

# Deuxième partie : Optique

## Introduction

### Exemples de questions

- Comment fonctionne un projecteur de diapositives?
- Qu'est-ce que la mise au point d'un appareil photo?
- Comment la lumière peut-elle être guidée dans les fibres optiques?
- Comment les lentilles corrigent-elles la vue?

### Contenu

- Propagation de la lumière
- Réflexion
- Réfraction
- Lentilles minces convergentes
- Instruments d'optique à image réelle

## 1. Propagation de la lumière

1.1. Observons un rayon de lumière à travers la fumée de l'encens.

1.2. Envoyons un deuxième faisceau lumineux de façon à ce qu'il croise le premier. On ne constate aucune perturbation.

1.3. Plaçons une source de chaleur juste sous le trajet de la lumière. La tache lumineuse produite sur un mur se déplace légèrement et tremble.

1.4. Envoyons la lumière vers un miroir. Elle est réfléchiée dans une direction bien déterminée.

1.5. Envoyons la lumière vers la surface de l'eau dans un récipient. On constate que la lumière subit une déviation nette à la surface de séparation.

1.6. Envoyons la lumière sur une fente étroite. En rétrécissant la fente, on observe que la

tache sur le mur s'élargit. Idem sur un voile de rideau.

On se contentera ici de signaler l'existence de ce phénomène, sans l'étudier. Nous n'expliquerons pas non plus ce qu'est la lumière.

1.7. Dans le vide, la lumière se déplace à 299 792 458 m/s exactement, soit environ 300 000 km/s. On note cette vitesse "c", venant du mot "célérité".

1.8. Voir un objet n'est possible que si l'oeil reçoit de la lumière provenant de cet objet, contrairement à l'idée courante, propagée dans certaines bandes dessinées par exemple, dans lesquelles on voit une flèche qui sort de l'oeil du personnage pour indiquer ce qu'il regarde.

## **Exercice**

Une année-lumière (al) est la distance parcourue en un an par la lumière dans le vide. A combien de kilomètres correspond une al?

## **2. Réflexion de la lumière**

### **2.1. Image dans un miroir plan**

Un objet et son image sont symétriques par rapport au miroir.

### **2.2. Image virtuelle**

Trois faisceaux sont réfléchis par le miroir. Ils semblent provenir d'un point symétrique de la source : le point image. La source est appelée "point objet".

Sur un écran placé au point image, rien n'apparaît. Les prolongements des faisceaux réfléchis se croisent en ce point. On dit que le point image est virtuel. Pour l'observateur, tout se passe comme si la lumière qu'il reçoit provenait du point image virtuel. Ceci est mis à profit dans certaines attractions foraines par exemple (palais des glaces).

### **2.3. Lois de la réflexion**

### **2.4. Image d'un objet par un miroir plan**

L'image est symétrique de l'objet et virtuelle.

L'image d'une main gauche est une main droite et vice-versa.

## **Exercices**

1. Dessine un miroir plan vertical, vu d'en haut, un rayon lumineux qui se dirige vers le miroir, ainsi que le rayon réfléchi.
2. Que devient le mot "AMBULANCE" quand on le regarde dans un rétroviseur?
3. Un artiste désire se photographier dans un miroir plan situé à 2 m de lui. La photo ne sera nette que si la mise au point de l'appareil est réglée sur
  - 2 m
  - 4 m
  - $\infty$Aucune des réponses ne convient puisqu'il est impossible de photographier une image virtuelle.

## **3. La réfraction**

### **3.1. Observations**

Un bâton plongé dans l'eau a l'air brisé.

Un objet derrière une plaque de verre en diagonale n'a pas l'air d'être là où il est en réalité.

Un rayon lumineux tombant sur une plaque de verre est dévié.

### **3.2. Passage de la lumière d'un milieu dans un autre**

Le rayon incident, la normale à la surface, et le rayon réfracté sont dans un même plan.

En passant de l'air dans le verre, l'angle de réfraction est plus petit que l'angle incident.

Dans ce cas, le rayon réfracté se rapproche de la normale.

### **3.3. Principe du retour inverse**

Si on retourne les schéma de façon à faire parcourir la même trajectoire à la lumière que le rayon réfracté, mais dans l'autre sens, on constate qu'elle suit le trajet du rayon incident initial dans l'autre sens.

### **3.4. Réflexion totale, angle limite d'un dioptr**

Il y a réflexion totale lorsque l'angle d'incidence dépasse une certaine valeur. Cette valeur est appelée "angle limite".

### **3.5. Applications**

- 1) Prisme à réflexion totale.
- 2) Fibre optique

## **4. Les lentilles sphériques minces convergentes**

### **4.1. Introduction**

Une lentille dévie les rayons lumineux.

Le nom provient de la forme qui est celle d'un petit légume.

### **4.2. Exemples et symbole**

### **4.3. Rayons remarquables, foyer, centre optique**

Pour notre étude des lentilles minces, le point O peut être considéré comme se trouvant au centre de la lentille.

Des rayons arrivant parallèlement à l'axe optique convergent en un point de l'axe optique : le foyer image, noté F'.

La distance OF' entre le centre optique O et le foyer image F' est appelée "distance focale". C'est une caractéristique de la lentille.

Des rayons lumineux passant par un point F, symétrique de F' par rapport à O, émergent parallèlement à l'axe optique. Ce point F est appelé "foyer objet".

Les rayons passant par le centre optique émergent de la lentille parallèlement à la direction d'incidence. Si la lentille est mince, on peut considérer qu'ils ne sont pas déviés.

### **4.4. Construction géométrique des images réelles**

Lentille convergente, objet plus éloigné de la lentille que le foyer.

Utilisons des rayons particuliers pour construire l'image d'un objet.

- rayons passant par le centre optique,
- rayons arrivant parallèlement à l'axe optique
- rayons passant par le foyer objet.

On obtient l'image d'un objet en choisissant judicieusement quelques uns de ses points et en construisant leur image.

## **5. Instruments d'optique à image réelle**

### **5.1. L'appareil photographique**

Une chambre noire (camera obscura) percée d'un trou est l'ancêtre de l'appareil photographique. Sur le fond de la boîte opposé à ce trou, on dispose un support transparent mat. Lorsque la boîte est orientée vers une scène lumineuse, se forme sur le support mat une image inversée de la scène. En remplaçant le support mat par un papier photosensible (un film), on peut capter une image, la révéler et la développer.

La luminosité de l'image est améliorée en remplaçant le petit trou par une lentille convergente, ou un groupe de lentilles, qui peut être assimilé à une seule lentille.

Un diaphragme permet de limiter la quantité de lumière entrant dans l'objectif, et de varier la profondeur de champ. La profondeur de champ est la distance entre les objets les plus proches et les plus lointains pour lesquels l'image paraît nette. Plus l'ouverture du diaphragme est petite, plus la profondeur de champ est grande.

La quantité de lumière qui viendra impressionner le film, ou activer les pixels électroniques dans le cas d'un appareil numérique, peut également être contrôlée en jouant sur le temps d'exposition, de plusieurs heures (pour photographier le ciel la nuit par exemple) à quelques millièmes de secondes (pour capter l'image d'un objet se déplaçant à grande vitesse).

## **5.2. L'oeil**

L'oeil humain est un organe de forme globulaire d'environ 25 mm de diamètre. Son enveloppe extérieure comprend une membrane protectrice qui est bombée, et transparente à l'avant, où elle forme la **cornée**. Le **cristallin** a la forme d'une lentille biconvexe. Il est composé de feuillets superposés, à la manière d'un oignon, et peut être déformé sous l'action des muscles ciliaires.

Devant le cristallin, l'oeil est rempli d'un liquide transparent, l'humeur aqueuse. Derrière le cristallin se trouve l'humeur vitrée, une substance gélatineuse transparente. L'ensemble de ce système optique peut être assimilé à une lentille convergente. L'image obtenue doit normalement se former sur la rétine qui joue le rôle d'écran. Cette image doit donc être réelle. Elle est renversée. L'information recueillie par la rétine est transmise au cerveau, qui redresse l'image fournie.

L'**iris** est un feuillet pigmenté, qui donne la couleur de l'oeil, qui est percé d'une ouverture circulaire : la **pupille**. Il joue le rôle du diaphragme. Plus la luminosité est importante, plus l'iris se contracte et plus la pupille se ferme. Quand il observe un objet très éloigné, un oeil normal donne une image réelle et renversée sur la rétine sans devoir faire aucun réglage. Il est alors au repos.

Pour des objets plus proches, l'image se forme plus loin. Or, contrairement à l'appareil photographique, l'oeil ne peut pas s'allonger. La lentille équivalente ne peut pas s'éloigner de l'écran (la rétine). L'oeil fonctionne d'une autre manière. Les muscles ciliaires compriment le cristallin qui devient plus bombé, rendant ainsi l'oeil plus convergent. L'image est ramenée sur la rétine. L'oeil **accommode**.

Plus l'objet est proche, plus la déformation du cristallin doit être importante pour parvenir à maintenir l'image sur la rétine. Il y a cependant une distance minimale, en deçà de laquelle l'accommodation n'est plus possible. Cette distance varie avec l'âge. C'est la **presbytie**. Si normalement un oeil jeune accommode jusqu'à 10 cm, à 45 ans c'est jusqu'à 25 cm et à 70 ans 1 m.

### **Défauts de l'oeil**

La **myopie** est le défaut d'un oeil trop convergent. Quand l'oeil myope est au repos, cristallin non déformé, l'image d'un objet lointain se forme en avant de la rétine. Cet objet apparaît donc flou. Par contre l'oeil myope voit parfaitement les objets très proches. La myopie est corrigée par des verres divergents.

L'**hypermétropie** est le défaut de l'oeil trop peu convergent. Au repos, l'image d'un objet

lointain dans un oeil hypermétrope se forme en arrière de la rétine. On corrige donc à l'aide de verres convergents.

La **presbytie** est corrigée à l'aide de verres convergents qui ne sont utilisés que pour regarder des objets proches (lecture par exemple).

### **Exercices**

4. Un enfant utilise un périscope pour regarder au-dessus d'un mur. Ce périscope contient deux prismes à réflexion totale. Dessine le périscope. Dessine également les deux prismes ainsi que le trajet d'un rayon lumineux, de la scène observée jusqu'aux yeux de l'enfant.

5. Une bougie de 5 cm est placée perpendiculairement à l'axe optique d'une lentille convergente de 20 cm de distance focale, à 30 cm du centre optique de celle-ci. Déterminez, à l'aide d'une construction géométrique à l'échelle 1/5, les caractéristiques de l'image obtenue.