

## Activité 4.1 – Onde lumineuse

### Objectifs de la séance :

- Connaître la vitesse de la lumière.
- Comprendre la notion de longueur d'onde.
- Comprendre la notion de rayonnement monochromatique.

La lumière est en fait une onde électromagnétique, constitué d'un champs électrique et d'un champs magnétique.

→ Quelles sont les propriétés de cette onde électromagnétique ?

### Document 1 – Onde électromagnétique

Une onde est une perturbation qui se propage.

Une onde électromagnétique a un certain nombre de propriétés qui la définisse. Cette année on va se concentrer sur sa **vitesse de propagation** et sur sa **longueur d'onde**, notée  $\lambda$ .

Une onde est dite **monochromatique** (une couleur) si elle a une longueur d'onde bien définie.

Une onde est dite **polychromatique** (plusieurs couleurs) si elle est la superposition de plusieurs ondes monochromatique.

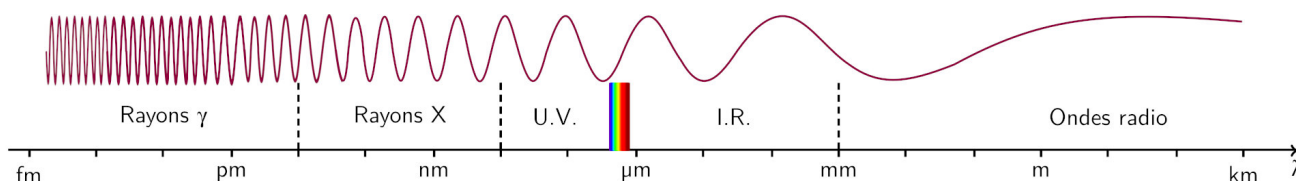
### Document 2 – Vitesse de propagation

Dans le vide, une onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière notée  $c$

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

### Document 3 – Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique est le classement des ondes électromagnétique par longueur d'onde.



Le domaine visible se trouve entre **380 nm (bleu)** et **700 nm (rouge)** de longueur d'onde et représente une petite partie du spectre électromagnétique.

**1 –** Le soleil est une source de lumière qui émet une onde électromagnétique

☐ monochromatique, avec une longueur d'onde.

☐ polychromatique, avec plusieurs longueurs d'onde.

Pour mieux visualiser la vitesse de la lumière, on va la comparer avec la vitesse d'un TGV. Un TGV a une vitesse de pointe de  $300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 83,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**2 –** Calculer le temps que met le TGV pour parcourir  $1000 \text{ km} = 10^6 \text{ m}$  (distance Paris-Marseille).

►

$$\begin{aligned} t_{\text{TGV}} &= \frac{d_{\text{Paris-Marseille}}}{v_{\text{TGV}}} \\ &= \frac{10^6 \text{ m}}{83,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \\ &= 1,20 \times 10^4 \text{ s} \end{aligned}$$

**3 –** Calculer le temps que met la lumière pour parcourir  $10^6 \text{ m}$ . Comparer les deux temps de parcours.

►

$$\begin{aligned} t_{\text{lumière}} &= \frac{d_{\text{Paris-Marseille}}}{c} \\ &= \frac{10^6 \text{ m}}{3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \\ &= 3,3 \times 10^{-3} \text{ s} \end{aligned}$$

La lumière est beaucoup plus rapide qu'un TGV : le temps que le TGV arrive à Marseille, la lumière aura fait 2 millions de fois l'aller-retour !

#### Document 4 – Longueur d'onde et énergie

L'énergie d'une onde électromagnétique est liée à sa longueur d'onde. Plus la longueur d'onde est petite et plus l'énergie d'une onde électromagnétique est élevée. Il peut être dangereux d'être exposé à une onde électromagnétique avec une énergie élevée, qui pourrait endommager les tissus vivants.

Une onde électromagnétique très énergétique, dans le domaine des rayons X, peut briser les liaisons covalentes d'une molécules ou arracher des électrons d'un atome, ce qui peut tuer des cellules vivantes.

**4 –** Expliquer pourquoi un laser rouge est moins dangereux qu'un laser bleu.

► Un laser rouge émet une onde électromagnétique avec une longueur d'onde plus élevée qu'un laser bleu. L'énergie de cette onde électromagnétique est donc plus faible et le laser rouge est moins dangereux.

Nom : ..... Prénom : ..... Classe : .....

## Activité 4.2 – Spectre d'une lampe

### Objectifs de la séance :

- Analyser le spectre d'émission de raies d'une lampe pour déterminer les entités chimiques qui le composent.

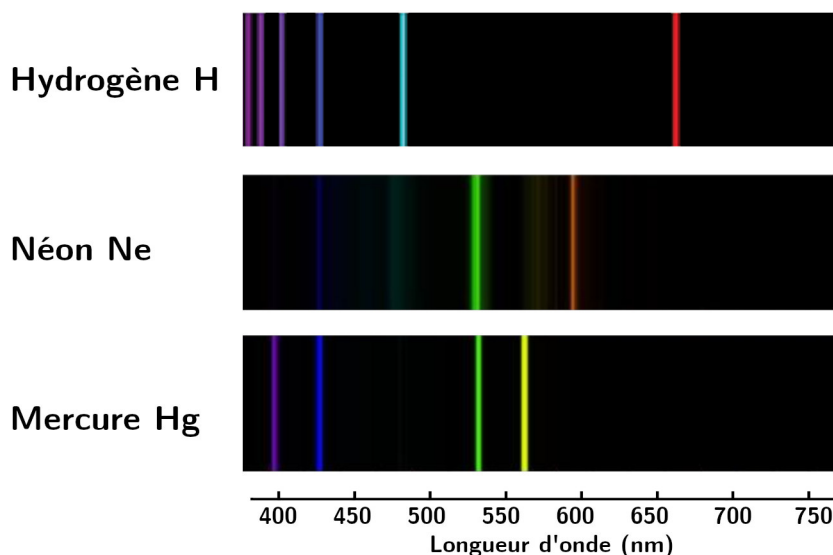
Compétences	Items	D	C	B	A
APP	Rechercher l'information, schématiser une situation.				
VAL	Comparer avec des valeurs de références.				

Les gaz atomiques excités émettent des raies d'émissions avec des longueurs d'onde précises. Chaque raie correspond à une onde monochromatique.

→ Comment utiliser le spectre d'émission d'une lampe pour déterminer sa composition en entités chimiques ?

### Document 1 – Spectre de raies de quelques éléments chimiques

Les éléments chimiques ont des spectres d'émission de raies qui leur sont propres. En regardant le spectre d'une source lumineuse, on peut donc déterminer les éléments chimiques qui composent la source.

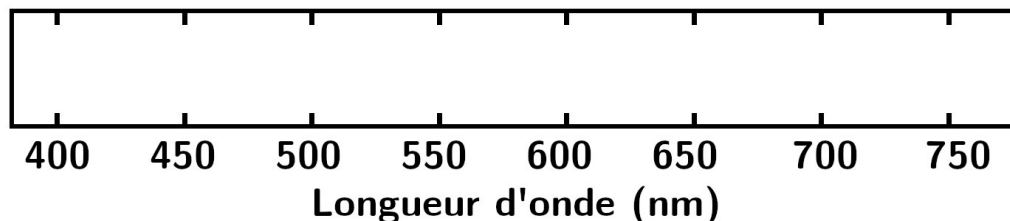


### Question version « expert »

**1 –** En utilisant le spectroscope, rédiger un rapport sur la composition du gaz se trouvant dans les tubes fluorescents (aussi appelée « tube néon ») éclairant la salle de classe. Ce rapport devra être argumenté à partir des données de spectre d'émission fournies dans les documents.

Questions version « intermédiaire »

**2 –** Observer avec le spectroscopie la lumière provenant d'un tube fluorescent installé au plafond. Schématiser son spectre ci-dessous en respectant les graduations :



**3 –** Décrire le spectre obtenu en choisissant parmi les mots suivants : « raies », « continu », « polychromatique », « monochromatique ».

► On obtient un spectre polychromatique, composé de plusieurs raies d'émissions. Chaque raie correspond à une longueur d'onde bien définie.

**4 –** À l'aide des spectres du document 1, donner la composition du gaz contenu dans le tube fluorescent

► Un élément chimique est présent dans le tube fluorescent, si toutes les raies du spectre d'émission de l'élément chimique se retrouvent dans le spectre d'émission du tube fluorescent.

Ici le tube fluorescent contient du mercure Hg, car toutes ces raies peuvent être observées dans le spectre d'émission du tube.

**5 –** Est-il approprié d'appeler « tube néon » ce type d'éclairage ? Justifier à l'aide de vos observations.

► Non, car il ne contient pas de néon.

## Activité 4.3 – Modélisation d'un oeil humain

### Objectifs de la séance :

- Comprendre la modélisation de l'oeil
- Apprendre les propriétés d'une lentille convergente

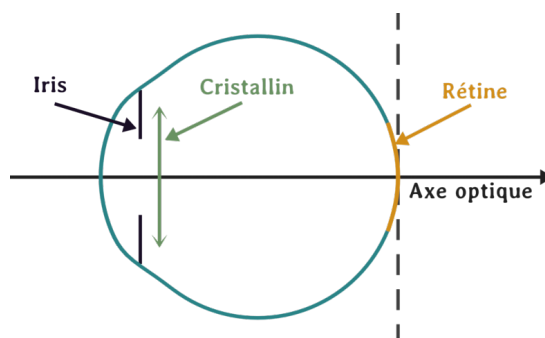
L'oeil humain permet de construire l'image d'un objet observé sur la rétine, qui contient des cellules capable de percevoir les couleurs (cônes) ou l'intensité lumineuse (bâtonnets).

→ **Comment modéliser la formation d'une image par un oeil ?**

### Document 1 – Modèle simplifié de l'oeil

L'oeil humain est un organe complexe (et fragile!) composé de plusieurs éléments. On peut modéliser un oeil humain en trois parties :

- **l'iris**, avec un trou central (la pupille) de taille variable. L'iris permet de contrôler la quantité de rayons lumineux arrivant dans l'oeil.
- **le cristallin**, qui dévie les rayons lumineux comme une lentille mince convergente.
- **la rétine**, qui reçoit les rayons lumineux et sur laquelle l'image est formée. Elle est composée de cônes pour percevoir les couleurs et de bâtonnets pour percevoir l'intensité lumineuse.



### Document 2 – Quelques conventions d'optique

Une **lentille convergente** possède

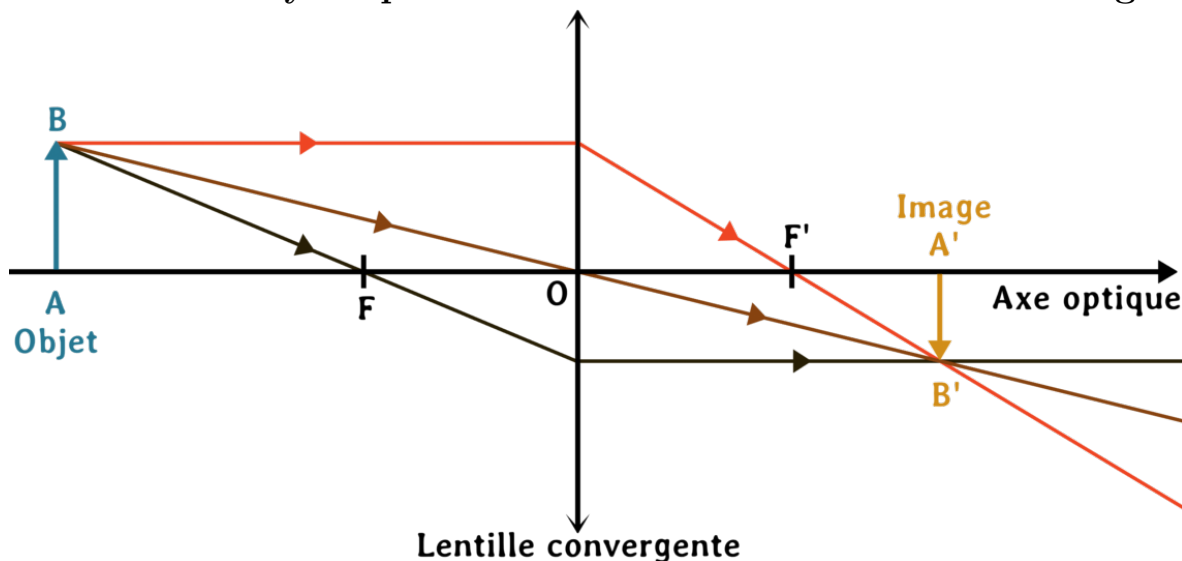
- un **centre optique** noté  $O$ , au centre de la lentille.
- un **foyer image** noté  $F'$ , que l'on positionne à droite de la lentille.
- un **foyer objet** noté  $F$ , qui est le symétrique de  $F'$  par rapport à  $O$ .

La droite perpendiculaire à la lentille passant par  $O$  est appelée **l'axe optique**. L'image d'un objet  $AB$  est notée  $A'B'$ .

En optique les longueurs sont **algébriques**, c'est-à-dire qu'elles sont positives ou négatives en fonction de leur sens, on les note avec une barre  $\overline{AB}$ .

→ *Exemple* :  $\overline{AB} > 0$  si  $B$  est au dessus de  $A$  et  $\overline{AB} < 0$  si  $B$  est en dessous de  $A$ .

### Document 3 – Rayons particuliers à travers une lentille convergente



### Document 4 – Grandissement

Le **grandissement** noté  $\gamma$  (gamma) est le rapport entre la hauteur algébrique de l'image par celle de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

**1 – (Doc. 1)** Associer chaque composant de l'oeil avec l'objet permettant de le modéliser

Optique	diaphragme	lentille	écran
Oeil	iris	Cristallin	rétine

**2 – (Doc. 3)** Décrire le trajet des trois rayons particuliers construit pour une lentilles convergentes (“le rayon passant par ... ressort de la lentille ...”).



- le rayon marron passe par le centre optique  $O$  et n'est pas dévié ;
- le rayon rouge arrive parallèle à l'axe optique et ressort de la lentille en passant par le foyer image  $F'$  ;
- le rayon gris passe par le foyer objet  $F$  et ressort de la lentille en étant parallèle à l'axe optique.

**3 – (Doc. 2)** Indiquer le signe (positif ou négatif) de  $\overline{AB}$  et  $\overline{A'B'}$  sur la figure du document 3.

►  $\overline{AB} > 0$  et  $\overline{A'B'} < 0$ .

**4 – (Doc. 2, 3 et 4)** Appliquer le théorème de Thalès sur les triangles OAB et

$OA'B'$  pour établir la relation entre  $\gamma$ ,  $\overline{OA'}$  et  $\overline{OA}$ .

► En appliquant le théorème de Thalès sur les deux triangles semblables  $OAB$  et  $OA'B'$ , on obtient directement la relation suivante :

$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Comme par définition  $\overline{A'B'}/\overline{AB} = \gamma$ , on a donc que

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

**5 –** Un objet a une hauteur  $\overline{AB} = 1,20$  m et est placé à 6,00 m d'une lentille. L'image formé de l'objet a une hauteur  $\overline{A'B'} = -0,01$  m. En utilisant la relation calculée question 4, calculer la distance  $OA'$  entre la lentille et l'écran.

► Ici  $\gamma = -0,01 \text{ m}/1,20 \text{ m} = -0,0083$ . Et donc

$$OA' = |\gamma| \times OA = 0,0083 \times 6,00 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$$

### Document 5 – Synthèse

Le signe du grandissement  $\gamma$  indique si l'image obtenue est droite ( $\gamma > 0$ ) ou inversée ( $\gamma < 0$ ).

La valeur du grandissement indique si l'image est plus petite ( $|\gamma| < 1$ ) ou plus grande ( $|\gamma| > 1$ ) que l'objet.





## Activité 4.4 – Formation d'un arc-en-ciel

### Objectifs de la séance :

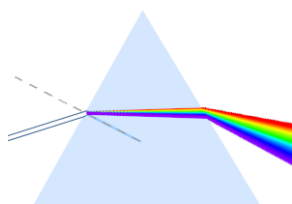
- Expliquer la formation d'un arc-en-ciel à l'aide de la loi de Snell-Descartes
- Comprendre que l'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde

Quand le soleil brille pendant la pluie, on peut observer un arc-en-ciel. C'est aussi le cas quand de la lumière blanche traverse un prisme.

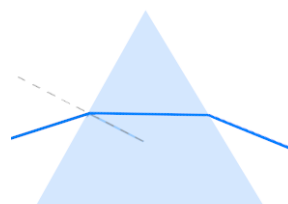
→ Quel phénomène physique est à l'origine de la formation d'un arc-en-ciel ?

### Document 1 – L'expérience de Newton

En 1666, Newton étudie la lumière. Au cours d'une expérience, il parvient à former un arc-en-ciel à partir d'une source de lumière blanche et d'un prisme de verre. Pour enrichir son étude, Newton réalise une autre expérience : il isole la partie bleue de la lumière formée par son prisme et éclaire un second prisme avec. **La lumière bleue est déviée, mais pas étalée et ne change pas de couleur !** Newton en déduit que la lumière « blanche » du soleil est une superposition de lumière de toutes les couleurs et le prisme dévie différemment ces lumières.

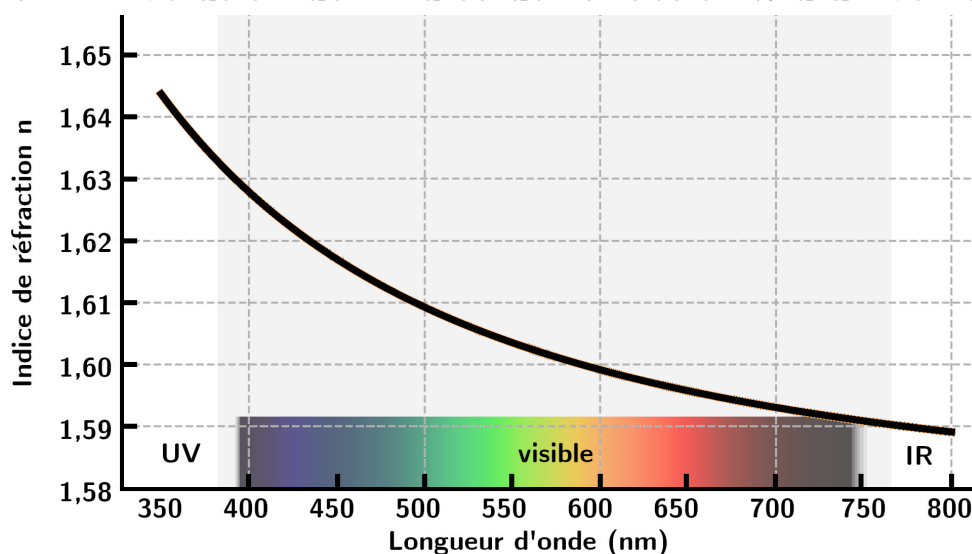


Lumière blanche



Lumière bleue

### Document 2 – Évolution de l'indice de réfraction $n$ d'un verre



Évolution de  $n$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  pour le verre « Flint »

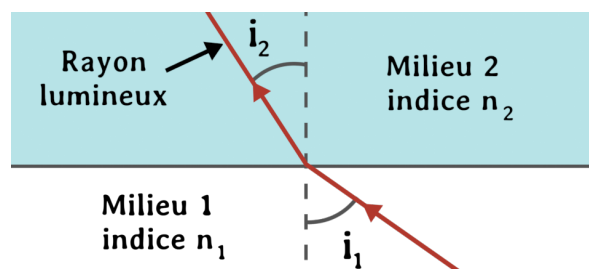
### Document 3 – Rappel sur la réfraction

D'après la loi de Snell-Descartes, on a

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

Si on veut calculer la valeur de l'angle de réfraction  $i_2$ , on commence par isoler  $\sin(i_2)$  dans l'équation, puis on inverse la fonction sinus pour obtenir l'expression de  $i_2$

$$\sin(i_2) = \frac{n_1}{n_2} \sin(i_1) \Rightarrow i_2 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(i_1)\right)$$



**1 –** Quel phénomène subit la lumière en passant de l'air (milieu 1) au verre du prisme (milieu 2) ? Et en passant du verre à l'air ?

► La lumière est déviée en passant de l'air au prisme, c'est le phénomène de réfraction. De même en passant du verre à l'air.

**2 –** Les couleurs composant la lumière blanche sont-elles déviées de la même façon en traversant le prisme ?

► Non, le rouge est moins dévié que le violet ou le bleu.

**3 –** En utilisant le document 2, indiquer l'indice de réfraction  $n_{\text{rouge}}$  pour le rouge ( $\lambda \approx 650 \text{ nm}$ ) et  $n_{\text{bleu}}$  pour le bleu ( $\lambda \approx 450 \text{ nm}$ ).

► À partir du graphique on lit  $n_{\text{rouge}} = 1,595$  et  $n_{\text{bleu}} = 1,615$ .

**4 –** En supposant que l'angle d'incidence de la lumière soit  $i_1 = 35^\circ$ , calculer l'angle de réfraction  $i_2$  **pour le passage du verre à l'air** pour la lumière bleu  $i_{2,\text{bleu}}$  et la lumière rouge  $i_{2,\text{rouge}}$  à la sortie du prisme. **Rappel :**  $n_2 = n_{\text{air}} = 1,00$ .

► On utilise la relation du document 3 :

$$i_{2,\text{rouge}} = \arcsin(1,595 \times \sin(35)) = 66,2$$

$$i_{2,\text{bleu}} = \arcsin(1,615 \times \sin(35)) = 67,9$$

**5 –** En comparant ces deux déviations, conclure sur la formation d'un arc-en-ciel par un prisme.

► On voit que  $i_{2,\text{rouge}} < i_{2,\text{bleu}}$ , le rouge est donc moins dévié que le bleu en passant au travers du prisme.

Cette petite déviation initiale devient de plus en plus grande et permet de séparer les couleurs de la lumière blanche de manière continue : cela forme un arc-en-ciel.