



O1 | Optique

Introduction à l'optique géométrique



Prérequis

Notions à maîtriser avant ce chapitre :

- ☐ notion de rayon lumineux (ligne droite, retour inverse, tracé des rayons);
- ☐ vitesse de la lumière $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$;
- ☐ spectre, onde, fréquence f ou ν et longueur d'onde λ ;
- ☐ relations de *Snell-Descartes*, et tracé de rayon par changement de milieu.



QR vers le TD

I Sources de lumière

Savoir

- Les sources lumineuses sont caractérisées par leur spectre.
- Connaitre les trois types sources : laser (monochromatique), lampes spectrales (spectre de raies) et lumières "blanches" (spectre continu).
- Lier le modèle de l'atome, l'énergie d'un quanta avec l'émission/absorption d'un spectre de raie.

Savoir-faire

Déterminer l'énergie d'un photon à partir de sa fréquence ou sa fréquence à partir de son énergie

II Propagation de la lumière

Deux modèles pour la lumière : modèle ondulatoire et modèle corpusculaire.

Correction

Image de la projection du cylindre. Les deux modèles sont vrais ou plus exactement les deux modèles sont incomplets.

II.A Modèle ondulatoire

Savoir

- Vitesse de propagation de l'onde c dans le vide.
- Vitesse de propagation dans un milieu l'onde $v = c/n$, où $n \geq 1$ est l'indice optique du milieu.
- Relation fréquence et longueur d'onde : $c = \lambda_0 \nu$ et $v = \lambda \nu$. Attention : la longueur d'onde dépend du milieu, mais pas la fréquence.



Savoir-faire

- ⚙ Déterminer la vitesse, la fréquence ou la longueur d'onde à partir des deux autres.
- ⚙ Déterminer la vitesse dans un milieu à partir de l'indice optique.
- ⚙ Déterminer la longueur d'onde dans le vide pour en déduire la couleur.

Exercice d'application 1

- 1 Déterminer quel est l'ordre de grandeur de la fréquence des ondes lumineuses.

Corrigé

La fréquence ν d'une onde lumineuse est donnée par la relation :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

où $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ est la vitesse de la lumière dans le vide et λ la longueur d'onde dans le vide.

Pour la lumière visible, λ varie de 400 nm à 800 nm.

Calcul pour $\lambda = 600 \text{ nm} = 6,00 \times 10^{-7} \text{ m}$:

$$\nu = \frac{3,00 \times 10^8}{6,00 \times 10^{-7}} = 5,00 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Conclusion : L'ordre de grandeur de la fréquence des ondes lumineuses est de 10^{14} à 10^{15} Hz .

Exercice d'application 2

- 1 Une onde se propage dans l'eau à $v = 2,25 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. Quel est l'indice de l'eau ?
- 2 Sachant que la longueur d'onde de cette même onde vaut $\lambda = 420 \text{ nm}$ dans l'eau, quelle est sa couleur ?

Données : correspondance couleur longueur d'onde. Dans le vide, pour le domaine visible :

- violet : $\lambda_0 \in [380; 450] \text{ nm}$;
- bleu : $\lambda_0 \in [450; 495] \text{ nm}$;
- vert : $\lambda_0 \in [495; 570] \text{ nm}$;
- jaune : $\lambda_0 \in [570; 590] \text{ nm}$;
- orange : $\lambda_0 \in [590; 620] \text{ nm}$;
- rouge : $\lambda_0 \in [620; 750] \text{ nm}$.

Corrigé

- 1 $n = c/v = 1,33$
- 2 $\lambda_0 = \lambda n$ (à montrer), donc $\lambda_0 = 559 \text{ nm}$. L'onde est verte et non bleue.



II.B Approximation de l'optique géométrique

Savoir

-  La lumière se propage sous forme de rayons lumineux;
-  tous les rayons sont indépendants (pas d'interférences voir TSI2);
-  dans un milieu transparent et homogène (n est le même partout), un rayon se propage en ligne droite¹;
-  les dispositifs sont tels que la diffraction peut-être négligée (voir cours ondes);

III Interface entre deux milieux

III.A Réflexion de la lumière sur un dioptre

Savoir

-  Vocabulaire : dioptre, normale au dioptre;
-  orientation des angles;
-  lois de *Snell-Descartes* pour la réflexion; il y a **deux** propriétés;
-  loi de retour inverse de la lumière;

Savoir-faire

-  Tracer le rayon réfléchi;
-  déterminer l'image d'un objet au travers d'un miroir.

Méthode

Tracer un rayon réfléchi :

1. Pour un point objet A , représenter son symétrique par rapport au miroir;
2. choisir un point d'incidence I sur le miroir;
3. tracer le rayon incident AI ;
4. tracer la demi-droite $A'I$
5. conserver la demi-droite issue de I opposée à A' : elle représente le rayon réfléchi;
6. vérifier que les angles d'incidence et de réflexion, mesurés par rapport à la normale au miroir en I , sont égaux.



Exercice d'application 3

Un homme se regarde dans un miroir plan.

- 1 Tracer le trajet des rayons lumineux qui permettent à l'homme d'observer ses pieds.

Corrigé

À tracer au tableau.

III.B Réfraction de la lumière sur un dioptre

Savoir

- Vocabulaire : rayon incident, rayon émergent, angle d'incidence, angle de réfraction ;
- vocabulaire : milieu plus réfringent (n augmente) ou moins réfringent (n diminue) ;
- lois de *Snell-Descartes* pour la réfraction ; il y a **deux** propriétés.

Savoir-faire

- Tracer un rayon réfracté (deux cas suivant si n augmente ou diminue) ;
- Construction de Descartes (pas officiellement au programme) ;
- Utiliser la loi de *Snell-Descartes* pour déterminer l'angle réfracté ;

Exercice d'application 4

- 1 Montrer que si l'on passe dans un milieu plus réfringent $n_2 > n_1$ alors l'angle réfracté r est plus petit que l'angle incident i ($r < i$) ;
- 2 Faire un schéma pour résumer les deux cas possibles.

Corrigé

- 1 On a :

$$n_2 > n_1$$

$$n_2 \sin(i_1) > n_1 \sin(i_1) \quad \text{car} \quad \sin(i_1) \leq 1$$

$$n_2 \sin(i_1) > n_2 \sin(i_2)$$

$$\sin(i_1) > \sin(i_2)$$

$$i_1 > i_2 \quad \text{par croissance de la fonction } \sin \text{ sur } [-\pi/2; \pi/2]$$





III.C Réfraction limite et réflexion totale

Savoir

- si $n_2 > n_1$: une partie de la lumière est toujours réfractée ;
- si $n_2 < n_1$:
 - il y a réfraction ssi l'angle d'incidence i est inférieur à un angle limite i_{lim} qui correspond au cas où $r = \pi/2$;
 - si $i > i_{\text{lim}}$, toute la lumière est réfléchi. Nous parlons de réflexion totale.

Savoir-faire

- Justifier qu'il y ait réfraction ou non ;
- Déterminer l'expression de l'angle limite dans le cas où $n_2 < n_1$: $i_{\text{lim}} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$;
- Discuter de la réfraction ou de la réflexion totale si $n_2 < n_1$.

Exercice d'application 5

Soit un rayon lumineux traversant un dioptre. Il passe d'un milieu d'indice optique n_1 , à un milieu d'indice optique n_2 .

- 1 Quelle condition est nécessaire sur n_1 et n_2 pour que le phénomène de réflexion totale soit observable ?
- 2 Déterminer l'angle limite de réfraction i_{lim} . En déduire la gamme d'angle pour laquelle il y a réflexion totale.

Corrigé

- 1 Pour observer la réflexion totale, il faut que le rayon passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent, c'est-à-dire $n_1 > n_2$.
- 2 La loi de *Snell-Descartes* pour la réfraction s'écrit :

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$$

L'angle limite de réfraction est l'angle incident pour lequel l'angle réfracté est $r = \pi/2$:

$$n_1 \sin(i_{\text{lim}}) = n_2 \sin(\pi/2) = n_2$$

$$i_{\text{lim}} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

La réflexion totale a lieu pour tous les angles d'incidence $i > i_{\text{lim}}$.



Auto-évaluation

- 1 Quelle est la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide? Exprimez le résultat en m/s.
- 2 Un rayon lumineux passe du vide dans un milieu d'indice optique $n = 1,5$. Que devient sa vitesse de propagation?
- 3 Expliquez la différence entre la fréquence et la longueur d'onde d'une onde lumineuse dans un milieu transparent.
- 4 Énoncer la loi de *Snell-Descartes* pour la réflexion sur un dioptre.
- 5 Faites un schéma résumant la réflexion et la réfraction. Faites apparaître les différents cas de réfraction. Nommer les éléments du schéma.
- 6 Énoncer la loi de *Snell-Descartes* pour la réfraction sur un dioptre.
- 7 Dans quel cas peut-il y avoir réflexion totale? Donnez la condition sur les indices optiques et sur l'angle d'incidence.
- 8 Définissez l'angle limite i_{lim} . À quelle condition sur les indices optiques existe-t-il?