Propagation et dispersion de la lumière

I. Propagation de la lumière

Dans le vide et dans les milieux transparents et homogènes, la lumière se propage en **ligne droite** depuis la source (source primaire ou objet diffusant) jusqu'à l'observateur.

Généralement, le trajet suivi par la lumière n'est pas visible à l'œil. Il est modélisé par un rayon de lumière, représenté par une droite fléchée.

La valeur de la vitesse de la lumière dans le vide et dans l'air est **$c = 3{,}00.10^8$ m.s^{-1}**.

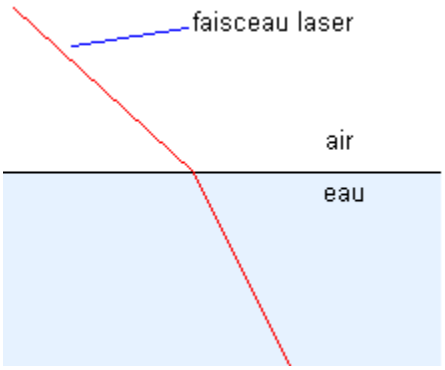
C'est une valeur limite qui ne peut être dépassée. Cette vitesse est bien plus élevée que les vitesses que nous rencontrons au quotidien (voir tableau ci-dessous).

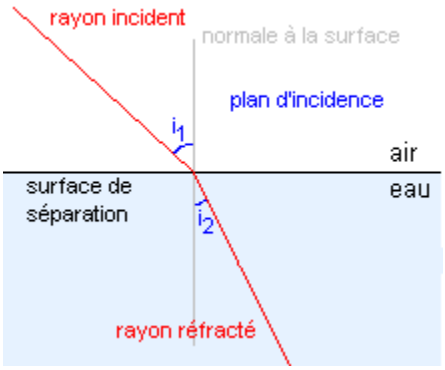
Fusée au décollage	2 800 m.s^{-1}
Son dans l'air	340 m.s^{-1}
TGV	100 m.s^{-1}
Voiture sur autoroute	36 m.s^{-1}
Guépard	30 m.s^{-1}
Marcheur	2 m.s^{-1}

II. Réfraction de la lumière

A. Définition et vocabulaire spécifique à l'optique

La **réfraction** est le changement de direction que subit un rayon lumineux quand il traverse la surface séparant deux milieux transparents différents.





On appelle **dioptre** la surface séparant deux milieux transparents différents.

Le rayon lumineux qui arrive sur le dioptre est appelé **rayon incident**. De l'autre côté de la surface, c'est le **rayon réfracté**.

Le plan contenant le rayon incident et la perpendiculaire à la surface (ou normale N) est le **plan d'incidence**.

B. Indice de réfraction

La vitesse de propagation de la lumière dépend du milieu dans lequel elle se propage.

Chaque milieu transparent est caractérisé par un **indice de réfraction**, noté n (n > 1). C'est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide c sur la vitesse de la lumière dans le milieu considéré v :

$$n = \frac{c}{v}$$

C'est une grandeur sans unité.

Milieu	Indice de réfraction n
Air, vide	1,00
Eau	1,33
Ethanol	1,36
Plexiglas	1,50
Verre	1,50
Diamant	2,42

C. Lois de la réfraction de Snell-Descartes

1. *Première loi*

Le rayon réfracté est contenu dans le plan d'incidence.

2. *Deuxième loi*

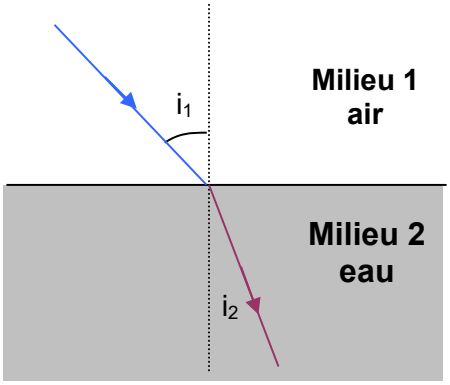
L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont liés par la relation :

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$$

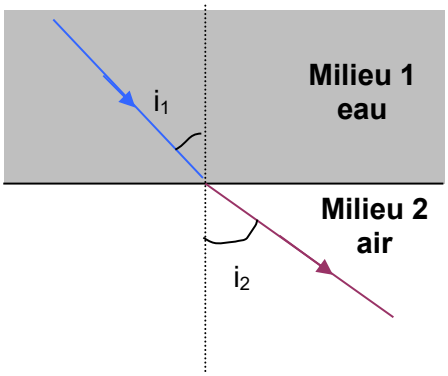
Avec : n_1 indice de réfraction du milieu 1 et n_2 indice de réfraction du milieu 2.

Cette deuxième loi induit que :

- Quand un rayon arrive de l'air et se réfracte dans un milieu transparent quelconque, il se rapproche de la normale.



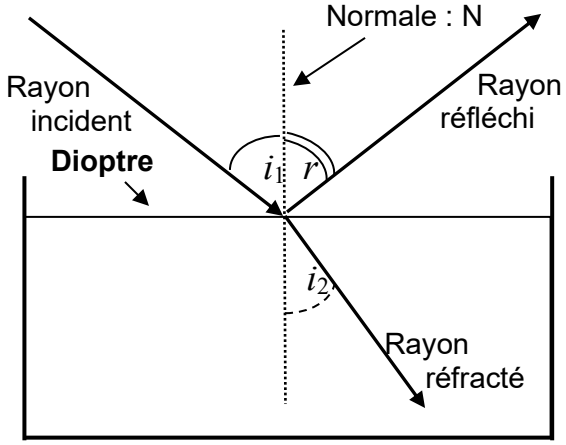
- Inversement, s'il arrive d'un milieu transparent quelconque et se réfracte dans l'air, il s'éloigne de la normale.



III. Réflexion de la lumière

Le phénomène de **réflexion** se produit lorsque la lumière est renvoyée par une surface réfléchissante et reste dans le même milieu.

Il s'agit de l'ensemble des rayons qui émergent du dioptre du côté de l'origine des rayons. On nomme r l'**angle réfléchi**.

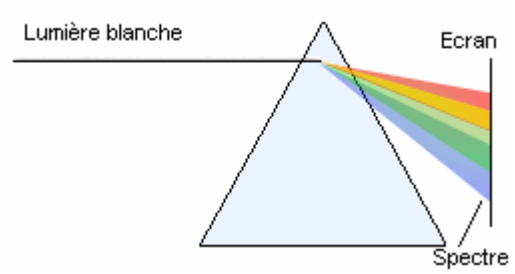


Première loi de la réflexion de Snell-Descartes : le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.

Deuxième loi de la réflexion de Snell-Descartes : l'angle d'incidence est égal à l'angle réfléchi : $\mathbf{i_1 = r}$.

IV. Dispersion de la lumière

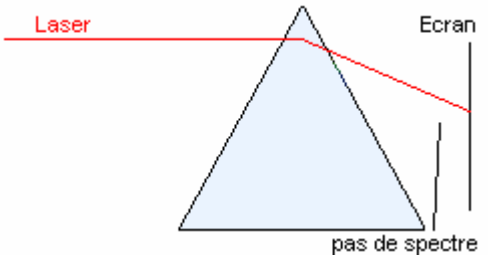
A. Dispersion et spectre



Un faisceau de lumière blanche est décomposé par un prisme. Le faisceau émergent est étalé et présente toutes les radiations (couleurs visibles à l'œil humain).

Ce phénomène s'appelle la **dispersion de la lumière**. La figure colorée est le **spectre** de la lumière blanche.

Une lumière formée de plusieurs couleurs ou radiations est dite **polychromatique**. C'est le cas de la lumière du soleil par exemple.



A contrario, une lumière composée d'une seule couleur ou radiation n'est pas décomposée par un prisme (cas du laser) et est dite **monochromatique**.

B. Longueur d'onde

A chaque radiation monochromatique est associée une grandeur appelée **longueur d'onde** dans le vide. Elle est notée λ et s'exprime en mètre (m).

Remarque : très souvent, le nanomètre (nm, 1 nm = 10^{-9} m) ou le micromètre (µm, 1 µm = 10^{-6} m) sont utilisés pour exprimer la longueur d'onde.

L'œil humain est sensible aux radiations dont la longueur d'onde est comprise entre 400 nm (bleu) et 800 nm (rouge).

Le spectre de la lumière blanche contient également des radiations non visibles par l'œil humain. Il s'agit des **radiations ultraviolettes** (UV) dont la longueur d'onde est inférieure à 400 nm et des **radiations infrarouges** (IR) dont la longueur d'onde est supérieure à 800 nm.

C. Spectres d'émission

Un spectre d'émission est obtenu en observant directement la lumière émise par une source. Aucune couleur n'est absorbée : si une couleur est absente, c'est qu'elle n'est pas émise par la source.

1. *Les spectres d'émissions continus*

Un spectre continu contient un **intervalle entier de longueurs d'onde** : on passe progressivement d'une couleur à l'autre, sans aucun manque.

Tout corps chauffé à une température suffisante émet une lumière. Le spectre de la lumière émise par un corps chauffé est un **spectre d'origine thermique**. Le corps peut être un solide, un liquide que l'on chauffe ou un gaz fortement comprimé (haute pression).

Spectre d'un filament chauffé à 800°C :



Spectre d'un filament chauffé à 5 000°C :



Le spectre évolue avec la température. Lorsque la température augmente, le spectre devient de plus en plus lumineux et s'enrichit de couleurs verte, bleue, puis violette. Il s'étale vers les violets et ultraviolets. Il s'étale alors vers les courtes longueurs d'onde.

2. *Les spectres de raies d'émission*

Un gaz, à basse pression et soumis à une décharge électrique ou porté à température élevée, émet une lumière constituée d'un nombre limité de radiations sous formes de **fines raies distinctes**. On obtient un spectre discontinu comportant les radiations monochromatiques émises : il s'agit d'un spectre de raies d'émission.

Le spectre obtenu est **caractéristique** des atomes du gaz qui émet les radiations.

Un spectre de raies constitue la signature d'un élément chimique et révèle sa présence. Dans un spectre, le repérage, par sa longueur d'onde, d'une raie caractéristique d'une entité chimique met en évidence la présence de cette entité dans la source.

Exemples : la lampe à vapeur de mercure et la lampe à vapeur de sodium. Les lampes contiennent des atomes de mercure ou de sodium sous faible pression. On excite ces atomes grâce à des décharges électriques.

Spectre de la lampe à vapeur de mercure :



Spectre de la lampe à vapeur de sodium :

