

Les arcs en ciel

Un arc-en-ciel est un phénomène optique produit par la réfraction, la réflexion et la dispersion des radiations colorées composant la lumière blanche du soleil par les gouttelettes d'humidité présentes dans l'atmosphère.

Dans cette étude, on cherche à comprendre comment les arcs en ciels se forment.

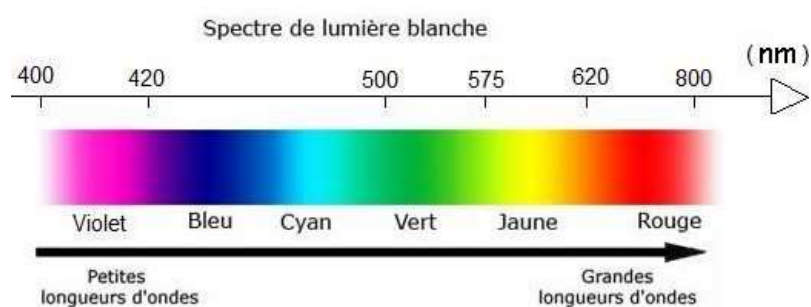


1. Lumière et longueur d'ondes

La lumière peut être modélisée par une onde électromagnétique qui se propage. Une onde est caractérisée par sa **longueur d'onde λ** .

Dans le cas des ondes qui se propagent à la surface de l'eau, la longueur d'onde correspond à la distance qui sépare deux « vagues » successives.

Dans le cas de la lumière, la longueur d'onde définit la couleur de la radiation. Le document ci-dessous donne la correspondance entre couleur et longueur d'onde :



Une radiation **monochromatique** est une radiation de longueur d'onde précise.

En utilisant le graphe ci-dessus, déterminer les couleurs des radiations monochromatiques suivantes :

Longueur d'onde λ (nm)	Couleur
430 nm	Bleu
510 nm	Vert
650 nm	Rouge
670 nm	Rouge

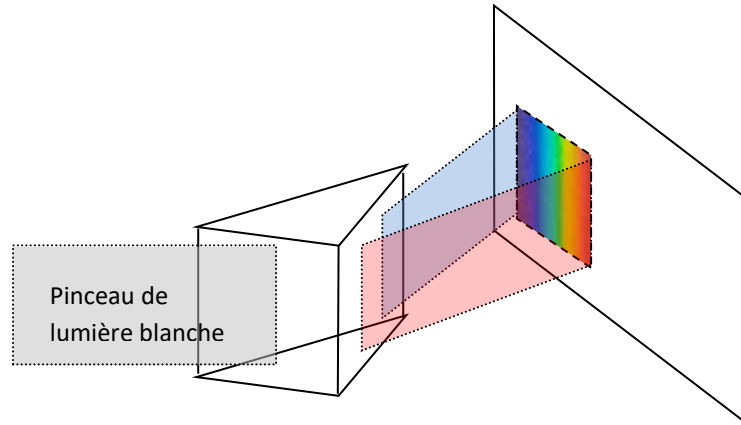
2. Dispersion de la lumière par un prisme :

La lumière que nous recevons du soleil ou qui est produite artificiellement peut être blanche ou colorée. Elle n'est généralement pas monochromatique mais résulte de la superposition de radiations.

Pour analyser une lumière et définir de quelles radiations elle se compose, on la disperse. Pour cela, on utilise un prisme.

a. Expériences et observations :

Compléter le schéma en annotant le schéma ci-dessous :

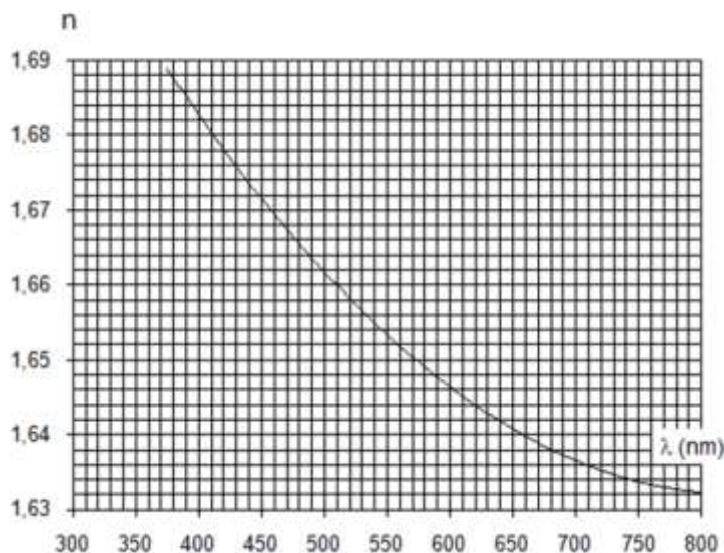


Indiquer sur le schéma la couleur du rayon le plus dévié et la couleur du rayon le moins dévié.
Les rayons bleus sont plus déviés que les rayons rouges.

b. Formuler une hypothèse qui permettrait d'expliquer pourquoi le prisme disperse la lumière.

Comme chaque lumière colorée composant la lumière blanche est déviée différemment, on peut supposer que l'indice de réfraction et donc la vitesse varie en fonction de la longueur d'onde.

c. Expliquer en quoi le graphe ci-dessous confirme votre hypothèse.



Le graphe représente les variations de l'indice du plexiglas en fonction de la longueur de la lumière.
La vitesse dépend bien de la longueur d'onde.

d. Exploitation du graphe :

Un faisceau de lumière blanche est envoyé sur un prisme de verre. Il arrive avec un angle d'incidence $i = 70,0^\circ$ sur la surface air/verre du prisme.

On s'intéresse à deux rayons lumineux contenus dans ce faisceau : l'un bleu dont la longueur d'onde est $\lambda_b = 440 \text{ nm}$ l'autre rouge dont la longueur d'onde est $\lambda_r = 620 \text{ nm}$.

- Calculer, pour chaque radiation, l'angle de réfraction r en utilisant la loi de Descartes.

Pour le rayon rouge :

Application de la loi de Descartes :

$$n_{eau} \cdot \sin i = n_{plex} \cdot \sin r$$

$$\text{D'où } \sin r = \frac{n_{eau} \cdot \sin i}{n_{plex}}$$

$$\text{A.N. } \sin r = \frac{1,0 \cdot \sin 70}{1,644} = 0,57$$

$$r = 34,9^\circ$$

Pour le rayon bleu :

Application de la loi de Descartes :

$$n_{eau} \cdot \sin i = n_{plex} \cdot \sin r$$

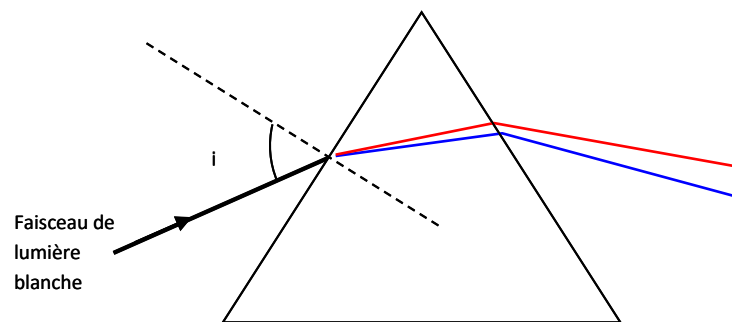
$$\text{D'où } \sin r = \frac{n_{eau} \cdot \sin i}{n_{plex}}$$

$$\text{A.N. } \sin r = \frac{1,0 \cdot \sin 70}{1,674} = 0,56$$

$$r = 34,1^\circ$$

- Des deux rayons, lequel est le plus dévié ?
Compléter le schéma suivant, sans respect de la valeur des angles.
C'est le rayon bleu qui est plus dévié.

- Qu'arrivent-ils à ces rayons lorsqu'ils ressortent du prisme. Compléter le schéma en dessinant approximativement leurs trajectoires.



Les rayons sont encore réfractés, mais cette fois, ils s'éloignent de la normale : la vitesse augmente lorsqu'on passe du plexiglas à l'air.

- e. Montrer en utilisant les résultats précédents que, **lors du passage d'un milieu à un autre, plus la lumière est ralentie, plus elle est réfractée.**

On rappelle que dans un milieu d'indice n , la vitesse de la lumière se calcule de façon suivante :

$$v_{milieu} = \frac{c}{n_{milieu}}$$

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

Calculs des vitesses dans le verre :

$$v_r = \frac{c}{n_r} \quad \text{A.N. } v_r = \frac{3,00 \times 10^5}{1,33} = 2,3 \times 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_b = \frac{c}{n_b} \quad \text{A.N. } v_b = \frac{3,00 \times 10^5}{1,36} = 2,2 \times 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

La lumière bleue est donc plus ralentie que la lumière rouge.

Or d'après les résultats précédents, le rayon bleu est plus dévié que le rayon rouge.

On en déduit donc que plus la lumière est ralentie, plus elle est déviée.

3. Dispersion de la lumière du Soleil par les gouttes d'eau en suspension dans l'atmosphère :

Données :

L'indice de l'eau est :

$n_r=1,33$ pour la lumière rouge

et $n_b=1,36$ pour la lumière bleue.

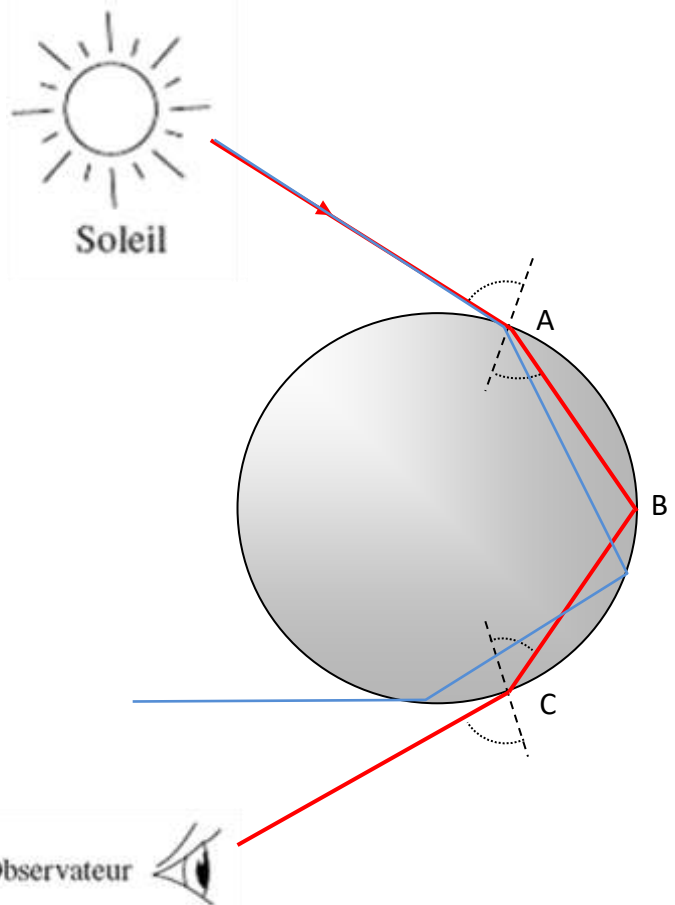
- a. Un rayon de lumière rouge provenant du soleil arrive sur une goutte d'eau avec un angle d'incidence $i = 70^\circ$.

Nommer les phénomènes que subit ce rayon aux points A, B et C.

Il y a :

- Réfraction au point A (passage de l'air à l'eau)
- Réflexion totale au point B
- Réfraction au point C (passage de l'eau à l'air)

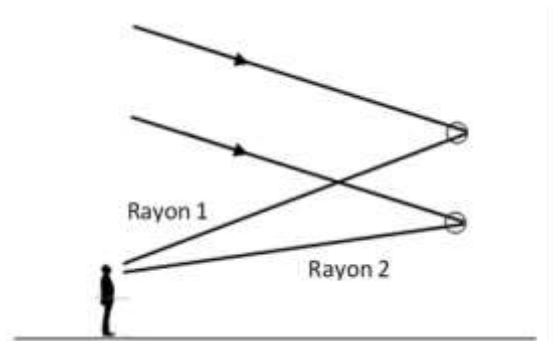
- b. En vous appuyant sur les résultats de la question 2.e., dessiner la trajectoire d'un rayon bleu qui arriverait sur la goutte au point A.



On a vu que les rayons bleus sont plus réfractés (aux points A et C) que les rayons rouges.

- c. Ordre des couleurs de l'arc en ciel :

Un homme observe un arc en ciel. Parmi les deux rayons dessinés qui arrivent dans l'œil de l'homme, l'un est bleu, l'autre est rouge. Attribuer la couleur de chacun des rayons. Montrer que votre analyse est accord avec l'image de l'arc en ciel donnée en introduction.



Les rayons bleus sont globalement plus déviés que les rayons rouges, donc le rayon 2 est bleu et le rayon 1 est rouge.

Dans un arc en ciel, la couleur rouge est bien au-dessus de la couleur bleue.