

# CHAPITRE 8 : LA LUMIERE DES ÉTOILES

## COURS



### I. RÉFLEXION ET RÉFRACTION

#### a) Comment savoir où seront les rayons réfléchis et réfractés : lois de Snell-Descartes ?

1. Les rayons incident, réfléchis et réfractés sont contenus dans le même plan, appelé plan d'incidence.
2. Les angles d'incidence et de réflexion vérifient la relation:  $i_1 = i'_1$
3. Les angles d'incidence et de réfraction vérifient la relation:

$$n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$$

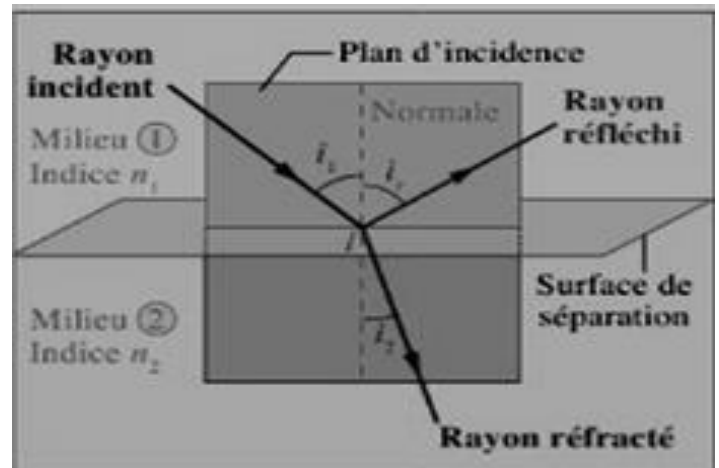
$n_1$ : indice de réfraction du milieu 1,  $n_2$ : indice de réfraction du milieu 2

#### LE SINUS EN MATHS :

Le sinus d'un angle est toujours compris entre -1 et 1. L'angle doit être en radians, pas en degrés :  $\text{rad} = \text{deg} \times \pi / 180$ .  
Si on veut la valeur de l'angle on écrit la fonction réciproque du sinus :  $\sin^{-1}$  parfois notée arcsin.

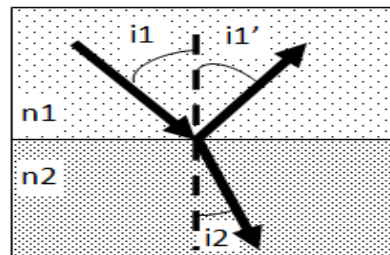
#### Notations à connaître pour faire les schémas:

- « **rayon incident** » = rayon de départ
- « **point d'incidence : I** » = intersection du rayon incident et de la surface de séparation entre les 2 matériaux
- « **normale** »: droite perpendiculaire à la surface de séparation et passant par le point I
- « **plan d'incidence** » : plan défini par le rayon incident et la normale (c'est le plan de la feuille sur les schémas)
- « **angle d'incidence  $i_1$**  » = angle entre le rayon incident et la normale
- « **angle de réfraction  $i_2$**  » = angle entre le rayon réfracté et la normale
- on représente les faisceaux lumineux par des « **rayons lumineux** » = segments fléchés.



#### b) Y-a-t-il toujours les deux rayons : réfléchis et réfractés ?

- **Si  $n_2 > n_1$**  : milieu 2 plus dense que milieu 1  
La lumière se propage moins vite dans le milieu 2 que dans le milieu 1  $\Rightarrow$  on observe toujours les 2 rayons et le rayon réfracté se rapproche de la normale :  $i_2 < i_1$
- **Si  $n_2 < n_1$**  : milieu 2 moins dense que milieu 1  
La lumière se propage plus vite dans le milieu 2 que dans le milieu 1  $\Rightarrow$  le rayon réfracté n'est pas toujours présent. Et, quand il est présent, il s'éloigne de la normale :  $i_2 > i_1$ .  
S'il s'éloigne trop, au-delà de  $i_2 = 90^\circ$ , il n'y a plus aucune réfraction : la lumière ne peut plus entrer dans le second milieu : elle est totalement renvoyée dans le premier milieu : phénomène de « **réflexion totale** ».



Milieu	Indice de réfraction $n$
Vide	1
Air	1,0003
Eau	1,33
Verre	1,5 à 1,8
Diamant	2,42

<p>Si <math>i_1 &lt; i_{1\text{limite}}</math>: réflexion + réfraction</p>	<p>Si <math>i_1 = i_{1\text{limite}}</math>: réflexion + réfraction à <math>90^\circ</math></p>	<p>Si <math>i_1 &gt; i_{1\text{limite}}</math>: réflexion totale</p>
--	---	--

L'angle incident maximum au-delà duquel la lumière est totalement réfléchie s'appelle angle limite  $i_{1\text{limite}}$

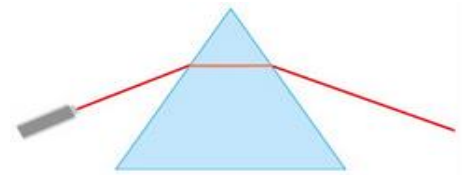
## II. DANS QUELS CAS OBSERVE-T-ON LA DISPERSION DE LA LUMIERE? (ARC EN CIEL)

- Tout d'abord il faut que la lumière utilisée contienne plusieurs radiations colorées (certaines couleurs de l'arc en ciel).

Si elle les contient toutes, on appelle ce type de lumière « **lumière blanche** ».

*Ex : la lumière du soleil est une lumière blanche: elle contient toutes les radiations lumineuses possibles.*

*Contre exemple : les lasers émettent des lumières monochromatiques c'est-à-dire constituées d'une seule couleur, donc correspondant à une seule longueur d'onde  $\lambda$ .*



La lumière d'un laser n'est pas dispersée, elle est juste déviée (double réfraction)

Chaque couleur correspond à une longueur d'onde  $\lambda$ , exprimée en mètre ou plus souvent en nm (nanomètre :  $10^{-9}$ m).

*Ex : le violet correspond à*

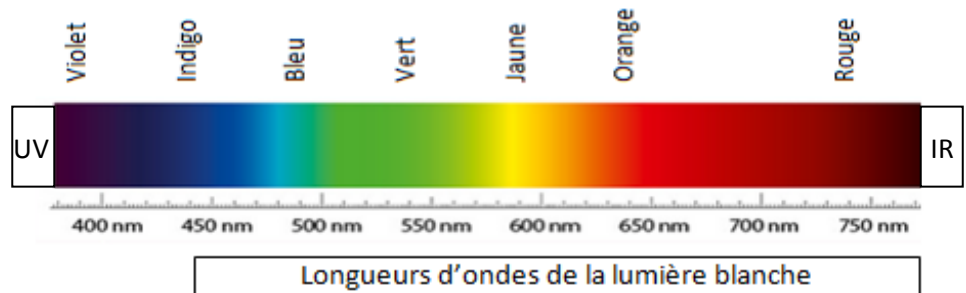
*$\lambda = 380$  nm, le rouge*

*correspond à  $\lambda = 780$  nm.*

*En dessous de 380nm et en*

*dessus de 780nm, les ondes ne*

*sont pas visibles par l'œil humain : ultraviolets UV et infrarouges IR*



- Ensuite, il faut que la lumière blanche rencontre un « **système dispersif** », c'est-à-dire un matériau capable de la disperser.

Pour cela, le matériau doit être sensible aux écarts de longueurs d'onde des radiations lumineuses : l'indice de réfraction du matériau va alors varier en fonction des radiations qui le frappent. Plus la longueur d'onde de la radiation sera faible, plus le rayon lumineux sera dévié.

milieu	n (violet)	n (rouge)
Vide (pas dispersif)	1	1
Air (peu dispersif)	1,000278	1,000276
eau	1,336	1,330
Verre (très dispersif)	1,680	1,595

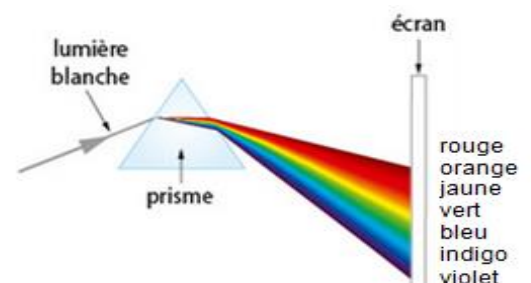
Conséquence : le violet sera très dévié, le rouge sera peu dévié. C'est le phénomène de « **dispersion** »

*Ex : Le verre est un bon système dispersif*

- Enfin, si on veut obtenir un bel arc en ciel avec de larges lignes colorées, il faut que le système dispersif ait une **forme particulière** : il faut 2 parois non parallèles (triangle ou cercle).

La première paroi permet la dispersion grâce aux différences de déviation, et la deuxième paroi amplifie la dispersion

*Ex : cela marche bien avec des prismes (verre de forme pyramidale) ou avec des gouttelettes d'eau (arc en ciel naturel)*



Dispersion de la lumière blanche par un prisme

On peut ainsi « décomposer » la lumière blanche en une infinité de radiations (ou lumières) colorées. La figure obtenue est appelée « spectre » de la lumière blanche (nom scientifique de l'arc en ciel)

### III. SPECTRES D'EMISSION

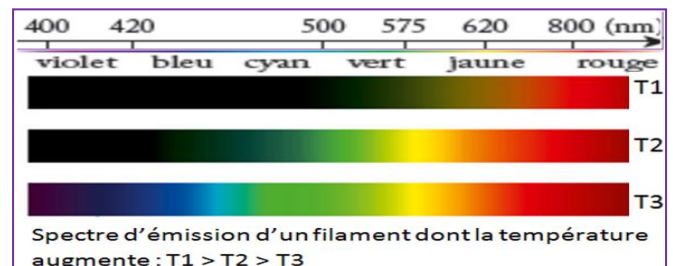
Un spectre d'émission est obtenu quand on analyse la lumière directement émise par une source = objet qui fabrique la lumière. Les spectres d'émission peuvent être continus ou de raies selon la source.

#### a) Spectre d'émission d'un corps chaud dense: continu et coloré

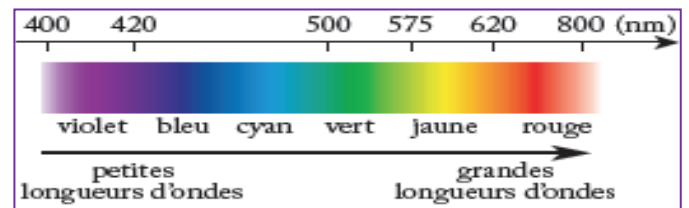
- Les corps chauds denses (solides, liquides, gaz sous pression) émettent des rayonnements « **continus** » : sur le spectre, aucune bande noire entre les couleurs.
- Par contre on peut en voir aux extrémités : cela signifie que le rayonnement émis ne contient pas forcément toutes les radiations, mais seulement celles dont les longueurs d'onde se trouvent sur un certain intervalle.
- Cette plage de longueurs d'onde émises renseigne en fait sur la température de la source de lumière : plus sa température est élevée, plus le spectre contiendra des radiations de faibles longueurs d'onde

**Les spectres du rayonnement émis par le Soleil, par les étoiles ou par tout autre objet chaud sont donc tous des spectres continus mais ils se distinguent par leurs plages de longueurs d'onde.**

*Ex1 : lampes à incandescence (fil en Tungstène qui chauffe) ou tout autre objet qui chauffe : quand sa température augmente, le spectre de la lumière émise par l'objet s'enrichit en radiations qui ont des longueurs d'ondes de plus en plus petites. Le fil est rouge quand il est un peu chaud, puis devient orange (rouge + orange + jaune) puis blanc (toutes les couleurs ensemble) quand il est très chaud.*



*Ex2 : la surface du Soleil, dont la température avoisine 6103 °C, émet toutes les longueurs d'onde du spectre visible entre 400 nm et 800 nm. On appelle cette lumière la « lumière blanche ». Son spectre est continu et s'étend du violet au rouge : toutes les couleurs visibles par l'œil humain sont présentes*



*Ex 3 : certaines étoiles, plus chaudes que le Soleil, émettent même un rayonnement UV : longueur d'onde inférieure à 400 nm (invisible car la longueur d'onde est trop faible pour l'œil humain).*

*Ex 4 : le corps humain, dont la température est seulement de 37 °C, émet un rayonnement IR : longueur d'onde supérieure à 800 nm (invisible car longueur d'onde trop grande pour l'œil humain).*

#### b) Spectre d'émission d'un gaz chaud sous faible pression: raies colorées + fond noir

- Les atomes et ions contenus dans un gaz sous faible pression peuvent aussi émettre des lumières lorsque leur température augmente (par chauffage ou décharges électriques), mais leurs spectres ne sont pas continus : on voit des **bandes noires entre les raies de couleurs**. On les appelle donc des « **spectres de raies** »
- Les spectres sont constitués de seulement quelques radiations, différentes selon l'atome ou l'ion émetteur de lumière
- Chaque raie correspond à une radiation monochromatique : une seule longueur d'onde

*Ex: spectres d'émission de lampes contenant un gaz: vapeur d'hydrogène (a), vapeur de sodium (b), vapeur de mercure(c). Quand on les branche, cela envoie une décharge électrique aux atomes du gaz*



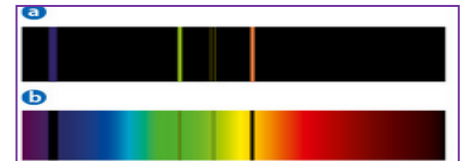
Chaque atome ou ion monoatomique isolé émet des radiations qui lui sont propres. L'analyse du spectre de la lumière qu'il émet quand il est excité, permet de déterminer sa présence ou son absence dans un gaz.

#### IV. SPECTRES D'ABSORPTION : spectre de raies noires sur fond continu

Un spectre d'absorption s'obtient par l'analyse d'une lumière qui a traversé un milieu transparent (souvent un gaz). Le but est de trouver ce que contient ce milieu transparent.

- Si un rayonnement continu, comme la lumière blanche, traverse un gaz d'atomes ou d'ions monoatomiques isolés, alors ce gaz absorbe une partie de la lumière et on obtient donc un **spectre avec des raies noires (partie absorbée) sur un fond continu (partie non absorbée)**.
- Les longueurs d'onde des raies noires sont identiques à celles des radiations qu'émettrait ce même gaz s'il était chauffé

Ex : atomes de mercure qui émettent une lumière quand on leur envoie des décharges électriques: spectre d'émission (a). Mercure gazeux qui absorbe la lumière du soleil : spectre d'absorption (b)  
=> les raies sont aux mêmes endroits



Le spectre d'absorption est donc caractéristique du gaz d'atomes ou d'ions traversé. C'est par cette méthode que l'on peut étudier la composition chimique de l'atmosphère des étoiles.

#### V. QUE NOUS APPREND LA LUMIERE VENANT DES ETOILES?

Le spectre de la lumière émise par une étoile est un spectre :

- continu: car émis par la surface de l'étoile qui très chaude
- contenant des raies noires : car certaines radiations ont été absorbées par le gaz contenu dans les couches périphériques de l'étoile (atmosphère de l'étoile)

Il s'agit donc d'un spectre d'absorption.

Il nous permet de connaître :

- la **température de l'étoile** grâce aux couleurs émises (surtout celle avec la plus forte intensité)
- la **composition de son atmosphère** grâce à la position des raies noires

Ex 1: dans la constellation d'Orion, l'étoile Rigel apparaît bleutée : c'est une étoile chaude (température de surface = 11000°C).

L'étoile Bételgeuse, par contre, apparaît rougeâtre : c'est une étoile plus froide (température de surface = 3000°C).

Ex 2: le Soleil

Grâce à l'analyse de sa lumière émise, sa température de surface a pu être mesurée: l'ensemble apparaît jaune mais le maximum d'émission a lieu pour  $\lambda_{max} = 480 \text{ nm}$  (bleu-vert) ce qui correspond à une température de surface de 6103 °C. De plus, le spectre

d'absorption (raies noires sur fond coloré continu) a permis de trouver la composition chimique de l'atmosphère du Soleil: elle est surtout constituée d'hydrogène et d'hélium

