

OPTIQUE POUR TOUS AVEC TROIS FOIS RIEN

JOUONS AVEC LA
LUMIERE...



2015
ANNÉE DE LA LUMIÈRE
EN
FRANCE

UNIVERSITÉ
GRENOBLE
ALPES

EXPERIENCES D' « OPTIQUE POUR TOUS AVEC TROIS FOIS RIEN »

Fiches plus ou moins inspirées de la rubrique « Optics4kids » qu'on trouve sur le site web de la Société Américaine d'Optique { LIENHYPERTEXTE "<http://www.optics4kids.org/home/>" }

Ces expériences sont réalisables avec du matériel qu'on trouve la plupart du temps dans sa cuisine. Elles s'adressent à un large public y compris et surtout aux enfants niveau école primaire (Les expériences 1 à 10 sont même réputées s'adresser à des enfants à partir de 5 ans !). Une version ludique de ces fiches, adaptée pour être directement exploitée par un jeune public est présentée à la fin de ce recueil.

- 1-COUCOU MIROIR !
- 2-LES COULEURS DU NOIR
- 3-COUCHER DE SOLEIL ROUGE, CIEL BLEU
- 4-QUAND LE ROUGE NOIRCIT
- 5-PAR ICI LA MONNAIE
- 6-« ARC EN CIEL » A LA DEMANDE
- 7-TOURNE LA ROUE ET LES COULEURS
- 8-LA TV A L'ENVERS
- 9-LES BULLES DE SAVON: COLOREES SANS COLORANT
- 10-LENTILLE A L'EAU
- 11-FONTAINE LUMINEUSE
- 12-MIROIRS ET IMAGES
- 13-SYNTHESE DE COULEURS PAR MELANGE DE LUMIERES
- 14-VOIR LA LUMIERE INFRA-ROUGE
- 15-LUMIERE EN GELEE
- 16-CD ET DVD EN COULEURS
- 17-VOIR L'INVISIBLE EN COULEURS AVEC DES VERRES DE LUNETTES POLARISANTES

Fiches élaborées par Gérard CHOUTEAU et Jacques DEROUARD
(Professeurs de Physique, Université de Grenoble)

1-COUCOU MIROIR !

Pourquoi on peut voir son visage dans un miroir ? En fait les miroirs sont très lisses et brillants. La lumière qui arrive dessus rebondit, « se réfléchit ». Quand on voit son reflet dans un miroir, on voit en fait la lumière qui vient de notre visage et qui a été réfléchi par le miroir.

Matériel

Cahier

Miroir plan environ 10x15cm (commode avec miroir en plastique acrylique, léger et incassable)

Ruban adhésif (assez fort pour fixer le miroir)

Scotch

Papier

Petits cailloux

Quelques mètres de ficelle

Expérience

Cette activité se pratique avec un ou une camarade à peu près de la même taille. On se place dans un endroit avec un mur et de la place tout autour. Avec le ruban adhésif on fixe le miroir sur le mur, à la hauteur des yeux. Pendre avec du scotch une feuille de papier par dessus pour cacher la surface du miroir.

Le jeu est de deviner où il faut se placer pour que chacun puisse voir le reflet du visage de son camarade dans le miroir. Quand les deux sont d'accord chacun marque sa position sur le sol avec un petit caillou (ou tout autre objet). Ensuite on enlève le papier du miroir, puis chacun retourne là où ils étaient près de chaque petit caillou. Si on ne voit pas le reflet de son visage, on recommence jusqu'à ce que ça marche.

Est-ce que quand on voit le visage de son camarade, il nous voit aussi : Pourquoi ?

Quand ça a marché, chacun fixe l'extrémité d'une ficelle sur le sol avec du scotch, près du petit caillou où il était, il la tire jusqu'au mur et la fixe avec du scotch sur le sol en dessous du miroir. Les deux ficelles forment deux lignes droites, c'est le trajet de la lumière entre le visage, le miroir et le visage de l'autre camarade: regarder les angles que font chacune de ces deux ficelles avec le mur.

Quand la lumière qui provient d'un visage rebondit sur le miroir vers le camarade, elle le fait avec la règle : «l'angle de la lumière qui rebondit doit être le même que l'angle de la lumière qui arrive sur le miroir ».

Raconter dans un cahier ce qui a été fait et vu, faire un plan montrant le trajet de la lumière entre les camarades et le miroir.

Ce qui se passe

La lumière qui arrive sur une surface lisse et brillante comme un miroir rebondit, « se réfléchit » un peu comme un ballon.

Si on laisse tomber un ballon bien verticalement il rebondit sur le sol vers soi. Si on le jette devant soi il rebondit sur le sol suivant un angle identique à l'angle suivant lequel on l'a envoyé.

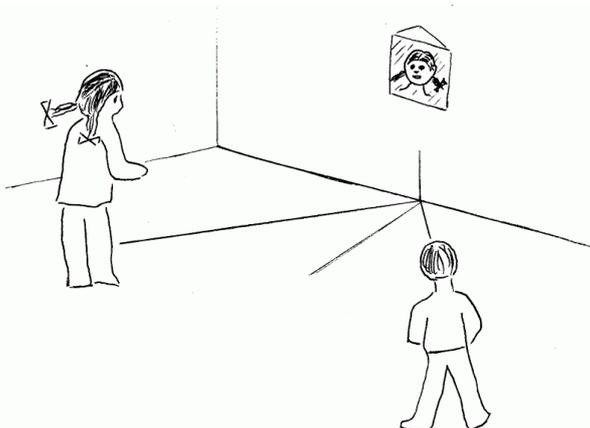


Schéma de la disposition de l'expérience à réaliser à deux avec un miroir pendu au mur

2-LES COULEURS DU NOIR

Avec cette expérience on voit que l'encre noire d'un feutre est en fait composée de produits de différentes couleurs dont la superposition donne du noir. Pour cela on réalise une expérience de « chromatographie » consistant à utiliser le phénomène de « capillarité », c'est-à-dire la façon dont l'eau imbibe un papier, pour observer comment les différents « pigments » de l'encre se séparent à mesure que l'eau imbibe une marque réalisée au feutre.

Matériel

Filtres à café en papier

Verre

Eau

Feutre noir (choisir un modèle dont l'encre est lavable à l'eau, l'expérience ne marche pas avec les feutres indélébiles)

Expérience

Découper le filtre à café suivant des bandes d'environ 2 cm de large

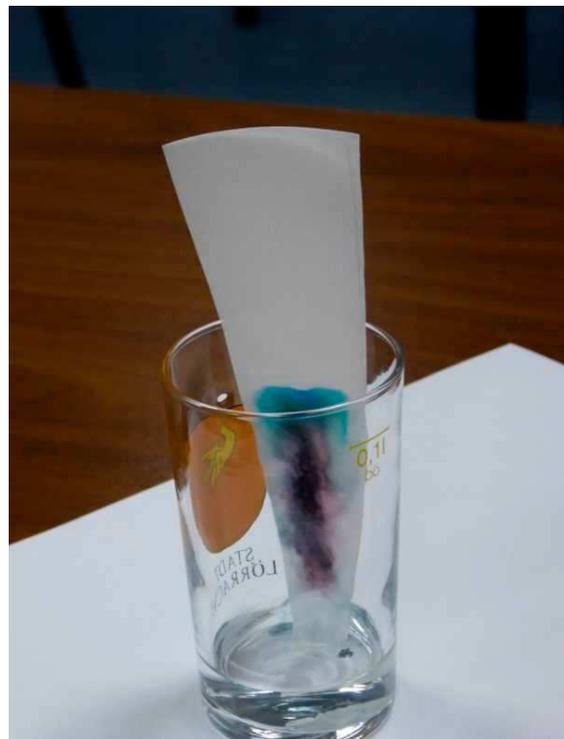
Sur une bande dessiner un point noir de 0,5cm de diamètre, à une distance de 1,5cm d'une extrémité.

Verser de l'eau dans le verre sur une épaisseur d'environ 1cm.

Tremper l'extrémité du filtre marquée par le point noir dans le verre (le point noir doit être au-dessus de l'eau, tenir le papier pour qu'il ne s'avachisse pas dans l'eau, ou le fixer avec du scotch sur une règle qu'on pose dans le verre)

Observer ce qui se passe à mesure que l'eau imbibe le papier par capillarité : quelles couleurs différentes apparaissent dont la superposition donne du noir ?

Répéter l'expérience avec d'autres couleurs (le vert en particulier) pour voir s'il y a d'autres encres qui sont constituées de plusieurs pigments.



Expérience de "chromatographie" de l'encre noire sur un papier de filtre à café trempant dans un peu d'eau au début (à gauche), et après quelques secondes (à droite): On distingue le bleu et le rose qui se séparent et constituent le noir du départ

Ce qui se passe

Les feutres contiennent parfois des encres composées de pigments de différentes couleurs. Lorsque l'eau monte par capillarité dans le papier filtre elle dissout au passage les pigments de l'encre. Ces différents pigments suivent la montée de l'eau, mais pas tous à la même vitesse, ce qui permet de les séparer.

La vitesse avec laquelle les pigments montent avec l'eau dépend de la taille des molécules de pigment et de la façon dont le papier les attire.

Pourquoi le mélange de plusieurs couleurs donne du noir ?

Un pigment apparaît coloré parce qu'il absorbe certaines couleurs de la lumière blanche qu'il l'éclaire et réfléchit les autres. Quand on superpose à une tache d'une certaine couleur une tache d'une autre couleur, il y a de plus en plus de couleurs qui sont absorbées, et le résultat peut finir par être noir, ce qui correspond à la situation où plus aucune couleur de la lumière n'est réfléchiée parce qu'elles sont toutes absorbées.



La superposition du rose et du bleu donne du noir.

3-COUCHER DE SOLEIL ROUGE, CIEL BLEU

Quand le soleil se lève ou se couche il apparaît rouge. Entre les nuages, le ciel est bleu. Ces deux observations ont la même origine, ainsi que cette expérience va te le montrer.

Matériel

Petite lampe torche genre « Maglite », si possible avec une ampoule à incandescence plutôt qu'une LED.
Un récipient transparent de préférence avec des faces parallèles (un petit aquarium est parfait, mais une bouteille en verre incolore et lisse peut également faire l'affaire).
Mur blanc ou carton recouvert d'un papier blanc
Lait demi-écrémé.

Expérience

Disposer le récipient de telle sorte qu'on puisse l'éclairer latéralement avec la lampe torche et observer le faisceau transmis sur un mur ou une surface blanche.

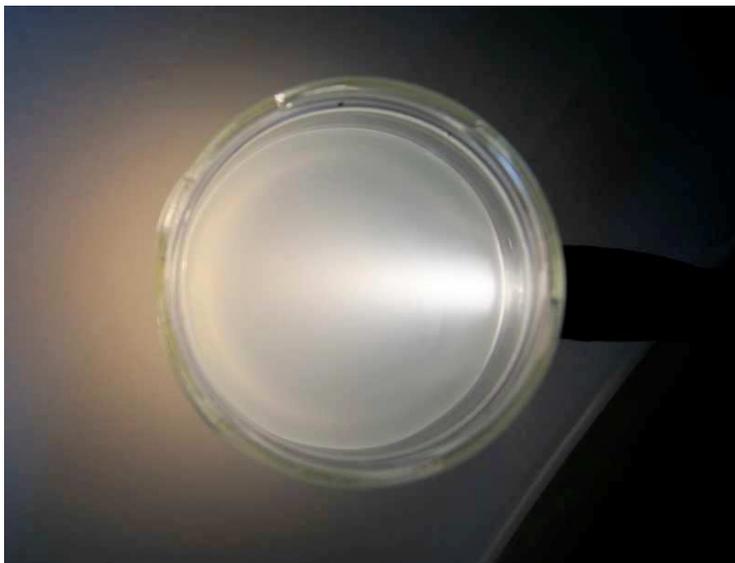
Remplir le récipient d'eau claire.

Allumer la lampe torche et diriger son faisceau latéralement à travers le récipient. Remarquer qu'il est difficile de voir le trajet du faisceau à travers l'eau : de petits points brillants peuvent apparaître s'il y a de petites poussières ou bulles en suspension dans l'eau lorsqu'elles croisent le faisceau de lumière.

Observer l'aspect et la couleur du faisceau transmis.

Ajouter juste *un tout petit peu* de lait : tremper le manche d'une cuiller dans la bouteille de lait et mets-le ensuite dans le récipient en touillant. Selon le volume du récipient répéter l'opération jusqu'à ce qu'on observe quelque chose : dans le récipient le faisceau de la lampe apparaît bleu, cependant que la couleur du faisceau transmis de blanche devient plus jaune.

Augmenter progressivement la dose de lait : le faisceau dans le récipient devient de plus en plus visible, et la couleur du faisceau transmis jaunit de plus en plus, vire à l'orange, voire au rouge, et le spot devient de moins en moins lumineux. Si on ajoute encore du lait il arrive un moment où on ne voit plus le faisceau transmis, on ne voit qu'un halo de lumière diffusée.



Observation de la diffusion de la lumière par de l'eau additionnée de quelques gouttes de lait. La lumière diffusée dans le bocal est plutôt bleuâtre, celle qui est diffusée sur la table après avoir traversé le bocal est plutôt rougeâtre.



Observation de la lumière transmise à travers le bocal rempli d'eau additionnée de quelques gouttes de lait. La lumière diffusée par le lait est plutôt bleutée, celle qui est transmise est rougeâtre.

Ce qui se passe

La lumière se propage normalement en ligne droite tant qu'elle ne rencontre pas un obstacle. C'est pourquoi dans l'eau propre la lumière ne dévie pas de son trajet rectiligne et n'est pas visible latéralement.

Cependant si la lumière rencontre une petite particule elle est en partie déviée de telle sorte qu'on peut l'apercevoir depuis le côté (ou le dessus) du récipient.

Lorsqu'on ajoute du lait, on ajoute plein de minuscules gouttelettes de crème qui dévient une partie de la lumière et ainsi le trajet de la lumière devient de plus en plus visible. En même temps cette lumière déviée (« diffusée ») disparaît du faisceau transmis, qui donc s'atténue et devient de moins en moins brillant.

Il se trouve que les différentes couleurs de l'arc en ciel composant un faisceau de lumière blanche ne sont pas diffusées avec la même efficacité : La lumière bleue est davantage diffusée que la lumière jaune et encore bien plus que la lumière rouge. C'est pour cela que la lumière diffusée apparaît plutôt bleue. La lumière rouge étant moins diffusée, elle a tendance à poursuivre son chemin sans déviation et à être transmise à travers l'eau laiteuse: comme il y a plus de rouge que de bleu qui est transmis, la couleur du faisceau transmis vire au rouge.

Quel est le rapport avec la couleur bleue du ciel et le rouge du coucher de soleil ? La lumière qu'on voit quand on regarde le ciel est en fait de la lumière du soleil qui a été diffusée par les molécules d'air ou les minuscules particules de poussière de l'atmosphère, de la même façon que la lumière de la lampe torche est diffusée par les gouttelettes de crème dans l'eau. Comme la lumière bleue est plus diffusée que les autres couleurs, le ciel est bleu. (NB en fait la lumière violette est encore plus diffusée, mais le soleil en émet moins et on y est moins sensible, ce qui fait que c'est du bleu qu'on perçoit)

Regarder le soleil, c'est comme regarder la lumière transmise à travers l'eau laiteuse : on voit la lumière qui n'a pas été diffusée par l'atmosphère. Au soleil couchant les rayons du soleil qui arrivent jusqu'à notre œil ont parcouru un long trajet à travers l'atmosphère, (plus long que lorsqu'il est midi et que le soleil est à la verticale). Il y a donc eu beaucoup de diffusion et on ne voit plus que de la lumière rouge.

4-QUAND LE VERT NOIRCIT

Un objet rouge apparaît rouge parce qu'il renvoie surtout la lumière rouge à notre œil et qu'il absorbe toutes les autres couleurs de la lumière visible.

Qu'est-ce qui peut faire qu'un M&M's vert puisse apparaître noir?

Matériel

Des boîtes en carton de la taille d'une boîte à chaussures

Une règle

Ciseaux, cutter

Cellophane de différentes couleurs

Scotch

Des M&M's, Smarties ou autres bonbons ou objets colorés (capuchons de stylo...).

Une grosse lampe torche ou la lumière du jour

Expérience

Découper un trou rectangulaire d'environ 7cm par 14cm dans le couvercle de la boîte.

Couper 4 pièces de cellophane rouge d'environ 9cm par 16cm (ou une pièce de 18 par 32 repliée 2 fois pour en avoir 4 épaisseurs).

Fixer avec du scotch les 4 épaisseurs de cellophane en face du trou du couvercle de la boîte.

Découper un trou carré d'environ 2,5cm de côté sur le côté de la boîte.

Placer les objets colorés dans la boîte et mettre le couvercle.

Aller au soleil ou éclairer l'intérieur de la boîte avec la lampe torche.

Regarder l'intérieur de la boîte par le trou latéral et observe la couleur des objets quand on met ou pas le couvercle avec la cellophane.

Répéter l'expérience en fabriquant d'autres boîtes avec d'autres couleurs de cellophane, et observer comment la couleur apparente des objets change.



Boîte en carton percée d'une fenêtre avec un papier rouge, permettant de créer un volume éclairé par une lumière colorée.

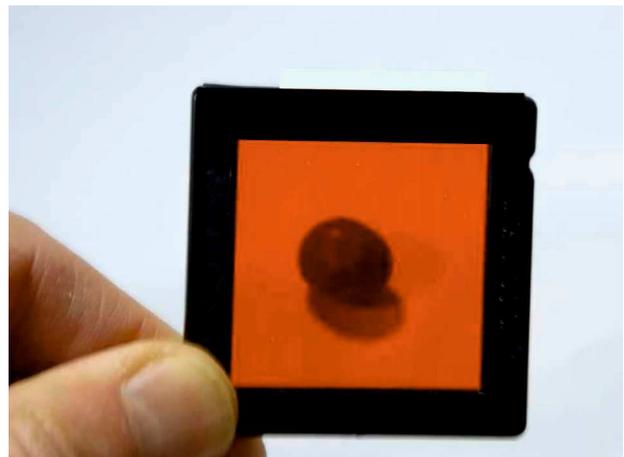


Aspect d'un objet vert éclairé en lumière blanche (à gauche) ou placé dans le volume éclairé en rouge de la boîte (à droite).

Ce qui se passe

Un objet rouge apparaît rouge parce qu'il renvoie surtout de la lumière rouge vers notre œil. Toutes les autres couleurs de la lumière visible sont absorbées par l'objet. Le filtre rouge sur le couvercle de la boîte absorbe toutes les couleurs de la lumière blanche et ne transmet que le rouge. Cette lumière rouge ne contient pas de lumière verte, de telle sorte qu'un objet vert n'a pas la possibilité de renvoyer de la lumière verte vers notre œil : il apparaît noir. C'est pareil avec un objet bleu, qui apparaît donc noir aussi.

Remarque : l'expérience peut être réalisée très simplement si on dispose de lampes colorées. Dans ce cas disposer les objets colorés sur une table, se placer dans le noir, puis allumer une lampe colorée et comparer avec l'aspect observé avec un éclairage « blanc ».



Aspect d'un objet vert éclairé en lumière blanche et observé directement (à gauche) ou à travers un filtre rouge (à droite)

5-PAR ICI LA MONNAIE

Que se passe-t-il quand la lumière passe d'un type de matière à un autre ? Comment la lumière est-elle déviée ? Comment tout ceci peut faire apparaître ou disparaître un objet.

Matériel

Un bol opaque
Scotch
Pièce de monnaie
Eau

Expérience

Fixer la pièce de monnaie au fond du bol avec du scotch

Regarder la pièce au fond du bol, et reculer jusqu'à ce que la pièce soit juste cachée par la paroi du bol

Garder la même position tout en versant de l'eau dans le bol : la pièce de monnaie réapparaît !

Faire deux dessins représentant le bol vu de côté et les rayons de lumière allant depuis la pièce de monnaie au fond de notre oeil, un dessin avec le bol vide, et un autre avec le bol plein d'eau.

Imaginer que l'on veuille comme les indiens d'Amazonie, chasser un poisson en lui tirant une flèche depuis le bord de la rivière: doit-on viser au dessus ou au dessous du poisson pour l'atteindre?



Aspect du bol avec une pièce de monnaie collée au fond, vide (à gauche) et plein d'eau (à droite), vu sous le même angle

Ce qui se passe

On ne peut plus voir la pièce de monnaie parce que les rayons de lumière provenant de la pièce sont arrêtés par la paroi du bol avant d'arriver à l'œil de l'observateur. Les rayons qui passent au dessus du bol arrivent au dessus de son œil sur son front. Quand on verse de l'eau dans le bol, les rayons de lumière qui avant arrivaient sur le front sont maintenant déviés vers le bas à la sortie de l'eau et l'œil revoit la pièce de monnaie.

Au passage entre deux « milieux » différents (comme entre l'eau et l'air, entre l'eau et le verre, etc...) la lumière est déviée. L'angle de déviation est nul si les rayons arrivent perpendiculairement à la frontière entre les deux milieux, il est d'autant plus grand que les rayons lumineux sont plus inclinés par rapport à la perpendiculaire à cette frontière.

Ceci va avec le fait que le trajet de la lumière pour aller d'un endroit à l'autre est celui qui prend le moins de temps. Comme la vitesse de la lumière dépend du milieu dans lequel elle se propage, le trajet qui prend le moins de temps n'est pas la ligne droite la plus directe. Comme exemple supposons que sur la plage et veuille atteindre le plus vite possible une bouée placée dans la mer à une certaine distance du bord et pas en face de soi; comme on court plus vite qu'on nage on a intérêt à rallonger la distance courue sur la plage pour diminuer la distance à nager, et donc à ne pas filer directement en ligne droite en direction de la bouée depuis le point de départ sur la plage!

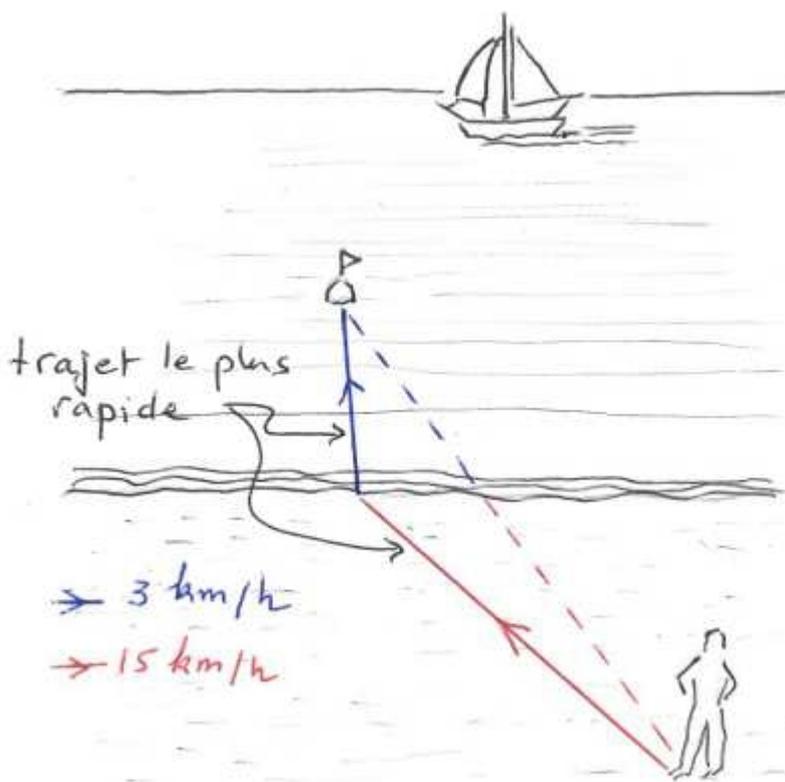


Schéma illustrant pourquoi le chemin le plus rapide entre deux points de milieux différents n'est pas une ligne droite, et qui explique pourquoi la lumière change de direction au passage entre l'air et l'eau, le verre, le plastique etc...

6-« ARC EN CIEL » A LA DEMANDE

Décomposition au moyen d'un prisme d'eau, la lumière blanche du soleil en toutes les couleurs de l'arc en ciel.

Matériel

Une fenêtre ensoleillée
Une boîte en plastique de 10 à 15cm de haut, ou une petite cuvette
Un miroir d'environ 10 à 15cm de côté
Une feuille de papier blanc ou un mur blanc
Eau
Gros caillou d'environ 10cm

Expérience

Placer la cuvette près de la fenêtre avec le soleil en face
Mettre le miroir dans l'eau, incliné face au soleil
Régler l'inclinaison du miroir de façon à renvoyer le reflet du soleil sur la feuille blanche : les couleurs de l'arc en ciel apparaissent !
C'est plus joli si après avoir réglé l'inclinaison du miroir à la main on le laisse incliné posé sur un objet (genre gros caillou) placé au fond de la cuvette et qu'on attend que la surface de l'eau redevienne immobile.
Si on a du papier ou du plastique transparent coloré, le placer sur le trajet des rayons du soleil et observer comment les couleurs de "l'arc en ciel" sont modifiées.

Ce qui se passe

Le principe de cette expérience est d'utiliser la « réfraction » de la lumière pour décomposer la lumière blanche suivant les différentes couleurs qui la composent. La « réfraction » est la déviation des rayons lumineux quand ils passent d'un milieu à un autre, comme ici de l'air à l'eau et de l'eau à l'air. Ceci se produit quand la vitesse de la lumière n'est pas la même dans les deux milieux (cf la fiche n°5 « Passer la monnaie »). Il se trouve que la vitesse de la lumière dans l'eau dépend légèrement de la couleur, de telle sorte que « l'angle de réfraction » au passage eau-air n'est pas le même pour les différentes couleurs, qui en étant déviées différemment se trouvent ainsi séparées. C'est un peu la même chose quand on voit un arc en ciel, sauf que dans ce cas ce sont les gouttes d'eau de la pluie, au lieu comme ici de l'eau de la cuvette, qui agissent.



Réalisation d'un "prisme d'eau" avec la boîte, le miroir et l'eau



Reflète coloré de toutes les couleurs de l'arc en ciel, formé par la réflexion du soleil sur le "prisme d'eau"

7-TOURNE LA ROUE ET LES COULEURS

Création du blanc en mélangeant des couleurs

Matériel

Petite assiette en carton (avec au moins une face mate, non recouverte, pour qu'on puisse écrire dessus)
Ciseaux
Règle
Feutres ou crayons de différentes couleurs
Crayon-gomme
Punaise-épingle avec poignée

Expérience

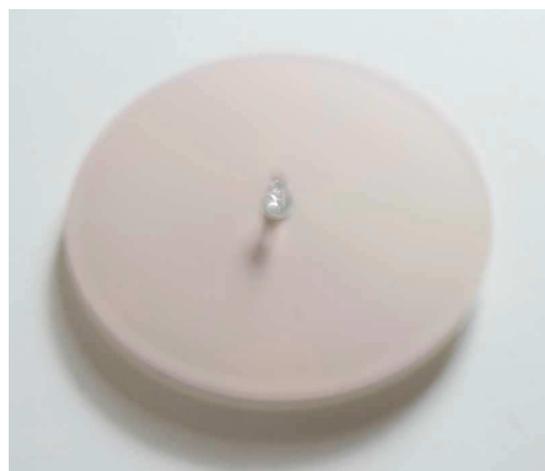
Découper le bord de l'assiette pour avoir un disque plat
Bien repérer le centre de l'assiette, et au moyen de la règle et du crayon diviser le disque obtenu en 12 secteurs identiques
Colorier chaque secteur avec différentes couleurs (rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet)
Arracher la petite gomme à l'extrémité du crayon
Avec la punaise-épingle traverser le disque colorié en son centre, et la piquer dans la petite gomme. On a fabriqué une toupie !
Lancer cette toupie en la faisant tourner au moyen de la punaise-épingle: Observer la couleur de la toupie quand elle tourne

Ce qui se passe

Quelle couleur a le disque quand il tourne ? Est-ce que ça dépend du sens de rotation ? de la vitesse de rotation ?

Voir l'expérience n°6 (« Arc en ciel à la demande »). Là on décomposait la lumière blanche en ses différentes couleurs. Ici c'est l'opération inverse : chaque secteur coloré du disque éclairé en lumière blanche renvoie vers ton œil de la lumière ne contenant qu'une partie des couleurs de l'arc en ciel. Quand le disque tourne rapidement l'œil perçoit à la suite toutes ces différentes couleurs, leur superposition donne une impression de blanc.

Refabriquer un disque avec les secteurs colorés alternativement en rouge et vert : quelle couleur perçoit-on quand on fait tourner ce disque ?



Toupie formée d'un disque aux multiples couleurs éclairée en lumière blanche, immobile (à gauche) et en rotation (à droite). En rotation toutes les couleurs se mélangent et donnent une impression de couleur blanchâtre.

8-LA TV A L'ENVERS

Avec une loupe on peut faire une image avec plein d'objets : un lampadaire, une fenêtre éclairée par le soleil, un arbre au fond du jardin, ou même le chien du voisin ! (Expériences à faire depuis l'intérieur de la maison quand il y a du soleil dehors). Un autre truc marrant à regarder est l'image d'une émission sur un écran de télé ou d'une vidéo sur un PC

Matériel

Une loupe (minimum 7 à 8 cm de diamètre)
Une feuille de papier blanc
TV ou écran de PC

Expérience

Attendre qu'il fasse nuit ou sombre. Allumer la télé. Eteindre toutes les lumières, et se placer à environ 1m du poste. Prendre la loupe, la mettre verticalement, face à l'écran et parallèle à lui. Approcher la feuille de papier du côté opposé à la télé par rapport à la loupe, à une distance d'une vingtaine de cm : la déplacer longitudinalement dans les deux sens jusqu'à ce qu'une image nette de l'écran apparaisse (la feuille doit également rester parallèle à l'écran de télé).

On peut faire varier la taille de l'image en rapprochant ou en éloignant la loupe de la télé et en repositionnant à chaque fois la feuille de papier.

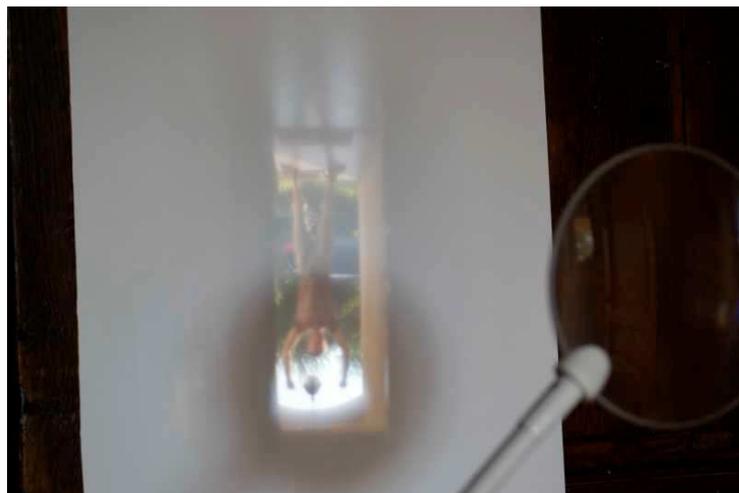
Ce qui se passe

La télé émet de la lumière dans toutes les directions. Ainsi chaque point de l'écran illumine toute la surface de la loupe. La loupe a pour effet de dévier chaque rayon qui l'atteint, et pour une position bien choisie de la feuille de papier, de réunir à nouveau tous les rayons émis depuis un point de l'écran télé en un point de la feuille de papier. De cette façon on obtient sur la feuille de papier une "image" de l'écran télé*.

Pour cela la loupe dévie plutôt vers la droite les rayons provenant de la partie gauche de l'écran télé, et elle dévie plutôt vers la gauche les rayons provenant de la partie droite de l'écran télé, ceux provenant de la partie haute sont plutôt déviés vers le bas, ceux provenant de la partie basse plutôt déviés vers le haut. Du coup l'image est inversée. (Tout ceci est bien sûr vrai pour tous les objets *éloignés* dont on forme l'image sur une feuille de papier avec la loupe. Quand on regarde un objet *proche* directement avec son oeil à travers la loupe on le voit plus gros et non inversé, c'est différent et plus difficile à expliquer...)

Remarquer que quand la loupe est plus près de l'écran TV il faut éloigner davantage la feuille de papier pour obtenir une image nette: la distance de la loupe à l'objet détermine l'endroit où on obtient l'image nette et détermine aussi sa taille, Cela dépend aussi du type de loupe (plus ou moins "bombée").

*Un cas extrême est celui où on fait l'image du soleil: son image est en pratique petite, de telle sorte qu'on concentre ainsi les rayons du soleil et l'énergie qui va avec en une région très petite de la feuille de papier, qui alors s'échauffe tellement qu'elle peut s'enflammer.



Projection sur un écran de l'image inversée d'une scène au moyen d'une loupe

9-LES BULLES DE SAVON: COLOREES SANS COLORANT

Dans la nature il arrive que des objets incolores apparaissent colorés. C'est le cas des bulles de savon. Observons...

Matériel

Liquide vaisselle, glycérine (acheter en pharmacie), sucre, eau
Objet circulaire (un joint de plomberie diamètre 3cm tenu avec une pince à épiler marche bien)
Deux lames "porte-objet" de microscope (optionnel), éclairage lampe "économique" ou "néon"

Expérience

Recette pour fabriquer 10cl de liquide à bulles de savon:

- dans un bol dissoudre 5g de sucre (soit 1 morceau) dans 2,5cl d'eau
- ajouter 2cl de liquide vaisselle et 1cl de glycérine. Mélanger sans secouer (pour éviter la mousse)
- ajouter 4cl d'eau. Mélanger sans secouer. Verser dans un petit bocal et laisser reposer quelques heures à l'air libre

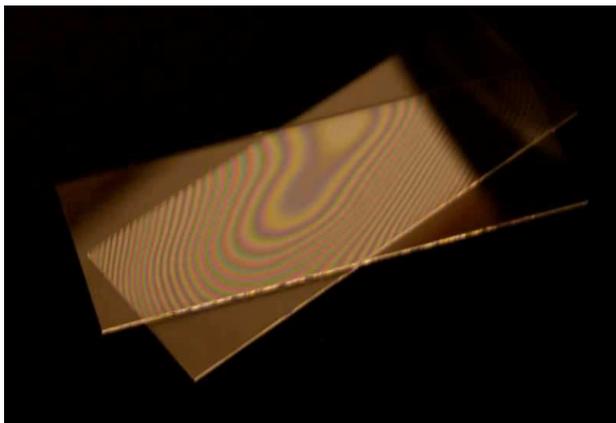
Tremper le joint circulaire tenu par une pince dans le liquide, égoutter, souffler (parfois le film liquide qui se forme dans le joint éclate sans faire de bulle, recommencer...)

Observer, éclairées en lumière blanche les bulles sont colorées!

Placer deux lames porte-objet de microscope l'une sur l'autre, et les tenir entre ses doigts et observer le reflet sous éclairage artificiel néon ou lampe "économique" : des irisations colorées apparaissent (peut apparaître parfois avec la lumière naturelle, ou éclairage avec une lampe à incandescence ou LED, mais ça ne marche que si les lames soit assez propres et polies, ce qui est rare en pratique).



Reflets colorés des bulles de savon éclairées par le soleil



Reflets colorés de deux lames de verre superposées et éclairées par une lampe "économique". Ces reflets colorés montrent que les lames de verre ne sont pas parfaitement planes et qu'il se glisse une très fine épaisseur d'air entre les deux. La forme des lignes reproduit les lignes d' "iso-épaisseur" d'air.

Ce qui se passe

Les bulles de savon sont constituées d'une épaisseur très petite (de l'ordre du micron, un millième de millimètre) d'eau savonneuse. La plus grande partie de la lumière qui les éclaire passe au travers (les bulles sont transparentes), mais une petite partie se reflète sur la surface du film d'eau savonneuse en contact avec l'air extérieur de la bulle, et une autre petite partie se reflète sur la surface en contact avec l'air intérieur de la bulle.

On a une situation du même genre avec les reflets se produisant sur les surfaces des lames de microscope qui se font face: Comme les lames ne sont pas exactement planes et qu'il peut y avoir de minuscules poussières, il y a une mince couche d'air entre les deux lames.

Ces deux reflets se superposent, on dit qu'ils "interfèrent". Ce phénomène d'"interférence" se produit quand on superpose des "ondes". Car la lumière est en fait une "onde" qui se propage telle les vagues à la surface de l'eau, sauf que la quantité qui "ondule" n'est pas directement visible comme la hauteur de l'eau dans le cas des vagues, c'est une quantité abstraite qu'on appelle le champ électrique.

Quand on superpose deux ondes il peut se produire que les creux de l'une se trouvent à la même position que les bosses de l'autre, auquel cas les deux ondes se neutralisent. La distance entre les creux (ou les bosses) des deux ondes qui interfèrent dépend de la "longueur d'onde" qui est la distance entre deux creux d'une même onde, et qui est associée à la couleur de l'onde. Elle dépend aussi de la distance entre les deux surfaces où se produisent les reflets, et de l'angle sous lequel on les regarde. Si on regarde un point donné de la bulle éclairée en lumière blanche, certaines couleurs sont associées à des ondes qui se neutralisent, du coup les ondes réfléchies sont colorées suivant la "couleur complémentaire": si le jaune est neutralisé, on voit du "magenta", teinte rose-violacé dont la superposition avec le jaune donne du blanc.

Pourquoi faut-il que les surfaces réfléchissantes soient très proches pour qu'on observe ces "couleurs interférentielles"? C'est parce que lorsqu'on augmente la distance entre les surfaces réfléchissantes il y a de plus en plus d'ondes de différentes longueurs d'onde qui sont neutralisées, correspondant à des couleurs réparties entre le violet et le rouge dans les couleurs de l'arc en ciel. Et entre ces couleurs neutralisées il y a de plus en plus de couleurs qui ne le sont pas, et qui sont également réparties entre le violet et le rouge: la superposition de l'ensemble de ces couleurs non neutralisées ainsi réparties donne une impression de blanc.

Pourquoi les couleurs interférentielles se voient mieux avec la lumière artificielle d'un "tube néon"? C'est parce que le tube néon n'émet pas toutes les couleurs de l'arc en ciel, mais seulement certaines d'entre elles (dont la superposition nous donne une impression proche du blanc). Quand on augmente la distance entre les surfaces réfléchissantes le nombre de couleurs qui ne sont pas neutralisées n'augmente pas autant qu'avec de la lumière blanche (puisque'il y en a moins au départ qui sont émises par le tube néon), ce qui donne une teinte qui reste colorée.

Ce phénomène de "couleurs interférentielles" s'observe dans de nombreuses situations où on a une couche très mince produisant deux reflets sur chacune de ses surfaces: flaque d'huile ou de gazole flottant à la surface de l'eau ou sur le sol lisse et humide, film de "chitine" sur la carapace des scarabées, film d'oxyde sur une pièce métallique passée à la flamme...

10-LENTILLE A L'EAU

Observer comment une bouteille en verre remplie d'eau se comporte comme une lentille. Etudie comment elle agit sur les rayons lumineux pour former une image, un peu comme ce qui se passe dans ton œil ou dans un appareil photo.

Matériel

Bouteille en verre transparent à fond plat (un verre à boire peut également faire l'affaire)

Eau

Papier cartonné blanc

Cutter

Film plastique transparent coloré et scotch (optionnel)

Petite lampe torche

Pièce pas trop éclairée

Expérience

Poser la lampe-torche sur la table et l'allumer. On voit sur la table la trace des rayons lumineux qui divergent depuis la lampe (on voit mieux si la pièce est un peu sombre).

Remplir la bouteille d'eau, et diriger la lampe torche horizontalement vers le milieu de la bouteille. On voit toujours la trace des rayons sur la table. Observer que les rayons émis par la lampe tendent à se resserrer après avoir traversé la bouteille, et se croisent vers un point qui se trouve plus ou moins loin de la bouteille suivant la distance à laquelle on place la lampe. Quand on recule la lampe au loin, le point vers lequel les rayons tendent à se croiser s'appelle le "foyer" de la lentille que constitue la bouteille remplie d'eau. Inversement quand on rapproche la lampe de la bouteille, les rayons qui sortent de la bouteille tendent à se croiser de plus en plus loin. Si la lampe est trop proche de la bouteille les rayons ne se croisent même plus du tout.

Avec le cutter découper dans le carton 2 fentes verticales parallèles de environ 1mm de large, espacées d'environ 1cm, et haute l'une de 2cm, l'autre de 4 cm.

Si on a du film en plastique transparent, recouvrir une des fentes par une bande de ce film et la coller avec du scotch, cela permettra de la reconnaître plus facilement.

Placer la lampe torche horizontalement et éclairer le carton avec les fentes, posé verticalement.

Placer maintenant la bouteille en verre avec de l'eau dedans à une vingtaine de cm du carton avec les fentes, et observer sur un autre bout de carton vertical la lumière transmise à travers la bouteille. Il faut que les fentes soient situées à une hauteur où il y a de l'eau dans la bouteille, et où elle est bien cylindrique (donc pas près du goulot, ni de la base). Eloigner ou rapprocher ce carton de la bouteille jusqu'à observer une image nette des fentes verticales: remarquer que l'image est inversée (la fente de droite est à gauche et a la tête en bas).

Eloigner de plus en plus le carton avec les fentes de la bouteille, et remarquer que l'image la plus nette se forme de plus en plus près de la bouteille. Comment varie la taille de l'image?

Inversement rapprocher les fentes de la bouteille et observer que l'image la plus nette se forme de plus en plus loin de la bouteille, et que si on rapproche trop les fentes de la bouteille il n'y a plus de position où se forme une image nette.



Focalisation de la lumière par le bocal rempli d'eau. De part et d'autre du bocal on voit la trace de la lumière qui est passée à l'extérieur du bocal et qui n'est donc pas focalisée



Montage permettant de réaliser avec la "lentille-bocal" l'image de deux fentes éclairées par la lampe torche.

Ce qui se passe

Le principe qui fait que les rayons tendent à se resserrer en traversant la bouteille est la "réfraction", qui est la déviation des rayons lumineux quand ils passent d'un milieu à un autre (l'air, le verre, puis l'eau, à nouveau le verre puis l'air).

La formation de l'image d'un objet par une lentille est à la base du fonctionnement des appareils photos, des projecteurs de cinéma, des microscopes, télescopes et de plein d'autres appareils.

Notre œil lui-même se comporte comme une lentille qui forme l'image des objets qui nous entourent sur la rétine se trouvant au fond de notre œil, et c'est le "nerf optique" qui communique les informations au cerveau, de la même façon qu'une webcam peut être connectée à un ordinateur au moyen d'un câble USB.

11- FONTAINE LUMINEUSE

Avec cette activité, observer la “réflexion interne totale” et le principe des fibres optiques..

Matériel

- Bouteille en plastique transparent du genre eau minérale.
- Ruban adhésif opaque
- Salle obscure
- Evier (de préférence) ou cuvette
- Punaise ou poinçon, clou
- Paille
- Lampe torche et/ou pointeur laser

Expérience

Coller sur la bouteille du ruban adhésif opaque suivant un carré d'environ 5 cm de côté, près du fond. Eclairer avec la lampe torche et vérifie que la lumière ne traverse pas, sinon mettre plusieurs épaisseurs.

Avec la punaise percer un trou dans la bouteille au centre du carré de ruban adhésif. Agrandir le trou avec un clou de façon à pouvoir glisser un bout de paille en plastique de 4 à 5cm de long: il faut que le trou soit un petit peu plus petit que le diamètre de la paille pour que la paille rentre en force et que l'eau ne puisse pas fuir. La longueur de paille dans la bouteille doit être d'environ 2cm, et dépasse d'environ 3cm à l'extérieur de la bouteille.

Remplir la bouteille d'eau et visser le bouchon

Placer la bouteille avec la paille dirigée vers un évier ou une cuvette.

Eclairer la paille avec la lampe torche à travers la bouteille, éteindre la lumière dans la pièce, et dévisser le bouchon: l'eau s'écoule à travers la paille sous la forme d'un jet bien cylindrique, qui se courbe en tombant dans l'évier.

Normalement la lumière se propage en ligne droite, ici elle suit le jet jusqu'à ce qu'il se brise et ne soit plus lisse, ou se courbe trop.

L'expérience est un peu plus difficile avec un pointeur laser car il faut viser le trou de la paille, à travers la bouteille, mais le résultat est plus joli.

Ce qui se passe

La lumière rebondit à l'intérieur du jet d'eau sur ses parois sans les traverser. Le phénomène à la base de cet effet s'appelle la “réflexion totale interne”. Cet effet est largement utilisé dans les « fibres optiques », genre de fibre de verre dans lesquelles se propagent les rayons lumineux qui transportent les communications internet: La fibre peut être rectiligne, courbée (mais pas trop!), elle peut même faire des boucles, la lumière reste guidée.



Gros plan (à gauche) et guidage de la lumière par un filet d'eau s'échappant de la bouteille percée (à droite). La lumière réapparaît à l'extrémité du jet lorsque ses parois ne sont plus lisses et diffusent la lumière.

12. MIROIRS ET IMAGES

Un miroir renvoie la lumière des objets qu'on place en face de lui de telle sorte qu'on a l'impression qu'ils viennent d'une "image" placée derrière le miroir. La position de cette image dépend de la position de l'objet: où se trouve-t-elle? Avec deux miroirs en même temps on peut observer bien plus que deux images.

Matériel

Cahier

Un petit objet quelconque (pièce de monnaie, gomme, capuchon de stylo, trombone...)

2 petit miroirs, environ 10cm de côté

Ruban adhésif

Papier

Rapporteur, crayon, règle

Expérience

Placer les deux miroirs les deux faces réfléchissantes l'une contre l'autre, et les attacher ensemble en collant une bande de ruban adhésif à cheval le long d'un des côtés commun aux miroirs. Les miroirs doivent s'ouvrir comme un livre.

Tracer sur le papier une ligne, marquer avec un rapporteur les directions à 90° , 60° , 45° , 36° , 30° et 20° puis tracer les lignes correspondant à ces angles.

Placer les miroirs verticalement sur les lignes marquant l'angle à 60° : en plus des deux miroirs on voit tout un ensemble d'images de miroirs. Placer "l'objet quelconque" tout près de la surface d'un des miroirs. Compter le nombre d'images de cet objet que tu vois.

Recommencer avec tous les autres angles.

Donner une loi prédisant le nombre d'images observées pour chaque valeur de l'angle entre les miroirs.

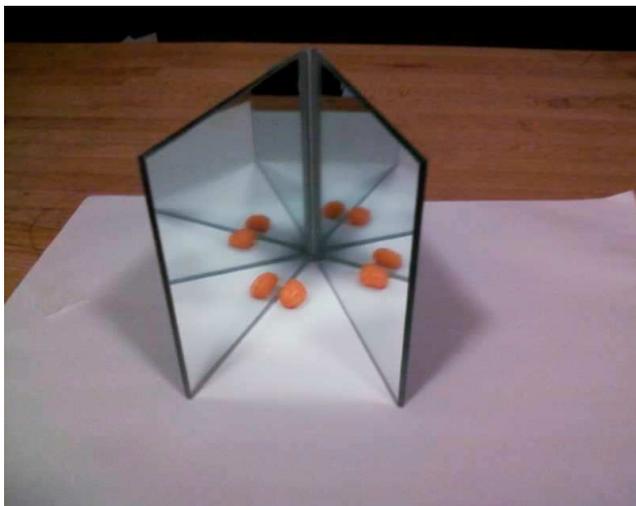
Pour cela, décrire dans un cahier les observations: faire un schéma représentant vu de dessus les positions des miroirs et des "miroirs-images", celle de l'objet placé entre les miroirs, celles des multiples images de cet objet.

Ce qui se passe

Quand on place un objet entre les deux miroirs, la lumière qu'il émet rebondit plusieurs fois entre les deux miroirs avant d'atteindre l'oeil. Une image se forme chaque fois qu'il y a un rebond. Il y a une relation entre le nombre d'images et l'angle entre les miroirs: essayer de la trouver!

Noter que $360^\circ = 90^\circ \times 4 = 60^\circ \times 6 = 45^\circ \times 8 \dots$

Noter que certains objets sont lumineux par eux même (soleil, lampes, feu...) ce qui permet de les voir directement. Cependant la plupart des objets ne sont pas lumineux et on ne les voit que par la lumière qu'ils réfléchissent vers notre oeil quand on les éclaire. Par exemple les murs de la pièce ne produisent pas de lumière: simplement ils réfléchissent la lumière provenant des lampes électriques, ou la lumière du jour qui rentre par les fenêtres. Les surfaces lisses et polies comme celles des miroirs sont très efficaces pour réfléchir la lumière.



Reflets multiples d'un objet par 2 miroirs inclinés se faisant face

13. SYNTHÈSE DE COULEURS PAR MELANGE DE LUMIÈRES

Le but de cette activité est d'étudier comment on produit diverses sensations colorées en mélangeant des lumières de différentes couleurs. Beaucoup de systèmes d'affichage vidéo, (cf écran télé ou moniteur PC) utilisent ce concept de *synthèse additive*, avec 3 couleurs primaires.

Les couleurs primaires utilisées sont le plus souvent rouge, vert et bleu. La combinaison en différentes proportions de ces couleurs de base permet de reproduire une grande partie des teintes visibles.

Ainsi l'addition en proportions égales de rouge et de vert, de vert et de bleu, de rouge et de bleu donne respectivement du jaune, du cyan et du magenta. L'addition de ces 3 couleurs de base donne du blanc.

Matériel

PC avec moniteur couleur système d'exploitation WINDOWS XP, SEVEN, 8...

Loupe

Expérience

Afficher une page blanche sur le PC, et observer avec une loupe l'aspect de l'écran: on voit une mosaïque de "pixels" rouge, vert et bleu. Même observation sur différents systèmes d'affichage couleur (Télé, téléphone portable...).

Sous WINDOWS XP, SEVEN, 8...:

Afficher le "Bureau", curseur de souris au milieu de l'écran, clic droit fait apparaître un menu, sélectionner "Personnaliser", puis cliquer dans "Arrière-plan du Bureau". Dans la fenêtre à droite de "Emplacement de l'image", sélectionner "Couleurs Unies", puis cliquer dans "Autres" en bas à gauche. Une nouvelle fenêtre apparaît avec de petits carrés correspondant à différentes "couleurs de base", et un tableau indiquent des valeurs numériques pour les quantités:

Teinte	Rouge
Satur.	Vert
Lum.	Bleu

Cliquer dans une des "couleurs de base", et observer pour chaque couleur les nombres (compris entre 0 et 255) apparaissant à côté de "Rouge, Vert et Bleu", indiquant la luminosité des pixels de chaque couleur primaire. Observer avec une loupe l'aspect du petit rectangle montrant l'aspect de la "CouleurUnie" sélectionnée.

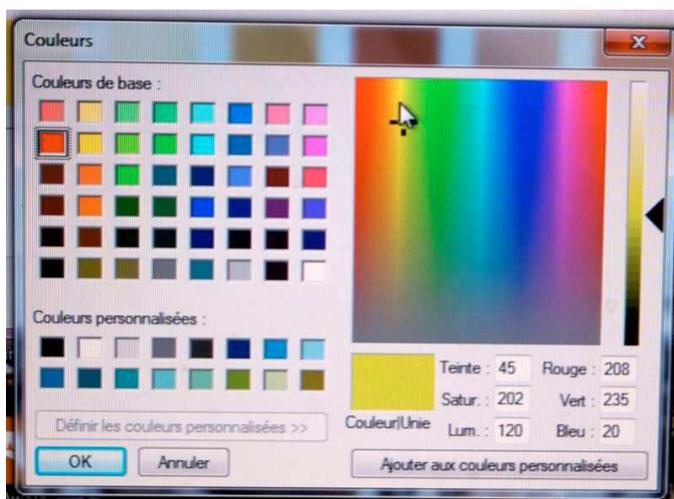
Cliquer dans chacun des emplacements à côté de "Rouge, Vert, Bleu" taper les nombres à volonté et constater l'aspect de la "CouleurUnie" générée.

Ce qui se passe

C'est avec nos yeux et notre cerveau que nous "voyons" les couleurs.

Dans nos yeux il y a trois sortes de cellules qui réagissent chacune à une portion des couleurs de l'arc en ciel, et qui envoient selon l'importance de leur réaction un signal au cerveau via le "nerf optique". La façon dont les réactions se répartissent entre ces trois sortes de cellules constitue un code qui correspond à l'impression de couleur que notre cerveau perçoit.

Les nombres compris entre 0 et 255 évoqués ci-dessus constituent ce code.



Aspect de la fenêtre windows permettant de synthétiser la couleur du fond d'écran à partir des 3 couleurs primaires rouge vert et bleu

14-VOIR LA LUMIERE INFRA-ROUGE

L'arc en ciel montre plein de couleurs allant du violet au rouge. Au delà du rouge il y a la lumière "infra-rouge", que nos yeux ne peuvent percevoir, mais que des instruments peuvent détecter. Un tel rayonnement infra-rouge est émis par les télécommandes de TV et de lecteur DVD, on peut le photographier!

Matériel

Télécommande TV ou lecteur DVD

Appareil photo numérique bas de gamme (téléphone portable ou webcam)

Expérience

Placer une caméra bon marché (téléphone portable ou webcam) devant l'extrémité de la télécommande, et observer l'image en direct. Actionner la télécommande. Le rayonnement émis apparaît sur l'image enregistrée par la caméra sous la forme d'un spot brillant: quelle est sa couleur apparente?

Ce qui se passe

Les télécommandes TV/DVD utilisent une LED qui émet un rayonnement infra-rouge sous la forme d'une série de flash très court détecté par un récepteur placé sur la face avant de la TV ou du lecteur DVD, et qui génère un signal sous la forme d'une espèce de code-barre lumineux reconnu comme des commandes par l'appareil.

Ce rayonnement n'est pas visible par notre œil, mais le silicium des caméras numériques détecte la lumière dans toute la gamme visible et au delà dans le "proche infra-rouge" tout près du rouge. Cette lumière infra-rouge n'est pas bien focalisée par les objectifs des appareils photos et a tendance à brouiller l'image, pour cela un filtre spécial est normalement installé dans les appareils haut de gamme pour que ce rayonnement soit éliminé avant qu'il arrive sur les pixels de la caméra. Mais ce n'est pas le cas pour les appareils moins perfectionnés, qui permettent donc de visualiser ce rayonnement infra-rouge.



Aspect d'une télécommande de poste de TV photographié par un téléphone portable. La tache violette correspond à la lumière infra-rouge émise lorsqu'on appuie sur une commande, invisible à l'oeil, mais détectée par la caméra du téléphone. Cette lumière apparaît violette car transmise par les filtres bleu et rouge, -mais arrêtée par le filtre vert- qui permettent de reproduire des images couleurs.

15. LUMIERE EN GELEE

Observer la propagation des rayons lumineux dans un guide de lumière

Matériel

Plaques de gélatine
Casserole
Eau
Petite boîte en plastique avec des bords de hauteur environ 1cm
Long couteau de cuisine
Planche à découper
Lampe-torche, et si possible un pointeur laser.

Expérience

Fabriquer 0,25l de gelée avec de la gélatine alimentaire, suivant le mode d'emploi indiqué sur le paquet.

Verser la solution de gélatine dans la boîte en plastique qui va servir de moule

Mettre le tout au réfrigérateur pendant la nuit pour que la gelée se forme en refroidissant.

Une fois solide, ramollir la gelée en trempant le moule 15 seconde dans l'eau tiède, passer le couteau le long des bords du moule et démouler la gelée en renversant le moule sur une planche à découper.

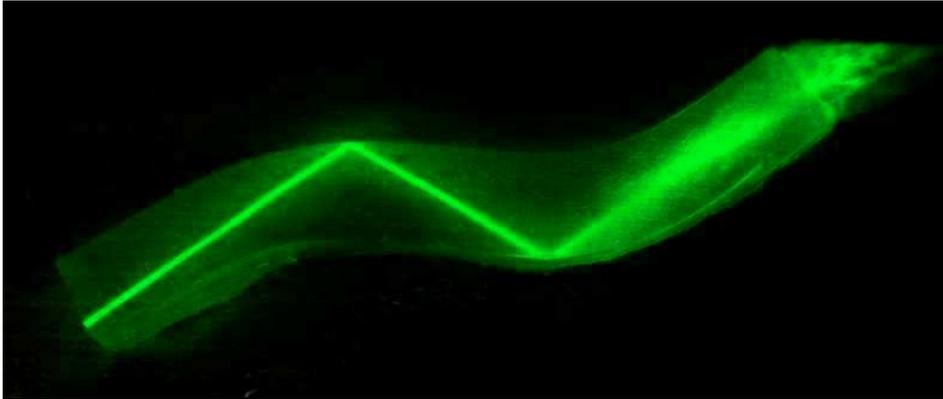
Avec le couteau découper de longs morceaux rectangulaires d'environ 1cm de large. Les bords et les extrémités doivent être aussi lisses que possible. Faire glisser ces morceaux sur la planche pour les séparer, et essayer d'en courber un peu certains sans les casser.

Eteindre les lumières et éclairer une des extrémités de ces morceaux avec la lampe torche et/ou le pointeur laser: observer comment la lumière est guidée à l'intérieur de la gélatine et ressort à l'autre extrémité.

Le pointeur laser émet un rayon dont on voit le trajet dans la gélatine: observer que le rayon reste prisonnier de la gélatine en rebondissant sur les faces latérales jusqu'à ressortir à l'extrémité. Diriger le rayon du pointeur laser de plus en plus obliquement par rapport à la face d'une des extrémités: il arrive un moment où de la lumière s'échappe de la gélatine à l'endroit où le rayon rebondit sur une des faces latérales.



Eclairement de l'extrémité d'un bâton de gélatine avec une lampe-torche. Une partie du faisceau de lumière est guidée à l'intérieur du bâton et ressort à l'autre extrémité.



Injection du faisceau issu d'un pointeur laser vert (ci-dessus) ou rouge (ci-dessous) dans un bâton de gélatine. Une partie de la lumière est diffusée par la gélatine ce qui permet de visualiser le trajet du faisceau. Noter les "réflexions totales" sur les parois du bâton qui permettent de guider la lumière jusqu'à l'extrémité du bâton.



Ce qui se passe

Quand de la lumière arrive à la surface séparant deux milieux, une partie est réfléchie, une partie est transmise et change de direction.

La proportion de lumière réfléchie dépend de l'angle d'inclinaison de la lumière par rapport à la direction perpendiculaire à la surface de séparation: plus l'inclinaison est grande, plus grande est la proportion réfléchie (on peut le constater en regardant les reflets qui se forment quand on regarde de plus en plus obliquement la vitre d'une fenêtre. On peut aussi le vérifier en observant qu'une partie du rayon laser dirigé sur l'extrémité du morceau de gélatine se réfléchit sur cette face –on voit le spot que forme ce rayon réfléchi sur un petit bout de papier, et observer que son intensité augmente quand on incline le pointeur laser de plus en plus).

Quand la lumière venant de la gélatine frappe la surface de séparation avec l'air, toute la lumière est réfléchie si l'inclinaison du rayon lumineux par rapport à la perpendiculaire à cette surface est suffisante (la limite correspond à la situation où le rayon qui sort dans l'air est juste parallèle à la surface). Cet effet est largement utilisé dans les fibres optiques où se propagent les rayons lumineux qui transportent les communications internet.

16. CD ET DVD EN COULEURS

Encore une façon d'analyser la composition de la lumière suivant les couleurs qu'elle contient

Matériel

CD et/ou DVD (vierge ou enregistré)
Feuille de papier ou carton
Sources de lumière

Expérience

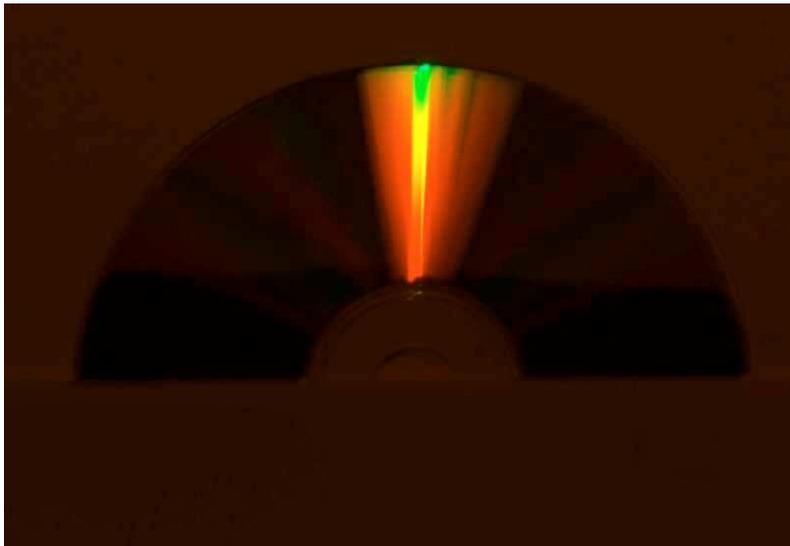
Se placer face à une source de lumière (soleil, lampe au plafond ou sur le mur).

Mettre un CD ou un DVD par terre devant soi face brillante vers le haut, de telle sorte que les rayons lumineux issus de la source de lumière arrivent sur le CD/DVD avec un angle d'incidence d'environ 45° .

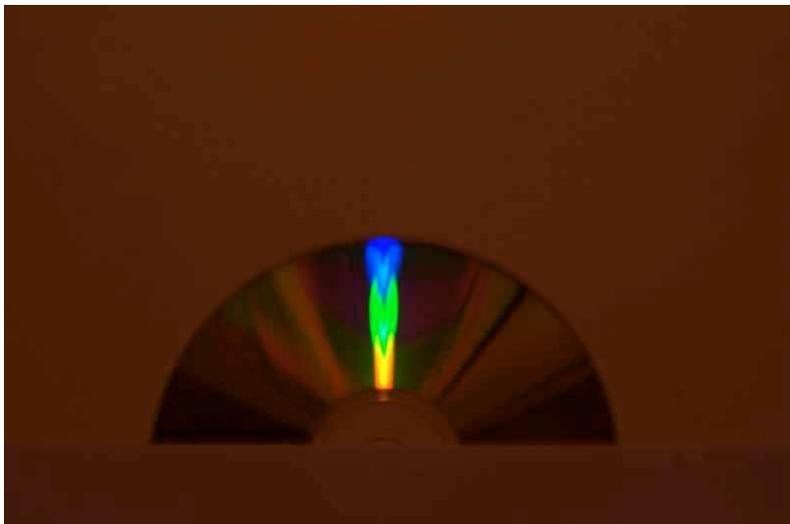
Cacher avec un papier ou carton le demi-cercle du CD/DVD opposé à la source de lumière

Regarder le CD/DVD et reculer ou avancer jusqu'à voir un reflet coloré : On voit apparaître les différentes couleurs composant la lumière émise par la source, qui sont ainsi « dispersées », cf fiche n°6 (« arc en ciel » à la demande). Pour le soleil ou une lampe à incandescence on voit toutes les couleurs de l'arc en ciel, avec une lampe type « économique » ou tube « néon » on distingue des bandes brillantes de différentes couleurs séparées par des zones plus sombres.

En reculant ou en avançant on constate qu'avec un CD la figure colorée observée apparaît 2 fois, une seule fois avec un DVD



Aspect du "reflet" sur un CD de la lumière émise par une lampe à incandescence à halogène. On observe un "spectre" continu contenant toutes les couleurs de l'arc en ciel (le bleu et le violet seraient visible en se penchant un peu plus vers l'avant).



Aspect du "reflet" sur un CD de la lumière émise par une lampe "économique" (décharge dans un mélange de gaz). Remarquer qu'on n'observe que quelques couleurs franches peu dégradées, au contraire de ce qu'on voit avec la lumière du soleil ou d'une lampe à incandescence (cf ci-dessus) qui émettent toutes les nuances possibles entre le violet et le rouge.

Ce qui se passe

Comme dans la fiche n°6 les rayonnements de différentes couleurs sont déviés suivant des directions différentes, ce qui permet de les séparer.

Remarquer que notre œil a l'impression de voir « blanc » des sources de lumière de compositions très différentes (cf fiche n°13, « synthèse de couleurs par mélanges de lumières »).

Le phénomène qui est à l'origine de cette déviation qui dépend de la couleur (de la longueur d'onde) du rayonnement est toutefois complètement différent de ce qui se passe dans la fiche n°6 : dans la fiche n°6 c'était l'angle de « réfraction » de la lumière qui dépendait de la longueur d'onde ; Ici c'est la « diffraction » de la lumière qui dépend de la longueur d'onde.

Une telle « diffraction » est particulièrement visible quand la lumière rencontre un obstacle dont la forme a des détails dont la taille est de l'ordre de la « longueur d'onde ». Pour la lumière visible, cette longueur d'onde varie de 0,4 micromètres (violet) à 0,6 ou 0,7 micromètres (rouge). Il se trouve qu'un CD ou un DVD comprend des pistes, un peu comme les sillons d'un disque vinyle, suivant lesquels est enregistrée l'information que le lecteur détecte (dans un disque vinyle c'est grâce à une aiguille qui est plus ou moins tordue latéralement en suivant le sillon, dans un CD/DVD on focalise un faisceau laser sur sa surface et on détecte la présence d'une bosse ou d'un creux à partir de la quantité de lumière laser qui est plus ou moins réfléchi). L'espacement entre les pistes d'un CD/DVD est de l'ordre (CD) ou un peu inférieur (DVD) au micromètre, donc de l'ordre de la longueur d'onde.

Quand le rayonnement émis par la source de lumière arrive sur le CD/DVD il recouvre tout une série de pistes concentriques régulièrement espacées, une partie est réfléchi comme si c'était un miroir plan, une partie est déviée suivant une (ou plusieurs, cas du CD) directions qui dépendent du rapport entre la longueur d'onde et l'espacement entre les pistes.

Cet effet est largement utilisé dans les « spectromètres » (instruments servant à analyser la lumière), dans lesquels le composant principal est un « réseau » qui est une surface sur laquelle sont tracés un grand nombre de traits parallèles très proches et régulièrement espacés.

17. VOIR L'INVISIBLE EN COULEURS AVEC DES VERRES DE LUNETTES POLARISANTES

Même quand la matière est transparente il arrive qu'elle transforme la lumière qui la traverse. Cette transformation que notre œil est incapable de voir directement peut être observée au moyen de lunettes polarisantes et permet de révéler comment la matière est organisée.

Matériel

Une paire de filtres « polaroid » ou de verre de lunettes polarisantes. On peut aussi utiliser des lunettes de cinéma 3D, mais il y a un sens à respecter.

Objets en plastique transparent (règles, boîte de CD, ruban adhésif type « scotch 550 » (pas le « magic »)...)
Lumière blanche

Expérience

Placer deux filtres polarisants (ou verre de lunettes) polarisant(e)s l'un sur l'autre et regarder au travers. Tourner un des deux filtres en maintenant l'autre immobile. Cela change l'aspect de l'ensemble qui devient plus ou moins clair ou sombre. Pour 4 positions particulières du premier filtre par rapport au premier tout devient pratiquement noir, on dit dans ce cas que les filtres polarisants sont croisés.

Interposer alors entre les filtres en position croisée un objet en plastique transparent : on voit apparaître des lignes colorées. Tourner à nouveau l'un des filtres : les couleurs changent...

Si on tord l'objet en plastique, la forme des lignes et les couleurs changent.

On peut aussi coller des bandes de scotch sur une vitre et les observer en plaçant des filtres polarisants de part et d'autre. Si on dispose de filtres polarisants assez grands on peut ainsi faire comme de jolis vitraux.



Verres de lunettes polarisantes en position "croisés"



Insertion d'un objet transparent (équerre en plastique) entre les deux



Expérience avec des lunettes de cinéma 3D: noter le sens dans lequel les lunettes sont disposées

Ce qui se passe

Les formes que l'on voit montrent que les molécules qui constituent le plastique ne sont pas disposées de manière complètement désordonnées mais tendent à se ranger suivant certaines directions, un peu comme les personnes sur une plage qui s'allongent face à la mer. Ceci se produit quand on fabrique un objet en coulant le plastique liquide dans un moule, les molécules tendent alors à s'aligner suivant la direction de l'écoulement. Ceci se produit aussi si on tire ou on tord le plastique, ce qui tire ou tord les molécules suivant la direction des forces qu'on applique.

Plus précisément, la lumière est une onde vibrant suivant une certaine direction perpendiculaire à la direction des rayons lumineux. Le premier filtre transmet de la lumière qui vibre suivant une direction fixée par la position du filtre. Le deuxième filtre transmet de la lumière oscillant suivant la direction fixée par sa position. Si les filtres sont « croisés » ces deux directions sont à 90° l'une de l'autre et rien n'est transmis.

Si les molécules constituant la matière transparente ne sont pas disposée de manière complètement désordonnée, lors de son passage a travers la matière la direction de vibration de la lumière est changée, de telle sorte que le deuxième filtre transmet une partie de cette lumière. L'effet dépend de la couleur de la lumière, de la direction initiale de vibration de la lumière, du degré de désorganisation de la matière et de son épaisseur.