

Plus de
bonnes
notes

Analyse spectrale des ondes lumineuses :

La lumière est une onde **électromagnétique**.

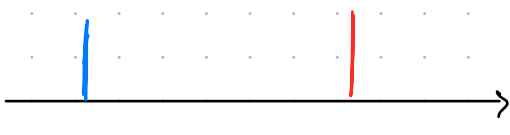
Vitesse d'une onde électromagnétique : 3×10^8 m/s.

Domaine visible : [400 nm ; 800 nm]

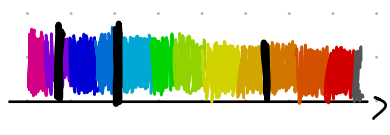
... UV ← → IR ...

λ : longueur d'onde.

Spectre d'émission :
raies colorées / fond sombre



Spectre d'absorption :
raies sombres / fond coloré



permet de caractériser une espèce chimique.

Exercice n° 8

L'année-lumière est une **unité de longueur** correspondant à la distance parcourue par la lumière en une année terrestre, soit 365,25 j.

• Calculer cette distance en mètres.

1 année lumière

$$d = v \times t$$

$$d = \underset{\text{m/s}}{3 \times 10^8} \times \underset{\text{s}}{60 \times 60 \times 24 \times 365,25} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m.}$$

$$= 9\ 460\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ m.}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \text{s} = \text{m}$$

Exercice n° 7

Dans un avenir plus ou moins proche, les astronautes seront capables d'effectuer un voyage interplanétaire jusqu'à Mars. Une fois là-bas, ils auront pour tâche de communiquer des rapports via l'émission d'ondes électromagnétiques. La distance la plus courte à parcourir par les ondes est de $d = 5,57 \times 10^7$ km.

1. Rappeler la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide.
2. Calculer la durée de parcours de l'onde électromagnétique entre Mars et la Terre pour la distance d .

1. 3×10^8 m/s.

$$v = \frac{d}{t} \quad t = \frac{d}{v}$$

2. $t = \frac{d}{v}$

$$t = \frac{5,57 \times 10^{10} \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$$

$$5,57 \times 10^7 \text{ km} = 5,57 \times 10^7 \times 10^3 \text{ m}$$

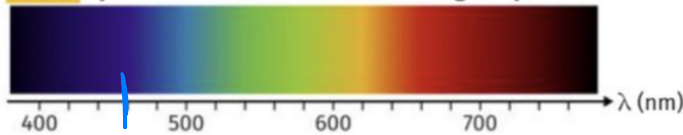
$$= 5,57 \times 10^{10} \text{ m}$$

$$t = 185,67 \text{ s}$$

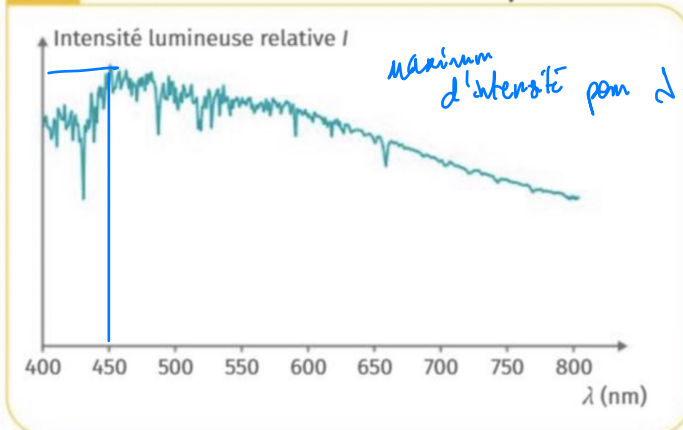
Exercice n° 10

Dans l'Univers DC, Superman, le plus puissant de tous les super-héros, affirme tirer ses pouvoirs du Soleil jaune du système solaire.

Doc. 1 Spectre visible des ondes électromagnétiques.



Doc. 2 Profil en intensité lumineuse relative du spectre solaire.

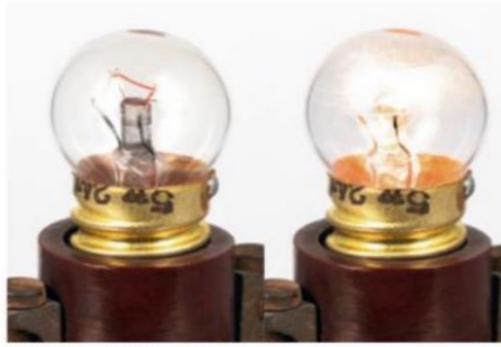


d'expression Soleil jaune n'est pas justifié car le maximum d'intensité est atteint pour $\lambda = 450 \text{ nm}$ ce qui correspond au bleu.

- L'expression Soleil jaune est-elle justifiée d'après la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse émise ?

Exercice n° 9

Le filament est une partie métallique présente dans les vieilles ampoules domestiques, un courant électrique le traverse. En raison de sa résistance ohmique, le filament s'échauffe par effet Joule.

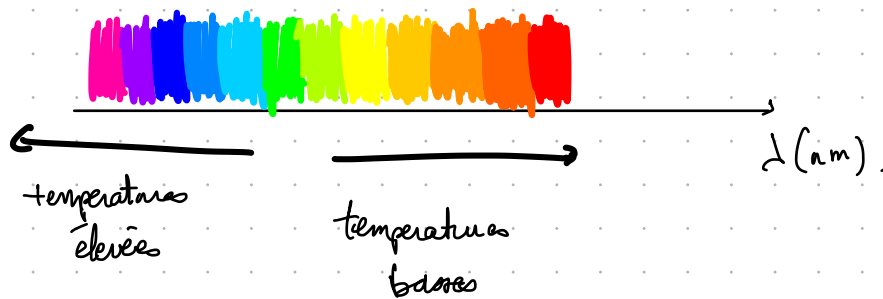


Ampoules à filament.

- Expliquer pourquoi la couleur d'un filament peut émettre une lueur rougeâtre avec un courant faible, et une lumière jaune avec un courant plus fort.

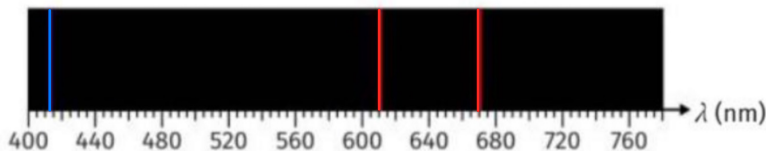
La couleur d'un filament peut émettre un jaune intense lorsque le courant est plus fort car la température sera plus élevée.

Plus la longueur d'onde est basse plus la température est élevée. La longueur d'onde du jaune intense est plus basse que la longueur d'onde de la lueur rougeâtre.



Exercice n° 11

Le spectre d'émission du lithium est fourni ci-dessous.



- Mesurer les trois longueurs d'onde des raies caractéristiques du lithium.

$$\lambda_1 = 412,5 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 610 \text{ nm}$$

$$\lambda_3 = 670 \text{ nm}$$

Exercice n° 13

Lancé mi-octobre 1997, le couple de sondes Cassini-Huygens a parcouru durant son transit près d'une dizaine d'unités astronomiques avant d'arriver à proximité de Saturne au début du mois de juillet 2004.



Voyage spatial des sondes Cassini-Huygens.

Au terme de leur parcours, les deux sondes se sont séparées. Si Cassini est restée en orbite autour de Saturne pour effectuer le relais des transmissions avec la Terre, Huygens a réalisé son atterrissage le 14 janvier 2005 sur Titan, l'un des satellites de la planète.



Illustration de Cassini-Huygens en approche de Titan.

Huygens a pu fonctionner sur batterie pendant quatre heures avant de s'éteindre définitivement.

Le signal électromagnétique envoyé par la sonde relais Cassini devait parcourir 8,1 unités astronomiques le jour de l'atterrissage pour être reçu par la NASA sur Terre. Une unité astronomique, notée u.a., correspond à la distance Terre-Soleil.

1. Déterminer l'ordre de grandeur de la vitesse moyenne du couple Cassini-Huygens pendant son transit jusqu'à Saturne.
2. Comparer cet ordre de grandeur avec celui de la vitesse de la lumière.
3. Calculer le décalage temporel entre l'instant où le signal a été émis par la sonde et l'instant où celui-ci a été reçu sur Terre.

Donnée

• Conversion d'unités : 1,0 u.a. = $1,5 \times 10^{11}$ m.

$$1) v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{8,1 \times 1,5 \times 10^{11} \text{ m}}{7 \times 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}}$$

$$v = 5500 \text{ m.s}^{-1}$$

$$2) \text{ Vitesse de la lumière:}$$

$$3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

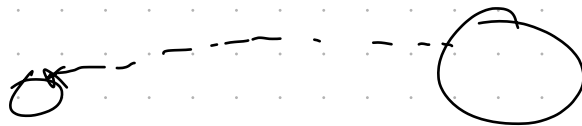
$$v_{\text{Huygens}} < v_{\text{lumière}}$$

Un satellite ne peut pas se déplacer à la vitesse de la lumière.

$$3) t = \frac{d}{v}$$

$$t = \frac{8,5 \times 1,5 \times 10^{11}}{3 \times 10^8}$$

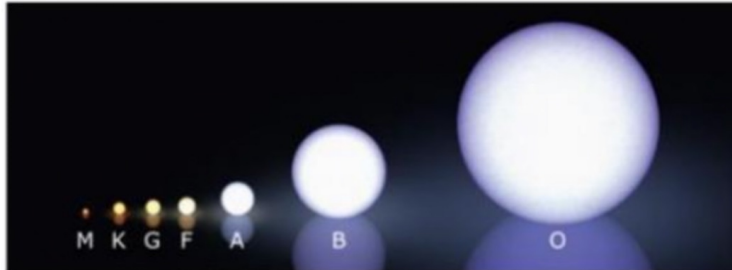
$$t = 4250 \text{ s}$$



Exercice n° 14

L'étoile de Barnard, située à 6 a.l. de la Terre, est une naine rouge, peu distinguable dans le ciel. Notre étoile le Soleil, est beaucoup plus proche de nous, à seulement 150 millions de kilomètres. Parmi les étoiles les plus éloignées, Rigel, une supergéante bleue, se situe approximativement à 800 a.l. de notre planète.

Parmi ces trois étoiles, l'une est à 10 000 K (type B), une autre à 3 100 K (type M) et la troisième à 5 700 K (type G) en surface.



Type spectral d'étoiles.

Pour rappel, une année-lumière (a.l.) est une unité de longueur correspondant à la distance parcourue par la lumière dans le vide durant une année terrestre.

- La distance entre l'étoile de Barnard et la Terre vaut :
 - a. 6×10^{13} km
 - b. 6×10^3 km.
 - c. 6×10^{10} km.
- Exprimer, en minute-lumière (notée min.l.), la distance Terre-Soleil d_{TS} en adaptant la définition de l'année-lumière fournie.
 - a. $d_{TS} = 0,8$ min.l.
 - b. $d_{TS} = 80$ min.l.
 - c. $d_{TS} = 8$ min.l.
 - d. $d_{TS} = 800$ min.l.
- De combien de fois la distance Terre-Rigel est-elle plus importante que la distance Terre-Soleil ?
 - a. D'un facteur 50.
 - b. D'un facteur 50 000.
 - c. D'un facteur 50 000 000.
 - d. D'un facteur 50 000 000 000.
- Quelle étoile possède une température de surface de 3 100 K ?
 - a. Le Soleil.
 - b. Rigel.
 - c. L'étoile de Barnard.
- Laquelle de ces étoiles possède un maximum d'intensité lumineuse situé à la longueur d'onde la plus faible ?
 - a. Le Soleil.
 - b. Rigel.
 - c. L'étoile de Barnard.

Plus de bonnes notes

Rigel → B.
EB → M
Soleil → G

1) 6 a.l. → km ?

calcul 1 a.l.

$$d = v \times t$$

$$1 \text{ a.l.} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times (365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s})$$

$$1 \text{ a.l.} = 9,47 \times 10^{15} \text{ m.}$$

$$6 \text{ a.l.} = 6 \times 10^{16} \text{ m} = 6 \times 10^{13} \text{ km.}$$

3) $d_{TR} = 800 \text{ a.l.}$

$$d_{TS} = 150 \times 10^6 \text{ km}$$

$$\text{or } 1 \text{ a.l.} = 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$$

$$d_{TS} = 15,8 \text{ a.l.} = 150 \times 10^6 \text{ km}$$

donc le facteur vaut $\frac{800}{15,8} \approx 50$

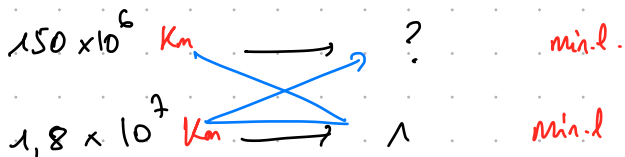
donc $50 d_{TS} = d_{TR}$

2) 150 millions de km → min.l.

$$1 \text{ min.l.} = v \times t$$

$$1 \text{ ml.l.} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ ml.l.} = 1,8 \times 10^{10} \text{ m} = 1,8 \times 10^7 \text{ km}$$



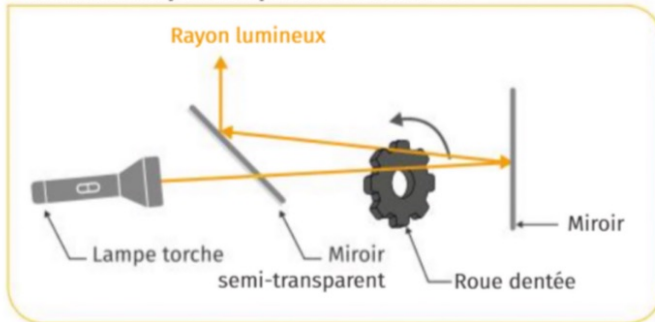
$$\frac{150 \times 10^6}{1,8 \times 10^7} = 8,3 \text{ min.l.}$$

Exercice n° 16

En 1849, Fizeau réalise une expérience permettant, selon lui, de déterminer la vitesse de la lumière. Pour cela, il utilise un dispositif constitué d'une grande roue dentée, d'un miroir semi-transparent incliné à 45° installé sur le mont Valérien et d'un second sur la butte Montmartre.

L'idée de Fizeau est de réussir à faire passer un rayon lumineux entre deux dents de la roue à l'aller et de tourner suffisamment vite la roue pour que le rayon soit bloqué à son retour.

■ Schéma du dispositif expérimental de Fizeau



La relation permettant de déterminer la durée du parcours de la lumière pour faire l'aller et le retour est la suivante :

$$\Delta t = \frac{1}{2N \cdot f}$$

Dans cette relation, N correspond au nombre de dents de la roue dentée et f la fréquence de rotation de la roue.

1. Donner la relation entre la vitesse de la lumière c , la durée du parcours d'un aller-retour et la distance d entre la butte Montmartre et le mont Valérien.
2. Exprimer, à l'aide du schéma, la vitesse de la lumière c en fonction de la distance d , le nombre de dents de la roue N et la fréquence de rotation de la roue f .
3. Calculer la valeur de la vitesse de la lumière c en utilisant les données suivantes.

Données

- Nombre de dents : $N = 720$;
- Fréquence de rotation : $f = 12,6$ Hz ;
- Distance entre les miroirs : $d = 8,663$ km.

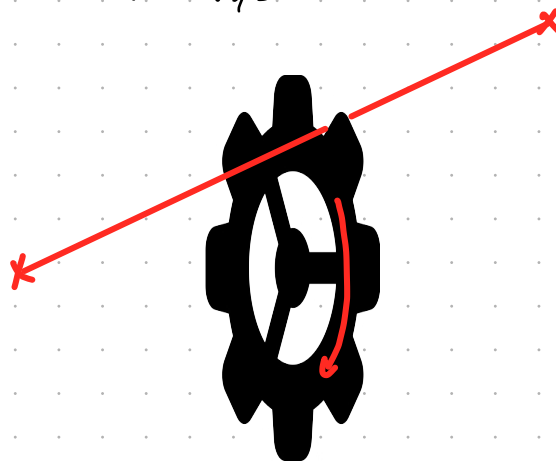
$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{d}{t} \Leftrightarrow c = \frac{2d}{\Delta t} = \frac{2d}{\frac{1}{2N \cdot f}} = \frac{d \cdot 4N \cdot f}{1}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad c &= d \cdot 4N \cdot f \\ &= 8,663 \times 10^3 \times 720 \times 4 \times 12,6 \\ &= 314 \ 436 \ 294 \ \text{m/s} \end{aligned}$$

$$\Delta t = \frac{1}{2N \cdot f}$$

$$v = \frac{d}{t}$$



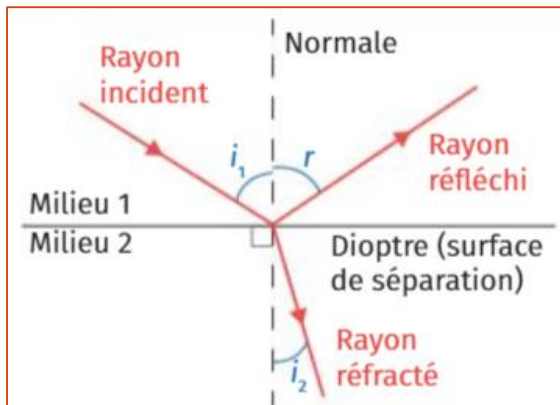
CHAPITRE 16 : PROPAGATION DES ONDES LUMINEUSES

I. Changement de milieu de propagation

A. Phénomène de réflexion et de réfraction

La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène et transparent. Cependant, lorsqu'elle change de milieu de propagation (passage de l'air à l'eau par exemple), la lumière peut subir deux phénomènes : une réflexion (le rayon repart dans le milieu initial) ou une réfraction (changement de direction de propagation). La surface de séparation entre les deux milieux transparents est appelée dioptré.

Le rayon arrivant sur le dioptré est appelé rayon **incident**, celui qui subit la réflexion est le rayon **réfléchi** et le rayon qui subit la réfraction est le rayon **réfracté**.



B. Les lois du modèle de la réfraction et de la réflexion

On appelle angle d'incidence i_1 , l'angle formé par le rayon incident et la normale au dioptré, angle de réfraction i_2 , l'angle formé par le rayon réfracté et la normale au dioptré, et angle de réflexion r , l'angle formé par le rayon réfléchi et la normale.

Les lois de Snell-Descartes : elles ont été établies indépendamment par Willebrord Snell et René Descartes au XVII^{ème} siècle.

- Première loi de Snell-Descartes : Le rayon incident, le rayon réfléchi, le rayon réfracté et la normale sont dans le même plan appelé plan d'incidence.
- Deuxième loi de Snell-Descartes :

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

n_1 et n_2 sont les indices de réfraction des milieux 1 et 2.

Remarque : plus l'indice est grand, plus la vitesse de la lumière dans ce milieu est petite. On a alors la relation suivante :

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

- n est l'indice du milieu sans unité ;
- c est la célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- v est la célérité de la lumière dans le milieu dont on calcule l'indice en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Milieu de propagation	Indice de réfraction	Vitesse de la lumière
Vide et air	1,00	$3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Eau	1,33	$2,25 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Plexiglas	1,49	$2,01 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

C. Dispersion de la lumière

La dispersion d'une lumière polychromatique (composée de plusieurs radiations donc de plusieurs couleurs) est le phénomène de séparation des radiations qui composent cette lumière.

On dit qu'un milieu est **dispersif** si son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde de la radiation lumineuse qui le traverse. Ce type de milieu permet de décomposer la lumière blanche.

L'image de cette décomposition des couleurs sur un écran s'appelle le spectre de la lumière. Il peut permettre d'identifier si une source lumineuse est monochromatique ou polychromatique.

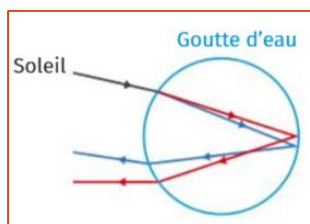
Longueur d'onde (nm)	Indice de réfraction
400 (violet)	1,343
580 (jaune)	1,333
680 (rouge)	1,332



L'arc-en-ciel est une application directe de la dispersion de la lumière du Soleil par les gouttes d'eau de la pluie qui tombent.

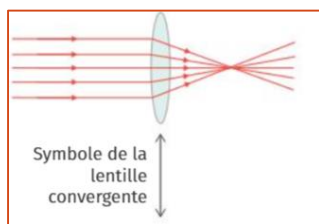
Chacune des gouttes agit comme un prisme et dévie les rayons lumineux différemment en fonction de leur longueur d'onde et donc de leur couleur.

La multiplicité des gouttes nous donne une vision d'ensemble de ce phénomène de dispersion qu'on appelle arc-en-ciel.



II. Modélisation de l'œil par une lentille

A. La lentille mince convergente



Une lentille mince convergente est un objet transparent de forme circulaire dont l'épaisseur au centre est plus importante qu'au

niveau de sa bordure. Ce système a la propriété de faire converger des rayons lumineux qui le traversent.

Une lentille mince convergente est caractérisée par son centre optique O par lequel passe l'axe optique de la lentille Δ , son foyer image F' , et son foyer objet F (F est le symétrique de F' par rapport à O).

Remarque : On appelle distance focale f' la distance entre O et F' .

B. Détermination graphique d'une image

Pour déterminer l'image d'un objet par une lentille convergente, il est pratique de tracer trois rayons particuliers issus d'un point B de cet objet, B étant situé hors de l'axe optique.

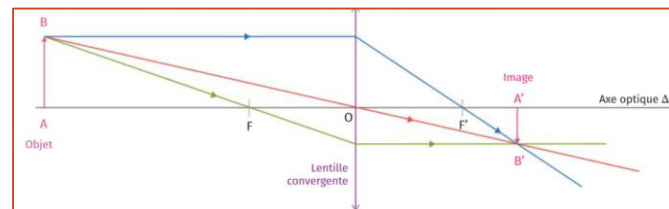
Ces rayons particuliers sont les suivants :

- Le rayon passant par le centre optique O n'est pas dévié ;
- Le rayon arrivant parallèlement à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image F' ;
- Le rayon passant par le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe optique.

Après avoir traversé la lentille, ces rayons se croisent en un point B' qui est l'image de B par la lentille.

Par convention, les rayons représentés vont toujours de gauche à droite. Pour une lentille convergente, attention à toujours placer le foyer image F' à droite et le foyer objet F à gauche de O .

Par convention, on considère un axe vertical orienté vers le haut sur les schémas. Ainsi, la hauteur algébrique d'un objet \overline{AB} perpendiculaire à l'axe prend une valeur positive ($\overline{AB} > 0$) si cet objet est orienté vers le haut et négative ($\overline{AB} < 0$) s'il est orienté vers le bas. Il en est de même pour la hauteur de l'image $\overline{A'B'}$.



Après avoir traversé la lentille, ces rayons se croisent en un point B' qui est l'image de B par la lentille.

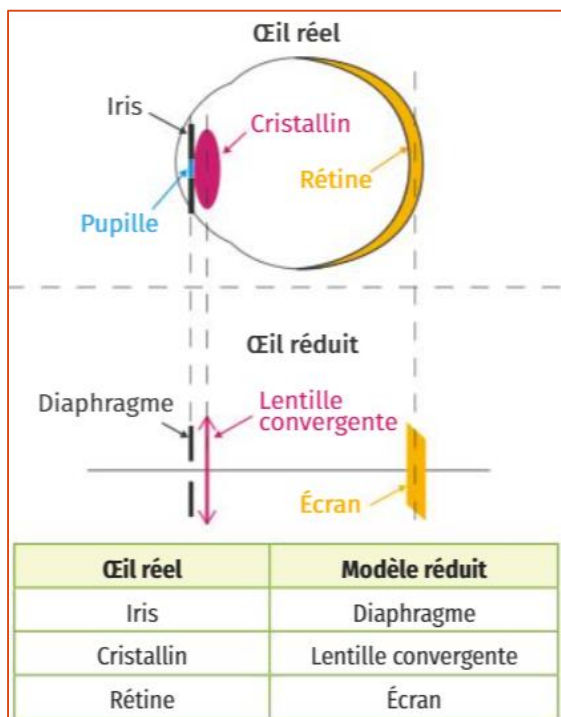
Le grandissement γ est défini par le rapport entre la hauteur algébrique de l'image et celle de l'objet :

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

- Si $\gamma < 0$ alors l'image est renversée par rapport à l'objet et si $\gamma > 0$, on dit que l'image est droite.
- Si $|\gamma| > 1$ alors l'image est agrandie par rapport à l'objet et si $|\gamma| < 1$, l'image est réduite par rapport à l'objet.

C. Modèle réduit de l'œil

L'œil est un système optique complexe mais qui peut se modéliser à l'aide de matériel simple de laboratoire :



III. Exercices

Exercice n° 1

- Énoncer les lois de Snell-Descartes pour la réfraction.

Exercice n° 2

Dans la relation de Snell-Descartes pour la réfraction, isoler la grandeur n_2 .

- La calculer dans le cas où $n_1 = 1,00$, $i_1 = 60^\circ$ et $i_2 = 45^\circ$.

Exercice n° 3

L'eau possède un indice de réfraction $n_{\text{eau}} = 1,33$ alors que celui du plexiglas est $n_{\text{plexiglas}} = 1,49$.

- Dans lequel de ces deux milieux la lumière se propage-t-elle le plus rapidement ?

Exercice n° 4

- Donner l'angle de réflexion d'un rayon lumineux arrivant sur un miroir avec un angle d'incidence de 30° .



Exercice n° 5



- Sur le schéma ci-contre, légénder les rayons incidents et réfractés ainsi que les angles d'incidence, de réfraction et la normale au dioptre.

Exercice n° 6

On cherche à tracer le trajet de la lumière au passage de l'air à l'huile d'indice n_{huile} . L'angle d'incidence est $i_1 = 45^\circ$.

- Faire le schéma global de la situation.
- Déterminer l'angle de réfraction i_2 et l'angle de réflexion r .

Données

- Indice de l'air : $n_{\text{air}} = 1,00$;
- Indice de l'huile : $n_{\text{huile}} = 1,47$.

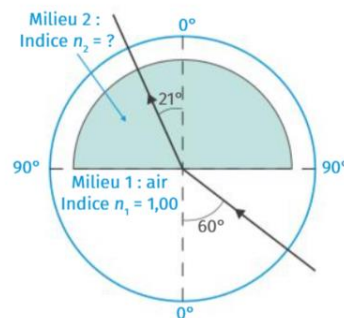
Exercice n° 7

On observe un rayon réfracté dans l'eau ($n_{\text{eau}} = 1,33$) avec un angle de réfraction de 25° .

- Quel est l'angle d'incidence si le rayon incident est dans l'air ($n_{\text{air}} = 1$) ? Et dans l'huile ($n_{\text{huile}} = 1,47$) ?

Exercice n° 8

Un rayon incident dans l'air est réfracté par un milieu d'indice n_2 à déterminer.



- Exprimer n_2 en fonction de n_{air} , i_1 et i_2 .
- En déduire la valeur de n_2 en s'appuyant sur le schéma.

Exercice n° 9

1. Avec quel dispositif peut-on décomposer une lumière polychromatique ?
2. Que signifie le terme milieu dispersif ?
3. Citer un exemple de milieu dispersif et un exemple de milieu non dispersif.

Exercice n° 10

Voici quelques valeurs d'indices de réfraction pour l'air, le verre crown et le verre flint éclairés par des lumière de longueurs d'onde différentes : 656 nm, 589 nm et 486 nm.

Longueur d'onde	486 nm	589 nm	656 nm
Air	1,00	1,00	1,00
Verre crown	1,522	1,517	1,514
Verre flint	1,682	1,666	1,658

1. Quels sont les milieux dispersifs parmi les trois proposés ?
2. Lequel est le plus dispersif ?

Exercice n° 11

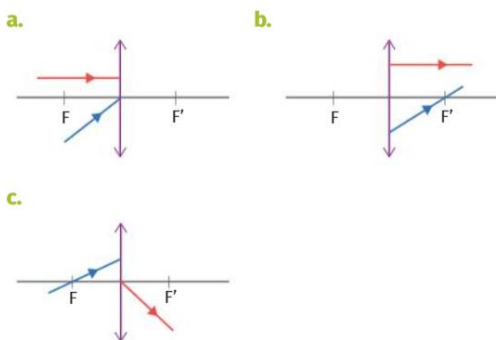
L'œil est un instrument d'optique très complexe qu'on modélise à l'aide de trois outils.

- Faire les schémas de l'œil et de son modèle. Légender chaque schéma avec les trois éléments importants participant à la formation de l'image.



Exercice n° 12

- Reproduire et compléter le tracé des rayons lumineux.



Exercice n° 13

On souhaite tracer l'image d'un objet par une lentille convergente. Cette lentille possède une distance focale $f' = 20$ cm. L'objet AB est situé sur l'axe optique de la lentille et perpendiculaire à celui-ci, et sa hauteur est $\overline{AB} = 10$ cm. 1 cm sur le schéma correspond à 10 cm dans la réalité.

1. Tracer l'axe optique, la lentille et les trois points caractéristiques de la lentille sur un schéma.
2. L'objet étant situé à 60 cm de la lentille, le placer sur le schéma en respectant l'échelle.
3. Tracer les trois rayons caractéristiques et trouver l'image de l'objet par la lentille.
4. À quelle distance de la lentille se trouve l'image ? Quelle est sa taille ?
5. Calculer alors le grandissement de cette lentille.

Exercice n° 14

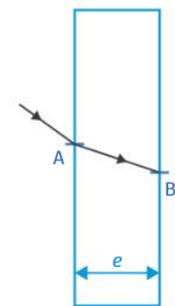
Un appareil photographique prend une photo d'un objet. L'appareil est constitué d'une lentille convergente de distance focale $f' = 3,0$ cm et d'une pellicule (qui joue le rôle d'écran) qui peut se déplacer pour faire la mise au point.

On prend en photo un verre à pied de 6 cm de hauteur situé à 18 cm de l'appareil photo. Pour le schéma, le bas du verre à pied est sur l'axe optique de l'objectif de l'appareil qui est assimilé à une lentille simple convergente.

1. Faire un schéma de la situation avec, comme échelle, 1 cm sur le schéma correspond à 3 cm horizontalement et verticalement.
2. Construire l'image du verre par la lentille de l'appareil photo.
3. Donner les caractéristiques de l'image (sens, taille, distance à la lentille).
4. Si la pellicule a une hauteur de 1,0 cm, l'image sera-t-elle complète ou coupée ?

Exercice n° 15

Lorsqu'on regarde un objet à travers une vitre, la lumière traversant la vitre est réfractée et les rayons lumineux sont donc déviés. L'indice de réfraction du verre est de $n = 1,50$, son épaisseur est e et l'angle d'incidence du rayon incident au point d'incidence A est ici de $i = 50^\circ$.



1. Déterminer la valeur de l'angle r_1 de réfraction au point A.
2. Déterminer la valeur de l'angle de réfraction r_2 au point B, sachant que l'angle d'incidence i_2 est identique à r_1 .
3. Compléter le schéma et comparer la direction du rayon incident et du rayon émergent de la vitre.
4. On observe un oiseau en contrebas par la baie vitrée d'un immeuble. L'oiseau paraît-il plus haut ou moins haut qu'il n'est en réalité ?

Exercice n° 16

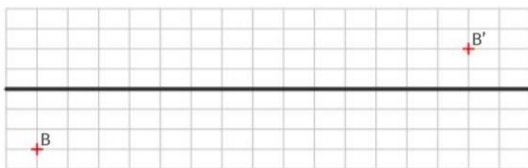
Une lentille convergente donne l'image d'un objet dont on ne connaît aucune caractéristique (ni taille, ni position par rapport à la lentille).

Cette lentille possède une distance focale de 20 cm. L'image est positionnée à 25 cm de la lentille et possède une taille de 8 cm.

- À l'aide d'une construction graphique où 1 cm correspond à 10 cm dans la réalité, trouver la position et la taille de l'objet.
- En déduire le grandissement de la lentille.

Exercice n° 17

Sur le schéma ci-dessous sont indiquées la position de l'objet et celle de l'image.



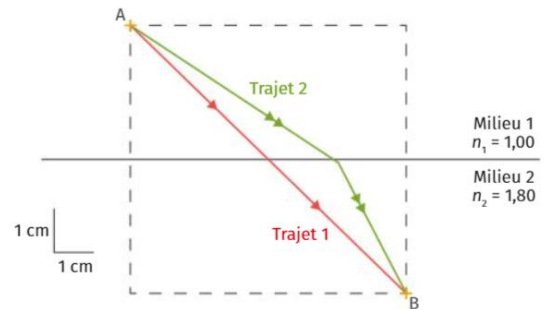
- Où est située la lentille ? Reproduire le schéma et la dessiner dessus.
- Déterminer la distance focale de cette lentille.

Exercice n° 18

Selon le principe de Fermat, la lumière se propage d'un point à un autre de façon à ce que la durée de parcours soit la plus petite possible. La lumière prend le trajet qui minimise la grandeur $n \cdot d$ (appelée chemin optique) avec n l'indice de réfraction du milieu et d la distance parcourue par le rayon lumineux dans le milieu.

- À l'aide du principe de Fermat, expliquer rapidement pourquoi la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène.
- Quelle est l'unité du chemin optique $n \cdot d$?
- Calculer, pour le trajet 1, la valeur de $n \cdot d$ dans le milieu 1 et dans le milieu 2 à l'aide notamment du théorème de Pythagore et de l'échelle indiquée sur le schéma. Effectuer la somme des deux résultats obtenus.
- Effectuer le même raisonnement sur le trajet 2 dans le milieu 1 puis dans le milieu 2 puis faire la somme.
- En déduire pourquoi la lumière se propage ici en utilisant le trajet 2 plutôt que le trajet 1.

- Vérifier le respect de la loi de Snell-Descartes pour la réfraction en déterminant les sinus des angles incident et réfracté.



Données

- Indice du milieu 1 : $n_1 = 1,00$;
- Indice du milieu 2 : $n_2 = 1,80$.

Exercice n° 19

Dans ce chapitre, nous avons étudié la méthode graphique pour trouver la position et la taille de l'image en fonction de la position et la taille de l'objet en traçant les trois rayons caractéristiques.

Des constructions géométriques découlent des relations mathématiques appelées relations de conjugaison, qui permettent, mathématiquement, de relier les grandeurs citées. On se propose de retrouver expérimentalement cette relation de conjugaison.

On appelle \overline{OA} la position de l'objet par rapport à la lentille (valeur négative car l'objet est à gauche de la lentille) et $\overline{OA'}$ la position de l'image par rapport à la lentille (valeur positive car l'image est située à droite de la lentille).

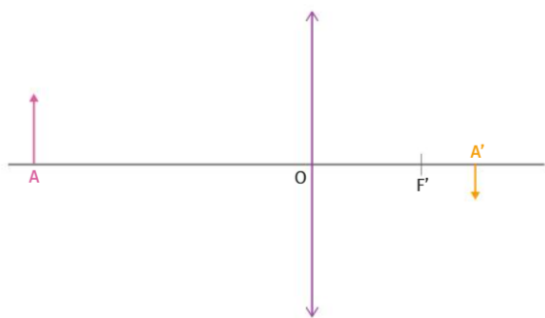
Trois hypothèses sont possibles :

- \overline{OA} et $\overline{OA'}$ sont proportionnels ;
- \overline{OA} et $\overline{OA'}$ sont liés sous la forme $\overline{OA} = \overline{OA'} + k$ avec k une constante ;
- $\frac{1}{\overline{OA}}$ et $\frac{1}{\overline{OA'}}$ sont reliés sous la forme $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + k$.

- Proposer un protocole expérimental pour trouver quelle relation parmi les trois proposées est la bonne.
- Une fois la bonne relation validée, comment faire pour trouver la constante k ?
- Cette constante k correspond à l'inverse de la distance focale de la lentille. Conclure quant à l'expression complète de la relation de conjugaison en fonction de \overline{OA} , $\overline{OA'}$ et \overline{OF} .



Lentille mince convergente.



Exercice n° 15

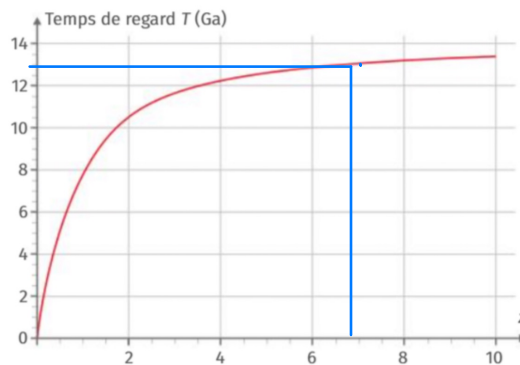
IOK-1 est une galaxie lointaine découverte en 2006. L'analyse spectrale a montré que les raies caractéristiques d'entités chimiques étaient décalées. Ce phénomène s'observe pour les objets très éloignés de la Terre. En effet, en raison de l'expansion de l'Univers, tous les objets qui le constituent s'éloignent les uns des autres.

En étudiant la lumière issue d'un objet, les astronomes observent un passé « distant » d'une durée T . Ce temps de regard s'obtient grâce à la détermination du décalage vers le rouge observé, noté z . Le décalage vers le rouge se calcule en comparant la longueur d'onde λ d'une raie caractéristique d'une entité chimique et λ_{obs} la longueur d'onde de cette même raie sur le spectre de l'objet éloigné.

$$z + 1 = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda}$$

1. Déterminer le décalage vers le rouge z sachant que la raie rouge de l'hydrogène situé à 656,2 nm se trouvait décalée dans l'infrarouge à 5223 nm.

2. Déterminer à l'aide du document ci-dessous le temps de regard vers le passé T de IOK-1.



Temps de regard T en fonction du décalage vers le rouge z

3. En négligeant l'expansion de l'Univers, estimer la distance d en mètres nous séparant de IOK-1.

1. hydrogène $\longrightarrow \lambda = 656,2 \text{ nm}$

hydrogène éloigné $\longrightarrow \lambda_{\text{obs}} = 5223 \text{ nm}$

$$z + 1 = \frac{5223}{656,2} \quad \Rightarrow \quad z = \frac{5223}{656,2} - 1$$

$$z = 7,008$$

décalage vers le rouge.

2. On trouve pour $z = 7$, $T = 13 \text{ Ga}$.
 $T = 13 \times 10^9 \text{ a}$.

3. $d = v \times t = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times (13 \times 10^9 \times 24 \times 60 \times 60) \text{ s}$

$$d = 3,369 \times 10^{18} \text{ m} = 3,369 \times 10^{15} \text{ km}$$