

# Chapitre 15

## DISPERSION DE LA LUMIÈRE

### A. Le programme

| L'UNIVERS                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Notions et contenus                                                                        | Compétences attendues                                                                                                                                                                                                                       |
| Dispersion de la lumière blanche par un prisme.<br>Réfraction.<br>Lois de Snell-Descartes. | <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures et pour déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.</i><br>Interpréter qualitativement la dispersion de la lumière blanche par un prisme. |

✓ **Commentaires**

La présentation du phénomène de réflexion totale fait naturellement intervenir la réfraction. C'est pourquoi ce phénomène a été abordé au chapitre 1. L'introduction de l'indice de réfraction permet dans ce chapitre 15 d'interpréter la dispersion de la lumière blanche par un prisme à l'aide de la loi de Snell-Descartes.

R. Descartes avait établi la loi de la réfraction en raisonnant sur la conservation de la composante tangentielle de la vitesse d'un projectile. L'introduction du sinus en est alors une conséquence immédiate : elle n'est pas déduite de résultats expérimentaux. En revanche, ces derniers sont indispensables pour valider la loi établie par la théorie.

### B. La démarche adoptée

La première activité revient sur les phénomènes de réflexion et de réfraction abordés au chapitre 1. L'un des objectifs est de montrer que l'on peut limiter l'étude à un plan, le plan d'incidence.

L'activité 2 permet ensuite de tester les propositions de Kepler et de Descartes à partir des mesures obtenues grâce au dispositif classique utilisant l'hémicylindre en verre ou en plexiglas.

La dispersion de la lumière blanche par le prisme ayant été réalisée au chapitre précédent, il est proposé une animation en activité 3 pour en faire l'interprétation à partir de l'indice de réfraction intervenant dans la loi de Snell-Descartes.

Formuler la loi sous la forme  $\sin i = n \cdot \sin r$  pour le dioptre air/verre revient à passer sous silence la valeur de l'indice de réfraction de l'air et de le poser implicitement égal à 1. Ceci n'est guère satisfaisant et il a été préféré la formulation  $n_1 \sin i = n_2 \sin r$  qui introduit de façon symétrique l'indice de chacun des deux milieux.

## C. Commentaires sur les activités et documents proposés

### ► Document d'ouverture p. 273

Cette photo s'intègre bien au thème Univers et le phénomène de parhélie s'interprète facilement à partir de la décomposition de la lumière blanche par un prisme. L'activité 3 et l'exercice 28 reviennent sur ce phénomène en examinant le trajet des rayons à l'intérieur des cristaux de glace hexagonaux en suspension dans un nuage, à l'origine du parhélie.

Nous n'avons pas insisté sur la disposition spatiale de ces cristaux, qui sédimentent horizontalement. Le livre *Jeux de lumière* de F. Suagher et J.-P. Parisot contient des photos et des explications sur les phénomènes lumineux atmosphériques et en particulier les parhélies.

### ► Activité 1 p. 274

En choisissant la surface de l'eau comme surface de dioptré, cela permet d'identifier la direction de la normale à celle du fil à plomb et le plan d'incidence à un plan vertical, ceci dans le but d'une bonne représentation spatiale du phénomène par les élèves.

Cette activité sera l'occasion d'interpeller les élèves sur les dangers potentiels d'un faisceau laser, même de puissance limitée, et de les sensibiliser au respect de consignes de sécurité en relation avec des dangers qui ne sont pas apparents.

#### ✓ Réponses aux questions

1. Le rayon incident est dévié.
2. Non, la couleur ne change pas et la longueur d'onde n'est pas modifiée.
3. Oui, le rayon réfracté est situé dans ce plan vertical.
4. La normale est verticale, parallèle au fil à plomb.
5. Oui.
6.  $i$  : angle entre la normale et le rayon incident ;  $r$  : angle entre la normale et le rayon réfracté.
7. a. La réfraction de la lumière sur le dioptré air/eau se manifeste par un changement de direction du rayon lumineux.
- b. La réflexion est toujours associée à la réfraction.

### ► Activité 2 p. 275

Sur le document 3, les élèves identifient le rayon incident, celui qui se trouve dans l'air et qui donne naissance à un rayon réfléchi et réfracté.

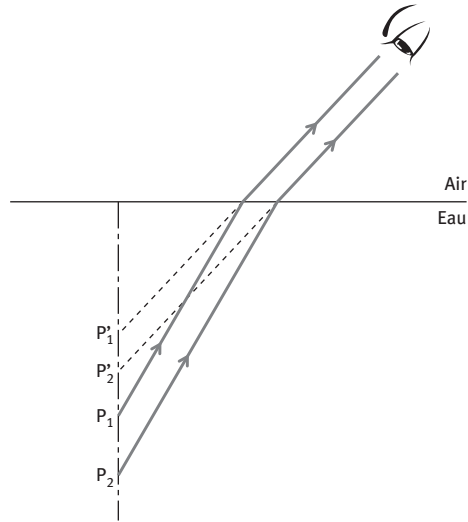
L'hémicylindre doit être disposé convenablement afin de mesurer facilement l'angle d'incidence et l'angle de réfraction à l'aide du cercle rapporteur.

Les valeurs de  $i$  et de  $r$  seront reportées dans la feuille de calcul d'un tableur scientifique tel que Regressi. Pour tester la proposition de Kepler, tracer la courbe  $r$  en fonction de  $i$  ou bien définir la nouvelle variable  $\frac{i}{r}$ . Pour tester celle de Descartes, créer la nouvelle variable  $\frac{\sin i}{\sin r}$ .

#### ✓ Réponse aux questions

1. Non, car il s'agit pour Grossetête du dioptré air/eau.
2. Kepler : tracer  $r$  en fonction de  $i$  ou  $\frac{i}{r}$  en fonction de  $i$ .  
Descartes : tracer  $\sin r$  en fonction de  $\sin i$  ou  $\frac{\sin i}{\sin r}$  en fonction de  $i$ .
3. b. La théorie de Descartes est validée par l'expérience. Celle de Kepler n'est valable que pour les petits angles (la limite dépend de l'erreur acceptée).

4.  $n$  est le coefficient directeur de la courbe  $\sin i = f(\sin r)$ , ou la valeur constante de  $\frac{\sin i}{\sin r}$ .
5. a.  $r = 42^\circ$ .



- b. Les rayons viennent des images respectives de  $P_1$  et de  $P_2$  ( $P'_1$  et  $P'_2$ ) qui seront alors perçues comme plus rapprochées que  $P_1$  et  $P_2$ .

### ► Activité 3 p. 276

L'animation proposée permet d'observer l'effet de la longueur d'onde sur la déviation des rayons lumineux par un prisme. L'élève peut choisir l'angle du prisme, la position du prisme, l'option lumière blanche ou monochromatique avec, dans ce cas, le choix de la longueur d'onde.

Cette activité est aussi l'occasion d'appliquer la loi de Snell-Descartes à partir des données fournies par le document 4.

### ✓ Réponses aux questions

- La déviation est l'angle entre le rayon incident prolongé et le rayon qui émerge du prisme.
- a.  $r_1 = 25,5^\circ$ .
- c.  $i_2 = 24,5^\circ$ .
- Non, car l'indice du verre dépend de la longueur d'onde.
- Non, la déviation ne dépendrait pas de la longueur d'onde.
- L'indice du verre dans lequel le prisme est taillé dépend de la longueur d'onde, il y aura donc dispersion de la lumière blanche qui le traverse. Sur chacun des dioptries rencontrés dans le cas du prisme, la déviation des rayons qui composent la lumière blanche diffère selon la longueur d'onde.
- a. En prolongeant les côtés d'entrée et de sortie du rayon, on retrouve la géométrie d'un prisme d'angle au sommet égal à  $60^\circ$ .
- b. La glace est dispersive : son indice dépend de la longueur d'onde.

## D. Déroulement du cours

On peut consacrer à ce chapitre deux séances de TP et une séance de cours.

Lors de la première séance de TP, le professeur présentera l'activité expérimentale 1 avant de passer à l'activité d'investigation sur la loi de la réfraction.

La seconde séance de TP sera dédiée à l'animation sur la déviation de la lumière par un prisme en fonction de la longueur d'onde.

L'essentiel de ce chapitre ayant été traité en activité, la séance de cours pourra être consacrée à la résolution d'exercices.

## E. Corrections des exercices p. 284

*Les corrigés des exercices qui ne figurent pas ici sont à la fin du manuel, p. 327.*

**14 a.** Le rayon incident se trouve dans l'air ; le rayon réfracté dans le verre.

**b.** La normale correspond à la droite en pointillés.

**c.**  $i$  : angle entre la normale et le rayon incident ;  $r$  : angle entre la normale et le rayon réfracté.

**15 1.** La normale au dioptre est perpendiculaire en  $I$  à la surface. L'angle d'incidence est l'angle entre la normale et le rayon incident.

**2.**  $\sin r = 1,33 \sin 40^\circ = 0,85$  ;  $r = 59^\circ$ .

**3.** L'angle réfracté est défini par rapport à la normale.

**17 1.** Dans le liquide, le rayon se rapproche de la normale. Il n'est pas dévié à la sortie de la surface cylindrique.

**2.**  $n = \frac{\sin 30,0^\circ}{\sin 20,5^\circ} = 1,43$ .

**19 1.** L'angle d'incidence est le même pour les 2 radiations, soit  $30,0^\circ$ .

**2.**  $\sin r_V = 1,662 \sin 30^\circ = 0,831$  ;  $r_V = 56,2^\circ$  ;  $r_R = 53,5^\circ$ .

**4.** Le violet est le plus dévié.

**20 1.** Il rencontre le dioptre air/verre en  $I$  et verre/air en  $J$ .

**2.** Il sera plus dévié.

**4.** Il est plus dévié.

**6.** Les radiations violettes sont les plus déviées.

**21 1.** Le rayon incident est à gauche, le rayon réfléchi en bas à gauche et le rayon réfracté à droite.

**2.** Le rayon n'est pas dévié car il est perpendiculaire à la surface.

**3.** La normale en  $O$  est repérée par la graduation  $0$  du cercle rapporteur.

**4.**  $i = 36^\circ$  ;  $r = 60^\circ$  ;  $n = 1,5$ .

**22 1. a.** Le dioptre air/plastique.

**b.**  $\sin 15^\circ = 1,55 \sin r$  ;  $r = 9,6^\circ$ .

**2.**  $15^\circ$ .

**3.** Un colorant organique comme la cyanine.

**4.** Le colorant est remplacé par un matériau cristallin. Au cours de l'écriture, le choix de la puissance du laser qui porte cette couche jusqu'à la fusion permet d'obtenir une structure soit cristalline, soit amorphe après refroidissement. On peut donc stocker de l'information binaire de façon réversible.

**5.** Dans un lecteur DVD  $650 \text{ nm}$  (rouge) ; dans le Blu-ray :  $405 \text{ nm}$  (violet).

**23 1.** Prolonger le rayon incident jusqu'à la face AC sans déviation en  $I$ .

**2.**  $i$  est l'angle entre la normale en  $J$  et le rayon incident.

**3.**  $i = 25^\circ$ .

**4.**  $r = 39,6^\circ$ . Déviation du rayon vers la base du prisme.

**24 1.** Rays of light can be refracted by the two curved surfaces of the lens (air-glass and glass-air dioptres).

**2.** As glass is a dispersive medium, the lens fails to focus all colors at the same point of convergence.

**3.** Violet rays are the most deviated. It's the same through a prism.

**4.** Newton secretly did research into alchemy and theology in his final years.

**25 1.**  $r = 90,000 \text{ } 0^\circ - h' = 48,000 \text{ } 0^\circ$ .

**2.**  $\sin i = 1,000 \text{ } 293 \sin 48,000 \text{ } 0^\circ$ ,  
soit  $\sin i = 0,743 \text{ } 362$  et  $i = 48,018 \text{ } 6^\circ$ .

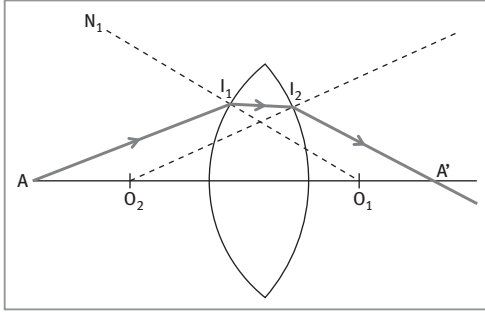
**3.**  $h = 90,000 \text{ } 0^\circ - i = 90,000 \text{ } 0^\circ - 48,018 \text{ } 6^\circ$   
 $= 41,981 \text{ } 4^\circ$  ;

$h' - h = 0,018 \text{ } 6^\circ$ .

4. Cet écart porte sur le centième de degré alors que les instruments donnent des valeurs au dix millième de degré. Il n'est donc pas négligeable.

**26 1. a.**

$i = 52^\circ$ .



**b.  $r = 28^\circ$ .**

**2. a.** Le trajet suivi est rectiligne.

**c.  $i = 29^\circ$ .**

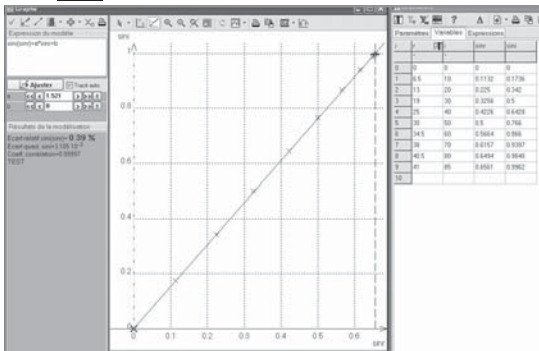
**3. a.  $r = 55^\circ$ .**

**4. a.** L'indice de réfraction du verre dépend de la longueur d'onde. Donc la direction des rayons après  $I_1$  sera différente selon la radiation.

**b.** Le point A' sera différent selon la longueur d'onde.

**5.** Elle réalisait l'image d'un objet sur un support (la paroi du fond de la boîte).

**27 1.**



**2.** La courbe obtenue est une droite.

**3.** La loi de Snell-Descartes.

**4.  $n = 1,52$ , coefficient directeur de la droite.**

**28 1.** AB et IJ sont parallèles donc  $\widehat{AIJ} = 60^\circ$  et  $r = 30^\circ$ .

**2.  $\sin i = 1,31 \sin 30^\circ$ ;  $i = 40,9^\circ$ .**

**3.** La déviation est  $D = 10,9^\circ$ .

**4.** L'angle d'incidence en J est égal à  $30^\circ$ . L'angle de réfraction en J vaut donc  $40,9^\circ$ .  
 $D_{\text{tot}} = 2D = 21,8^\circ$ .

**5.** L'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde puisque la glace disperse la lumière du Soleil.

**29 1.  $r = 19,3^\circ$ .**

**2.  $i' = 19,3^\circ$ .**

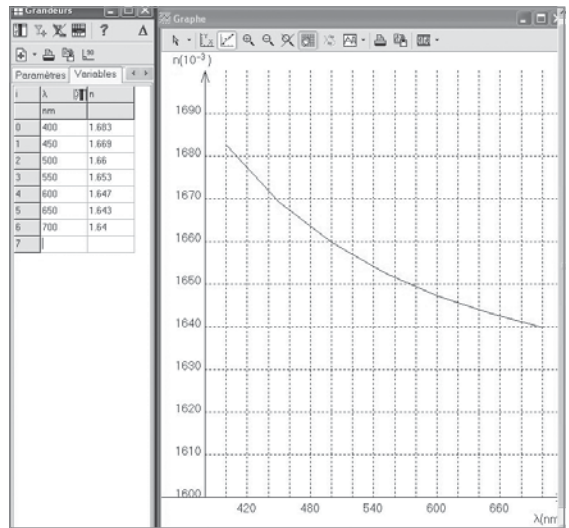
**3.  $r' = 30^\circ$ .**

**4.** Le rayon émergent est parallèle au rayon incident.

**5.** Les rayons seront parallèles, il n'y a pas de dispersion.

**31 1.  $n_{\text{violet}} = 1,683$ ;  $n_{\text{bleu}} = 1,660$ ;  
 $n_{\text{orange}} = 1,647$ ;  $n_{\text{rouge}} = 1,640$ .**

**2.**



**3.  $\Delta n = 6 \cdot 10^{-3}$  dans le violet et  $\Delta n = 1 \cdot 10^{-3}$  dans le rouge. Le verre est plus dispersif dans le violet : la courbe y est plus pentue.**

**32 1.** Dans le prisme, le rayon est dans le prolongement du rayon incident.

**2.** L'angle d'incidence en J est l'angle entre la normale en J et le rayon incident.

**3.  $i = 30^\circ$ .**

4.  $r = 53^\circ$ . Le rayon est dévié vers la base du prisme.

5.  $r' = 56^\circ$ .

**33** 1. Le récipient étant vide,  $\theta_{\max} = 45^\circ$ .

3. a. Il rencontre le dioptre eau/air. La normale est (V).

b.  $i = 45^\circ$ .

c.  $r = 70^\circ$ .

4.  $\theta'_{\max} = 70^\circ$ . Donc Archimède avait raison.

**34** 1.  $r = 30^\circ$ .

2.  $i = 53,5^\circ$ .

3. En  $J_R$ ,  $i = 30^\circ$  et  $r = 53,5^\circ$ .

4. Les 2 rayons s'écartent des normales par rapport à  $I_{J_R}$ .

5. Ils sont tous égaux à  $53,5^\circ$ .

6. En I,  $r = 28,7^\circ$ . Il est plus dévié que le rayon rouge.

7.  $\widehat{AJ_VI} = 180 - (90 - 28,7) - 60 = 58,7^\circ$ , soit en  $J_V$  :  $i = 31,3^\circ$ .

8.  $r = 60,3^\circ$ .

9. Le violet est le plus dévié.

10. Le faisceau lumineux est constitué d'un ensemble de rayons allant du rouge pour les moins déviés au bleu pour les plus déviés.

## F. Bibliographie

- ✓ F. SUAGHER et J.-P. PARISOT, *Jeux de lumière*, Cêtre, Besançon, 1995.
- ✓ Fiche 2. Les lois de Descartes, *BUP* n° 826, juil.-août-sept. 2000.
- ✓ Newton, *Les Génies de la Science* n° 17, novembre 2003-février 2004.
- ✓ Phénomènes naturels, *Revue du Palais de la Découverte* n° 291, octobre 2007.
- ✓ Optique atmosphérique, *Bulletin de l'ADASTA (Association pour le Développement et l'Animation Technique en Auvergne)* n° 33, mars 1995.