

2

L'optique

Les télescopes utilisés dans les observatoires sont dotés de lentilles et de miroirs qui font converger la lumière provenant des profondeurs de l'espace. ▶

Contenu du module

4

Les propriétés de la lumière et son modèle ondulatoire

- 4.1 La nature de la lumière
- 4.2 Les propriétés des ondes
- 4.3 Les propriétés de la lumière visible
- 4.4 La lumière et le spectre électromagnétique



5

Les lois de la réflexion et la formation d'images par les miroirs

- 5.1 Le modèle du rayon de lumière
- 5.2 Les images dans les miroirs plans
- 5.3 Les images formées par un miroir courbe



6

La réfraction et la formation des images par les lentilles

- 6.1 Les lentilles concaves et convexes
- 6.2 La vision humaine
- 6.3 Le prolongement de la vision humaine





Une équipe acrobatique produit des traînées de fumée aux couleurs vives.

Des avions à réaction volent à basse altitude au-dessus de la foule. Les avions se déplacent à haute vitesse en formation serrée. Ils volent à 300 km/h à seulement 3 m de distance les uns des autres. Dès qu'il reçoit le signal radio, chaque pilote appuie sur un bouton pour libérer des nuages de fumée rouge, blanche et verte. Un bruit assourdissant déchire l'atmosphère au passage des avions puis les spectateurs observent le ciel rempli de nuages aux couleurs vives. Les couleurs commencent à se mélanger et les nuages à se disperser alors que les avions s'éloignent.

La réussite d'un évènement comme un spectacle aérien dépend de nombreux facteurs, notamment de l'utilisation efficace de la lumière. C'est la communication par transmission radio qui permet aux pilotes de produire des nuages de couleur simultanément. Or, la radiotransmission, les couleurs, les caméras, les jumelles, les lunettes, de même que notre propre système de vision dépendent tous des propriétés caractéristiques de la lumière.

Les sociétés qui nous ont précédés utilisaient l'énergie lumineuse du feu et de la lumière solaire. Dans notre société moderne, nous utilisons en plus la lumière laser, les ondes radioélectriques, les rayons infrarouges et d'autres formes d'énergie lumineuse. Dans ce module, tu apprendras comment il nous est possible de voir et comment nous utilisons la lumière visible et les différents types de rayonnement invisible. Tu découvriras l'optique, une spécialité de la physique qui étudie les propriétés de la lumière et le mécanisme de la vision.



Un spectacle avec jeu de lumière laser éblouit les spectateurs.



Lien

Internet

Les quatre principaux types de source lumineuse sont l'incandescence, la décharge électrique, la fluorescence et la phosphorescence. Pour en savoir plus sur la façon dont ces phénomènes produisent de la lumière, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes. www.cheneliere.ca

Lien terminologique

Le mot « lumière » vient du latin *lumen* et le mot « chandelle » vient du latin *candela*. En physique, le lumen est une unité de mesure du flux lumineux alors que la candela sert à mesurer l'intensité de la lumière.

La lumière est de l'énergie !

ACTIVITÉ d'exploration

Les calculatrices solaires fonctionnent sans piles grâce à la lumière d'une source telle une lampe dans une pièce ou le Soleil. Dans cette activité, tu découvriras des éléments prouvant que la lumière constitue une forme d'énergie.

Matériel

- une calculatrice sans piles dotée d'un panneau solaire

Ce que tu dois faire

1. Entre quelques chiffres dans la calculatrice puis couvre le panneau solaire pour empêcher la lumière de l'atteindre. Observe le résultat.
2. Découvre le panneau et regarde de nouveau l'écran. Observe le résultat.

Qu'as-tu découvert ?

1. Qu'arrive-t-il à l'écran quand tu empêches la lumière d'atteindre le panneau solaire ?
2. La calculatrice a-t-elle gardé en mémoire les chiffres que tu avais entrés avant de couvrir le panneau solaire ? Explique ta réponse.
3. Comment expliquerais-tu à un élève plus jeune en quoi cette expérience démontre (ou non) que la lumière constitue une forme d'énergie ?

Les propriétés de la lumière et son modèle ondulatoire

Imagine que tu te trouves au bord d'un lac calme et plat. Semblable à un miroir, il reflète la rive opposée et les montagnes à l'horizon. Soudain, un poisson saute hors de l'eau. Tu entends un ploc ! Puis, des vagues concentriques partent de l'endroit où le poisson est rentré dans l'eau. Ces vagues transmettent l'énergie transférée par le poisson à l'eau, au moment de son saut. L'amplitude et la quantité d'énergie que les vagues transmettent te donnent des indications sur la grosseur du poisson et la hauteur à laquelle il a sauté. La lumière se propage comme une vague et transmet de l'énergie sur de longues distances à partir d'une source, par exemple une lampe de poche ou une étoile. Les vagues et la lumière sont des ondes et possèdent des caractéristiques communes.

Ce que tu apprendras

À la fin de ce chapitre, tu pourras :

- **donner** des exemples des premières applications technologiques utilisant la lumière ;
- **observer** que les ondes transmettent de l'énergie ;
- **relier** les propriétés des ondes aux propriétés de la lumière ;
- **expliquer** pourquoi un prisme décompose la lumière blanche en différentes couleurs ;
- **décrire** les propriétés et l'utilité des ondes électromagnétiques.

Pourquoi est-ce important ?

C'est grâce à l'énergie transmise par les ondes que tu peux voir et entendre le monde dans lequel tu vis. Les diverses propriétés des ondes servent à de multiples usages. Par exemple, différentes ondes électromagnétiques créent des portraits très différents du monde qui nous entoure.

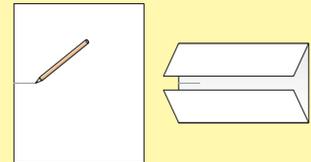
Les compétences que tu utiliseras

Dans ce chapitre, tu devras :

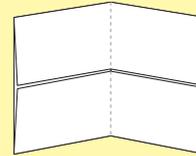
- **observer** comment la lumière peut être décomposée en différentes couleurs ;
- **utiliser** des simulations pour représenter les propriétés de la lumière ;
- **communiquer** à l'aide de diagrammes et de couleurs.

Prépare ton aide-mémoire repliable pour prendre des notes sur les notions du chapitre 4.

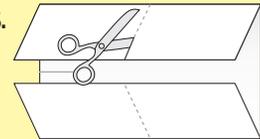
ÉTAPE 1 **Trace** une ligne au milieu d'une feuille de papier de format lettre dans le sens de la largeur. **Plie** la feuille de telle manière que le haut et le bas de la feuille touchent la ligne du milieu. (S'il s'agit d'une feuille mobile, sers-toi du centre du trou du milieu pour repérer le milieu de la feuille.)



ÉTAPE 2 **Plie** la feuille en deux en ramenant le côté gauche sur le côté droit.



ÉTAPE 3 **Déplie** la feuille et coupe le long des pliures intérieures pour créer quatre onglets.



ÉTAPE 4 **Nomme** chaque onglet comme sur le schéma ci-dessous.



Lis et écris À mesure que tu avances dans ce chapitre, prends des notes sous l'onglet approprié.

* Tiré et adapté de *Dinah Zike's Teaching Mathematics with Foldables*, Glencoe/McGraw-Hill, 2003.

4.1 La nature de la lumière

Les premiers philosophes croyaient que la lumière était faite de particules. Bien avant de comprendre la nature de la lumière, les scientifiques et les technologues fabriquaient des lentilles et construisaient les premiers microscopes et télescopes. Au fil de leurs expériences avec la lumière, certains scientifiques ont commencé à se représenter la lumière comme une onde, alors que d'autres scientifiques persistaient à croire que la lumière était constituée de particules. Au XIX^e siècle, on a démontré la nature ondulatoire de la lumière et déterminé qu'elle se déplaçait à une vitesse de 3×10^8 m/s dans le vide.

Mots clés

microscope
Pythagore
téléscope

Le savais-tu ?

Ibn al-Haytham était un scientifique de la Mésopotamie (l'Iraq moderne), né en l'an 965 de notre ère. Il a réalisé des essais contrôlés afin de vérifier ses hypothèses sur la lumière. Il a démontré que la lumière provenant du Soleil ou d'une chandelle était réfléchiée par les objets qu'elle éclairait. Il a également expliqué comment l'œil forme des images à partir de la lumière qu'il reçoit. Ce n'est que des centaines d'années plus tard que les scientifiques européens ont fait des découvertes similaires.

Qu'est-ce que la lumière ? Durant des milliers d'années, les gens se sont posé cette question et ont tenté d'y répondre. Les philosophes de l'Antiquité avaient compris qu'il existe un lien entre la lumière et la vision. Un des premiers à tenter d'expliquer comment la lumière rendait la vision possible est le philosophe grec **Pythagore**, né vers 580 av. J.-C. Pythagore croyait que les faisceaux lumineux se composaient de flots de particules minuscules. Quand ces faisceaux lumineux voyageaient de l'objet à l'œil, ils transportaient de l'information relative à l'objet.

D'autres philosophes grecs croyaient que les yeux envoyaient des fibres (des fils) de lumière, comme l'illustre la figure 4.1. Ils croyaient que ces fibres pouvaient sentir et toucher les objets, rapportant ainsi de l'information jusqu'à l'œil. Pendant des siècles, ces idées ont été acceptées car elles semblaient fournir une explication aux phénomènes observés par rapport au mouvement de la lumière.



Figure 4.1 Pythagore croyait que les faisceaux lumineux se composaient de particules minuscules qui émanaient des objets. L'œil pouvait déceler ces particules et ainsi voir les objets.

Les premières applications technologiques utilisant la lumière

En l'an 1000, les scientifiques en avaient encore beaucoup à apprendre sur les propriétés de la lumière. Leur compréhension était malgré tout suffisante pour permettre l'utilisation de la lumière dans le but d'améliorer la vision. On avait observé que lorsqu'un objet était regardé à travers un morceau de verre (aujourd'hui appelé une lentille), il apparaissait plus gros. La première lentille conçue pour grossir les caractères imprimés sur une page se nommait une pierre de lecture (voir la figure 4.2). Elle était fabriquée à partir d'une pièce de verre dont une moitié était sphérique et l'autre plate. Lorsque la pierre de lecture était déposée sur une page d'un livre, les mots apparaissaient grossis et se lisaient plus facilement.

Éventuellement, certaines personnes ont appris à fabriquer des lentilles. Une lentille grossissante était montée dans un cadre circulaire muni d'un manche. Elle ressemblait ainsi aux petites loupes que l'on connaît aujourd'hui. Vers la fin des années 1200, en Italie, on a fixé ensemble les manches de deux loupes, de manière à ce qu'elles tiennent sur le nez. Ces loupes reliées sont les premières lunettes connues. Un exemple de ces lunettes est montré à la figure 4.3.

Tu peux fabriquer une « pierre de lecture » à partir d'un dessert à la gélatine. Suis la recette indiquée sur la boîte d'un dessert à la gélatine au citron. Utilise des cuillères à mesurer en guise de moules pour ton expérience. Lorsque la gélatine est ferme, place le dessous de la cuillère dans une petite quantité d'eau chaude pour faire décoller la gélatine. Puis, démoule une cuillère sur une pellicule de plastique transparent. Tiens la gélatine au moyen de la pellicule de plastique et appose-la sur une page imprimée. Lis les caractères au travers. Comment la gélatine modifie-t-elle les caractères de la page?



Figure 4.2 Presque toutes les personnes âgées de plus de 40 ans ont de la difficulté à lire sans lunettes. Avant les années 1200, la pierre de lecture était le seul moyen dont disposaient ces personnes pour grossir suffisamment les caractères et pouvoir lire.



Figure 4.3 La monture de ces premières lunettes était faite de corne, de métal ou de cuir.

Vers la fin des années 1500, un néerlandais et son fils, Zacharias et Hans Janssen, possédaient une entreprise de fabrication de lentilles. Ils faisaient souvent des expériences avec les lentilles et ont découvert comment grossir l'image de petits objets. Ils ont fabriqué des tubes qui s'emboîtaient et glissaient les uns dans les



Figure 4.4 Le premier microscope optique était simplement fait de deux tubes dotés de lentilles aux extrémités.

autres. En essayant différentes lentilles aux extrémités de ces tubes, ils sont parvenus à voir des petits objets beaucoup plus gros. Ils venaient d’inventer le premier **microscope** optique.

La figure 4.4 illustre un de leurs premiers microscopes. Antonie Van Leeuwenhoek est célèbre pour avoir construit des microscopes et avoir découvert une multitude de très petits organismes vivants dans une goutte d’eau. Il a découvert qu’il était possible d’augmenter le pouvoir grossissant d’une lentille en augmentant la courbure de celle-ci. La figure 4.5 illustre un des microscopes utilisés par Leeuwenhoek.



Figure 4.5 Même si cet objet ressemble bien peu à un microscope, il a permis à Leeuwenhoek de découvrir de nombreuses « petites bestioles ». L’échantillon était placé sur la pointe de la vis et Leeuwenhoek l’observait à travers une lentille installée de l’autre côté de l’ouverture.



Figure 4.6 Galilée a construit et utilisé ce télescope au début des années 1600.

Galilée, un scientifique et un philosophe italien, avait entendu parler de nombreuses expériences menées sur des lentilles. Avec des lentilles de sa fabrication, il a construit un premier **télescope** (voir la figure 4.6). En y apportant des améliorations, il a pu découvrir quatre des lunes de Jupiter.

Vérifie ta lecture

1. Comment les Grecs de l’Antiquité décrivaient-ils la lumière ?
2. Décris le premier objet utilisé pour faciliter la lecture des petits caractères.
3. Quelle découverte de Leeuwenhoek permettait d’augmenter le pouvoir grossissant des lentilles ?
4. Qui a construit et utilisé le premier télescope ?
5. a) Donne un exemple d’application technologique qui s’est développée avant que l’explication scientifique soit fournie.
b) Donne un exemple d’application technologique qui a mené à des découvertes scientifiques.

La vitesse de la lumière

À quelle vitesse la lumière voyage-t-elle ? Il serait facile de présumer que la vitesse voyage instantanément. Après tout, lorsque tu actives l'interrupteur d'une lampe, tu vois la lumière aussitôt.

Galilée a probablement été le premier à tenter d'en mesurer la vitesse. En 1638, il a envoyé son assistant au sommet d'une colline avec une lanterne recouverte d'un tissu opaque. Galilée a grimpé au sommet d'une autre colline située à un kilomètre avec une lanterne également recouverte (voir la figure 4.7). Son assistant devait retirer le tissu de sa lanterne dès qu'il verrait la lumière de la lanterne de Galilée. Ce dernier mesurerait alors le temps écoulé entre le moment où il a lui-même retiré le tissu de sa lanterne et celui où son assistant avait fait la même chose. Mais Galilée n'a pas réussi à mesurer la vitesse de la lumière à partir des résultats de son expérience.



Figure 4.7 Galilée a tenté de mesurer la vitesse de la lumière en utilisant des lanternes. Pourquoi n'a-t-il pas réussi ?

La lumière : des ondes ou des particules ?

À partir des années 1200 et jusqu'à la fin des années 1500, les scientifiques ont fait de grands progrès en utilisant les lentilles et la lumière pour voir des choses jamais vues auparavant. Cependant, ils ne comprenaient toujours pas les propriétés de la lumière. La plupart pensaient toujours que la lumière était constituée de particules. Mais durant les années 1600, plusieurs scientifiques en sont venus à la conclusion que ce n'était pas le cas. Par exemple, si la lumière était faite de particules se déplaçant toujours en ligne droite, comment parvenait-elle à se plier pour suivre un angle ou à se diviser lorsqu'elle traversait plusieurs fentes étroites. Quelques scientifiques ont proposé l'idée que la lumière voyageait plutôt comme une onde. Au début du XIX^e siècle, les scientifiques Thomas Young et Augustin Fresnel ont tous les deux prouvé que la lumière se comporte effectivement comme une onde (voir la figure 4.8).

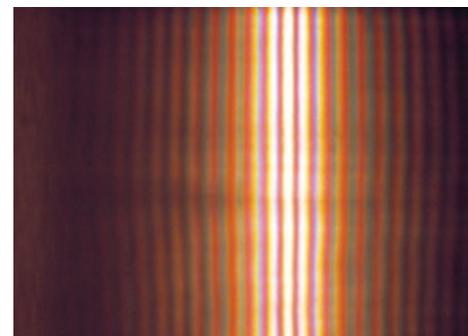
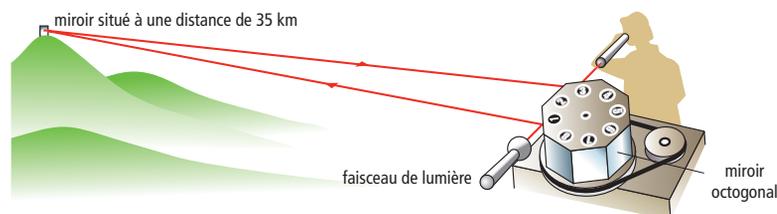


Figure 4.8 Thomas Young a découvert que la lumière se divise et s'imprime en créant cette image lorsqu'elle traverse plusieurs fentes étroites. Si la lumière était un flot de particules, peux-tu imaginer quelle image elle aurait créée ?

Albert Michelson a été le premier à mesurer la vitesse de la lumière avec précision. Il a utilisé une source lumineuse très puissante, un miroir rotatif à 8 côtés et un deuxième miroir de grande dimension placé à 35 km du premier (voir la figure 4.9). En mesurant la distance parcourue par la lumière et la vitesse de rotation du miroir octogonal, il a été capable de calculer la vitesse de la lumière. Grâce aux améliorations apportées à son appareil, il est arrivé à une mesure finale de 299 796 km/s.

Figure 4.9 Michelson a projeté un faisceau de lumière sur un côté du miroir rotatif qui l'a ensuite réfléchi sur un grand miroir situé à une distance de 35 km. Une fois qu'il a atteint le grand miroir, le faisceau de lumière est revenu en direction du miroir rotatif avec un certain angle pour être réfléchi sur un autre côté du miroir rotatif. En mesurant avec précision la vitesse de rotation du miroir en fonction de la distance du grand miroir, Michelson a réussi à calculer la vitesse de la lumière.



Même si tu connais la vitesse de la lumière, il est malgré tout difficile de te la représenter. Visualise cet exemple. Si la lumière se déplaçait autour de la Terre en longeant sa surface, elle en ferait le tour sept fois et demie en une seconde !

Comment la vitesse du son se compare-t-elle à la vitesse de la lumière ? Le son mettrait 32 heures pour voyager une seule fois autour de la Terre. Sa vitesse dans une atmosphère sèche à 20 °C est de 343 m/s (1 235 km/h). La vitesse de la lumière est beaucoup plus rapide.

La différence entre la vitesse de la lumière et celle du son te permet d'estimer la distance à laquelle tu te trouves de la foudre pendant un orage. La foudre provoque le tonnerre. Mais même si les deux surviennent en même temps, tu vois l'éclair avant d'entendre le tonnerre. Si tu mesures le temps écoulé entre le moment où tu vois l'éclair et celui où tu entends le tonnerre, et que tu multiplies ce temps par la vitesse du son, tu connaîtras la distance à laquelle tu te trouves de la foudre. Par exemple, si le temps écoulé est de 3 secondes, alors la foudre se situe à environ 3×343 m/s, soit à environ 1 000 m (1 km).

Le savais-tu ?

L'univers est tellement vaste que la lumière que tu perçois en provenance des étoiles a quitté ces étoiles depuis des centaines de milliers d'années. La lumière a voyagé dans l'espace tout ce temps. Alors quand tu regardes une étoile, tu vois le passé parce que la lumière captée par tes yeux a été émise des centaines de milliers d'années auparavant.

Vérifie ta lecture

1. Comment les scientifiques ont-ils compris que la lumière se comportait comme une onde plutôt que comme un flot de particules ?
2. Pourquoi l'expérience de Galilée pour mesurer la vitesse de la lumière a-t-elle échoué ?
3. Qui a été la première personne à mesurer la vitesse de la lumière avec précision ?
4. Comment se comparent la vitesse du son et celle de la lumière ?

Des concepts à retenir

1. Comment les philosophes Grecs de l'Antiquité expliquaient-ils la manière dont la lumière transmettait l'information à l'œil?
2. Qu'est-ce qu'une « pierre de lecture »? Comment s'en servait-on?
3. Avec quels matériaux les premières lunettes ont-elles été fabriquées?
4. Comment Leeuwenhoek s'y est-il pris pour améliorer le grossissement de son microscope?
5. Comment l'expérimentation a-t-elle transformé la compréhension de la lumière après le XVI^e siècle?
6. Comment Galilée a-t-il contribué à la recherche sur la lumière?
7. Quelle est la vitesse de la lumière?
8. Comment peux-tu déterminer la distance qui te sépare de la foudre pendant un orage?

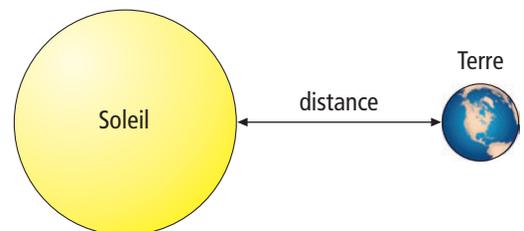


Des concepts clés à comprendre

9. Explique comment il a été possible de fabriquer des lentilles et de construire des télescopes et des microscopes avant de comprendre la nature de la lumière?
10. Pourquoi est-ce si difficile de mesurer la vitesse de la lumière?
11. Quelles différences vois-tu entre le microscope de Leeuwenhoek et ceux d'aujourd'hui?
12. Explique comment Galilée s'y est pris pour tenter de calculer la vitesse de la lumière. Pourquoi a-t-il échoué?
13. Lorsque les premiers astronautes se sont posés sur la Lune, ils ont installé des panneaux réfléchissant à sa surface. Les scientifiques peuvent orienter un laser en direction de ces panneaux et mesurer le temps que met le laser réfléchi à revenir sur la Terre. Comment peuvent-ils se servir de ces observations pour calculer la distance entre la Lune et la Terre?

Pause réflexion

La vitesse de la lumière est de 3×10^8 m/s. Si la lumière prend 8 minutes pour voyager du Soleil à la Terre, à quelle distance se trouve le Soleil?



4.2 Les propriétés des ondes

Une vague, ou une onde en général, est un transfert d'énergie dans la matière ou l'espace. L'amplitude est la hauteur de la crête d'une vague ou la profondeur de son creux, mesurée à partir de la position de repos. La longueur d'onde est la distance entre deux crêtes successives. Lorsque la longueur d'onde diminue, la fréquence augmente. L'énergie transportée par une vague et la vitesse à laquelle elle se propage ne sont pas les mêmes pour toutes les vagues.

Mots clés

amplitude
crête
creux
énergie
force
fréquence
hertz
longueur d'onde
médium
onde
onde longitudinale
onde transversale

Un surfeur flotte sur l'eau dans l'attente d'une vague parfaite (voir la figure 4.10), les micro-ondes réchauffent ton reste de pizza et les ondes sonores de ton lecteur de CD transmettent la musique à tes oreilles. Ces ondes ainsi que d'autres types d'ondes possèdent beaucoup de propriétés communes.



Figure 4.10 L'attente d'une vague. Les vagues transmettent l'énergie dans la matière ou l'espace.

L'observation des vagues

4-2A

ACTIVITÉ d'exploration

Tu n'as pas besoin d'aller à la mer pour voir des vagues. Dans cette activité, tu pourras produire des vagues sans sortir de ta classe.

Matériel

- un moule à tarte
- de l'eau
- un crayon

Ce que tu dois faire

1. Verse 2 cm d'eau dans un moule à tarte ou une grande casserole.
2. Donne un seul petit coup de crayon au milieu de la surface de l'eau. Observe les vagues qui se forment.

3. Donne un petit coup de crayon toutes les secondes sur la surface de l'eau. Remarque l'espacement entre les vagues.
4. Augmente la fréquence de tes coups de crayon. Remarque l'espacement entre les vagues.
5. Nettoie et range le matériel utilisé.

Qu'as-tu découvert ?

1. Dans quelle direction les vagues se sont-elles propagées lorsque tu as donné un petit coup de crayon dans l'eau ?
2. La distance entre les vagues a-t-elle changé lorsque tu as augmenté la fréquence de tes coups ?

Les caractéristiques d'une onde

Une **onde** est une perturbation ou un mouvement qui transmet de l'énergie à travers la matière ou le vide, sans causer de déplacement permanent. Les ondes sonores perturbent l'air et transmettent l'énergie grâce à lui. Les vagues perturbent l'eau et transmettent l'énergie grâce à elle. L'**énergie** est la capacité d'appliquer une force sur une distance donnée. Une **force** est une poussée ou une traction exercée sur un objet.

Pour visualiser les caractéristiques d'une onde, examine la figure 4.11. La ligne en pointillé indique l'équilibre ou la position de repos. La position de repos est le niveau de l'eau en l'absence de vagues. Porte attention aux mots dans l'illustration. Une **crête** est le point le plus élevé d'une vague, tandis qu'un **creux** est le point le plus bas.

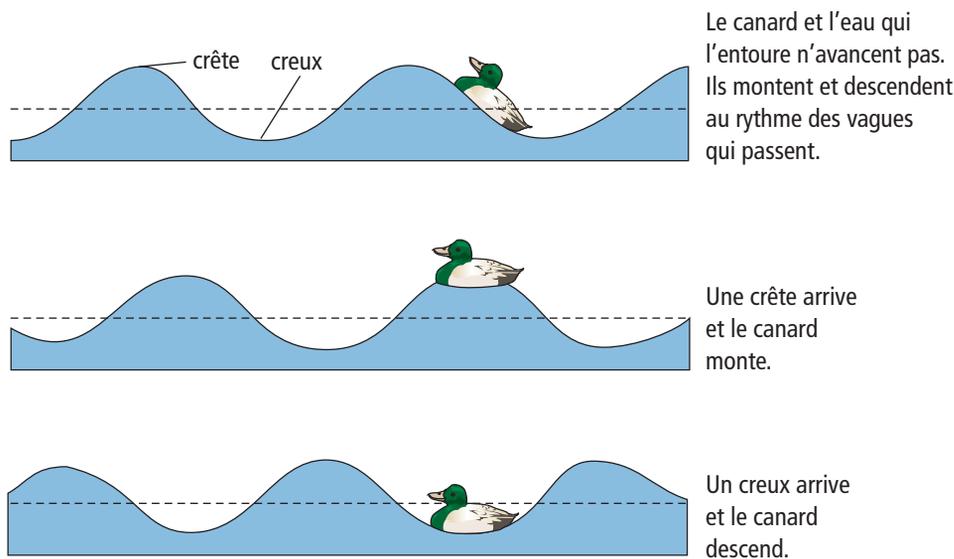


Figure 4.11 La vague se propage de gauche à droite.

La longueur d'onde

La **longueur d'onde** est la distance entre deux crêtes ou deux creux successifs. On peut aussi dire que la longueur d'onde est la distance parcourue par une crête complète et un creux complet (voir la figure 4.12). La longueur d'onde se mesure en mètres.

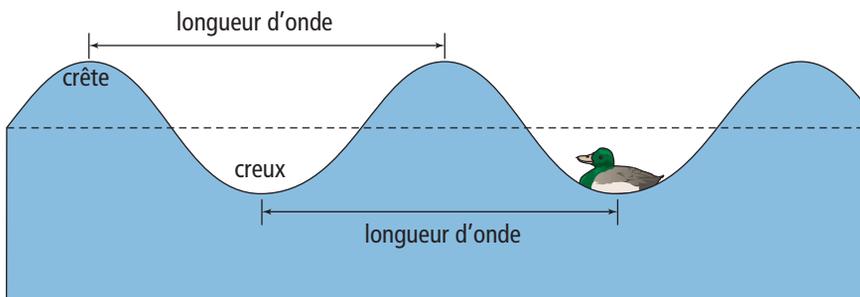


Figure 4.12 La longueur d'onde est la distance parcourue par une vague qui se répète.

Le savais-tu ?

Les ondes sonores sont utilisées pour obtenir l'image d'un fœtus pendant une échographie. Les ondes sonores sont également utilisées pour nettoyer des lentilles et d'autres équipements optiques, et des instruments dentaires et chirurgicaux.

L'amplitude

Si une brise souffle sur le lac où flotte le canard, la hauteur de la vague peut augmenter. Le canard flotte plus haut et plus bas au fur et à mesure que la crête s'élève et que le creux s'enfonce. L'**amplitude** de la vague est la hauteur de la crête d'une onde ou la profondeur de son creux, mesurée à partir de sa position de repos (voir la figure 4.13).

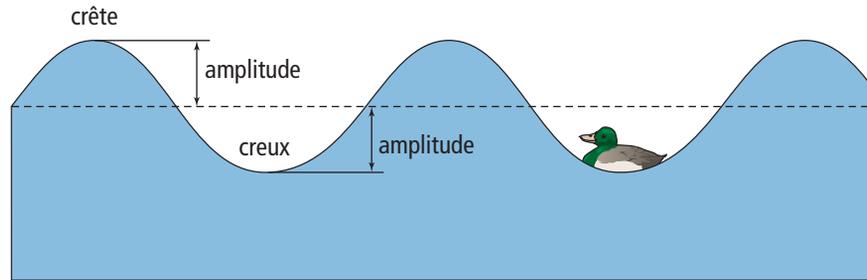


Figure 4.13 L'amplitude de la crête d'une vague est égale à l'amplitude du creux de la vague.

L'amplitude est liée à la quantité d'énergie transmise par la vague. Plus l'amplitude est grande, plus la quantité d'énergie transmise est grande. Une onde lumineuse de grande amplitude transmet beaucoup d'énergie et est très brillante. Une lumière faible possède une faible amplitude et transmet peu d'énergie. Quand tu utilises un gradateur pour diminuer ou augmenter l'intensité d'une lumière, tu ajustes l'amplitude de l'onde lumineuse.

Lien Internet

Dans les ondes sonores, la fréquence est liée à la hauteur des notes. Pour en savoir davantage sur les fréquences des notes de musique, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

Suggestion d'activités

Réfléchis bien 4-2B, à la page 142.
Activité d'exploration 4-2C, à la page 143.

La fréquence

Dans l'exemple ci-dessus, lorsque la longueur d'onde diminue, le canard et l'eau montent et descendent plus souvent. Chaque cycle de mouvements vers le haut et vers le bas est appelé oscillation, ou vibration. La **fréquence** est le nombre de fois qu'un mouvement, ou une oscillation, se répète pendant une période donnée. La fréquence est habituellement mesurée en **hertz (Hz)**, ou cycles par seconde. Par exemple, si deux vagues passent sous le canard à chaque seconde, on dira que le canard vibre ou oscille à la fréquence de 2 Hz.

Plus la longueur d'onde est courte, plus la fréquence est élevée (voir la figure 4.14). Lorsqu'une valeur augmente et qu'une autre diminue, les scientifiques appellent ce phénomène une *relation inverse*.

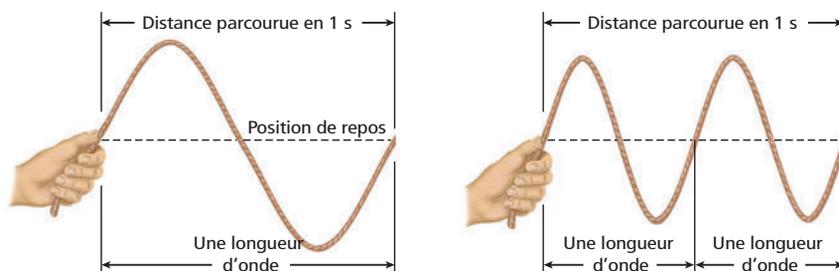


Figure 4.14 La longueur d'onde diminue lorsque la fréquence augmente. Cette propriété s'applique à toutes les ondes.

Un déplacement d'énergie et non d'eau

Une vague ne déplace aucune quantité d'eau. C'est seulement l'énergie transmise par l'eau qui avance (voir la figure 4.15). Cette propriété est commune à plusieurs types d'ondes; elles transmettent l'énergie sans déplacer de matière. Imagine que tu te trouves au milieu d'un lac et que tu montes et descendes au gré des vagues qui déferlent sous toi. Seule l'énergie des vagues avance vers la rive. Tu n'avances pas, ni l'eau d'ailleurs. Une fois la vague passée, l'eau retourne à sa position initiale, ou position de repos.

Deux types d'ondes

Les ondes diffèrent en fonction de l'énergie transmise et de la vitesse de propagation. Elles possèdent également d'autres caractéristiques qui les différencient les unes des autres. Les ondes sonores se propagent dans l'air pour atteindre tes oreilles. Les vagues océaniques se déplacent dans l'eau pour atteindre le rivage. Dans les deux cas, le matériau par lequel l'onde se propage est appelé **médium**. Le médium peut être sous une forme solide, liquide ou gazeuse. L'air est le médium des ondes sonores, tandis que l'eau est celui des vagues océaniques. Les deux types d'ondes qui voyagent par un médium sont les ondes transversales et les ondes longitudinales.

Les ondes transversales

Dans une **onde transversale**, la matière va et vient par le médium perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde (voir la figure 4.16). Si tu secoues le bout d'une corde pendant qu'une autre personne tient l'autre bout, tu crées des ondes transversales. L'onde et son énergie voyagent entre toi et l'autre personne pendant que la corde monte et descend.

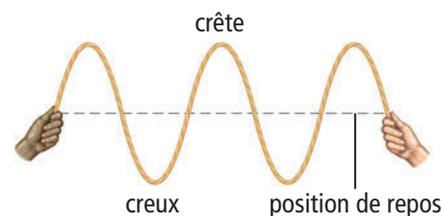


Figure 4.16 Une onde transversale se propage horizontalement le long d'une corde qui monte et descend.

Les ondes longitudinales

Les ondes sonores sont des **ondes longitudinales**. Dans une onde longitudinale, la matière va et vient par le médium dans la même direction que le mouvement de l'onde. Pour représenter des ondes longitudinales, utilise un ressort auquel tu attacheras un bout de ficelle à une des spires (voir la figure 4.17). Comprime plusieurs spires ensemble à une des extrémités du ressort. Relâche ensuite les spires tout en retenant l'autre extrémité. Une onde se propagera le long du ressort. En se déplaçant, l'onde semblera faire vibrer le ressort tout entier vers l'une des extrémités. Le bout de ficelle aura un mouvement de va-et-vient au moment où l'onde passera, puis il s'immobilisera une fois l'onde passée. L'onde transmet de l'énergie, et non de la matière.

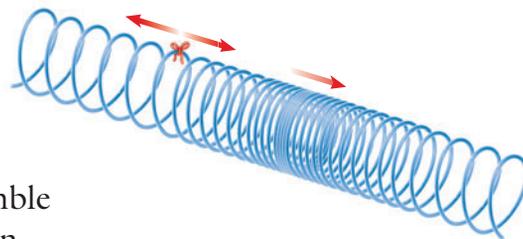


Figure 4.17 Une onde longitudinale se propage horizontalement le long du ressort alors que les spires avancent et reculent.

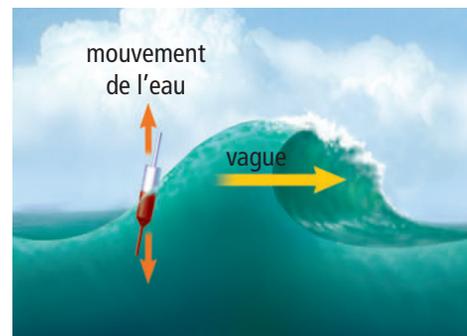


Figure 4.15 L'énergie transmise par la vague se déplace vers l'avant. L'eau monte et descend.

Les bouchons de circulation sont une forme d'ondes de densité de circulation. Ces ondes peuvent se propager dans une rangée de véhicules et causer un ralentissement. Découvre les causes de ces ondes et les moyens de les prévenir. Commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

Suggestion d'activité

Expérience 4-2D,
aux pages 144 et 145.

Les vagues et les ondes sismiques (tremblements de terre) sont une combinaison d'ondes transversales et d'ondes longitudinales. Les ondes sismiques se propagent autant à l'intérieur qu'à la surface de la Terre. Si des objets situés à la surface de la Terre absorbent une partie de l'énergie transmise par les ondes sismiques, ils bougent et tremblent.

Certaines ondes n'ont pas besoin d'un médium pour se propager. Les ondes lumineuses visibles et les ondes radioélectriques peuvent voyager dans l'espace où il n'y a aucune matière.

Vérifie ta lecture

1. Quelle est la différence entre une crête et un creux ?
2. Quelles sont les trois méthodes utilisées pour mesurer une longueur d'onde ?
3. Quelle propriété d'une onde est mesurée en hertz ?
4. Quel lien existe-t-il entre la longueur d'onde et la fréquence ?
5. Quelle est la différence entre une onde transversale et une onde longitudinale ?

La formule de la fréquence

4-2B

Réfléchis bien

Il y a des exemples de fréquence partout autour de toi. Dans cette activité, tu utiliseras le nombre de cycles, le temps et une équation pour calculer la fréquence.



Ce que tu dois faire

Utilise l'équation ci-dessous pour calculer la fréquence (en hertz) de chacun des exemples suivants. Rappelle-toi que la fréquence correspond au nombre de cycles (oscillations, révolutions, éclairs, battements) par seconde. L'exemple a) est un modèle.

- a) pendule = 24 oscillations en 6 s

$$\text{fréquence} = \frac{\text{cycle}}{\text{s}}$$

$$= \frac{24 \text{ oscillations}}{6 \text{ s}}$$

$$= 4 \text{ Hz}$$
- b) manège = 12 tours par 2 min
- c) lumière rouge clignotante à une intersection : 30 clignotements en 0,5 min
- d) fréquence cardiaque = 18 battements par 20 s
- e) arbre de transmission d'une voiture = 2 000 t/m (tours par min)

Qu'as-tu découvert ?

Pour calculer une fréquence mesurée en hertz, quelle opération dois-tu faire avec l'unité de temps avant de diviser ?

Une forme d'onde est une représentation visuelle d'une onde. Dans cette activité, tu utiliseras le mouvement d'une règle qui vibre pour créer une forme d'onde.

Matériel

- un crayon-feutre
- un mètre rigide
- une pince en C
- du carton ou du papier bulle
- du ruban-cache

Ce que tu dois faire

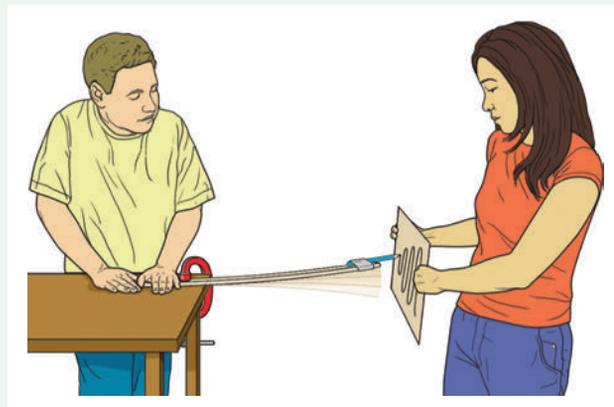
1. Fixe le crayon-feutre au bout du mètre rigide.

Partie 1

2. Fixe fermement le mètre rigide sur un pupitre avec la pince en C de telle manière qu'une longueur de 40 cm (avec le crayon-feutre) dépasse.
3. Appuie doucement sur le mètre rigide, puis relâche-le afin de le faire vibrer doucement.
4. Demande à une ou un autre élève de tenir le carton et de se déplacer lentement au bout du crayon en train de vibrer. La forme d'onde devrait apparaître sur le carton. Assure-toi d'enregistrer ainsi plusieurs formes d'onde. Tu devras peut-être répéter l'exercice à quelques reprises avant d'obtenir le résultat voulu. Ta ou ton partenaire peut suivre une ligne sur le plancher faite avec du ruban-cache en avant du pupitre, afin qu'il lui soit plus facile de marcher en ligne droite.

Partie 2

5. Répète les étapes 3 et 4 pour créer une autre forme d'onde sur un carton. Cette fois, augmente jusqu'à 60 cm la longueur du mètre rigide qui dépasse du pupitre.
6. Indique sur le carton la crête, le creux et la longueur d'onde.
7. Nettoie et range le matériel utilisé.



Partie 1, étape 4

Qu'as-tu découvert ?

1. Qu'as-tu remarqué quant au son émis par le mètre rigide qui vibre ?
2. Mesure la distance entre deux crêtes adjacentes de chaque forme d'onde. Quel essai a généré les plus longues longueurs d'onde ?
3. Quel essai a généré le plus de vibrations ?
4. Lorsque les longueurs d'onde augmentent, qu'arrive-t-il à la fréquence ?
5. Quelle est la relation entre la longueur d'onde et la fréquence ?
6. Est-il possible que l'onde dont la longueur d'onde est la plus grande soit également celle dont la fréquence est la plus élevée ?

Des ondes avec du ressort

Vérifie tes compétences

- Observer
- Classifier
- Communiquer
- Modéliser

Si on étire un ressort hélicoïdal métallique sur le plancher et qu'on lui imprime un mouvement de va-et-vient, on génère des ondes. Un mouvement latéral au bout d'un ressort va produire une onde transversale.

Question

Comment utiliser un ressort hélicoïdal métallique pour étudier l'amplitude, la longueur d'onde et la fréquence ?

Consignes de sécurité



- Ne relâche pas le ressort lorsque celui-ci est étiré.
- L'extrémité du ressort pourrait être tranchante.

Matériel

- un ressort hélicoïdal ou un Slinky
- un morceau de ruban-cache ou un bout de ficelle



Étape 1 Attache un morceau de ruban-cache ou un bout de ficelle sur le ressort.



Étape 2 Étire doucement le ressort sur le plancher.



Étape 3 Tiens fermement chaque bout du ressort.

Marche à suivre

1. Travaillez en équipe de deux. Attachez un morceau de ruban-cache ou un bout de ficelle au milieu du ressort.
2. Étirez le ressort sur le plancher. Tiens une extrémité du ressort pendant que ta ou ton partenaire tient l'autre extrémité. N'étirez pas trop le ressort, car cela pourrait l'endommager. Maintenez toujours le ressort sur le plancher pendant qu'il génère des ondes.
3. Tiens fermement l'extrémité du ressort pendant que ta ou ton partenaire le fait glisser lentement de gauche à droite. Observez le résultat et représentez graphiquement l'onde ainsi obtenue. Nommez-la « onde à basse fréquence » et indiquez sa longueur d'onde. Utilisez des flèches pour indiquer les directions où se dirige la spire portant le ruban-cache ou la ficelle. Tu ressentiras une force qui s'exerce de gauche à droite lorsque tu tiendras fermement une des extrémités du ressort.
4. Répète l'étape 3 pendant que ta ou ton partenaire fait glisser l'extrémité du ressort plus rapidement de gauche à droite afin de générer une fréquence plus élevée. Il y aura davantage de parties du ressort qui ne bougeront pas beaucoup et d'autres parties qui bougeront beaucoup. Qu'arrive-t-il à la fréquence ? Observez l'onde qui en résulte et représentez-la graphiquement. Indiquez la longueur d'onde. Annotez les différentes parties du graphique.
5. Faites les variantes suivantes. Tracez un graphique à partir de chaque résultat obtenu et annotez les différentes parties.
 - a) Augmentez l'amplitude de l'onde.
 - b) Créez une onde avec une basse fréquence et une forte amplitude.
 - c) Créez une onde avec une fréquence élevée et une faible amplitude.
 - d) Créez une onde avec une basse fréquence et une faible amplitude.

Analyse

1. Quel a été l'effet de l'augmentation de la vitesse de glissement de gauche à droite sur la longueur d'onde du ressort ?
2. Quel était le mouvement de la spire portant une marque à chacune des ondes ?
3. a) Quel lien existe-t-il entre la fréquence et l'amplitude d'une onde ?
b) Est-il possible qu'une onde à basse fréquence ait parfois une forte amplitude et parfois une faible amplitude ?

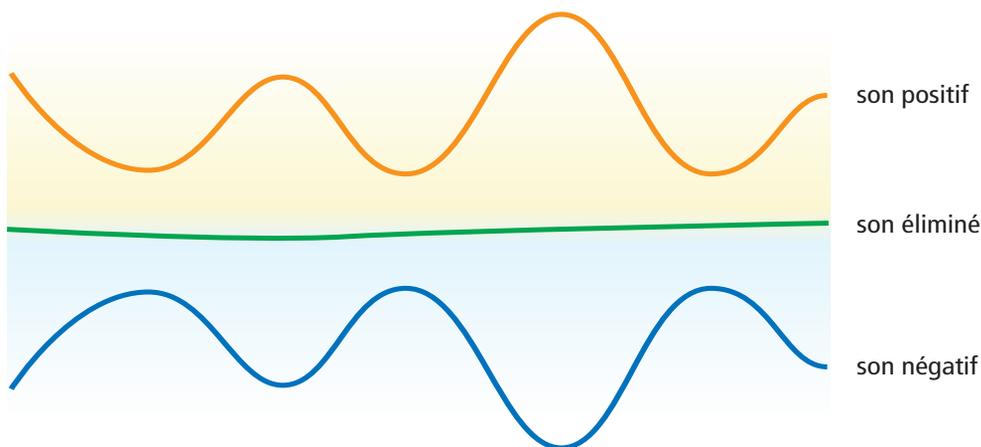
Conclusion et mise en pratique

1. a) Représente graphiquement :
 - i) une onde de fréquence élevée, de courte longueur d'onde et de forte amplitude ;
 - ii) une onde de basse fréquence, de grande longueur d'onde et de faible amplitude.
 b) Indique les crêtes, les creux, les longueurs d'onde et les amplitudes dans les deux graphiques que tu as tracés en a).
2. La quantité d'énergie transmise par un ressort varie avec la fréquence et la longueur d'onde.
 - a) Qu'arrive-t-il à la quantité d'énergie lorsque la fréquence augmente ?
 - b) Qu'arrive-t-il à la quantité d'énergie lorsque la longueur d'onde augmente ?

Incredible mais vrai

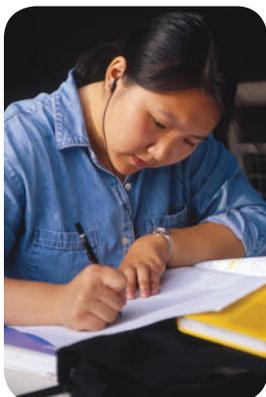
Les casques d'écoute réducteurs de bruit

Les ondes sonores positive et négative s'éliminent l'une et l'autre dans les casques d'écoute réducteurs de bruit.



As-tu déjà essayé d'écouter de la musique dans un autobus bruyant ? Les écouteurs que l'on insère dans l'oreille permettent de réduire le bruit de fond tandis que les casques d'écoute de plus grande dimension sont rembourrés de mousse pour aider à éliminer le bruit. Les casques d'écoute réducteurs de bruit utilisent les propriétés des ondes sonores pour éliminer les ondes indésirables. Les casques d'écoute réducteurs de bruit donnent de meilleurs résultats avec des bruits constants comme ceux d'une cafétéria d'école ou d'un moteur d'avion.

Le son est transmis par une série d'ondes primaires basses et élevées qui partent de la source du son jusqu'à ton tympan. Les changements de pression provoquent des vibrations du tympan. Les ondes sonores possèdent une forme particulière déterminée par leur longueur d'onde et leur amplitude. La longueur d'onde détermine la hauteur du son tandis que l'amplitude en détermine la force.



Les casques d'écoute réducteurs de bruit sont munis de petits microphones qui détectent le bruit de fond. Le bruit de fond est appelé son positif, car c'est celui que l'on entend normalement. Un processeur de signaux numériques analyse la forme de l'onde sonore positive, puis génère une onde sonore qui possède une forme exactement opposée. Cette onde est appelée onde négative. Le son négatif est ensuite amplifié et diffusé dans le casque d'écoute. Les ondes sonores positives et négatives se combinent et s'annulent les unes les autres.

Certaines personnes utilisent les casques d'écoute réducteurs de bruit tout simplement pour écouter le silence. D'autres les utilisent pour écouter de la musique. L'utilisation de la technique de réduction de bruit permet d'écouter de la musique à un volume plus faible qu'en temps normal.

La réduction du bruit n'élimine pas tous les bruits que tu pourrais entendre, ce qui est une bonne chose, car tu veux entendre le bruit de ton autobus scolaire qui approche !

Des concepts à retenir

- Trace une onde ayant une longueur d'onde de 4 cm et une amplitude de 1 cm. Indique la crête, le creux, l'amplitude et la longueur d'onde.
- Une sonnette vibre 900 fois en 1 s. Quelle est sa fréquence?
 - Une corde de guitare vibre 800 fois en 2 s. Quelle est sa fréquence?
 - Une balle rebondit sur le plancher 10 fois en 50 s. Quelle est sa fréquence?
- Trace une onde transversale et une onde longitudinale.
 - Donne un exemple de chaque type d'onde.
- Un hors-bord qui fonce sur les eaux d'un lac envoie une série de vagues vers un quai. La fréquence des vagues est de 0,5 Hz. Combien de crêtes de vague iront frapper le quai en 8 s?

Des concepts clés à comprendre

- Tu peux produire une onde en agitant de haut en bas l'extrémité d'une corde.
 - Explique comment tu agiterais l'extrémité de la corde pour produire une longueur d'onde plus courte.
 - Trouve deux façons différentes de secouer la corde qui te permettraient d'augmenter l'énergie transmise par l'onde.
- Explique pourquoi les vagues qui se déplacent sous un radeau ne déplacent pas ce radeau horizontalement.
- Lors d'une grosse tempête, une vague océanique entre la péninsule nord de l'île de Terre-Neuve et la côte du Labrador possède une amplitude de 15 m. La longueur d'onde est de 100 m.

- Quelle sera la hauteur de la crête de la vague qui surplombera un bateau qui se trouve dans le creux?
 - Si la vague voyage à une vitesse de 10 km par heure, combien de fois une vague passera-t-elle sous le bateau?
- Un élève fait une expérience sur la fréquence avec trois pendules différents et obtient les résultats suivants.

Pendule	Nombre d'oscillations	Temps écoulé pour achever toutes les oscillations (s)
A	32	8 s
B	72	9 s
C	210	1 min 20 s

- Calcule en hertz la fréquence de chaque pendule.
 - Classe les pendules de la fréquence la plus basse à la fréquence la plus élevée.
- Une femme soprano chante à une fréquence plus élevée (une plus grande hauteur) qu'un homme baryton.
 - Des deux chanteurs, lequel ou laquelle produit les plus grandes longueurs d'onde? Explique ta réponse.
 - Si les deux chanteurs chantent au même volume, qui des deux transmet le plus d'énergie par sa voix? Les deux transmettent-ils la même quantité d'énergie? Explique ta réponse.

Pause réflexion

En quelques lignes ou à l'aide d'un tableau, explique comment une onde d'une longueur de 6 cm et d'une fréquence de deux ondes par seconde change lorsque la fréquence passe à quatre ondes par seconde.

4.3 Les propriétés de la lumière visible

La lumière visible est un mélange de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Un prisme réfracte la lumière et sépare les couleurs. Un deuxième prisme peut combiner de nouveau les couleurs pour créer une lumière blanche. Les différentes couleurs sont transmises par des ondes lumineuses aux longueurs d'onde différentes. Un objet peut sembler bleu au soleil parce qu'il reflète le bleu et absorbe les autres couleurs transmises par le Soleil.

Mots clés

lumière visible
modèle ondulatoire
réflexion
réfraction
spectre

Après une forte pluie, tu peux apercevoir dans le ciel un éclatant étalage de couleurs (voir la figure 4.18). Il peut s'agir d'un gigantesque arc de couleurs qui traverse le ciel.

Figure 4.18 Lorsque la lumière du Soleil est derrière toi et que le ciel est rempli de gouttelettes d'eau, tu pourras peut-être apercevoir un spectaculaire arc-en-ciel.



Les arcs-en-ciel

4-3A

ACTIVITÉ d'exploration

Les cellules de tes yeux ont la capacité de distinguer les couleurs, car elles sont sensibles aux différentes longueurs d'onde de la lumière. Dans cette activité, tu observeras les couleurs de la lumière produite par une lampe de poche.

Matériel

- une lampe de poche
- un prisme en verre
- de l'eau
- du détergent à vaisselle

Ce que tu dois faire

1. Dans une pièce sombre, fais passer le faisceau d'une lampe de poche à travers un prisme en verre et dirige-le sur un mur ou un plafond blanc. Quelles couleurs aperçois-tu ?
2. Dans une pièce sombre, projette la lumière d'une lampe de poche sur la surface d'une eau contenant des bulles de détergent à vaisselle. Que vois-tu ?
3. Nettoie et range le matériel utilisé.

Qu'as-tu découvert ?

En quoi tes observations diffèrent-elles dans chaque cas ? Explique l'origine des couleurs.

Le modèle ondulatoire

Les scientifiques ont mis au point un modèle de la lumière en observant son comportement, puis en essayant d'expliquer ce qu'ils voient. Comme tu l'as appris dans les cours de sciences précédents, un *modèle* est la représentation d'une chose qui permet de mieux la comprendre et de faire des prédictions. Le **modèle ondulatoire** est une façon d'expliquer le comportement de la lumière. Selon ce modèle, la **lumière** voyage sous la forme d'une onde. De plus, la lumière est un type d'onde qui voyage dans le vide et transmet l'énergie d'un point à un autre, par exemple entre le Soleil et la Terre. Définie plus simplement, la **lumière visible** est une onde que tu peux voir.

La réfraction de la lumière

Que se passe-t-il lorsqu'une onde lumineuse passe d'une substance à une autre, par exemple de l'air à l'eau? Si une onde lumineuse voyage en formant un angle et que sa vitesse est différente dans les deux substances, elle changera de direction ou sera réfractée. La **réfraction** est le changement de direction d'une onde lorsqu'elle passe d'une substance à une autre.

La lumière blanche comme celle du Soleil est faite d'ondes possédant des longueurs d'onde et des fréquences différentes. Lorsqu'une onde lumineuse est réfractée, par exemple en passant à travers un prisme (voir la figure 4.19), les différentes longueurs d'onde sont réfractées à des angles différents. Étant donné que les ondes plus longues sont moins réfractées que les ondes plus courtes, les différentes couleurs émergeront séparées du prisme.



Figure 4.19 Un prisme réfracte la lumière en différentes couleurs, à des angles différents.

Le savais-tu?

La lumière voyageant dans l'espace est la forme d'énergie connue la plus rapide de l'Univers. La vitesse de la lumière est approximativement de 300 000 km/s. La distance de 300 000 km est égale à environ sept fois et demie la circonférence de la Terre.

Le savais-tu ?

L'ordre des couleurs dans le spectre visible de la lumière est toujours le même. Le rayon violet réfracte le plus et le rayon rouge réfracte le moins. Quelle est la séquence des couleurs si tu les places par ordre de capacité de réfraction ?

Les couleurs de l'arc-en-ciel

La lumière qui sort du prisme à la figure 4.19 de la page précédente te rappelle-t-elle un arc-en-ciel? Tout comme les prismes, les gouttelettes d'eau réfractent également la lumière (voir la figure 4.20). Dans un arc-en-ciel, l'œil humain peut distinguer une gamme de couleurs souvent décrites comme appartenant à sept grandes catégories. Dans un ordre décroissant de longueur d'onde et dans un ordre croissant de fréquence, ces couleurs sont le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Cette gamme de couleurs ou de fréquences de la lumière visible est appelée le **spectre visible** (voir la figure 4.21). Chacune des

couleurs du spectre visible possède sa propre longueur d'onde. L'unité utilisée pour mesurer les longueurs d'ondes comprises entre l'infrarouge et l'ultraviolet est le nanomètre. Il s'agit d'une longueur très courte représentant 0,000000001 m ou 10^{-9} m.

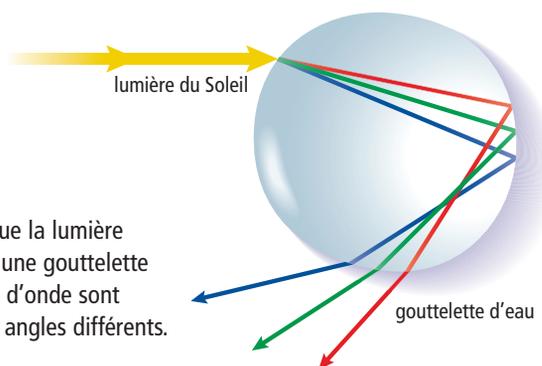


Figure 4.20 Lorsque la lumière blanche passe dans une gouttelette d'eau, les longueurs d'onde sont réfractées selon des angles différents.

Le savais-tu ?

La longueur d'onde de la lumière se mesure en nanomètres (nm). Un nanomètre correspond à un milliardième de mètre. Pour te figurer ce que cela représente, considère qu'un cheveu mesure de 50 000 nm à 80 000 nm de large. Si 1 nm correspondait au diamètre d'une pièce de 25 cents, un centimètre correspondrait à la distance entre St. John's et Gander !

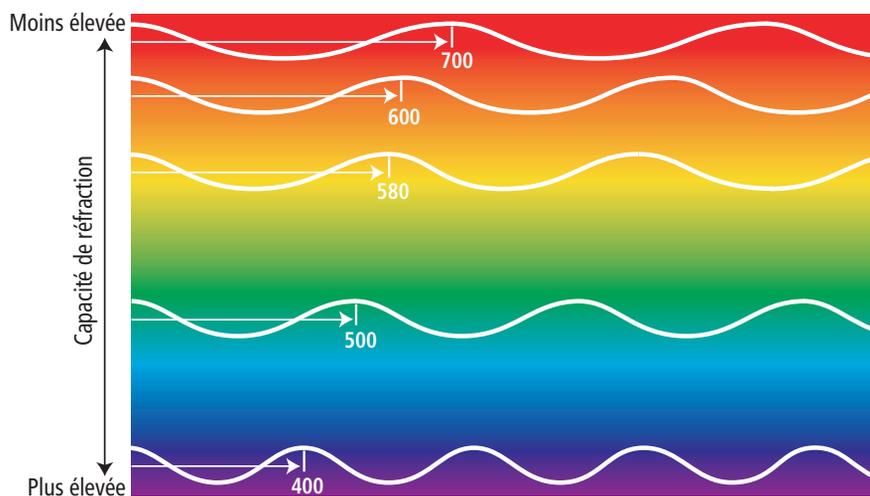


Figure 4.21 Le spectre visible est composé de différentes couleurs, chacune possédant sa propre longueur d'onde. Le rouge possède la longueur d'onde la plus longue, environ 700 nanomètres (nm), tandis que le violet possède la longueur d'onde la plus courte, environ 400 nm

Vérifie ta lecture

1. Comment un prisme sépare-t-il la lumière en différentes couleurs ?
2. Quelle couleur possède la longueur d'onde la plus longue ?
3. Quelle couleur possède la longueur d'onde la plus courte ?
4. Quelle couleur possède la fréquence la plus élevée ?
5. Quelle couleur possède la fréquence la plus basse ?

Produire une lumière visible

À une certaine époque, les gens croyaient que la couleur était un élément ajouté à la lumière. Lorsque la lumière blanche frappait une feuille verte, pensaient-ils, la feuille ajoutait du vert à la lumière. La couleur est-elle un élément qui s'ajoute à la lumière lorsque celle-ci frappe un objet coloré ou est-ce la lumière qui contient de la couleur? Au XVII^e siècle, sir Isaac Newton a mené une expérience devenue célèbre pour répondre à ces questions (voir la figure 4.22).



Figure 4.22 Sir Isaac Newton

Newton avait placé un prisme de telle manière qu'un mince rayon de lumière blanche puisse le traverser. Lorsque la lumière blanche traversait le prisme, des bandes de couleur en émergeaient. Newton avait remarqué que chaque bande de couleur était réfractée selon un angle différent. Il en a conclu que le prisme n'était pas la source des couleurs. Ces différentes couleurs devaient déjà être présentes dans la lumière blanche.

Newton a ensuite fait passer ces couleurs dans un prisme inversé. Cette fois, seule la lumière blanche sortait du deuxième prisme, comme le montre la figure 4.23. Newton voulait ainsi prouver que la couleur était une propriété de la lumière visible. Il a alors émis l'hypothèse que la lumière blanche, comme celle du Soleil, est le résultat d'une combinaison des différentes couleurs de la lumière.

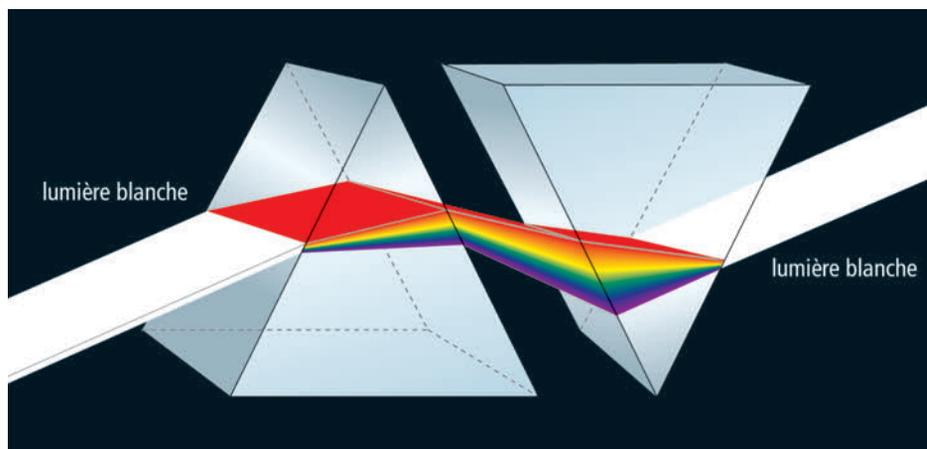


Figure 4.23 Un prisme provoque une séparation des couleurs pour former un spectre. Un deuxième prisme peut combiner de nouveau les couleurs pour produire une lumière blanche.

Le savais-tu?

Les rayons qui se situent entre les couleurs rouge et jaune du spectre visible sont ceux que le Soleil produit en plus grande quantité. Les plantes ont évolué pour profiter au maximum de ces longueurs d'onde. Les pigments de chlorophylle qui capturent la lumière du Soleil pendant la photosynthèse absorbent particulièrement bien les rayons rouges et jaunes.

La couleur et la réflexion

Il y a **réflexion** lorsqu'une onde lumineuse frappe un objet et rebondit. Lorsque les rayons du Soleil frappent un vêtement coloré, certaines couleurs sont réfléchies tandis que d'autres sont absorbées (voir la figure 4.24). Seules les couleurs réfléchies sont visibles.



Figure 4.24 Les vêtements jaunes réfléchissent la couleur jaune et absorbent les autres couleurs. Les vêtements rouges réfléchissent la couleur rouge et absorbent les autres couleurs.



Lien Internet

Seulement trois nombres sont nécessaires pour spécifier chaque couleur que l'on peut produire sur un écran d'ordinateur. Les créateurs de pages Web indiquent parfois les couleurs de cette façon. Pour plus d'information, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

Pourquoi une chemise rouge vif semble-t-elle noire lorsqu'elle se trouve dans une pièce sombre? La réponse: étant donné qu'une chemise ne produit pas sa propre lumière, mais réfléchit simplement la lumière de la pièce, elle semble noire lorsqu'il n'y a aucune source de lumière.

Seulement trois couleurs, le rouge, le vert et le bleu, sont requises pour produire toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Le rouge, le vert et le bleu sont les couleurs primaires additives. Elles sont appelées ainsi car si on les additionne dans les quantités voulues, elles produiront une lumière blanche, comme le montre la figure 4.25A. La lumière de deux couleurs primaires produira une couleur secondaire. Les trois couleurs secondaires sont le jaune, le cyan et le magenta (voir la figure 4.25B).

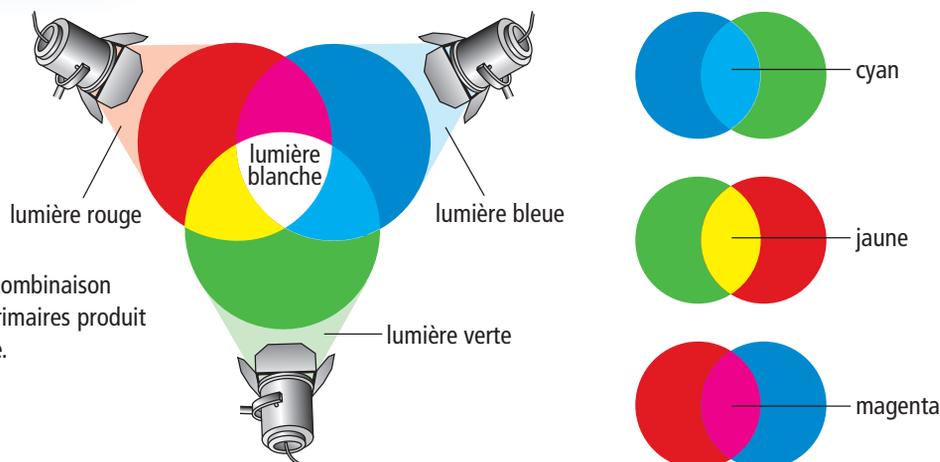


Figure 4.25A La combinaison des trois couleurs primaires produit une lumière blanche.

Figure 4.25B Pour créer chaque couleur secondaire, on combine deux couleurs primaires.



Figure 4.26 Lorsque les ondes lumineuses sont réfléchies par les stries d'un CD, elles s'additionnent pour former des couleurs vives. Les ondes lumineuses peuvent également s'annuler les unes les autres, éliminant ainsi certaines couleurs.

Sur le Web

Si trois couleurs sont nécessaires pour produire de la lumière blanche, il ne doit pas nécessairement s'agir de couleurs primaires. Par exemple, le jaune, le magenta et le cyan, des couleurs secondaires, donnent le même résultat. Le rouge, le vert et le bleu sont les couleurs utilisées dans les écrans d'ordinateur, tandis que le cyan, le magenta, le jaune et le noir sont les couleurs utilisées dans les imprimantes. Pour découvrir pourquoi on utilise ces systèmes de couleurs, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.

www.cheneliere.ca

Vérifie ta lecture

1. Pourquoi Newton a-t-il conclu que le prisme n'était pas une source de couleurs ?
2. Comment utiliserais-tu des couleurs primaires additives pour produire des couleurs secondaires ?
3. Pourquoi une chemise verte semble-t-elle verte ?
4. Pourquoi un chapeau bleu semble-t-il noir lorsqu'il se trouve dans une pièce sombre ?

Colorie ton arc-en-ciel

4-3B

ACTIVITÉ d'exploration

Dans cette activité, tu utiliseras une source de lumière brillante et un CD pour créer un arc-en-ciel. Tu pourras ensuite « colorier ton arc-en-ciel » en l'examinant à travers différents filtres colorés.

Matériel

- un CD
- des filtres colorés
- des crayons de couleur ou des crayons-feutres
- une source de lumière blanche

Ce que tu dois faire

1. Tiens un CD dans un rayon de lumière et bouge-le jusqu'à ce que tu puisses apercevoir un arc-en-ciel de couleurs. N'oublie pas que la vision des couleurs varie selon les individus.
2. Choisis un filtre rouge. Place-le entre ton œil et le CD. Essaie ensuite de placer le filtre entre le CD et la source de lumière. Utilise des crayons de couleur ou des crayons-feutres pour dessiner en couleurs ce que tu vois.

3. Répète l'exercice avec différents filtres colorés.

Qu'as-tu découvert ?

1. Compare tes résultats avec ceux des autres élèves.
2. Réponds en quelques lignes aux questions suivantes :
 - a) Quelles couleurs aperçois-tu lorsque tu regardes un arc-en-ciel produit à partir de lumière blanche ? (N'oublie pas que tu pourrais apercevoir plus ou moins de couleurs qu'un autre élève de la classe).
 - b) Quel est l'effet sur l'apparence de l'arc-en-ciel lorsque tu ajoutes un filtre rouge devant tes yeux ?
 - c) Quel est l'effet d'un filtre coloré sur la lumière provenant d'une source lumineuse ?
 - d) Tenir le filtre entre le CD et ton œil ou entre le CD et la source de lumière fait-il une différence ? Explique ta réponse.

La conception d'éclairage de spectacle



Garry Waldie

Il fait totalement noir lorsque tu entends les premières notes de ta chanson préférée. Soudain, les lumières s'allument, et ton groupe favori apparaît sur la scène. Garry Waldie a conçu l'éclairage de milliers de spectacles. Il a travaillé avec des artistes comme Justin Timberlake, Metallica, John Mellencamp, Christina Aguilera, P. Diddy et beaucoup d'autres.

Q. Comment êtes-vous devenu concepteur d'éclairage ?

R. Enfant, j'allais souvent voir des spectacles. Un jour, j'ai participé à des tournées avec des groupes locaux. Puis je me suis occupé de l'éclairage de spectacles présentés en première partie. J'ai finalement collaboré à l'éclairage de spectacles présentés en attraction principale. Aujourd'hui, je fais environ 200 représentations par année.

Q. Pourquoi l'éclairage est-il important dans un concert ?

R. L'éclairage crée l'ambiance et améliore le spectacle tout entier.

Q. Comment conçoit-on un éclairage ?

R. J'écoute d'abord chaque chanson, puis j'élabore un concept pour chacune. Je propose le concept au groupe et j'essaie d'en savoir davantage sur ce qui se produira au même moment, par exemple une projection vidéo. Une fois le concept

accepté, nous filmons le groupe pendant qu'il interprète ses chansons. Nous programmons l'éclairage pendant la nuit afin de créer la bonne atmosphère, habituellement pour deux à quatre chansons par soir. Aujourd'hui, il faut posséder de solides compétences en programmation afin d'utiliser des logiciels comme AutoCAD pour concevoir un éclairage. Il faut également connaître le fonctionnement des lumières et des lentilles.

Q. Quelles connaissances faut-il sur les lentilles et les prismes pour concevoir l'éclairage d'un spectacle ?

R. Actuellement, nous utilisons un éclairage automatisé qui intègre différents prismes et lentilles. Les lentilles règlent la taille du faisceau afin de couvrir une superficie plus ou moins grande. Ce sont les prismes qui produisent les effets de lumière. Ces effets vont de la simple spirale à la projection du nom d'un groupe de musique ou d'une équipe sportive.



Un exemple d'effet de lumière

Questions

1. Comment contrôle-t-on l'éclairage dans un spectacle ?
2. Pourquoi le concepteur doit-il connaître les lentilles et les prismes ?
3. Quelle est l'utilité pour un concepteur d'éclairage de savoir utiliser un logiciel de conception assistée par ordinateur ?

Des concepts à retenir

1. L'utilisation du modèle ondulatoire t'aide à comprendre certaines propriétés de la lumière.
 - a) En sciences, qu'est-ce qu'un modèle?
 - b) Selon le modèle ondulatoire, qu'est-ce que la lumière?
2. Quelle lumière possède la longueur d'onde la plus longue: la rouge ou la verte?
3. Quelle couleur se réfracte le plus dans un prisme: le jaune ou le bleu?
4. Explique comment un prisme peut décomposer la lumière du Soleil en différentes couleurs.
5. Quelle est la différence entre la réfraction et la réflexion?
6.
 - a) Quel est le nombre minimum requis de couleurs pour produire toutes les couleurs possibles, incluant le blanc?
 - b) Nomme les couleurs qui se combinent pour produire la lumière blanche.

Des concepts clés à comprendre

7. Un rayon de lumière composé de rouge et de vert passe à travers un filtre coloré rouge.
 - a) Quelle couleur passe à travers le filtre?
 - b) Quelle couleur est absorbée par le filtre?
8. Explique comment une chemise peut sembler verte même si la lumière qui l'éclaire contient du rouge, du bleu ou du vert.
9. À ton avis, pourquoi observe-t-on souvent un arc-en-ciel après une forte pluie.
10. Fais le lien entre la longueur d'onde, la fréquence, l'amplitude, l'intensité lumineuse et la couleur, en utilisant un schéma conceptuel.

11.
 - a) Une onde électromagnétique possède une longueur d'onde de 200 nm. Cette onde est-elle visible pour les humains? Explique ta réponse.
 - b) Un micromètre (μm) équivaut à un millionième de mètre. Indique la longueur d'onde de cette onde:
 - I) en micromètres,
 - II) en millimètres,
 - III) en mètres.
12. Suppose qu'un appareil permette de convertir les couleurs en sons. Par exemple, si cet appareil détecte du jaune, il produira un son équivalent au do central du piano. S'il détecte du bleu, il produira le même son, mais une octave plus haute (do au-dessus du do central).
 - a) Quelle comparaison pourra-t-on faire entre le son produit par le rouge et les deux sons mentionnés ci-dessus?
 - b) Quelle comparaison pourra-t-on faire entre le vert, l'orange et le violet?

Pause réflexion

Certaines peintures vertes sont vertes parce que le pigment est fait de produits chimiques qui réfléchissent la lumière verte. D'autres peintures vertes sont préparées à partir d'un mélange de deux ou plusieurs pigments non verts comme le bleu et le jaune. Selon toi, pourquoi plusieurs artistes préfèrent-ils faire leur propre mélange de peinture verte plutôt que d'utiliser des préparations?



4.4 La lumière et le spectre électromagnétique

Un arc-en-ciel, ou spectre visible, est une infime partie d'un spectre beaucoup plus large de radiations appelé spectre électromagnétique. Les ondes radio-électriques et le rayonnement infrarouge possèdent des longueurs d'onde plus longues, des fréquences plus basses et une énergie plus faible que la lumière visible. Le rayonnement ultraviolet, les rayons X et le rayonnement gamma possèdent des longueurs d'onde plus courtes, des fréquences plus élevées et une énergie plus forte que la lumière visible. Chaque région du spectre invisible possède des propriétés particulières qui la rendent utile dans la création d'images.

Mots clés

énergie de rayonnement
micro-onde
onde infrarouge
onde radioélectrique
rayon gamma
rayon ultraviolet
rayon X
rayonnement
électromagnétique

Peu importe l'endroit où tu te trouves, tu es entouré d'ondes invisibles. Même si tu ne peux les sentir, ces ondes traversent ton corps. Imagine que c'est l'été et que tu es dans un parc (voir la figure 4.27). Tu enduis ta peau d'écran solaire pour prévenir les brûlures causées par les ondes invisibles du Soleil. Une personne écoute de la musique à la radio tandis qu'une autre discute avec un ami grâce à son téléphone cellulaire. Une fois de retour à la maison, tu utilises des rayons invisibles pour terminer un travail avec ton ordinateur muni d'une connexion Internet sans fil, puis tu prépares du maïs soufflé dans un four à micro-ondes pendant que tu regardes la télévision.

Le savais-tu?

Il existe deux types d'écran solaire. Les écrans solaires physiques protègent la peau en réfléchissant le rayonnement ultraviolet. Les écrans solaires chimiques protègent la peau en absorbant le rayonnement ultraviolet.



Figure 4.27 Les ondes invisibles nous permettent de communiquer à l'aide de téléphones cellulaires et de connexions Internet sans fil.

Les écrans solaires sont accompagnés d'un chiffre qui indique le facteur de protection solaire (FPS), c'est-à-dire la différence entre le temps nécessaire pour obtenir un coup de soleil avec la crème solaire et sans sa protection. Une « lumière noire » produit des rayons ultraviolets et de la lumière visible. Dans cette activité, tu observeras des indices montrant que le soda tonique absorbe les rayons ultraviolets puis les irradie sous forme de lumière visible.

Consignes de sécurité

- Ne regarde pas directement la lumière noire.

Matériel

- un bécher
- du soda tonique
- une lumière noire
- un écran solaire FPS 30
- un billet de banque canadien

Ce que tu dois faire

Partie 1

1. Remplis un bécher avec du soda tonique et projette de la lumière noire sur le bécher. Quel est l'effet sur l'apparence du soda ?
2. Enduis l'extérieur du bécher d'un écran solaire avec un FPS de 30. Projette de la lumière noire

à travers la paroi du bécher. Quel est l'effet sur l'apparence du soda ?

Partie 2

1. Projette la lumière noire sur le billet de banque. Tu seras peut-être étonné d'apercevoir un motif UV intégré dans le billet. Les commerces et les banques utilisent la lumière noire pour détecter la fausse monnaie.
2. Enduis une partie du billet de crème solaire et observe l'effet obtenu.
3. Nettoie et range le matériel utilisé.

Qu'as-tu découvert ?

1. Compare l'apparence du soda à la lumière normale avec son apparence à la lumière noire.
2. a) L'apparence du soda a-t-elle changé lorsque le bécher a été enduit de crème solaire ?
b) Explique la raison de ce changement.
3. À quoi devrais-tu t'attendre si tu enduisais l'extérieur du bécher d'une crème ne contenant aucun écran solaire ?
4. Une photocopie couleur du billet de banque réagirait-elle de la même manière à la lumière noire que le vrai billet de banque ? Explique pourquoi.

Au-delà de la lumière visible

Le Soleil est la plus importante source de lumière sur la Terre. Toutefois, nous ne voyons qu'une partie de cette énergie.

La lumière est diffusée (on dit aussi qu'elle irradie) du Soleil et des autres étoiles dans toutes les directions, comme les rayons d'une roue de bicyclette. Tout comme la lumière, l'énergie qui voyage par irradiation est souvent appelée **énergie de rayonnement**. En plus de l'énergie visible que nous appelons lumière, le Soleil irradie également une énergie invisible. La lumière visible n'est qu'une bande infime d'un spectre d'énergie beaucoup plus vaste.

Le rayonnement électromagnétique

Les vagues peuvent servir à représenter le déplacement de la lumière dans l'espace. Toutefois, la lumière est un type d'onde qui diffère de plusieurs façons de celle qui voyage dans l'eau. Dans une vague, les particules d'eau vibrent de haut en bas lorsque la vague passe dans l'eau. Dans une onde lumineuse, le champ électrique et le champ magnétique vibrent. Par conséquent, la lumière est considérée comme un rayonnement électromagnétique. L'énergie lumineuse visible ainsi que toutes les formes invisibles d'énergie radiante se retrouvent dans le spectre électromagnétique, comme le montre la figure 4.28. Le **rayonnement électromagnétique** est la transmission d'énergie sous forme d'ondes qui vont des ondes radioélectriques, plus longues, aux rayons gamma, très courts.

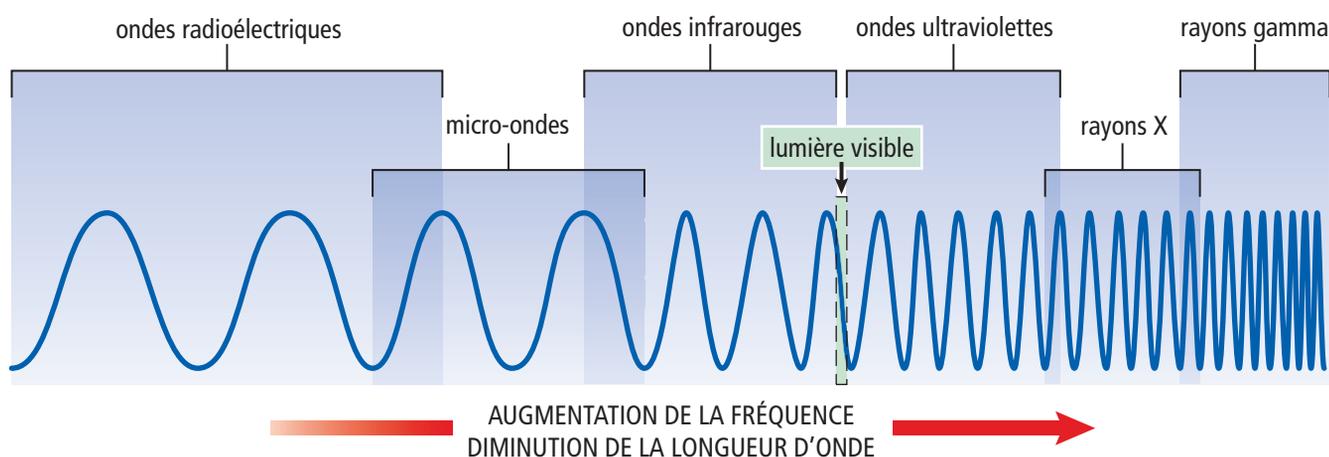


Figure 4.28 On utilise différents noms pour décrire les ondes électromagnétiques selon leur fréquence et leur longueur d'onde.

Des longueurs d'onde plus longues que la lumière visible

Les ondes électromagnétiques détectables avec nos yeux ne sont qu'une petite portion du spectre électromagnétique. Divers appareils permettent de détecter d'autres fréquences du spectre. Par exemple, l'antenne d'une radio détecte les ondes radioélectriques. Les ondes radioélectriques et les ondes infrarouges ont des longueurs d'onde plus longues et des fréquences plus basses que la lumière visible.

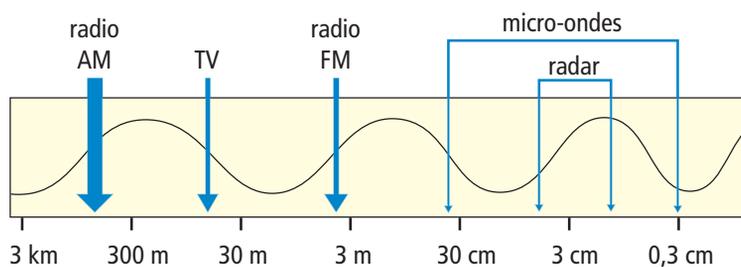


Figure 4.29 Les ondes radioélectriques du spectre électromagnétique.

Les ondes radioélectriques

Les **ondes radioélectriques** sont un type de rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est plus longue, l'énergie plus faible et la fréquence plus basse que les autres types de rayonnement. Elles ont de multiples usages, comme la radiodiffusion, la télédiffusion les micro-ondes et le radar (voir la figure 4.29).

Certaines ondes radioélectriques plus longues permettent de voir l'intérieur du corps humain (voir la figure 4.30). Pour obtenir l'imagerie par résonance magnétique (IRM), un patient est introduit dans un gros cylindre équipé d'un puissant aimant, d'un émetteur et d'un détecteur d'ondes radioélectriques. Les particules des os et des tissus mous se comportent alors comme de petits aimants qui peuvent être alignés. Lorsque l'appareil IRM force les particules à se retourner, celles-ci produisent des ondes radioélectriques. L'énergie libérée est détectée par le récepteur radio et utilisée pour créer une carte des différents tissus.

Figure 4.30A Grâce à l'imagerie par résonance magnétique, les ondes radioélectriques sont une solution de rechange aux rayons X.

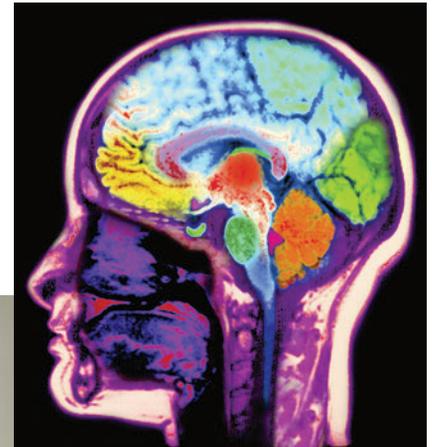
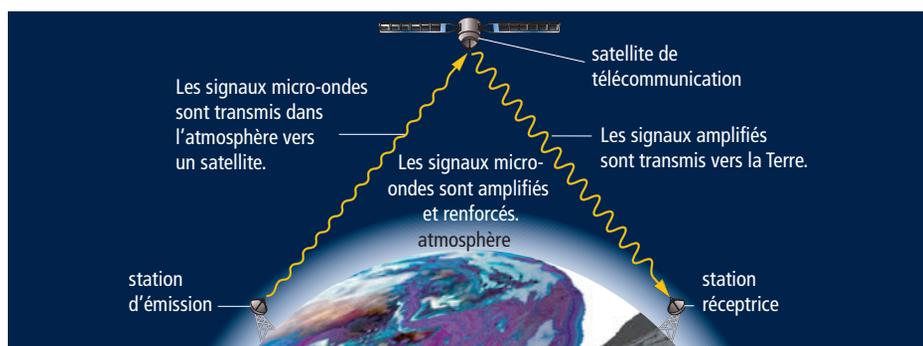


Figure 4.30B Un balayage IRM du cerveau.

Les micro-ondes

Les **micro-ondes** sont les ondes radioélectriques qui possèdent la longueur d'onde la plus courte et la fréquence la plus élevée. Les fours à micro-ondes utilisent une longueur d'onde (ou une fréquence) spécifique de micro-ondes, absorbées en grande partie par les particules d'eau qui vibrent alors rapidement et se réchauffent. Seuls les aliments qui contiennent des particules d'eau peuvent être chauffés avec des micro-ondes.

Les micro-ondes sont également utilisées dans les télécommunications (voir la figure 4.31). Elles peuvent être transmises par des satellites en orbite autour de la Terre. Les satellites captent les signaux micro-ondes, les amplifient et les relayent vers un nouvel endroit. Certains télescopes sont pointés vers des planètes et des galaxies lointaines. Les scientifiques peuvent ainsi étudier les ondes radioélectriques pour en apprendre davantage sur ces objets lointains.



Le savais-tu ?

Les ondes sur l'eau provoquées par un poisson qui saute hors de l'eau nous renseignent sur ce poisson. De la même manière, l'énergie, la fréquence et la longueur des ondes radio provenant d'objets éloignés de nous dans l'espace nous renseignent sur ces objets.

Figure 4.31 Les signaux envoyés par satellite peuvent parcourir de grandes distances. Un satellite peut remplacer plusieurs stations relais terrestres. (Cette illustration n'est pas à l'échelle.)

Lien terminologique

Le mot « radar » est un acronyme de mots anglais, qui signifie « détection et télémétrie par radioélectricité ».

Le radar

Grâce à leur longueur d'onde plus courte, les micro-ondes sont également utilisées pour la télédétection. Par exemple, avec le radar, les micro-ondes sont projetées dans l'air. En se réfléchissant sur un objet, ces ondes indiquent son emplacement et sa vitesse. Le radar est utilisé pour suivre le mouvement des automobiles, des avions (voir la figure 4.32), des bateaux et des véhicules spatiaux.



Figure 4.32 Un contrôleur aérien utilise le radar pour guider les avions au moment des décollages et des atterrissages.

Le radar est également utilisé pour les prévisions météorologiques. Les gouttes de pluie, les cristaux de neige et les autres éléments présents dans l'air réfléchissent les ondes radioélectriques. Les radars météorologiques convertissent les ondes radioélectriques en images qui montrent l'emplacement et l'intensité des précipitations.

Le satellite canadien RADARSAT balaie le sol avec des ondes radioélectriques (voir la figure 4.34) qui peuvent pénétrer la brume, le brouillard, les nuages et la pluie. Lorsque RADARSAT survole l'océan, il transmet de l'information sur les icebergs qui peuvent compromettre la navigation. RADARSAT détecte également les déversements de pétrole. Lorsqu'il survole la terre ferme, RADARSAT recueille des données géographiques qui seront utilisées pour localiser les gisements potentiels de pétrole, de gaz naturel et de minéraux. Les images d'inondations captées par RADARSAT (voir la figure 4.33) contribuent à sauver des

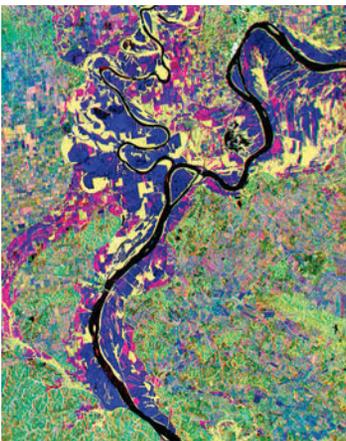
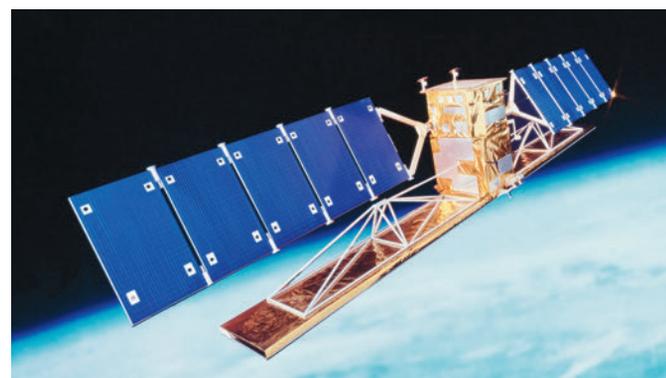


Figure 4.33 Une image RADARSAT montrant des zones inondées.



vies et à protéger des biens.

Figure 4.34 RADARSAT utilise un radar pour capturer des images de la surface de la Terre.

Les ondes infrarouges

Les **ondes infrarouges** sont un type de rayonnement électromagnétique qui possède une longueur d'onde plus longue, une énergie plus faible et une fréquence plus basse que la lumière. Tu utilises quotidiennement des ondes infrarouges. Une télécommande en émet et un ordinateur en utilise pour lire des cédéroms. Le rayonnement infrarouge est également appelé rayonnement thermique. En effet, tous les objets émettent une certaine quantité d'ondes infrarouges, car tous contiennent une certaine quantité d'énergie thermique.

Dans l'image présentée à la figure 4.35, les parties les plus chaudes du chat sont les plus orangées. Son nez est froid en raison de l'évaporation. Les images infrarouges sont utilisées dans certains aéroports pour détecter la fièvre chez les passagers qui arrivent de pays étrangers. La fièvre peut être un symptôme de maladies infectieuses.

Les satellites d'observation canadiens comme LANDSAT utilisent des appareils à infrarouges pour observer l'étendue des récoltes ou des forêts et surveiller les dommages causés par les insectes, les maladies et les incendies (voir la figure 4.36).

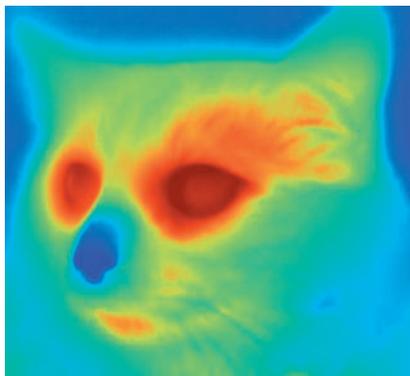


Figure 4.35 Une caméra infrarouge détecte les écarts de température. L'information qui en résulte serait impossible à obtenir avec la photographie



Figure 4.36 Une image LANDSAT de zones ravagées par des incendies.

Lien terminologique

Infrarouge signifie « sous le rouge ».

Le savais-tu ?

Tu as peut-être déjà remarqué sur certaines maisons que l'éclairage extérieur s'allume automatiquement lorsqu'une personne s'approche de l'entrée. Ce type d'éclairage est doté d'un système de détection du mouvement qui capte les rayons infrarouges. Les circuits des senseurs sont capables de détecter une variation soudaine de la concentration de rayons infrarouges qu'ils reçoivent. Lorsqu'une variation est détectée, elle est interprétée comme du mouvement. Certains systèmes de sécurité pour la maison possèdent aussi un détecteur de mouvement.

Vérifie ta lecture

1. Où se trouve la lumière visible dans le spectre électromagnétique ?
2. Quel type de rayonnement électromagnétique possède la longueur d'onde la plus longue ?
3. Pourquoi une assiette ne se réchauffe-t-elle pas dans un four à micro-ondes ?
4. Nomme deux usages du radar ?
5. Quel est l'autre nom du rayonnement thermique ?

Suggestion d'activité

Activité d'exploration 4-4B, à la page 165.

Lien terminologique

Ultraviolet signifie « au-dessus de violet ».

Les longueurs d'onde plus courtes que la lumière visible

Les longueurs d'onde plus courtes que la lumière visible transportent plus d'énergie que les ondes électromagnétiques dans la région visible. Ces longueurs d'onde plus courtes vibrent à une plus haute fréquence et comprennent les rayons ultraviolets, les rayons X et les rayons gamma.

Les rayons ultraviolets

Tout juste au-delà de l'extrémité violette de la région visible du spectre électromagnétique se trouve les rayons ultraviolets. Les **rayons ultraviolets** sont un type de rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est plus courte, l'énergie plus élevée et la fréquence plus haute que la lumière. Ce rayonnement est hautement énergétique. Le rayonnement ultraviolet qui entre en contact avec la peau permet au corps de fabriquer la vitamine D nécessaire à la santé des os et des dents (voir la figure 4.37A). Toutefois, une surexposition au rayonnement ultraviolet peut provoquer des coups de soleil et des cancers de la peau, et endommager la surface des yeux.

Figure 4.37A Tu peux prévenir les dommages causés à la peau par le rayonnement ultraviolet en utilisant un écran solaire et en couvrant la peau exposée. Les lunettes de soleil qui bloquent le rayonnement ultraviolet protègent tes yeux.



Lien

Internet

La lumière du Soleil est produite par la fusion nucléaire des particules d'hydrogène. Ce processus libère une énorme quantité d'énergie. Pour en savoir davantage sur la fusion nucléaire et sur les températures du Soleil, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

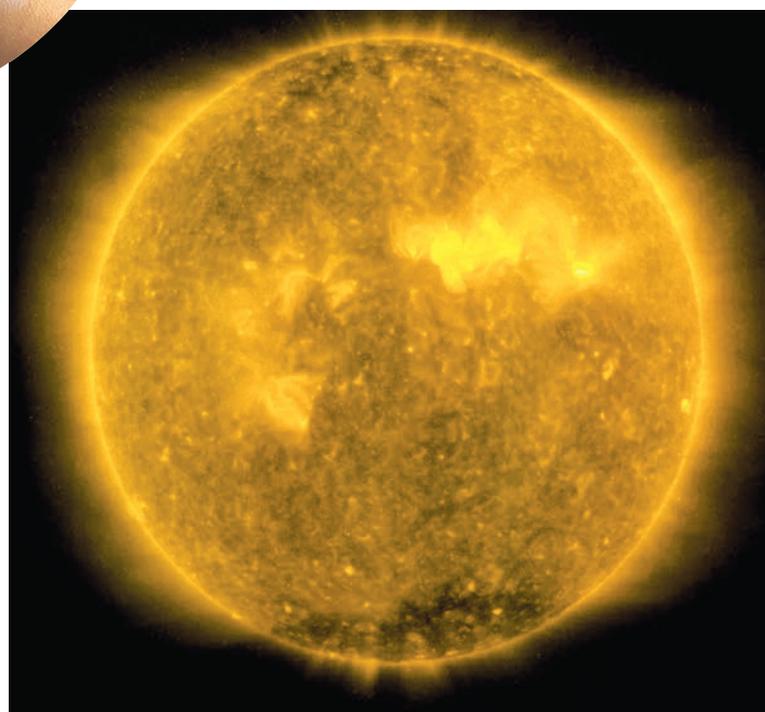


Figure 4.37B L'atmosphère terrestre absorbe en partie le rayonnement ultraviolet du Soleil.

Les autres usages des rayons UV

Les matériaux fluorescents absorbent les rayons ultraviolets et renvoient l'énergie sous forme de lumière visible. Comme le montre la figure 4.38, les détectives utilisent parfois une poudre fluorescente pour examiner des empreintes digitales afin de résoudre des crimes. Une autre propriété des rayons ultraviolets est leur capacité à tuer les bactéries dans la nourriture et l'eau, et sur le matériel médical.



Figure 4.38 Un détective projette une lumière ultraviolette sur des empreintes saupoudrées de poudre fluorescente.

Le savais-tu ?

L'encre utilisée dans les surligneurs est très brillante, car elle reflète la lumière visible et absorbe une petite partie du rayonnement UV. L'encre irradie ensuite les rayons UV sous forme de lumière visible. Les fabricants de détergent à lessive utilisent des produits chimiques pour accroître l'éclat des vêtements blancs à la lumière du jour. Les produits chimiques dans les détergents réagissent aux rayons UV de la même façon que les pigments du surligneur.

Les rayons X

Les **rayons X** sont un type de rayonnement électromagnétique qui possède une longueur d'onde plus courte, une énergie plus forte et une fréquence plus élevée que les rayons ultraviolets. Wilhelm Röntgen, un physicien allemand, a découvert les rayons X en 1895. Une semaine après sa découverte, il faisait la première photographie par rayons X de la main gauche de sa femme, semblable à celle de la figure 4.39. Son alliance était la masse la plus sombre. Aujourd'hui, les rayons X sont couramment utilisés pour photographier les dents et les os (voir la figure 4.40).

Suggestion d'activité

Activité d'exploration 4-4C, à la page 165.



Figure 4.39 Les rayons X traversent facilement les tissus comme la peau et les muscles. Toutefois, les rayons X sont absorbés par les os.



Figure 4.40 Les rayons X sont couramment utilisés pour localiser des fractures des os, comme cette fracture à l'avant-bras.

Dans certaines situations, les médecins utilisent un tomodensitogramme au lieu des traditionnels rayons X. Apprends-en davantage sur les tomodensitogrammes. Par exemple, quel type de rayonnement utilise-t-on pour obtenir un tomodensitogramme ? Comment est-il utilisé pour générer une image 3D d'une personne ? Commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

D'autres utilisations des rayons X

Les médecins et les dentistes utilisent de faibles doses de rayons X pour obtenir des images des organes internes, des os et des dents. Les gens qui travaillent avec des rayons X se protègent des rayons nocifs en quittant la pièce lorsque l'appareil est en marche. Pour obtenir une image aux rayons X de tes dents, les dentistes placent un coussinet de protection sur ton corps pour te protéger. Le personnel de sécurité d'un aéroport utilise un appareil aux rayons X pour examiner le contenu des bagages. Les rayons X sont également utilisés pour détecter les fissures à l'intérieur des moteurs à réaction et pour photographier l'intérieur des machines (voir la figure 4.41).



Figure 4.41 Une photographie aux rayons X d'un réveille-matin.

Le savais-tu ?

Les explosions de rayons gamma provenant de galaxies lointaines peuvent libérer plus d'énergie en 10 secondes que le Soleil en émettra pendant les 10 milliards d'années de sa vie.

Les rayons gamma

Les **rayons gamma** sont la portion du spectre électromagnétique qui possède les longueurs d'onde les plus courtes ainsi que l'énergie et la fréquence les plus élevées. Les rayons gamma sont générés par des réactions nucléaires et sont produits dans les régions les plus chaudes de l'univers. Des faisceaux de rayons gamma sont utilisés en radiothérapie pour tuer les cellules cancéreuses.

Vérifie ta lecture

1. Quelles sont les trois longueurs d'onde plus courtes que la lumière visible ?
2. Nomme trois usages des rayons ultraviolets.
3. Que peut provoquer une surexposition aux rayons ultraviolets ?
4. Nomme trois usages des rayons X.
5. À quoi peuvent servir les rayons gamma ?

La réflexion avec les rayons infrarouges

4-4B

ACTIVITÉ d'exploration

Dans cette activité, tu découvriras quels types de matériaux réfléchissent les rayons infrarouges.

Matériel

- un téléviseur avec télécommande
- divers matériaux comme du papier, du carton, du papier d'aluminium, du verre, du tissu et un miroir
- un congélateur

Ce que tu dois faire

1. Prends la télécommande du téléviseur et appuie sur le bouton jusqu'à ce que tu trouves une direction où la télécommande n'allume plus le téléviseur. Utilise ensuite un miroir ou un morceau de carton pour réfléchir le faisceau infrarouge vers le téléviseur.

2. Essaie divers matériaux pour déterminer leur efficacité à réfléchir les rayons infrarouges. Note tes résultats.
3. Mets certains matériaux au congélateur pendant 5 minutes. Répète ensuite l'étape 2.

Qu'as-tu découvert ?

1. a) Quels types d'objets réfléchissent les rayons infrarouges ?
b) Quels objets ne les réfléchissent pas ?
2. Quel est l'effet du refroidissement sur la capacité de réflexion d'un objet ?
3. Selon toi, un faisceau infrarouge réfléchirait-il sur de la glace ? Explique ta réponse.

Des cercles d'écran solaire

4-4C

ACTIVITÉ d'exploration

Dans cette activité, tu verras comment un écran solaire protège la peau du rayonnement UV.

Matériel

- du papier
- un crayon-feutre jaune
- un surligneur jaune
- de l'huile végétale
- un écran solaire FPS 30
- de la lumière noire

Ce que tu dois faire

1. Trace un tableau pour noter tes observations et donne-lui un titre.
2. Utilise un crayon-feutre jaune pour colorier trois cercles d'environ 2 cm de diamètre sur une feuille blanche. Inscris « crayon-feutre » à côté des cercles.
3. Utilise un surligneur jaune pour colorier trois cercles d'environ 2 cm de diamètre sur la même feuille. Inscris « surligneur » à côté des cercles.

4. Recouvre un cercle « crayon-feutre » et un cercle « surligneur » avec de l'huile.
5. Utilise un écran solaire FPS 30 pour recouvrir un des deux autres cercles « crayon-feutre » et un des deux autres cercles « surligneur ». Ne mets rien sur les deux cercles qui restent.
6. Projette de la lumière noire sur tous les cercles. Note tes observations.

Qu'as-tu découvert ?

1. Qu'est-il arrivé aux couleurs des six cercles après avoir projeté de la lumière noire sur eux ?
2. Compare les cercles dessinés avec le surligneur jaune. En quoi sont-ils différents ?
3. Pourquoi deux cercles n'ont-ils pas été traités ?
4. Pourquoi a-t-on utilisé de l'huile sur deux des cercles ?
5. Pourquoi a-t-on utilisé un crayon-feutre et un surligneur dans cette expérience ?

Incredible mais vrai

Le rayonnement électromagnétique: utile ou dangereux?

Le rayonnement électromagnétique est utilisé pour une variété d'applications technologiques: en médecine, en télécommunications, en recherche scientifique et même dans l'industrie du divertissement. Toutes ces applications sont possibles parce que les ondes électromagnétiques produisent de l'énergie. Toutefois, plus l'énergie est puissante plus elle pose un risque pour la santé. Le rayonnement électromagnétique est-il utile ou dangereux ?

La réponse: les deux. Les ondes de hautes fréquences, soit les rayons ultraviolets et au-delà, possèdent suffisamment d'énergie pour briser les liaisons chimiques. Ce qui veut dire qu'elles sont capables d'endommager les substances chimiques de nos cellules. Cette propriété des rayons X et gammas est utile pour certains traitements médicaux. On utilise ces rayons pour détruire de façon ciblée des cellules malades.

Les rayons X sont très importants en médecine. Ils permettent de diagnostiquer de nombreuses maladies et blessures. Cependant, ils peuvent également être la cause de cancers ou d'autres détériorations des tissus corporels. Il y a plusieurs années, on ne connaissait pas les effets nocifs des rayons X. Aujourd'hui, les rayons X sont utilisés avec beaucoup de prudence et l'exposition à ces rayons est limitée à une infime concentration afin de minimiser les risques pour la santé.



Dans les années 1950, les appareils à rayons X étaient couramment utilisés dans les boutiques de chaussures. Les enfants aimaient regarder les os de leurs pieds alors qu'ils s'amusaient à les bouger.

Les rayons ultraviolets peuvent endommager les yeux et brûler la peau exposés trop longtemps au Soleil. Par contre, ils sont très utiles en médecine dans les cas graves de jaunisse chez les nouveau-nés. La jaunisse se détecte par un jaunissement de la peau causé par une absorption trop importante par le sang d'une substance appelée la bilirubine. Le rayonnement ultraviolet sur la peau contribue à convertir la bilirubine en une substance qui sera éliminée dans l'urine.



La jaunisse est assez fréquente chez les nouveau-nés. Si elle ne se résorbe pas d'elle-même, elle peut poser un risque pour la santé du bébé. On expose alors le nourrisson au rayonnement ultraviolet.

Les ondes radio transmettent les signaux de nos téléphones cellulaires, de la radio, de la télévision, et même de nos ordinateurs lorsque nous utilisons une connexion Internet sans fil. Certaines personnes s'inquiètent de l'impact sur la santé que cette exposition massive quotidienne pourrait avoir au fil du temps. Les chercheurs n'ont pas encore déterminé si ces craintes étaient fondées ou non.

Des concepts à retenir

1. a) Énumère tous les types de rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est plus longue que celle de la lumière visible.
b) Indique un usage pour chaque type d'onde énuméré en a).
2. a) Énumère tous les types de rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde est plus courte que celle de la lumière visible.
b) Indique un usage pour chaque type d'onde énuméré en a).
3. Pourquoi devrais-tu utiliser un écran solaire et un chapeau lorsque tu t'exposes au Soleil?
4. a) Que signifie « énergie radiante » ?
b) Donne un exemple d'énergie radiante.
5. Comment utilise-t-on un radar en météorologie ?
6. Énumère cinq usages courants des rayons X.
7. Comment utilise-t-on les ondes radioélectriques dans un IRM pour obtenir une image des tissus internes d'une personne ?
8. On chauffe une tasse d'eau chaude dans un four à micro-ondes. Explique pourquoi l'eau devient plus chaude que la tasse.

Des concepts clés à comprendre

9. Explique pourquoi tu vois les ondes lumineuses visibles, mais non les autres ondes électromagnétiques.
10. Nomme le type de rayonnement électromagnétique utilisé dans chacune des applications technologiques suivantes :
 - a) signal de télédiffusion ;
 - b) détection d'un bras cassé ;
 - c) examen de l'intérieur d'un oléoduc ;

- d) lampe utilisée pour réchauffer les poussins ;
 - e) mesure de la vitesse d'une automobile ;
 - f) communications entre un avion et la tour de contrôle ;
 - g) téléphone cellulaire.
11. a) Quel est l'effet bénéfique pour un humain de l'exposition aux rayons ultraviolets ?
b) Quel est l'effet nocif pour un humain de l'exposition aux rayons ultraviolets ?
 12. Les oncologues sont des médecins qui étudient et traitent le cancer.
 - a) Quelle portion du spectre invisible serait utilisée par un oncologue pour tuer les cellules cancéreuses d'un patient ?
 - b) Comment les oncologues parviennent-ils à tuer les cellules cancéreuses sans toucher aux cellules saines ?



Pause réflexion

Quelle information l'examen d'une maison photographiée à l'infrarouge révélerait-il ?

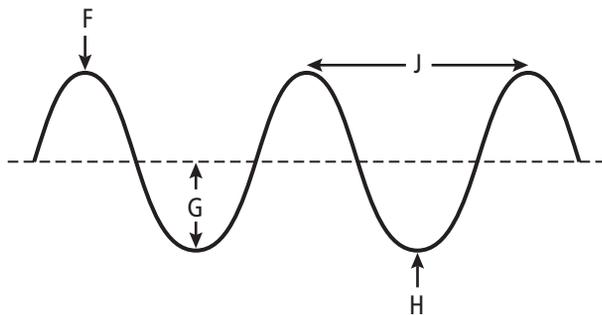
Prépare ton propre résumé

Dans ce chapitre, tu as vu comment une onde lumineuse peut t'aider à comprendre les propriétés de la lumière. Résume avec tes propres mots les concepts clés de ce chapitre. Si tu le désires, accompagne tes notes de tableaux ou d'illustrations. Pour t'aider à structurer tes notes, utilise les titres suivants :

1. Les premières hypothèses sur la nature de la lumière
2. Les caractéristiques des ondes
3. Le spectre visible
4. La réflexion et la réfraction
5. Les bénéfices et les risques associés à l'utilisation des rayons électromagnétiques

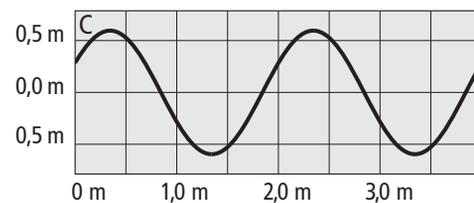
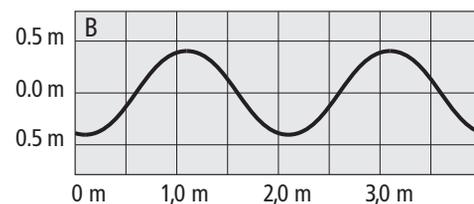
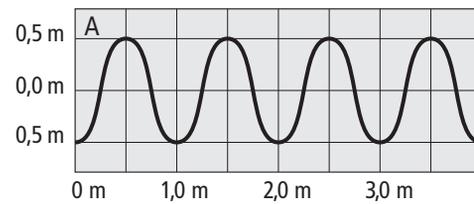
Des concepts à retenir

1. Qui était Pythagore et quelles étaient ses idées sur la lumière ?
2. Décris une des premières inventions utilisant la technologie des lentilles.
3. Qui a démontré la nature ondulatoire de la lumière ?
4. Nomme chacun des éléments dans le graphique ci-dessous :
 - a) F
 - b) G
 - c) H
 - d) J



5. a) Quelle relation existe-t-il entre la longueur d'onde et la fréquence ?

6. Donne des exemples illustrant deux caractéristiques communes à l'onde lumineuse et à l'onde sonore.
7. Décris comment tu t'y prendrais pour mesurer la longueur d'une vague produite par un coup de crayon à la surface de l'eau dans un bol.
8. a) Quelles sont les caractéristiques communes à toutes les ondes lumineuses ?
b) Quelles sont les différences entre les ondes lumineuses de couleurs différentes ?
9. Quelle est l'unité de mesure de la fréquence ?
10. Décris la différence entre la longueur d'onde et l'amplitude.



11. a) Quelle est l'amplitude de l'onde A ?
b) Quelle est la longueur de l'onde A ?
12. a) Quelle est l'amplitude de l'onde B ?
b) Quelle est la longueur de l'onde B ?
13. a) Quelle est l'amplitude de l'onde C ?
b) Quelle est la longueur de l'onde C ?

14. La lumière blanche est composée de plusieurs couleurs. Comment une chemise peut-elle sembler bleue lorsqu'on l'éclaire avec une lumière blanche?
15. Énumère les cinq régions du spectre électromagnétique invisible. Pour chaque région, indique si les ondes électromagnétiques sont plus longues ou plus courtes que celles de la lumière visible.
16. Décris comment les ondes radioélectriques sont utilisées pour obtenir une image du cerveau humain.

Des concepts clés à comprendre

17. Lorsque les premiers philosophes et scientifiques ont tenté de décrire la nature de la lumière, ils rapportaient toujours leurs explications à la vision. Pourquoi, selon toi?
18. La foudre et le tonnerre se produisent-ils au même moment? Et les perçois-tu au même moment? Explique.
19. Quelles sont les propriétés communes aux ondes lumineuses et aux vagues dans un étang?
20. Suppose qu'une série de vagues passent sous un quai.
 - a) Quelle est la fréquence des vagues si 14 crêtes passent sous le quai en 7 s?
 - b) Quelle est la fréquence des vagues si 30 crêtes passent sous le quai en 5 s?
 - c) Quelle est la fréquence des vagues si la moitié d'une vague passe sous le quai en 10 s?
21. Explique pourquoi il est impossible d'augmenter simultanément la longueur d'onde d'une vague et sa fréquence.
22. Fais un tableau qui permet de comparer les rayons infrarouges, la lumière visible et les rayons X.
23. Mei Lin fait miroiter un DVD devant une lumière vive et aperçoit un spectre visible qui se réfléchit sur sa surface.
 - a) Indique la partie du spectre visible qu'elle aperçoit et qui possède la plus grande longueur d'onde.
 - b) Indique la partie du spectre visible qu'elle aperçoit et qui possède la fréquence la plus élevée.
 - c) Si Mei Lin enlevait les couleurs apparaissant au milieu du spectre et combinait les deux couleurs qui se trouvent sur le bord extérieur, quelle couleur verrait-elle?
24. Il y a environ 50 ans, beaucoup de marchands de chaussures utilisaient des appareils à rayons X dans leurs boutiques. Lorsque les clients essayaient de nouvelles chaussures, ils se plaçaient debout sur l'appareil. Ils pouvaient ainsi apercevoir les os de leurs pieds et vérifier si leurs nouvelles chaussures étaient bien ajustées. Explique pourquoi cette pratique a été rapidement abandonnée.

Pause réflexion

Suppose que tu mettes au point un traitement contre le cancer qui utilise le rayonnement électromagnétique. Quel type de rayonnement choisirais-tu et pourquoi? Comment l'utiliserais-tu pour détruire les cellules cancéreuses?