



SIDEREUS NUNCIUS

fiches enseignants

LUMIÈRE



pour toute information/remarque sur le contenu de ces fiches
prière de contacter ama09@obs.univ-lyon1.fr

EXPÉRIENCES

nature de la lumière

Disque de Newton (*).....	p. 2
Calcul de la vitesse de la lumière (**).....	p. 3
Trous de Young (***).....	p. 4

réfraction & réflexion

Crayon cassé (*).....	p. 5
Pièce dans un bol (*).....	p. 6
Dioptré (*).....	p. 7
Lunettes et télescopes (**).....	p. 8
Lunette de Galilée (***).....	p. 9
Fonctionnement de l'œil (***).....	p. 10

dispersion, diffusion & diffraction

Lumière blanche (*).....	p. 11
Bleu du ciel (*).....	p. 12
Tache d'Airy (***).....	p. 13
Spectroscope (***).....	p. 14

MATERIEL (contenu dans la mallette)

- bocal transparent
- bol opaque
- pièce de monnaie
- chronomètre
- coffret optique
- crayon
- lait en poudre
- lampe
- diapos papier aluminium troué
- CD
- réseau
- toupie

Disque de Newton

nature de la lumière

But

Le but de cette manip est de comprendre de quoi est constituée la lumière blanche, et de découvrir différents mélanges de couleurs.

Niveau

Primaire. Temps estimé : 30 min.

Matériel

- toupie
- cercles papier blanc et couleur
- feutres

Questions

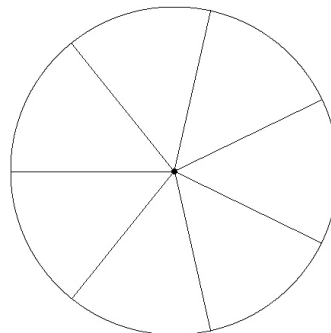
Passez la tige de la toupie dans le disque de couleur et faites-la tourner sur une surface plane.

Quelle couleur observez-vous ?

- *Le mélange des couleurs résulte en un blanc grisé. Le temps de réponse de l'œil étant inférieur à la période de rotation de la toupie, l'œil mélange les couleurs du disque, choisies comme les 7 couleurs de l'arc en ciel.*

Recommencez l'expérience avec les couleurs de votre choix, que vous aurez préalablement coloriées sur un disque blanc.

- *Vous pouvez aussi essayer avec les 3 couleurs primaires : RVB, ou d'autres mélanges.*



Calcul de la vitesse de la lumière

nature de la lumière

But

Le but de cette expérience n'est clairement pas de retrouver la vitesse de la lumière, mais de faire s'interroger les élèves sur la démarche expérimentale. Il y a des grandeurs auxquelles on ne peut accéder avec du matériel trop peu sophistiqué, comparable au matériel auquel Galilée avait accès à son époque.

Niveau

Primaire, Collège & Lycée

Matériel

- 2 lampes
- 1 chronomètre

Questions

Galilée semble avoir été le premier à essayer de mesurer la vitesse de la lumière. Essayons de reproduire son expérience.

Deux élèves chacun muni d'une lampe se placent à une distance de 10 mètres l'un de l'autre. Le premier allume sa lampe en déclenchant un chronomètre. Le second allume sa lampe dès qu'il aperçoit le signal lumineux. Et le premier arrête le chronomètre au retour du signal lumineux. Le temps d'aller et retour du signal lumineux peut ainsi être apprécié.

!!! Attention !!! Il paraît évident que la vitesse de la lumière n'est pas mesurable, mais les élèves auront au moins essayé ! Le but est également de les mettre à la place de Galilée, de comprendre sa démarche expérimentale et d'en cerner les limites.

Calculez la vitesse de la lumière.

- *Les élèves doivent trouver l'unité d'une vitesse. Cela se mesure en m/s. Il faut donc trouver la distance parcourue par la lumière (aller et retour : ici 20m), divisée par le temps mesuré par le chronomètre.*

Recommencez l'expérience avec des distances différentes entre les deux élèves

- *Avec différentes distances, le temps mesuré doit être le même.*

Qu'en concluez-vous ? Que mesure-t-on ?

- *Une des conclusions peut être que la lumière met le même temps pour parcourir 10m, 20m ou 50m. La vitesse de la lumière n'est pas mesurable avec une telle expérience. C'est le temps de réaction des élèves qui est mesuré. Sa vitesse, finie, est de **299 792 458 m / s***

Trous de Young

nature de la lumière

But

Le but de cette expérience est de se faire interroger les élèves sur la nature de la lumière, et de leur introduire la notion de dualité onde/corpuscule.

Niveau

Lycée. Temps estimé :15 min.

Matériel

- diapositive papier aluminium deux trous
- source lumineuse ponctuelle

Questions

Durant des siècles les scientifiques se disputèrent au sujet de la lumière, de nature corpusculaire pour les uns et ondulatoire pour les autres.

Que signifient les termes corpusculaire et ondulatoire ?

- *corpusculaire : composé de corps de petite taille*
- *ondulatoire : composé d'ondes*

Trouvez des arguments en faveur de l'une ou l'autre des hypothèses.

- *corpusculaire (Newton XVIIème, Hertz XIXème, Einstein XXème):
réflexion
réfraction
effet photoélectrique*
- *ondulatoire (Huyghens XVIIème – Young, Fresnel, Maxwell XIXème):
phénomène de diffraction
interférences
polarisation*

Prenez la diapo contenant du papier aluminium percé d'un trou. Qu'observez-vous ?

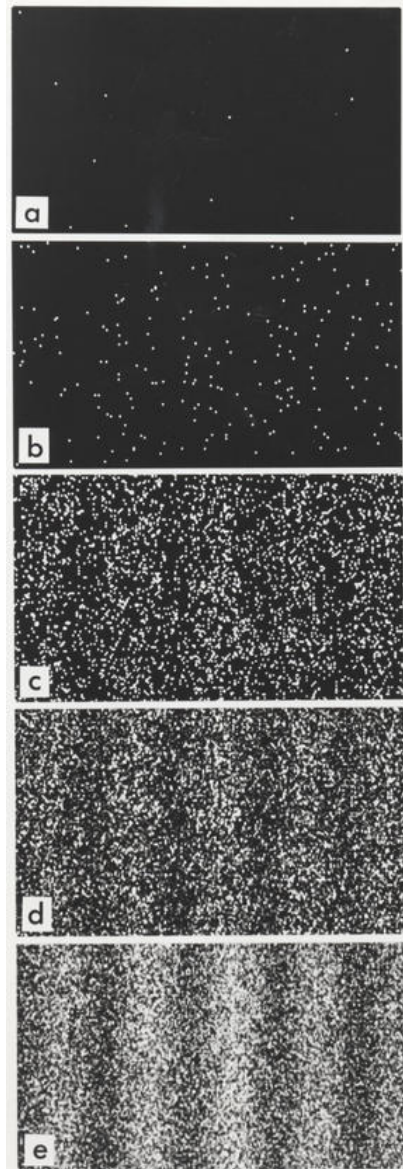
- *On observe une alternance de cercles clairs et sombres, appelée tâche d'Airy. Cela ressemble un peu à des ronds dans l'eau.*

Prenez la diapo percée de deux trous. Est-ce simplement la figure précédente répétée deux fois?

- *On observe effectivement deux tâches d'Airy, mais en y regardant de plus près on observe un phénomène d'interférence entre ces deux tâches. La lumière issue des deux trous ayant approximativement le même chemin optique, les trains d'onde sont cohérents et peuvent ainsi se recombiner.*

Si l'on envoyait les photons un à un, voici ce que l'on observerait. Qu'en déduisez-vous sur la nature de la lumière ?

- Cette expérience n'est réalisable qu'avec un matériel de pointe, permettant d'envoyer les photons un à un. Les photons arrivent les uns après les autres, se répartissant à première vue aléatoirement. Plusieurs photons plus tard, on se rend compte qu'ils forment une figure d'interférence. Cette expérience met en évidence la dualité onde-corpuscule de la lumière.



Résultat de l'expérience des fentes de Young sur une expérience réalisée par Dr. Tonomura montrant la reconstruction d'une figure d'interférence par des électrons. Le nombre d'électrons est de 10 (a), 200 (b), 6000 (c), 40000 (d), 140000 (e).

Crayon cassé

réfraction

But

Cette manip, simple, a pour but de montrer une des propriétés de la lumière : la réfraction. C'est ce qui se produit lorsque la lumière traverse deux milieux différents (eau/air ou air/verre...). Les rayons lumineux semblent déviés.

Niveau

Cette expérience est réalisable du primaire au lycée. Temps estimé : 15 min.

Matériel

- bocal transparent
- crayon
- eau

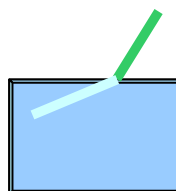
Expérience

Prenez un bocal rempli d'eau, et plongez-y un crayon.

Comment voyez-vous celui-ci ?

- La ligne droite du crayon apparaît cassée.

Faites un schéma.



Explications

Quelles sont vos remarques ?

- Si on ressort le crayon, il n'est pas déformé. Qu'est ce qui peut être déformé ?
- À quel endroit la ligne du crayon semble-t-elle se briser ?

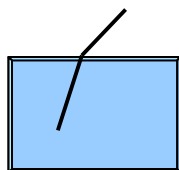
Comment expliqueriez-vous ce phénomène ?

- Ce sont les rayons lumineux qui sont en réalité déviés en franchissant le dioptre : la surface entre l'eau et l'air. C'est le phénomène dit de la réfraction, lorsque la lumière passe d'un milieu à indice donné à un autre milieu.

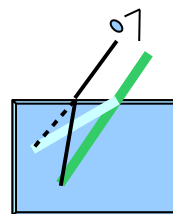
Remarques

Attention, le crayon n'émet pas de rayons lumineux. La source (primaire) est une lampe, ou le soleil, éclaire le crayon (source secondaire), qui renvoie les rayons jusqu'à notre œil.

Le crayon semble brisé dans le sens opposé à celui du trajet des rayons lumineux. C'est justement parce que les rayons sont infléchis que l'observateur voit une image plus haute du crayon.



trajet rayons



vue crayon

Pièce dans un bol

réfraction

But

Cette expérience ludique permet de découvrir les lois de la réfraction. La pièce de monnaie placée au fond du bol est tout d'abord cachée par les bords du bol. Si on verse de l'eau, les rayons lumineux se propagent de telle façon que la pièce devient visible.

Niveau

Primaire. Temps estimé : 15 min.

Matériel

- pièce de monnaie
- bol opaque
- eau

Questions

Placez une pièce de monnaie dans un bol opaque et éloignez vous jusqu'à ce que le bord du bol vous masque la pièce. Demandez alors à une personne de remplir le bol d'eau.

Que se passe-t-il ?

- *La pièce est désormais visible. Nous nous sommes placés afin de ne pas voir les rayons lumineux issus du crayon, se propageant en ligne droite dans l'air. En présence d'eau les rayons lumineux sont déviés au niveau de l'interface eau-air, nous permettant de voir la pièce au fond du bol.*



Dioptre

réfraction réflexion

But

Cette expérience permet de visualiser pourquoi et à quel moment la lumière change de direction lors du phénomène de réfraction.

Niveau

Primaire, Collège. Temps estimé : 15 min.

Matériel

- *kit optique*

Posez la source de lumière sur une table sombre et placez le cache à une fente. Orientez le faisceau lumineux en direction des diverses pièces du kit optique

Décrivez le chemin emprunté par la lumière traversant :

- le bloc rectangle
- le demi-cylindre
- le miroir plan

À quel moment la lumière change-t-elle de direction ?

- *La lumière change de direction au niveau de la surface de contact entre les deux milieux différents. Cette surface est appelée le dioptre. Vous pouvez demander au élèves de donner des exemples dans la vie quotidienne (piscine pour réfraction, miroir pour réflexion...)*

Lunettes et télescopes

réflexion réfraction

But

Cet exercice permet de comprendre la différence entre les lunettes et les télescopes, de voir le trajet optique dans chaque cas avec les lentilles en coupe, et de faire le lien avec la formation d'image.

Niveau

Collège, Lycée. Temps estimé : 30 min.

Matériel

- kit lumière
- lentille convergente de focale f

Questions

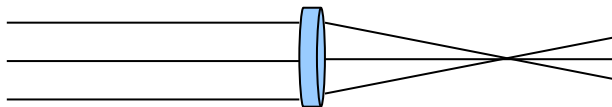
La différence entre les lunettes et les télescope réside dans la pièce optique principale de l'instrument : celle qui récolte toute la lumière.

Une lunette astronomique est constituée de deux lentilles convergentes :

- la plus grande appelée objectif
- la plus petite appelée oculaire

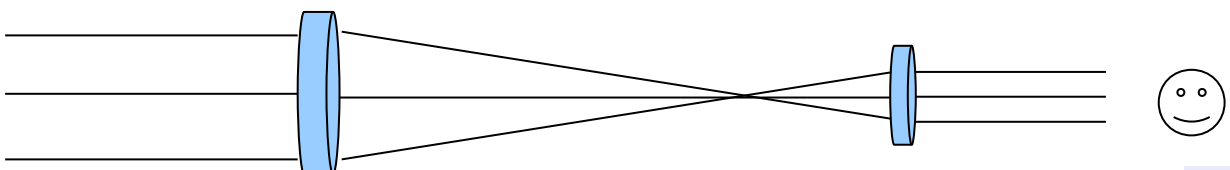
Comment se propage la lumière à travers une lentille convergente ? Réalisez un schéma.

- la lumière est réfractée à l'interface air/plexi en entrant dans la lentille, et à nouveau en sortant de la lentille. le faisceau lumineux est donc convergé.



Comment doit être le faisceau lumineux pour pouvoir être observé par l'œil ? Réalisez le montage optique d'une lunette astronomique (avec les lentilles en coupe).

- Afin d'être observables, les rayons lumineux doivent arriver parallèles. On a donc besoin d'une seconde lentille, placée de telle façon que son foyer soit commun avec la première.



Formez une image avec la lentille convergente.

- Une fois le trajet optique compris, il est important de faire le lien avec la formation d'une image. En vous plaçant dans une salle sombre, mais avec une source de lumière (fenêtre, néon), positionnez la lentille à f cm d'une feuille de papier, pour voir l'image de la source se former.

La pièce optique principale d'un télescope est son miroir.

Quel miroir converge le mieux les faisceaux lumineux : le miroir sphérique ou parabolique ?

- Pour cela il suffit de faire l'expérience avec 3 ou 4 faisceaux lumineux. On observe que les faisceaux convergent mieux avec une lentille parabolique, surtout quand on se trouve hors-axe.

Que se produit-il quand les faisceaux lumineux ne convergent pas exactement au même endroit ?

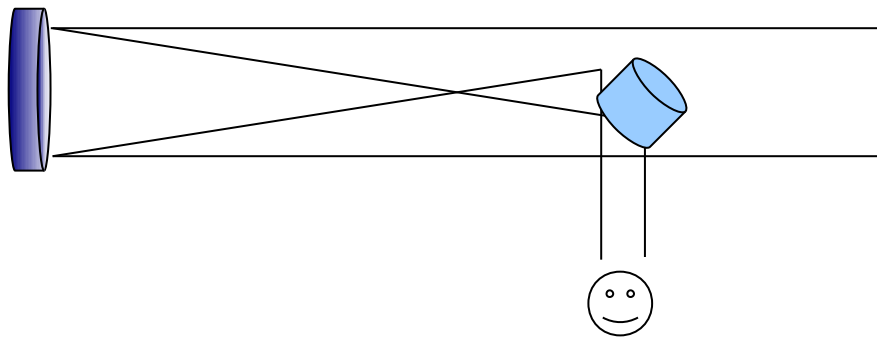
- L'image est nette quand l'écran se trouve à la distance focale du miroir. Si l'écran se trouve à côté de l'endroit où les rayons convergent, l'image est floue.

Formez une image avec le miroir convergent.

- Même principe que pour la lentille, sauf que l'on va devoir former l'image hors-axe pour ne pas occulter les rayons incidents.

Réalisez le montage optique d'un télescope (avec les miroirs en coupe). A-t-on besoin d'un oculaire pour observer avec un télescope ?

- Le miroir concave récolte la lumière et la fait se conférer au point focal du miroir. Il faut utiliser un oculaire (lentille convergente) pour que le faisceau redevienne parallèle.



Lunette de Galilée

réfraction

But

Cet exercice présente la lunette de Galilée et son principe optique.

Niveau

Collège, Lycée. Temps estimé : 30 min.

Matériel

- lentille convergente
- lentille divergente
- source de lumière

Histoire

Je me procurai d'abord un tube de plomb aux extrémités duquel j'adaptai deux lentilles de verre qui étaient toutes deux planes d'un côté, mais de l'autre l'une était convexe, l'autre concave ; mettant ensuite l'œil du côté concave je vis les objets assez grands et proches, car ils paraissaient trois fois plus voisins et neuf fois plus grands que s'ils étaient regardés avec la seule vision naturelle.



Expérience

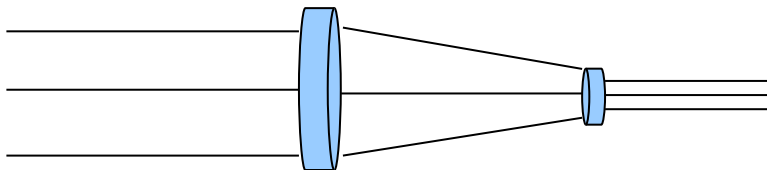
Pourquoi ne peut-on reproduire à la lettre dans des conditions sûres l'expérience de Galilée de nos jours ?

- *Il est dangereux de manipuler le plomb... mais pour le reste, pas de souci !*

Des lentilles concave ou convexe, laquelle est l'oculaire, laquelle est l'objectif ?

- *Les réponses sont dans le texte. La lentille concave récolte la lumière : c'est l'objectif, et l'oculaire, dans le principe optique de la lunette de Galilée, est divergente et donc convexe.*

- Réalisez le montage optique de la lunette de Galilée.



L'image apparaît-elle droite ou inversée ?

- *Un des avantages de ce schéma optique est que l'image est vue à l'endroit, contrairement à la lunette astronomique.*

Fonctionnement de l'œil

réfraction

But

Cet exercice permet de comprendre le principe optique de l'œil.

Niveau

Collège, Lycée. Temps estimé : 30 min.

Matériel

- 2 lentilles convergentes
- diaphragme
- feuille de papier blanc

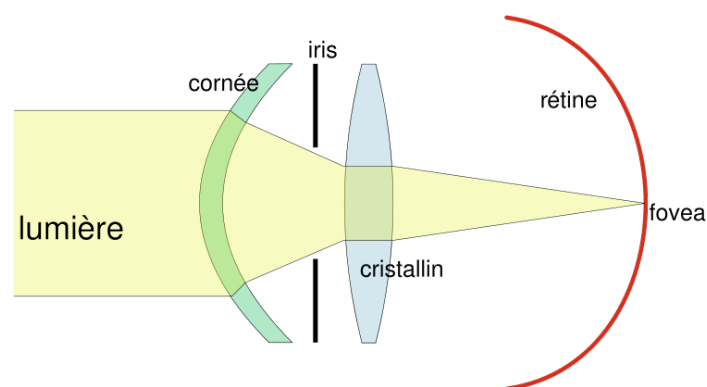
Expérience

L'œil peut être approximé par deux lentilles, un diaphragme et un écran.

À quelles parties de l'œil cela correspond-il ?

- cornée → *lentille convergente*
- cristallin → *lentille convergente*
- iris → *diaphragme*
- rétine → *écran*

Faire un schéma et effectuer le montage optique.



(source : Wikimedia Commons)

Comment les rayons lumineux venant d'un point lumineux doivent être lorsqu'ils entrent dans l'œil : parallèles ou convergents ?

- *Les rayons lumineux rentrant dans l'œil doivent être parallèles.*

Où doivent converger les rayons lumineux ?

- *Le système optique de l'œil converge les rayons lumineux sur l'écran qu'est la lentille.*

La myopie correspond à une image qui se forme avant la rétine, et l'hypermétropie à une image qui se forme après la rétine

Quelle lentille correctrice doit-on utiliser dans chacun des deux cas ?

- *On peut corriger la myopie en formant l'image plus loin dans l'œil afin d'atteindre la rétine, on utilise donc des verres divergents, alors que pour l'hypermétropie on corrige avec des verres convergents.*

Comment l'œil peut-il voir nettement les objets proches comme les objets éloignés ?

- *Le cristallin, qui est la lentille correctrice principale de l'œil, peut changer grâce à des muscles qui le contrôlent, sa focale.*

Lumière blanche

dispersion

But

Le but de cette expérience est de découvrir la composition de la lumière blanche et des différents moyens de la disperser.

Niveau

Primaire, Collège. Temps estimé 15 min.

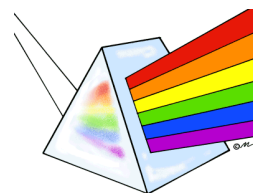
Matériel

- source de lumière
- réseau
- prisme

Questions

Posez la source de lumière sur la table et placez un prisme interceptant le faisceau lumineux

Faites un schéma représentant le trajet de la lumière.



Placez un écran à 15 cm de la sortie du prisme. Que voyez-vous ?

- On observe un arc-en-ciel.

Quel est le rôle d'un prisme ?

- Le rôle du prisme est de disperser la lumière. Cela forme ce que l'on appelle un spectre. Pour les arc-en-ciel célestes, ce sont les gouttes d'eau qui servent de disperser.

De quoi est composée la lumière blanche ?

- La lumière blanche est constituée de différentes couleurs.

Renouvelez l'expérience avec un réseau diapo à la place du prisme.

- On observe le même phénomène. Le réseau est un autre moyen de disperser la lumière.

Bleu du ciel

diffusion

But

Cette expérience aborde la notion de diffusion et explique pourquoi le ciel est bleu et le soleil apparaît rouge au couchant.

Niveau

Primaire, Collège, Lycée. Temps estimé : 15 min.

Matériel

- bocal transparent
- source lumineuse
- lait en poudre
- eau

Allumez la source lumineuse. Remplissez le bocal d'eau et regardez la source lumineuse au travers.

De quelle couleur voyez-vous la source lumineuse ?

- La source lumineuse est de la même couleur que vue à travers l'air : cad jaune/blanche.

Dissolvez un tout petit peu de lait en poudre dans l'eau, et éclairez le bocal de la même façon que précédemment. (Attention à ne pas mettre trop de poudre de lait !)

De quelle couleur voyez-vous l'eau ?

- L'eau apparaît blanc-bleuté. Ce sont les particules de lait en suspension qui diffusent la lumière incidente.

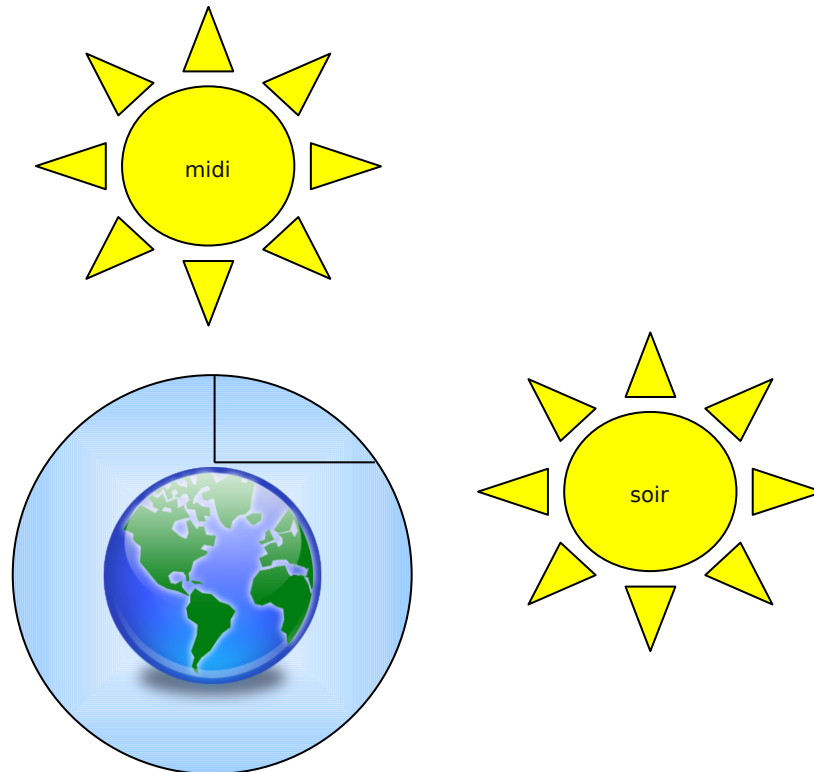
De quelle couleur voyez vous la source lumineuse à travers le bocal ?

- Vue à travers l'eau lactée, la source lumineuse apparaît rougeâtre. La composante bleue de la lumière a été diffusée par les particules en suspension, mais pas la composante rouge, que l'on observe alors.

À quoi cela vous fait-il penser ?

- Le liquide paraît plus éclairé quand il contient le lait. Les particules en suspension dans l'eau diffusent la lumière, et tout particulièrement sa composante bleue (ce que les enfants ne peuvent pas deviner, c'est pourquoi seule la constatation de la couleur est requise). La composante rouge, elle, continue comme si de rien était, c'est pour cela que la source apparaît rouge.

C'est le même phénomène qui a lieu avec le soleil pour source lumineuse et l'atmosphère pour milieu diffusant. La composante bleue de la lumière du soleil est diffusée par l'atmosphère, ce qui confère au ciel sa couleur bleue, et lors des couchers du soleil, quand la lumière doit traverser davantage d'atmosphère (cf schéma !!! échelles non respectées !!!), le soleil nous apparaît rouge.



Tache d'Airy

diffraction

But

Cette expérience montre à quoi ressemble l'image d'une source ponctuelle à travers un trou circulaire. C'est également l'image théorique d'une étoile (source ponctuelle) à travers un télescope. C'est ce qu'on appelle une figure de diffraction.

Niveau

Collège, Lycée. Temps estimé : 15 min.

Matériel

- diapositive papier aluminium 1 trou
- source lumineuse

Expérience

Prenez la diapositive de papier aluminium percé d'un trou. Placez-vous à quelques mètres, à hauteur de la source lumineuse et regardez-la au travers de la diapositive.

Questions

Faites un schéma de ce que vous voyez. À quoi cela vous fait-il penser ?

- *Cela peut faire penser aux élèves à des ronds dans l'eau. Ce phénomène, appelé diffraction, était un des arguments pour dire que la lumière était une vibration (comme les vagues de l'eau). C'est une expérience qui se porte en faveur de la nature ondulatoire de la lumière.*

Spectroscopie

diffraction

But
Niveau

Matériel

- toile de tissage très fin
- cd-rom
- réseau
- tube et fente (spectroscope)
- lampe à incandescence
- tube fluorescent
- miroir
- prisme
- disque de Newton

Expérience

Observer dans le spectroscope la lampe à incandescence. Vous devriez voir de chaque côté de la fente un arc-en-ciel. Quelle est la couleur la plus proche de la fente ? la plus éloignée ?

- *La couleur la plus proche est le violet, et la plus éloignée est la rouge.*

Combien de couleurs comptez-vous ?

- *On distingue plusieurs nuances principales, mais il n'y a pas de séparation nette : on observe un continu, c'est-à-dire une infinité de couleurs.*

Observez un tube fluorescent à travers le spectroscope. Que voyez-vous ?

- *On observe un continu plus faible, et des raies jaunes, verte et bleu brillante. On les appelle des raies d'émission, émises en l'occurrence par un gaz excité.*

Observez la lumière renvoyée par un nuage par exemple. D'où provient cette lumière ? Pourquoi vaut-il mieux éviter d'observer directement cette source ?

- *La lumière du ciel est en fait la lumière du soleil diffusée dans notre atmosphère. Il est dangereux de fixer le soleil lui-même plusieurs secondes.*

Vous devriez voir toutes les couleurs de l'arc-en-ciel comme avec la première lampe, en moins lumineux, mais avec une grosse différence. Laquelle ?

- *On observe des raies d'absorption : des raies sombres qui coupent le continu. Cela correspond à la présence de gaz dans l'atmosphère du soleil ou dans la notre, qui absorbe la lumière du soleil à son passage à différentes longueurs d'onde (couleurs).*