourd est plus difficile à réaliser qu'avec un objet plus léger. La courbe des données de plusieurs expériences, tracée sur un graphique « masse en fonction de l'accélération », est inversée (si la force est constante), ce qui implique que l'accélération diminue exactement dans la même proportion à laquelle la masse augmente. Ici, les résultats de l'analyse mathématique et ceux de nos expériences concordent.

Penses-y!

1. En examinant les données, quelles conclusions peux-tu tirer par rapport à la relation entre la force et la masse?

La force et l'accélération sont des notions importantes à comprendre avant de prendre le volant, car les véhicules ne cessent de s'arrêter et de redémarrer, particulièrement dans la circulation. N'oublions pas plus la force est grande, plus l'accélération est rapide. Ainsi, le véhicule qui se déplace plus vite qu'un autre parcourra une plus grande distance dans le même espace de temps, et son conducteur aura plus de difficulté à réagir correctement aux imprévus et aux obstacles de la route. Comme les jeunes enfants ont souvent de la difficulté à juger la distance qui les sépare d'un véhicule en marche, le conducteur doit veiller à ne pas accélérer trop vite et à rouler à une allure raisonnable.

Penses-y!

1. Les rubans à points suivants illustrent la distance parcourue d'un intervalle à l'autre par deux automobiles au départ d'un feu de circulation. Un peu plus loin sur la route, près d'un terrain de jeux où il y a des enfants, une balle roule sur la chaussée. Rédige un paragraphe qui explique à un apprenti conducteur la situation en termes de force et de mouvement.

Auto A



Auto B

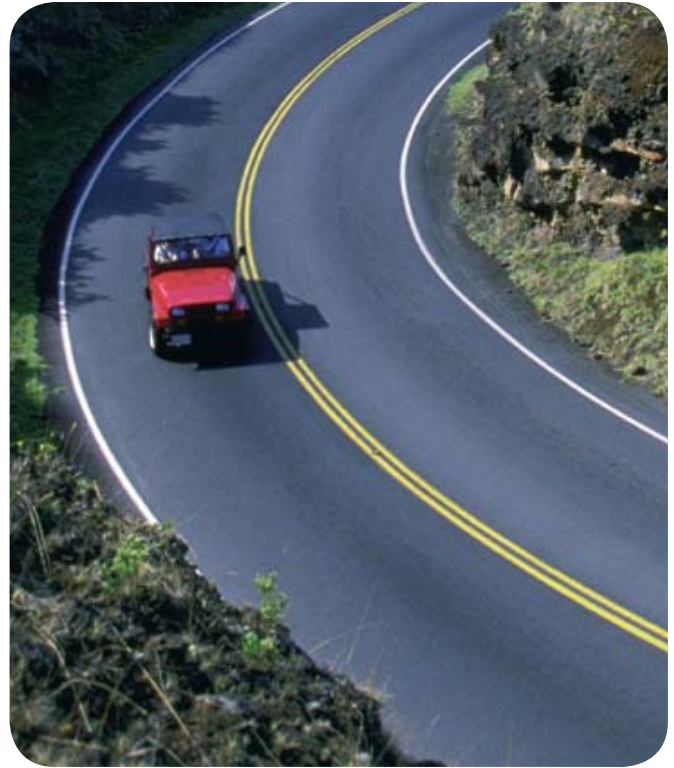


Force et direction

Nous avons jusqu'ici considéré des objets qui accélèrent en ligne droite. Mais que se passe-t-il au moment où une automobile amorce un virage sur la route? Que se passe-t-il si la chaussée est glissante, comme après une pluie, ou si l'automobile roule à une trop grande vitesse en amorçant le virage?

Selon la première loi de Newton sur l'inertie, une automobile en mouvement poursuivra son mouvement à moins qu'une force extérieure déstabilisatrice n'agisse sur elle. Dans le cas présent, si aucune force n'entre en jeu pour entraîner un changement de direction, l'automobile continuera en ligne droite et terminera son parcours dans le fossé. Une force est donc nécessaire pour changer la direction du mouvement.

Les physiciens définissent l'accélération comme tout changement de mouvement, y compris un changement de direction. La force extérieure agissant sur une automobile qui effectue un virage provient du frottement entre les pneus et la chaussée. En présence de conditions qui réduisent ce frottement, il y aura très peu ou pas du tout de changement de direction. C'est pourquoi il n'est pas rare que, un jour de verglas, des automobiles qui s'engagent dans un virage aboutissent dans le fossé.



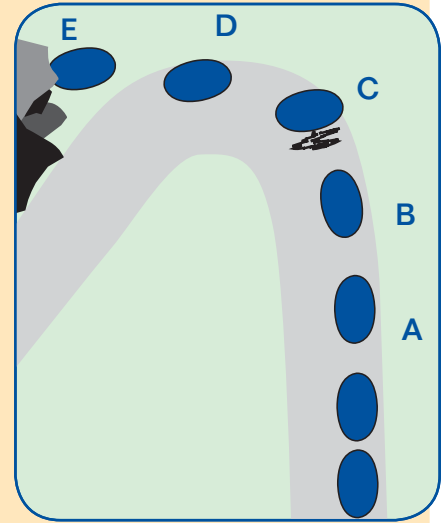
► Conduite dans les virages

Tout motocycliste doit être particulièrement sensible aux forces en jeu dans un changement de direction. Afin de maximiser et d'équilibrer adéquatement les forces en jeu dans le virage, il doit se pencher du côté du virage, sans quoi il pourrait basculer ou la motocyclette pourrait déraiper. Effectuer correctement un virage avec un véhicule à deux roues requiert de l'expérience et de la pratique. C'est pourquoi, au Manitoba, des cours obligatoires de conduite de motocyclette sont offerts par des conducteurs d'expérience.



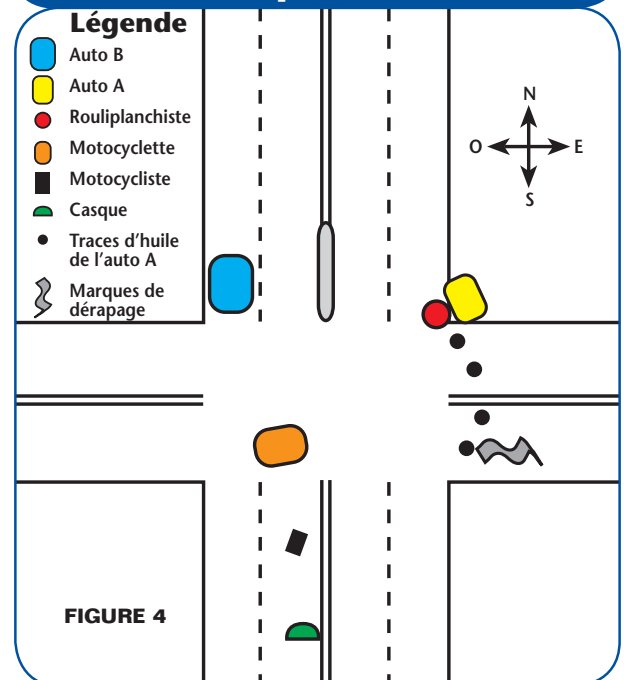
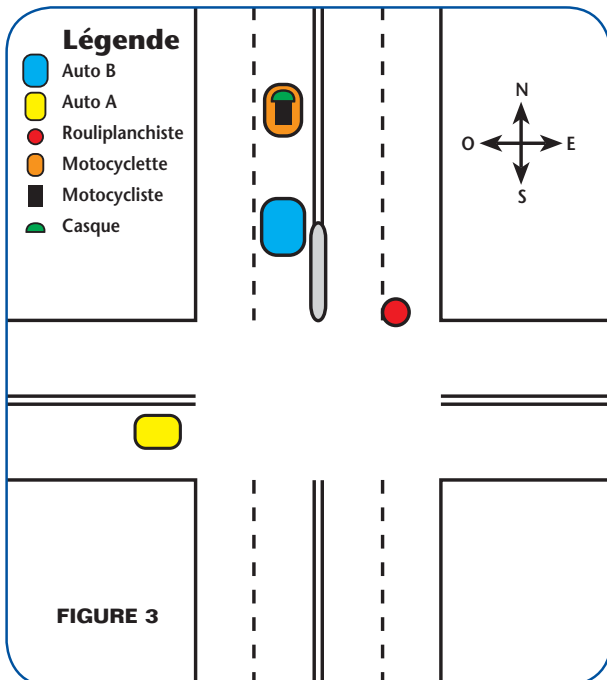
Penses-y!

1. Crée un tableau ou une carte conceptuelle qui illustre les liens entre la position, la vitesse vectorielle, l'accélération, la force et la direction, lorsqu'on modifie chacun de ces facteurs.
2. Pourquoi les virages d'une piste de course sont-ils relevés?
3. Une automobile accélère rapidement de la position d'arrêt au point B. Au point B, le conducteur retire son pied de l'accélérateur et amorce un virage. Au point C, il y a de la glace noire sur la chaussée et les roues arrière dérapent, sortant de la courbure de la route. À partir du point D, l'automobile se déplace en ligne droite et, au point E, prend le fossé, après quoi elle s'arrête en frappant le talus. Le pare-brise se fissure.
Analyse ce scénario à la lumière des lois de Newton sur le mouvement.
4. Pourquoi la skieuse nautique (ou la joueuse de hockey) se penche-t-elle en changeant de direction?



Nous avons décrit au tout début de cet ouvrage le scénario d'un accident de la route. À titre d'expert en physique, étudie-le de nouveau et rédige à l'intention de la police un rapport décrivant les forces en cause et les mouvements avant et après la collision. Détermine lequel des deux conducteurs (l'automobiliste ou le motocycliste) dit la vérité.

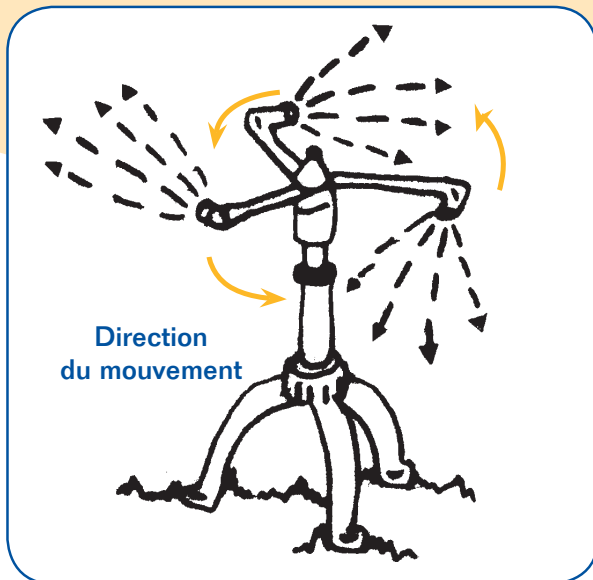
Situation après l'accident



Forces action-réaction

Penses-y!

Qu'est-ce qui fait tourner une tête d'arroseur?

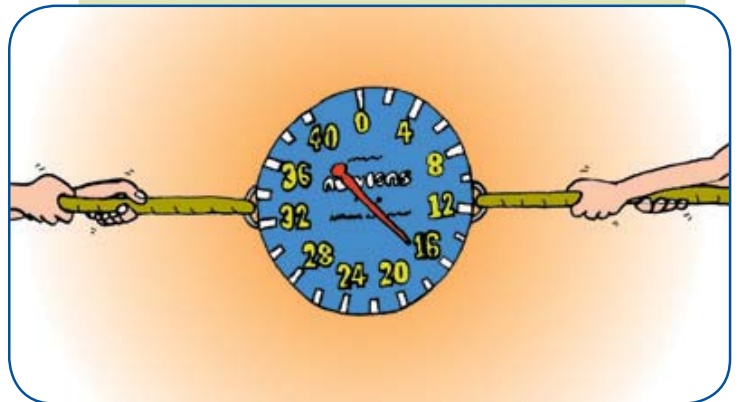


Une force est le résultat d'une interaction entre deux objets. Les forces ordinaires comme la force de gravité et les forces d'attraction et de répulsion électrique ou magnétique se manifestent toujours par paire. Deux objets qui agissent l'un sur l'autre exercent l'un sur l'autre des forces appelées forces action-réaction. Newton résume ainsi ces interactions dans sa troisième loi :

« À toute action correspond une réaction égale et opposée. »

Essaie-le!

Deux élèves, de poids différents, tirent chacun sur une corde attachée à un dynamomètre à ressort utilisé pour mesurer l'intensité d'une force. Qu'est-ce que le dynamomètre indique? Qu'est-ce qui explique que la force exercée par l'élève le moins lourd est exactement égale à celle exercée par l'élève le plus lourd?



Dans tous les cas, la grandeur des deux forces est égale, mais en sens opposé. Reprends l'exemple du livre posé sur la table. La force de gravité le tire vers le sol, tandis que la table exerce sur lui une force égale et opposée à celle de la gravité. À preuve, vois ce qui se passe si tu retires la table. L'étude de la relation force-accélération nous a appris que l'accélération se produit en présence de forces non équilibrées. Par conséquent, au retrait de la table, la force de gravité agissant sur le livre n'est plus contrebalancée et le livre accélère en direction du sol.

Penses-y!

1. Illustre chacune des situations suivantes avec un dessin et indique la paire de forces action-réaction en jeu dans chaque cas.
 - a) Une personne s'appuie contre un mur.
 - b) Une automobile tourne au coin de la rue à une vitesse constante.
 - c) Un poisson nage.
 - d) Une rouliplanchiste saute.
 - e) Le recul d'une arme à feu lorsqu'une personne tire.
 - f) Un joueur de hockey tire un lancer frappé.
2. Un maringouin vient s'écraser contre le pare-brise d'une auto pendant qu'elle roule. Laquelle des deux forces est la plus grande : celle exercée par le maringouin sur le pare-brise ou celle exercée par le pare-brise sur le maringouin?
3. Deux élèves se font face, chacun debout sur sa planche à roulettes. L'un des deux lance un objet, tel qu'un ballon d'entraînement, à l'autre élève. Décris ce qui se passe en termes de force et de mouvement.
4. Explique, en termes de paires de forces action-réaction, pourquoi il est important de porter un casque, des protège-coude, des genouillères et d'autres appareils de protection lorsqu'on fait de la planche à roulettes ou du patin à roues alignées.



Concours de conception d'une automobile de course

En t'inspirant des principes de la troisième loi de Newton, construis des autos fusée et participe à une course automobile. L'automobile qui se rend le plus loin gagne la course.

Suggestions d'agent de propulsion : un ballon, une paille, un modèle de type lance-pierres, un piège à souris.

Suggestions de roues : disques compacts, bouchons de bouteille de boisson gazeuse, fonds de tasse en styromousse (taillés sur mesure), bobines.

Suggestions de châssis : carton, assiettes en styromousse.



Quantité de mouvement et énergie

La quantité de mouvement



Ce que les physiciens appellent « quantité de mouvement » s'exprime, dans le langage courant, par des mots comme « élan » ou « lancée ». Ainsi, pour décrire une équipe sportive que rien ne semble pouvoir arrêter ou un parti politique qui a le vent dans

les voiles, on dit qu'ils sont sur leur élan. En revanche, pour décrire un objet en mouvement, on parle plutôt de sa quantité de mouvement. Pour que l'objet s'arrête, il faut que la quantité de mouvement qu'il a acquise soit réduite à zéro.

Qu'est-ce qui fait qu'il est difficile d'arrêter un objet? Posons-nous la question : est-il préférable d'entrer en collision avec un train qui se déplace à une vitesse de 2 m/s ou avec un maringouin se déplaçant à la même vitesse? La réponse est évidente, n'est-ce pas? Le train peut écraser une automobile, alors que notre fieffé maringouin n'est pas même capable d'égratigner le pare-brise.



La quantité de mouvement est un concept de physique. Un objet en mouvement a nécessairement une certaine quantité de mouvement. En quoi consiste donc cette quantité?

Reprenons l'exemple du train et du maringouin se déplaçant tous les deux à la même vitesse. Nous savons que la masse du train fait que celui-ci peut plus difficilement s'arrêter que le maringouin. Rappelle-toi les lois de Newton! Elles nous ont appris que la masse offre une résistance à l'accélération. Donc, plus la masse est importante, plus l'objet offrira de résistance à l'accélération, mais aussi plus ce sera difficile de l'arrêter. La masse et la quantité de mouvement sont cependant deux choses différentes : un gros rocher au bord de la route a une quantité de mouvement nulle, puisqu'il ne bouge pas!

Il est aussi très difficile d'arrêter des objets qui se déplacent à grande vitesse. Les balles de revolver ont une masse très faible, mais essaie donc d'en arrêter une! Pour arrêter un objet en mouvement, nous devons tenir compte non seulement de sa masse mais aussi de sa vitesse. C'est Newton qui a défini le principe de la quantité de mouvement : plus la masse d'un objet est grande, plus sa quantité de mouvement est grande; de même, plus il va vite, plus sa quantité de mouvement est grande. Autrement dit, plus la masse d'un objet ou sa vitesse (ou les deux) augmentent, plus il est difficile de l'arrêter.



Penses-y!

1. Dans le tableau ci-dessous, ordonne les éléments suivants d'après leur quantité de mouvement. Explique la raison de l'ordre que tu as établi.

Autobus, ballon lancé en boulet de canon, sprinteur, statue, automobile de course, coureur de marathon, rondelle de hockey en tir frappé, bâtiment, rouliplanchiste

Élément	Quantité de mouvement (dans tes propres mots)	Commentaires

*Modèle seulement.
N'écris rien ici.*

► Lien avec les mathématiques

Étant donné que la quantité de mouvement d'un objet est directement proportionnelle à sa masse et à sa vitesse, on peut la représenter facilement sous forme d'équation mathématique :

$$\text{Quantité de mouvement} = (\text{masse})(\text{vitesse})$$

ou SYMBOLIQUEMENT : $p = mv$

(Pourquoi penses-tu que les physiciens représentent la quantité de mouvement par le symbole p ?)

La quantité de mouvement est une grandeur vectorielle. Elle est toujours orientée dans la même direction que la vitesse vectorielle de l'objet.

On peut comparer la quantité de mouvement des éléments du tableau en multipliant leur masse par leur vitesse vectorielle. Dans le tableau suivant, la masse de chaque objet est indiquée. Estime la vitesse des objets en km/h et calcule leur quantité de mouvement. Compare les résultats obtenus avec la façon dont tu avais ordonné les éléments dans le tableau précédent.

Élément	Masse (kg)	Vitesse vectorielle (km/h)	Quantité de mouvement (kg•km/h)	Commentaires
autobus	8 000			
ballon de football (passe)	0,5			
sprinteur	75			
statue du Golden Boy	1 650			
voiture de course NASCAR	1 545			
coureur de marathon	65			
rondelle de hockey (tir frappé)	0,15			
bâtiment	1 000 000			
rouliplanchiste	68			

*Modèle seulement.
N'écris rien ici.*

Impulsion et quantité de mouvement

Pour agir sur le mouvement, il faut appliquer une force. Si on applique une force pendant une durée prolongée, la vitesse de l'objet continuera de croître ou de décroître. Comme la quantité de mouvement se définit par la formule mv , plus la vitesse de l'objet augmente, plus la quantité de mouvement augmente elle aussi. Donc, si on veut déterminer le moment où la quantité de mouvement change, il faut aussi considérer pendant combien de temps la force est appliquée. On appelle « impulsion » la force associée à la durée pendant laquelle elle est appliquée. Plus la force est grande, plus l'impulsion est grande. De même, plus la durée est prolongée, plus l'impulsion est grande. Ainsi, l'impulsion est proportionnelle à la force et à la durée. On peut donc définir l'impulsion en fonction de la force et du temps.

$$\text{Impulsion} = (\text{force}) (\text{temps})$$

ou **SYMBOLIQUEMENT :**

$$I = F \times t$$

L'impulsion est aussi une grandeur vectorielle. Elle est toujours orientée dans la même direction que la force.

Le fait que l'impulsion dépende à la fois de la force et du temps signifie que l'on peut exercer une forte impulsion sur un objet de plus d'une manière : on peut appliquer une force considérable pendant une durée limitée; on peut appliquer une force moindre, mais pendant très longtemps, ou vice versa.

Chaque fois qu'on applique une force non équilibrée à un objet, la vitesse de l'objet change :

soit il accélère, soit il ralentit. Si la force est appliquée dans le sens contraire au mouvement de l'objet, celui-ci ralentit. Si la force est appliquée dans le sens où se déplace l'objet, il accélère. Ainsi, quand la vitesse vectorielle de l'objet change, la quantité de mouvement de cet objet change aussi. Quand tu subis une force, tu subis aussi une impulsion. Force et impulsion vont toujours de pair. Autrement dit, l'impulsion modifie la quantité de mouvement. Cette relation est étroitement liée à la deuxième loi de Newton.



► Comment mettre à profit le rapport entre impulsion et quantité de mouvement

Si tu fais du sport, tu as déjà dû entendre parler bien des fois du rapport entre impulsion et quantité de mouvement. Dans la plupart des sports, il faut changer la vitesse d'un objet pour parvenir à des fins diverses : frapper un circuit au baseball, faire des passes en manchette au volleyball, faire dévier un tir au but, frapper une balle de golf ou servir au tennis, toutes ces techniques exigent que l'on change la vitesse (et donc la quantité de mouvement) de la balle, du ballon ou de la rondelle en exerçant sur l'objet une poussée. Pour que tu améiores ta performance, l'entraîneur commencera peut-être par te suggérer de frapper la balle plus fort, et donc de développer ta force physique. Par un bon conditionnement physique, on peut augmenter la force que l'on exerce sur un objet. Puis, ton entraîneur te rappellera constamment de prolonger ton geste jusqu'au bout. En améliorant cette technique, tu pourras augmenter la durée pendant laquelle tu exerces une force. Parfois, on veut que la force exercée soit faible et d'autres fois, on veut qu'elle soit grande. Si on exerce trop de force sur un objet, on risque de perdre la maîtrise de son mouvement et la synchronisation pourrait être moins précise.

Penses-y!

1. L'impulsion dépend à la fois de la force et de la durée. Donnes-en un exemple pour chacun des cas ci-dessous :
 - a) une grande force appliquée pendant peu de temps.
 - b) une force faible appliquée pendant longtemps.
 - c) une grande force appliquée pendant longtemps.
 - d) une force faible appliquée pendant peu de temps.



2. Analyse les changements d'impulsion et de quantité de mouvement dans les situations ci-dessous. D'après toi, comment pourrait-on améliorer la performance des personnes suivantes?

- a) Un golfeur professionnel a besoin d'accroître l'impulsion qu'il donne à la balle et de la diminuer considérablement dans ses coups roulés.
- b) Un gymnaste fait un saut périlleux renversé au sortir de la barre fixe.
- c) Un joueur de volleyball passe un ballon en vue d'un smash.
- d) Un joueur de baseball marque un grand chelem.
- e) Un automobiliste freine en approchant d'un feu jaune.
- f) Un receveur attrape une balle rapide.

3. Deux automobiles de même masse circulent avenue Portage à la même vitesse. L'une s'arrête avant l'autre. Voici ce qui apparaît sur le ruban à points pour chacune des deux autos.

Auto A



Auto B



- a) Où sur le ruban vois-tu qu'une impulsion commence à s'exercer sur chaque automobile?
 - b) Laquelle des deux automobiles (A ou B) a subi le changement de quantité de mouvement le plus considérable? Pourquoi?
 - c) Laquelle des deux automobiles (A ou B) a connu l'impulsion la plus forte? Pourquoi?
 - d) Laquelle des deux automobiles (A ou B) a subi plus d'une impulsion?
4. Dans un match de football, le demi-arrière ($m = 60 \text{ kg}$) traverse le terrain à $3,2 \text{ m/s}$. Un joueur de ligne avant de l'équipe adverse ($m = 120 \text{ kg}$) court à sa rencontre à $1,8 \text{ m/s}$. Quel est le résultat d'une collision frontale entre les deux?
 5. Si un rocher et un garçon ont une même quantité de mouvement, le rocher écrasera-t-il le garçon? Explique ta réponse en la justifiant au moyen des principes ayant trait à l'impulsion et à la quantité de mouvement.
 6. On dit qu'aux idiots l'argent file entre les doigts. Suppose que l'on place l'idiot et un lingot d'or au milieu d'un lac gelé, où il n'y a aucun frottement (le lac gelé du monde abstrait de Galilée). Comment l'idiot peut-il se sauver? Est-il toujours idiot?
 7. Comment une fusée peut-elle changer de direction dans l'espace lointain?



Amortir le choc

Le rapport entre l'impulsion et la quantité de mouvement est d'une importance capitale pour savoir comment protéger à la fois le conducteur et les passagers contre les blessures corporelles dans une collision. Une automobile de 2 000 kg qui roule à 50 km/h a une énorme quantité de mouvement. Pour arrêter l'auto, il faut réduire la quantité de mouvement qu'elle a acquise à zéro. La seule façon d'y arriver, c'est en exerçant une impulsion dans le sens contraire au mouvement de l'auto. Afin d'amener le véhicule à freiner de façon sécuritaire, nous exerçons une impulsion en exerçant une force sur les roues pendant une durée prolongée. Lorsqu'un véhicule s'arrête brusquement, comme dans une collision, l'impulsion s'exerce pendant une courte période de temps, ce qui entraîne de très grandes forces destructrices qui agissent sur le véhicule et ses occupants. Afin d'atténuer ces forces, les fabricants de véhicules automobiles ont inventé plusieurs dispositifs qui font intervenir le rapport entre impulsion et quantité de mouvement en augmentant la durée de l'impulsion et, par conséquent, en diminuant l'intensité de la force exercée.

Pense à un œuf que tu lances en l'air. Si tu l'attrapes en exerçant une pression sur l'œuf, alors la force exercée sur celui-ci à ce moment-là est trop grande et il se casse.

Le coin des inventeurs

Toi et tes camarades de classe, pouvez-vous concevoir une autre activité d'amortissement qui illustre le rapport entre impulsion et quantité de mouvement?



Essaie-le!

Demande à deux camarades de tenir une couverture à la verticale. Tu devras lancer un œuf dans la couverture.

Assure-toi que tes camarades ont replié le bord de la couverture, de façon à empêcher l'œuf de tomber sur le plancher.

Vas-y! Lance l'œuf avec force.



Dispositifs d'amortissement

► Pare-chocs

Les pare-chocs absorbent une partie de l'impact du choc provoqué par la collision d'un véhicule automobile et servent ainsi à minimiser les dommages au véhicule. Aujourd'hui, les automobiles sont équipées de pare-chocs qui se compriment sous le choc, grâce au matériau dont ils sont fabriqués ou à un mécanisme spécial.

► Zones tampons

Une zone tampon est la partie d'une auto conçue pour se déformer ou se comprimer en cas de collision et absorber une partie de l'impact de la collision. La zone tampon augmente le temps d'immobilisation de l'automobile et, par conséquent, atténue l'intensité de l'impulsion avant que celle-ci ne soit transmise au compartiment où se trouvent le conducteur et les passagers.



► Tableau de bord rembourré

Si un passager ou le conducteur est projeté contre le tableau de bord lors d'une collision, celui-ci modifie la force et le temps requis pour arrêter leur mouvement. Un tableau de bord rembourré augmente la durée de l'impact et atténue par conséquent l'intensité de l'impulsion.

Penses-y!

Pourquoi les pare-chocs d'aujourd'hui absorbent-ils mieux les chocs qu'il y a cinquante ans?



La partie déformable d'un véhicule se comporte de façon semblable à une canette dans un compacteur.

Essaie-le!



► Ceintures de sécurité

Selon la loi d'inertie, les occupants d'un véhicule et tous les objets qui s'y trouvent continuent sur leur lancée lorsque le véhicule s'arrête brusquement. Pour s'arrêter, ils



doivent entrer en collision avec quelque chose. Lors d'un accident, la ceinture de sécurité maintient l'occupant attaché à son siège et réduit la quantité de mouvement vers l'avant. Elle l'empêche ainsi d'être projeté contre le volant, le tableau de bord ou le pare-brise. Les blessures subies sont moins nombreuses, étant donné que la force de l'impact se trouve à être distribuée aux parties les plus résistantes du corps. Un occupant qui ne porte pas de ceinture de sécurité et qui est éjecté à l'extérieur d'un véhicule risque d'être très gravement blessé.

Les chercheurs dans le domaine de la sécurité routière estiment que le port de la ceinture de sécurité réduit le risque de blessures mortelles aux occupants du siège avant jusqu'à 45 % et le risque de blessures graves de 50 %. La United States National Highway Traffic Safety Administration



affirme que trois personnes sur cinq ayant péri dans un accident d'automobile aux États-Unis auraient survécu à leurs blessures si elles avaient bouclé leur ceinture de sécurité.

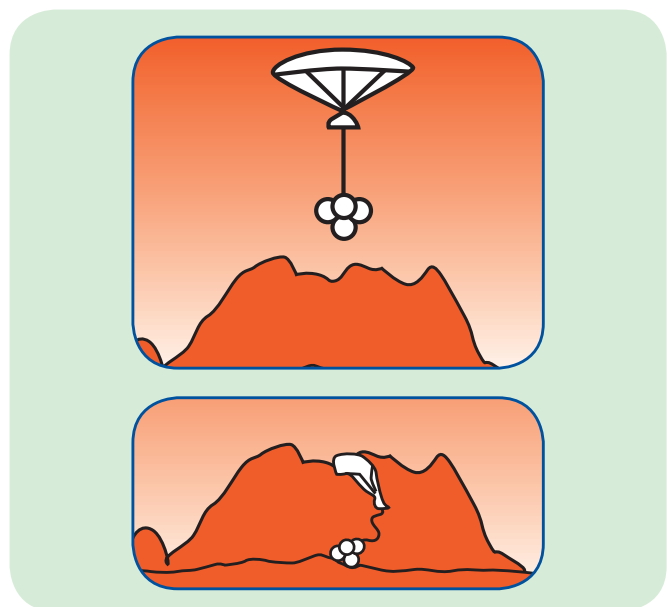
► Coussins gonflables

Selon la loi d'inertie, les occupants d'un véhicule continuent sur leur lancée au moment d'un accident. Pour s'arrêter, ils doivent entrer en collision avec un objet rigide, tel que le volant, le tableau de bord ou le pare-brise. Étant donné que cette deuxième collision se produit très vite, une force considérable est exercée sur la personne en mouvement en un laps de temps très court.

La présence d'un coussin de sécurité gonflable peut aider à minimiser l'intensité de cette force. Il sert à amortir le choc en augmentant le laps de temps pendant lequel la force est exercée.

Les recherches ont démontré que les coussins gonflables permettent de sauver des vies en réduisant d'environ 30 % le risque d'accident mortel lors de collisions frontales. Cependant, les coussins gonflables posent un danger aux enfants et aux adultes de petite taille qui ne sont pas assis correctement au moment où le coussin se déploie. Tous les occupants d'un véhicule équipé de coussins gonflables doivent être assis de façon sécuritaire, afin de bénéficier d'un maximum de protection en cas de collision. Les enfants et les bébés devraient être assis sur la banquette arrière, dans un siège d'appoint, la ceinture bien attachée. On ne devrait jamais asseoir un bébé sur la banquette avant, mais sur la banquette arrière dans un siège de sécurité orienté vers l'arrière.

L'efficacité des coussins gonflables est telle que les États-Unis en ont utilisé pour amortir le choc de l'atterrissage du Mars Pathfinder. Aujourd'hui, la plupart des automobiles sont équipées de coussins gonflables et quelques fabricants installent des coussins de sécurité latéraux, afin de prévenir les blessures occasionnées par les chocs latéraux.



► Appuie-tête

Les appuie-tête servent à prévenir les blessures du type coup de lapin en limitant le déplacement de la tête et de la nuque vers l'arrière en cas d'accident. Dans ce cas-ci également, un matériau amortisseur sert à augmenter la durée de l'impact, ce qui a pour effet d'en réduire la force. Toutefois, les appuie-tête ne sont utiles que s'ils sont réglés à la bonne hauteur. Le haut de l'appuie-tête devrait être au même niveau que le haut de la tête. La distance entre la tête et l'appuie-tête devrait être la plus courte possible et ne pas dépasser 4 cm.

► Habitacle rigide

Les dispositifs de sécurité ne sont pas utiles seulement dans les véhicules automobiles. Selon les dernières statistiques canadiennes (qui couvrent la période allant de 1990 à 1996), 146 Canadiens et Canadiennes ont été tués à la ferme au moment où le tracteur qu'ils conduisaient a basculé et les a écrasés. La plupart de ces décès auraient pu être évités si les conducteurs avaient porté une ceinture de sécurité et avaient été protégés par une cabine munie d'un cadre de protection.

Un cadre ROPS (« rollover protective structure ») est une armature rigide qui entoure la cabine d'un véhicule. Dans le cas où celui-ci se retournerait, cette structure protectrice supporterait le poids du véhicule et empêcherait ainsi que le conducteur ne soit écrasé.

Les conducteurs NASCAR et les cascadeurs sont protégés par un cadre ROPS dans leur travail. L'endroit à l'intérieur du véhicule où ils prennent place, c'est leur cellule de sécurité et des précautions importantes sont prises pour que le conducteur ne soit jamais projeté à l'extérieur de cette zone. Ainsi, ils se servent de ceintures de sécurité qui les empêchent d'être projetés contre le cadre ROPS et le pare-brise ou d'être éjectés à l'extérieur du véhicule.

► Sièges de sécurité pour enfants

Selon le ministère des Transports du Canada, chaque année au Canada, quelque 10 000 enfants âgés de 12 ans ou moins, sont blessés lors d'accidents de la route. Plus petits que les adultes, les enfants nécessitent une attention et une protection particulières lorsqu'ils voyagent dans un véhicule. En dépit du fait que la loi stipule que les enfants de moins de cinq ans doivent être attachés par un dispositif de retenue dûment approuvé par le ministère, plus de 90 % des sièges de sécurité d'enfant sont soit mal installés soit mal utilisés. Selon la loi, tout siège orienté vers l'avant doit être fixé à un boulon d'ancrage. Le tableau suivant décrit l'utilisation adéquate de dispositifs de retenue des enfants.



Protégeons nos enfants. Utilisons toujours un siège installé correctement.

	TYPE DE SIÈGE	ORIENTATION DU SIÈGE
BÉBÉS	Les bébés de moins de 10 kg (22 lb) et ne mesurant pas plus de 66 cm (26 po) doivent être assis dans un siège orienté vers l'arrière et fixé à la banquette à l'aide de la ceinture de sécurité abdominale.	orienté vers l'arrière seulement
TOUT-PETITS	Les tout-petits qui pèsent entre 10 et 18 kg (de 20 à 40 lb) et qui mesurent entre 66 cm (29 po) et 101 cm (40 po) doivent s'asseoir dans un siège de sécurité orienté vers l'avant et fixé au châssis du véhicule au moyen d'un boulon d'ancrage.	orienté vers l'avant
JEUNES ENFANTS	Les enfants pesant plus de 18 kg (plus de 40 lb) doivent s'asseoir dans un siège d'appoint qui est maintenu en place à l'aide du dispositif de retenue du véhicule.	orienté vers l'avant
ENFANTS PLUS ÂGÉS	Les enfants pesant plus de 32 kg (70 lb) peuvent utiliser les ceintures de sécurité habituelles. La ceinture abdominale doit être portée bas sur les hanches, et le baudrier en travers de la poitrine, sans toucher ni au cou ni au visage.	orienté vers l'avant



La Société d'assurance publique du Manitoba, en collaboration avec les services d'incendie du Manitoba, effectue une vérification gratuite des sièges d'auto pour enfants aux casernes de pompiers qui participent au programme. Pour en savoir davantage, appelle la Division de la sécurité routière de la SAPM au (204) 985-7199.

Aidez-nous à protéger les enfants!



Penses-y!

1. Fais une recherche sur un appareil de sécurité. Étudie son fonctionnement, examine les statistiques qui témoignent de son degré d'efficacité, ce qu'on envisage pour l'améliorer et les normes de sécurité qui s'y appliquent. Dessine une affiche et invite tes camarades de classe et d'autres personnes à venir examiner les affiches de toute la classe.
2. Conçois une automobile qui est munie des appareils de sécurité les plus modernes qui soient.
3. Fais une recherche sur les règlements des courses NASCAR qui exigent que les conducteurs adhèrent à des prescriptions de sécurité très strictes dont, entre autres, l'utilisation de cabines ROPS, de ceintures de sécurité, de dispositifs de protection du cou et de la tête et de zones tampons.
4. Nomme quelques autres appareils, véhicules ou engins qui pourraient être équipés de parties déformables, de parties rembourrées, de coussins gonflables, de cabines ROPS et de pare-chocs.
5. Fais une recherche sur la contribution de chacune des personnes ci-dessous à la sécurité routière :
 - a) la docteure Claire Straith
 - b) Bela Berenyi
 - c) Nils Bohlin
 - d) John Hetrick
 - e) Ralph Nader

La protection des occupants

Concours de l'œuf lâché de haut



Selon la physique de Newton, les occupants en mouvement continuent à se déplacer jusqu'à ce qu'une impulsion réduise leur mouvement à zéro. À cette fin, les ingénieurs en sécurité développent des dispositifs de protection qui minimisent le risque de blessures en amortissant l'impact d'un choc. Voici ce qui t'est proposé comme tâche : fabriquer un « habitacle » qui protégera l'occupant contre des blessures (dans ce cas-ci,

empêcher un œuf non cuit de se casser), lorsque tu le laisseras tomber d'une certaine hauteur.

Penses-y!

1. Est-il préférable que ton paquet soit rigide ou qu'il se comprime sous le choc?
2. Est-ce que l'œuf est mieux protégé s'il bouge ou s'il est retenu par un dispositif quelconque?
3. Quels types de matériaux ou de structure permettent d'absorber l'impact d'un choc?
4. Ton habitacle est-il agréable à l'œil? Rappelle-toi que personne n'aime acheter une automobile laide.

Directives

1. La conception de l'habitacle doit être originale.
2. Pour fabriquer ton objet, sers-toi de matériaux ordinaires tels les suivants : carton, styromousse, coton, plastique transparent, élastiques, paille, ruban, feutre et ruban gommé.
3. Les dimensions de l'habitacle ne doivent pas dépasser 10 cm x 10 cm x 10 cm carrés.
4. On doit pouvoir retirer facilement l'œuf de l'habitacle pour examiner dans quel état il se trouve.
5. Laisse tomber l'habitacle d'une certaine hauteur sur une surface dure. L'habitacle qui assure la meilleure protection de l'occupant remporte la première place.

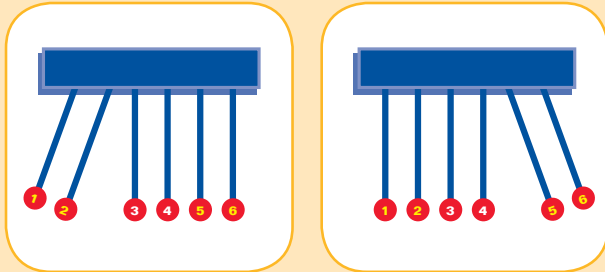
Barème de notation

1. **Originalité** – La forme de l'objet est-elle originale, ingénieuse, esthétique? (25 points)
2. **Performance (1^{er} échelon)** – On accordera le maximum de points à tous les habitacles qui protègent l'occupant d'une chute d'une hauteur de trois mètres et plus. (25 points)
3. **Performance (2^e échelon)** – L'habitacle qui protège l'occupant de la chute la plus élevée remporte le nombre de points le plus élevé. Des points sont accordés aux autres habitacles au prorata de la hauteur de chute dont ils protègent l'occupant (plus de trois mètres, mais inférieure à la hauteur la plus élevée). (maximum 25 points)
4. **Rapport écrit** – Rédige un résumé des principes de physique dont ton habitacle tient compte. Essaie d'établir une analogie avec d'autres dispositifs de sécurité. (25 points)
5. En cas d'égalité, c'est l'habitacle le plus léger qui remporte la première place.

Énergie et quantité de mouvement lors d'une collision

Penses-y!

L'appareil présenté ci-dessous s'appelle « berceau de Newton ».



Dans chacun des cas ci-dessous, avant que tu lâches les sphères, prédis ce qui va se passer.

1. Prends une sphère et éloigne-la de son point d'équilibre. Ensuite, lâche-la.
2. Prends deux sphères, éloigne-les de leur point d'équilibre, puis lâche-les en même temps.
3. Prends trois sphères, éloigne-les de leur point d'équilibre, puis lâche-les en même temps.
4. Prends la sphère située à chaque extrémité, éloigne-la de son point d'équilibre, puis lâche les deux en même temps.

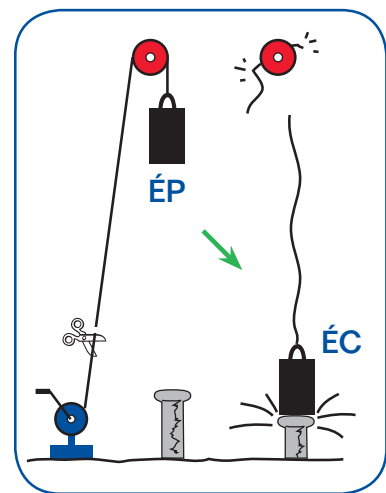
Les collisions entre objets sont régies par les lois sur la quantité de mouvement et l'énergie. Des mesures précises de ce qui se passe avant et après une collision, dans le contexte d'une expérience idéale, montrent que la quantité de mouvement de l'ensemble des objets avant la collision est égale à celle de l'ensemble des objets après la collision (à condition qu'aucune force externe n'agisse sur eux). Lorsque la collision a lieu dans un système clos, la quantité totale de mouvement du système demeure toujours la même. Si la collision se passe entre deux objets seulement, la quantité de mouvement perdue par un des objets est exactement égale à la quantité de mouvement acquise par le deuxième objet.

L'énergie

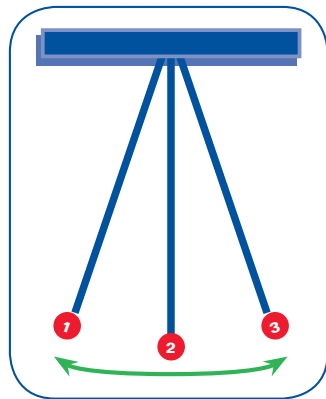
Au début de ce chapitre, nous nous sommes posé la question suivante : « Qu'est-ce qui fait qu'il est difficile d'arrêter un objet? » Nous avons vu alors que chaque objet en mouvement a une certaine « quantité de mouvement » proportionnelle à sa vitesse (masse \times vitesse vectorielle). Nous avons trouvé aussi qu'il fallait exercer sur l'objet une impulsion, c'est-à-dire une force appliquée pendant un certain temps, pour que la quantité de mouvement change. Tous ces concepts correspondent tout à fait à la deuxième loi de Newton. Cependant, on peut aussi envisager le mouvement autrement.

Lorsqu'on pousse un livre sur un bureau pour qu'il prenne de la vitesse, on lui donne une impulsion, c'est-à-dire qu'on exerce sur lui une force pendant un certain temps. Cependant, le livre parcourt aussi une distance pendant ce temps. Ceci veut dire que la force s'applique également sur une distance. À chaque fois qu'on exerce une force sur un objet sur une certaine distance, on dit que l'on fait un « travail » sur l'objet. Ce travail, c'est le transfert d'une énergie à un objet au moyen d'une force qu'on lui applique sur une certaine distance.

Lorsqu'on travaille sur un objet, on change certaines conditions, comme la place qu'il occupe dans l'espace ou sa vitesse. Si on change la place qu'il occupe dans l'espace, par exemple si on soulève une masse, le travail réalisé est conservé sous forme d'énergie gravitationnelle potentielle. Si on change sa vitesse, le travail est conservé sous forme d'énergie cinétique.

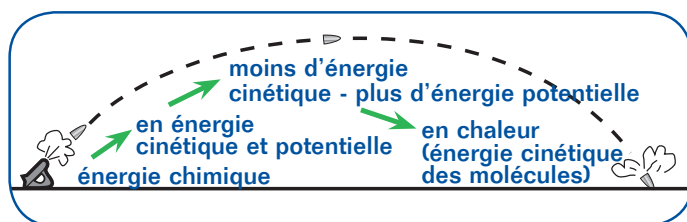


Supposons qu'on attache une masse au bout d'un fil et qu'on la mette en mouvement comme dans le diagramme ci-contre. Le pendule s'arrête lorsqu'il atteint la partie la plus haute de son oscillation (1), puis repart dans l'autre direction. Il atteint sa vitesse maximale lorsqu'il arrive au point 2, partie la plus basse de son oscillation (2). Quand il remonte de l'autre côté, sa vitesse diminue et il s'arrête encore lorsqu'il atteint de nouveau la partie la plus haute de son oscillation (3). Le mouvement se répète et, s'il n'existait aucune friction ou force externe (comme dans les expériences imaginaires de Galilée), le pendule oscillerait éternellement. Ce mouvement s'explique par les concepts de travail et de conservation de l'énergie. Au début, nous effectuons un travail sur la masse pour l'élever au-dessus de sa position initiale. Ce travail est conservé sous forme d'énergie potentielle. Lorsqu'on lâche la masse, la gravité effectue elle aussi un travail sur la masse, si bien qu'une partie de l'énergie potentielle se transforme en énergie cinétique. Dans la partie inférieure de l'oscillation, toute l'énergie est de l'énergie cinétique. Mais lorsque le pendule s'élève de l'autre côté, l'énergie cinétique se transforme à son tour en énergie potentielle. Le cycle se répète ainsi et, en l'absence de forces externes, le mouvement se poursuit indéfiniment.

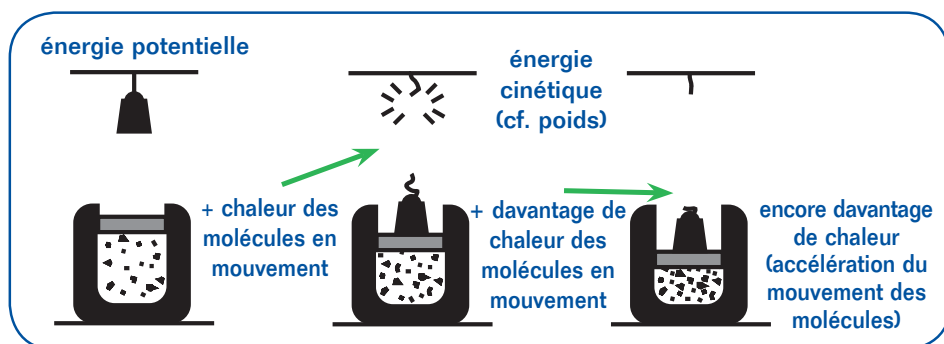


René Descartes a affirmé le principe selon lequel l'énergie se conserve, car autrement le monde finirait par se démonter comme une vieille horloge. Depuis cette époque, des savants tels que James Prescott Joule ont effectué des calculs précis montrant que la quantité d'énergie reste la même dans toute interaction.

Dans le monde réel, il existe toujours des forces externes. Cependant, le principe de conservation de l'énergie y demeure valable. L'énergie se conserve sous d'autres formes que la gravité et le mouvement. Elle se conserve sous forme d'énergie électrique, chimique, élastique, sonore et thermique. Si tu te frottes les mains rapidement, que sens-tu? Tes mains se réchauffent car l'énergie cinétique produite par leur mouvement se transforme, par le frottement, en énergie thermique. Si tu tapes rapidement dans tes mains, qu'entends-tu? Si tu tires sur un élastique puis que tu le relâches, qu'est-ce qui arrive? Lorsque tu tires sur l'élastique, l'énergie qui s'y trouve est de l'énergie potentielle. Ensuite, au moment où tu lâches l'élastique, cette énergie se transforme en énergie cinétique : la partie que tu lâches prend de la vitesse en se rapprochant de l'autre partie. Finalement, quand les deux parties de l'élastique entrent en collision, elles compriment les molécules d'air et l'énergie est transférée à ton oreille sous forme de son.



L'énergie peut prendre d'autres formes que l'énergie potentielle ou cinétique : l'énergie cinétique des molécules en mouvement se transforme en chaleur et le déplacement de molécules d'air au moyen d'une onde de pression transmet l'énergie sous forme d'onde sonore.



Après un accident d'automobile, comme l'énergie cinétique et la quantité de mouvement se trouvent à zéro, il faut que l'énergie cinétique initiale se soit transformée en d'autres formes au moment de la collision. Les occupants non attachés et les objets se trouvant dans le véhicule ont été propulsés comme des missiles contenant une quantité immense d'énergie. Seules des forces externes peuvent les arrêter. Ce sont ces forces qui entraînent souvent des blessures graves et des dommages matériels importants.

Penses-y!

1. À quoi ressemblerait le monde si l'énergie ne se conservait pas? Donnes-en des exemples.
2. D'où vient l'énergie cinétique quand une automobile démarre?

EXERCICE

Dans les cas ci-dessous, analyse les transformations d'énergie en montrant de quelle façon l'énergie se conserve.



1. Le mouvement d'un wagonnet de montagnes russes. NOTE : La paternité des principes de physique mis en application dans les montagnes russes peut être attribuée à Galilée.

2. Le mouvement d'une personne faisant du saut à l'élastique.

3. Une automobile, arrêtée à un stop, accélère jusqu'à ce qu'elle atteigne 30 km/h, limite de vitesse autorisée. À l'intersection, une camionnette brûle le stop. Le conducteur de l'automobile freine et, tâchant d'éviter la collision, fait des marques sur la route. On entend un gros boum alors que l'automobile frappe le côté de la camionnette.

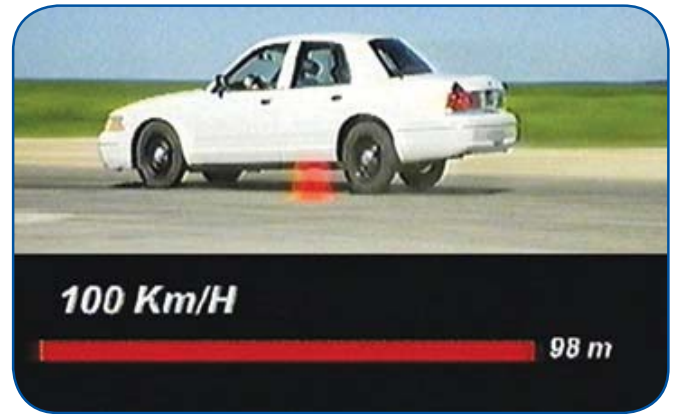


4. Un sauteur à la perche.
5. Un enfant sur une échasse à ressorts.
6. Deux automobiles munies de pare-chocs à ressorts entrent en collision à faible vitesse et rebondissent. Décris les transformations d'énergie qui se produisent dans ce cas. Qu'arrive-t-il aux occupants des automobiles?



Le freinage

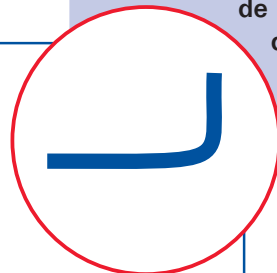
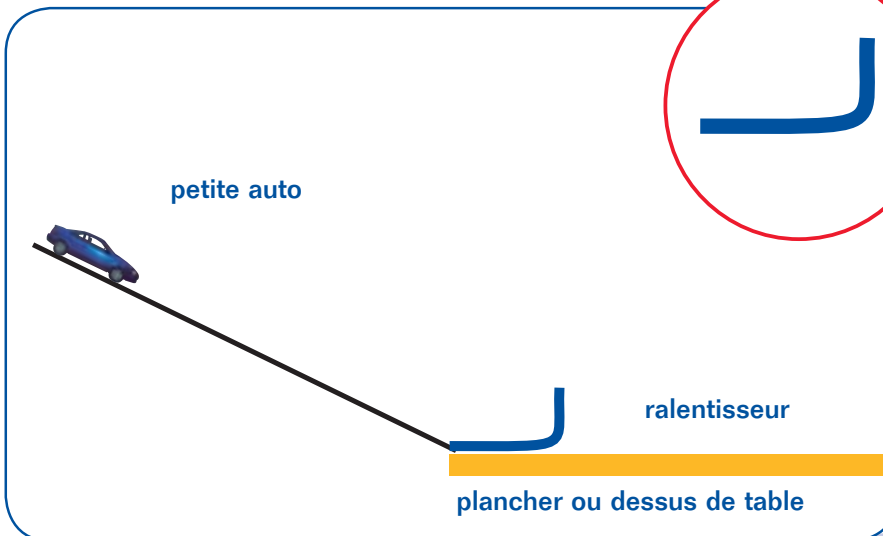
Lorsque le conducteur appuie sur la pédale de frein, les garnitures de frein entrent en contact avec une partie de la roue qui tourne. Le frottement qui se produit entraîne le ralentissement et l'arrêt du véhicule. La distance parcourue par le véhicule jusqu'à son immobilisation s'appelle la distance de freinage ou la distance d'arrêt, laquelle peut dépendre en partie de la pente ou dénivellation de la route et de l'adhérence des pneus à la chaussée. Une auto équipée de pneus neufs risquera moins de déraiper et s'arrêtera plus rapidement sur une chaussée unie et sèche que ne le fera une auto à pneus usés sur une chaussée mouillée.



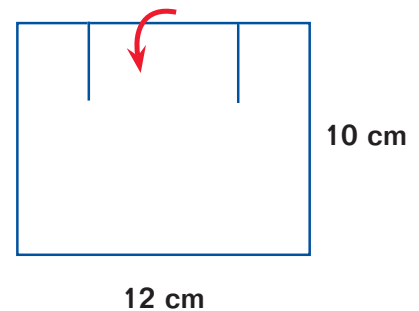
Expérience 6 DISTANCE DE FREINAGE

Le but de cette expérience est de déterminer la relation entre la distance de freinage et la vitesse du véhicule. La 2^e expérience (p. 31), réalisée avec un plan incliné, nous a permis de constater qu'une auto miniature, lâchée d'endroits différents sur le plan, accélérera à un rythme constant en descendant la rampe. Pour la présente activité, tu peux te servir du même plan incliné ou en calibrer un autre.

Installe la rampe comme dans l'illustration ci-dessous et effectue l'expérience sur une surface propre et sèche qui simule de bonnes conditions routières. Une table de laboratoire ou un sol à revêtement uni conviennent très bien. Simule le freinage à l'aide d'un ralentisseur fabriqué avec un morceau de papier mesurant 10 cm x 12 cm, comme dans l'illustration, et posé au bas de la rampe. Laisse la petite auto descendre la rampe et « entrer en collision » avec le ralentisseur.



Fabrication du ralentisseur



Déroulement de l'expérience

1. Lâche l'auto à partir du premier point de départ de manière à ce qu'elle « entre en collision » avec le ralentisseur au bas de la rampe. (Voir **Comment calibrer un plan incliné** au chapitre 3, p. 28, pour déterminer les points de départ.)
2. Mesure la distance de freinage de l'auto, c'est-à-dire la distance parcourue par le ralentisseur. Répète la même manœuvre trois fois et calcule ensuite la distance moyenne de freinage.
3. Lâche l'auto à partir du deuxième point de départ, situé plus haut sur la rampe, et répète l'étape 2. Calcule ainsi la distance de freinage de l'auto à partir des troisième, quatrième, cinquième ou sixième points de départ. (Tu auras donc des données correspondant à cinq ou six vitesses.)
4. Avec les données que tu as recueillies, dessine un graphique de la distance en fonction de la vitesse.

Tableau A • Distance de freinage

Vitesse relative	1 ^{er} essai (cm)	2 ^e essai (cm)	3 ^e essai (cm)	Distance moyenne (cm)	Commentaires
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Modèle seulement.
N'écris rien ici.

Penses-y!

1. Décris la forme de la courbe. Quelles conclusions peux-tu tirer au sujet du rapport entre la distance de freinage et la vitesse?
2. À partir de cette expérience, que peux-tu déduire concernant la vitesse à laquelle on conduit un véhicule?

Le coin des inventeurs

L'effet du frottement sur le freinage

Conçois une expérience pour étudier l'effet du frottement sur le freinage. Que peux-tu inventer pour simuler de mauvaises conditions routières, telles que la neige, la glace et le gravier?

Penses-y!

1. Quelles conclusions peux-tu tirer quant à l'effet de la neige, de la pluie et de la glace sur la distance de freinage?

► Lien avec les mathématiques

Les activités précédentes nous ont permis de constater que, au fur et à mesure que la vitesse augmente, la distance de freinage augmente de manière exponentielle. Autrement dit, si on double la vitesse, la distance de freinage sera, elle, plus du double de la distance initiale. Dans des conditions expérimentales idéales, toutefois, si on double la vitesse, la distance de freinage sera quatre fois plus grande que la distance initiale (2^2) et, si on triple la vitesse, elle sera neuf fois plus grande (3^2).

1. Examine les données de ton expérience. Se rapprochent-elles des constantes mentionnées ci-dessus?

Le rapport qui existe entre deux facteurs lorsque l'un d'entre eux augmente plus rapidement que l'autre est dit rapport exponentiel. Un tel rapport entre la distance de freinage et la vitesse s'exprime de la façon suivante :

« La distance de freinage est proportionnelle au carré de la vitesse »

ou SYMBOLIQUEMENT :

$$d \propto v^2$$

L'expérience permet aussi de constater que la distance de freinage dépend du frottement entre deux surfaces en contact. Les physiciens représentent l'effet du frottement sur diverses surfaces par la constante mathématique k . L'effet du frottement sur la distance peut être exprimé par l'équation suivante :

$$d = kv^2$$

La constante « k » varie selon les surfaces qui sont en contact l'une avec l'autre. Plus le frottement est élevé (par ex. lorsque la surface est sèche), plus la valeur de « k » est petite, tandis que moins il y a de frottement (par ex. lorsque la surface est glissante), plus la valeur de « k » est élevée. Les valeurs approximatives de « k » figurent en regard de trois surfaces différentes dans le tableau ci-dessous. Elles correspondent à des vitesses calculées en mètre par seconde (m/s).

Coefficients de frottement	Pneus de caoutchouc sur coefficient de frottement (k)
chaussée sèche en asphalte	0,06
chaussée mouillée	0,10
neige et glace	0,15

Exemple:

Quelle est la distance de freinage parcourue par une automobile roulant à 50 km/h sur une chaussée sèche?

$$d = kv^2$$

$$v = 50 \text{ km/h} = 50/3,6 \text{ m/s}$$

(Conversion des km/h en m/s.)

$$v = 13,9 \text{ m/s}$$

$$d = 0,06 \times (13,92 \text{ m/s})^2$$

$$d = 11,6 \text{ m}$$

La distance de freinage est de 11,6 m dans la direction du déplacement.

EXERCICE

1. Calcule la distance de freinage d'une automobile roulant à 10 km/h, à 20 km/h, à 30 km/h, à 60 km/h et à 90 km/h.
2. Compare la distance de freinage d'une automobile roulant à 30 km/h à celle d'une automobile roulant à 60 km/h. Quelle conclusion en tires-tu?

Distance d'immobilisation

Les calculs précédents portaient uniquement sur la distance de freinage dans des conditions expérimentales idéales. En réalité, il faut un certain temps au conducteur pour se rendre compte d'une situation dangereuse et pour y réagir en appuyant sur la pédale de frein. Par conséquent, la distance d'immobilisation du véhicule comprend à la fois la distance parcourue pendant le temps de réaction du conducteur et la distance de freinage. Prenons l'exemple du conducteur qui roule à 50 km/h sur une route sèche en asphalte. Soudain, à 34 m devant lui, un petit chien s'élanche sur la chaussée. Habituellement, un conducteur met une seconde et demie à reconnaître un danger semblable et à y réagir. Grâce à ce que l'on sait de la relation entre la distance, la vitesse et le temps, on peut calculer la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de réaction du conducteur. On sait que :

$$\text{vitesse} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$$

donc,

$$\text{distance} = \text{vitesse} \times \text{temps}$$

et

$$\text{distance de réaction} = 50 \text{ km/h} \times 1,5/3600 \text{ h}$$

(Conversion des secondes en heures.)

$$\text{distance de réaction} = 0,021 \text{ km ou } 21 \text{ m}$$

$$\text{Distance d'immobilisation} = \text{distance de réaction} + \text{distance de freinage}$$

Nous savons déjà que la distance de freinage parcourue par une automobile roulant à 50 km/h sur une route sèche en béton est de 11,6 m.

donc,

$$\text{distance d'immobilisation} = 21 \text{ m} + 11,6 \text{ m} = 32,6 \text{ m}$$

(Attention, petit chien!)

EXERCICE

1. En tenant compte du temps de réaction du conducteur, établi à 1,5 seconde, calcule la distance d'immobilisation d'une automobile roulant à 60 km/h sur une route détrempee.

Temps de réaction

Temps de réaction du conducteur

Le temps de réaction du conducteur comprend trois éléments : le temps qu'il faut au conducteur pour percevoir le danger, le temps qu'il met à y réagir et le temps de réponse du véhicule.

Temps de réponse du véhicule

Une fois la pédale de frein enfoncée, le temps de réponse du véhicule dépend du dispositif de freinage et de l'état de chacun de ses éléments, de la pression d'air dans les pneus et de la condition de la bande de roulement des pneus, du poids du véhicule, de la suspension et de la technique de freinage utilisée par le conducteur. Bien que le temps de réponse du véhicule puisse varier, il sera plus court si celui-ci est en bon état.

Temps de perception

Le temps de perception, c'est le temps que met le conducteur à percevoir un obstacle et à se rendre compte qu'il s'agit d'un danger. Ce temps varie considérablement et peut se situer entre une demi-seconde et trois ou quatre secondes. Pendant ce temps, le conducteur décide soit de freiner soit de modifier la trajectoire de son véhicule. De plus, dans une situation susceptible de présenter un danger, le conducteur a tendance à attendre que le piéton ou l'automobiliste qu'il rencontre sur son chemin réagisse, avant de réagir à son tour.

Temps de réaction humaine

Lorsque le conducteur se rend compte d'un danger, il commence à freiner. Son temps de réaction, c'est le temps qu'il met à lever son pied de l'accélérateur et à appuyer sur la pédale de frein. Ce temps varie également d'une personne à l'autre. À noter, cependant, que les conducteurs moins expérimentés mettent habituellement plus de temps à réagir à un danger.

Essaie-le!



Détermine ton temps de réaction de la façon suivante :

1. Demande à un camarade de tenir un mètre à la verticale entre ton pouce et ton index, écartés l'un de l'autre d'environ 5 cm. Assurez-vous que le point 0 du mètre se trouve vis-à-vis ton pouce.
2. Ton camarade laisse tomber le mètre sans préavis et tu attrapes le mètre en refermant la main. Note la distance parcourue par le mètre au moment tu le saisis.
3. Répète la même manœuvre trois fois et calcule ensuite la distance moyenne.
4. Pour déterminer ton temps de réaction, divise par 5 la distance en mètres et calcule la racine carrée du nombre.

Par exemple, si tu saisis le mètre à la marque de 17 cm, ton temps de réaction sera

$$\text{temps de réaction} = \sqrt{\frac{0,17}{5}} = 0,18 \text{ seconde}$$

Le temps que met le conducteur à percevoir et à réagir varie aussi en fonction de son environnement immédiat. De plus, il peut augmenter en fonction des facteurs suivants : visibilité réduite, mauvais temps, consommation d'alcool et de drogue, ainsi que fatigue, manque de vigilance ou de concentration du conducteur.

► Vigilance du conducteur



Le temps de réaction d'un conducteur qui est alerte et attentif à sa conduite sera plus court que celui d'un conducteur qui ne l'est pas. À noter, toutefois, que, dans le meilleur des cas, il sera de 0,7 seconde, soit 0,5 seconde de temps de perception et 0,2 seconde de temps de réaction. À noter également que la plupart des situations dangereuses se présentent de façon inattendue ou par surprise, ce qui augmente de 1,5 seconde ou plus le temps de perception.

Par ailleurs, ce qui se passe à l'intérieur du véhicule influe beaucoup sur le degré d'attention du conducteur. Les dispositifs d'affichage, les commandes du poste de radio et du lecteur CD, le téléphone cellulaire et les distractions provenant des passagers peuvent augmenter de 1 seconde ou plus le temps de réaction.

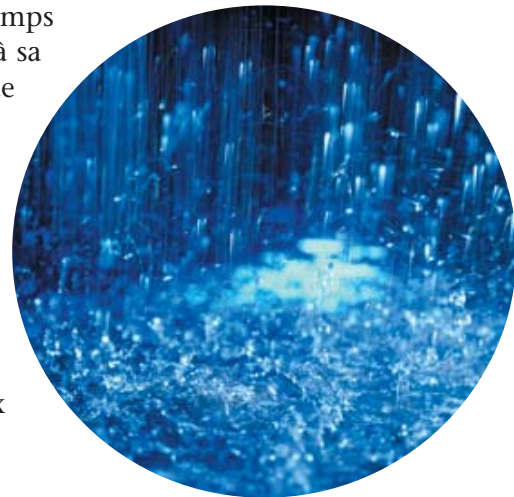


► Visibilité réduite

Le mauvais temps augmente aussi à sa façon le temps de perception du conducteur, particulièrement la nuit.

Normalement, nous percevons les objets au moyen des rayons lumineux qu'ils nous renvoient

et qui nous les rendent visibles. La pluie agit comme une lentille et diffuse la lumière dans toutes les directions, réduisant ainsi la visibilité. La brume produit un phénomène semblable, mais rend la visibilité presque nulle. Comme les rayons lumineux bleus sont diffusés davantage que les rayons jaunes, certains experts recommandent l'utilisation de phares antibrouillard jaunes. Pourtant, les phares jaunes éclairent beaucoup moins que les phares ordinaires et réduisent même la visibilité. De plus, les gouttelettes de brume sont généralement trop grosses pour diffuser la lumière de différentes longueurs d'onde. Par conséquent, elles diffusent dans la même mesure les rayons bleus et les rayons jaunes.



Le mauvais temps peut également être source d'autres dangers en ce qui concerne la visibilité. La pluie qui tombe sur le pare-brise nous empêche de voir clairement et les essuie-glace gênent, eux aussi, notre visibilité. Le bruit de la pluie retient l'attention du conducteur et le distrait. Lorsque leur visibilité est réduite, les gens sont portés à conduire en regardant droit devant eux. Cependant, cela réduit leur champ de vision périphérique et ils ont alors plus de difficulté à voir un automobiliste ou un piéton qui vient de côté.

Essaie-le!

Détermine de nouveau ton temps de réaction avec le mètre, mais dans les conditions suivantes cette fois.



1. Simule des conditions de mauvaise visibilité en recouvrant de cellophane des lunettes de sécurité. Quelle incidence cela a-t-il sur ton temps de réaction?



2. Demande à deux personnes d'essayer de te distraire en te posant une série de questions pendant que tu exécutes l'activité (« Qu'est-ce que tu as fait en fin de semaine? », « À quelle heure t'es-tu levé? », « Avec qui es-tu sorti? », etc.). Essaie de répondre à leurs questions pendant que joue la radio. Quels résultats obtiens-tu lorsque tu dois te concentrer en même temps sur autre chose que l'activité?

Penses-y!

1. Pourquoi un conducteur qui suit de très près le véhicule précédent est-il habituellement incapable de s'arrêter en temps opportun quand le conducteur devant lui freine soudainement?

EXERCICE

1. Calcule la distance d'immobilisation de ton véhicule en ajoutant aux données de l'expérience 6 (distance de freinage) les données relatives à ton temps de réaction.

Vitesse relative	Distance de freinage (cm)	Temps de réaction (s)	Distance parcourue pendant le temps de réaction (cm)	Distance d'immobilisation (cm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

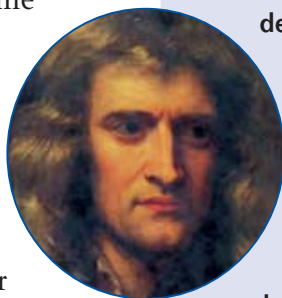
*Modèle seulement.
N'écris rien ici.*

2. Si deux voitures roulent à 60 km/h l'une derrière l'autre, quelle distance le conducteur de la seconde voiture doit-il respecter pour être en mesure de s'arrêter en toute sécurité sans préavis?
3. Si on augmente à 70 km/h la vitesse des deux voitures qui roulent l'une derrière l'autre, quelle distance, exprimée en « longueurs de voiture », doit-on respecter entre les voitures pour être en mesure de s'arrêter en toute sécurité? Qu'en est-il si on augmente la vitesse à 80 km/h, à 90 km/h, à 100 km/h, et ainsi de suite?

- La nuit, un piéton en vêtements foncés n'est visible qu'à 35 mètres d'une automobile dont seuls les phares de croisement sont allumés. En supposant un temps de réaction de 1,5 seconde, calcule la vitesse que le conducteur ne devrait pas dépasser pour avoir le temps de freiner et de ne pas renverser le piéton.
- Pour juger de la distance à garder entre les véhicules, certains experts en formation à la conduite recommandent d'adopter la technique suivante. Lorsque le véhicule qui te précède franchit un certain point (une affiche le long de la route, par exemple), compte « un million un, un million deux, un million trois », ce qui prendra environ trois secondes. Si, avant d'avoir fini de compter, tu franchis le même point, tu suis de trop près le véhicule devant toi. Les experts recommandent de se donner, par mauvais temps, une seconde de plus et même davantage. Explique par écrit le bien-fondé de cette technique en t'inspirant des principes de la physique et de tes connaissances en matière de distance de freinage.

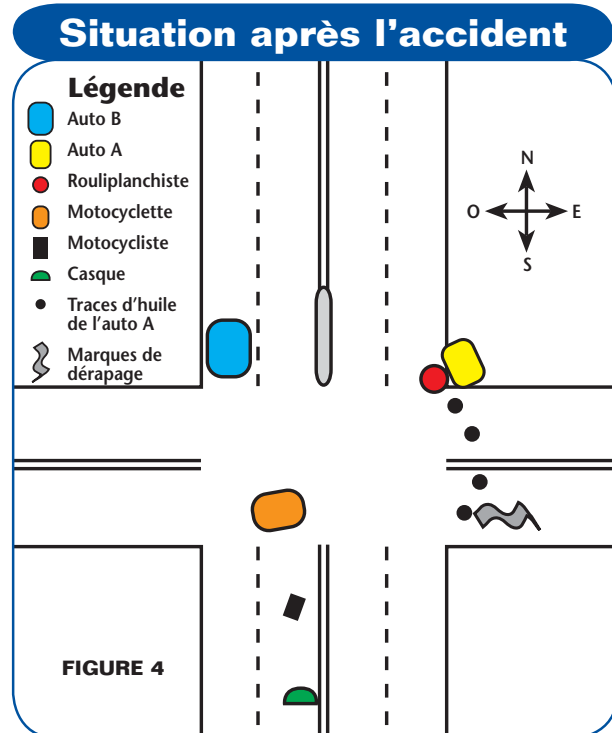
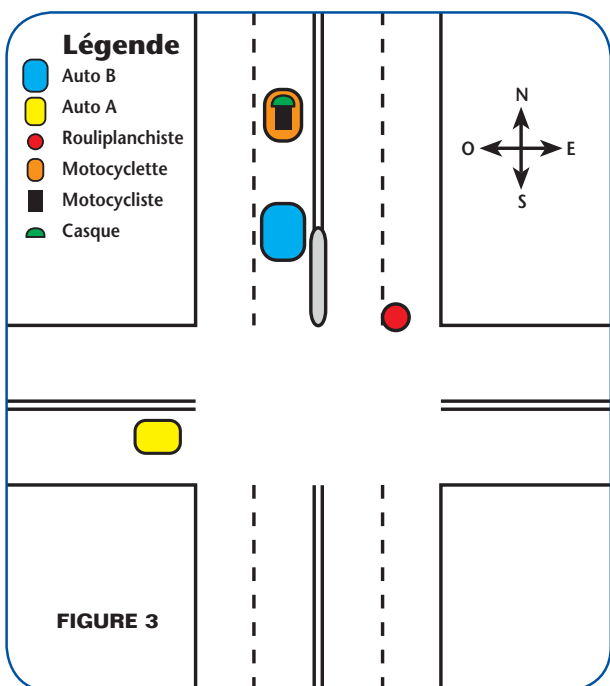
Résumé

Certaines personnes se sentent davantage en sécurité dans de plus gros véhicules, comme un véhicule loisir travail (VLT). Pourtant, que tu pédales un tricycle ou que tu conduises un quatre-quatre, les mêmes lois de la physique s'appliquent. L'étude de ces lois nous aide à comprendre l'importance d'adopter de bonnes habitudes de conduite. Il n'y a là rien de sorcier : ralentis, afin de ne blesser personne et garde toujours une « distance tampon » autour du véhicule. Enfin, mieux vaut arriver en retard qu'en corbillard.



Une dernière mission à remplir

À titre d'expert en physique, retourne au scénario de l'accident de la route décrit au chapitre un et analyse cette fois la collision à la lumière de tes connaissances des lois de Newton, de l'impulsion, de la quantité de mouvement et de l'énergie. Détermine lequel des deux conducteurs (l'automobiliste ou le motocycliste) dit la vérité et présente un compte rendu de tes conclusions à la classe.



Conduire prudemment

À une époque où tout se déroule à un rythme accéléré, conduire de manière sécuritaire est la responsabilité de tous. Nos habitudes personnelles et notre style de vie ont des répercussions non seulement sur notre propre santé, mais aussi sur le bien-être des autres. Dans le monde d'aujourd'hui, nous avons à faire des choix difficiles lorsque certaines personnes sont des victimes innocentes du comportement irresponsable d'autres personnes. Une bonne compréhension des lois de la physique nous

aide à faire des choix éclairés et à prendre de bonnes décisions qui aideront à prévenir les blessures corporelles, les dommages matériels et les traumatismes psychiques provoqués par une conduite imprudente au volant. Dans les deux études de cas qui te sont proposées ci-dessous, fais appel aux connaissances scientifiques que tu as acquises au cours des chapitres précédents pour évaluer la situation et élaborer un plan d'action visant à améliorer les attitudes et les habitudes des gens et à promouvoir une conduite prudente.

Étude de cas n° 1

Monsieur Chamberland est âgé de 52 ans. Un soir, vers 21 heures, il roulait en automobile sur la rue Principale à 60 km à l'heure, limite de vitesse indiquée. Il avait promis de passer prendre son épouse à 20 h 45 et il était en retard. Il écoutait la partie de hockey à la radio, tout en cherchant la plaque de rue indiquant le boulevard des Ormes où il devait tourner. Tout à coup devant lui, madame Tourigny, vêtue d'un manteau bleu foncé, traversa entre deux rues sans regarder ni à droite ni à gauche pour voir si des véhicules approchaient. Lorsque M. Chamberland l'aperçut, il freina, mais il ne put s'arrêter à temps et son automobile heurta Mme Tourigny. Les policiers arrivèrent sur les lieux de l'accident et interrogèrent M. Chamberland qui affirma ne pas avoir vu le piéton. Il reconnut avoir pris quelques bières avant de quitter la maison. Un alcootest révéla un taux d'alcool de 0,06, donc inférieur au taux maximal de 0,08 permis par la loi. Les policiers n'ont porté aucune accusation contre M. Chamberland.

Tâche à accomplir

À la suite d'un nombre important d'accidents d'automobile semblables à celui de M. Chamberland, le chef de police te demande mener une enquête et de soumettre un rapport visant à :

- évaluer et clarifier la situation;
- revoir les interventions de la police;
- évaluer la documentation existante;
- mettre au point un plan d'action en vue de réduire le nombre d'incidents semblables.

Étude de cas n° 2

Dans ton cahier, écris ce que tu penses des énoncés ci-dessous avant et après avoir pris connaissance du reportage à la page suivante.

Énoncés

<p>Les conducteurs qui ont de graves accidents sont plus susceptibles que les autres d'être la cause de problèmes au volant.</p>	<p>Avant :</p> <p>Après :</p> <p>Commentaires :</p>
<p>Des accusations criminelles devraient être portées contre les jeunes conducteurs qui sont impliqués dans un accident.</p>	<p>Avant :</p> <p>Après :</p> <p>Commentaires :</p>
<p>Les lois de la physique donnent à penser que l'on peut reprendre le contrôle d'une automobile dont on a perdu le contrôle.</p>	<p>Avant :</p> <p>Après :</p> <p>Commentaires :</p>
<p>Les accidents les plus graves dont les adolescents sont responsables sont provoqués par l'utilisation de drogues illicites et des taux d'alcool élevés dans le sang.</p>	<p>Avant :</p> <p>Après :</p> <p>Commentaires :</p>
<p>Les modifications au Code de la route, telles que le Programme de permis de conduire par étapes, ont été conçues afin d'exercer une surveillance excessive sur les jeunes adultes.</p>	<p>Avant :</p> <p>Après :</p> <p>Commentaires :</p>

*Modèle seulement.
N'écris rien ici.*

Adolescent de Lebanon mort à la suite d'un accident d'automobile

GISELLE GOODMAN et DAVID HENCH, journalistes du Portland Press Herald • Tous droits réservés. (c) 2002 Blethen Maine Newspapers Inc.

Un jeune de Lebanon, âgé de 14 ans, est décédé vendredi des suites de blessures subies la veille lors d'un accident d'automobile.

Les autorités policières envisagent de porter des accusations contre le conducteur de 16 ans, qui avait obtenu son permis il y a deux mois mais qui n'avait pas le droit de transporter des passagers. Colin Robinson, un pompier cadet de 14 ans connu pour sa nature serviable, a subi des blessures mortelles lors de l'accident, qui a eu lieu jeudi à 11 h, sur le chemin Long Swamp à Lebanon. Le conducteur et Chadd Robinson, frère de la victime et âgé de 17 ans, ont également été blessés. Le nom du conducteur n'a pas été dévoilé parce qu'il est mineur et qu'une accusation pourrait être portée contre lui. Vendredi, les deux adolescents reposaient dans un état stable à l'hôpital.

Les trois adolescents de Lebanon, tous élèves de l'école secondaire Noble High, se rendaient au domicile du conducteur lorsque ce dernier a perdu la maîtrise de sa Mercury Sable. L'automobile a frappé une autre automobile venant en sens inverse et s'est arrêtée dans un fossé rempli d'eau. Colin Robinson, qui aurait eu 15 ans le mois prochain, est décédé vendredi à 2 h au Maine Medical Center à Portland. On a fait don de ses organes à d'autres personnes. « Il aidait sa communauté avec dévouement », fait remarquer M. Jason Cole, chef adjoint des opérations de sauvetage. « Le jeune Robinson est devenu pompier cadet au sein de l'équipe de sauvetage il y a deux ans, parce qu'il voulait devenir pompier ou policier plus tard. » Selon M. Cole, peu importe la carrière que Colin Robinson aurait choisie, il aurait sûrement été quelqu'un qui serait venu en aide aux autres. « Il ne causait jamais de problèmes, ajoute-t-il. C'était un bon gamin. » De fait, lorsque M. Cole a eu une crevaison sur la route 202 il y a quelques soirs, c'est Colin, qui se déplaçait comme d'habitude à vélo, qui s'est arrêté pour l'aider. Toujours selon M. Cole, les trois victimes de l'accident étaient de bons garçons. « Si (le conducteur) avait bien réfléchi, il n'aurait jamais fait quoique ce soit pour mettre en danger la vie de ses camarades », précise-t-il. En arrivant à l'école vendredi, les élèves de Noble High, qui savaient déjà que leurs camarades avaient été blessés, ont été atterrés d'apprendre que Colin Robinson, élève de neuvième année, était décédé. « On ne se rappelle plus si on lui a parlé le jour avant ou si on a été méchant avec lui, commente Lindsey Adams, 16 ans. Je n'ai pas encore complètement digéré la terrible nouvelle. » Spencer Eldredge, un élève de dixième année, a été secoué par la nouvelle, même s'il connaissait à peine le jeune Robinson. « La mort, c'est tellement définitif, souligne-t-il. Je me sens vraiment triste en pensant à ses amis proches. C'est un événement qui assombriera toute l'année scolaire. »

La direction de l'école a permis aux élèves en deuil de rentrer chez eux et offrait du counseling à ceux qui en avaient besoin. Selon Mme Peggy Paine, conseillère du service d'intervention en cas de crise de York County, les élèves à qui elle a parlé étaient stupéfiés et sidérés par la nouvelle. « Ce n'est ni normal ni juste, affirme-t-elle. Il y a eu beaucoup de larmes et de sanglots, et les jeunes se sont réconfortés les uns les autres. » Ceux qui connaissaient Colin pensent bien qu'il aurait été une de ces personnes qui auraient réconforté les autres. « Si quelqu'un avait besoin d'un coup de main, il était toujours là », affirme M. Cole.

M. Mark Holmquist, policier de l'État du Maine qui est l'enquêteur en chef de l'accident, se sert régulièrement de photos d'accidents mortels pour sensibiliser les élèves de Noble High aux dangers de conduire trop vite. « Une photo de cet accident pourrait toutefois être trop bouleversante », dit-il.

M. Holmquist dit que les trois jeunes avaient fait le plein au poste d'essence Cumberland Farms à Berwick avant de se rendre au domicile du conducteur au milieu de la journée scolaire. Il ignore si les jeunes avaient acheté autre chose avant l'accident et ne sait pas ce qu'ils avaient fait le matin même. Le conducteur se dirigeait vers le nord lorsqu'il s'est écarté sans le vouloir de la route. Il a ensuite trop redressé le volant et a frappé une Honda venant en sens inverse. Le conducteur de la Honda et sa jeune fille n'ont pas été grièvement blessés. Selon M. Holmquist, la Honda avançait lentement et, par conséquent, le conducteur a pu s'arrêter avant la collision, ce qui a peut-être permis d'éviter d'autres morts. Le côté passager de la Mercury, plus précisément la partie entre les portes avant et arrière, est entré en collision avec le devant de la Honda. Colin Robinson, assis à l'arrière, a subi des blessures mortelles, malgré le fait qu'il avait bouclé sa ceinture de sécurité. Au cours de la journée vendredi, les enquêteurs ont reconstitué l'accident dans le but de déterminer de façon précise ce qui s'était passé et la vitesse à laquelle l'automobile roulait au moment de l'accident. La police a révélé que, selon des estimations préliminaires, la voiture roulait entre 100 et 130 km/h. La limite de vitesse autorisée à l'endroit de l'accident est de 55 km/h.

Les autorités policières poursuivent leur enquête pour déterminer pourquoi les élèves n'étaient pas en classe et pourquoi ils se rendaient au domicile du conducteur. M. Holmquist souligne que la mère du conducteur et peut-être même le père étaient à l'extérieur de la ville au moment de l'accident. Il ajoute également que le conducteur n'avait jamais été déclaré coupable d'une infraction depuis l'obtention de son permis de conduire, mais qu'il fallait faire plus de recherches pour savoir si des plaintes étaient en instance. La loi de l'État interdit aux nouveaux conducteurs de prendre des jeunes comme passagers, hormis ceux de leur famille, au cours des 90 jours qui suivent l'obtention de leur permis de conduire. « Cela permet aux jeunes conducteurs inexpérimentés d'acquérir plus d'expérience et de se sentir plus à l'aise au volant dans les premiers mois, sans être exposés aux pressions de leurs camarades », souligne Mme Domna Giatas, directrice des communications pour le bureau du secrétaire d'État. La loi a été adoptée en l'an 2000, en partie parce que les statistiques révèlent que, dans le cas des jeunes conducteurs, c'est la vitesse qui constitue la menace la plus importante à leur sécurité. Les autorités policières et les procureurs de York County se sont rencontrés vendredi pour examiner l'affaire. Ils prévoient annoncer au début de la semaine prochaine si des accusations seront portées contre le conducteur.

Pour communiquer avec le rédacteur David Hench, veuillez composer le 791-6327 ou écrire à dhench@mainetoday.com.

Reproduit avec la permission du Portland Press Herald et du Maine Sunday Telegram. La reproduction de cet article ne sous-entend nullement l'approbation des énoncés et des opinions qu'il renferme.

Photos

Page 22 : Webber Printing. Page 40 (en haut à droite) : reproduite avec la permission de *LA Youth* (www.layouth.com), the newspaper by and about teens. Page 40 (en bas à droite), page 45 (à droite) et page 58 : Raquelle Lafond. Page 59 (en haut à droite) : Bill Morrison. Page 45 (en haut à droite), page 46 (en bas à gauche) et page 47 (les deux à gauche) : Insurance Institute for Highway Safety.



L'ensemble de ce document a été imprimé avec des encres végétales et sur du papier contenant un minimum de 50 % de fibres recyclées, dont 20 % de fibres recyclées après consommation. Svp, recyclez.

REV 08/2012