

Table des matières

INTRODUCTION

I- Le Phénomène lumière

1- La lumière blanche

- a- Définition
- b- La décomposition de la lumière

2- Propagation de la lumière dans un milieu transparent

- a- Milieu transparent
- b- Description de la propagation
- c- Obstacle à la propagation de la lumière

3- Généralités sur les phénomènes liés à la lumière

II- La lumière dans l'eau

1- La pénétration de la lumière dans l'eau

- a- Absorption de la lumière dans la mer
- b- Diffusion de la lumière dans ce milieu

2-Détermination des zones marines par éclairage naturel

III-La couleur

1- Diffusion de la lumière et couleur des objets

2- Les couleurs

3- Synthèse additive des couleurs

4- Synthèse soustractive des couleurs

5- Couleur d'un objet

IV- La spectrophotométrie

1-Principe de la spectrophotométrie

2- Utilisation du SPID-HR spectrophotomètre informatisé didactique à haute résolution

V- Expérience

1-Présentation de l'expérience

2-Mesures

3-Interprétation

Conclusion

Synthèses

Glossaire

Annexes

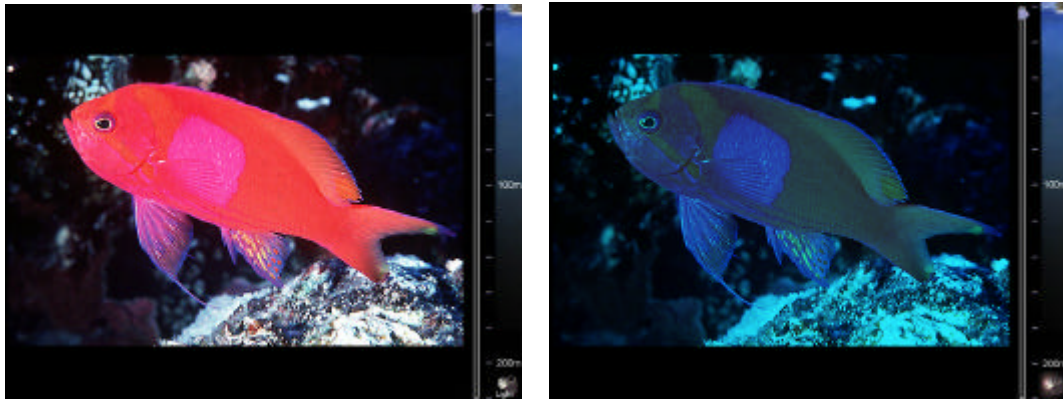
Remerciements

LA LUMIERE ET LA COULEUR DES POISSONS

Introduction

Lors d'une visite au centre de la mer de Nausicaa, collées depuis deux heures sur le bassin exotique à contempler les poissons multicolores, nous nous sommes aperçues que quelque chose clochait.

Le petit poisson rouge vif et violet qui nous tapait dans l'œil lorsqu'il se pavanait devant la vitre nous apparut alors terne lorsqu'il s'enfonçait dans l'aquarium.



Le pleurotania à la surface et à quelques mètres de profondeur

Etonnées par ce phénomène plutôt étrange, nous avons décidé coûte que coûte de réussir à expliquer les raisons de cette constatation.

C'est pourquoi nous avons commencé par étudier l'évolution de la lumière en fonction de la profondeur qui expliquerait ce changement de couleur.

I - Le phénomène lumière

1 - La lumière blanche

a - Définition

La lumière visible est la partie du rayonnement électromagnétique émis par le soleil à laquelle nos yeux sont sensibles et dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400 et 800 nm.

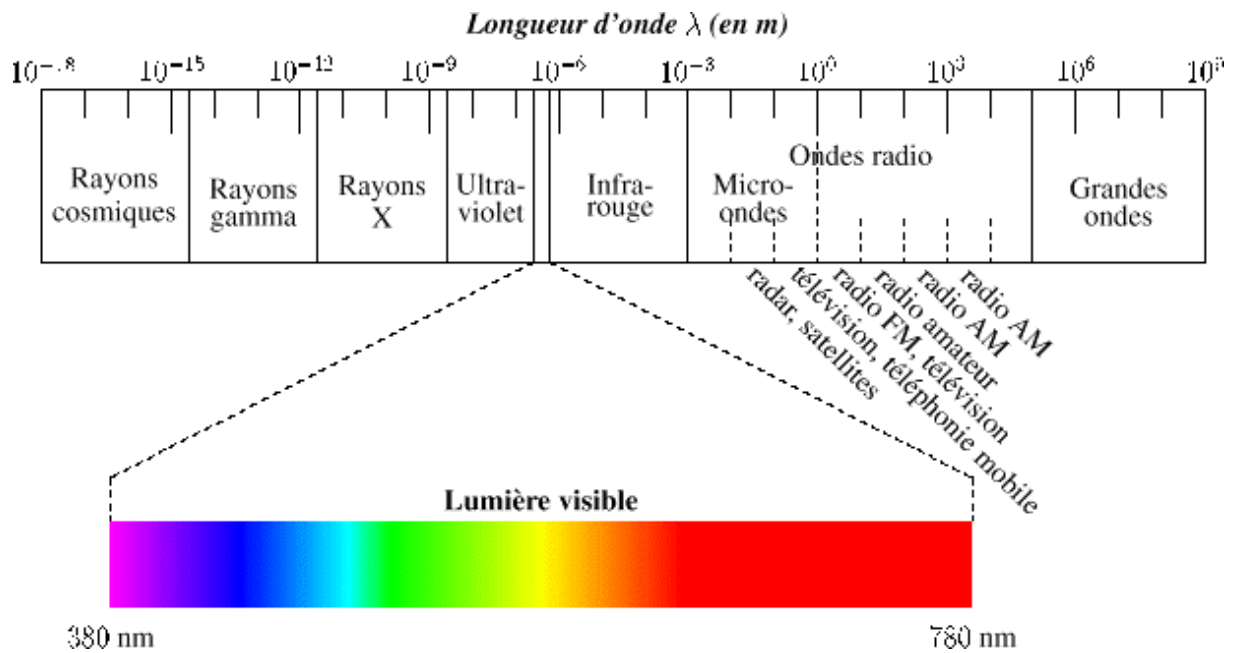
Toutefois, elle est constituée aussi d'un domaine de l'invisible avec le domaine infrarouge de 800nm à 100µm et le domaine des ultra-violets de 400 jusqu'au nanomètre.

Le spectre électromagnétique couvre l'étendue complète des ondes électromagnétiques de toutes longueurs d'onde (ou, de façon équivalente, de toutes fréquences).

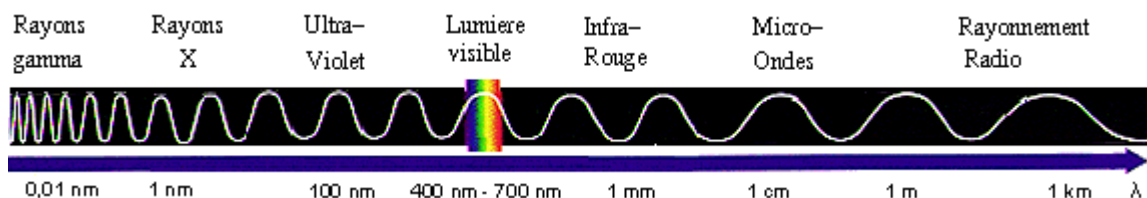
Le spectre électromagnétique s'étend donc au-delà de la lumière visible.

Des basses fréquences aux hautes fréquences (ou des grandes longueurs d'onde aux petites longueurs d'onde) on retrouve les ondes radio, les micro-ondes, les infrarouges (IR), la lumière visible, les ultraviolets (UV), les rayons X et les rayons gamma.

On constate, sur les échelles suivantes, que la lumière visible ne couvre qu'une infime partie du spectre électromagnétique :

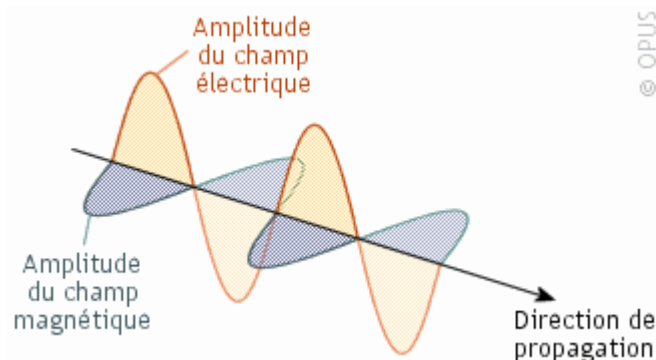


Il est important de noter que les limites entre les différents domaines du spectre électromagnétique sont floues, variant d'une source à l'autre



Il faut aussi faire une distinction très importante entre le spectre électromagnétique et le spectre d'une source lumineuse. Ce dernier représente plutôt le contenu en longueurs d'onde d'une lumière donnée.

Ainsi la lumière apparaît comme une onde électromagnétique (comme les ondes radios ou les rayonnement gamma). Autrement dit, elle correspond à un phénomène ondulatoire périodique dont les longueurs d'onde sont de l'ordre de $0.5\mu\text{m}$, pouvant se propager dans le vide avec une vitesse finie, et dont la nature électromagnétique fut déterminée par le physicien Maxwell qui l'associa à une onde n'ayant pas besoin d'un milieu matériel pour se propager.



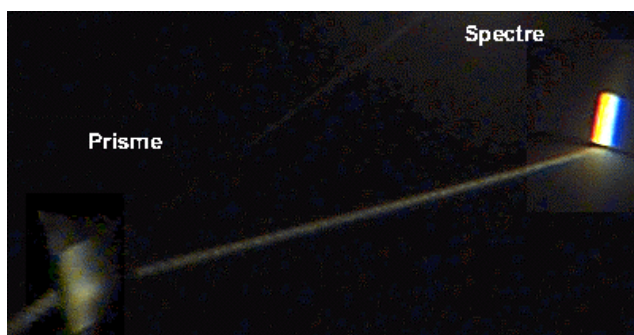
b- La décomposition

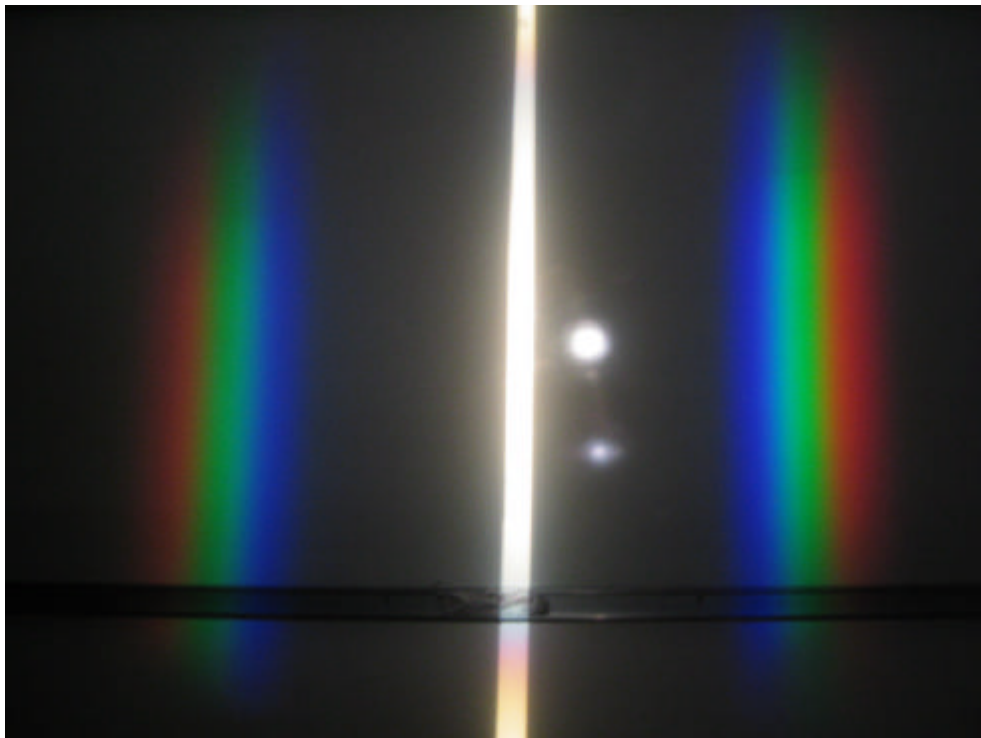
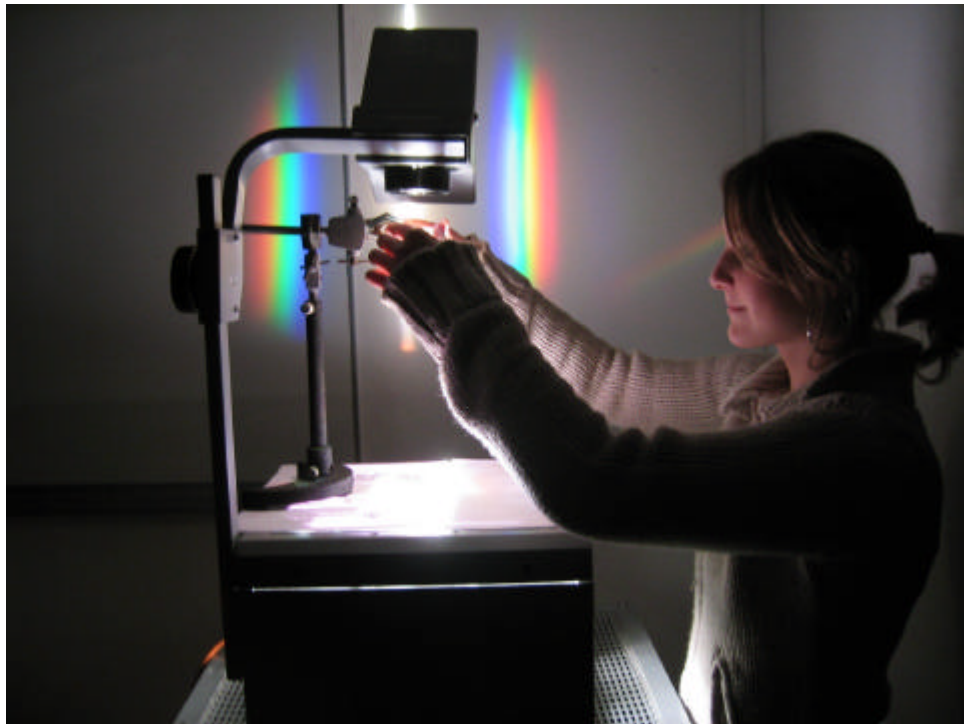
L'arc-en-ciel observé dans la nature résulte de la décomposition de la lumière solaire par la multitude de gouttes d'eau en suspension dans l'air.

En effet la décomposition de la lumière mise en place par Newton en 1666 s'effectue selon le principe du prisme.

Cette expérience consiste en fait à faire tomber un faisceau de lumière blanche d'une fente sur la surface d'un prisme. On place ensuite, un écran sur lequel le faisceau décrit une image circulaire blanche. Dès lors que l'on interpose le prisme dans le trajet du faisceau, celui-ci est dévié et décomposé. On obtient alors sur l'écran une image se composant des sept couleurs de l'arc-en-ciel.

Newton l'appela : spectre solaire.





Pour notre expérience, nous avons utilisé un réseau

2- Propagation de la lumière dans un milieu transparent

La célérité de la lumière dépend du milieu de propagation.

Dans l'air, elle est équivalente à celle dans le vide, soit $299792458 \text{ m.s}^{-1}$.

a- Milieu transparent

Le milieu transparent est caractérisé par son indice de réfraction qui correspond au rapport entre la célérité de l'onde se propageant dans le vide et la célérité dans le milieu considéré.

On a alors la formule suivante :

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

n : indice de réfraction du milieu transparent (sans unité)

c : célérité de l'onde dans le vide ($3.10^{+8} \text{ m.s}^{-1}$)

v : célérité de l'onde dans le milieu transparent (m.s^{-1})

Ce milieu est dit dispersif si la célérité d'une onde lumineuse monochromatique qui se propage dans ce milieu dépend de sa fréquence (donc de sa longueur d'onde dans le vide).

L'indice de réfraction d'un milieu dispersif dépend donc de la fréquence de l'onde qui s'y propage.

b- Description de la propagation

On peut définir la propagation de la lumière dans un milieu transparent de deux manières différentes et complémentaires : soit en terme de propagation d'une onde lumineuse, soit en terme de rayons lumineux.

- Description en terme d'onde lumineuse

Depuis la source, si le milieu de propagation est homogène, la lumière se propage dans toutes les directions sous forme d'une onde lumineuse sphérique.

- Description en terme de rayons lumineux

On peut représenter cette propagation en traçant la direction de propagation des ondes, donc en traçant des rayons perpendiculaires aux fronts d'onde.

Une onde sphérique sera représentée par des rayons divergents issus d'un point, centre des fronts d'onde, une onde plane par des rayons parallèles.

Il faut aussi prendre en compte le passage de la frontière entre deux milieux d'indice différent (un dioptre), où la direction des rayons sera changée s'ils ne sont pas perpendiculaires à cette frontière.

La loi de Descartes indique la relation entre l'angle du rayon incident et celui du rayon réfracté.

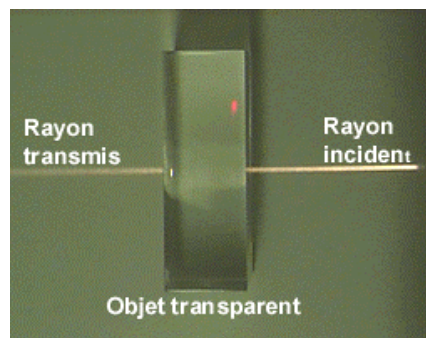
Lors d'un changement de milieu, les rayons sont réfractés s'ils ne sont pas perpendiculaires au dioptre, leur direction change.

On peut calculer l'angle réfracté grâce à l'angle incident et à la loi de Snell-Descartes.

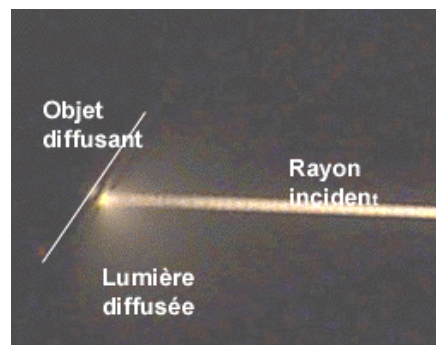
C- Obstacle à la propagation de la lumière

En général, lorsque elle se propage, la lumière peut rencontrer un obstacle, un objet, qui va plus ou moins dévier sa trajectoire selon ses propriétés et sa nature.

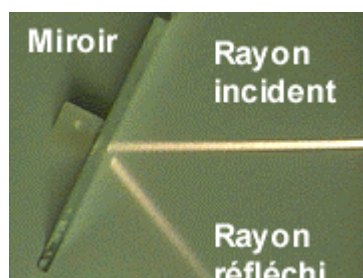
- **Si l'objet est transparent** : Il laisse passer la lumière. Le trajet de celle-ci pourra être dévié (par exemple : si l'objet est verre)



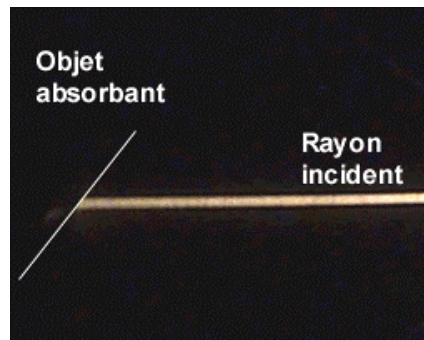
- **Si l'objet est opaque diffusant** : La lumière est réémise dans toutes les directions en général. Dans certains cas, l'objet absorbe l'ensemble des couleurs et ne diffuse alors que certaines qui sont particulières.



- **Si l'objet est opaque réfléchissant** : La lumière est renvoyée selon une direction particulière. L'angle de réflexion décrit à la même valeur que l'angle incident : c'est le cas par exemple des miroirs.



- **Si l'objet est opaque absorbant** : Dans cette situation, la lumière est absorbée par l'objet, ainsi l'énergie transportée par l'onde lumineuse est transformée en d'autres sortes d'énergie (thermique, électrique, etc..).



Il faut cependant faire attention à ces propriétés qui sont dites "limites", c'est à dire qu'un objet transparent est en fait toujours un peu diffusant et absorbant ainsi qu'un objet réfléchissant diffuse tout de même un peu. Sans oublier qu'elles sont aussi sous l'influence de la couleur de la lumière dont elles dépendent, mais aussi de l'angle sous lequel la lumière frappe l'objet.

Toutefois, on peut se demander comment expliquer ces phénomènes qui modifient un faisceau de lumière.

3- Les phénomènes liés à la lumière

A la lumière s'associent plusieurs phénomènes liés à sa propagation dans différents milieux, à sa trajectoire et à son angle qui vont être déterminant dans le futur de cette onde lumineuse. Il existe donc la diffraction, la réfraction et la réflexion mais aussi un phénomène prédominant dans notre sujet : l'absorption.

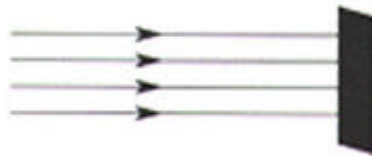
- **Dispersion et absorption**

Suivant sa fréquence, un rayonnement électromagnétique interagit différemment avec la matière. Un des aspects de ce phénomène est la dispersion, c'est-à-dire la variation de l'indice de réfraction de la substance en fonction de la longueur d'onde.

C'est donc par l'expérience du prisme que l'on observe ce phénomène de dispersion.

L'absorption, quant à elle, consiste en un transfert d'énergie lumineuse à une surface. Les surfaces noires absorbent l'énergie de toutes les longueurs d'onde visibles.

C'est pour cette raison que ce sont les objets noirs qui deviennent les plus chauds au soleil. Mais, la plupart des objets ont des pigments de couleur qui n'absorbent que quelques longueurs d'onde et réfléchissent les autres. Ce sont ces autres longueurs d'onde réfléchies qui donnent à l'objet sa couleur, celle que nous percevons.



Absorption de la lumière

II - La lumière dans l'eau

Si nous avons vu que la lumière blanche connaissait certaines caractéristiques qui lui sont propres lorsqu'on la place dans notre milieu environnant qu'est l'air, peut-on aussi faire de même lorsqu'elle pénètre dans le milieu marin qui couvre les 2/3 de notre planète ?

Alors qu'arrive-t-il à cette lumière si l'on plonge, tel un petit poisson traversant les profondeurs de cet aquarium géant aux propriétés physiques étonnantes ?

1 - La pénétration de la lumière dans l'eau

La lumière, en pénétrant dans la mer, subit en fait une double altération, à la fois qualitative et quantitative. C'est à dire que non seulement elle diminue d'intensité, mais encore les diverses radiations dont elle se compose ont une destinée particulière selon la profondeur : elles disparaissent en raison de leurs longueurs d'onde, les plus longues étant absorbées en premier.

Ainsi, comme dans tous les milieux deux phénomènes contribuent à l'atténuation de la lumière : L'absorption et la diffusion.

- **L'absorption de la lumière dans la mer**

Il s'agit en fait de l'absorption de l'énergie des photons par des molécules constituant l'eau qui en est en majeure partie responsable. Les différentes concentrations de ces constituants et les différents niveaux d'énergie excitable permettent la détermination de la façon dont les différentes longueurs d'onde composant le spectre de la lumière sont absorbés.

En effet, le premier constituant de l'eau de mer c'est l'eau ! L'eau pure est, pour la lumière, un milieu très absorbant et en particulier pour les infrarouges. Au second rang, du point de vue de l'absorption on trouve des substances en suspension qui vont avoir un effet assez moindre tout comme les substances composant le sel marin. De là, on peut établir une certaine analogie entre le spectre d'absorption d'une eau de mer très claire et celui d'une eau distillée.

L'absorption est un autre moyen de produire de la couleur, c'est l'absorption sélective, qui se fait soit par transmission, soit par réflexion. Lorsque l'absorption se fait par transmission, la lumière passe à travers un corps translucide coloré ou transparent. A la sortie de ce corps, la composition spectrale (la couleur) de la lumière est modifiée, car certaines de ces composantes ont été absorbées par la matière du filtre. Lorsque l'absorption se fait par réflexion, la lumière incidente à un corps opaque coloré voit une partie de son spectre

absorbé par ce corps. Le reste du spectre est alors réfléchi. C'est cette lumière réfléchie qui « porte » la couleur de l'objet, qui sera perçue par notre œil et interprétée par notre cerveau.

Dans notre cas, donc dans l'eau, il s'agit d'une absorption par transmission.

L'absorption de la lumière se fait au moyen de pigments colorés. L'énergie lumineuse absorbée par les pigments est la plupart du temps transformée en énergie thermique pour être ensuite réémise sous forme de rayonnement infrarouge, invisible.

L'absorption et la diffusion de la lumière sont les causes principales de la coloration des corps. Elles permettent en outre de démontrer que la lumière blanche est en réalité un mélange de lumières colorées.

- **La diffusion de la lumière dans ce milieu**

Elle correspond au phénomène physique dû à la présence de particules en suspension ou de particules constituées de molécules d'eau de densité différente du milieu environnant.

Pour les grosses particules la diffusion est le résultat de la réflexion, réfraction et diffraction par de telles particules. Lorsque les dimensions des particules sont inférieures à la longueur d'onde considérée, comme c'est fréquemment le cas pour l'eau de mer, l'optique géométrique ne suffit plus à expliquer la diffusion et il faut faire appel à la théorie.

Ainsi nous sommes venu à émettre l'hypothèse que l'eau absorberait de la lumière en modifiant sa température de couleur avec l'augmentation de la profondeur. Ceci se place donc au centre de notre sujet et nous essaierons de le montrer dans la suite de ce rapport.

Le phénomène de diffusion de la lumière est donc un phénomène dans lequel tous les rayons sont renvoyés dans toutes les directions.

L'absorption de la lumière est donc un phénomène dans lequel les rayons sont absorbés.

Ainsi ces deux phénomènes se produisent simultanément et plus ou moins chaque fois qu'un obstacle matériel se trouve sur le trajet du rayon.

2- Détermination des zones marines par éclairage naturel

On distingue 3 zones particulières du monde marin susceptibles d'intervenir dans l'atténuation de la lumière :

- **La zone oligophotique (0-50m)**

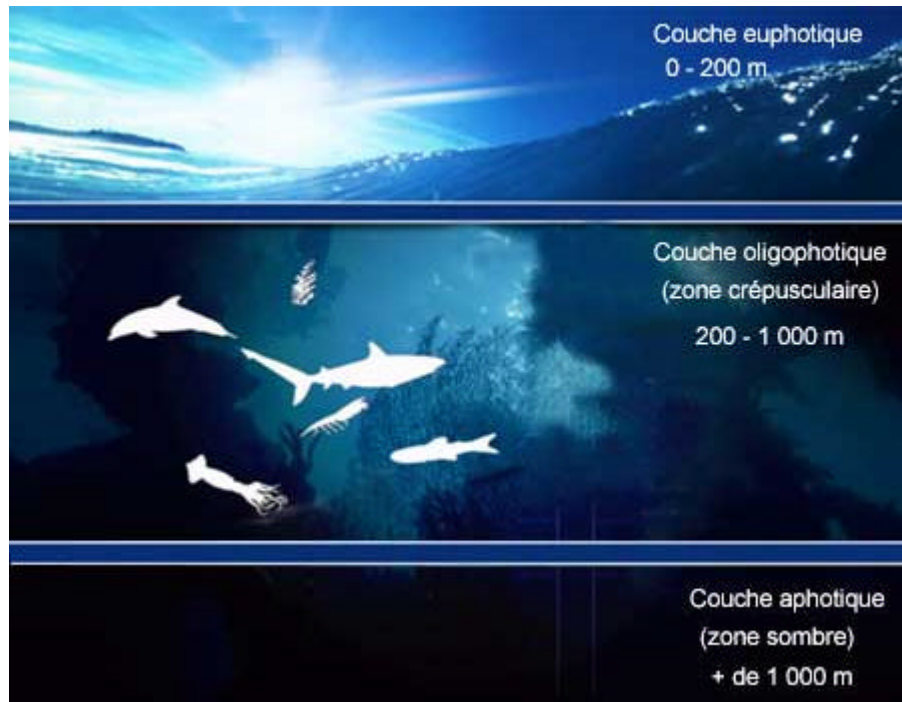
C'est la zone où l'éclairage naturel est suffisant pour permettre le bon développement de phénomènes tels que la photosynthèse des algues et mettant ainsi en évidence l'intensité de la lumière.

- **La zone euphotique (50-500m)**

Ici la lumière est insuffisante à ce développement à cause de son intensité déjà fortement atténuée.

- **La zone aphotique (au-delà de 500m)**

On observe une obscurité totale avec absence de végétation. Toutefois un rayonnement bleu non perceptible par l'œil humain persiste.



III - La couleur

1 - Diffusion de la lumière et couleurs des objets

Nous avons vu que lorsque la lumière blanche du soleil tombait sur un objet opaque, trois phénomènes pouvaient intervenir : l'absorption, la réflexion et la diffusion.

Ici c'est la lumière diffusée qui nous intéresse, car une partie atteint notre œil, ce qui permet la vision de l'objet.

Si toutes les radiations composant la lumière incidente sont diffusées de la même manière, le corps apparaît blanc si la totalité des radiations est diffusée, ou gris si une fraction seulement (la même pour toutes les radiations) est diffusée.

A l'inverse, si toutes les radiations sont absorbées, le corps est noir.

Enfin, si seulement une partie du spectre est absorbée et le reste diffusée, l'objet nous apparaît coloré.

L'impression des couleurs nous est donc donnée par les radiations diffusées, qui sont différentes de celle de la lumière incidente par les longueurs d'onde et leurs intensités respectives.

2- Les couleurs

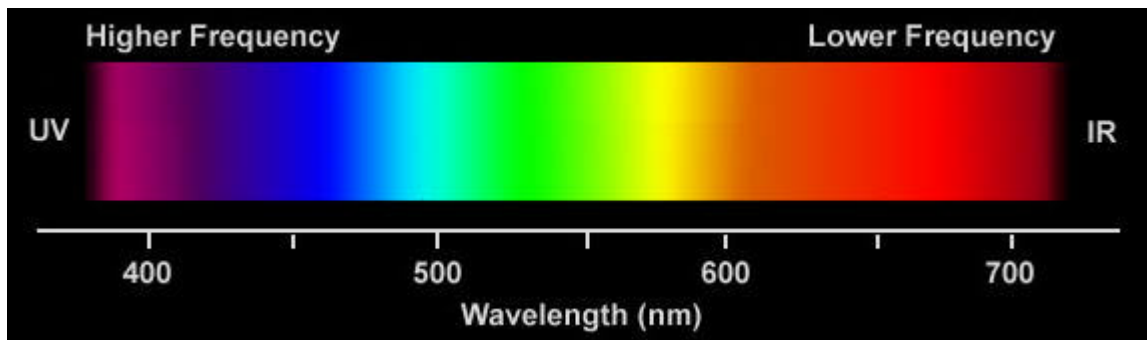
Véritable machine à analyser les couleurs du monde, notre système visuel serait capable de distinguer environ un million de teintes différentes !

C'est grâce à la lumière que nous percevons les couleurs car elle en est l'élément indispensable.

Lorsque nous sommes dans le noir, par exemple, nous sommes incapables de déterminer la couleur d'un objet. Le noir peut donc être considéré comme l'absence de couleur car aucune lumière n'est reçue par l'œil.

Nous avons vu que la lumière visible par l'œil humain correspondait à une longueur d'onde allant de 380 nm à 780 nm, aussi qu'un spectre est un ensemble de radiations monochromatiques résultant de la décomposition d'une lumière complexe.

L'expérience de Newton montre qu'une lumière blanche résulte de l'association de plusieurs radiations monochromatiques, c'est-à-dire de l'association de plusieurs couleurs.



Spectre de la lumière blanche

Une couleur est donc définie par sa longueur d'onde ou par un mélange de longueurs d'ondes. Par exemple un « vert pur » est une radiation monochromatique de longueur d'onde 530 nm. Cependant la différence entre deux couleurs vues par l'œil humain peut varier en fonction de la personne.

Cela va impliquer l'intervention d'une science, la colorimétrie, qui va définir et cataloguer les couleurs, une couleur sera définie par trois indications physiques :

- une longueur d'onde à laquelle peut être attribuée arbitrairement le nom correspondant, c'est la teinte.
- le degré de pureté, ou rapport avec le blanc (couleurs lavées ou pures).
- le facteur de clarté, ou quantité de lumière transmise.

En 1855, le physicien Maxwell démontre que toutes les nuances peuvent s'obtenir à partir du mélange de bleu, de vert et de rouge.

Ces trois couleurs sont dites primaires : elles résultent de la grossière subdivision du spectre obtenue lors de la décomposition de la lumière blanche par un prisme.

Ces couleurs primaires ont des couleurs complémentaires, on dit que deux couleurs sont complémentaires lorsqu'elles donnent du blanc lors de la superposition de leurs faisceaux.

Par exemple le cyan est la couleur complémentaire du rouge car cette couleur est le mélange de toutes les couleurs hormis le rouge.

Couleurs primaires	Couleurs complémentaires
Rouge	cyan
bleu	jaune
vert	magenta (rouge violacée)

Grâce aux couleurs primaires et complémentaires, on peut réaliser deux types de synthèses : l'une additive et l'autre soustractive.

3- Synthèse additive des couleurs.

Le calcul additif des couleurs est fait par ajout des longueurs d'ondes de sources lumineuses. On réalise une synthèse additive de couleurs lorsqu'on envoie sur le même endroit d'un écran plusieurs faisceaux de couleurs différentes.

C'est par exemple la technique utilisée pour produire la couleur sur un écran d'ordinateur.

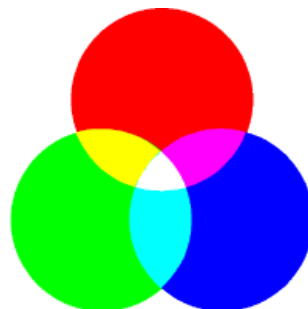
Addition de deux couleurs primaires :

- Rouge + vert = jaune
- Vert + bleu = cyan
- Bleu + rouge = magenta

La couleur obtenue par addition de deux couleurs primaires est une couleur secondaire.

L'addition des trois couleurs primaires donne une couleur blanche.

L'addition de la couleur primaire et de sa couleur complémentaire donne également le blanc, de même pour l'addition des couleurs secondaires.



La synthèse additive :

Couleurs primaires additives : rouge, vert, bleu

Couleurs secondaires additives : cyan, magenta, jaune

4- Synthèse soustractive des couleurs

Le calcul soustractif des couleurs est le calcul fait par le retrait de certaines longueurs d'ondes de la lumière et donc sur ce qui n'est pas source de lumière.

En effet, la plupart des objets n'émettent pas de lumière : ils ne sont visibles que parce qu'ils sont éclairés par une source lumineuse extérieure.

Lorsque la lumière frappe la surface des objets, certaines couleurs sont absorbées, et d'autres réfléchies.

Dans ce cas, les seules couleurs que nous percevons sont celles que la surface réfléchit.

Ainsi, un objet nous apparaît vert parce qu'il est capable de renvoyer les radiations vertes en absorbant les autres. C'est la méthode soustractive.

La synthèse soustractive consiste donc à supprimer de la lumière blanche, qui contient toutes les couleurs, certaines couleurs afin d'obtenir la couleur souhaitée.

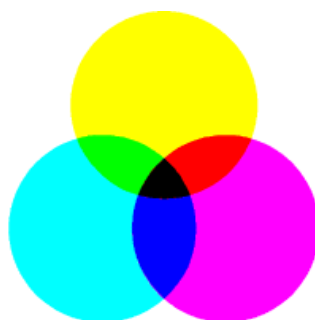
En superposant deux filtres primaires la couleur obtenue est le noir, de même l'addition des couleurs secondaires.

Pour les filtres de couleurs secondaires c'est un peu plus compliqué :

- Cyan + jaune = vert
- Magenta + cyan = bleu
- Jaune + magenta = rouge

En fait chaque couleur secondaire transmet et soustrait les couleurs primaires :

	transmet	soustrait
cyan	Bleu + vert	rouge
jaune	Rouge + vert	bleu
magenta	Bleu + rouge	vert



La synthèse soustractive :

Couleurs primaires soustractives : cyan, magenta, jaune.

Couleurs secondaires soustractives: rouge, vert, bleu

5- Couleur d'un objet

Si un objet éclairé en lumière blanche est vu jaune c'est qu'il absorbe le bleu, s'il est éclairé par une lumière bleue il sera noir.

Couleur de l'objet en fonction de l'éclairage :

Source de lumière	blanche	rouge	verte	bleue	jaune
objet					
blanc	blanc	rouge	Vert	bleu	Jaune
rouge	rouge	rouge	Noir	noir	rouge
jaune	jaune	rouge	vert	noir	Jaune
vert	vert	noir	vert	noir	Vert
bleu	bleu	noir	noir	bleu	noir

IV- La spectrophotométrie

La spectrophotométrie est une technique récente qui doit son essor aux progrès de la mécanique quantique.

1- Principe de la spectrophotométrie

La couleur d'une solution dépend des radiations qu'elle absorbe, la couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur observée.

Le principe repose donc sur l'absorption de lumière par les espèces chimiques.

L'appareil comporte une source de lumière blanche, un système dispersif permettant de sélectionner la longueur d'onde de la radiation et un système détecteur permettant la mesure de l'intensité lumineuse de la radiation monochromatique traversant la solution.

Le spectrophotomètre effectue une comparaison entre les intensités lumineuses et transmises et permet par l'intermédiaire d'un circuit électronique d'afficher l'absorbance.

$$A = -\log T$$

L'absorbance caractérise le degré d'absorption d'une radiation monochromatique par une solution colorée. Les valeurs d'absorbance couramment données par le spectrophotomètre sont comprises entre 0 (la solution n'absorbe pas) et 2 (la solution absorbe 99% de l'intensité incidente).

Loi de Beer-Lambert :

L'absorbance d'une solution colorée dépend de la concentration de l'espèce colorée, de l'épaisseur de la solution traversée, de la nature de la solution et de la longueur d'onde de la radiation.

L'absorbance est proportionnelle à la concentration C du soluté en solution et à l'épaisseur l de la solution :

$$\text{absorbance} \quad \rightarrow \quad \boxed{A = e_{\lambda} \times l \times C} \quad \text{concentration molaire}$$

e = coefficient d'extinction molaire

l = largeur de la cuve

Pour valider la loi de Beer-Lambert, il faut travailler en lumière monochromatique, les solutions utilisées doivent être diluées et homogènes et le soluté ne doit pas donner de réactions sous l'effet de la lumière incidente.

2- Utilisation du SPID-HR, spectrophotomètre informatisé didactique à haute résolution

Le spectrophotomètre est un appareil destiné, on la vu, à la mesure de la répartition d'un rayonnement en fonction, ici, de la longueur d'onde.

Notre spectrophotomètre, Ulice, est informatisé didactique à haute résolution (SPID-HR). Cet outil, est conçu spécialement pour l'enseignement. Il nous a permis de bénéficier des toutes dernières technologies en matière de spectrométrie (« temps réel »), d'une interface informatique simple, moderne et performante.

Qu'il s'agisse d'un spectre d'origine physique (lumière blanche), chimique ou biologique, le spectromètre affiche le spectre en moins de trois secondes.

L'information est ensuite stockée sur tout le spectre au cours du temps. En fait SPID réalise un spectre complet à intervalle de temps réguliers, d'où la possibilité de choisir après la longueur d'onde de travail. Le choix de cette longueur d'onde est basé sur une approche rationnelle, et sur des raisons valables de travailler à telle ou telle longueur d'onde.

Le principe étant pour notre expérience de réaliser des manipulations sur des émissions de sources physique, et sur la loi de Beer Lambert. En effet nous avons étudié les principes et propriétés de la spectrométrie, des montages dispersifs en longueur d'onde ; et également des spectres de sources courantes et spécialisées (soleil, néons...)

Le spectromètre est constitué d'une plage spectrale 390-840nm, d'une visualisation en temps réel, d'une précision de mesure en longueur d'onde (0.5nm), d'une résolution en longueur d'onde (1.5 nm), d'une transmission (de 0 à 100%), d'une résolution à 0.1% et d'une absorption (de 0 à 100%). Il est muni d'un mode de mesure en absorbance ou transmittance, d'une lampe quartz halogène 12V-20W, d'une entrée de fibre optique connecteur FC, d'un montage optique Czerny Turner et d'une alimentation secteur 110-220 V / 50 Hz.

Le logiciel nous permet d'observer en temps réel l'évolution d'un spectre. Ses principales fonctions correspondent en fait à des possibilités, l'affichage du spectre en couleur et en temps réel, avec paramétrage des propriétés d'affichage ; la mesure par grille, curseurs.

V- Expérience

Voyons alors comment Némoto le petit poisson a changé de couleur.

Pour cela nous avons mis au point une expérience, qui allie tous les phénomènes étudiés précédemment : La lumière, les couleurs et le spectrophotomètre.

Avant de nous lancer dans de grandes mesures, nous avons effectué une expérience plus minime : Nous avons placé ce petit poisson rouge dans un aquarium éclairé par une lumière blanche. En disposant de filtres de différentes couleurs nous avons pu alors constater les changements de couleur du poisson en fonction de la lumière émise.

C'est ainsi que va débuter l'expérience qui associera les changements de couleurs du poisson en fonction de la lumière émise et en fonction de l'épaisseur d'eau traversée par la lumière.

1- Présentation de l'expérience

Préparation : 4 semaines

Ingrédients :

- 60 mètres de tuyau PVC
- 10 T et 10 Y
- Une source de lumière blanche
- Un spectrophotomètre relié à un ordinateur
- des bouchons de différentes couleurs
- 18 Litres d'eau pour 30 mètres
- 2 parois en verre du diamètre du tuyau

La préparation du premier tuyau sera la plus complexe. Coupez 4 morceaux de tuyaux de 95 cm. Ajoutez un Y et un T à chaque extrémité et collez, le but étant d'aboutir à un unique tuyau de 4m comprenant 4 T et 4 Y.

Ensuite coupez des tuyaux PVC de 4m que vous pourrez ajouter selon les mesures voulues (par exemple : 9m ou 14 m). La préparation de votre tube est alors finie.

Placez chaque paroi en verre au bout de chaque extrémité de façon à ce que le tout soit étanche.

Puis placez la lumière blanche à proximité de la paroi en verre de façon à ce que le spectre lumineux traverse le tuyau.

Mettez l'eau en fonction de la longueur du tuyau (ne pas trop remplir).

Observez le spectre lumineux à l'autre extrémité grâce à l'autre paroi en verre, la lumière n'est plus blanche (elle a traversé une épaisseur d'eau telle que certaines radiations ont été absorbées).

Pour observer ce phénomène de plus près placez des bouchons de différentes couleurs à la même longueur, répétez l'action afin de constater une évolution possible de leur couleur.

Vous pouvez alors commencer les mesures pour savoir quelles radiations ont été absorbées en fonction de l'épaisseur d'eau traversée.

Pour cela utilisez le spectrophotomètre auquel vous ajoutez une fibre optique, une extrémité reliée à l'appareil et l'autre que vous placez dans un des tubes Y à la mesure voulue. Le spectrophotomètre étant bien évidemment branché sur l'ordinateur vous pouvez enfin obtenir les résultats présentés par des courbes, montrant la ou les radiations absorbées en fonction de la longueur choisie.

Ajoutez un zeste d'originalité et le tour est joué !!!

CONSEILS A NE PAS MANQUER :

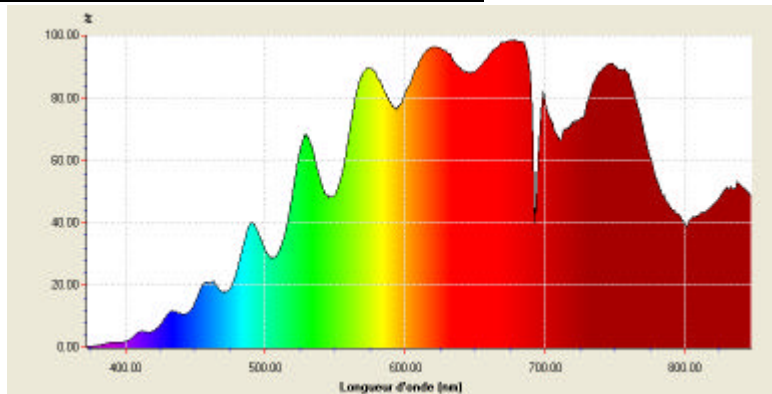
- Veillez à ne pas trop lever le tuyau lors de la vidange. Vous éviterez ainsi toute inondation de votre lycée et de passer trois quarts d'heure à éponger.
- Attention cette recette ne se réalise pas à base de canard mais de poisson donc toute prise de becs dans le groupe est inutile !
- Veillez à rester zen même si votre spectrophotomètre n'arrive qu'une semaine avant le rendu du rapport.
- Pour un mélange plus goûtu ajoutez-y le grain de sel de vos professeurs.
- Enfin vous pouvez alors réclamer votre CAP plomberie à l'éducation nationale.

2- Mesures

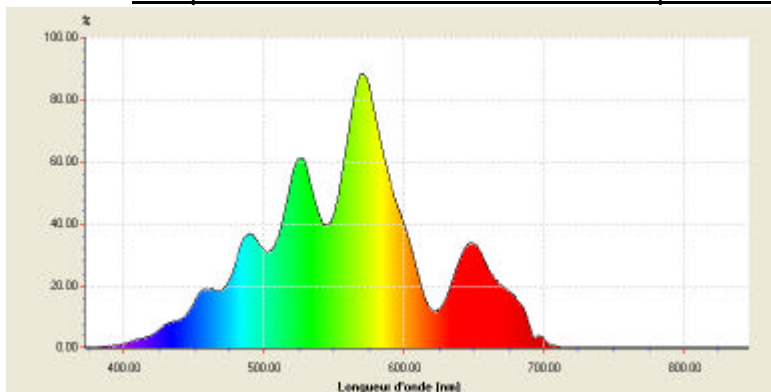
Grâce à notre spectrophotomètre nous avons pu réaliser nos mesures en plongeant notre fibre optique dans le tuyau face à la lumière et à différentes distances.

Ainsi nous avons remarqué :

- Le spectre de lumière de la source initiale :

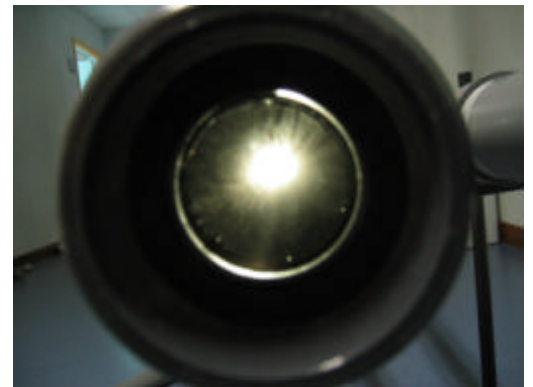
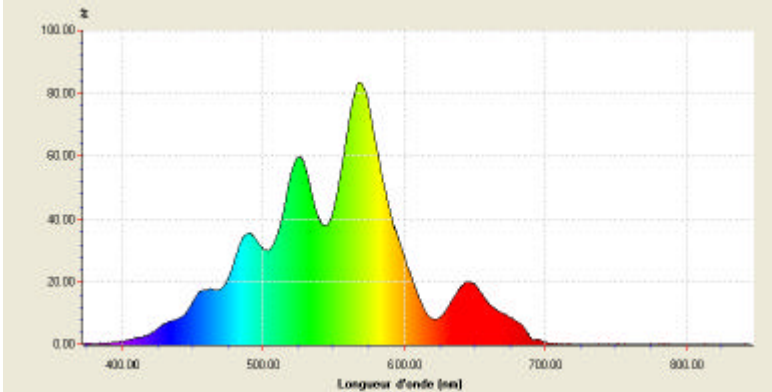
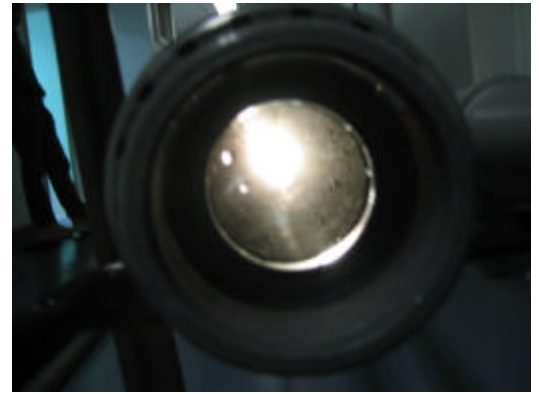
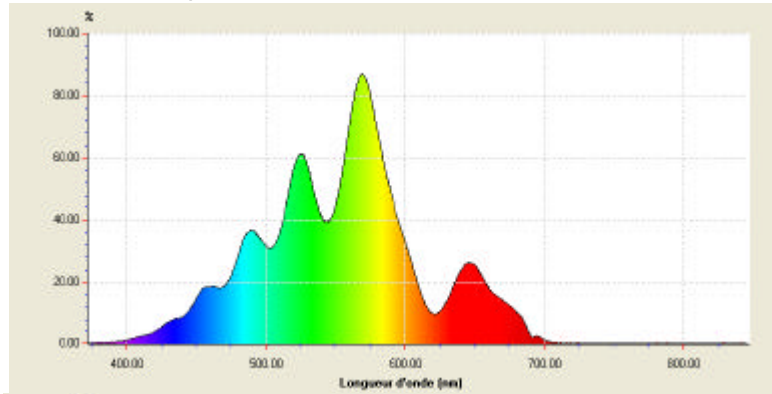


- Le spectre de la lumière à 1m50 d'épaisseur d'eau traversée :



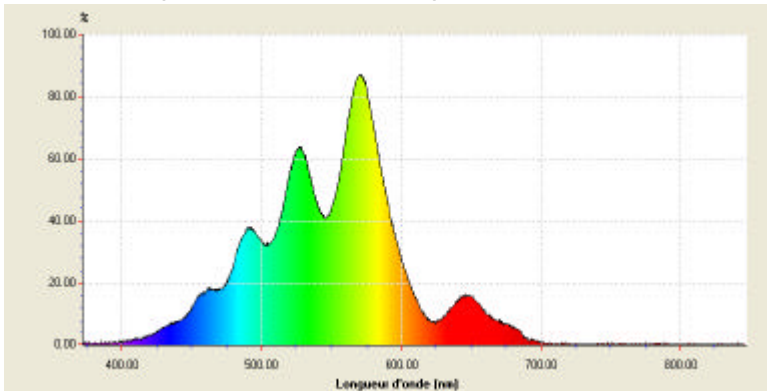
On remarque que déjà à cette longueur une partie des radiations rouges ont été absorbées.

- Le spectre de la lumière à 2m50 et 3m50 d'épaisseur d'eau traversée :

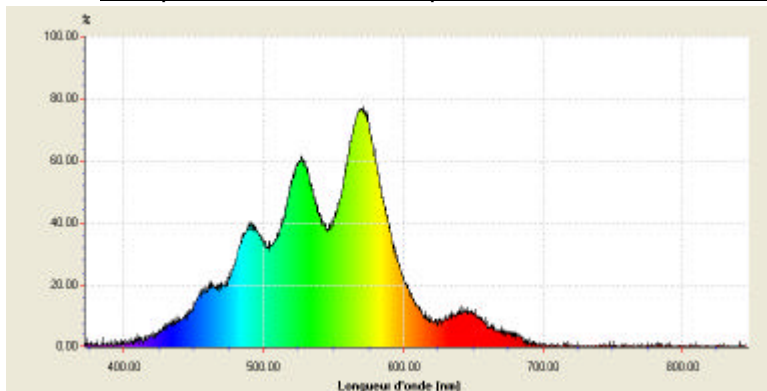


Ces radiations rouges sont de nouveau absorbées mais l'écart entre la mesure à la source et à 1m50 était bien plus important.

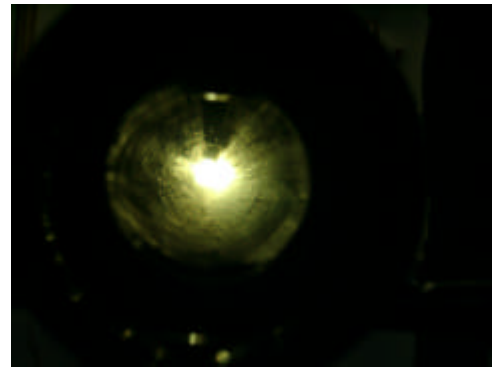
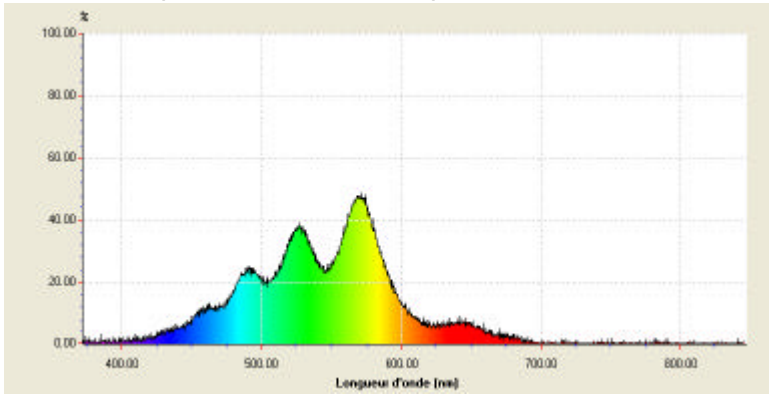
- Le spectre à 4m50 d'épaisseur d'eau traversée



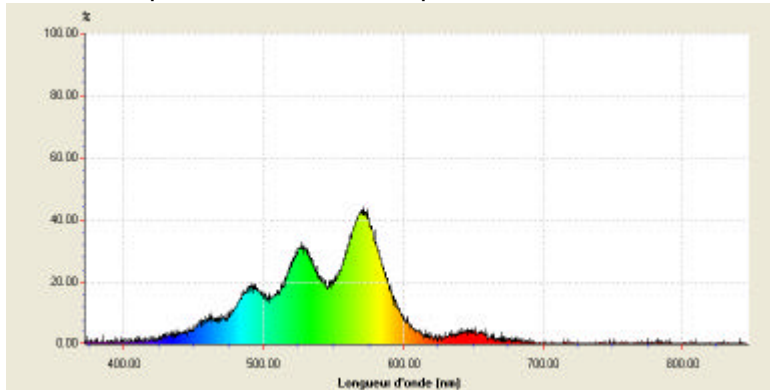
- Le spectre à 5m50 d'épaisseur d'eau traversée



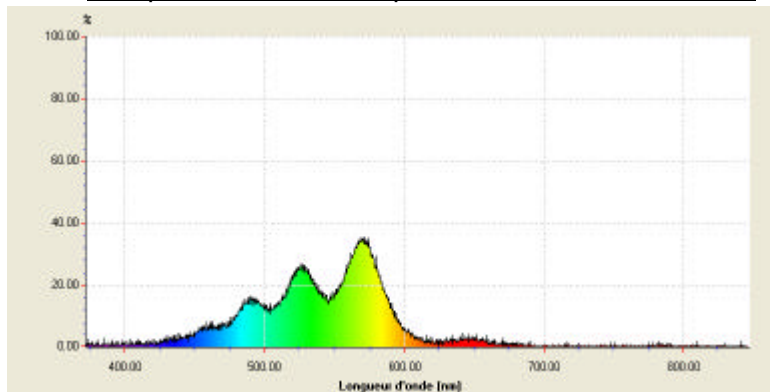
- Le spectre à 6m50 d'épaisseur d'eau traversée



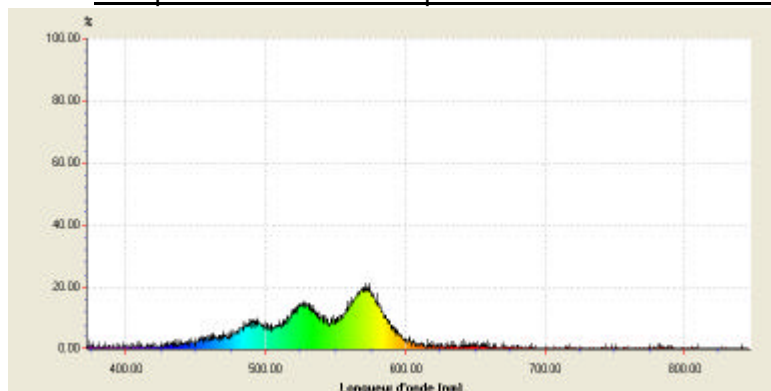
- Le spectre à 7m50 d'épaisseur d'eau traversée



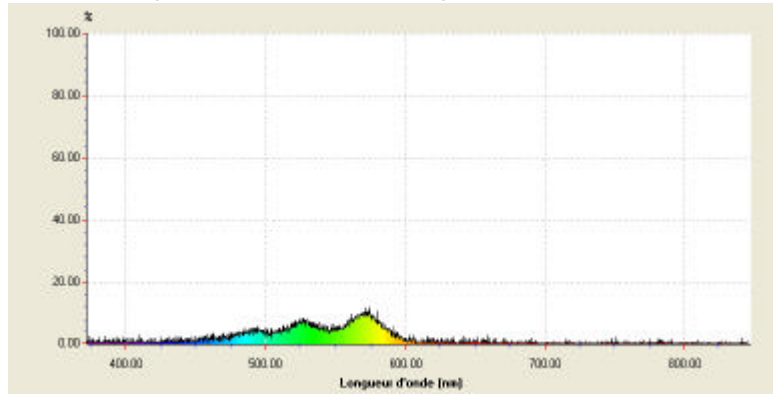
- Le spectre à 8m50 épaisseur d'eau traversée



- Le spectre à 9m50 d'épaisseur d'eau traversée



- Le spectre à 10m50 d'épaisseur d'eau traversée



3- Interprétation

Compte tenu du retard accumulé par la non disponibilité du spectrophotomètre, nos mesures se limitent à 10m50.

On peut toutefois observer une absorption majeure des radiations de la lumière blanche jusqu'à ces mesures que nous poursuivrons par la suite.

Cependant nous pouvons constater que le rouge est absorbé en premier, suivi du orange et du jaune puis du vert et du bleu qui commence à l'être aussi.

De là, on peut imaginer qu'un poisson verra sa couleur changer, et cela en fonction des radiations de la lumière qui ont ou non été absorbées.

Toutefois nous avons reproduit nos mesures en comparant les spectres obtenus de la lumière dans le tuyau vide aux mêmes profondeurs que celles réalisées dans les tuyaux remplis d'eau. Ainsi par des données théoriques nous allons essayer d'expliquer de façon mathématique ce phénomène d'absorption, c'est-à-dire que les radiations rouges sont absorbées en premier.

On peut alors obtenir la relation suivante :

$$I = I_0 e^{-a \cdot l}$$

l = épaisseur d'eau

a = coefficient d'absorption, caractéristique du milieu et de la longueur d'onde considérée

I_0 = intensité initiale de la lumière

I = intensité de la lumière émergente

Nous essayerons donc de l'expliquer et de le vérifier si le temps restant nous le permet.



Conclusion :

Les Olympiades de physique s'organise surtout autour d'une aventure humaine, les sourires, les moments de doute et des prises de becs...

Le travail en groupe permet d'énoncer toujours et encore plus d'idées sur le sujet. Notre collaboration avec Melle Katy Masset du centre Nausicaa nous a apporté beaucoup.

L'autonomie de chacun rentre aussi en jeu, on ne ressent plus l'ambiance « cours » c'est à nous de décider, de prévoir, d'organiser notre travail.

Les problèmes rencontrés ne nous ont pas fait renoncer, au contraire ils nous ont donné davantage de motivation pour nos recherches. L'expérience réalisée nous a fait progresser expérimentalement, et nous a montré qu'une expérience demande beaucoup de temps à mettre en place, ça ne fonctionne pas toujours du premier coup.

Les Olympiades de physique nous ont permis de voir les sciences sous un autre angle, une expérience à poursuivre...

Les Olympiades de physique

Les Olympiades de Physique...Une expérience inoubliable !
Presque cinq mois de passés et tellement de choses apportées.

Choisir un sujet original pour étudier un phénomène physique a été en septembre une chose nouvelle, très agréable. Le défi était lancé ! Nous avons alors décidé d'observer certains phénomènes au centre de Nausicaa et l'un des sujets nous a plu davantage : pourquoi les poissons changent-ils de couleur ?

Notre travail a d'abord consisté à rechercher tous les facteurs mis en jeu, et il y en a énormément. Nous nous sommes alors intéressées à l'absorption de la lumière dans l'eau en fonction de la profondeur. Il fallait alors le démontrer. Grâce aux nombreuses recherches le sujet était mieux cerné, nous avons alors pu mettre en place une expérience qui consiste à reproduire le phénomène, cela à plus petite échelle. C'est avec plusieurs mètres de tubes PVC remplis d'eau et éclairés par une lumière blanche, que nos réponses ont abouti.

Cela paraît simple et pourtant...la mise en place de l'expérience a duré plusieurs semaines. Malheureusement tout ne fonctionne pas toujours du premier coup. Nous avons reçu l'appareil de mesure, un spectrophotomètre, au mois de novembre, ce qui nous a un peu retardé puisqu'il fallait que nos résultats correspondent à notre partie théorique. Le stress s'installe, c'est la peur de ne pas finir à temps malgré le travail fourni lors des trous dans l'emploi du temps et également tous les mercredis après-midi et samedi matin, de ne pas rendre un dossier complet, de ne pas faire toutes les expériences étudiées...c'est aussi parfois des disputes !

Mais retenons que les Olympiades de physique sont et resteront une expérience très enrichissante.

D'abord car c'est une aventure humaine pleine de sourires, de moments de doutes, de réflexion ; c'est un véritable travail d'équipe ! Déjà par notre petit groupe, puisqu'il n'y a que Clara et moi, tellement solide. Puis par les professeurs qui sont également dans l'équipe, ils ont répondu à nos problèmes, et y consacrent du temps.

Enrichissante également par la quantité de choses apprises : l'expérience réalisée nous a permis de progresser expérimentalement. Le domaine scolaire nous quitte, à nous d'organiser, de prévoir, de décider, c'est l'acquisition d'une autonomie sur notre travail. On apprend beaucoup sur la physique, qui n'est plus du cours mais un ensemble de phénomènes auxquels on doit donner une explication, c'est un peu notre démonstration ! Les problèmes rencontrés ne nous ont pas fait renoncer, au contraire ils nous donnent davantage de motivation pour en savoir toujours plus, on apprend que la difficulté n'est pas toujours un obstacle, et qu'il faut aller au fond des choses.

Puis par le regard que l'on a à présent sur les sciences, les Olympiades m'ont permis de voir la Physique sous un autre angle. C'est un tout, du travail intense organisé autour d'un seul mot : PLAISIR.

CHOCHOIS Maud TS2
Spécialité Sciences Physiques.

Les olympiades de physique

Et si, après nous être tout d'abord plongées au coeur du caractère "physique" de notre petit poisson, nous embarquions à bord d'un bateau à destination des Olympiades de physique en retraçant ce long voyage avec ses bonheurs et ses péripéties.

Tout a commencé début septembre où, après une visite au centre de la mer de Nausicaa qui se trouve à proximité de notre lycée, nous nous sommes intéressées, Maud et moi, à un phénomène qui nous laissait assez perplexes. En effet, il ne suffisait pas de rester scotchées devant cet aquarium aux mille et une couleurs que nous offrait toute la faune et la flore des océans; il nous fallait aussi comprendre pourquoi ce si beau poisson rouge vif et violet que nous contemplions près de la vitre perdait son éclat lorsqu'il s'éloignait de nous.

Dès lors nous avons commencé nos recherches par le biais de Nausicaa qui non seulement nous a ouvert ses portes mais surtout ses services.

Bien sûr tout n'a pas été aussi simple, une première difficulté s'est présentée: les recherches, trouver, choisir, trier tout ceci nous a montré toute la subtilité de la recherche scientifique. Seulement l'envie de savoir, de comprendre a été plus forte.

Je soulignerai aussi que le plus stimulant mais aussi le plus terrifiant est cet engagement dans le cadre des Olympiades car c'est avant tout donner le meilleur de soi dans un projet scientifique au prix de découvertes ou peut être d'échecs que l'on peut rencontrer le jour des prestations orales ou même pendant nos expériences. Et oui ce que, je pense, tout le monde doit retenir c'est avant tout des manipulations hors du commun que se soit dans un cadre scolaire ou pas. Qui aurait pu me dire que je passerais une multitude de mercredi à inonder le lycée ou à chercher tant bien que mal d'où vient l'erreur dans nos mesures?

Tout ça fait le charme de cette expérience qui nécessite certes du temps mais qui pousse notre réflexion sur le monde qui nous entoure en nous permettant d'acquérir une autre vision sur des phénomènes comme celui auquel nous nous sommes attachées.

Toutefois tout n'a pas toujours été tout rose quelques coups de fatigue, des désaccords cependant inévitables lorsqu'on travaille en équipe nous ont amené quelques fois à vouloir baisser les bras car jongler entre les cours et nos recherches est assez éprouvant.

Sûrement, la rage de vouloir aller jusqu'au bout nous a permis de nous accrocher et de tirer à notre avantage cette expérience qui s'est finalement présentée sous différentes facettes.

Et puis lorsqu'on y repense on se dit que les galères rencontrées ne peuvent que nous faire sourire et renforcer le sentiment d'expérience à vivre.

Je n'oublierais pas non plus le nouveau regard que j'ai sur le cadre scolaire où j'ai découvert un nouveau rapport avec non seulement mes professeurs qui nous transmettent le goût de la physique mais aussi d'autres professeurs et personnel du lycée qui nous ont permis d'aboutir à notre dossier.

Alors après tout ça comment faire preuve d'originalité sur ce que l'on peut ressentir après une telle expérience? Tout ce que je peux clamer haut et fort c'est de ressortir plus ouverte, plus réceptive à la science et fière d'avoir participé à cette expérience humaine ce que je souhaite à tout ceux qui pourront saisir cette opportunité.

Ducrocq Clara TS2
spécialité physique chimie

Glossaire

I^{ère} - Partie

- **Rayonnement électromagnétique** : il correspond à un transport d'énergie dans l'espace sous la forme d'une onde caractérisée par un champs magnétique et électrique.

- **Spectre électromagnétique** : il correspond à la décomposition du rayonnement électromagnétique en fonction de la longueur d'onde ou de la fréquence de celui-ci ou de l'énergie de ses photons. Il est divisé en plusieurs catégories comme par exemple les longueurs d'onde décroissantes, les ondes radio, les infrarouges...etc....

-**diffraction** : c'est la modification du trajet d'une onde lumineuse lorsqu'elle passe par une petite ouverture ou autour d'un petit obstacle.
Il faut savoir que plus la dimension d'un obstacle ou de l'ouverture est petite plus la tache de diffraction est grande.

-**Réflexion** : c'est le changement de direction des rayons lumineux heurtant une surface. Ce changement dépend de l'angle avec lequel il frappe la surface et sera d'autant plus grand qu'il frappe une surface le plus perpendiculairement possible.

-**Réfraction** : c'est la déviation des rayons lumineux qui a lieu lorsqu'ils passent d'un milieu transparent à un autre. En effet cette déviation qui peut être observée lors de la pénétration de la lumière dans l'eau est due à une différence de vitesse de la lumière dans les deux milieux.

Notons ainsi que ces changements de direction obéissent aux lois de l'optique géométrique.

II^{ème} - Partie

-**Photons**: Ce sont des particules de masse et de charge nulle qui sont associés à un rayonnement lumineux. Ils correspondent aux plus petites unités de l'énergie électromagnétique.

-**Optique géométrique**: C'est une branche de la physique qui a pour but de développer l'instrumentation susceptible de réaliser des mesures physiques, une correction de la vision ou la production d'images.

En optique ceci est valide dans le cas où la dimension de l'objet est plus grande que $10^2 \mu\text{m}$ et ne tient pas compte de la diffraction.

-**Température de couleur** : Exprimée en degré Kelvin, elle précise la répartition spectrale des sources thermiques comme par exemples les sources dont la température de couleur est inférieure à 5500K d'une tendance jaunâtre et celles inférieures à cette valeur de tendance

bleuâtre. D'ailleurs pour observer les couleurs d'une lumière en condition idéale il faut pouvoir observer un spectre continu et avoir une valeur de température d'environ 5500K. On peut ainsi établir une relation entre la température de couleur et la qualité de ces couleurs.

III^{ème} Partie

-colorimétrie : C'est l'analyse de l'absorption de la lumière par une solution que l'on cherche à doser en général. Mais elle permet surtout de qualifier de manière rigoureuse et scientifique la perception des couleurs en utilisant 3 critères pour les définir :

- la teinte qui désigne en fait la couleur
- la saturation qui correspond à la mesure de la pureté de la couleur
- la luminosité qui indique si une image est sombre ou claire

Annexe I

Le mimétisme

Il se définit par l'imitation d'un modèle par un animal permettant ainsi d'augmenter les chances de survie et de reproduction. En fait le système mimétique met en jeu 3 acteurs :

- *Le modèle vivant ou pas*
- *Le mime, imitant le modèle*
- *Le dupe, trompé par le mime*

Cependant ce mimétisme peut se présenter sous différentes formes et il faut savoir que lorsque l'on parle de mimétisme on se réfère plus généralement au mimétisme optique.

En effet c'est grâce à lui qu'une espèce imite une autre dans sa forme, sa couleur et son comportement. Il est aussi qualifié de batésien ou de mullérien ou encore de mertensien selon les circonstances.

Ainsi le mimétisme batésien est le phénomène une espèce non protégée (mime) en copie, une autre (modèle) qui peut être protégé par un quelconque système de défense.

Delà la notion d'avantage obtenu apparaît primordiale dans la définition du mimétisme. Il faut savoir qu'un animal dispose essentiellement de 4 modes de protection : la fuite, s'il est suffisamment rapide ; l'affrontement ; la dissimulation, s'il utilise des stratagèmes ; et enfin la duperie, quand il cherche à faire croire à son ennemi qu'il dispose de grands moyens de défense alors qu'il n'en a aucun.

C'est d'ailleurs sur ces deux dernières stratégies que s'applique le mimétisme avec toutefois des variantes assez importantes dans les façons de mimer comme les homochromies qui se réfèrent aux changements de couleur chez un animal surtout dans le milieu marin.

Ainsi on peut distinguer plusieurs et différents mimétisme comme :

- *mimétisme visuel dont on vient de parler*
 - *mimétisme chimique, par «émission de molécules imitant le modèle*
- *mimétismes acoustiques et comportementaux, imitation des bruits, des attitudes et habitudes du modèle*
- *mimétisme tactile, imitation de la sensation de toucher du modèle*

Ainsi nous avons pu nous rendre compte que les variations de couleurs que nous observions pouvaient avoir un autre sens et un autre but pour notre petit poisson. Il entre donc en jeu différents phénomènes qui n'interviennent cependant pas dans le jeu et l'impact qu'a la lumière sur la couleur de notre « Momo » lorsqu'il poursuivait son chemin dans les profondeurs de l'océan.

Annexe II

La bioluminescence

La bioluminescence est en fait le mécanisme par lequel les animaux produisent de la lumière. Elle concerne beaucoup d'animaux comme notamment les poissons des grands fonds marins où ils sont observable grâce à l'obscurité.

Le mécanisme par lequel les cellules des êtres vivants produisent de la lumière fait intervenir des oxydations qui libèrent de l'énergie par l'émission d'un photon. Les facteurs impliqués dans la bioluminescence sont la luciférine qui est un substrat luminescent et la luciférase, enzyme qui catalyse la réaction bioluminescente :

La luciférase se combine avec la luciférine pour réagir avec le dioxygène pour former un complexe oxydé instable qui retourne rapidement dans son état stable en émettant un photon.

Annexe III

La pigmentation et couleur

Il faut savoir que dans l'eau peuvent émettre des signaux lumineux en transformant la lumière du milieu.

Il y tout d'abord des couleur pigmentaires :

Ces couleurs résultent de l'absorption par des pigments de certaines longueurs d'onde du spectre solaire. L'ensemble des longueurs d'onde réfléchies produit alors un signal lumineux coloré. La couleur de la plupart des animaux comme les poissons est principalement d'origine pigmentaire.

Par exemple les chlorophylles qui absorbent toutes les longueurs d'onde du spectre visible sauf le vert sont à l'origine de la couleur verte des végétaux. Il y a aussi les caroténoïdes pour une couleur orangée, la mélanine pour la couleur brune de la peau, la guanine pour la couleur blanche par le phénomène de réflexion et de réfraction de la lumière sur des microcristaux que contient la guanine. Mais il y a aussi les chromatophores qui possèdent en effet les colorants dans des cellules spéciales de la peau d'un poisson.

Ainsi selon l'environnement un poisson veut changer de couleur par une baisse du taux de pigment ou de la concentration des colorants selon aussi la profondeur par exemple.

Il y a aussi les couleurs structurales :

On les qualifie aussi de physiques puisqu'elles résultent des 3 phénomènes suivants :

- l' interférence d'ondes réfléchies*
- la diffraction d'ondes réfléchies ou transmises au niveau d'une surface*
- et la diffusion sélective d'ondes lumineuses au niveau d'une surface pigmentée ou non.*

Remerciements

-Nous voudrions commencer par remercier notre professeur de spécialité de physique chimie Mr Ryves pour nous avoir tout d'abord sollicité et donné le goût de cette aventure en prenant sur son temps pour nous aider au mieux.

-Mr Ducrocq notre professeur de physique chimie, pour l'informatique

-Mr Buridant professeur de physique chimie au lycée E.Branly

-Mr Piwinski proviseur adjoint du lycée E.Branly

-Mr Lancel professeur de physique-chimie

-Un grand merci aux préparateurs du lycée pour leur aide en permanence

-aux organisateurs des Olympiades de Physique

-Mr Feutry qui nous a fourni des disques en verre

-Le centre de la mer Nausicaa pour leur service

-Melle Masset responsable du service éducatif de Nausicaa

à Ulice pour le spectrophotomètre

-Le club vidéo du lycée E.Branly qui se sont intéressés à notre sujet et nous ont suivis

-à tous les petits « Momo » qui se sont sacrifiés pour nos expériences !(aucun animal n'a été maltraité)

Remerciements :

