

Projet de Physique P6-3

STPI/P6-3/2011 – 014

Mise en place de manipulations didactiques d'optique pour l'association « Les Petits Génies ».



Etudiants :

Arthur de BADTS

Romain LESAGE

Vincent BIENVENU

Sophie PAYRARD

Inès GIRARD

Florian PONNAVOY

Keith LAGRANGE

Enseignant-responsable du projet :

David HONORE

Date de remise du rapport : **17/06/11**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2011 – 014**

Intitulé du projet :

Mise en place de manipulations didactiques d'optique pour l'association « Les Petits Génies ».

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet :

Nos objectifs étaient de mettre en place des expériences d'optique respectant le cahier des charges adressé par l'association de CFI de l'INSA « Les Petits Génies ». Pour cela, nous devons rédiger pour chaque expérience deux types de protocole : l'un simple pour les enfants du CHU et de l'hôpital du Jour et l'un plus élaboré pour les membres de l'association. Ce dernier leur permettra de mettre en place l'expérience et d'avoir quelques explications scientifiques du phénomène si nécessaire.

Suite à ce travail, l'association «Les Petits Génies» a validé les expériences qu'elle estime réalisables et respectant l'esprit de l'association et le cahier des charges.

Mots-clefs du projet :

optique, enfant, manipulations didactiques.

Table des matières

Introduction.....	5
I/ Projet scientifique à échelle humaine.....	6
1. Présentation générale de l'association «Les Petits Génies»	6
2. Les actions concrètes de l'association «Les Petits Génies».....	6
3. Notre rôle auprès de l'association «Les Petits Génies».....	7
4. Cahier des charges.....	7
II/ Organisation du travail.....	8
1. Répartition des tâches en sous-groupe.....	8
2. Explication par schéma.....	8
III/ Méthodologie du groupe	9
IV/ Jeux de lumière.....	10
1. Dispersion de la lumière blanche à travers un prisme: « phénomène de l'Arc-en-ciel »	10
2. Les filtres de couleur	13
3. Le disque de Newton	15
V / Jeux d'illusions	17
1. Analogie d'une cuillère avec un miroir sphérique concave	17
2. La paille brisée et la pièce magique	18
VI / Jeux avec lasers.....	20
1. Danger du laser	20
2. Réflexion du laser.....	21
Conclusion et perspectives.....	22
Table des illustrations.....	23
Bibliographie.....	24
Annexes	25

Introduction

Notre projet de physique s'intitule :

*« Mise en place de manipulations didactiques
d'optique pour l'association : Les Petits Génies ».*

Comme l'indique le sujet, nous avons principalement fait des manipulations et expériences à but ludique et didactique. En effet, l'association d'étudiants CFI de l'INSA « les Petits Génies » organise des ateliers scientifiques pour des enfants dans des hôpitaux. Leurs débuts dans le domaine de l'optique n'ont pas été concluants, c'est pourquoi l'association a accepté de soutenir une équipe de projet de physique STPI2. Nous avons tout d'abord rencontré des membres de l'association qui nous ont exposé le cahier des charges à respecter.

Nos principaux objectifs étaient de mettre en place des manipulations courtes, ludiques, et réalisables dans un hôpital concernant tout le domaine de l'optique. Nous avons donc choisi trois sous-thèmes qui sont les jeux de lumière, les jeux avec des lasers et les jeux d'illusions.

Ce projet est basé sur la mise au point de manipulations dans le but de divertir par la science des enfants qui sont hospitalisés. Mais il s'agit aussi d'un travail de recherche pour expliquer scientifiquement chaque expérience.

I/ Projet scientifique à échelle humaine

1. Présentation générale de l'association «Les Petits Génies»

Les Petits Génies est une association créée en 2006 par des étudiants de CFI de l'INSA dont le principal objectif est de faire découvrir les sciences à des enfants au sein de structures hospitalières ou de centres spécialisés.

Cette découverte se fait sous forme de travaux pratiques (TP) via des manipulations simples, non dangereuses et ludiques qui utilisent des produits de la vie courante.

Ils interviennent actuellement dans deux structures :

- La Maison des Enfants CHU de ROUEN depuis 2006,
- L'Hôpital de Jour des Enfants (Saint Etienne du Rouvray) depuis 2010.

2. Les actions concrètes de l'association «Les Petits Génies»

Le but des animations est de faire découvrir la chimie et plus généralement les sciences de façon ludique aux enfants malades à travers des séances de travaux pratiques et de démonstrations. Ils sont ainsi sensibilisés à la démarche scientifique sur des thèmes proches de leur quotidien.

Ces expériences ont pour vocation d'éveiller la curiosité des enfants, leur envie d'apprendre, de s'intéresser au monde et aux phénomènes qui le régissent. Mais elles leur permettent surtout d'agrémenter leur quotidien et d'oublier leur maladie.

L'équipe actuelle travaille sur quatre thèmes illustrant la diversité des Sciences. Chaque thème est abordé pendant une séance incluant 4 à 6 expériences. Ces thèmes sont :

- les apparences trompeuses
- l'alimentation
- l'énergie
- la nature



Figure 1 : les animatrices en TP



Figure 1 : logo de l'association

3. Notre rôle auprès de l'association «Les Petits Génies»

L'association a voulu élargir leurs activités en créant un nouveau thème consacré à l'optique. Ce projet nous a été confié dans le cadre de la P6-3.

Nos objectifs étaient de:

- mettre en place des expériences d'optique respectant le cahier des charges
- rédiger pour chaque expérience deux types de protocoles : l'un simple pour les enfants du CHU et de l'hôpital du Jour et l'un plus élaboré pour les membres de l'association. Ce dernier leur permettra de mettre en place l'expérience et d'avoir quelques explications scientifiques du phénomène si nécessaire.

Suite à ce travail, l'association «Les Petits Génies» validera les expériences qu'elle estime réalisables et respectant l'esprit de l'association et le cahier des charges.

4. Cahier des charges

L'association «Les Petits Génies» a élaboré un cahier des charges car de nombreuses contraintes doivent être respectées. En effet, les expériences ne doivent pas être dangereuses pour les enfants (il faut prévoir des mesures de sécurité) et doivent être compatibles avec le milieu hospitalier.

Voici les points que nous devons respecter :

- L'expérience doit être **sûre**: l'équipe intervient auprès d'enfants hospitalisés, aucun matériel dangereux n'est admis dans l'hôpital, la manipulation doit donc être sécurisée.
- Elle doit être **simple** : l'équipe intervient auprès d'enfants, elle doit être facile à expliquer et à comprendre.
- Elle doit être **facile à mettre en place**: l'équipe se déplace donc l'expérience proposée ne doit pas utiliser de matériel trop lourd et doit être facile à monter et à démonter.
- Elle doit avoir un **but pédagogique**: le but est d'expliquer un phénomène optique à des enfants d'âges compris entre 6 et 15 ans.
- Elle doit être **ludique** pour que les enfants apprennent en s'amusant.
- Elle doit être assez **courte** : car les enfants ont du mal à rester concentrés plus de 10 minutes sur la même expérience.

Nous avons essayé de respecter chaque point du cahier des charges. La sécurité a surtout concerné l'équipe qui mettait en place des expériences avec des lasers.

II/ Organisation du travail

1. Répartition des tâches en sous-groupe

Nous avons une équipe de sept personnes dans notre groupe. Lors de la première séance, nous avons fait un « brainstorming » qui nous a permis de collecter des idées d'expérience. De cette liste sont ressorties trois branches différentes de l'optique : les jeux de lumières, les jeux d'illusions et enfin les jeux avec lasers.

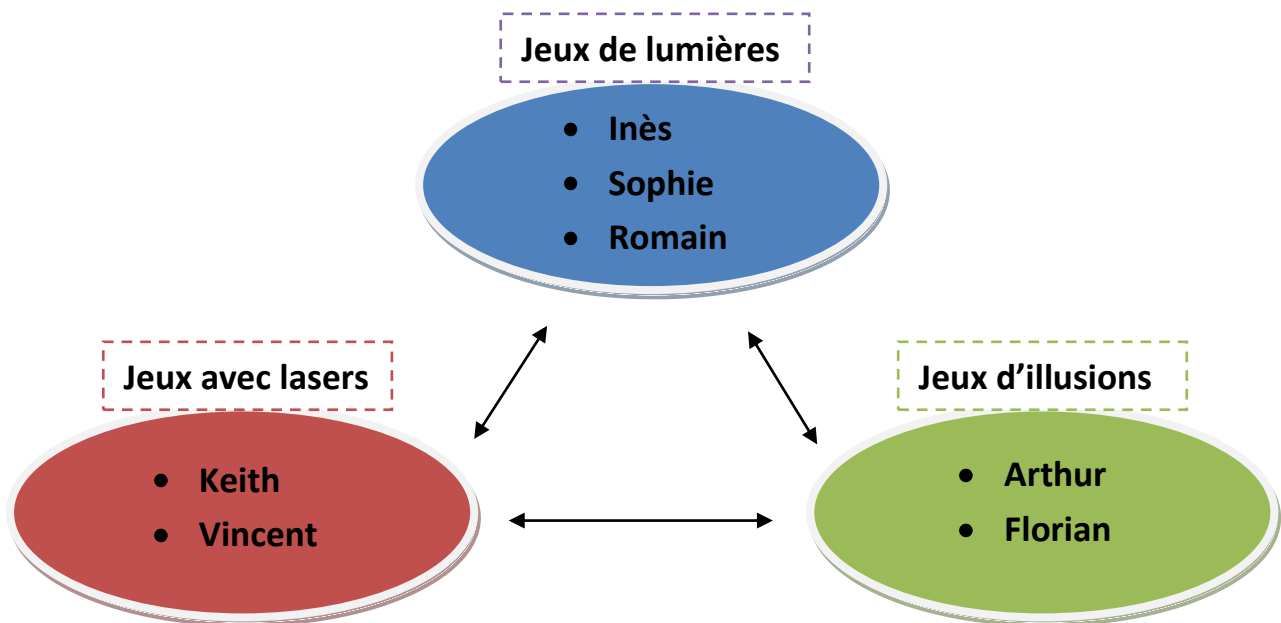
Nous avons donc constitué trois sous-groupes de travail (2 binômes et un trinôme) :

- Sophie, Romain et Inès se sont occupés de la partie lumière,
- Florian, Arthur ont travaillé sur les illusions,
- Keith et Vincent se sont chargé des lasers.

Nous avons eu l'idée d'enrichir nos connaissances et d'élargir nos sources en allant visiter des expositions telles qu'au Palais de la Découverte ou à la Cité des Sciences. En se renseignant sur les expositions actuelles, nous nous sommes rendu compte qu'il n'y en avait aucune concernant notre projet d'optique.

2. Explication par schéma

Voici un schéma qui montre notre organisation de travail.



III/ Méthodologie du groupe

Notre projet est particulier et unique par rapport aux autres sujets de projet de physique cette année. Le notre consiste en la mise en place d'expériences qui répondent à un cahier des charges précis donné par l'association « Les petits génies ». Nous avons donc eu des interactions avec des membres de cette association en plus de notre professeur encadrant du projet. Deux rencontres majeures ont jalonné ce projet : l'une au début pour faire connaissance de quelques membres de l'association, découvrir l'association, connaître le cahier des charges et comprendre les buts et enjeux du projet ; une autre au milieu du semestre pour faire un bilan sur les expériences déjà réalisées et les projets à venir. Vous pourrez trouver en annexe le compte rendu de ce bilan rédigé par un membre de l'association. De plus, nous avons communiqué par e-mail avec l'association pour la validation des protocoles et fiches enfants, ainsi que pour avoir des précisions sur les locaux à disposition.

Voici un tableau récapitulatif chronologique de notre méthode de travail en sous-groupe.

	04-mars	11-mars	18-mars	25-mars	01-avr	08-avr	13-mai	27-mai	31-mai	10-juin	17-juin
Réunion avec l'équipe "Les Petits Genies"	◆					◆					
Jeux de lumière	expérience du prisme			expérience des filtres							
						expérience disque Newton					
				fiche enfant prisme	fiche intervenant prisme	fiches enfant & intervenant filtre	fiches enfant & intervenant disque Newton				
Jeux d'illusions	Brainstorming	recherche d'expériences	expérience du miroir concave	expérience de la paille brisée		expérience de la pièce magique	expériences des miroirs et pièce magique				
	répartition en sous-groupes				fiche enfant paille brisée	fiche intervenant paille brisée	fiche intervenant paille brisée	fiche enfant paille brisée			
Jeux avec lasers		recherche d'expériences	recherche d'un environnement sûr	expérience du faisceau du laser			expérience du sabre laser				
				fiche enfant faisceau	fiche intervenant faisceau	fiche enfant sabre laser	fiche intervenant sabre laser				
Rédaction rapport préparation soutenance								rédaction rapport		entraînement soutenance	

IV/ Jeux de lumière

1. Dispersion de la lumière blanche à travers un prisme: « phénomène de l'Arc-en-ciel »

Dans cette première expérience, nous avons eu l'idée de mettre en évidence le phénomène optique de l'Arc-en-ciel. Nous avons donc réfléchi aux moyens que nous avons à notre disposition afin de décomposer la lumière blanche. La pochette de l'album des Pink Floyd nous est revenue à l'esprit, et c'est comme cela que nous avons débuté l'expérience sur la dispersion de la lumière blanche à travers un prisme.

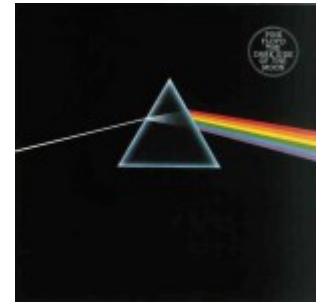


Figure 2

Dans un premier temps, nous avons pensé à faire cette expérience dans une boîte en carton noire, afin de se plonger dans l'obscurité pour bien observer les rayons lumineux. Après quelques essais, nous sommes rendu compte que cette manipulation serait trop restreinte dans une boîte. En effet, il est intéressant de voir la déviation des ces rayons lumineux et non pas simplement les observer sur un écran en face de la source lumineuse. Nous avons donc essayé de faire cette expérience sur un banc optique avec plusieurs écrans. Nous disposions d'une grosse lampe, d'un prisme qui tenait sur un support élaboré par nos propres soins et de 3 écrans blancs: un face à la source lumineuse et 2 latéraux. Les rayons lumineux obtenus n'étaient pas très distincts et il fallait vraiment se plonger dans l'obscurité pour les voir. La lampe n'était pas assez puissante et nous n'arrivions pas à faire une fente devant la lampe pour avoir un mince rayon de lumière blanche. Finalement, nous avons découvert que nous disposions dans le laboratoire d'un support gradué avec une lampe assez puissante. Un dispositif de fente peut être placé devant la lumière blanche. De plus, les rayons colorés arrivent parallèlement à la table où est placé le support. Cela permet donc de placer plusieurs écrans autour du plateau gradué pour suivre les rayons déviés. Enfin, ce dispositif est plus précis que les précédents et nous a permis de rédiger un protocole complet en précisant les angles de déviation. Ce support est aussi plus sécurisé; il y a moins de danger que le prisme tombe et se casse du fait que le support soit installé sur une table horizontale. cf *Annexes 1 et 2*

Les principaux objectifs de cette expérience sont les suivants :

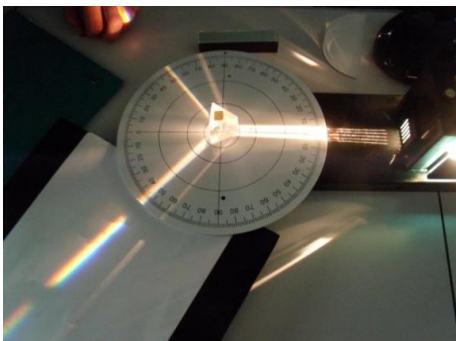


Figure 3

- mettre en évidence la décomposition de la lumière blanche : le faisceau qui sort du prisme est étalé et présente les couleurs de l'arc-en-ciel
- montrer que la réfraction n'existe pas toujours mais commence à apparaître pour un certain angle d'incidence
- visualiser l'existence d'un angle minimal de déviation
- montrer que la lumière rouge est moins déviée que la lumière violette

Pour montrer la décomposition de la lumière blanche, il faut tout d'abord connaître sa définition. La lumière blanche est composée de toutes les couleurs, de nombreuses radiations colorées, on dit qu'elle est polychromatique. C'est le prisme qui décompose la lumière blanche et la figure colorée obtenue est appelée spectre. Les différentes radiations monochromatiques ont des angles de réfraction différents car l'angle de réfraction et l'indice de réfraction dépendent de la longueur d'onde, même si l'angle d'incidence est le même.

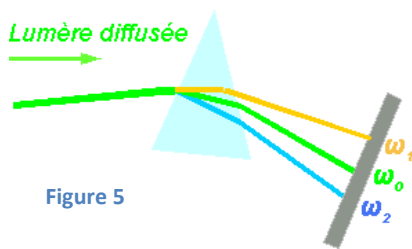


Figure 5

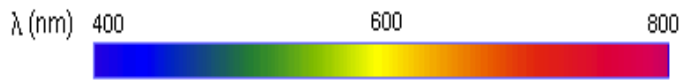


Figure 4 : Spectre de la lumière blanche

Quand le faisceau de lumière rencontre la première paroi du prisme, chaque rayonnement monochromatique est dévié différemment et cette déviation s'accroît également lorsque le faisceau ressort du prisme en traversant une deuxième fois la paroi du prisme.

En fait, lorsqu'une lumière arrive sur un prisme, elle subit deux réfractions : une sur la face d'entrée et une sur la face de sortie.

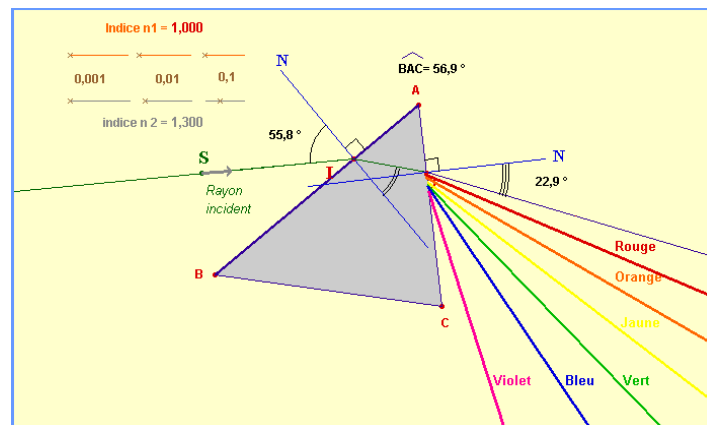


Figure 6

Sur le schéma ci-dessus, on utilise la troisième loi de la réfraction de Snell-Descartes :

$$n1 \cdot \sin(i1) = n2 \cdot \sin(i2)$$

Ainsi, on remarque bien que l'angle d'incidence étant le même, le trajet dépend de l'indice de réfraction du prisme. Les calculs suivants permettent de comprendre ces déviations.

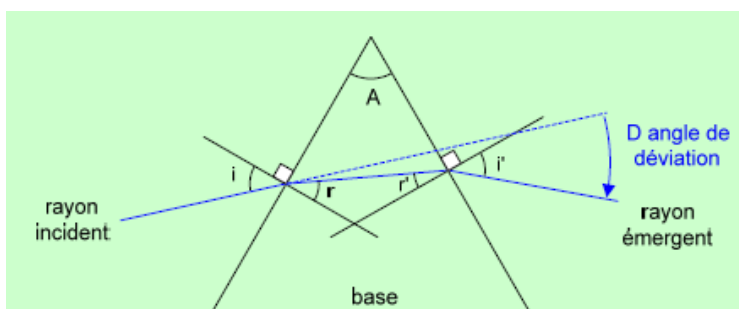


Figure 7

Le prisme est placé dans l'air (indice 1). Soit n l'indice de réfraction du verre du prisme. Le rayon incident suit la loi de la réfraction de Snell-Descartes : $\sin i = n \sin r$ (pour le rayon incident) et $n \sin r' = \sin i'$ (pour le rayon émergent).

De plus, il y a des relations entre les angles : $A = r + r'$ et $D = (i - r) + (i' - r') = i + i' - A$

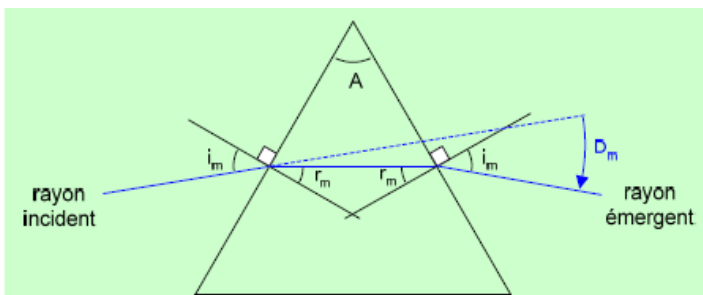
En faisant l'approximation de petits angles, on peut déduire l'ordre de grandeur de l'angle de déviation D :

$$\sin i \approx i ; \sin i' \approx i' ; \sin r \approx r ; \sin r' \approx r'$$

$$\text{soit } i \approx n.r \text{ et } i' \approx n.r'$$

$$\text{donc } \underline{D = n(r + r') - A} \text{ avec l'angle } A \text{ exprimé en radian}$$

Au minimum de déviation, on montre expérimentalement que l'angle d'émergence est égal à l'angle d'incidence. En effet, on peut lire sur le support gradué que les angles sont égaux. Soit D_m , l'angle de déviation minimal.



On a donc :

$$i = i' = i_m \text{ et } r = r' = r_m = A/2 \text{ d'où}$$

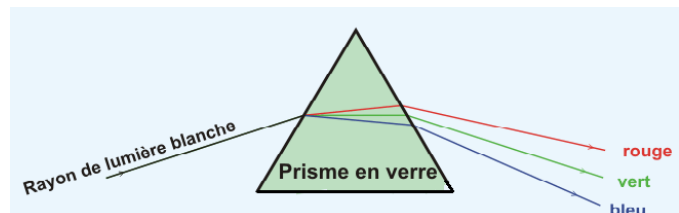
$$D_m = 2 i_m - A$$

$$\text{et donc } i_m = (A + D_m) / 2$$

Figure 9

Expérimentalement, il est facile de voir que la couleur violette est plus déviée que la couleur rouge. Cela est dû au phénomène de dispersion :

Figure 10



Quand la longueur diminue, l'angle de déviation augmente. Or quand l'indice n augmente, l'angle de déviation augmente. Donc quand la longueur diminue, l'indice n augmente. L'indice n dépend alors de la longueur d'onde, le milieu est dit dispersif.

Cette expérience est didactique et ludique. Les enfants pourront découvrir ce qu'est la lumière blanche à travers sa décomposition. Le beau spectre intéressera les enfants et ils pourront voir en direct les déviations grâce au support amovible gradué. De plus, ce phénomène visible dans la vie de tous les jours à travers les Arc-en-ciel, est connu de tous les enfants. Là encore ils apprendront quelque chose et comprendront mieux pourquoi il faut qu'il pleuve et qu'il y ait du soleil en même temps pour qu'il y ait un Arc-en-ciel. La fin de la *fiche enfant (annexe2)* explique que ce sont les gouttelettes de pluie qui jouent le rôle du prisme.

Enfin, pour ce qui est des perspectives, nous pourrions envisager de recombinaison la lumière avec un second prisme à la suite du premier afin de visualiser la disparition de certaines couleurs et de mettre en évidence la reconstitution de la lumière blanche. C'est ce qu'a fait le mathématicien et physicien Isaac Newton en 1666.

2. Les filtres de couleur

Dans cette seconde sous-partie, il nous a paru nécessaire de faire découvrir la notion de filtre de couleurs. Beaucoup d'enfants savent que si on éclaire un verre coloré, on obtient une lumière de la couleur du verre, mais comment cela se passe-t-il ? Comment la lumière, blanche au départ, devient colorée ? Des questions qui peuvent paraître simples mais qui méritent quelques explications.

D'autre part, ce type d'expérience n'est pas facteur de dangers et c'est donc également en pensant aux attentes et contraintes que nous ont fixé les membres de l'association «Les petits génies» que ce type d'expérience nous a paru réalisable.

Dans un but pédagogique et pour que l'expérience soit attirante pour les enfants, nous souhaitons la débiter par une approche concrète de la chose. Nous avons donc décidé d'un commun accord de diviser l'expérience en deux grandes parties :

- une première partie de découverte avec, à la disposition des enfants, des bouteilles de plastiques colorées et une lampe assez puissante ; ils peuvent dans cette première partie à leur guise éclairer telle ou telle bouteille et observer le résultat. Des explications complémentaires sur les filtres pourront alors être données par les intervenant(e)s. (cf Annexe 3 et 4).
- une deuxième partie plus théorique dans laquelle les enfants découvrent la notion de superposition des couleurs. En effet, ils ont cette fois à leur disposition 6 filtres de couleurs (rouge, vert, bleu, magenta, cyan, jaune) qu'ils peuvent disposer sur un banc optique au bout duquel est disposé un écran. Ils découvrent ainsi la « création » de couleurs en superposant deux couleurs primaires, ou encore des notions un peu plus complexes telles que les synthèses additives et soustractives.

Voici les explications scientifiques des synthèses additive et soustractive.

Synthèse additive: noir \longrightarrow blanc

Ce procédé vient du fait que l'on va ici ajouter une certaine quantité de lumière rouge, verte et bleu (couleur primaire ou système RVB) pour obtenir d'autres couleurs. Si l'on mélange ces trois couleurs, l'œil perçoit alors le résultat obtenu comme une couleur blanche. C'est YOUNG, dès 1802, qui le premier a montré que l'on obtenait de la lumière blanche en superposant des faisceaux rouge, vert et bleu : ce sont **les lois de la théorie trichromatique de la synthèse de la couleur**, ou plus simplement les lois de la trichromie.

Il est à noter que la lumière blanche peut aussi être obtenue par addition de deux couleurs seulement, soit le jaune et le bleu, soit le rouge et le cyan (bleu-vert), soit encore le vert et le magenta (rouge violacé) : de telles paires sont appelées couleurs complémentaires.

L'addition de deux couleurs primaires donne une **couleur secondaire** qui est la **couleur complémentaire** de la couleur primaire non utilisée :

- L'addition du **rouge** et du **vert** donne du jaune, complémentaire du **bleu**.
- L'addition du **rouge** et du **bleu** donne du magenta, complémentaire du **vert**.
- L'addition du **vert** et du **bleu** donne du cyan, complémentaire du **rouge**.



Figure 11

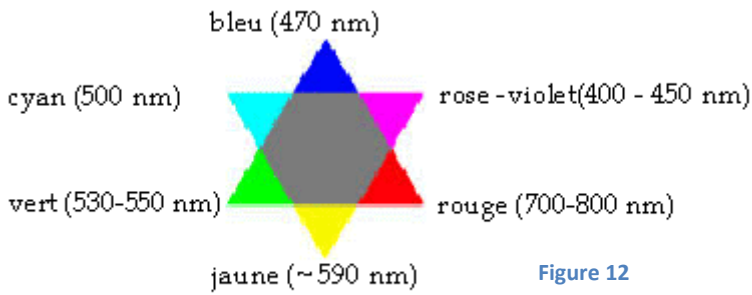


Figure 12

L'étoile de la complémentarité

NB : Il est également important de savoir **qu'un filtre ne laisse pas passer (absorbe) sa couleur complémentaire** ; par exemple, un filtre jaune ne laisse pas passer le bleu !

Application de la synthèse additive

Il est intéressant de savoir que les écrans de télévision LCD utilisent ce système. Le principe est relativement simple : chaque pixel d'un écran de télévision est composé de trois pixels monochromes rouge, vert et bleu ; chaque canon à électron envoie alors un faisceau (schéma) sur un type de luminophore et l'image de la télévision est obtenue par synthèse additive des trois couleurs.

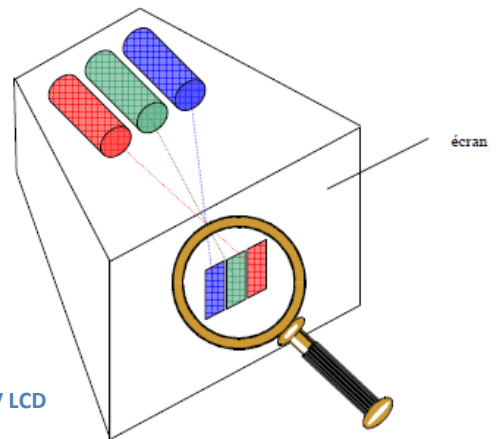


Figure 13 : Fonctionnement d'une TV LCD

Synthèse soustractive: blanc → noir



Figure 14

Pour expliquer ce phénomène, supposons qu'une source de lumière blanche éclaire différents filtres, qui interceptent et absorbent (d'où soustraction) le rouge, le bleu ou le vert.

Un filtre qui retient le bleu apparaît alors jaune et laisse alors passer un mélange de rouge et vert.

Un filtre qui retient le rouge apparaît cyan, addition de bleu et de vert.

Un filtre qui retient le vert apparaît magenta, addition de rouge et de bleu.

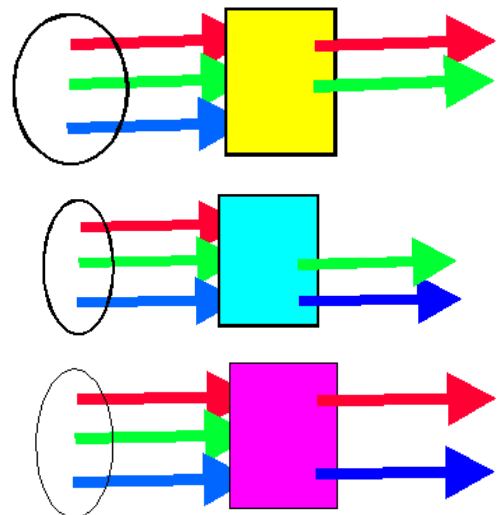


Figure 15

Si on additionne les trois filtres, plus rien ne passe et c'est pour cela qu'on observe du noir !

Dans la nature, la plupart des couleurs sont dues non à des mélanges de longueurs d'onde, mais à des soustractions, la lumière blanche du Soleil étant partiellement absorbée par des pigments qui absorbent certaines longueurs d'onde et ne laissent passer que leur complément, qui produit la sensation de couleur. Ainsi le magenta s'obtient à partir de la lumière blanche en supprimant sa composante verte ; le jaune en soustrayant le bleu ; et le cyan en supprimant le rouge : magenta, jaune et cyan sont appelés pour cette raison couleurs primaires soustractives.

Application de la synthèse soustractive : la synthèse soustractive est utilisée en imprimerie : la juxtaposition des 3 couleurs jaune, magenta et cyan ainsi que le noir, conduit alors à l'image finale.

Voici un exemple avec une photo aérienne de l'INSA de Rouen :



La photo finale étant :



Figure 16

3. Le disque de Newton

Après avoir mis au point les expériences sur la décomposition de la lumière blanche à travers un prisme et sur les filtres de couleurs, nous avons décidé de trouver une expérience simple à réaliser pour que les enfants puissent facilement la refaire chez eux.

C'est alors que nous avons trouvé l'expérience du disque de Newton. En effet, cette expérience est plutôt simple à faire et ne nécessite pas de matériel de laboratoire.

Le disque de Newton a pour but de recomposer la lumière blanche à l'aide des couleurs de l'arc en ciel. L'idée est de faire tourner rapidement le petit disque aux couleurs du spectre pour voir apparaître la lumière blanche.

Nous avons donc créé notre disque de Newton sur du papier cartonné avec les couleurs suivantes : violet / indigo / bleu / vert / jaune / orange / rouge.

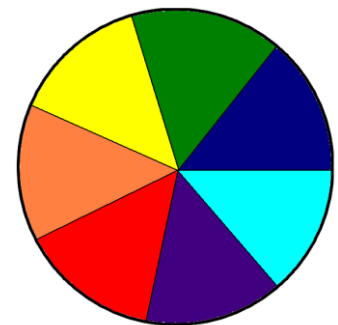


Figure 17

Nous avons prévu de le faire tourner à l'aide d'un bouchon en liège et d'un clou. Mais le clou n'était pas à la portée des enfants et n'assurait pas leur sécurité.

Nous nous sommes donc retrouvés face à un problème, nous ne savions pas comment faire tourner notre disque. Nous avons alors décidé de le faire tourner sur le principe d'une toupie. Nous avons tout d'abord essayé à l'aide d'un cure-dent et d'un bouchon en liège, cela n'a pas fonctionné à cause de la finesse du cure-dent. Nous l'avons donc remplacé par un pic à brochette (plus épais). L'essai a été beaucoup plus concluant. Nous avons ensuite collé le disque sur du carton pour le rendre plus stable et plus lourd.

Une fois notre disque de Newton terminé, nous avons pu mettre au point un protocole type (cf annexe 6) pour que l'association puisse facilement refaire cette expérience. De plus, si les enfants sont intéressés, nous avons également créé une fiche qui leur est dédiée (cf annexe 5) pour qu'ils puissent facilement créer leur propre disque. Nous l'avons fait tester à des enfants de notre entourage et avons constaté que cela les avait beaucoup amusés et divertis. Le disque de Newton est accessible à tous, c'est pourquoi l'association peut également utiliser cette expérience lors de leurs visites à L'Hôpital de Jour des Enfants.

Cela permet de familiariser les enfants aux différentes couleurs du spectre solaire mais aussi à la lumière blanche. En effet, la superposition des couleurs avec la vitesse de rotation du disque, nous fait apparaître le blanc. Cela est dû au court instant où notre œil perçoit chaque couleur. Cela s'appelle la "persistance rétinienne" ; c'est la capacité ou défaut de l'œil à conserver une image vue superposée aux images que l'on est en train de voir. Elle est plus forte et plus longue si l'image observée est lumineuse. Nous pouvons lier notre expérience au phénomène présent sur un écran de téléviseur. En effet l'image semble stable, elle ne clignote pas. Or l'écran n'émet les images que par intermittence. De plus, cet effet est également représenté lors des dessins animés ; ils donnent l'illusion d'un mouvement en projetant différents dessins successifs représentant les différentes étapes de ce mouvement.

La somme des couleurs de l'arc en ciel compose "le blanc" : La couleur blanche est la somme de la multitude de couleurs présente dans l'arc en ciel. En effet, nous avons ici défini sept segments de sept couleurs différentes mais en fait l'arc en ciel est composé d'un nombre incalculable de couleurs. Lorsque l'on additionne ces couleurs, on obtient le blanc pur.

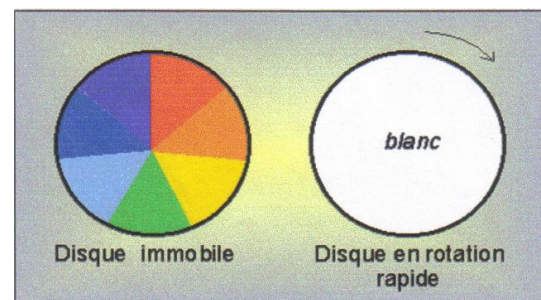


Figure 18

De plus, on constate qu'avec une vitesse de rotation faible, toutes les couleurs sont perceptibles et ce n'est qu'à partir d'une certaine vitesse limite que le disque apparaît blanc.



Figure 19

Remarque : Cette vitesse limite est plus facile à définir lorsque l'expérience est munie d'un moteur. Pour les prochaines années, en amélioration, ce serait intéressant de fabriquer un moteur afin de faire tourner le disque à une vitesse donnée.

De plus, il est intéressant de se demander quels seraient les effets d'un changement de couleurs et d'un changement de longueurs de section. Malheureusement, nous manquons de temps cette année pour pouvoir traiter ces différents aspects.

V / Jeux d'illusions

1. Analogie d'une cuillère avec un miroir sphérique concave

Qui ne s'est jamais regardé dans le creux d'une cuillère étant jeune et s'est alors demandé : mais pourquoi mon visage est-il à l'envers ? C'est par cet exemple simple que nous allons introduire de nouvelles notions d'optique aux enfants et ainsi tenter de leur expliquer ce phénomène. Grâce à cette expérience, nous allons introduire différentes notions :

- Miroirs concaves et convexes.
- Réflexion de rayons lumineux.
- Objets et images.

Au cours de l'expérience, nous allons faire remarquer aux enfants que l'image obtenue sur l'écran qui représentera notre Œil, par le miroir représentant ici la cuillère, est inversée, tout comme l'image obtenue grâce à la cuillère. Pour aller plus loin, on pourra ensuite faire varier la distance entre l'objet et le miroir afin de montrer que la taille de l'image est diminuée (cf : détails de l'expérience et protocole en Annexe 8).

Maintenant que nous en avons fait l'expérience, il faut expliquer ce phénomène de réflexion. Pourquoi l'image est-elle inversée par ce miroir sphérique ?

Tout d'abord, un miroir sphérique est un dioptré réfléchissant. Il est caractérisé par son axe principal, son centre C, son sommet S et son rayon de courbure $R=SC$.

Dans notre expérience, nous ne nous intéresserons qu'au miroir concave (donc convergent avec $R<0$).

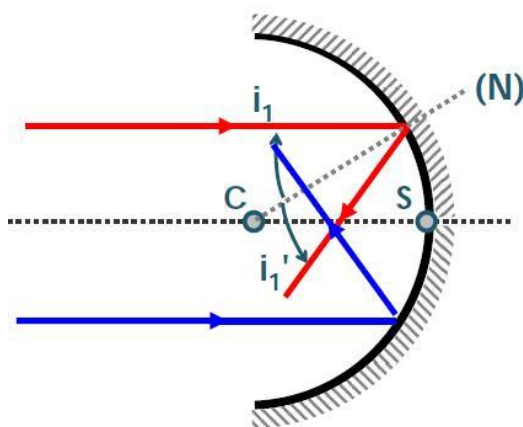


Figure 20 : Rayons réfléchis par le miroir concave d'un objet à l'infini

On appelle le foyer objet F le point de l'axe principal dont l'image est infinie. Pour les miroirs sphériques, le point F se situe au milieu de SC (et est confondu avec F', foyer image).

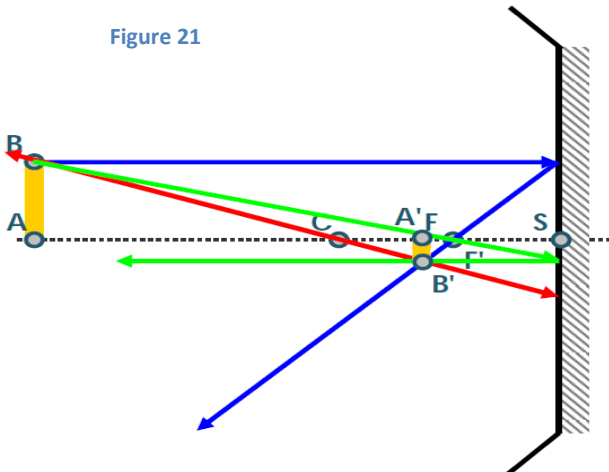
Si on appelle A le point objet et A' son image par le miroir, on obtient alors la relation de conjugaison:

$$\frac{1}{SA} + \frac{1}{SA'} = \frac{2}{SC} = \frac{1}{SF} = \frac{1}{SF'}$$

Cette relation permet ainsi de calculer la distance à laquelle il faut placer le miroir et l'écran pour obtenir une image nette.

La construction géométrique de l'image d'une source étendue (cas de notre expérience) permet de mieux comprendre l'obtention d'une image inversée et réduite :

Figure 21



On construit cette image à partir de B.

- le rayon incident 1 (rouge) passe par C
- le rayon incident 2 (bleu) est parallèle à l'axe optique et se réfléchit donc en passant par F
- le rayon incident 3 (vert) passe par F et se réfléchit parallèlement à l'axe optique.

Ces 3 rayons se coupent au point B', image réelle de B. On projette ensuite sur l'axe optique pour obtenir A'. On obtient alors une image inversée réduite.

Le grandissement γ est :

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

Ici γ est négatif : l'image est inversée, et sa norme inférieure à 1 : l'image est réduite.

Nous avons tenté de rendre cette expérience intéressante aux yeux des enfants tout d'abord en faisant l'analogie avec un phénomène que l'on rencontre souvent (surtout lorsqu'on n'aime pas sa soupe) et auquel on ne trouve peut-être pas de réponse ! De plus, nous essayons d'investir les enfants dans l'expérience en les faisant manipuler et en leur posant des questions. De plus, les enfants reçoivent aussi un protocole, haut en couleur et imagé pour attirer leur attention (cf : Fiche enfant en annexe 7). Enfin, lors de la manipulation, nous préférons remplacer la mire habituellement utilisée en séances de Travaux Pratiques, par une image plus attractive, tel un personnage de dessin-animé.

Pour finir, on peut aussi attirer leur attention en identifiant cette manipulation à d'autres phénomènes que l'on peut rencontrer dans la vie de tous les jours. Tout d'abord il existe plusieurs types de miroirs. Nous avons ici étudié les miroirs sphériques concave, mais il existe aussi les miroirs sphériques convexes, que l'on peut comparer aux boules de Noël !

De plus, on peut aussi utiliser des miroirs plans afin de créer d'autres illusions. En effet, l'utilisation de ces miroirs est flagrante dans les parcs d'attractions : les miroirs déformants sont en fait des miroirs plans que l'on plie afin d'avoir une réflexion des rayons lumineux similaire aux miroirs sphériques convexes.

2. La paille brisée et la pièce magique

Les expériences « paille brisée » et « pièce magique » sont regroupées dans la même sous-partie car celles-ci répondent au même principe scientifique : la réfraction.

La première expérience, la « paille brisée », explique pourquoi lorsqu'on regarde sa paille dans son verre, elle apparaît brisée sous un certain angle. Une expérience facile à mettre en place pour des enfants et qu'ils pourront facilement observer chez eux.

C'est le même raisonnement pour l'expérience « pièce magique » : la pièce placée dans un bol devient visible au fur et à mesure que l'on ajoute de l'eau. Facile à réaliser chez soi !

Comme nous étions à la recherche d'expériences ludiques, c'est-à-dire facile à comprendre et à reproduire, ces deux expériences nous ont paru être une bonne idée.

Ces deux expériences s'expliquent par le même principe scientifique : la réfraction. La paille et la pièce se trouvent dans l'eau, qui a un indice de réfraction différent de celui de l'air. La loi de Snell-Descartes (deux mathématiciens-physiciens) permet de justifier le caractère « brisé » de la paille, ou le fait que la pièce devienne visible.

En effet cette loi s'énonce selon la relation suivante :

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

Avec n_1 et n_2 les indices de réfraction des 2 milieux, i_1 l'angle incident et i_2 l'angle réfracté. Puisque n_1 et n_2 sont différents, alors nécessairement i_1 et i_2 aussi. C'est pourquoi on observe un brisement de la paille. La lumière ne suit pas toujours la même direction.

On a : $n_{\text{eau}}=1.33$ et $n_{\text{air}}=1$

On voit bien que la trajectoire jaune, c'est-à-dire les rayons lumineux de l'extrémité de la paille qui arrivent dans l'œil de l'observateur, n'est pas rectiligne uniforme. Cette extrémité est à une autre position que celle attendue par notre cerveau qui serait plus élevée.

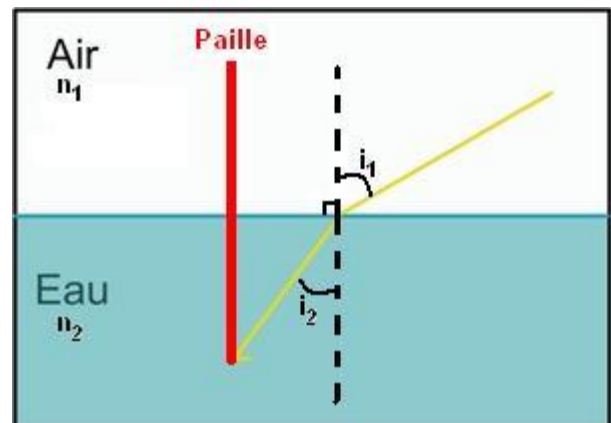


Figure 22 : illustration du phénomène de la paille brisée

Pour revenir à l'expérience sur la pièce, on a au début que de l'air, donc un seul milieu. Mais lorsqu'on rajoute de l'eau, la pièce devient visible. En effet, les rayons lumineux ne suivent plus le même chemin optique, et notre œil parvient alors à voir la pièce.

Nous étions à la recherche d'expériences concrètes, s'appliquant à la vie quotidienne. Toutefois, ces expériences devaient être à la portée de tous, de la maternelle au collège, pour qu'aucun des enfants ne s'ennuie, ou ne comprenne pas.

Ces deux expériences faciles à mettre en place et à reproduire chez soi nous ont donc paru intéressantes pour ces raisons.

En utilisant des objets basiques que l'on trouve n'importe où, nous nous sommes convaincu que ces deux montages conviendraient aux enfants. (cf annexes 9 et 10)

VI / Jeux avec lasers

1. Danger du laser

Avant de commencer à réfléchir sur les expériences, nous avons tout de suite pris conscience que notre partie devait à tout prix respecter des règles de sécurité. En effet, l'utilisation de lasers n'est pas anodine et son usage au milieu d'enfants hospitalisés doit être sécurisé. Nous avons donc entamé des recherches sur le laser et ses normes de sécurité.

Le nom « laser » est l'acronyme de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ; ce qui signifie « amplification de la lumière par émission stimulée de radiation ».

L'émission stimulée consiste à illuminer l'atome d'une lumière ayant une longueur d'onde correspondant à l'énergie de transition entre les deux états électroniques. Ce qui entraîne la désexcitation d'un électron favorisé. Un laser est donc un amplificateur de lumière basé sur l'émission stimulée couplé à un résonateur. Il s'agit d'une cavité optique généralement constitué de deux miroirs dont au moins l'un des deux est partiellement réfléchissant.

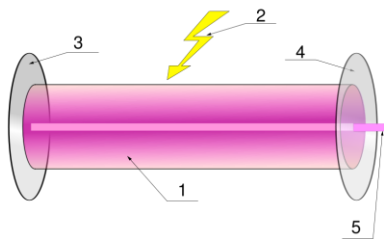


Figure 23 : Principe de fonctionnement du laser

Pour faire un laser, il faut trois choses :

- (1) un matériau qui, lorsqu'on lui apporte de l'énergie, peut amplifier la lumière,
- (2) une source d'énergie,
- (3) et (4) deux miroirs face à face.

Le laser représente un danger pour la vue s'il rentre dans le champ de vision de l'œil ; en effet, il peut provoquer des brûlures irréparables de la rétine.

Les lasers sont catégorisés sous une norme de sécurité les classant de 1 (le moins dangereux) à 4 (le plus dangereux). La législation française interdit l'utilisation de laser de classe supérieure à 2 en dehors d'un cadre professionnel.

La dangerosité d'un laser dépend de sa puissance et de sa longueur d'onde. Voici un tableau qui reprend la nouvelle norme :

Classe 1	Ce laser est sans danger s'il est utilisé dans sa condition raisonnable prévisible
Classe 2	Ce laser émet un rayonnement visible par l'œil (longueur d'onde entre 400 et 700 nm). L'œil est protégé par les réflexes de défense (comme le clignement de la paupière)
Classe 3	Ce laser est toujours dangereux en vision directe. Mais la vision de réflexions est sans danger.
Classe 4	Ce laser est toujours dangereux en vision directe et en vision de réflexions. Il peut causer des dommages sur la peau et constituer un danger d'incendie.

Nous avons donc choisi d'utiliser un laser de classe 2 pour les expériences. En effet, il ne présente pas de danger en cas de vision directe et est plus visible qu'un laser de classe 1 avec lequel les expériences auraient été difficiles dans un milieu peut-être pas sombre.

2. Réflexion du laser

Nos deux expériences sont basées sur un phénomène d'optique simple : la réflexion de la lumière.

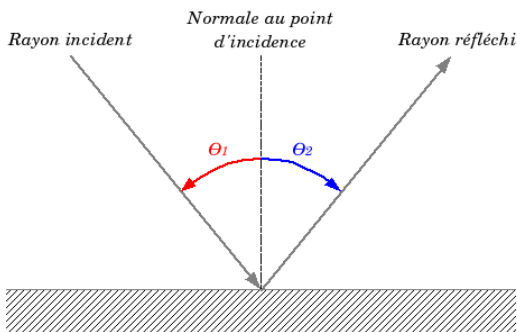


Figure 24

La réflexion en optique géométrique obéit aux lois de Snell-Descartes. Le rayon incident du laser rencontre le miroir au point d'incidence et devient le rayon réfléchi. Le plan contenant le rayon incident et la normale au miroir est dit plan d'incidence.

On appelle angle d'incidence, l'angle orienté i pris entre la normale et le rayon incident. On appelle angle de réflexion l'angle orienté r pris entre la normale et le rayon réfléchi.

Au final, on obtient : $\theta_2 = -\theta_1$

Ce phénomène explique pourquoi on voit le faisceau du laser quand on y vaporise de l'eau. (cf annexe. Les particules d'eau servent de miroir et renvoient une partie de la lumière du laser dans l'œil. C'est grâce à cela que nous avons eu l'idée de faire fabriquer un sabre laser qui serait finalement qu'un tube à essai rempli d'eau et placé devant le laser. (cf annexes 13 et 14). Nous avons décidé de faire les expériences dans une boîte en carton pour renforcer la sécurité : en remontant et en scotchant les bords, le faisceau du laser ne pourrait en sortir qu'en tombant de son socle. Mais nous avons résolu ce problème en scotchant les socles du laser et des miroirs dans le carton.

Enfin, pour expliquer pourquoi on voit le laser, il allait reprendre le fonctionnement de l'œil. L'œil humain peut être modélisé par un banc d'optique assez simple avec une lentille à la place du cristallin et un écran à la place de la rétine. La perception de la lumière nécessite de concentrer les rayons lumineux provenant d'une même direction de l'espace sur un faible nombre de photorécepteurs de la rétine. Pour ce fonctionnement, l'œil dispose de trois stratégies :

- les rayons lumineux ne provenant pas de la bonne direction sont éliminés par ombrage d'une autre structure de l'œil sur la rétine,
- les rayons d'une même direction sont incurvés et orientés par le cristallin vers un même point de la rétine par réfraction,
- les rayons sont dirigés sur les photorécepteurs par réflexion sur un miroir concave disposé derrière la rétine.

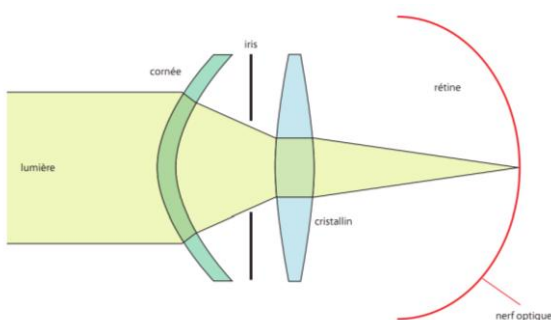


Figure 25

Ainsi, chaque photorécepteur ou groupe de photorécepteurs détecte la lumière provenant d'une seule direction. L'image se crée sur la rétine à l'envers et de taille bien plus petite. Les cellules de la rétine (les cônes pour la vision en couleurs et les bâtonnets pour la vision nocturne) reçoivent la lumière et la transforment en signaux électriques. Les nerfs transmettent ces signaux au cerveau qui les interprète pour restituer une image « redressée ».

Conclusion et perspectives

Tout au long de sa carrière, un ingénieur sera constamment confronté à la gestion de divers projets. C'est pour cela que ce projet physique fut très intéressant dans le cadre de nos études, en termes tout d'abord d'approfondissement de nos connaissances en optique mais également en ce qui concerne la gestion de projet.

Le projet P6-3 que nous venons de réaliser dans le cadre du 4ème semestre STPI nous a permis dans un premier temps de confirmer nos connaissances physiques en matière d'optique dans des domaines tels que les couleurs, les miroirs ou encore les lasers. En effet, dans le but de s'adapter au niveau des enfants participants aux actions de l'association des « Petits Génies », il a été nécessaire de développer un certain sens pédagogique pour dans un premier temps, faciliter la compréhension de notions parfois complexes, mais également dans le but de mettre en place des expériences vivantes et motivantes pour des enfants souvent âgés de moins de 10 ans. L'élaboration de fiches enfants attractives (couleur, schéma, image...) ainsi qu'une volonté de simplifier sans appauvrir des connaissances de bases dans le domaine de l'optique ont été nos objectifs principaux tout au long des séances de P6-3. D'ailleurs, l'idée de remise symbolique d'un diplôme du petit génie aux enfants à la fin des expériences nous a paru être une bonne idée dans un souci d'implication des enfants et pour leur propre satisfaction personnelle.

A noter également la bonne communication entre l'équipe du projet P6-3 et les intervenants Insaïen de l'association « Les petits génies » qui nous a permis de connaître leurs attentes, mais également d'avoir de bons conseils grâce à leur expérience au niveau des interventions dans les hôpitaux.

Par ailleurs, ce projet physique nous a permis de découvrir la gestion de projet, le respect d'un calendrier, le travail en équipe ou encore les réunions d'équipe, tout ces paramètres qui définissent une bonne organisation de projet. Ce projet nous a également confronté aux problèmes que peut susciter le travail en équipe et nous a donc préparés aux futurs inconvénients, à moindre échelle, de la gestion de projet en tant qu'ingénieur.

Les membres de l'association « Les petits génies » ont été très satisfaits de notre travail et nous ont remerciés de l'effort fourni, chose que nous avons beaucoup appréciée. Certaines expériences peuvent encore être améliorées en ajoutant du matériel électronique.

Les seuls qui restent à contenter sont les enfants de l'hôpital !

Table des illustrations

Figure 1 : logo de l'association (<http://projetsetudiants.insa-rouen.fr/lespetitsgenies/>) 6

Figure 2 : les animatrices en TP (<http://projetsetudiants.insa-rouen.fr/lespetitsgenies/>)..... 6

Figure 3 : couverture de l'album *Dark Side Of The Moon; Pink Floyd* 10

Figure 4 : dispositif du prisme, photo réalisée par nos propres soins..... 10

Figure 5 : <http://www.web-sciences.com/fiches2d/fiche3/fiche3.php> 11

Figure 6 : <http://www.web-sciences.com/fiches2d/fiche3/fiche3.php>..... 11

Figure 7 : http://www.ilephysique.net/physique_2-dispersion-lumiere-par-prisme.php..... 11

Figure 8 : <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=8493> 11

Figure 9 : <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=8493> 12

Figure 10 : <http://serge.bertorello.free.fr/optique/instrum/instrum.html> 12

Figure 11 : <http://www.jacquier.org/couleur.html>..... 13

Figure 12 : http://www.cepv.ch/esaa/photographie/fumey/technologie/labo_couleur.php 14

Figure 13 : http://www.erenumerique.fr/televiseurs_lcd.html 14

Figure 14 : <http://www.jacquier.org/couleur.html>..... 14

Figure 15 : image réalisée sous Paint par nos propres soins..... 14

Figure 16 : image réalisée sous Office Word par nos propres soins 15

Figure 17 : image réalisée sous Paint par nos propres soins..... 15

Figure 18 : <http://www.astrosurf.com/nezenlair/nel14/La%20lumi%E8re.htm>.....16

Figure 19 : http://www.3bscientific.fr/Disque-optique/Disque-de-Newton-motorise-U29555,p_83_113_1113_18056.html..... 16

Figure 20 : cours de David Honoré, INSA ROUEN..... 17

Figure 21 : cours de David Honoré, INSA ROUEN..... 18

Figure 22 : <http://www.siteduzero.com/tutoriel-3-6658-la-lumiere.html> 19

Figure 23 : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Laser.svg> 20

Figure 24 : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Reflexion_fr.png 21

Figure 25 : <http://www.ac-lille.fr/crdp/IMG/pdf/Bonnefeuille-optique.pdf> 21

Bibliographie

JEUX DE LUMIERE

[http://www.wikidebrouillard.org/index.php/Disque de Newton](http://www.wikidebrouillard.org/index.php/Disque_de_Newton)

<http://www.spc.ac-aix-marseille.fr/labospc/spip.php?article378>

<http://www.ac-nice.fr/clea/lunap/html/Couleurs/CoulActiv.html>

http://www.louislegrand.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=131:opt2-1&catid=12:optique&Itemid=18

<http://www.profil-couleur.com>

<http://maths-sciences.fr/documents/quatrieme/la-synthese-additive-des-couleurs.pdf>

<http://www.agencealterego.com>

<http://guy.chaumeton.pagesperso-orange.fr/2d03ph.htm#b> <http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/prisme/prisme.html>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Prisme_\(optique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Prisme_(optique))

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Diffraction>

JEUX D'ILLUSIONS

http://www.dailymotion.com/video/xdocpn_les-illusions-d-optique_tech

http://www.discip.ac-caen.fr/phch/lycee/premiere/11/4Apparences_perception/4Apparences_perception.html

<http://www.iscience.ca/fibreopt/ateliers/refraction/indicerefraction.php>

<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=6775>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Réfraction>

related:www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/nouvprog/prem_l/docs/repres_visuel/perception_visuelle.doc_paille_brisée

JEUX AVEC LASERS

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Laser>

<http://eurserveur.insa-lyon.fr/approphys/9Math&Phys/Laser/fonctionnement.html>

<http://science-for-everyone.over-blog.com/article-26296744.html>

Annexes

Nous vous proposons en annexes les deux types de protocoles pour chaque expérience :

1. Fiche enfant « Expérience du prisme »
2. Fiche intervenant « Expérience du prisme »
3. Fiche enfant « Les filtres de couleur »
4. Fiche intervenant « Les filtres de couleur »
5. Fiche enfant « Le disque de Newton »
6. Fiche intervenant « Le disque de Newton »
7. Fiche enfant « L'expérience de la cuillère »
8. Fiche intervenant « L'expérience de la cuillère »
9. Fiche enfant « La pièce et la paille magiques»
10. Fiche intervenant « La pièce et la paille magiques»
11. Fiche enfant « Mise en valeur d'un faisceau»
12. Fiche intervenant « Mise en valeur d'un faisceau»
13. Fiche enfant «Réalisation d'un sabre laser»
14. Fiche intervenant «Réalisation d'un sabre laser»

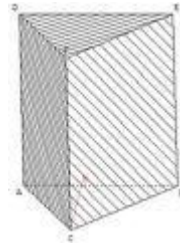
Dispersion de la lumière blanche à travers un prisme

Arc-en-ciel



Il te faut:

- une lampe avec 5 fentes
- un plateau gradué
- un prisme (morceau de verre)



- un écran blanc

Protocole:

1) Allume la lumière

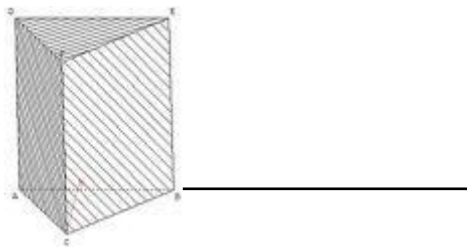
Quelle couleur vois-tu sur l'écran ?

2) Place le prisme au milieu du plateau



Attention!

Il faut bien le positionner. Il faut qu'une arête (c'est à dire, un des 3 cotés pointus) soit dirigée vers la lumière. Le côté pointu doit être sur la ligne.



Quelles couleurs vois-tu sur l'écran ? A quoi cela te fait-il penser ?

3) Tourne le prisme tout doucement

Tu vas voir des rayons de lumière apparaître puis disparaître.

Explications :

En fait, la lumière blanche est composée de toutes les couleurs visibles !

Chaque couleur a une longueur d'onde précise.



Quand le rayon lumineux de la lampe traverse le prisme (morceau de verre), le rayon est dévié, il change de direction : on dit qu'il est réfracté.

Chaque couleur spécifique est déviée différemment : c'est pour cela que l'on peut voir l'arc-en-ciel !

Au quotidien ... :

... C'est la même chose pour un vrai Arc-en-ciel dans la nature !



Sais-tu quand apparaît un Arc-en-ciel ?



Il faut qu'il pleuve et qu'il y ait un peu de soleil en même temps...

Explication :

Quand le soleil brille, et qu'il pleut en même temps, la lumière blanche du soleil est séparée en sept couleurs par les gouttelettes d'eau.



Les gouttelettes d'eau agissent comme le prisme de notre expérience.

On aperçoit alors toutes les couleurs décomposées, et cela forme un Arc-en-ciel !

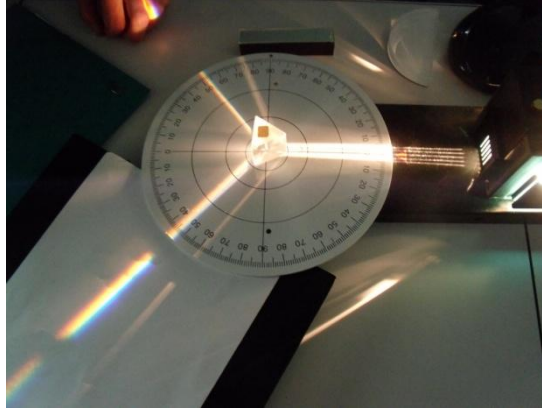
Toutes les couleurs de l'Arc-en-ciel ne sont qu'en fait rien que de la lumière blanche, la lumière du Soleil !

Expérience 1 : Dispersion de la lumière blanche à travers un prisme:

« l'Arc-en ciel »

1/Matériel : 1 prisme, 1 lampe (lumière blanche) avec 5 fentes, 1 écran noir avec une feuille blanche scotchée, 1 support gradué pour le prisme

Se placer dans l'obscurité au maximum (éteindre la lumière, fermer rideaux si possible)



2/ Sécurité : Faire attention au prisme, manipuler avec précaution, fragile !

3/Objectifs :

- mettre en évidence la décomposition de la lumière blanche : le faisceau qui sort du prisme est étalé et présente les couleurs de l'arc-en-ciel
- montrer que la réfraction n'existe pas toujours mais commence à apparaître pour un certain angle d'incidence
- montrer que la lumière rouge est moins déviée que la lumière violette
- visualiser l'existence d'un angle minimal de déviation

4/Mise en place de l'expérience :

- 1) installer le support sur une table horizontale
- 2) régler le rapporteur à 0 degré en face de la flèche
- 3) brancher et allumer la lampe (lumière blanche)
- 4) placer la réglette de 5 fentes et régler le parallélisme à l'aide de la molette située à l'arrière de la lampe, les rayons doivent être parallèles
- 5) placer l'écran à 130 degrés par rapport à la flèche rouge
- 6) placer le prisme dans le cercle central avec une des 3 arêtes dirigée vers la flèche rouge (à 0 degré)
- 7) tourner le plateau pour mettre en évidence les déviations

5/ Déroulement:

- 1) On allume la lumière blanche sans placer le prisme

Question: que voyez-vous sur l'écran?

Réponses possibles: Lumière blanche, jaune, c'est la lumière d'une lampe.

- 2) Avec le prisme positionné entre 0° et 10°

Question: que voyez-vous? Quelles couleurs (énumération couleurs)?

On voit un arc en ciel sur l'écran



En plus:

(Pour expliquer simplement les longueurs d'onde)

3) On fait tourner le plateau dans le sens des aiguilles d'une montre :

Question: que voit-on au fur et à mesure qu'on tourne le plateau?

Réponses :

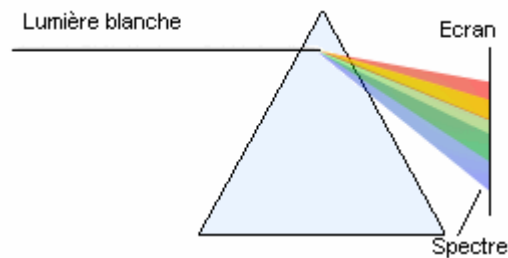
Entre 10° et 20° : on voit les couleurs disparaître l'une après l'autre, du bleu jusqu'au rouge.

Entre 20° et 90° on voit seulement la lumière blanche

Entre 90° et 135° on voit les couleurs de l'arc en ciel

Entre 135° et 180° on voit seulement la lumière blanche

6/ Explication brève de l'expérience :



Le prisme décompose la lumière blanche. La figure colorée obtenue est appelée spectre.

La lumière blanche est composée de toutes les couleurs, Elle est constituée de plusieurs radiations colorées, on dit qu'elle est polychromatique.

L'indice de réfraction du verre varie en fonction de la longueur d'onde, ce qui provoque une dispersion chromatique. Chaque couleur est déviée de façon différente dans le prisme

Expérience filtres de couleurs

Les filtres

1^{ère} partie : Observation d'ombres colorées

Il te faut:



- une lampe de poche.
- plusieurs bouteilles en plastique de couleurs.



Attention!

Les bouteilles doivent être un peu transparentes !

Si elles sont entièrement opaques (c'est-à-dire qu'on ne voit pas la lumière au travers), on ne pourra pas faire cette expérience.

→ Comment reconnaître une bouteille opaque ? Elle est **de** plus foncée qu'une bouteille qui laisse passer la lumière. 😊

Protocole:

- 1) Allume la lumière de la lampe de poche.
- 2) Eclaire la bouteille de la couleur de ton choix
→ Tu vas alors voir une ombre par terre

De quelle couleur est l'ombre de la bouteille ?

- 3) Déplace la lampe le long de la bouteille

Que se passe-t-il ?



Explications :

Grâce à l'expérience précédente, tu as vu que la lumière est composée de toutes les couleurs.

Ici, on arrive à isoler une couleur de l'arc-en-ciel en faisant passer la lumière à travers un objet transparent coloré. Ici on a utilisé la bouteille. On dit que la bouteille est un filtre.

Le filtre absorbe toutes les autres couleurs de l'arc-en-ciel !

2^{ème} partie : Création de couleurs à l'aide de filtres

Pour cette deuxième petite expérience, il te faut :

- Une lampe de poche.
- Des filtres de couleurs.
- Un banc optique.
- 3 supports pour les filtres.
- Un écran blanc.



Protocole:

- 1) Tu as à ta disposition 6 filtres représentant les couleurs primaires : rouge, vert, bleu, magenta, cyan, jaune.

Tout d'abord, place un filtre sur un des supports et éclaire le avec la lampe de poche.

Que vois-tu sur l'écran?

- 2) A présent, place le filtre jaune et bleu l'un derrière l'autre, puis éclaire les deux filtres en direction de l'écran.

Quelle couleur vois-tu sur l'écran?

- 3) Maintenant, tu as à ta disposition 6 couleurs. Essaie de faire d'autres couleurs en combinant plusieurs filtres.

Explications :

Comme tu le sais déjà, la lumière blanche est composée de toutes les couleurs. Mais il existe également des couleurs primaires qui permettent de faire d'autres couleurs ; ainsi, pour avoir du vert, tu dois combiner le jaune et le bleu !

C'est la même chose pour les autres couleurs que tu as trouvé ! Etonnant non ?!

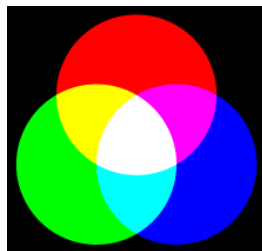
Synthèse additive

Pour cette manipulation, il te faut utiliser les filtres bleu, vert et rouge. Retire la feuille blanche sur l'écran pour avoir un écran noir.

Maintenant, positionne les filtres les uns derrière les autres et éclaire en direction de l'écran.

Quelle couleur vois-tu sur l'écran?

Eh oui, c'est bien ça, tu vois du blanc ! Mais comment cela est-il possible ?



Explications :

En utilisant seulement 3 des couleurs de l'arc-en-ciel, tu es capable de reconstituer la lumière blanche, que tu avais décomposé dans une précédente expérience ! C'est la synthèse additive des couleurs !

Synthèse soustractive

Pour cette dernière petite manipulation, il te faut cette fois-ci les filtres magenta, cyan et jaune ainsi qu'un écran blanc (scotche une feuille de papier blanche sur l'écran).

Comme avant, positionne les filtres les uns derrière les autres et éclaire en direction de l'écran.

Quelle couleur vois-tu sur l'écran?

Cette fois-ci, c'est du noir que tu vois !



Explications :

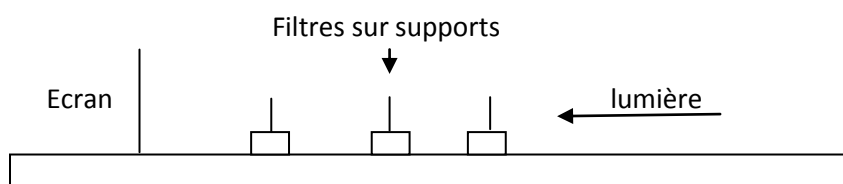
Ici, c'est tout le contraire de la synthèse additive. La source lumineuse est le blanc du papier. Chaque filtre va soustraire une certaine quantité de lumière au papier, et ainsi, quand tu éclaireras les 3 filtres superposés, tu verras apparaître du noir, car toute la lumière blanche aura été absorbée par les filtres !

Protocole filtre couleur

1/ Matériel

- Un banc optique.
- Un écran blanc (noir avec une feuille de papier blanche scotchée) ainsi qu'un porte-écran.
- 3 supports pour les filtres.
- Une lampe de poche ou lampe torche assez puissante.

Schéma du montage



2/ Sécurité : manipuler les filtres avec précautions, attention aux risques de lumière dans les yeux.

3/ Mise en place de l'expérience

Positionner l'écran suivi des 3 supports pour les filtres sur environ 60 cm, chaque élément devant être espacé de 15 cm. Puis positionner 2 ou 3 filtres (pour les synthèses) afin d'essayer de retrouver les différentes couleurs ci-dessous, en éclairant avec la lampe. Chaque enfant aura la possibilité de composer des couleurs en associant deux filtres.

4/ Déroulement

1^{ère} partie de l'expérience : observations des ombres colorées

Dans cette première partie d'expérience, les enfants découvrent la notion d'ombre colorée en fonction de la bouteille qu'ils éclairent. Mettre à disposition des enfants les bouteilles ainsi qu'une ou plusieurs lampes de poche et les inciter à éclairer chaque bouteille ainsi que de comparer les ombres à la sortie des bouteilles.

Questions probables des enfants : Pourquoi l'ombre est colorée ?

Pourquoi l'ombre est de la couleur de la bouteille ?

2^{ème} partie de l'expérience : créations de couleurs à l'aide de filtres

Dans un premier temps, rappel de l'expérience précédente en démontrant que la bouteille faisait bien effet de filtre : faire choisir un filtre aux enfants et le placer sur le banc optique ; puis un des enfants éclaire le filtre en direction de l'écran. Répéter l'expérience avec plusieurs filtres.

Dans un second temps, en positionnant l'un derrière l'autre les filtres bleu et jaune, faire éclairer l'écran par un enfant et on y voit normalement du vert.

Questions probables des enfants : D'où vient cette couleur ?

Comment le vert apparaît ?

Puis les enfants pourront à leur tour essayer de trouver d'autres couleurs.

Couleurs possibles lors des recherches de couleurs par les enfants

- jaune +bleu=vert
- magenta +jaune=rouge
- bleu+jaune=turquoise
- orange + magenta=rouge
- orange + bleu=violet

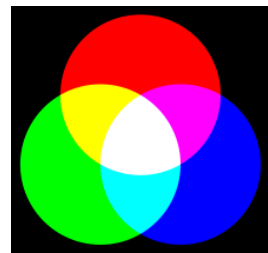
Synthèse :

Pour aborder cette partie un peu plus complexe que les autres, vous pourrez demander aux enfants s'ils ont réussi à créer la couleur blanche ou noire avec les filtres. Ils répondront sans doute non (on l'espère) et vous aborderez ensuite le thème des synthèses additive et soustractive.

A noter également que vous pouvez trouver des explications simples (phrases compréhensibles pour les enfants) sur les fiches enfants.

Explications complémentaires pour les intervenants

- Synthèse additive: noir \longrightarrow blanc



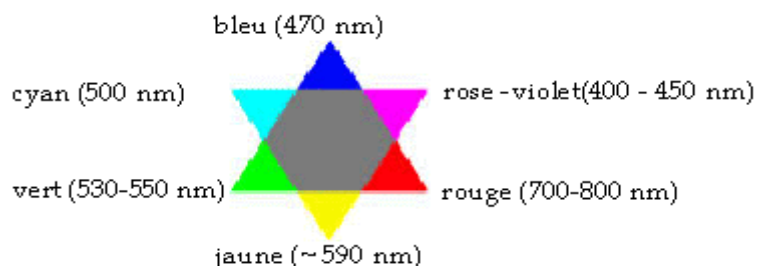
Ce procédé vient du fait que l'on va ici ajouter une certaine quantité de lumière rouge, verte et bleu (couleurs primaires ou système RVB) pour obtenir d'autres couleurs. Si l'on mélange ces trois couleurs, l'œil perçoit alors le résultat obtenu comme une couleur blanche. C'est YOUNG, dès 1802, qui le premier a montré que l'on obtenait de la lumière blanche en superposant des faisceaux rouge, vert et bleu : ce sont **les lois de la théorie trichromatique de la synthèse de la couleur**, ou plus simplement les lois de la trichromie.

Il est à noter que la lumière blanche peut aussi être obtenue par addition de deux couleurs seulement, soit le jaune et le bleu, soit le rouge et le cyan (bleu-vert), soit encore le vert et le magenta (rouge violacé) : de telles paires sont appelées couleurs complémentaires.

L'addition de deux couleurs primaires donne une couleur secondaire qui est la couleur complémentaire de la couleur primaire non utilisée :

- L'addition du **rouge** et du **vert** donne du **jaune**, complémentaire du **bleu**.
- L'addition du **rouge** et du **bleu** donne du **magenta**, complémentaire du **vert**.
- L'addition du **vert** et du **bleu** donne du **cyan**, complémentaire du **rouge**.

L'étoile de la complémentarité

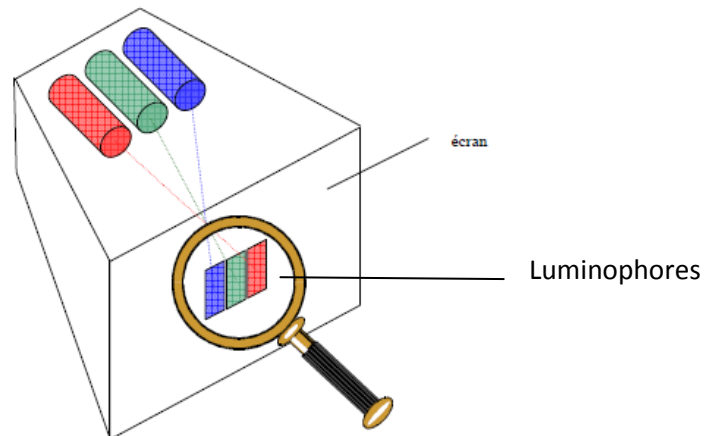


NB : Il est également important de savoir **qu'un filtre ne laisse pas passer (absorbe) sa couleur complémentaire** ; par exemple, un filtre jaune ne laisse pas passer le bleu !

Application de la synthèse additive

Il est intéressant de savoir que les écrans de télévision LCD utilisent ce système. Le principe est relativement simple : chaque pixel d'un écran de télévision est composé de trois pixels monochrome rouge, vert et bleu ; chaque canon à électron envoie alors un faisceau (schéma) sur un type de luminophore et l'image de la télévision est obtenue par synthèse additive des trois couleurs.

Schéma fonctionnement TV LCD

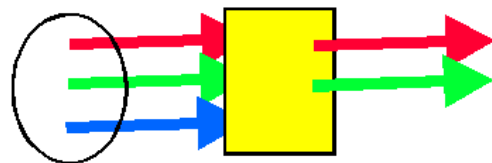


- Synthèse soustractive: blanc → noir

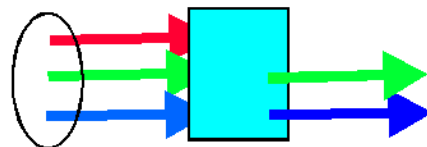


Pour expliquer ce phénomène, supposons qu'une source de lumière blanche éclaire différents filtres, qui interceptent et absorbent (d'où soustraction) le rouge, le bleu ou le vert.

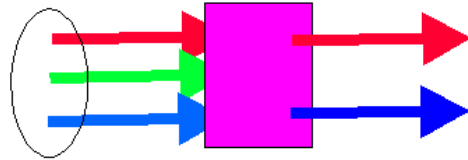
Un filtre qui retient le bleu apparaît alors jaune et laisse alors passer un mélange de rouge et vert.



Un filtre qui retient le rouge apparaît cyan, addition de bleu et de vert.



Un filtre qui retient le vert apparaît magenta, addition de rouge et de bleu.



Si on additionne les trois filtres, plus rien ne passe et c'est pour cela qu'on observe du noir !

Dans la nature, la plupart des couleurs sont dues non à des mélanges de longueurs d'onde, mais à des soustractions, la lumière blanche du Soleil étant partiellement absorbée par des pigments qui absorbent certaines longueurs d'onde et ne laissent passer que leur complément, qui produit la sensation de couleur. Ainsi le magenta s'obtient à partir de la lumière blanche en supprimant sa composante verte ; le jaune en soustrayant le bleu ; et le cyan en supprimant le rouge : magenta, jaune et cyan sont appelés pour cette raison couleurs primaires soustractives.

Application de la synthèse soustractive

La synthèse soustractive est utilisée en imprimerie : la juxtaposition des 3 couleurs jaune, magenta et cyan ainsi que le noir, conduit alors à l'image finale.

Voici un exemple avec une photo aérienne de l'INSA de Rouen :





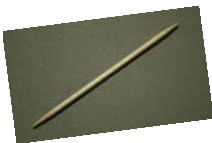


La photo finale étant :



Le disque de Newton



Il te faut:

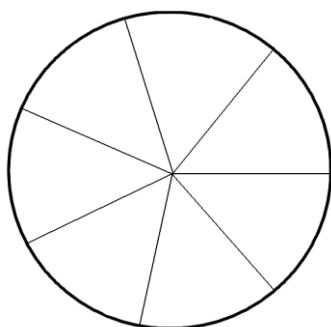
- une feuille blanche cartonnée
- une paire de ciseaux 
- de la colle 
- un pic à brochette 
- un bouchon de liège 
- un crayon papier + gomme+ des feutres de couleurs 

Protocole :

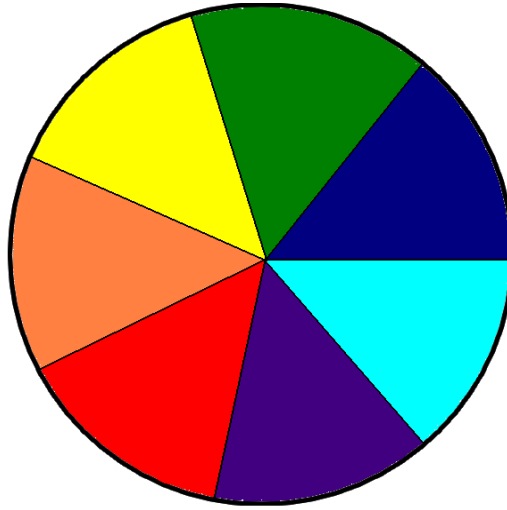
- 1) Découpe un disque de 15cm de diamètre dans du papier cartonné blanc.
- 2) Prend un écartement d'environ 6.5cm avec le compas. Place la pointe du compas sur le bord du cercle, fais une marque sur le bord puis replace ton compas sur cette nouvelle marque et refait une marque et ainsi de suite jusqu'à ce que tu obtiennes 7 marques de crayon.

Attention de ne pas te blesser avec la mine du compas qui est très pointue !

- 3) Relie par une droite chaque marque au centre du cercle
- 4) tu obtiens donc 7 cases vides :



- 5) **Colorie chaque segment avec une couleur dans l'ordre suivant :**
– **Violet ; - Indigo (ou bleu foncé) ; - Bleu ; - Vert ; - Jaune ; - Orangé ; - Rouge.**



*Ca ne te rappelle pas quelque chose ces couleurs ?
Eh oui, ce sont les couleurs de l'Arc-en-ciel !!*



Pour réaliser ce disque de Newton, fais-toi aider d'un adulte.

- 1) **Découpe dans du carton un cercle de même taille que le disque que tu viens de faire.**
- 2) **Colle le disque sur le carton.**
- 3) **Fais un trou au centre du disque (à l'aide d'un ciseau par exemple).**
- 4) **Coupe une petite moitié du bouchon à l'aide de ciseaux (dans le sens de la longueur). Fais un trou au milieu.**
- 5) **Colle le cercle au bouchon de façon à ce que tu voies les deux trous se superposer. Prends le pic à brochette et enfiles-y le cercle. Coupe le pic de façon à obtenir à peu près 2 cm au dessus du bouchon et 2 cm en dessous du bouchon.**
- 6) **Fait tourner le disque lentement.**
Que vois-tu comme couleurs ?
- 7) **Fait tourner rapidement comme une toupie.**
Que vois-tu comme couleurs ?

Explications :

Quand on fait tourner très rapidement le disque, on voit «disparaître» des couleurs et on voit apparaître du blanc.

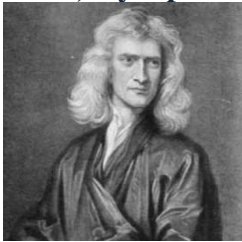
Chaque couleur est en fait perçue un court instant par ton œil.

Le disque tourne tellement vite que ton œil a l'impression que les couleurs se superposent les unes sur les autres et tu vois du blanc !

Cela signifie que la lumière du jour, la lumière «blanche» est constituée de toutes les couleurs !

Mais pourquoi on l'appelle le disque de Newton ?

Car c'est le nom de l'homme qui a découvert ce phénomène, Isaac Newton, au 17^{ème} siècle, il y a plus de 300 ans !!



Le Disque de Newton

*Pour recomposer la lumière blanche à partir de la lumière d'arc-en-ciel, Newton a eu l'idée de faire tourner rapidement un petit disque aux couleurs du spectre.
La superposition des couleurs avec la vitesse de rotation du disque, nous fait apparaître le blanc.*



1. Matériel

- Une feuille blanche cartonnée
- Ciseaux
- Colle
- Pic (type cure dent ou pic à brochette)
- Bouchon de liège
- Crayon de papier + gomme + feutres+règle
- Carton

2. Sécurité

Lors de la création du disque, faire attention à la pointe du compas et des ciseaux.
Lors de la manipulation, toujours garder la pointe du pic vers le bas afin de ne pas se blesser.

3. Objectif

Obtenir la couleur blanche à partir des couleurs de l'arc-en-ciel.

4. Mise en place de l'expérience

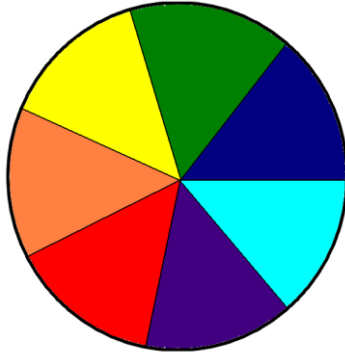
Tout d'abord, il faut construire votre disque de Newton (On vous en laisse un comme modèle). Insister sur le fait que les enfants (les plus grands) peuvent facilement le refaire chez eux.

Pour construire le disque de Newton, il faut :

1. découper un disque de 15 cm de diamètre dans du papier cartonné (de préférence blanc pour pouvoir colorier ensuite).
2. Prendre un écartement d'environ 6,5 cm au compas et placer la pointe au bord du cercle. Faire une marque sur le bord puis replacer le compas sur cette marque et ainsi de suite jusqu'à obtenir 7 marques (le tour du cercle).
3. Relier le centre à chaque marque afin d'obtenir 7 secteurs angulaires.
4. Puis colorier les secteurs angulaires dans l'ordre suivant violet/indigo/bleu/vert/jaune/orange/rouge.

5. Déroulement

Vous disposez à présent du disque de Newton. Il suffit juste d'un pic (type pic à brochette), d'un morceau de carton, d'un bouchon et de colle.



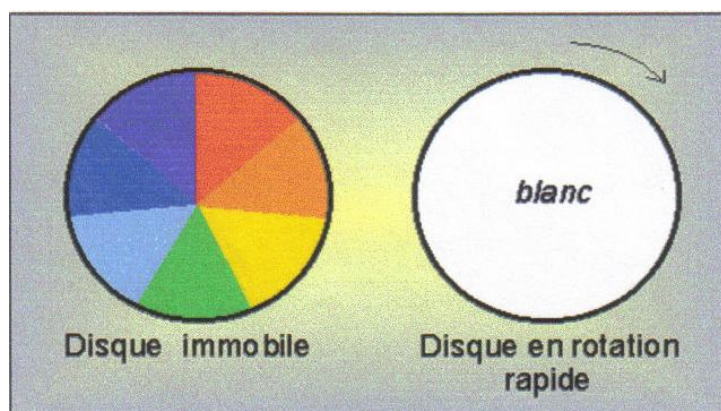
Il faut :

- Découper dans du carton un cercle de même taille que le disque de Newton.
- Coller le disque sur le carton.
- Faire un trou au centre du disque (à l'aide d'un ciseau par exemple).
- Couper le bouchon (à environ 1/3) à l'aide de ciseaux.
- Faire un trou au milieu.
- Coller le cercle au bouchon de façon à ce que les trous se superposent. Prendre le pic à brochette et y enfiler le cercle. Couper le pic de façon à obtenir 2 cm au dessus du bouchon et 2 cm en dessous du bouchon.

Faire constater aux enfants que lorsque le cercle est immobile, on voit les couleurs violet/indigo/bleu/vert/jaune/orange/rouge de l'arc en ciel.

Faire tourner lentement le disque de Newton, faire constater aux enfants que l'on aperçoit toujours toutes les couleurs.

Ensuite, Le faire tourner très vite et demander aux enfants quelle couleur ils perçoivent. On obtient la couleur blanche.



Pourquoi ne voit-on plus les couleurs ?

6. Explication brève de l'expérience

Chaque couleur est perçue un court instant par notre œil.

Comme le disque tourne rapidement les couleurs se superposent en raison de l'effet de persistance rétinienne.

Or le mélange de toutes ces couleurs donne le blanc de la lumière.

Notre cerveau est donc abusé et perçoit le blanc.

7. Explications scientifiques de l'expérience

La superposition des couleurs avec la vitesse de rotation du disque, nous fait apparaître le blanc.

Cela est dû au court instant où notre œil perçoit chaque couleur. Cela s'appelle la "persistance rétinienne" ; c'est la capacité ou défaut de l'œil à conserver une image vue superposée aux images que l'on est en train de voir. Elle est plus forte et plus longue si l'image observée est lumineuse. Nous pouvons lier notre expérience au phénomène présent sur un écran de téléviseur. En effet l'image semble stable, elle ne clignote pas. Or l'écran n'émet les images que par intermittence. De plus, cet effet est également représenté lors des dessins animés ; ils donnent l'illusion d'un mouvement en projetant différents dessins successifs représentant les différentes étapes de ce mouvement.

La somme des couleurs de l'arc en ciel compose "le blanc" : La couleur blanche est la somme de la multitude de couleurs présente dans l'arc en ciel. En effet, nous avons ici défini sept segments couleur différente mais en fait l'arc en ciel est composé d'un nombre incalculable de couleurs. Lorsque l'on additionne ces couleurs, on obtient le blanc pur.

De plus, on constate qu'avec une vitesse de rotation faible, toutes les couleurs sont perceptibles et ce n'est qu'à partir d'une certaine vitesse limite que le disque apparaît blanc.

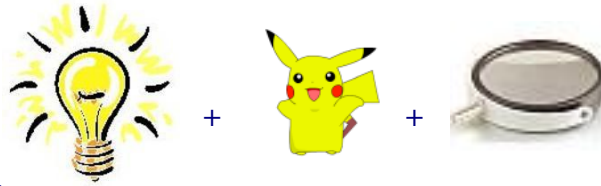
Remarque : Cette vitesse limite est plus facile à définir lorsque l'expérience est munie d'un moteur. Pour les prochaines années, en amélioration, ce serait intéressant de fabriquer un moteur afin de faire tourner le disque à une vitesse donnée.



Analogie entre un miroir concave et une cuillère.

Il te faut:

- Une lampe.
- Un objet transparent.
- Un miroir sphérique concave.
- Un écran (une feuille peut suffire).



Protocole:

Le montage étant assez complexe et le matériel utilisé assez fragile, un Petit Génie s'occupera du montage.

1) Place l'objet devant la lampe.

Comment apparaît l'image sur l'écran ?



2) Maintenant, modifie la position du miroir.

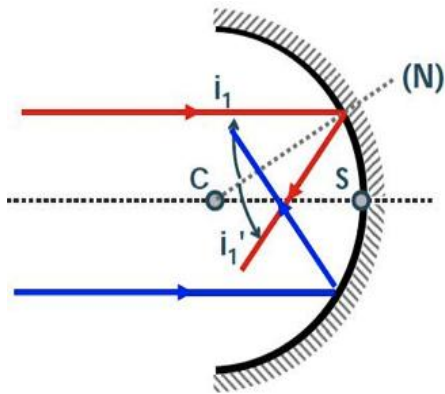
Comment apparaît l'image sur l'écran ?

3) Saurais-tu expliquer pourquoi l'image apparaît de cette façon ?



Explications :

En fait l'image apparaît inversée et réduite parce que le miroir utilisé possède des propriétés très spéciales, dues à sa forme géométrique. En effet, ce n'est pas un miroir plan (un miroir tout plat) qui est utilisé mais un miroir sphérique, c'est à dire qu'il est arrondi.



Réflexion des rayons lumineux par un miroir sphérique concave

Comme tu peux le voir ci-contre, les rayons lumineux qui arrivent sur le haut du miroir repartent vers le bas et ceux qui arrivent sur le bas du miroir, repartent vers le haut, l'image de notre objet sera donc inversée.

Remarque : il existe deux types de miroirs sphériques :

– Le miroir concave : c'est celui qui vient d'être utilisé dans l'expérience.



– Le miroir convexe : c'est un miroir totalement à l'opposé du miroir concave, il n'est pas arrondi de la même manière.



Ces deux miroirs vont réfléchir la lumière différemment d'un miroir plan.

Au quotidien ... :



Lorsque tu regardes dans le creux d'une cuillère, c'est comme si tu te regardais dans un miroir concave, tu te vois à l'envers et rétréci. En revanche si tu regardes sur le dos de la cuillère, ou sur une boule de Noël, là c'est comme si tu te regardais dans un miroir convexe. Ici il est arrondi, les rayons lumineux ne sont donc pas réfléchis de la même façon qu'avec un miroir plan, c'est à dire les miroirs que tu utilises chaque matin dans ta salle de bain !

Expérience 1 : Analogie d'une cuillère avec un miroir concave.

1/Matériel :

1 miroir concave, 1 lampe, 1 écran noir avec une feuille blanche scotchée, 1 banc optique, une image sur transparent, une cuillère, supports.
Se placer dans l'obscurité au maximum (éteindre la lumière, fermer rideaux).

2/ Sécurité :

Faire attention au miroir, manipuler avec précaution, fragile !

3/Objectifs :

- Introduire la notion de « rayon lumineux », de « miroir concave », d' « objet » et d' « image ».
- Expliquer l'inversion de notre visage lorsque l'on se regarde dans une cuillère.

4/Mise en place de l'expérience :

- 1) Installer le banc optique sur une table horizontale.
- 2) Installer la lampe, l'image, le miroir et l'écran.
- 3) Brancher et allumer la lampe (lumière blanche)
- 4) « Chercher » l'image en faisant glisser l'écran sur le banc optique, jusqu'à obtenir une image la plus nette possible.

Nous vous proposons de suivre le schéma ci-dessous :

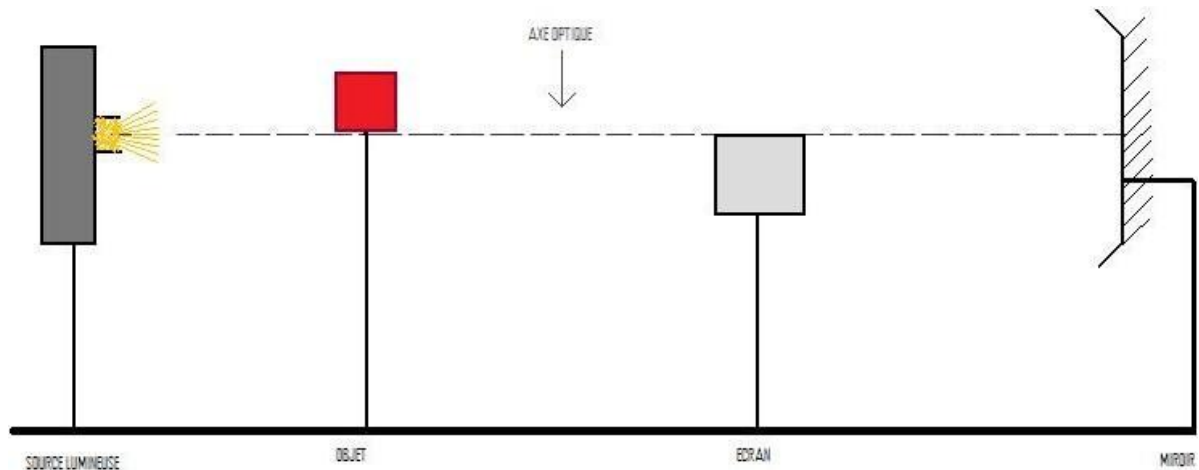


Schéma du montage

5/ Déroulement:

1) On allume la lumière blanche et place l'objet mais pas l'écran.
Explication : Ici l'écran va représenter notre œil. Nous allons obtenir une image sur l'écran, donc sur notre « œil ». On ne peut donc rien observer pour l'instant puisque notre « œil » n'est pas placé.

- 2) On place maintenant l'écran (c'est à dire l' « œil »).
Question: que voyez vous?

Réponses possibles : images inversées, rétrécies/aggrandies.

- 3) On fait maintenant varier la distance entre l'écran (l'« œil ») et le miroir (qui reste fixe).

Qu'observe-t-on ?

Réponse possible : l'image est moins nette.

- 4) On fait maintenant varier la distance entre l'écran (qui reste fixe) et le miroir.

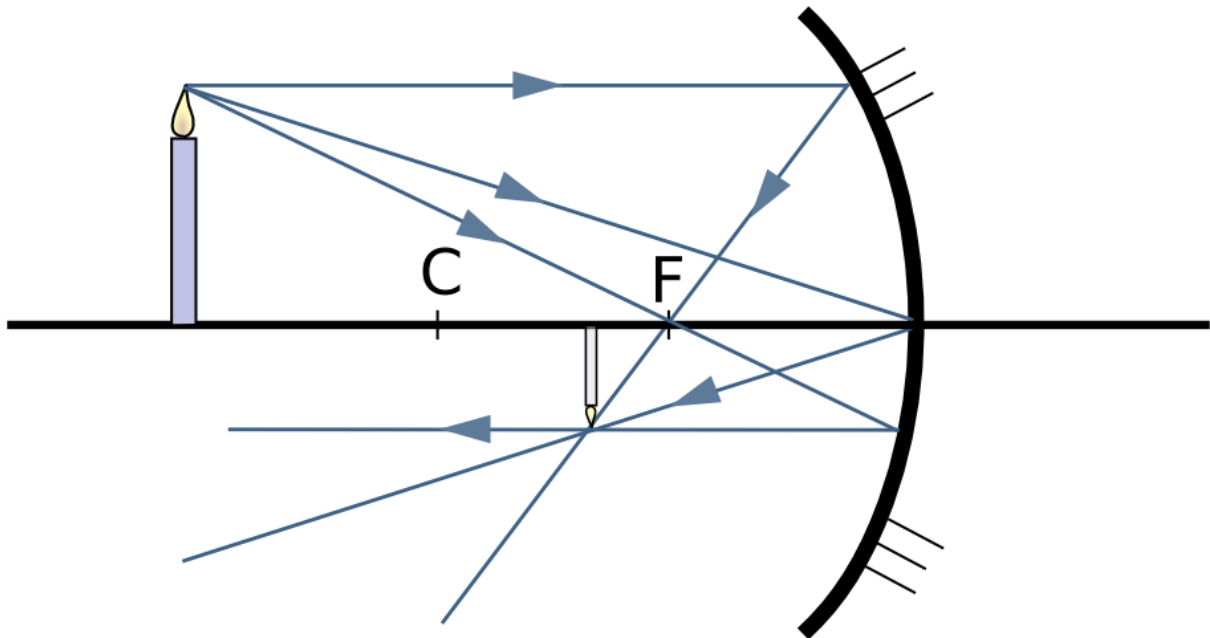
Qu'observe-t-on ?

Réponse possible : l'image est moins nette.

Comment faire pour obtenir une image plus nette ?

Réponse possible : il faut déplacer l'écran.

6/ Explication brève de l'expérience :



Rayons réfléchis par le miroir concave

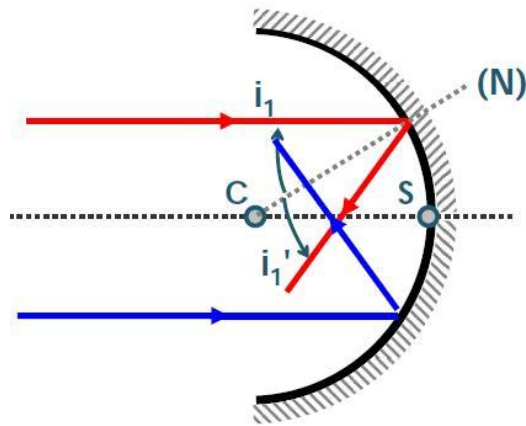
L'image (ici une bougie) se reflète dans le miroir. À cause de l'inclinaison sphérique du miroir, les rayons lumineux de la bougie ne repartent pas horizontalement. La situation est facile à comprendre avec le schéma ci-dessus.

Toujours parce qu'on a un miroir sphérique (concave dans notre cas), l'image obtenue après réfléchissement est inversée et réduite. On peut calculer sa taille sans la mesurer grâce à des formules mathématiques.

7/ Explications scientifiques :

Un miroir sphérique est un dioptré réfléchissant. Il est caractérisé par son axe principal, son centre C, son sommet S et son rayon de courbure $R=SC$.

Dans notre expérience, nous ne nous intéresserons qu'au miroir concave (donc convergent avec $R<0$).



**Rayons réfléchis par le miroir concave
d'un objet à l'infini**

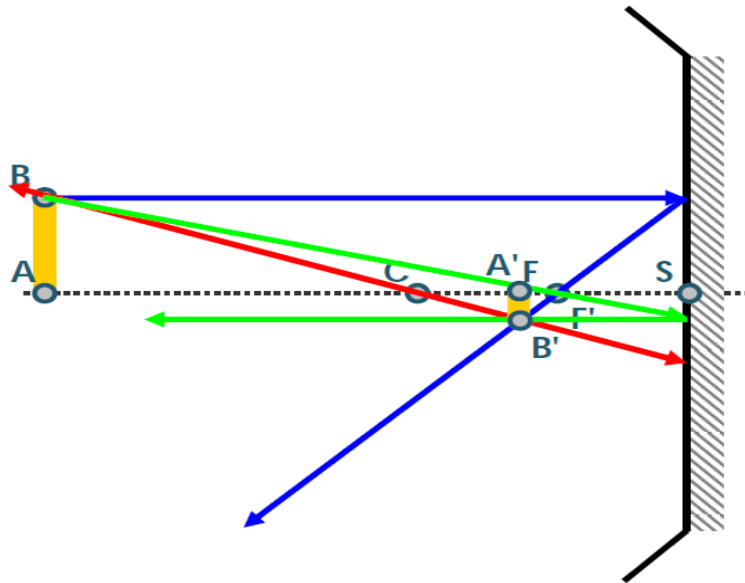
On appelle le foyer objet F le point de l'axe principal dont l'image est infinie. Pour les miroirs sphériques, le point F se situe au milieu de SC (et est confondu avec F', foyer image).

Si on appelle A le point objet et A' son image par le miroir, on obtient alors la relation de conjugaison:

$$\frac{1}{SA} + \frac{1}{SA'} = \frac{2}{SC} = \frac{1}{SF} = \frac{1}{SF'}$$

Cette relation permet ainsi de calculer la distance à laquelle il faut placer le miroir et l'écran pour obtenir une image nette.

La construction géométrique de l'image d'une source étendue (cas de notre expérience) permet de mieux comprendre l'obtention d'une image inversée et réduite:



Obtention de l'image d'un objet par un miroir concave

On construit cette image à partir de B.

- le rayon incident 1 (rouge) passe par C
- le rayon incident 2 (bleu) est parallèle à l'axe optique et se réfléchit donc en passant par F
- le rayon incident 3 (vert) passe par F et se réfléchit parallèlement à l'axe optique.

Ces 3 rayons se coupent au point B', image réelle de B. On projette ensuite sur l'axe optique pour obtenir A'. On obtient alors une image inversée réduite.

Le grandissement γ est:

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

Ici γ est négatif : l'image est inversée, et sa norme inférieure à 1 : l'image est réduite.

Illustration de la réfraction avec une paille.

Il te faut:

- ☞ Une paille (ou un crayon).
- ☞ Un verre transparent.
- ☞ De l'eau.



+



+



Protocole:

1) Place la paille dans le verre sans eau.

Comment apparaît la paille ?



2) Maintenant, verse de l'eau dans le verre. Et regarde de nouveau la paille.



Attention!

Il faut bien se positionner face au verre.



Comment apparaît la paille maintenant ?

La pièce magique

Il te faut :

- ☞ Un bol opaque.
- ☞ Une pièce de monnaie.
- ☞ De l'eau.



Protocole :

1) Place la pièce dans le bol sans eau, de façon à ce que tu ne la vois pas.

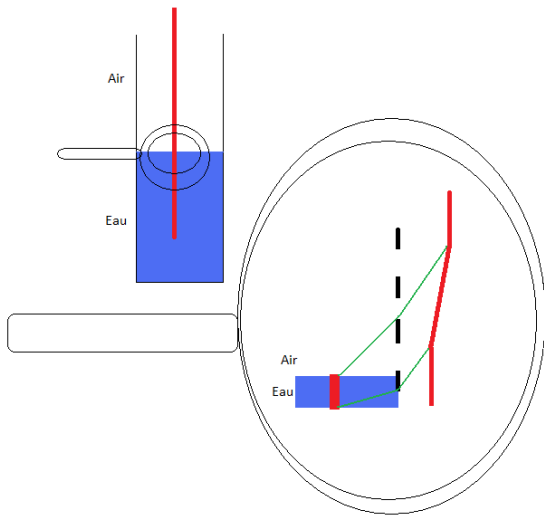


2) Ne bouge plus le bol et reste immobile. Demande à quelqu'un de verser de l'eau dans le bol petit à petit.

Que vois-tu ?

Explications :

En fait, l'eau et l'air sont deux milieux différents, c'est à dire qu'ils ne sont pas composés des mêmes molécules. La lumière ne se déplace donc pas de la même manière dans ces deux milieux. Elles n'ont pas la même trajectoire, c'est pour cela que dans la première expérience, la paille est brisée, et dans la seconde, la pièce apparaît lorsque le bol est rempli d'eau.



Voici un schéma pour te permettre de comprendre

Au quotidien ... :

... C'est la même chose lorsque tu plonges ta main dans de l'eau et que tu as l'impression que ton bras est cassé. Ou alors, quand tu vois un poisson dans l'eau, il n'est pas exactement à la position où tu l'imagines.

Expérience 1 : Paille Brisée et Pièce Magique.

I – La Paille Brisée.

1/Matériel :

Un grand béccher transparent. Une paille (ou un crayon, pinceau, ...). De l'eau.

2/ Sécurité :

Si le béccher est en verre, attention à ne pas le faire tomber. De plus cette expérience ne nécessite que de l'eau qui n'est pas spécialement dangereuse, à condition de ne pas manipuler à côté d'appareils électriques.

3/Objectifs :

- Introduire la notion de « rayon lumineux », de « réfraction ».
- Faire allusion (pour les plus grands) à la loi de Snell-Descartes.

4/Mise en place de l'expérience :

- 1) Remplir le béccher d'eau.
- 2) Placer la paille dans le béccher, de façon à ce qu'une partie de la paille émerge.

Nous vous proposons de réaliser le montage ci-dessous :



Sur cette photo on remarque bien la « cassure » entre la partie immergée du crayon et la partie du crayon hors de l'eau.

5/ Dérroulement:

On place la paille dans le béccher. Se placer au même niveau (un peu au-dessus quand même mais pas trop haut) que l'eau.

Question : que voyez-vous ?

Réponse possible : la paille est cassée.

II – La Pièce Magique

1/ Matériel :

Un bol opaque. Une pièce de monnaie. De l'eau.

2/ Sécurité :

Si le bol est cassant, attention à ne pas le faire tomber. De même ici l'eau ne pose aucun problème de sécurité, à condition de ne pas manipuler à proximité d'appareils électriques.

3/ Objectifs :

- Introduire la notion de « rayon lumineux », de « réfraction ».
- Faire allusion (pour les plus grands) à la loi de Snell-Descartes.

4/ Mise en place de l'expérience :

- 1) Mettre la pièce au fond du bol (qui n'est pas encore rempli).
- 2) Remplir le bol progressivement d'eau, de façon à ce qu'apparaisse progressivement la pièce.

5/ Déroulement :

Placer les enfants autour du bol de façon à ce que ceux-ci ne voient pas la pièce. Ils doivent être placés à la limite, c'est à dire qu'ils pourraient voir la pièce en faisant un simple mouvement de tête.

Les enfants doivent rester immobiles pendant la durée de l'expérience. Ensuite, verser de l'eau progressivement dans le bol. Petit à petit la pièce apparaît à la vue de tous.



La pièce est invisible



La pièce apparaît



La pièce est totalement visible

Question : Que voyez-vous ?

Réponse : La pièce.

Répéter l'expérience jusqu'à ce que tous les enfants s'aperçoivent du phénomène de « réfraction ».

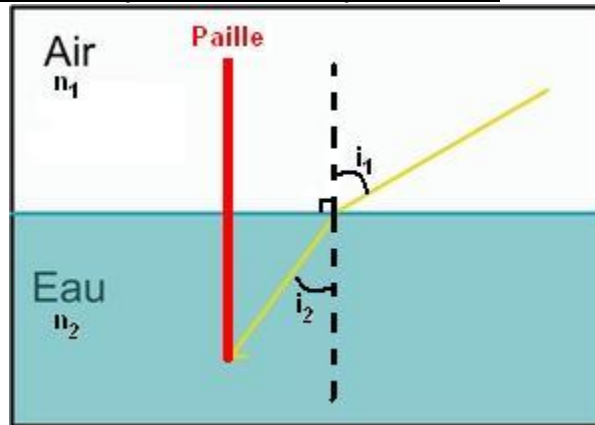
III – Explications

Ces deux expériences sont expliquées par le même phénomène dit de « réfraction » de la lumière. Nous allons nous baser sur l'expérience de la « paille brisée » pour expliquer les deux expériences.

1/ Explication brève de l'expérience :

L'eau et l'air étant deux milieux différents, la lumière se déplace différemment dans ces deux milieux (indices de réfraction différents).

Illustration du phénomène de la paille brisée.



n_1 est l'indice de l'air ($n_1=1$) et n_2 l'indice de l'eau ($n_2=1,33$). i_1 est l'angle incident, i_2 est l'angle du rayon réfracté.

2/ Explications scientifiques :

Revenons sur l'explication brève et expliquons la signification de l'indice de réfraction « n ». L'indice n est un indice propre à chaque milieu (liquide ou gaz) et sa valeur est donnée par le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide (aussi appelée « célérité » et notée « c ») sur la vitesse de la lumière dans le milieu (notée « v »).

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

On a alors le rapport :

Sur le schéma ci-dessus, on utilise la deuxième loi de la réfraction de Snell-Descartes :

$$\boxed{n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)}$$

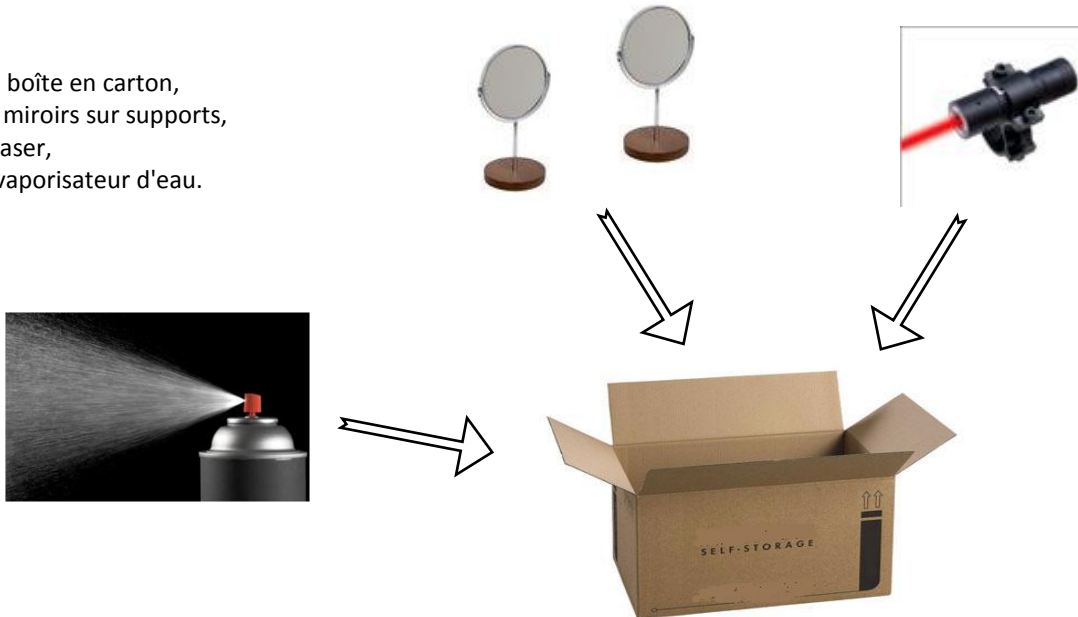
Or dans notre cas, n_1 et n_2 sont différents ce qui implique que les angles i_1 et i_2 seront eux aussi différents.

C'est pour cela qu'on n'observe pas de réfraction si l'on ne remplit pas le béccher d'eau : les deux milieux seront les mêmes, les deux indices n_1 et n_2 seront égaux donc les deux angles i_1 et i_2 seront forcément égaux.

Expérience 1 : Mise en valeur d'un faisceau de laser

IL TE FAUT :

- une boîte en carton,
- des miroirs sur supports,
- un laser,
- un vaporisateur d'eau.



PROTOCOLE :

- 1) Éteint la lumière.
- 2) Le laser est un outil très dangereux. Seuls les adultes peuvent les manier. Tu peux regarder le rayon du laser, mais il ne faut pas que celui-ci te vienne à l'œil.
- 3) On allume le laser dans le carton.

Que vois-tu ?

- 4) Avec le spray, vaporise de l'eau dans le carton.

Que vois-tu ?

EXPLICATIONS :

***On voit la lumière du laser car les particules d'eau renvoient une partie de la lumière dans les yeux !
On peut révéler un rayon avec aussi de la poussière, de la fumée... toutes les petites particules qui sont comme de petits miroirs qui renvoient la lumière vers tes yeux. C'est le principe de la réflexion.***

- 5) On dispose des miroirs dans le carton.

Les miroirs renvoient le laser par réflexion. A toi de découvrir la trajectoire que prend le laser dans la boîte !

D'après toi, sur quel panneau le laser va-t-il arriver ?

Expérience 1 : Mise en valeur d'un faisceau de laser

1/ Matériel :

- une boîte en carton 40*25*20
- des miroirs sur supports,
- un laser de classe 2,
- un vaporisateur d'eau.

Se placer dans l'obscurité au maximum (éteindre la lumière, fermer rideaux)

2/ Sécurité :

- s'assurer que le laser est de classe 2,
- faire l'expérience à l'intérieur de la boîte, relever les bords de la boîte et les fixer avec du scotch,
- penser à fixer le laser et les miroirs dans la boîte avec du scotch,
- faire attention que les enfants ne bougent pas la boîte pour éviter que le faisceau du laser ne sorte de la boîte.

3/ Objectifs :

- mettre en évidence le faisceau d'un laser,
- montrer qu'un laser n'est pas « invisible »,
- montrer qu'un laser est réfléchi par un miroir.

4/ Mise en place de l'expérience :

- 1) Installer la boîte en carton sur un support horizontal (table).
- 2) Installer le laser à l'une des extrémités du carton puis le brancher.
- 3) Pointer le laser à l'intérieur du carton et vérifier que le faisceau reste dans la boîte.

5/ Déroulement:

- 1) On allume le laser.
- 2) *Question* : Qu'est-ce que vous voyez ?

Réponses possibles : « rien », « juste un point rouge sur le fond de la boîte »

Explication : un faisceau laser ne se voit pas et c'est normal ! Comme tous les rayons de lumière, il est invisible pour l'œil humain ! On ne voit pas les rayons émis par le soleil ou les lampes ! Prenons l'exemple d'une lampe allumée : on ne voit pas les rayons de lumière qu'elle émet mais la surface éclairée.

- 3) On vaporise de l'eau afin de voir le faisceau du laser.

Question: que voyez-vous?

Réponses possibles : «un faisceau rouge», «un trait droit de lumière rouge»...

Explications : On voit la lumière du laser car les particules d'eau renvoient une partie de la lumière dans les yeux ! On peut révéler un faisceau avec aussi de la poussière, de la fumée... toutes les petites particules. Ces particules sont comme des miroirs qui renvoient une partie de la lumière dans les yeux. (cf explications scientifiques)

4) On éteint le laser, on positionne des miroirs sur les marques jaunes et on demande aux enfants sur quel panneau le faisceau va-t-il arriver ? (ils doivent deviner la trajectoire du faisceau laser et désigner un panneau au fond de la boîte)

Question : Sur quel panneau va arriver le laser ?

Réponses possibles : «au milieu», «à droite», «à gauche»...

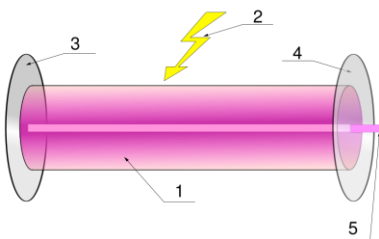
Explications : le laser subit une réflexion. Le faisceau rencontre un obstacle qui n'est pas transparent et est dévié.

On allume le laser, un point rouge apparaît sur la feuille de droite. On révèle la trajectoire du laser avec le spray d'eau.

On recommence l'activité en plaçant les miroirs sur les marques rouges. Puis on passe à la seconde expérience.

6/ Culture générale sur le laser

Le nom « laser » est l'acronyme de **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** ; ce qui signifie « amplification de la lumière par émission stimulée de radiation ».



Pour faire un laser, il faut trois choses :

- (1) un matériau qui, lorsqu'on lui apporte de l'énergie, peut amplifier la lumière,
- (2) une source d'énergie,
- (3) et (4) deux miroirs face à face.

Contrairement à la lumière normale, la lumière émise par un laser est :

- d'une seule couleur, alors que la lumière habituelle est constituée de plusieurs couleurs (rappel sur les couleurs). On dit alors qu'elle est *monochromatique*.
- directionnelle. Alors qu'une lampe émet de la lumière dans toutes les directions, un laser émet dans une seule direction: le faisceau laser peut être très fin.

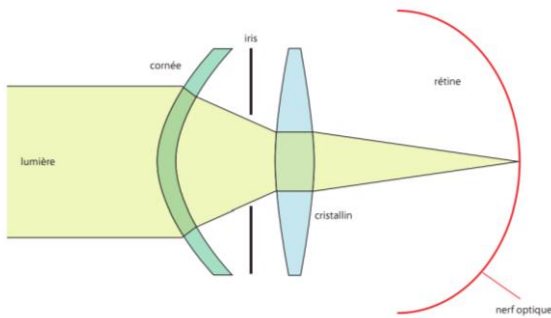
7/ Explications scientifiques

➤ Rappel sur l'œil

L'œil humain peut être modélisé par un banc d'optique assez simple avec une lentille à la place du cristallin et un écran à la place de la rétine. La perception de la lumière nécessite de concentrer les rayons lumineux provenant d'une même direction de l'espace sur un faible nombre de photorécepteurs de la rétine. Pour ce fonctionnement, l'œil dispose de trois stratégies :

- les rayons lumineux ne provenant pas de la bonne direction sont éliminés par ombrage d'une autre structure de l'œil sur la rétine,

- les rayons d'une même direction sont incurvés et orientés par le cristallin vers un même point de la rétine par réfraction,
- les rayons sont dirigés sur les photorécepteurs par réflexion sur un miroir concave disposé derrière la rétine.



Ainsi, chaque photorécepteur ou groupe de photorécepteurs détecte la lumière provenant d'une seule direction. L'image se crée sur la rétine à l'envers et de taille bien plus petite. Les cellules de la rétine (les cônes pour la vision en couleurs et les bâtonnets pour la vision nocturne) reçoivent la lumière et la transforment en signaux électriques. Les nerfs transmettent ces signaux au cerveau qui les interprète pour restituer une image « redressée ».

➤ Rappel sur la réflexion

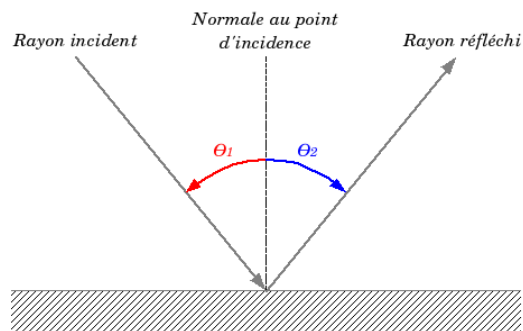
Nos deux expériences sont basées sur un phénomène d'optique simple : la réflexion de la lumière.

La réflexion en optique géométrique obéit aux lois de Snell-Descartes. Le rayon incident du laser rencontre le miroir au point d'incidence et devient le rayon réfléchi. Le plan contenant le rayon incident et la normale au miroir est dit plan d'incidence.

On appelle angle d'incidence, l'angle orienté i pris entre la normale et le rayon incident. On appelle angle de réflexion l'angle orienté r pris entre la normale et le rayon réfléchi.

Au final, on obtient : $\theta_2 = -\theta_1$

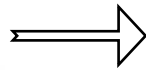
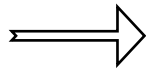
Ce phénomène explique pourquoi on voit le faisceau du laser quand on y vaporise de l'eau. Les particules d'eau servent de miroir et renvoient une partie de la lumière du laser dans l'œil.



Expérience 2 : Réalisation d'un sabre laser

IL TE FAUT :

- une boîte en carton pour y faire l'expérience,
- un tube à essai avec son bouchon,
- un laser,
- de l'eau.



PROTOCOLE :

- 1) Éteint la lumière.
- 2) Le laser est un outil très dangereux. Seuls les adultes peuvent les manier. Sois prudent pour ne pas recevoir le faisceau du laser dans les yeux. Mais tu peux regarder le faisceau s'il n'est pas dirigé vers toi.
- 3) Un adulte remplit le tube à essai d'eau et le place en face du laser dans le carton.

Que vois-tu ?

Tu viens de réaliser un sabre laser !

Explications:

Et bien les sabres lasers sont impossibles dans la réalité ! Si les lames étaient des lasers, elles n'auraient pas de fin. Un rayon laser ne s'arrête pas après une certaine distance s'il n'y a pas d'obstacle comme un miroir au bout.



Expérience 2 : Réalisation d'un sabre laser

1/ Matériel :

- une boîte en carton,
- un tube en verre avec un écran à une extrémité
- un laser de classe 2,
- de l'eau.

Se placer dans l'obscurité au maximum (éteindre la lumière, fermer les rideaux)

2/ Sécurité :

- s'assurer que le laser est de classe 2,
- faire l'expérience à l'intérieur de la boîte et relever les bords de la boîte et les fixer avec du scotch,
- penser à fixer le laser et les miroirs dans la boîte avec du scotch,
- faire attention que les enfants ne bougent pas la boîte pour éviter que le faisceau ne sorte de la boîte.

3/ Objectifs :

- marquer les enfants en leur parlant de la saga culte « Star Wars »
- dévoiler la vérité sur les sabres laser.

4/ Dialogue avant l'expérience :

Question :

Vous connaissez la Guerre des Étoiles ? OUI !

Vous vous souvenez de Yoda ? OUI !

Vous aimez les combats de Jedi avec leurs sabres laser ? OUI !

Explication :

Et bien les sabres lasers sont impossibles dans la réalité ! Si les lames étaient des lasers, elles n'auraient pas de fin; un rayon laser ne s'arrête pas après une certaine distance s'il n'y a pas d'obstacle comme un écran au bout.

Essayons de créer un sabre laser :

5/ Mise en place de l'expérience :

- 1) Installer la boîte en carton sur support horizontal (table).
- 2) Installer le laser à l'une des extrémités du carton puis le brancher.
- 3) Pointer le laser à l'intérieur du carton et vérifier que le faisceau reste dans la boîte.
- 4) Remplir le tube d'eau, le boucher et le placer horizontalement sur des supports en face du laser le plus proche possible. La face arrondie du tube à essai doit faire face au laser.

6/ Explications :

Cette expérience reprend les mêmes phénomènes que la première. Les molécules d'eau présentes dans le tube à essais renvoient une partie de la lumière vers les yeux. On a ainsi l'impression d'avoir un tube lumineux. Les phénomènes de réflexion et le fonctionnement de l'œil sont expliqués dans la fiche de l'expérience 1.