

Objectifs du chapitre

- Vérifier expérimentalement la loi de la réflexion de la lumière.
- Mettre en évidence le phénomène de réfraction et relier l'angle de réfraction à l'indice du milieu.
- Décomposer la lumière blanche et connaître le spectre visible, les IR et les UV.
- Réaliser une synthèse additive des couleurs (RVB).

1. La lumière — rappels

DÉFINITION

La **lumière** est un rayonnement électromagnétique qui se propage en ligne droite dans un milieu transparent et homogène. On modélise sa trajectoire par un **rayon lumineux** (une droite avec une flèche indiquant le sens de propagation).

PROPRIÉTÉ

Contrairement au son, la lumière **se propage dans le vide**. Sa vitesse dans le vide est $c = 300\,000 \text{ km/s}$ (environ $3 \times 10^8 \text{ m/s}$).

2. La réflexion de la lumière

DÉFINITION

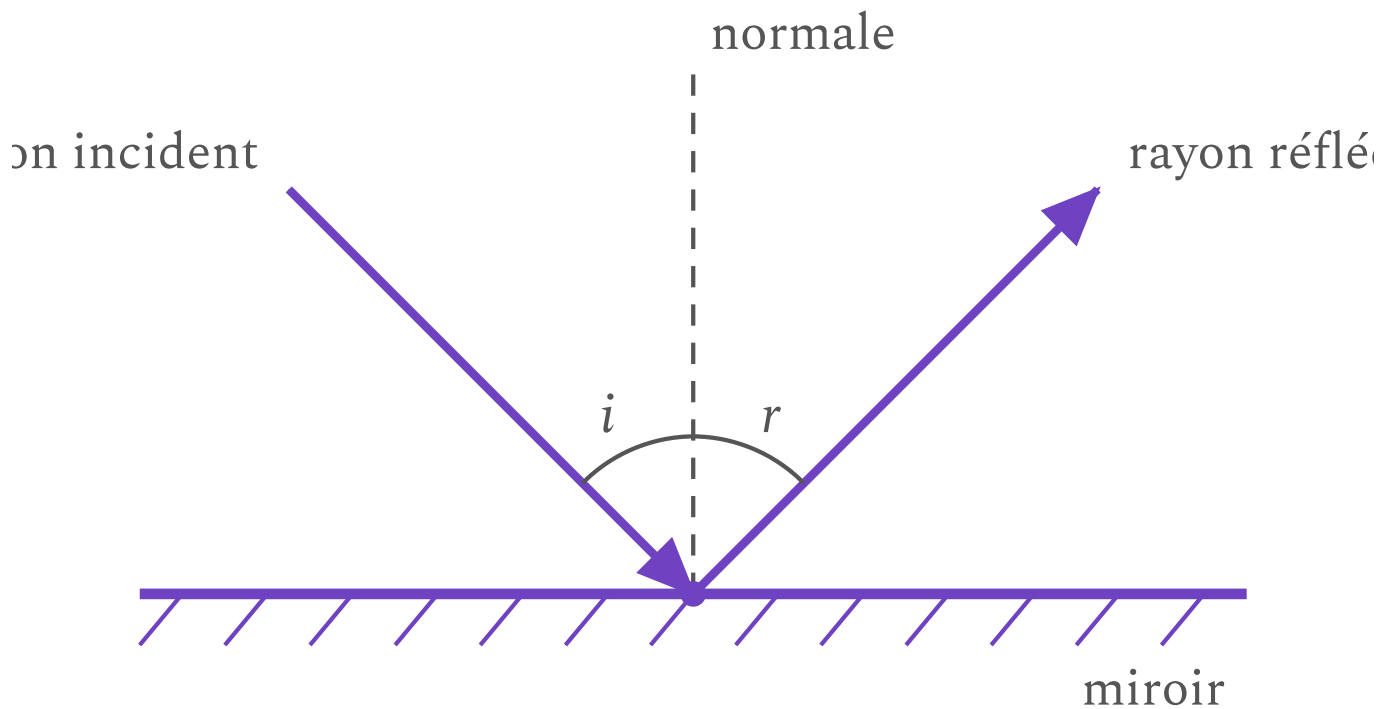
La **réflexion** est le phénomène par lequel un rayon lumineux est **renvoyé** lorsqu'il atteint une surface (miroir, métal poli, vitre). Le rayon incident et le rayon réfléchi se trouvent dans le même plan, de part et d'autre de la **normale** à la surface.

LOI DE LA RÉFLEXION

L'angle de réflexion r est **égal** à l'angle d'incidence i :

$$r = i$$

Les angles sont mesurés par rapport à la **normale** (droite perpendiculaire à la surface au point d'incidence).



Réflexion sur un miroir : le rayon réfléchi repart de l'autre côté de la normale avec un angle

$$r = i.$$

APPLICATION RAPIDE

Un rayon laser frappe un miroir avec un angle d'incidence de 40° . Quel est l'angle de réflexion ? Si on incline le miroir de 15° , quel est le nouvel angle de réflexion ?

MÉTHODE — TRACER UN RAYON RÉFLÉCHI

1. Tracer la **surface réfléchissante** (miroir).
2. Au point d'incidence, tracer la **normale** (perpendiculaire à la surface).
3. Tracer le **rayon incident** et mesurer l'angle i par rapport à la normale.
4. Tracer le **rayon réfléchi** de l'autre côté de la normale, avec $r = i$.

EXEMPLE — LASER DE NIVEAU

Sur un chantier, un artisan utilise un **laser de niveau** qui projette un trait horizontal sur le mur. Si le faisceau rencontre un miroir posé à 45° de la surface, il est réfléchi à 90° de sa direction initiale. Cela permet de renvoyer le trait lumineux dans une autre direction, par exemple pour aligner des éléments dans un angle.

3. La réfraction de la lumière

DÉFINITION

La **réfraction** est le changement de direction d'un rayon lumineux lorsqu'il passe d'un milieu transparent à un autre (par exemple, de l'air au verre, ou de l'air à l'eau). Le rayon est **dévié** au niveau de la surface de séparation.

L'indice de réfraction

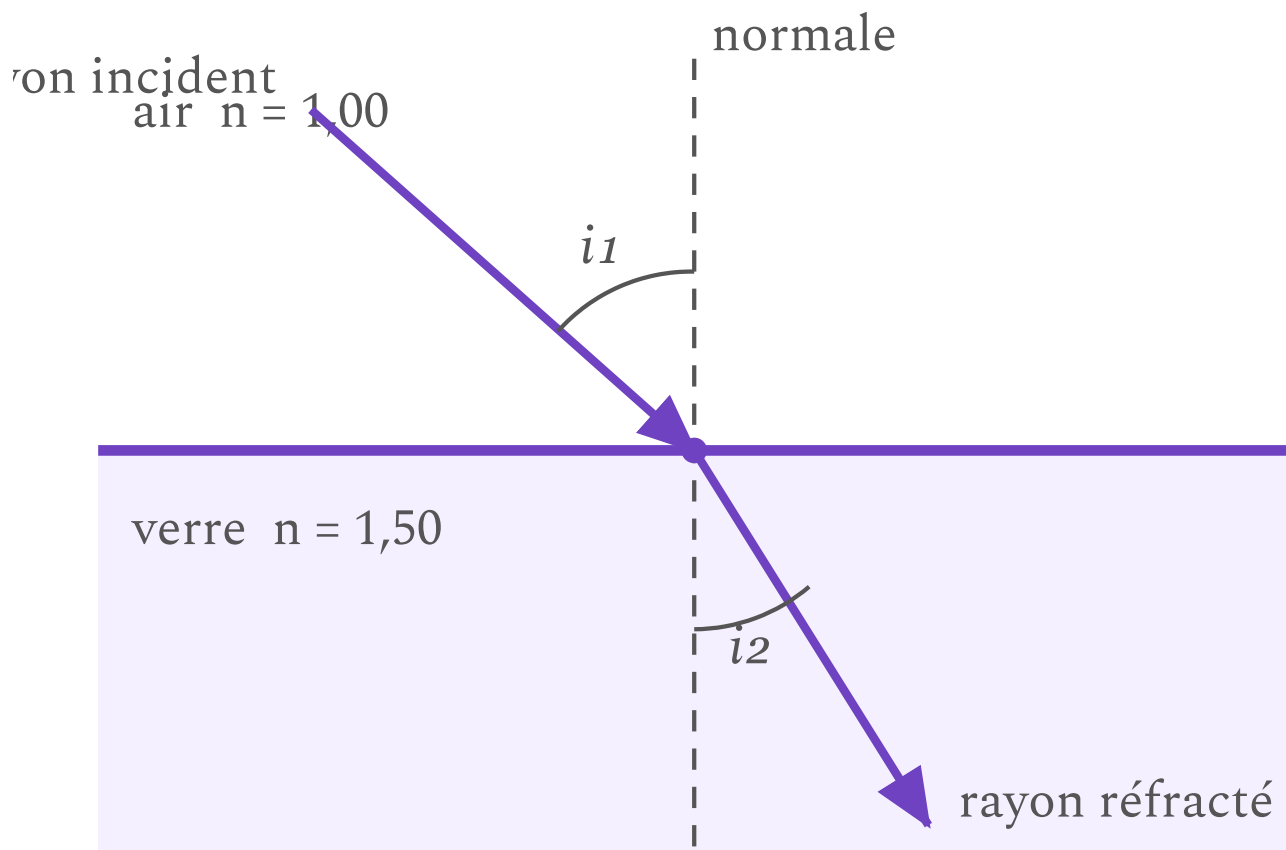
DÉFINITION

L'**indice de réfraction** n d'un milieu transparent caractérise la façon dont la lumière s'y propage. Plus l'indice est élevé, plus la lumière est ralentie et plus le rayon est dévié.

Milieu	Indice n
Vide / Air (approximation)	1,00
Eau	1,33
Verre ordinaire	1,50
Plexiglas	1,49
Diamant	2,42

PROPRIÉTÉ — LIEN ENTRE ANGLE ET INDICE

- Quand la lumière passe d'un milieu **moins réfringent** (indice faible, ex. air) à un milieu **plus réfringent** (indice élevé, ex. verre) : le rayon réfracté se **rapproche de la normale**. L'angle de réfraction est **plus petit** que l'angle d'incidence.
- Quand la lumière passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent : le rayon **s'écarte de la normale**.



Passage de l'air au verre : le rayon se rapproche de la normale, donc $i_2 < i_1$.

APPLICATION RAPIDE

Un rayon passe de l'air ($n = 1,00$) dans le verre ($n = 1,50$) avec un angle d'incidence de 45° . Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale dans le verre ? L'angle de réfraction est-il plus grand ou plus petit que 45° ?

MÉTHODE — TRACER UN RAYON RÉFRACTÉ

1. Tracer la **surface de séparation** entre les deux milieux.
2. Tracer la **normale** au point d'incidence.
3. Tracer le **rayon incident** et mesurer l'angle d'incidence i_1 .
4. Déterminer le sens de la déviation : si le rayon entre dans un milieu plus réfringent ($n_2 > n_1$), il se rapproche de la normale ($i_2 < i_1$).
5. Tracer le **rayon réfracté** avec l'angle i_2 par rapport à la normale.

EXEMPLE

Un rayon lumineux arrive sur une vitre en verre ($n = 1,50$) avec un angle d'incidence de 40° . En entrant dans le verre, le rayon se rapproche de la normale : l'angle de réfraction est d'environ 25° . En sortant du verre (retour dans l'air), le rayon s'écarte de la normale et reprend quasiment sa direction initiale.

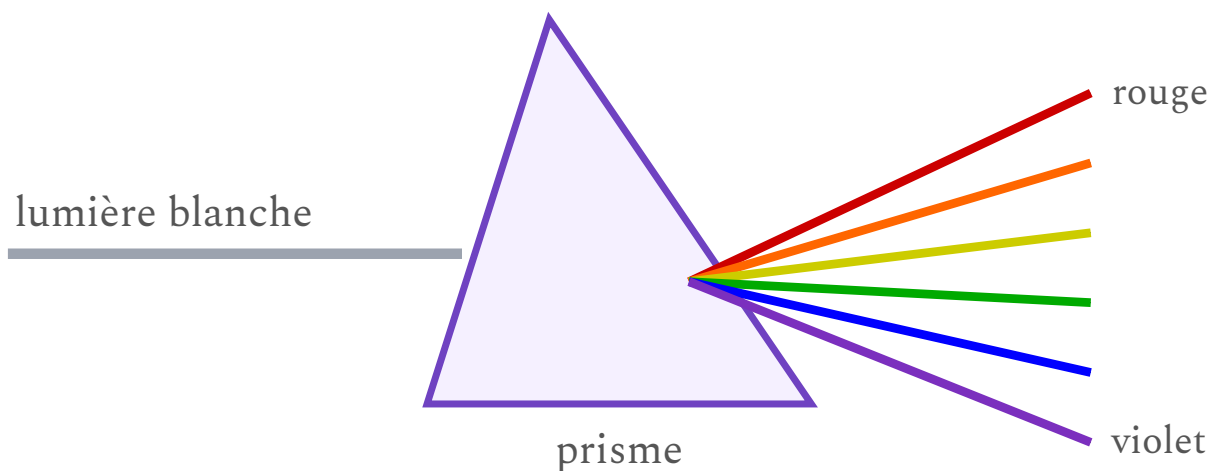
4. Le spectre de la lumière blanche

DÉFINITION

La **lumière blanche** (lumière du Soleil, lampe à incandescence) est constituée de **toutes les couleurs** du spectre visible. On peut la décomposer à l'aide d'un **prisme** ou d'un **réseau**.

Le spectre visible

La décomposition de la lumière blanche produit un **spectre continu** de couleurs, du violet au rouge :



Un prisme dévie plus le violet que le rouge : la lumière blanche se décompose en spectre visible.

Couleur	Longueur d'onde approximative
Violet	380 – 450 nm
Bleu	450 – 495 nm
Vert	495 – 570 nm
Jaune	570 – 590 nm
Orange	590 – 620 nm
Rouge	620 – 780 nm

Au-delà du visible : infrarouges et ultraviolets

PROPRIÉTÉ

De part et d'autre du spectre visible, il existe des rayonnements **invisibles** :

- **Infrarouges (IR)** : longueur d'onde supérieure à 780 nm. Associés à la **chaleur** (radiateurs, caméras thermiques).
- **Ultraviolets (UV)** : longueur d'onde inférieure à 380 nm. Émis par le Soleil, les lampes UV, les arcs de soudure.

DANGERS DES RAYONNEMENTS

- **UV** : brûlures de la peau (coups de soleil), lésions de la cornée et de la rétine. Dangers liés à la soudure à l'arc et à certaines lampes industrielles. **Protections** : lunettes anti-UV, masque de soudure, crème solaire.
- **IR intenses** : risque de brûlures thermiques de la peau et de l'œil (verriers, fondeurs).
- **Laser** : faisceau concentré, monochromatique et peu divergent. Même un laser de classe 2 (pointeur) peut endommager la rétine en cas d'exposition prolongée. **Ne jamais diriger un laser vers les yeux.**

5. Synthèse additive des couleurs

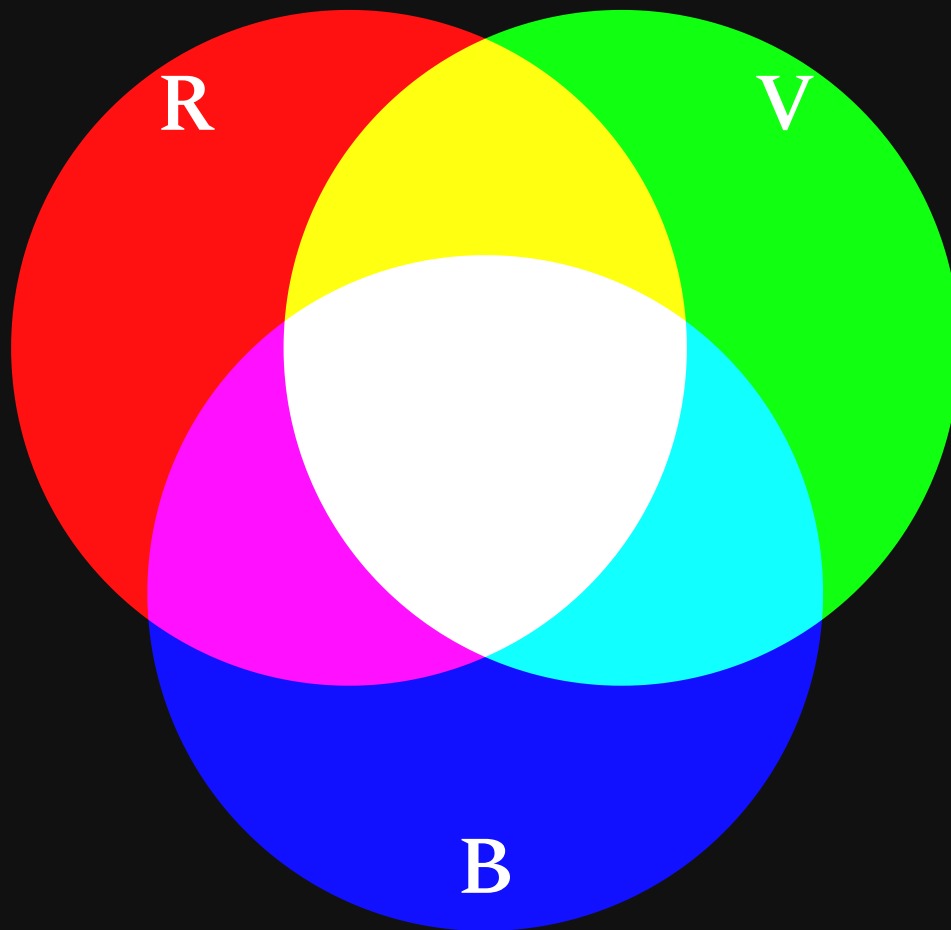
DÉFINITION

La **synthèse additive** consiste à superposer des lumières colorées pour obtenir de nouvelles couleurs. Elle utilise trois **couleurs primaires** : **Rouge (R)**, **Vert (V)** et **Bleu (B)**.

PROPRIÉTÉ — MÉLANGES DE LUMIÈRES

Trois lumières colorées (rouge, vert, bleu) suffisent pour créer **toutes les couleurs** :

Superposition	Couleur obtenue
Rouge + Vert	Jaune
Rouge + Bleu	Magenta
Vert + Bleu	Cyan
Rouge + Vert + Bleu	Blanc



$$R + V + B = \text{blanc}$$

Synthèse additive RVB : les recouvrements donnent jaune, magenta et cyan ; au centre, le blanc.

ATTENTION

Ne pas confondre **synthèse additive** (superposition de lumières → écrans, projecteurs) et **synthèse soustractive** (mélange de pigments/peintures → impression, peinture). En synthèse additive, la superposition de toutes les couleurs donne du **blanc** ; en synthèse soustractive, le mélange de toutes les couleurs donne du **noir**.

EXEMPLE — ÉCLAIRAGE D'ATELIER ET SIGNALÉTIQUE

Les écrans LED et les panneaux lumineux de signalétique fonctionnent par synthèse additive : chaque pixel est composé de trois sous-pixels (rouge, vert, bleu) dont l'intensité varie pour produire la couleur souhaitée. Les feux de signalisation en atelier (vert = fonctionnement normal, rouge = arrêt/danger) utilisent des LED monochromatiques.

EXEMPLE — ÉCLAIRAGE D'ATELIER

Un bon éclairage d'atelier utilise des lampes à lumière blanche (température de couleur 4 000 à 5 000 K) pour voir les couleurs réelles des matériaux. Un éclairage trop jaune ou trop bleu fausse la perception des teintes, ce qui pose problème pour le travail de finition (vernis, peinture, placage).

6. Applications professionnelles de l'optique

Le laser de niveau

Utilisé quotidiennement sur les chantiers, le laser de niveau projette un trait lumineux horizontal ou vertical parfaitement droit. Il repose sur la propagation rectiligne de la lumière. Les modèles rotatifs utilisent un miroir tournant pour projeter un plan lumineux à 360°.

SÉCURITÉ LASER

Les lasers de chantier sont généralement de **classe 2** (puissance < 1 mW, visible). Le réflexe de fermeture des paupières protège normalement l'œil. Cependant :

- **Ne jamais regarder directement** dans le faisceau.
- **Ne jamais pointer** le laser vers le visage d'une personne.
- Pour les lasers de classe supérieure (gravure, découpe), des **lunettes de protection spécifiques** sont obligatoires.

Signalétique lumineuse

En atelier et sur chantier, la signalétique utilise des **couleurs normalisées** :

- **Rouge** : danger, arrêt, interdiction.
- **Orange/Jaune** : avertissement, attention.
- **Vert** : sécurité, fonctionnement normal, sortie de secours.
- **Bleu** : obligation (port d'EPI).

7. À retenir

APPLICATION RAPIDE

Un écran LED de signalétique doit afficher du cyan. Quelles couleurs primaires doivent être allumées ? (Rappel : synthèse additive RVB)

Erreurs fréquentes à éviter

- **Confondre synthèse additive et soustractive** : la synthèse additive (lumières) donne du blanc en combinant $R + V + B$. La synthèse soustractive (peintures/pigments) donne du noir en mélangeant toutes les couleurs.
- **Croire que l'angle se mesure par rapport à la surface** : les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction se mesurent toujours par rapport à la normale (perpendiculaire à la surface).
- **Penser que les UV sont inoffensifs car invisibles** : l'invisibilité ne signifie pas l'absence de danger. Les UV sont plus énergétiques que le visible et provoquent des brûlures cutanées et oculaires.
- **Négliger la sécurité laser parce que le faisceau semble faible** : même un laser de classe 2 peut endommager la rétine en cas d'exposition volontaire et prolongée. La règle absolue : ne jamais regarder dans le faisceau.

À RETENIR

1. La lumière se propage en **ligne droite** dans un milieu transparent et homogène.
2. **Loi de la réflexion** : l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence ($r = i$).
3. **Réfraction** : la lumière change de direction en passant d'un milieu à un autre.
L'angle de réfraction dépend de l'**indice du milieu** : plus l'indice est élevé, plus le rayon se rapproche de la normale.
4. La **lumière blanche** se décompose en un spectre continu (violet → rouge).
5. Les **UV** et les **IR** sont des rayonnements invisibles. Les UV sont dangereux pour les yeux et la peau.
6. La **synthèse additive** (RVB) permet de créer toutes les couleurs en superposant des lumières rouge, verte et bleue. $R + V + B = \text{blanc}$.
7. Le **laser** émet un faisceau monochromatique, concentré et peu divergent. **Ne jamais le diriger vers les yeux.**

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)**Rappels :**

Loi de la réflexion : $r = i$ | Réfraction : si $n_2 > n_1$, le rayon se rapproche de la normale ($i_2 < i_1$) | Synthèse additive : R + V + B = Blanc | Spectre visible : 380 nm (violet) à 780 nm (rouge)

Réflexion de la lumière**Exercice 1 — Loi de la réflexion (calculs directs)**

Donner l'angle de réflexion r pour chaque angle d'incidence :

- a. $i = 30^\circ$
- b. $i = 45^\circ$
- c. $i = 0^\circ$ (incidence normale)
- d. $i = 60^\circ$

Mes calculs :

Exercice 2 — Laser de niveau sur un chantier

Un installateur thermique utilise un laser de niveau pour aligner des tuyaux. Le faisceau laser arrive sur un miroir plan avec un angle d'incidence de 45° .

- Quel est l'angle de réflexion ?
- Quel est l'angle entre le rayon incident et le rayon réfléchi ?
- Pourquoi est-il interdit de diriger le faisceau laser vers les yeux d'une personne ?

Mes calculs :

Exercice 3 — Miroir de contrôle en atelier

Un artisan menuisier installe un miroir d'angle dans son atelier pour surveiller une zone non visible depuis son poste de travail. Un rayon lumineux arrive sur le miroir avec un angle d'incidence de 35° .

- Rappeler la loi de la réflexion.
- Quel est l'angle de réflexion ?
- Si on veut que le rayon réfléchi soit renvoyé exactement en arrière (sur lui-même), quel angle d'incidence faut-il choisir ?

Mes calculs :

Réfraction de la lumière

Exercice 4 — Comprendre la réfraction (qualitatif)

Un rayon lumineux passe de l'air ($n_1 = 1,00$) au verre ($n_2 = 1,50$).

- Le rayon entre-t-il dans un milieu plus réfringent ou moins réfringent ?
- Le rayon réfracté se rapproche-t-il ou s'écarte-t-il de la normale ?
- L'angle de réfraction est-il plus grand ou plus petit que l'angle d'incidence ?

Mes calculs :

Exercice 5 — Rayon lumineux dans l'eau

Un rayon lumineux passe de l'air ($n = 1,00$) dans l'eau ($n = 1,33$) avec un angle d'incidence de 50° . L'angle de réfraction mesuré est de 35° .

- L'angle de réfraction est-il plus petit que l'angle d'incidence ? Cela est-il cohérent avec les indices ?
- Si le rayon passe maintenant de l'eau vers l'air, dans quel sens sera-t-il dévié ?

Mes calculs :

Exercice 6 — Comparer des indices de réfraction

Voici les indices de réfraction de plusieurs milieux transparents :

Milieu	Indice n
Air	1,00
Eau	1,33
Plexiglas	1,49
Verre	1,50
Diamant	2,42

- Classer ces milieux du moins réfringent au plus réfringent.
- Un rayon passe de l'air au diamant. Le rayon est-il fortement ou faiblement dévié ? Justifier.
- Un rayon passe du plexiglas au verre. La déviation sera-t-elle importante ? Pourquoi ?

Mes calculs :

Exercice 7 — Vitre d'atelier

Un rayon de lumière traverse une vitre en verre ($n = 1,50$) d'un atelier d'ébénisterie. Il arrive de l'extérieur (air, $n = 1,00$) avec un angle d'incidence de 40° . L'angle de réfraction dans le verre est de 25° .

- Vérifier que le rayon se rapproche bien de la normale en entrant dans le verre.
- Le rayon sort du verre et revient dans l'air. Dans quel sens est-il dévié cette fois ?
- Pourquoi dit-on que le rayon « reprend quasiment sa direction initiale » en sortant de la vitre ?

Mes calculs :

Spectre de la lumière blanche

Exercice 8 — Couleurs du spectre visible

- Citer les couleurs du spectre visible, dans l'ordre, du violet au rouge.
- Quelles sont les bornes approximatives (en nm) du spectre visible ?
- Comment appelle-t-on les rayonnements situés juste en dessous de 380 nm ?
Juste au-dessus de 780 nm ?
- Quel instrument permet de décomposer la lumière blanche en ses différentes couleurs ?

Mes calculs :

Exercice 9 — Identifier une couleur par sa longueur d'onde

Indiquer la couleur correspondant à chaque longueur d'onde :

- $\lambda = 650 \text{ nm}$
- $\lambda = 530 \text{ nm}$
- $\lambda = 470 \text{ nm}$
- $\lambda = 580 \text{ nm}$
- $\lambda = 400 \text{ nm}$

Mes calculs :

Exercice 10 — Dangers des UV et des IR

- a. Citer deux sources de rayonnement ultraviolet (UV).
- b. Quels sont les dangers des UV pour la santé ?
- c. Quels sont les dangers des infrarouges (IR) intenses ?
- d. Un soudeur à l'arc doit porter un masque spécial. Contre quels rayonnements se protège-t-il ?
- e. Un graphiste en signalétique travaille devant un écran toute la journée. Certains écrans émettent de la lumière bleue. Pourquoi des lunettes anti-lumière bleue sont-elles recommandées ?

Mes calculs :

Synthèse additive des couleurs (RVB)

Exercice 11 — Mélanges de lumières colorées

Compléter le tableau en indiquant la couleur obtenue par superposition de lumières :

Superposition	Couleur obtenue
Rouge + Vert	?
Rouge + Bleu	?
Vert + Bleu	?
Rouge + Vert + Bleu	?
Aucune lumière	?

Mes calculs :

Exercice 12 — Pixels d'un écran

Chaque pixel d'un écran est composé de trois sous-pixels : rouge (R), vert (V) et bleu (B).

- Quels sous-pixels doivent être allumés pour afficher du blanc ?
- Quels sous-pixels doivent être allumés pour afficher du jaune ?
- Pour afficher du rouge pur, quels sous-pixels doivent être allumés ?
- Si aucun sous-pixel n'est allumé, quelle couleur voit-on ?

Mes calculs :

Exercice 13 — Signalétique lumineuse en atelier

Un graphiste en signalétique conçoit un panneau lumineux LED pour un atelier. Les couleurs normalisées sont :

- Rouge : danger, arrêt, interdiction
- Orange/Jaune : avertissement
- Vert : sécurité, fonctionnement normal
- Bleu : obligation (port d'EPI)

- a. Le panneau utilise des LED RVB. Pour afficher un signal « danger » en rouge, quels sous-pixels allumer ?
- b. Pour afficher un avertissement en jaune, quels sous-pixels allumer ?
- c. Le panneau doit afficher le mot « STOP » en blanc sur fond rouge. Quels sous-pixels utiliser pour le blanc ? Pour le rouge ?

Mes calculs :

Exercice 14 — Synthèse additive ou soustractive ?

Pour chaque situation, indiquer s'il s'agit de synthèse additive ou soustractive :

- a. Un écran de télévision affiche une image.
- b. Un peintre mélange de la peinture rouge et de la peinture jaune.
- c. Trois projecteurs (rouge, vert, bleu) éclairent un même point sur un mur blanc.
- d. Une imprimante utilise des encres cyan, magenta et jaune pour imprimer une affiche.
- e. Un éclairage de scène superpose un spot rouge et un spot vert.

Mes calculs :

Exercices de synthèse

Exercice 15 — Vrai ou faux

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie ou fausse en justifiant :

- a. La lumière se propage en ligne droite dans un milieu transparent et homogène.
- b. L'angle de réflexion est toujours le double de l'angle d'incidence.
- c. En réfraction, quand la lumière passe de l'air au verre, le rayon s'écarte de la normale.
- d. La lumière blanche est constituée de toutes les couleurs du spectre visible.
- e. En synthèse additive, Rouge + Vert = Bleu.
- f. Les ultraviolets sont visibles par l'œil humain.

Mes calculs :

Exercice 16 — Éclairage d'atelier pour un ébéniste

Un ébéniste doit choisir l'éclairage de son atelier pour le travail de finition (vernis, teinture, placage). Il hésite entre une lampe à LED blanc chaud (3 000 K, lumière jaunâtre) et une lampe à LED blanc neutre (4 500 K, lumière blanche).

- a. Pourquoi la perception des couleurs dépend-elle de la lumière utilisée ?
- b. Lequel des deux éclairages faussera le moins les couleurs des bois et vernis ?
Justifier.
- c. La lumière blanc neutre contient-elle toutes les couleurs du spectre visible ?

Mes calculs :

Exercice 17 — Sécurité laser en atelier

Un artisan utilise un laser de niveau (classe 2, puissance $< 1 \text{ mW}$) sur un chantier de plomberie.

- a. Le faisceau laser est-il monochromatique (une seule couleur) ou polychromatique (plusieurs couleurs) ?
- b. Le faisceau arrive sur un miroir avec un angle d'incidence de 50° . Quel est l'angle de réflexion ?
- c. Citer deux règles de sécurité à respecter avec un laser.
- d. Pourquoi un laser de classe supérieure (gravure, découpe) nécessite-t-il des lunettes de protection spécifiques ?

Mes calculs :

Exercice 18 — Problème complet — Conception d'un panneau lumineux

Un graphiste en signalétique doit concevoir un panneau lumineux LED pour l'entrée d'un atelier. Le panneau doit afficher les informations suivantes :

- Le mot « ATELIER » en blanc
- Le pictogramme « port du casque obligatoire » en bleu
- Un voyant vert quand la machine est en fonctionnement normal
- Un voyant rouge quand il y a un danger
- Un avertissement jaune pour la zone bruyante

- a. Pour chaque couleur affichée, indiquer quels sous-pixels RVB doivent être allumés.
- b. Le panneau est protégé par une vitre en plexiglas ($n = 1,49$). Un rayon lumineux extérieur arrive avec un angle d'incidence de 30° . Le rayon se rapproche-t-il ou s'écarte-t-il de la normale en entrant dans le plexiglas ?
- c. Pourquoi évite-t-on d'utiliser des couleurs proches (comme le rouge et l'orange) pour des significations différentes en signalétique de sécurité ?
- d. Le panneau est éclairé par le Soleil. Quels rayonnements invisibles émis par le Soleil pourraient dégrader le panneau à long terme ?

Mes calculs :
