

8

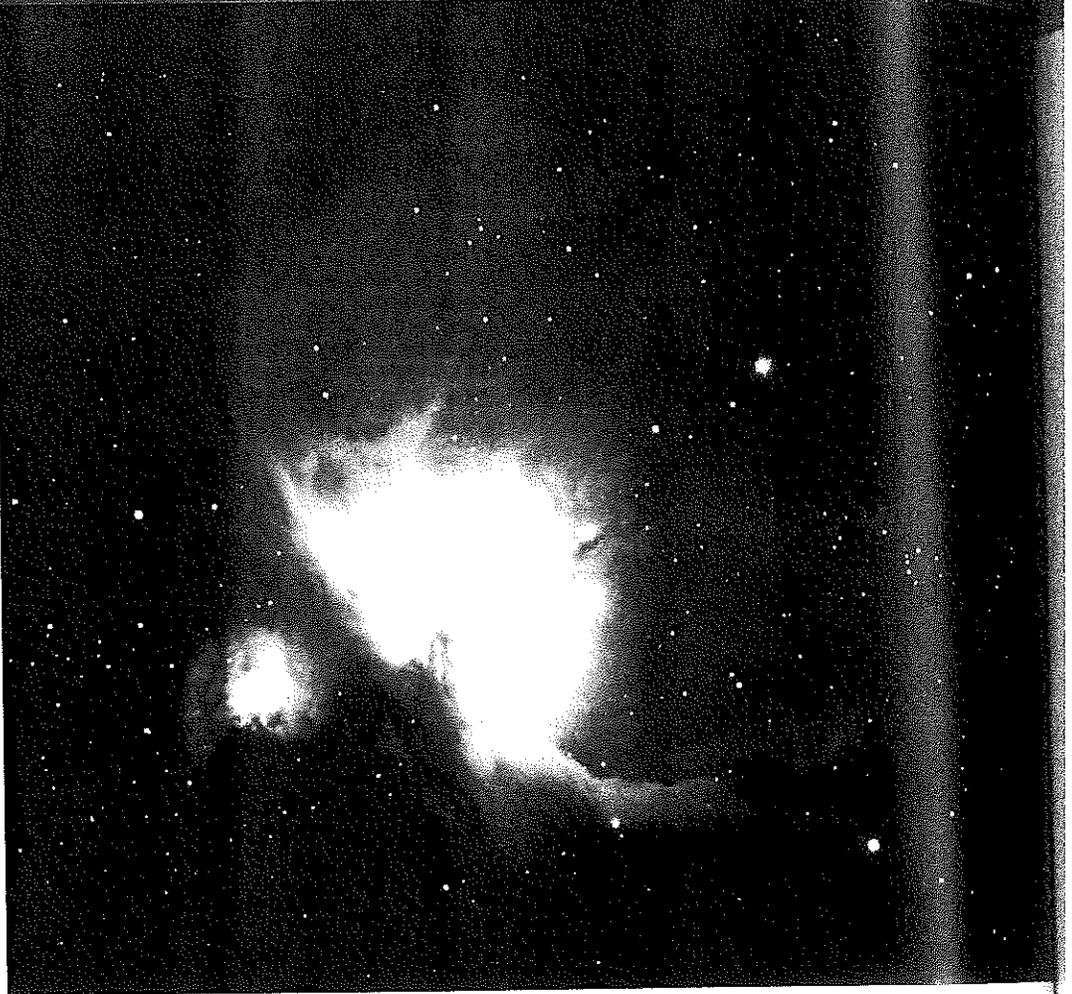
Les technologies

Mise en train...

- Pourquoi ton visage semble-t-il déformé quand il est réfléchi dans une cuillère en argent poli ?
- Comment voyons-nous les objets ?
- Comment fonctionnent les instruments comme les télescopes et les appareils photo ?

Journal scientifique

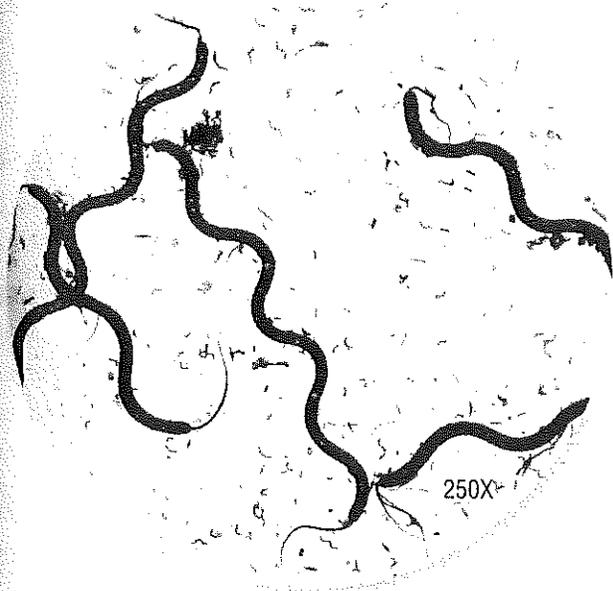
Regarde autour de la pièce. Dans ton journal scientifique, nomme le plus d'objets possible qui changent le trajet de la lumière. Ensuite, réponds du mieux que tu peux aux questions de la Mise en train. Au fur et à mesure que tu avanceras dans le chapitre, tu découvriras des réponses à ces questions.



Dans l'immensité de l'espace, des étoiles naissent en se formant lentement à partir de nuages de gaz et de poussière. La nébuleuse d'Orion, reproduite ici, est l'un des lieux de naissance des étoiles. Dans le nuage où elles se forment, les étoiles jeunes et chaudes libèrent d'énormes quantités d'énergie qui rendent le nuage lumineux. À l'aide de télescopes puissants, les astronomes voient ces nuages de gaz comme une brume lumineuse ou une nébuleuse qui s'étend dans l'espace.

D'autres scientifiques regardent les choses de très près. Les microscopes optiques composés permettent aux biologistes d'étudier des structures aussi petites que les bactéries (*voir la micrographie à la page suivante*). Au cours de ce chapitre, tu découvriras ce qui te permet de voir les objets et en quoi notre compréhension de la lumière et de son comportement nous a aidés à construire des matériels d'optique qui augmentent la vision humaine.

faisant appel à la lumière



de départ

Dans la glace

Le télescope utilisé pour regarder la nébuleuse d'Orion possède un grand miroir qui présente une courbe en creux. Cette forme s'appelle **concave**. Un autre type de miroir, dit **convexe**, présente une courbe arrondie vers l'extérieur. Compare les images formées par des miroirs courbes aux images que les miroirs plans (plats) te renvoient.

Ce dont tu as besoin

- un miroir concave
- un miroir convexe
- une feuille de carton ou de bristol en guise d'écran (d'environ 20 cm x 30 cm)

Ce que tu dois faire

1. Place-toi près d'une fenêtre et tiens le miroir concave vers l'extérieur.
2. Mets le carton devant le miroir mais légèrement de côté.
3. Incline le carton et le miroir de manière à ce que la lumière réfléchie frappe l'écran (carton). Avance et recule l'écran (carton) jusqu'à ce qu'une image nette apparaisse. Décris cette image.
4. Tiens le miroir proche de ton visage et regarde-toi. Décris cette image.
5. Répète les étapes 1 à 4 avec le miroir convexe.

Qu'as-tu découvert ?

1. En quoi les images formées par un miroir concave sont-elles différentes de celles que tu vois dans un miroir plan ? Décris les ressemblances que tu as observées entre les images renvoyées par un miroir concave et les images renvoyées par un miroir plan.
2. En quoi les images formées par un miroir convexe sont-elles différentes de celles que tu vois dans un miroir plan ? Décris les ressemblances que tu as observées entre les images renvoyées par un miroir convexe et les images renvoyées par un miroir plan.

Pleins feux

sur les **concepts clés**

Dans ce chapitre, tu apprendras :

- comment la lumière se comporte quand elle frappe des surfaces courbes réfléchissantes, comme les miroirs concaves ou convexes ;
- ce qu'est une lentille et comment cela fonctionne ;
- la différence entre une image réelle et une image virtuelle ;
- comment fonctionne un système d'optique ;
- comment l'œil humain, l'appareil photo, le télescope et le microscope forment des images.

Pleins feux

sur les **habiletés clés**

Dans ce chapitre, tu vas :

- créer différentes sortes d'images à l'aide de lentilles et de miroirs ;
- déterminer la disposition des lentilles dans un télescope et un microscope ;
- simuler un système afin de comprendre l'importance de la rétroaction ;
- concevoir et construire des instruments d'optique simples ;
- concevoir une expérience pour déterminer si une image est réelle ou virtuelle.

8.1 Miroirs concaves et miroirs convexes

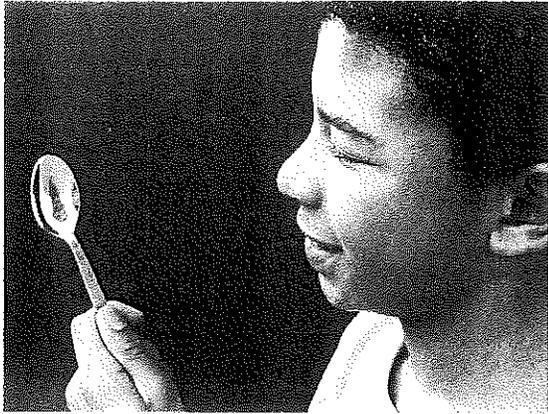


Figure 8.1 Quel genre d'image le creux d'une cuillère renvoie-t-il ?

T'es-tu déjà regardé ou regardée dans le creux d'une cuillère ? (Voir la figure 8.1.) Comment était l'image ? Était-elle à l'endroit ou renversée ? L'**attitude** d'une image désigne sa position à l'endroit ou renversée par rapport à l'objet. L'image était-elle grande ou petite ? Est-ce que ton image était différente sur le dessous de la cuillère ?

Les figures 8.2A et 8.2B illustrent les deux principaux types de miroirs courbes. Chaque type peut former des images d'attitudes et de tailles différentes. Dans l'Activité de départ, tu as utilisé les deux types de miroirs. Le miroir concave est courbé vers l'intérieur, comme l'entrée d'une caverne. Le creux d'une cuillère est concave, de même que la paume de ta main. Les télescopes des astronomes com-

portent souvent des miroirs concaves. Par contre, une sphère luisante et le dessous d'une cuillère sont des exemples de miroirs convexes.

Dans l'Activité de départ, tu as vu qu'un miroir courbe pouvait créer des images en différents endroits. Parfois, le miroir projetait devant lui l'image de l'objet. D'autres fois, il semblait former des images de tailles variées derrière le miroir. Pourquoi est-ce qu'une forme courbe reflète une image aussi différente que les images que tu vois dans un miroir plan ? La prochaine expérience te permettra de le découvrir.



Figure 8.2A Le miroir concave est courbé comme l'intérieur d'un bol poli.



Figure 8.2B Le miroir convexe est courbé vers l'extérieur, comme la surface luisante d'un ballon de fête.

Les images dans un miroir concave

Comme pour les surfaces planes, les lois de la réflexion peuvent servir à déterminer ce qui arrive à la lumière qui est réfléchi sur les surfaces courbes.

Problème à résoudre

De quelle façon peux-tu déterminer comment un miroir concave forme des images ?

Matériel

- une règle métrique
- un compas
- un rapporteur d'angle
- un crayon

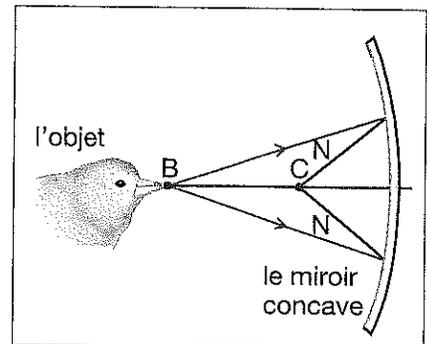
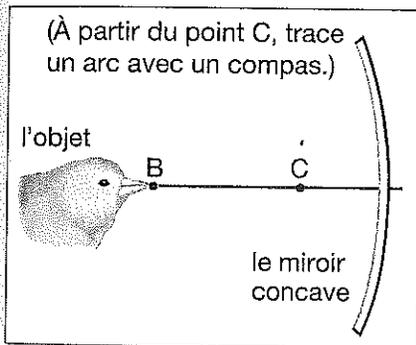
Matériel non réutilisable

- deux feuilles de papier

Marche à suivre

Partie 1

Objets éloignés du miroir



- 1 Trace une ligne sur une des feuilles de papier, dans le sens de la largeur, comme sur le schéma.
 - a) Construis un point sur la ligne, à peu près au centre de la feuille. Nomme ce point C.
 - b) En te servant de ce point comme centre, trace un arc d'un rayon de 5 cm à la droite de C.

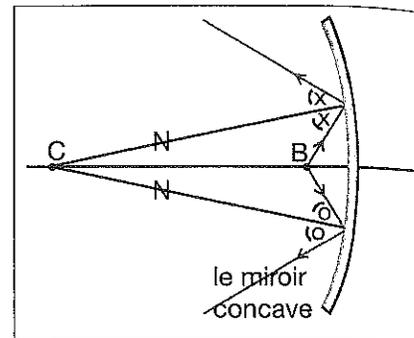
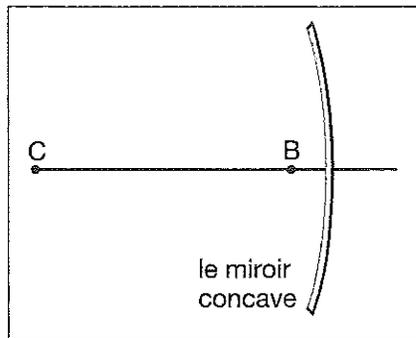
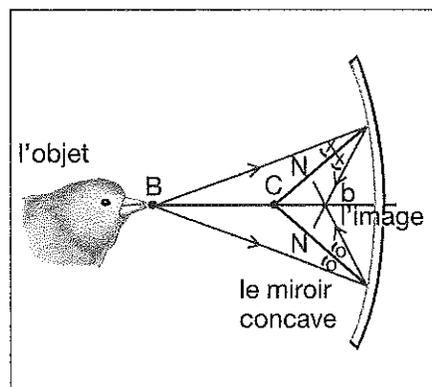
- c) Construis un point sur la ligne, à 7 cm à gauche de C. Ce point représente le bec de l'oiseau qui te servira d'objet. À moins de te passionner pour le dessin, tu n'as pas besoin de dessiner l'oiseau. Nomme ce point B pour bec.

- 2 Trace deux rayons incidents de la pointe du bec, B, au miroir. Indique par des flèches le sens des rayons.
 - a) Trace maintenant des rayons partant du centre, C, et allant jusqu'aux points où les rayons incidents rencontrent le miroir. Comme le rayon et la circonférence forment un angle droit, tout rayon est aussi une normale.
 - b) Nomme ces rayons N pour normale.



Partie 2

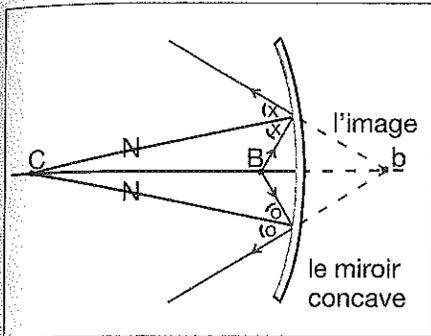
Objets proches du miroir



- ③ À chaque endroit où un rayon incident rencontre le miroir, mesure et dessine fidèlement le rayon réfléchi. Rappelle-toi que l'angle de réflexion doit être égal à l'angle d'incidence. Utilise des flèches pour indiquer le sens des rayons réfléchis.
- Trouve le point de rencontre des deux rayons réfléchis. C'est là que se trouve l'image de la pointe du bec d'oiseau. Nomme ce point **b**. (Le point devrait être sur la ligne, mais ne t'en fais pas s'il n'est pas exactement dessus.)
 - Une **image réelle** est une image située au point de rencontre des rayons réfléchis. Une **image virtuelle** est une image située là où les rayons réfléchis semblent se rencontrer. Détermine quel type d'image on a ici et note ta réponse.

- ① Pour le second schéma, trace une ligne d'un bord à l'autre de la seconde feuille et situe le point **C** près du bord gauche. Dessine ton miroir concave en utilisant un rayon de 5 cm. Trace le point **B** sur la ligne, 1 cm à gauche du miroir. Ce point représente le bec de l'oiseau.

- ② Trace deux rayons incidents allant du point **B** au miroir, comme tu l'as fait à l'étape 2 de la partie 1. Sers-toi de flèches pour indiquer le sens des rayons.
- Trace des rayons allant du centre, **C**, aux points de rencontre des rayons et du miroir, comme tu l'as fait à l'étape 2 de la partie 1. Nomme ces rayons **N** pour normale.
 - À chaque endroit où un rayon incident rencontre le miroir, dessine fidèlement le rayon réfléchi, comme à l'étape 3 de la partie 1. Rappelle-toi que l'angle de réflexion doit être égal à l'angle d'incidence. Utilise des flèches pour indiquer le sens des rayons réfléchis.



- 3 Dans ce cas-ci, les rayons réfléchis s'élargissent à partir du miroir. Cependant, si tu regardais dans le miroir, tu penserais que les rayons partent du point **b**. Pour trouver ce point, trace les rayons réfléchis en partant de la fin, comme dans le schéma. Étant donné que les rayons lumineux ne viennent pas vraiment de cette image, de quel type d'image s'agit-il ?

NOUVEAUX horizons

Sais-tu qu'on peut dessiner deux angles égaux à l'aide d'un compas et d'une règle seulement ? Essaie de trouver comment tu peux y arriver sans même avoir à lire les marques sur la règle.

Analyse

1. a) Quel genre d'image se forme dans un miroir concave quand l'objet est éloigné du miroir ?
b) Où cette image est-elle située ?
2. a) Quel genre d'image se forme dans un miroir concave quand l'objet est proche du miroir ?
b) Où cette image est-elle située ?

Conclusion et mise en pratique

3. Pourquoi un miroir concave peut-il renvoyer une image devant lui ?
4. Où l'objet doit-il être situé pour qu'une image virtuelle se forme derrière le miroir ?
5. Lequel de tes schémas pourrait représenter un miroir concave servant :
a) de miroir à maquillage ou à rasage ?
b) de miroir dans un télescope ?
c) de miroir situé derrière le filament d'un phare d'automobile ?
(Rappelle-toi que le faisceau partant d'un phare doit aller en s'élargissant.)

Les images formées par des miroirs courbes

Un miroir concave peut produire deux types d'images. Si l'objet est proche du miroir, l'image vue sera droite et plus grande que l'objet. Comme dans un miroir plan, l'image aura l'air de se trouver derrière le miroir. Les miroirs de rasage sont souvent concaves, car on les utilise de près. En revanche, quand on éloigne l'objet du miroir concave, son image est renversée et plus petite que l'objet.

Les miroirs convexes sont plus courants que les miroirs concaves. Les miroirs convexes renvoient toujours des images petites et droites, comme celle de la figure 8.3. Comme l'image de chaque objet est plus petite dans un miroir convexe, on peut voir une plus grande partie de la scène reflétée. C'est pourquoi les miroirs de surveillance dans les magasins sont convexes (voir la figure 8.4). Grâce à ces miroirs, une personne postée au comptoir peut voir la plupart des clients à l'intérieur du magasin. On voit aussi des miroirs convexes dans les garages de stationnement; ils élargissent le champ de vision de façon à permettre aux conducteurs de voir une auto surgir d'un endroit inattendu.

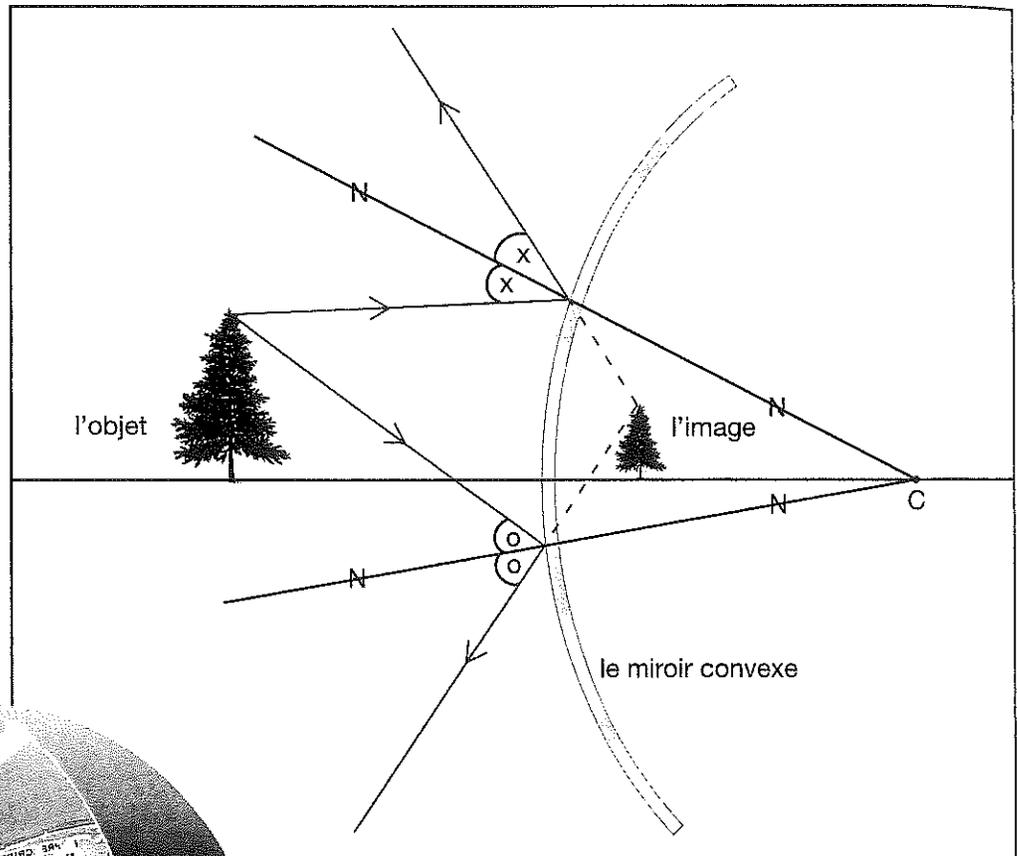


Figure 8.3 L'image formée par un miroir convexe est toujours petite et droite.

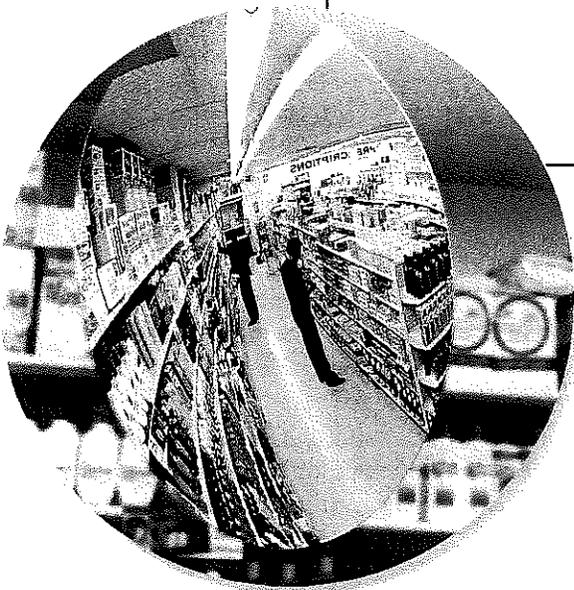


Figure 8.4 Les miroirs convexes sont utiles pour la surveillance.

Les miroirs convexes sont aussi utilisés comme rétroviseurs latéraux sur les autos (voir la figure 8.5). Dans un miroir convexe, le conducteur ou la conductrice peut voir plusieurs voies à la fois. Cependant, l'image renvoyée est petite et cela donne l'impression que les autos qu'on voit dans le miroir sont loin derrière, alors qu'en fait elles sont plus proches qu'il ne paraît.

Tu peux voir que la forme du miroir détermine ses propriétés et ses utilités. La prochaine fois que tu verras un miroir courbe, demande-toi comment les rayons lumineux sont réfléchis afin de former l'image que tu vois.



Figure 8.5 Pourquoi ces miroirs portent-ils la mention « Les objets sont plus proches qu'il ne paraît » ?

Vérifie ce que tu as compris

1. Nomme le ou les types de miroirs qui forment :
 - a) une image réelle;
 - b) une image virtuelle;
 - c) une image virtuelle plus grande que l'objet;
 - d) une image virtuelle de la même taille que l'objet.
2. Fais un schéma illustrant comment le miroir d'une lampe de poche élargit le faisceau lumineux. (Indice : Rappelle-toi les schémas que tu as dessinés dans l'expérience 8-A.)
3. Fais un schéma semblable à celui que tu as dessiné à l'étape 1 de la partie 2 de l'expérience 8-A. Cette fois-ci, utilise un rayon de 6 cm. Place **B** à mi-chemin entre le miroir et le point **C**. À l'aide de la méthode apprise au cours de l'expérience, détermine ce qui arrive aux rayons réfléchis. Pourquoi voit-on cette disposition dans les projecteurs ?
4. Fais un schéma semblable à celui de la figure 8.3. Pour le miroir, utilise un rayon de 6 cm. Place l'objet **B** sur la droite, 4 cm devant le miroir. Situe l'image de **B**.
5. Supposons que tu aies vaporisé de la peinture réfléchissante sur un bol à soupe.
 - a) Quelle partie du bol peut servir de miroir convexe ?
 - b) Quelle partie du bol peut servir de miroir concave ?
 - c) Comment dois-tu tenir le bol pour voir une image renversée de ton visage ?
 - d) Comment dois-tu tenir le bol pour voir une image droite et agrandie de ton visage ?
 - e) Comment dois-tu tenir le bol pour voir une image droite et réduite de ton visage ?
6. **Mise en pratique** Dans une maison fantaisiste, quel genre de miroir utiliserais-tu pour te voir
 - a) plus grand ou plus grande que tu ne l'es ?
 - b) plus court ou plus courte que tu ne l'es ?

8.2 Les lentilles et la vision

Le fait de savoir comment les miroirs courbes reflètent la lumière peut t'aider à comprendre l'effet des lentilles sur les rayons lumineux. Une **lentille** est un morceau incurvé de matière transparente comme le verre ou le plastique. La lumière qui traverse une lentille est réfractée, c'est-à-dire que ses rayons sont déviés.

La **lentille concave** est plus mince et plus plate au centre qu'au bord (voir la figure 8.6). La lumière qui traverse les zones plus épaisses et incurvées de la lentille dévie davantage que la lumière qui traverse les parties planes. Cela fait diverger, ou s'élargir, les faisceaux lumineux après qu'ils ont traversé la lentille.

La **lentille convexe**, aussi illustrée à la figure 8.6, est plus épaisse au centre qu'au bord. Cela fait converger, ou se rapprocher, les rayons lumineux réfractants.

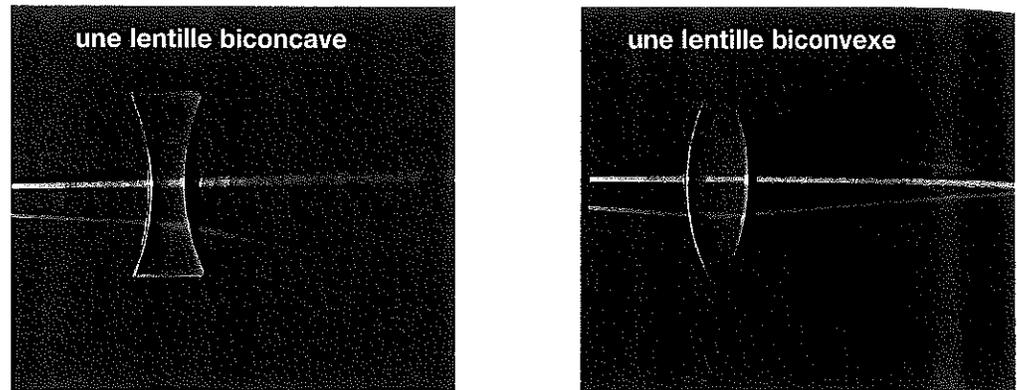


Figure 8.6 Les lentilles réfractent la lumière. Une lentille biconcave (comme celle de gauche) fait s'écarter les rayons lumineux qui la traversent. Une lentille biconvexe (comme celle de droite) concentre les rayons lumineux.

Vois de tes propres yeux!

À l'aide de matériel simple, tu peux voir comment fonctionnent des lentilles concaves et convexes.

Ce dont tu as besoin

une lampe de poche
un peigne
une lentille concave
une lentille convexe
un morceau de pellicule de plastique (5 cm × 5 cm)
de l'eau

Ce que tu dois faire

1. Dans une pièce obscure, éclaire les dents du peigne avec la lampe de poche. Observe l'ombre des dents sur une table.
2. Place maintenant une lentille concave juste derrière le peigne et répète l'étape 1. Quelle différence observes-tu dans les ombres?



ACTIVITÉ d'exploration

3. Remplace la lentille concave par une lentille convexe et répète l'étape 1. Quelle différence observes-tu dans les ombres?
4. Dépose une goutte d'eau sur la pellicule de plastique et tiens la pellicule au-dessus d'un mot imprimé dans ton manuel. La goutte d'eau forme une lentille convexe simple. Qu'est-ce qu'elle change dans l'apparence du mot?

Qu'as-tu découvert ?

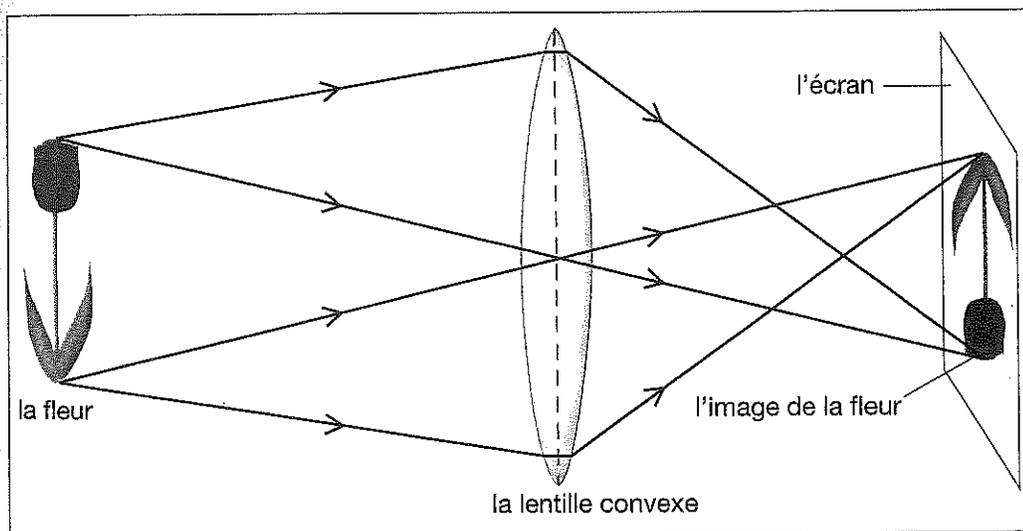
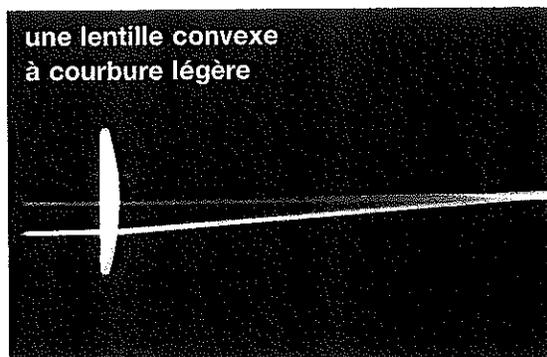
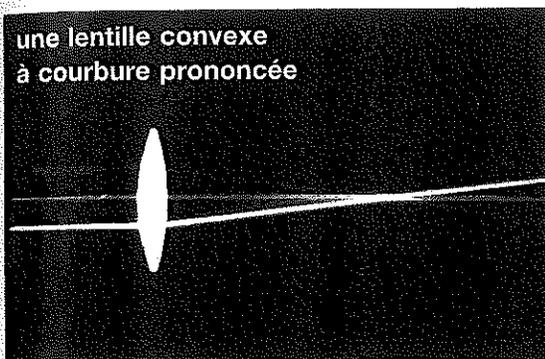
1. À partir de tes observations, dis quel genre de lentille on utilise pour fabriquer des loupes.
2. **Mise en pratique** Nomme quelques utilisations possibles **a)** d'une lentille concave et d'un faisceau lumineux et **b)** d'une lentille convexe et d'un faisceau lumineux.

Les lentilles et les images

Les lentilles sont probablement les instruments d'optique les plus utiles et les plus importants. On s'en servait, par exemple, pour fabriquer des lunettes dès le XIII^e siècle. Le type de lentille utilisée dans un instrument d'optique détermine si l'on obtiendra une image réelle ou virtuelle.

L'image se forme là où convergent les rayons lumineux venant d'un objet. Les rayons lumineux s'écartent à partir des points de l'objet. La lentille convexe réfracte ces rayons de manière à les réunir (voir la figure 8.7).

Cependant, la lentille dirige la lumière de la partie gauche de l'objet à la partie droite de l'image. De même, la lumière de la partie supérieure de l'objet est dirigée vers la partie inférieure de l'image (voir la figure 8.8). C'est pourquoi l'image formée par une lentille convexe est parfois renversée au lieu d'être droite. Comme ton œil voit l'image de la fleur grâce aux rayons lumineux que l'image renvoie, cette image est une image réelle. L'image qui apparaît sur un écran de cinéma est aussi une image réelle, parce que la lumière passe de l'écran à ton œil. Toute image qui se forme sur un écran est une image réelle. Les projecteurs et les rétroprojecteurs utilisent des lentilles convexes pour créer des images réelles.

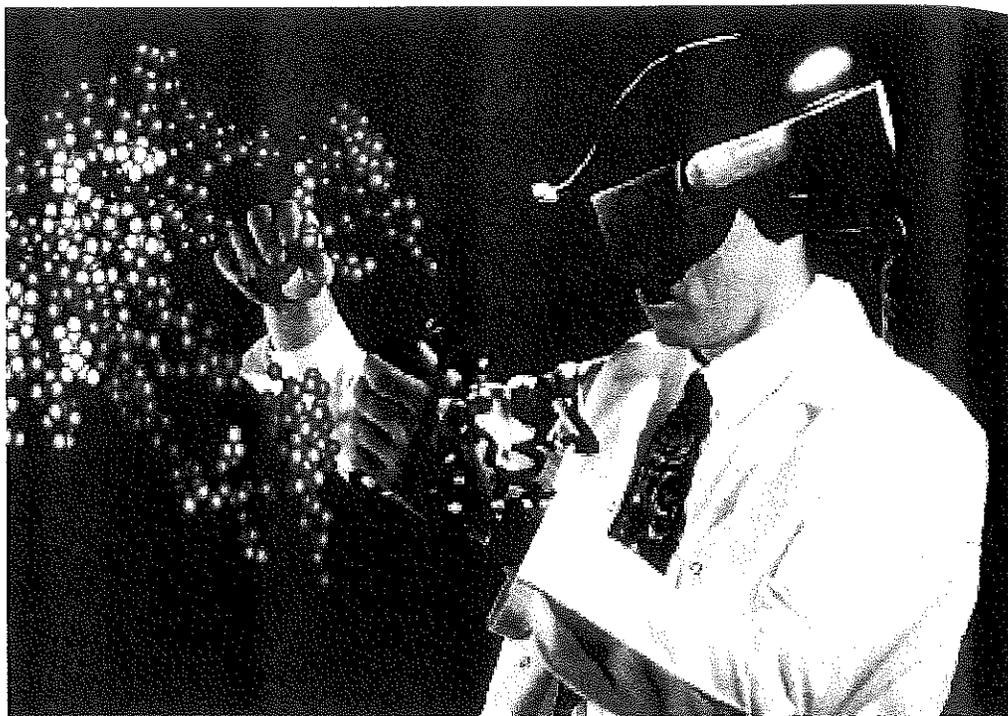


▲ **Figure 8.7** La lentille convexe fait converger les rayons parallèles. Pourquoi les rayons de la lentille à courbure légère convergent-ils plus loin que ceux de la lentille à courbure prononcée ?

◀ **Figure 8.8** La lentille convexe donne des images renversées, ou sens dessus dessous.

Dans certains cas, les rayons lumineux ne font que sembler venir de l'image. Tu te souviens de l'oiseau et du miroir, au chapitre 7 ? L'oiseau est convaincu que son «ami» se trouve de l'autre côté du miroir ; mais il n'y a pas d'autre oiseau. Les rayons lumineux proviennent de l'ami *comme si* ils partaient de derrière le miroir. En réalité, les rayons ne font que rebondir sur le miroir, produisant ainsi une image virtuelle. L'image virtuelle ne renvoie pas de rayons lumineux (voir la figure 8.9). Les miroirs plans produisent toujours des images virtuelles. Rappelle-toi qu'une image qui ne peut pas se former sur un écran est toujours une image virtuelle. Une lentille

Figure 8.9 On peut créer par ordinateur des effets de *réalité virtuelle*. Cette image numérisée montre un biochimiste utilisant un système de réalité virtuelle pour étudier des interactions moléculaires. Qu'est-ce que ces effets ont de virtuel?



convexe peut servir à produire une image virtuelle. Par exemple, une loupe est une lentille convexe qui sert à produire des images virtuelles agrandies.

Enfin, les lentilles concaves produisent des images virtuelles d'objets réels. Les appareils photo et les télescopes renferment des agencements de lentilles concaves et de lentilles convexes. Comme tu l'apprendras dans la section suivante, les lentilles concaves sont également utilisées dans les lunettes afin de corriger un trouble de vision appelé myopie.

Les yeux

L'œil humain comporte une lentille biconvexe, appelée cristallin. Le cristallin capte les rayons lumineux qui s'écartent à partir d'un objet et, par réfraction, les fait converger en un point; c'est ce qu'on appelle la **mise au point**. C'est cette mise au point des rayons lumineux qui nous permet de voir les objets. Dans un œil normal, la lentille réfracte la lumière sur une région photosensible située à l'arrière de l'œil et appelée **rétine**. Les images que tu vois se forment sur ta rétine (*voir la figure 8.10A*).

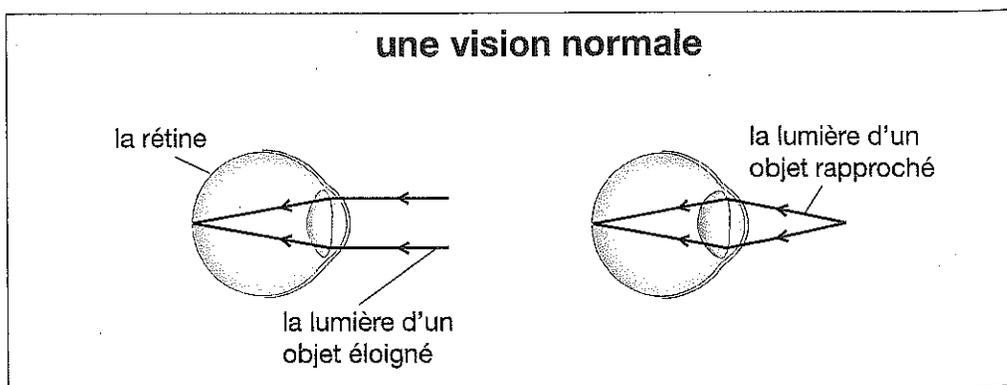


Figure 8.10A Ces deux schémas montrent de quelle façon la lentille d'un œil humain normal fait la mise au point des rayons lumineux sur la rétine.

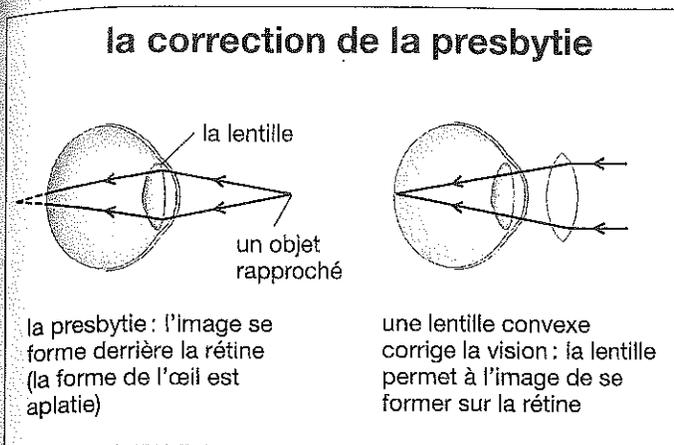


Figure 8.10B Correction de la presbytie à l'aide d'une lentille convexe

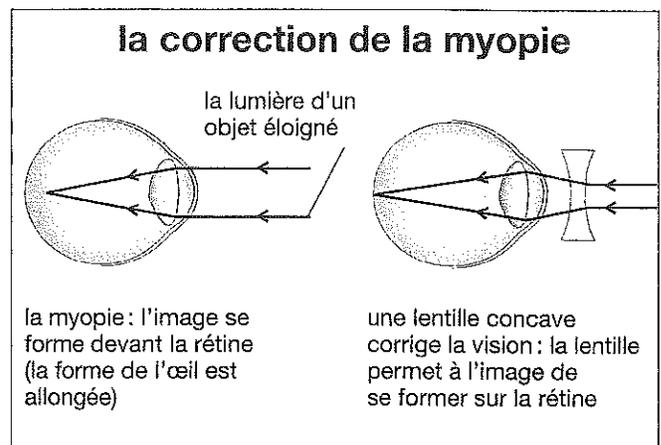


Figure 8.10C Correction de la myopie à l'aide d'une lentille concave

Mais, chez certaines personnes, l'œil a une forme allongée. Alors, l'image se forme *en avant* de la rétine. Ces personnes sont **myopes**, c'est-à-dire qu'elles ont de la difficulté à voir les objets éloignés. Chez d'autres personnes, l'œil a une forme raccourcie, et l'image n'a pas le temps de se former avant que la lumière atteigne la rétine. Ces personnes sont **presbytes**, c'est-à-dire qu'elles ont de la difficulté à voir les objets rapprochés.

La connaissance du comportement de la lumière traversant des lentilles permet aux spécialistes des yeux de corriger les troubles de la vision. Une lentille convexe placée devant un œil presbyte fait dévier les rayons lumineux de sorte que l'image apparaît sur la rétine. Une lentille concave placée devant un œil myope fait reculer l'image de sorte qu'elle se forme sur la rétine.

Comparaison entre l'œil et l'appareil photo

L'œil humain et l'appareil photo ont beaucoup de choses en commun (voir la figure 8.11). Tu sais déjà que tu vois les objets lorsque la lumière est réfléctée sur ton œil, réfractée par ton cristallin et mise au point sur ta rétine. Dans un appareil photo, la lumière est réfractée par la lentille et perçue par la pellicule. Au cours de la prochaine expérience, tu découvriras comment fonctionne un appareil photo. Tu liras ensuite une comparaison détaillée entre l'œil et l'appareil photo.

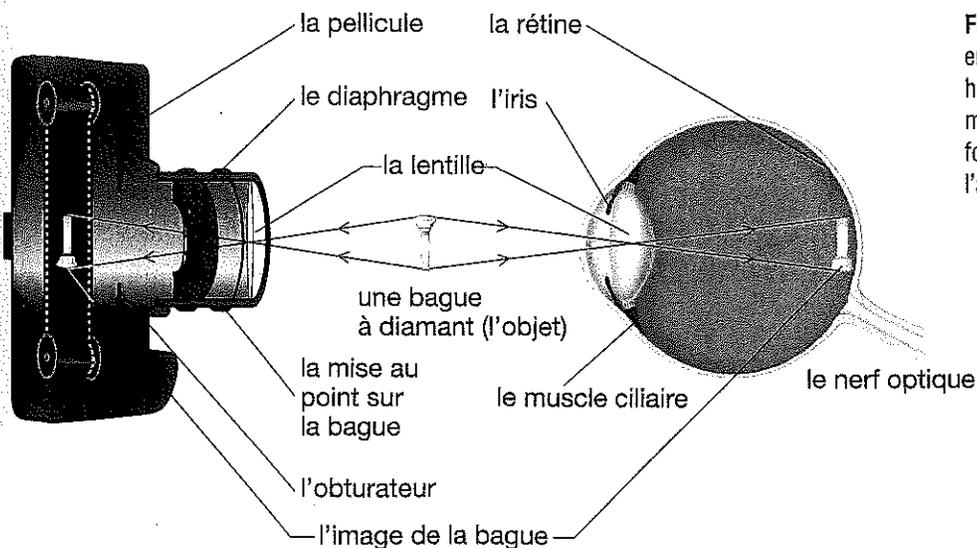


Figure 8.11 Comparaison entre l'appareil photo et l'œil humain. À partir de ce schéma, essaie de déduire la fonction de chaque partie de l'appareil photo et de l'œil.

Terminologique

Dans ce module, presque tout ce que tu as appris jusqu'ici concerne l'optique. Mais le mot « optique » n'a pas été défini. Rappelle-toi ce que tu as appris, puis écris une définition de ce mot.

Faire la mise au point

En photographie, quand l'objet se rapproche de la pellicule de l'appareil, il faut éloigner la lentille de la pellicule pour conserver la mise au point de l'image. C'est ce qui se passe quand tu fais la mise au point avec un appareil photo. Mais, dans l'œil humain, on ne peut pas éloigner le cristallin de la rétine. Par contre, les **muscles ciliaires** changent la forme du cristallin (voir la figure 8.11 à la page 247). Quand on regarde un objet qui se rapproche, les muscles ciliaires font bomber le cristallin au centre. C'est ce qui permet de maintenir la mise au point de l'image sur la rétine sans que le globe oculaire ne change de taille.

Le processus de transformation du cristallin selon la distance des objets s'appelle **accommodation**. Plus on vieillit, plus le cristallin devient rigide et perd sa capacité de changer de forme. Avec le temps, il ne peut plus s'épaissir assez pour faire la mise au point sur les objets rapprochés. C'est pourquoi beaucoup de personnes portent des lunettes de lecture qui sont en fait des lentilles convexes.

Le point le plus rapproché et visible selon une vision distincte s'appelle *punctum proximum* (expression latine signifiant «point proche»), et le point le plus éloigné, *punctum remotum* («point éloigné»). En moyenne, chez l'être humain adulte, le *punctum proximum* se situe à environ 25 cm (voir la figure 8.12A). Mais, pour beaucoup de bébés, la mise au point se fait à environ 7 cm seulement (voir la figure 8.12B). Le *punctum remotum* est supposé être l'infini. Après tout, une personne qui a une vision normale peut voir les étoiles, qui se trouvent à bien des années-lumière de distance.

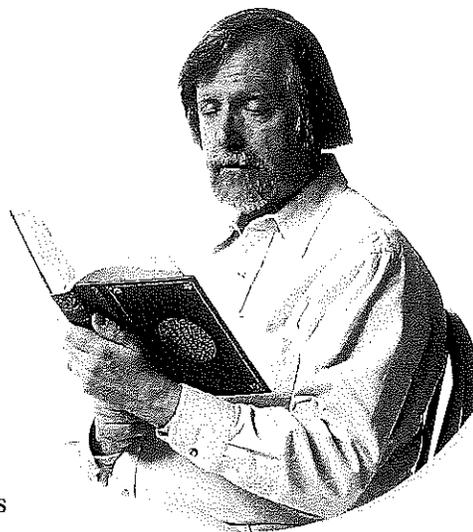


Figure 8.12A La plupart des adultes peuvent faire la mise au point sur des objets situés à environ 25 cm de distance.

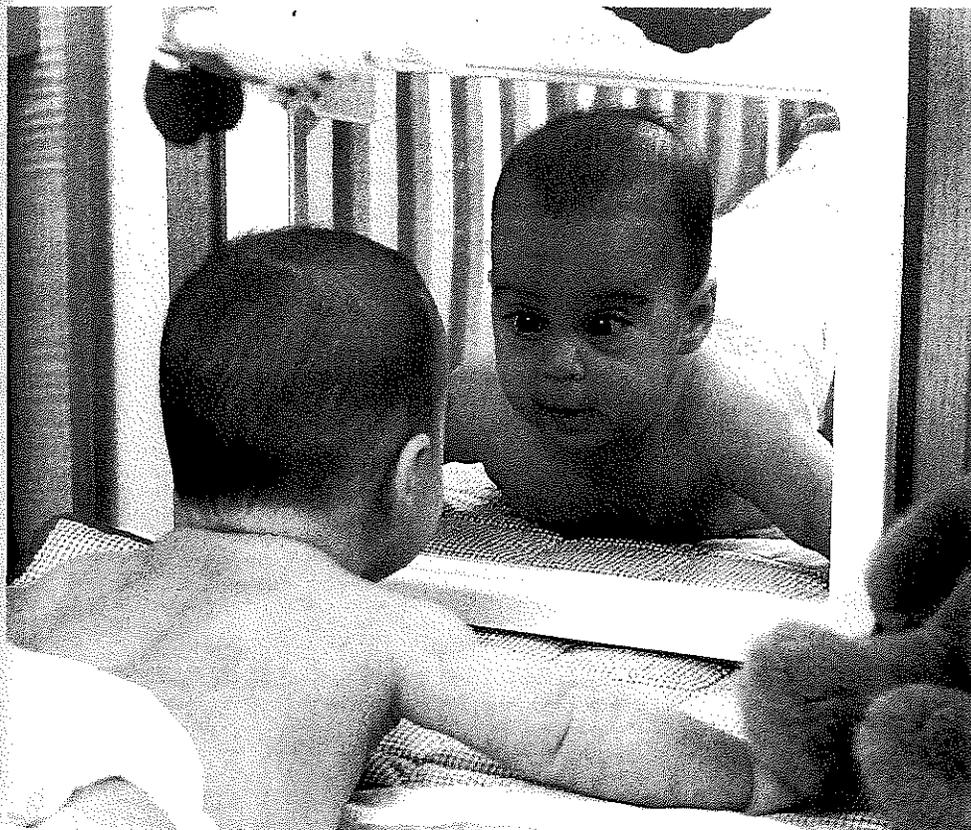
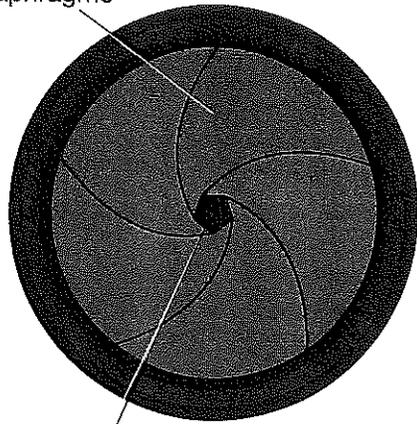


Figure 8.12B La plupart des bébés peuvent faire la mise au point sur des objets très rapprochés.

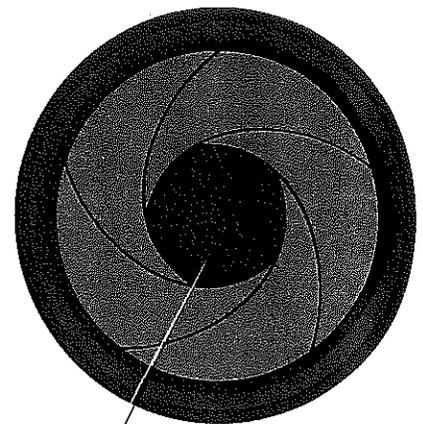
Laisser entrer la lumière

Lorsque tu t'apprêtes à photographier une scène et qu'un nuage cache soudainement le Soleil, la luminosité de la scène diminue. Par conséquent, la quantité de lumière qui parvient à la pellicule diminue. Si la lumière est trop faible, l'image ne se fixera pas clairement sur la pellicule. Dans un tel cas, le diaphragme et l'obturateur de l'appareil photo peuvent être réglés pour permettre l'entrée de la bonne quantité de lumière. Le **diaphragme** est le dispositif qui commande l'**ouverture** d'un système optique ou de lentilles. L'**obturateur** est le dispositif qui limite le passage de la lumière. Le diaphragme peut laisser entrer plus de lumière dans l'appareil en s'ouvrant plus grand, comme l'illustre la figure 8.13. L'obturateur peut laisser entrer plus de lumière en restant ouvert plus longtemps.

le diaphragme



une petite ouverture
pour photographier
une scène lumineuse



une grande ouverture
pour photographier
une scène sombre

Figure 8.13 Le diaphragme règle la quantité de lumière qui entre dans l'appareil.

le savais-tu?

Les yeux des grenouilles sont huit fois plus sensibles à la lumière que les yeux humains.

Dans l'œil humain, l'**iris**, qui est l'anneau de couleur, fonctionne comme le diaphragme d'un appareil photo (voir la figure 8.14). Si la lumière est faible, l'iris agrandit son ouverture pour laisser entrer plus de lumière. L'ouverture de l'iris est la **pupille**, qui apparaît comme le centre noir de l'œil.

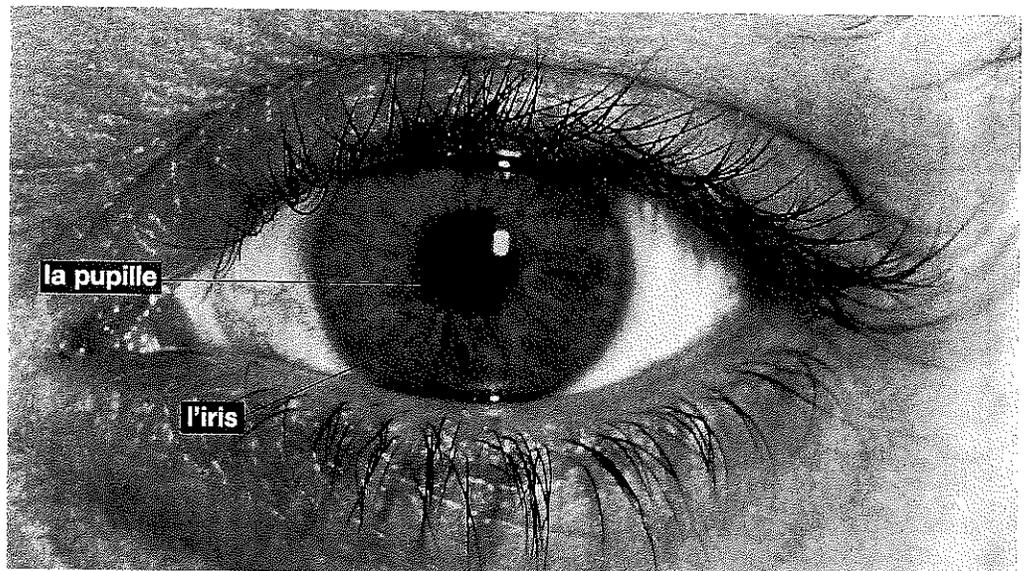
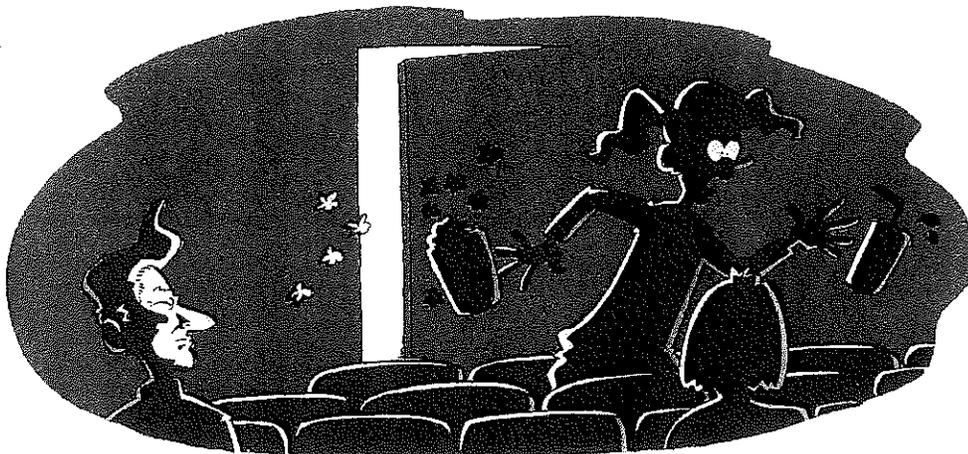


Figure 8.14 L'iris règle la quantité de lumière qui entre dans l'œil humain.

Le réglage naturel de la taille de la pupille est appelé le **réflexe iridien**. En général, on n'a pas conscience de ce réflexe extrêmement rapide. Qu'est-ce qui se produit au moment où tu entres dans une salle de cinéma sombre par un jour ensoleillé? Probablement qu'au début tu es incapable de voir quoi que ce soit. Le réflexe iridien est le premier, parmi une succession de réglages, à te permettre de distinguer graduellement les spectateurs et les sièges de la salle.

Quand tu quittes la salle et que tu sors au grand jour, la réaction contraire se produit. La soudaineté de la lumière du jour est inconfortable pour tes yeux. Mais le réflexe iridien réduit très vite la taille de tes pupilles, laissant entrer moins de lumière dans tes yeux, puis d'autres réglages assurent graduellement le confort de tes yeux.



Voir les images

À l'arrière de l'appareil photo, il y a la pellicule. L'image est concentrée sur cette matière photosensible. L'énergie lumineuse cause à la pellicule des changements chimiques qui lui permettent d'enregistrer l'image.

Dans l'œil humain, la rétine est sensible à la lumière. Lorsque les cellules de la rétine, appelées photorécepteurs, détectent la lumière, elles émettent de légères impulsions électriques que le **nerf optique** achemine de la rétine au cerveau. Là où le nerf optique pénètre la rétine, il n'y a pas de photorécepteurs. Cette zone porte le nom de **tache aveugle**. Pour localiser ta tache aveugle, tu n'as qu'à suivre les étapes de la figure 8.15. Remarque que chaque œil voit ce qui échappe à l'autre, parce que les taches aveugles ne sont pas au même endroit dans les deux yeux.

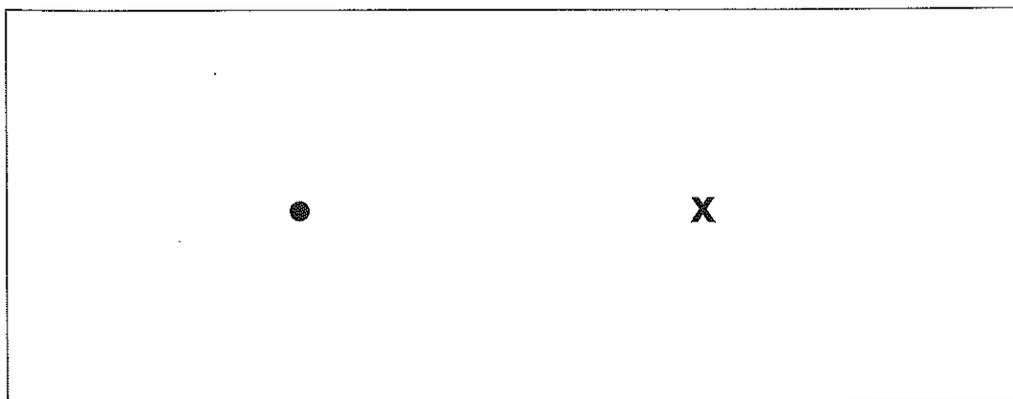


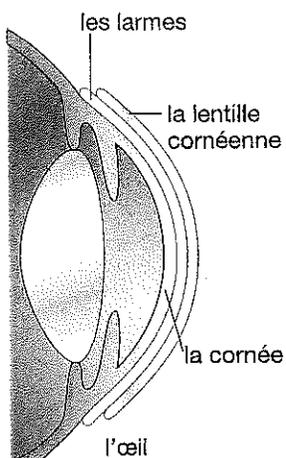
Figure 8.15 Pour localiser ta tache aveugle, tiens ton manuel les bras bien tendus. Ferme l'œil gauche et fixe la lettre X tout en rapprochant lentement le manuel de toi. Le point devrait disparaître en entrant dans ta tache aveugle, puis réparaître en en sortant.

LIEN Terminologique

Il peut te sembler étrange que les liquides de l'œil soient appelés « humeurs ». *Humeurs* est l'ancien nom des liquides organiques. On a déjà cru que l'humeur d'une personne était réglée par ces liquides. Une personne pouvait être de bonne humeur, de mauvaise humeur ou d'humeur massacante, et tous ces états étaient attribués au déséquilibre des liquides organiques. À partir de ces explications, essaie maintenant de trouver d'où vient le mot « humour ».

Le savais-tu ?

Les lentilles cornéennes sont des lentilles très minces qu'on applique directement sur la cornée de l'œil. Elles tiennent en place grâce à la fine couche de larmes qui se trouve entre la cornée et la lentille. La réfraction se fait principalement sur la surface exposée à l'air de la lentille.



Les parties d'un appareil photo sont contenues dans un boîtier à l'épreuve de la lumière (voir la figure 8.16). Dans les yeux, ce sont des couches de tissus qui tiennent les parties ensemble. Le globe oculaire est rempli de liquides appelés **humeurs** qui empêchent l'œil de s'affaisser (voir la figure 8.17). Outre qu'elles rendent l'œil rigide, les humeurs aident à réfracter la lumière qui pénètre l'œil. La prochaine expérience consolidera ce que tu as appris sur les parties de l'œil et de l'appareil photo.

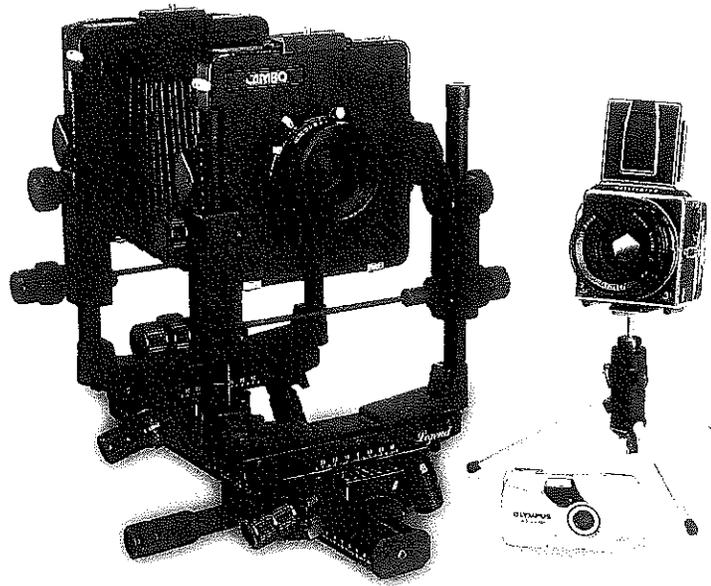


Figure 8.16 Les appareils photo diffèrent par leur taille et leur complexité, mais leurs parties sont toujours abritées dans un boîtier rigide et à l'épreuve de la lumière.

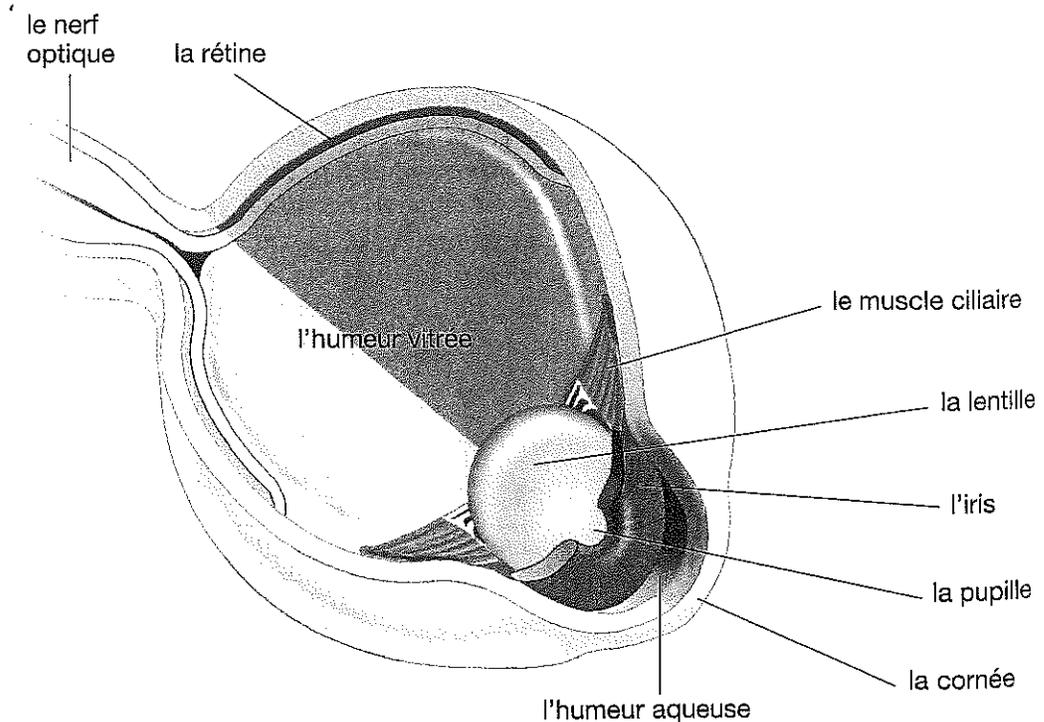


Figure 8.17 L'œil est un organe presque sphérique rempli de liquides.

Étudier les systèmes

Réfléchis

Un **système** est un ensemble formé de parties reliées dont l'action est réglée de manière spécifique. Les parties agissent les unes avec les autres, de sorte qu'un changement touchant une partie peut affecter une autre partie. L'œil et l'appareil photo sont tous deux des exemples de système.

Ce que tu dois faire

1 Toi et ton groupe, déterminez quel système vous voulez modéliser : l'œil ou l'appareil photo. Les membres du groupe joueront différents rôles. Si, par exemple, le groupe représente un appareil photo, ses membres joueront les rôles suivants :

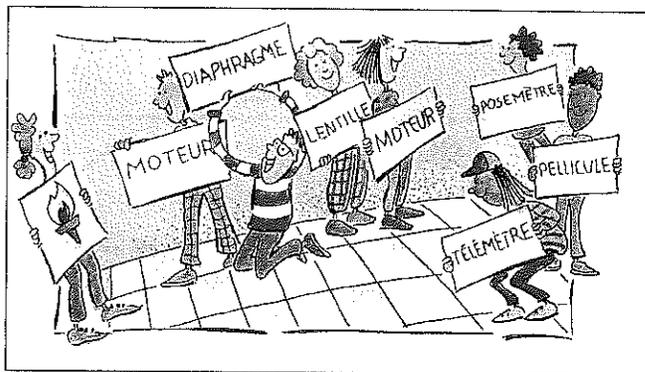
- l'*objet* photographié ;
- la *lentille* de l'appareil, qui bouge selon les déplacements de l'objet ;
- le *moteur* de la lentille ;
- le *télémetre*, qui indique au moteur dans quel sens il doit déplacer la lentille ;
- le *diaphragme*, qui laisse entrer la bonne quantité de lumière ;
- le *moteur* du diaphragme ;
- le *posemètre*, qui signale au moteur du diaphragme s'il doit agrandir ou réduire l'ouverture ;
- la *pellicule* sur laquelle la lentille fait la mise au point de l'image.

Si votre groupe représente un œil, les rôles joués seront différents, mais équivalents. Par exemple, les muscles remplacent les moteurs, l'iris remplace le diaphragme, la rétine joue le rôle du posemètre et de la pellicule, et les cellules nerveuses remplacent le télémetre.

2 Supposons ce qui suit : vous photographiez (ou regardez) la flamme d'une chandelle qui se rapproche et s'éloigne de l'appareil photo (ou de l'œil). À mesure que l'objet se rapproche, la quantité de lumière qui entre dans l'appareil ou dans l'œil augmente. Déterminez à l'avance comment la lentille et le diaphragme (ou l'iris) vont réagir au nouvel emplacement de la flamme.

3 La lentille doit signaler à son moteur quand arrêter ou démarrer. Ce mécanisme qui indique au moteur quand s'arrêter s'appelle **rétroaction**. Autrement dit, la **rétroaction** est le retour de l'information qui communique les résultats d'un processus ou d'une action. C'est aussi par **rétroaction** que le diaphragme indique à son moteur jusqu'à quel point il doit agrandir ou réduire l'ouverture.

4 Au cours de cette expérience, la luminosité de la flamme pourrait augmenter ou diminuer même si la chandelle reste au même endroit. Votre groupe doit décider dès maintenant ce qu'il fera si cette situation se présente.



Analyse

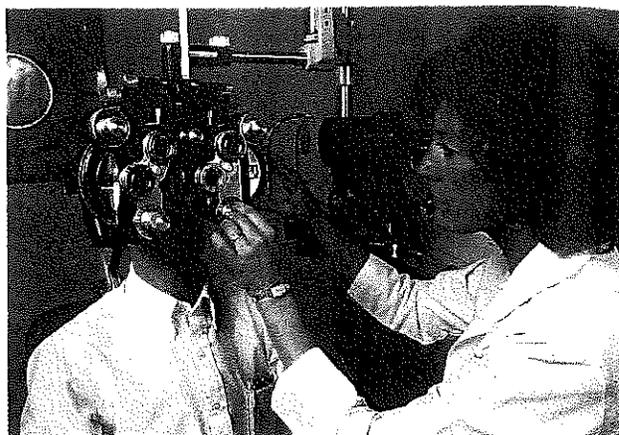
1. Après le jeu de rôles, discutez en groupe de ce que vous auriez pu faire pour améliorer votre système. Votre système a-t-il fonctionné aussi bien que possible ? Son mécanisme de **rétroaction** était-il efficace ?
2. Donnez plusieurs exemples de systèmes qui vous sont familiers. Dans ces systèmes, quelles parties appartiennent au mécanisme de **rétroaction** ?
3. Dans d'autres cours de sciences, vous avez appris que les *intrants* d'un système pouvaient comprendre des personnes, des matériaux et de l'énergie. Le résultat réel que produit le système comme la lumière qui s'allume quand on actionne l'interrupteur (*intrant*) s'appelle *extrant*. Nommez les *intrants* et les *extrants* a) d'un appareil photo et b) de l'œil humain.

Avoir l'œil sur les études

Si tu avais un trouble de la vision, tu consulterais un ou une optométriste, spécialiste qui examine les yeux pour dépister le défaut optique, puis prescrit les lentilles ou les exercices qui corrigeront le problème. Comment pourrais-tu devenir optométriste ?

D'abord, tu dois étudier différentes sciences à l'université pendant deux ou trois ans. Après avoir réussi ces études, tu fais une demande d'admission à l'une des deux écoles d'optométrie du Canada, soit à la University of Waterloo ou à l'Université de Montréal. Si tu es admis ou admise, tu passes les quatre années suivantes à étudier la physique de la lumière et des lentilles et l'anatomie de l'œil humain. Tu apprends comment établir ton propre bureau et tu passes un certain temps à traiter des patients en clinique. Si tu étudies fort pendant ces quatre années, tu seras peut-être parmi les 100 étudiants et étudiantes qui reçoivent un diplôme d'optométriste au Canada chaque année. Tu dois ensuite passer un examen provincial avant d'obtenir ton permis d'exercice et d'ouvrir un bureau.

Six ou sept années de préparation avant de faire carrière, ça peut sembler long. Mais ces années d'études déboucheraient sur une carrière très enrichissante. Dans le choix d'une carrière, la décision concernant la formation qui te convient est



une étape importante. Aimerais-tu commencer à travailler tout de suite après tes études secondaires ? Est-ce que des études collégiales de deux ou trois ans, ou des études universitaires de trois ou quatre ans t'intéresseraient ? Prévois-tu investir plus de quatre années d'études et de formation avant de faire carrière ? Fais des recherches pour connaître les carrières qui correspondent aux années d'études que tu aimerais faire.

Vérifie ce que tu as compris

1. Décris un test qui permet de déterminer si une image est réelle ou virtuelle.
2. À mesure qu'un objet se rapproche d'une lentille convexe, qu'est-ce qui arrive
 - a) à la taille de l'image ?
 - b) à l'attitude de l'image ?
 - c) à l'emplacement de l'image ?
3. Fais un schéma montrant ce qui arrive quand la lumière traverse
 - a) une lentille concave ;
 - b) une lentille convexe.
4. Pour chacune des parties suivantes d'un appareil photo, nomme la partie de l'œil humain qui y correspond et justifie ta réponse :
 - a) la pellicule ;
 - b) le diaphragme ;
 - c) l'ouverture ;
 - d) la lentille.
5. **Réflexion critique** Dans cette section, tu as étudié plusieurs ressemblances entre l'appareil photo et l'œil humain. Décris maintenant trois différences entre l'appareil photo et l'œil.
6. **Réflexion critique** La stabilité du mécanisme de rétroaction d'un appareil photo ou de l'œil humain dépend de plusieurs facteurs. Par exemple, trop de lumière endommage la pellicule de l'appareil et la rétine de l'œil. En groupe, faites une séance de remue-méninges pour trouver d'autres facteurs qui peuvent endommager ces parties et ainsi nuire à la stabilité du système.

8.3 Aider nos organes sensoriels

Notre connaissance de la planète et de l'univers a été très limitée jusqu'à ce que nous concevions des instruments pour aider nos organes sensoriels. Nous sommes maintenant capables de scruter le monde infiniment petit des micro-organismes et l'univers infiniment grand de l'espace. Les instruments utilisés dans ces domaines d'études semblent très différents, mais ils résultent des mêmes connaissances de la lumière, des miroirs et des lentilles.

Les télescopes

Les télescopes, comme celui de la figure 8.18, nous aident à voir clairement les objets éloignés. Dans un **télescope réfracteur**, la lumière d'un objet éloigné est captée et concentrée par une lentille convexe appelée **objectif**. Une deuxième lentille, l'**oculaire**, sert de loupe qui agrandit l'image (*voir la figure 8.19A*). Dans le **télescope réflecteur**, c'est un miroir concave, appelé **miroir primaire**, qui capte les rayons lumineux de l'objet éloigné. Ce miroir forme une image réelle qui est ensuite agrandie par l'oculaire (*voir la figure 8.19B, à la page suivante*).

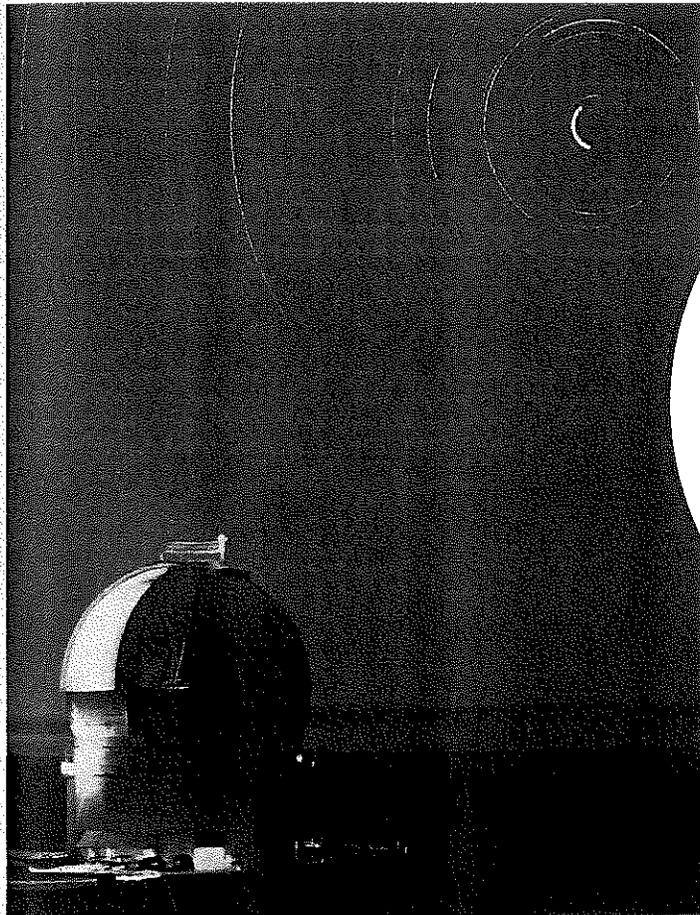


Figure 8.18 Le télescope de Mauna Kea, financé par le Canada, la France et Hawaï, est situé près du sommet du Mauna Kea, un volcan éteint de l'île d'Hawaï. Il comporte un miroir concave de 3,6 m de diamètre. Comment un miroir concave agit-il sur la lumière ?

Le savais-tu ?

On doit peut-être l'invention du télescope à l'opticien hollandais Hans Lippershey. En 1608, en faisant des essais sur des lentilles, Lippershey a découvert par hasard leur pouvoir grossissant. L'année suivante, le scientifique italien Galilée mettait au point un télescope qui permettait de voir des montagnes sur la Lune, des taches solaires, les étoiles de la Voie lactée et des lunes autour de Jupiter.

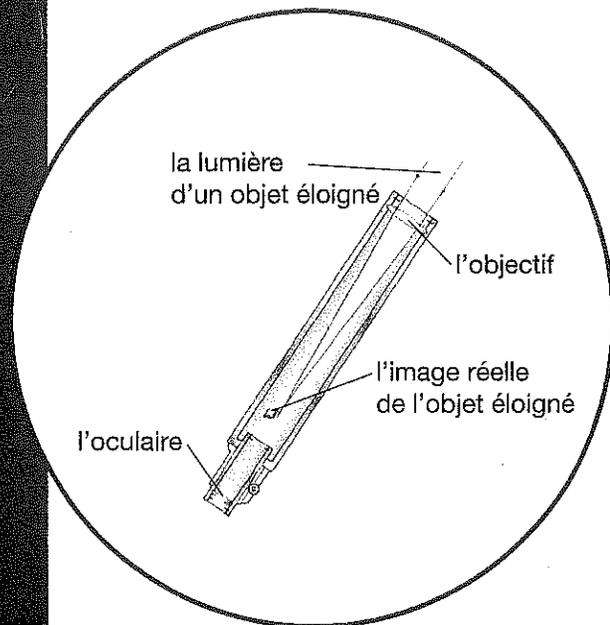


Figure 8.19A Dans un télescope réfracteur, une lentille convexe capte et concentre la lumière.

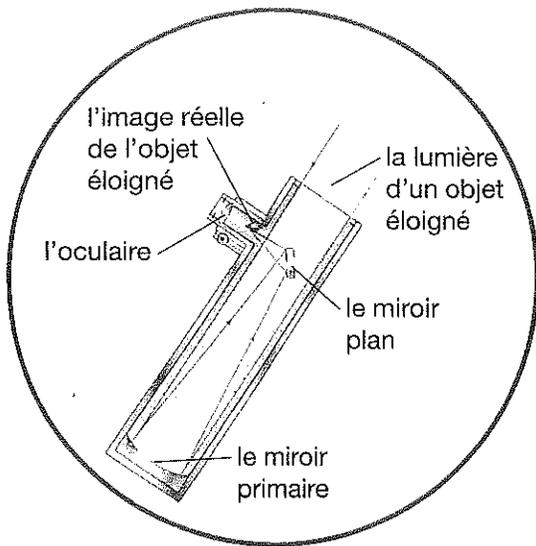


Figure 8.19B Dans un télescope réflecteur, la lumière est captée et concentrée par un miroir concave.

La lentille d'un télescope réfracteur et le miroir d'un télescope réflecteur servent tous deux de capteurs de lumière. Les deux types de télescopes doivent être munis d'un grand capteur (lentille ou miroir) afin de recueillir le plus de lumière possible de l'objet éloigné. Ensuite, le capteur concentre la lumière dans une image. Comme tu l'as appris au cours de l'expérience 8-B, plus l'image est loin de la lentille, plus son grossissement est important. De même, plus l'image est loin du miroir d'un télescope réflecteur, plus son grossissement est important. Pour obtenir le grossissement maximum avec un télescope, il faut que la distance entre l'objet examiné — étoile, planète ou autre — et son image soit aussi grande que possible. C'est pourquoi certains télescopes sont énormes.

Fabrique ton propre télescope réfracteur

Cette activité t'invite à fabriquer un télescope réfracteur simple au moyen de deux lentilles.

Ce dont tu as besoin

deux lentilles convexes montées ayant le même diamètre (dont l'une a une courbure moins prononcée que l'autre)

Ce que tu dois faire

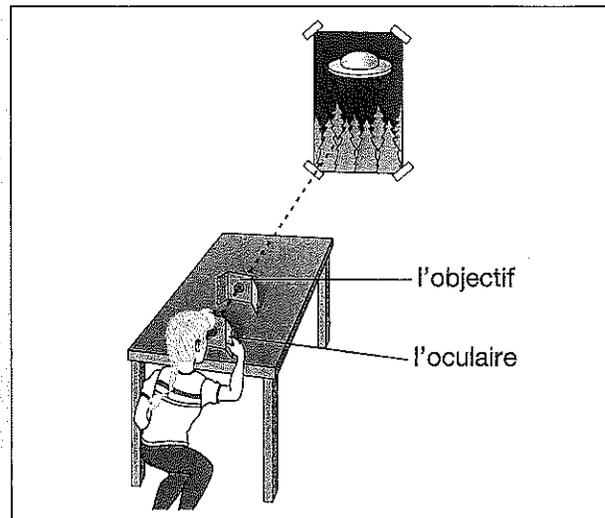
1. Pose les lentilles montées sur une table et regarde droit devant, à travers les deux lentilles.
2. Dis quelle combinaison de lentilles te permettra de voir l'image grossie d'un objet éloigné. Cet objet peut être, par exemple, une affiche fixée sur le mur le plus éloigné de la salle. Tu devras peut-être éloigner et rapprocher l'objectif plusieurs fois avant d'avoir une image nette.
3. Choisis une région précise de l'image. Estime le degré de grossissement de cette partie de l'image vue à travers les lentilles par rapport à sa taille quand tu la regardes à l'œil nu.
4. Fais un schéma représentant l'emplacement de l'objet éloigné, des deux lentilles et de ton œil. Indique l'objectif et l'oculaire sur ton schéma.



ACTIVITÉ d'exploration

Qu'as-tu découvert ?

1. L'image est combien de fois plus grande que l'objet ?
2. Quelle est l'attitude de l'image ?
3. Dans un télescope réfracteur, quelle lentille possède la courbure la plus prononcée ?
4. **La main à la pâte** Comment te serviras-tu d'une feuille de papier ciré pour savoir si l'image de cette activité est réelle ou virtuelle ? Conçois ta propre expérience pour le vérifier.



Les jumelles d'approche

Une paire de jumelles d'approche, ce sont en réalité deux télescopes réflecteurs montés côte à côte. (Imagine un peu la difficulté de tenir deux longs télescopes avec tes mains !) Les télescopes des jumelles sont plus courts parce qu'ils renferment des blocs de verre, appelés **prismes**, qui servent de miroirs plans. Au lieu de parcourir un long tube, comme dans un télescope, la lumière est réfléchi plusieurs fois dans un tube court, comme l'illustre la figure 8.20.

des jumelles prismatiques

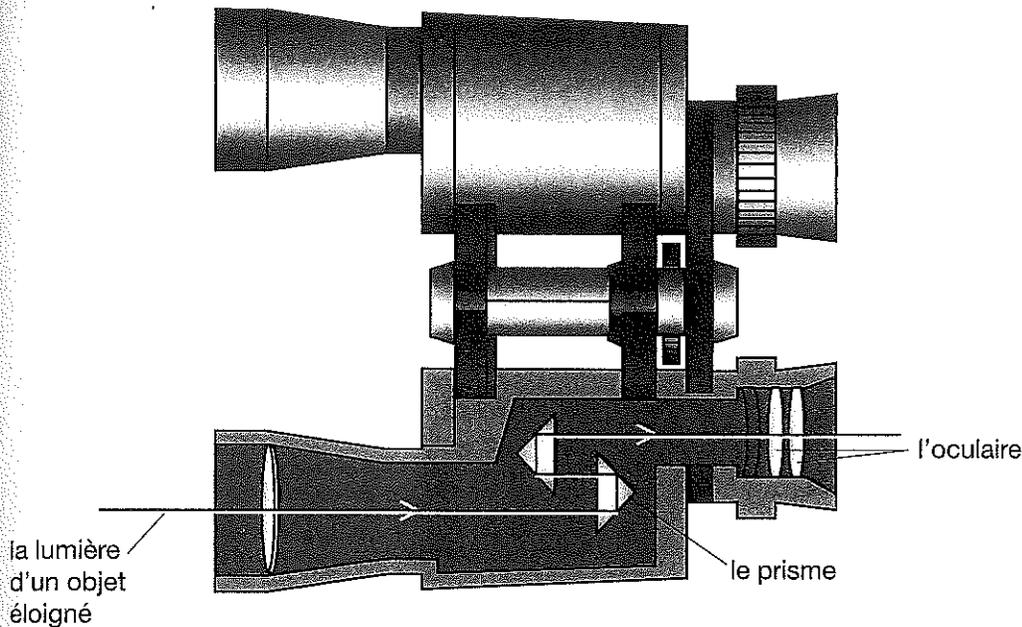
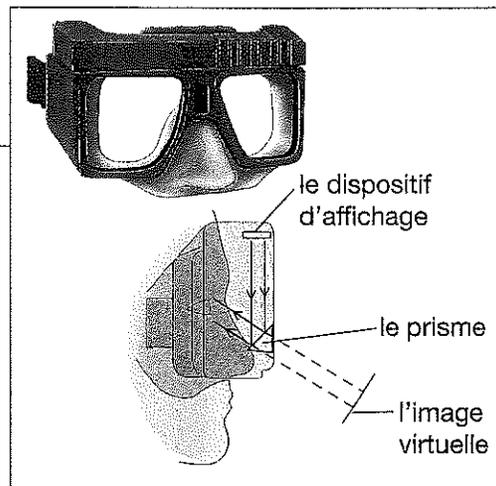


Figure 8.20 Dans une paire de jumelles, ce sont des prismes qui réfléchissent la lumière.



Le dispositif d'affichage frontal appelé *Heads-Up Display* utilise des prismes pour réfléchir la lumière. Dans ce dispositif, les prismes réfléchissent la lumière afin d'afficher une image devant les yeux d'une personne. Les pilotes d'avion se servent de l'affichage frontal pour pouvoir vérifier la vitesse dynamique et l'altitude tout en regardant devant eux à travers le pare-brise de l'avion. Même en gardant les yeux sur la piste d'atterrissage, ils peuvent voir l'affichage lumineux.

Des dispositifs similaires ont été mis au point pour les plongeurs sous-marins. Ils sont fixés à l'intérieur du masque de plongée. En consultant les images projetées directement devant ses yeux, le plongeur ou la plongeuse peut surveiller sa profondeur, sa consommation d'air et la pression de l'eau. Cela lui évite d'avoir à lire différents cadrans pour connaître ces données. Connais-tu d'autres domaines où l'affichage frontal serait utile ?



Les microscopes

Comme tu l'as appris au chapitre 1, une loupe est un microscope simple. Les meilleures loupes peuvent grossir l'image d'un objet 10 fois. Un microscope optique composé grossit jusqu'à 2000 fois (voir la figure 8.21). Comme le télescope, le microscope composé possède un objectif qui forme une image réelle de l'objet et un oculaire qui grossit l'image encore davantage. Tu as aussi appris au cours du chapitre 1 que l'objectif et l'oculaire d'un microscope composé renfermaient plus d'une lentille afin d'améliorer la netteté de l'image (voir la figure 8.22).

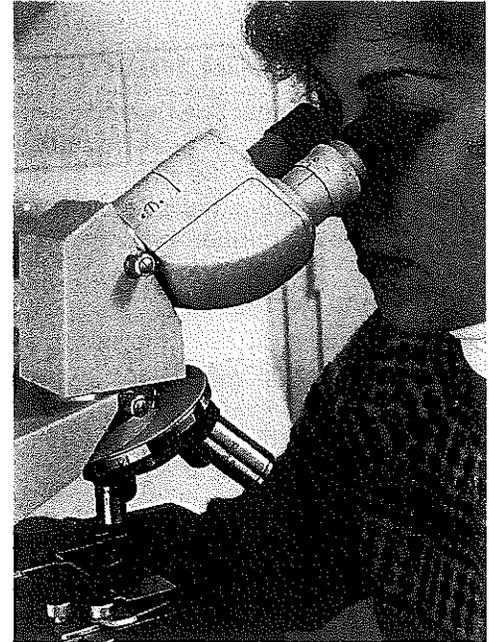


Figure 8.21 Les microscopes servent à examiner le monde des cellules, des bactéries et d'autres organismes vivants qui sont trop petits pour qu'on les voie à l'œil nu. Cette technicienne de laboratoire fait une recherche en pisciculture pour le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario; ici, elle examine un échantillon de tissus de poisson à la recherche de signes de maladie.

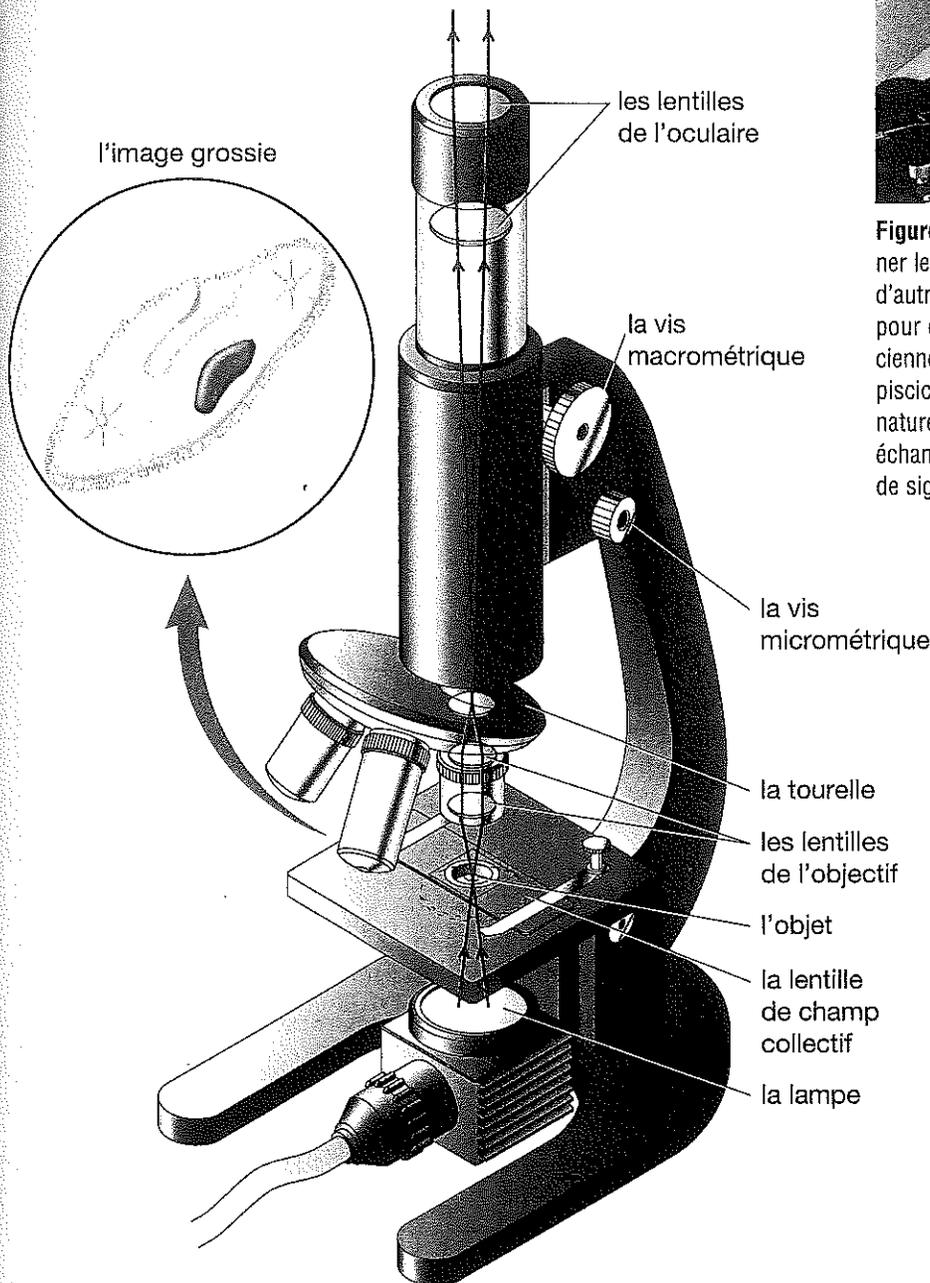


Figure 8.22 Le microscope optique composé utilise plusieurs lentilles pour grossir l'image des objets.

8 Révision

Mots clés

concave	rétine	ouverture	système
convexe	myopie	obturateur	rétroaction
attitude	presbytie	iris	télescope réfracteur
image réelle	muscle ciliaire	pupille	objectif
image virtuelle	accommodation	réflexe iridien	oculaire
lentille	<i>punctum proximum</i>	nerf optique	télescope réflecteur
lentille concave	<i>punctum remotum</i>	tache aveugle	miroir primaire
lentille convexe	diaphragme	humeur	prisme
mise au point			

Des termes à connaître

Si tu as besoin de revoir des termes, retourne aux sections indiquées.

1. Dans ton cahier de notes, associe chaque définition de la colonne A au terme correspondant de la colonne B.

A

- rencontre un miroir courbe à angles droits
- bombé vers l'extérieur
- courbé vers l'intérieur
- image qui émet de la lumière
- image qui n'émet pas de lumière
- attitude de l'image dans un microscope
- règle la taille de la pupille
- réfracteur lentille d'un télescope
- relie la rétine au cerveau
- correspond à la pellicule d'un appareil photo

B

- miroir concave (8.1)
- renversée (8.1)
- lentille de l'objectif (8.3)
- image virtuelle (8.1)
- nerf optique (8.2)
- iris (8.2)
- rétine (8.2)
- accommodation (8.2)
- miroir convexe (8.1)
- image réelle (8.1)
- prisme (8.3)
- tache aveugle (8.2)

Des concepts à comprendre

Si tu as besoin de revoir des concepts, retourne aux sections indiquées.

2. Dessine la surface d'un miroir
 - a) plan;
 - b) concave;
 - c) convexe. (8.1)
3. Dessine la coupe transversale d'une lentille de verre qui présente
 - a) une surface plane et une surface convexe;
 - b) deux surfaces concaves;
 - c) deux surfaces convexes. (8.2)
4. a) Nomme quelques effets d'une lentille sur la lumière. (8.2)
 b) Nomme quelques utilisations des lentilles. (8.3)
5. Pourquoi y a-t-il une tache aveugle dans l'œil humain? (8.2)
6. Tu regardes une amie. Si ton amie commence à s'éloigner, qu'est-ce que le cristallin de ton œil devra faire pour maintenir la mise au point sur ton amie? (8.2)
7. Si tu passes d'une maison bien éclairée à une cour obscure, quel changement soudain se produit dans ton œil? Comment s'appelle ce processus? (8.2)
8. Nomme trois ressemblances entre un microscope composé et un télescope réfracteur. (8.3)