

LES COULEURS DE LA LUMIERE

- Répertoire de questions et de représentations mentales erronées d'étudiants normaliens sur le thème de la lumière.
- Questions - réponses.
- Références livresques et électroniques.



Annexe au Rapport de Recherche-action Pluridisciplinaire visant à la maîtrise de l'enseignement de la démarche scientifique. Recherche AGERS(2003).

LES COULEURS : UNE CARACTERISTIQUE DE LA LUMIERE.

INTRODUCTION

POURQUOI AVOIR CHOISI D'ABORDER LE THEME DES COULEURS DE LA LUMIERE ?

On peut espérer, de la part des étudiants, une certaine **motivation** à priori sur le thème de la couleur. Il existe de nombreux liens avec la vie courante et la réalité, l'observation de phénomènes naturels tel que l'arc-en-ciel, en est un exemple. Les couleurs sont utilisées dans le domaine de l'esthétique : peintures, mode, maquillage,...Elles contribuent également à plusieurs aspects pratiques : maturation d'un fruit, indicateur de PH, signalisation routière,...

Ce thème permet d'établir des **passerelles** vers d'autres disciplines comme la biologie (anatomie de l'œil, anomalies, daltonisme), ou la géographie (météorologie, physique de l'atmosphère).

Ce thème ne requiert pas de grandes connaissances préalables en optique et permet **l'observation immédiate** des résultats d'expériences.

Le thème de la couleur permet, par la mise en jeu de règles combinatoires simples une analyse des phénomènes observables, et la formulation de prédictions. Ce qui peut laisser supposer une forte motivation a posteriori : validation interne des résultats et remise en question des représentations erronées.

Une des principales difficultés dont nous devons tenir compte est associée à la conception même de couleur. Celle-ci est souvent considérée comme une caractéristique propre à un objet donné, et le rôle de la lumière se limite à celui d'un éclairage suffisant pour bien voir.

LISTE DE QUESTIONS D'ETUDIANTS SUR LE THEME DE LA LUMIERE

- 1) Qu'est-ce que la lumière ?
- 2) Quelle est la couleur de la lumière du soleil ?
- 3) Pourquoi un prisme fait-il apparaître les couleurs de l'arc-en-ciel ?
- 4) Comment se forme un arc-en-ciel ?
- 5) Toutes les couleurs sont-elles dans l'arc-en-ciel ?
- 6) Pourquoi les arcs-en-ciel sont-ils forcément en arc de cercle ?
- 7) Pourquoi voit-on parfois un arc-en-ciel double ?
- 8) Peut-on observer un arc-en-ciel à midi ?
- 9) Pourquoi observe-t-on un arc-en-ciel sur un cédérom éclairé ?
- 10) Pourquoi le ciel est-il bleu ?
- 11) Où se créent les couleurs ?
- 12) Comment notre œil fonctionne-t-il ?
- 13) Que signifie « la persistance rétinienne »?
- 14) Que signifie « être daltonien »?
- 15) De quoi dépend la couleur d'un objet ?
- 16) Quelle est la différence entre couleurs pigments et couleurs de la lumière ?
- 17) Que signifie le terme « couleurs primaires »?
- 18) Pourquoi le vert, le rouge et le bleu sont les couleurs primaires de la lumière ?

- 19) Que signifie le terme couleurs secondaires ?
- 20) Quelles sont les couleurs complémentaires ?
- 21) Pourquoi le disque de Newton nous apparaît-il blanc quand il tourne vite ?
- 22) Pourquoi les couleurs du disque de Newton n'ont pas toutes les mêmes proportions ?
- 23) Pourquoi la couleur de certaines voitures changent-elles dans un tunnel d'autoroute ?
- 24) Où va la lumière quand elle rencontre un obstacle opaque ?
- 25) Pourquoi les objets sont-ils plus foncés quand ils sont mouillés ?
- 26) Comment fonctionne un filtre ?
- 27) Pourquoi dit-on que la nuit tous les chats sont gris ?
- 28) C'est quoi le gris ?
- 29) Quelle est la différence entre lumière naturelle et lumière artificielle ?
- 30) La lumière d'une lampe de poche est-elle la même que celle du soleil ?
- 31) Pourquoi les néons émettent-ils une lumière colorée ?
- 32) Comment fonctionnent les lumières ultraviolettes ?

EXEMPLES DE REPRESENTATIONS ERONNEES DES ETUDIANTS SUR LE THEME DE LA LUMIERE

- La lumière du soleil est dite blanche, car elle n'a pas de couleurs, elle est transparente, invisible, neutre et elle éblouit.
- Si la lumière du soleil était jaune, on verrait tout en jaune
- Un pull est mauve car il renvoie toutes les couleurs sauf le mauve
- La couleur d'un objet, c'est la couleur que l'objet garde
- Si on mélange le blanc avec toutes les couleurs, on obtient du gris

- Le mauve est complémentaire du gris
- Le jaune est une couleur primaire de la lumière
- Quand on mélange des couleurs, c'est plus intense
- Si on mélange de la couleur jaune avec de la couleur bleue, c'est pareil que si on éclaire un tissu bleu avec de la lumière jaune
- Le rouge fait partie du mauve
- Les couleurs complémentaires sont celles qui sont face à face sur le disque de Newton
- Le mélange de toutes les couleurs donne toujours du noir
- Un filtre ajoute de la couleur au faisceau de lumière blanche
- Les couleurs sont dites complémentaires, si une fois associées elles sont plus lumineuses
- Le blanc et le noir ne sont pas des couleurs

1) Qu'est-ce que la lumière ?

La lumière est une onde, elle fait partie des ondes électromagnétiques.

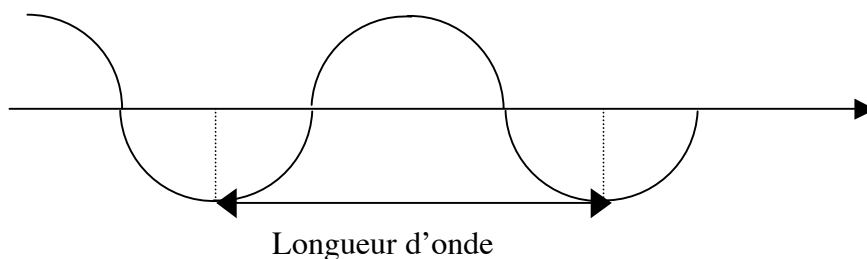
La lumière visible n'est constituée que d'un petit groupe d'ondes faisant partie du spectre électromagnétique.

Le spectre de la lumière blanche est appelé « spectre solaire » et comprend toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Mais la lumière comporte également des rayonnements de plus haute énergie (les ultraviolets) et de plus basse énergie (les infrarouges).

Toutes les ondes se différencient par leur fréquence et leur longueur d'onde.

La fréquence d'une onde correspond au nombre de vibrations effectuées par l'onde en une seconde et s'exprime en Hertz.

La longueur d'onde est la distance entre deux points consécutifs identiques (longueur de la perturbation).



Notre œil n'est sensible qu'à certaines longueurs d'ondes.

Le domaine des longueurs d'onde de la lumière visible s'étend d'environ 400 nanomètres à 740 nanomètres (nm).

RELATION ENTRE VITESSE, FREQUENCE ET LONGUEUR D'UNE ONDE

La longueur d'onde et la fréquence des ondes électromagnétiques sont en relation avec la vitesse de la lumière. Lorsqu'on multiplie la fréquence d'une par sa longueur d'onde, on obtient la vitesse de la lumière.

Dans le vide, les ondes électromagnétiques se déplacent à la même vitesse quelle que soit leur fréquence. Cette vitesse est d'environ 300.000 km/s

$$V = \nu \lambda$$

λ , la longueur d'onde est la distance parcourue par une vibration pendant la durée d'une période du mouvement vibratoire de la source (m).

ν , la fréquence est le nombre de vibrations complètes par seconde. On l'exprime en Hertz.

v , la vitesse est la vitesse de déplacement de l'onde (m/s).

2) Quelle est la couleur de la lumière du soleil ?

« La lumière du soleil est dite blanche car elle n'a pas de couleurs »

« La lumière du soleil est transparente, elle est invisible car elle est neutre »

« On ne voit pas la lumière du soleil car elle nous éblouit. »

« Si la lumière du soleil était jaune, on verrait tout en jaune ! »

La lumière du soleil est appelée « lumière blanche ». La lumière blanche est le résultat de la superposition de toutes les couleurs visibles du spectre solaire. La décomposition de la lumière blanche par un prisme fait apparaître toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

C'est la lumière blanche qui donne à notre univers sa diversité de couleurs.

3) Pourquoi un prisme fait-il apparaître les couleurs de l'arc-en-ciel ?

C'est Isaac Newton qui, le premier, en 1666, découvrit que l'on pouvait obtenir de la lumière colorée à partir de lumière blanche. Il constate qu'un prisme de verre sépare un rayon de lumière

blanche en un ruban de couleurs spectrales ; une juxtaposition du violet, du bleu, du vert, de jaune, de l'orange et du rouge : c'est le spectre solaire.

Chacune des couleurs qui compose la lumière blanche possède sa propre longueur d'onde. Plus cette longueur d'onde est courte, plus grande est sa fréquence et son énergie.

Le passage de la lumière à travers le verre du prisme entraîne une modification de la vitesse des ondes. Ce ralentissement varie en fonction de la fréquence de l'onde, ce qui a pour effet la dissociation des couleurs, et l'apparition du spectre solaire.

L'angle de déviation est en relation avec la fréquence de l'onde. Ainsi, chaque couleur est réfractée séparément et ce en fonction de sa propre longueur d'onde.

Les couleurs apparaissent toujours dans le même ordre : rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet.

Dans le prisme, le rouge qui a la fréquence la plus basse (= grande longueur d'onde) ira plus vite que le violet et sera moins dévié.

Le violet est un rayonnement de haute fréquence (= courte longueur d'onde) ; il ira moins vite que le rouge et sera le plus dévié.

Les autres couleurs, entre le rouge et le violet, ont des vitesses intermédiaires.

Ni le blanc, ni le noir n'apparaissent dans le spectre : le noir résulte de l'absence de lumière visible ; le blanc résulte de la superposition de toutes les couleurs du spectre.

4) Comment se forme un arc-en-ciel ?

La formation d'un arc-en-ciel est dû à la double réfraction des rayons solaires traversant une goutte d'eau de pluie, avec, en plus, une réflexion à l'intérieur de cette goutte qui renvoie les rayons vers l'observateur.

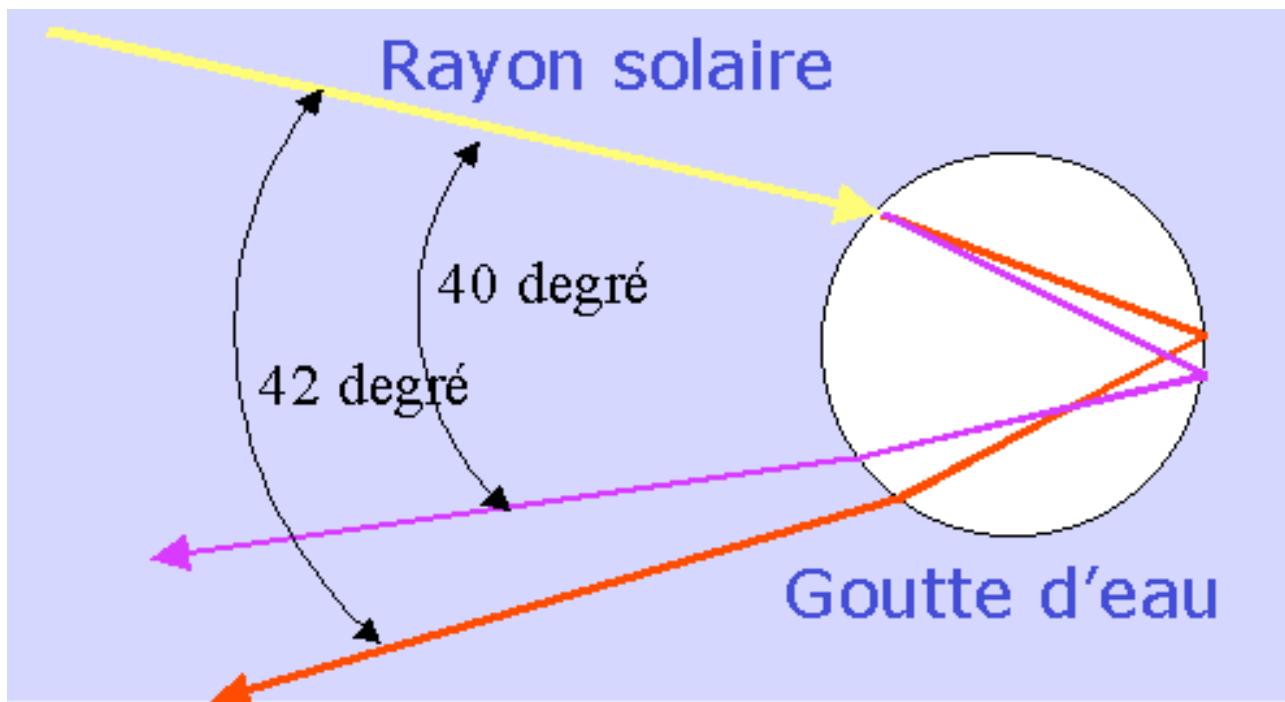
D'abord, il faut se souvenir de l'expérience de Newton : Un prisme de verre sépare un rayon de lumière blanche en un ruban de couleurs spectrales : une juxtaposition du violet, du bleu, du vert, du jaune, de l'orange et du rouge. Le bleu est plus dévié que le rouge.

Les gouttes de pluie jouent le rôle de minuscules petits prismes qui dispersent la lumière blanche émise par le soleil. Le rayon jaune sort en faisant un angle de 42° avec la direction des rayons du soleil. Pour le bleu, cet angle vaudra seulement 41° et pour le rouge 43° .

Pour "tracer sur le ciel " le cercle rouge, il faudrait ouvrir le compas à 43° (un peu plus que pour le jaune), et pour le bleu, à 41° (un peu moins que pour le jaune).

Chaque couleur correspond à une fréquence bien définie (la lumière est un phénomène ondulatoire), et la déviation que subit un rayon en passant d'un milieu dans un autre dépend de cette fréquence.

Cette déviation provient de ce que la vitesse de la lumière chute brusquement quand elle quitte le vide pour entrer dans un milieu transparent : de 300.000 km/s dans le vide elle tombe à 225.000 km/s dans l'eau, à 190.000 dans le verre.



5) Toutes les couleurs sont-elles dans l'arc-en-ciel ?

Non, il n'y a pas de rose, de beige, de marron, de gris....

Ce qu'il y a dans l'arc-en-ciel, ce sont les "vraies couleurs", c'est-à-dire, celles qui sont capables de traverser le prisme sans se diviser en plusieurs rayons. Notre œil est imparfait et ne fait pas la distinction entre les vraies couleurs et les couleurs résultantes d'un mélange. Aussi, il ne sait pas différencier du "vrai" jaune, et un mélange jaune résultant de l'addition de lumière rouge et verte.

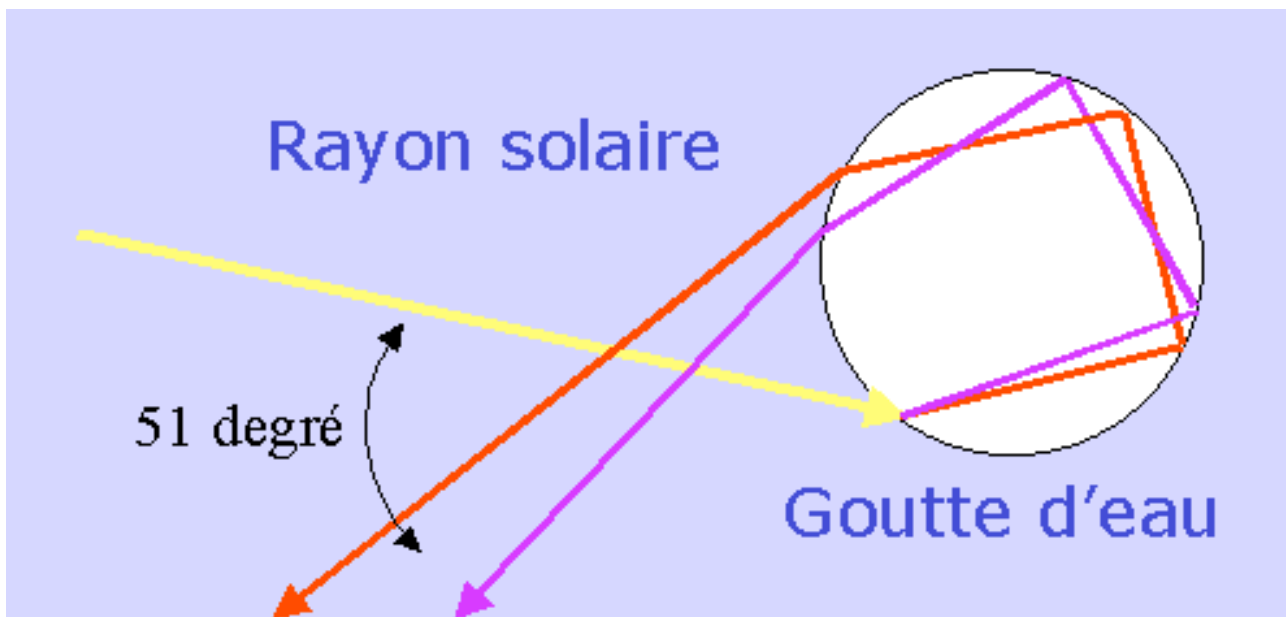
Certaines couleurs, comme le marron, ou le gris sont forcément des mélanges ; elles ne sont pas dans l'arc-en-ciel.

6) Pourquoi les arcs-en-ciel sont-ils forcément en arc de cercle ?

Les arcs-en-ciel sont en réalité circulaires. Mais lorsqu'on a les pieds sur terre, on ne peut en voir qu'une portion. Il est parfois possible de les voir en entier, depuis un avion, par exemple. Un arc-en-ciel est le résultat de la superposition d'autant de « mini arcs-en-ciel » qu'il y a de gouttes de pluie dans le ciel. Il donne ainsi une représentation à grande échelle de ce qu'il se passe lorsqu'une goutte d'eau est traversée par un rayon de lumière. La goutte étant sphérique, chaque goutte projette un halo circulaire : un arc-en-ciel sphérique.

7) Pourquoi voit-on parfois un deuxième arc-en-ciel ?

Il arrive qu'un deuxième arc, moins intense, soit visible à l'extérieur du premier. Les couleurs de cet arc secondaire se trouvent dans l'ordre inverse des couleurs de l'arc primaire : rouge à l'intérieur, violet à l'extérieur. L'arc secondaire résulte d'une double réflexion du rayon à l'intérieur des gouttes de pluie avant d'être réfracté et renvoyé vers notre œil. Dans ce cas, ce sont les rayons avec un angle supérieur à 51° qui sont visibles.



8) Peut-on observer un arc-en-ciel à midi ?

Non, il n'y a pas d'arc-en-ciel aux alentours de midi ni, d'une manière générale, quand le soleil est haut dans le ciel. La hauteur du soleil au-dessus de l'horizon ne doit pas dépasser 42 degrés d'angle.

9) Pourquoi un disque compact montre-t-il des reflets colorés quand il est éclairé ?

La surface d'un disque compact est composée de minuscules sillons parallèles et recouverte d'une pellicule métallique réfléchissante. Lorsque la lumière frappe la surface du disque, les ondes lumineuses sont dispersées dans différentes directions par les sillons. Il se produit alors un phénomène d'interférence : certaines ondes se superposent et s'annulent (interférence destructive), tandis que d'autres se combinent pour faire apparaître de nouvelles couleurs (interférence constructive). Les couleurs réfléchies dépendent de l'angle d'observation. Appelé « iridescence », c'est ce phénomène qui donne également leurs couleurs aux bulles de savons et aux taches d'huile à la surface de l'eau.

10) Pourquoi le ciel nous apparaît-il bleu ?

Les couleurs du ciel résultent de la diffusion de la lumière solaire par les molécules d'air. Lorsque la lumière solaire atteint une molécule, les différents rayonnements constitutifs sont diffusés dans toutes les directions, avec des intensités différentes. Les rayonnements de courte longueur d'onde, comme le bleu sont plus diffusés que les rayonnements de grandes longueurs d'onde, comme le rouge. L'intensité de la lumière bleue diffusée par une molécule d'air est huit fois supérieure à celle de la lumière rouge diffusée. Pour en savoir plus : "Dossier Pour la Science: la couleur. (Hors-série avril 2000 pp.14-18).

11) Où se créent les couleurs ?

La couleur est avant tout une sensation qui est perçue au niveau du cerveau via l'œil, récepteur de la lumière.

La couleur n'est pas une pellicule posée sur l'objet, c'est seulement dans le cerveau que la couleur se construit. La couleur est une sensation dans le cerveau de l'observateur.

Cette sensation perçue au niveau de l'œil est transmise au cerveau via le nerf optique.

12) Comment notre œil fonctionne-t-il ?

L'œil est un appareil optique complexe dont les récepteurs sensoriels sont localisés sur la rétine, membrane tapissant le fond de l'œil, tandis que le nerf optique transmet les messages au cerveau. Seuls les hommes et quelques rares animaux, tels les singes, sont capables de voir les couleurs.

Le secret de la vision des couleurs réside dans la sensibilité à la lumière de la rétine. Celle-ci possède deux types de récepteurs, appelés **bâtonnets** et **cônes** en raison de leur forme.

Les bâtonnets (environ 120 millions de cellules) ne contiennent qu'un seul pigment et sont responsables de la vision sous faible éclairage. Le pigment de ces bâtonnets est sensible à toutes les couleurs et réagit même dans l'obscurité. C'est ce qui permet la vision nocturne (en noir et blanc).

Les cônes (environ 5 millions de cellules) sont sensibles aux couleurs.

Ces cellules réagissent différemment à la lumière réfléchie par des objets colorés. Elles contiennent trois types de pigments chimiquement différents. Ces pigments sont des protéines qui absorbent la lumière : certaines sont surtout sensibles aux grandes longueurs d'ondes du spectre visible (le rouge) d'autres aux longueurs d'ondes intermédiaires (le vert) et d'autres enfin aux courtes longueurs d'ondes (le bleu).

Il existe trois types de cônes selon qu'ils sont sensibles au bleu, au vert, ou au rouge. Le mélange de ces trois couleurs produit toutes les autres couleurs.

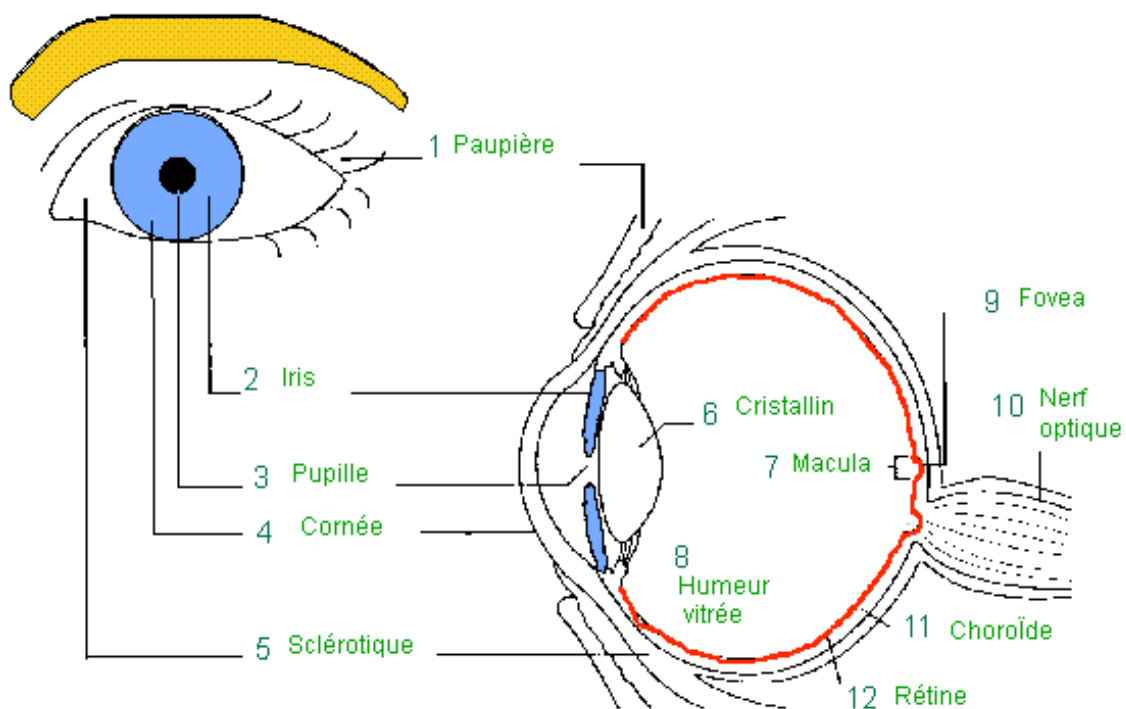
Lorsque les cellules de la rétine sont éclairées par la lumière à laquelle elles sont sensibles, elles émettent des signaux électriques vers le cerveau, où le traitement donne la sensation d'une teinte particulière.

L'œil humain réagit différemment aux couleurs visibles, il est plus sensible au vert. Ceci explique, par exemple, la répartition inégale des couleurs du disque de Newton. (Expérience du disque de Newton).

Les cellules ganglionnaires :

Ces cellules, situées derrière la rétine, ont pour rôle de transmettre l'information reçue, sous forme d'impulsions, au cerveau qui pourra alors décoder la couleur. Par exemple, un code d'impulsion rapide correspond au rouge, alors qu'un plus lent correspond au bleu.

Anatomie de l'œil : coupe transversale.

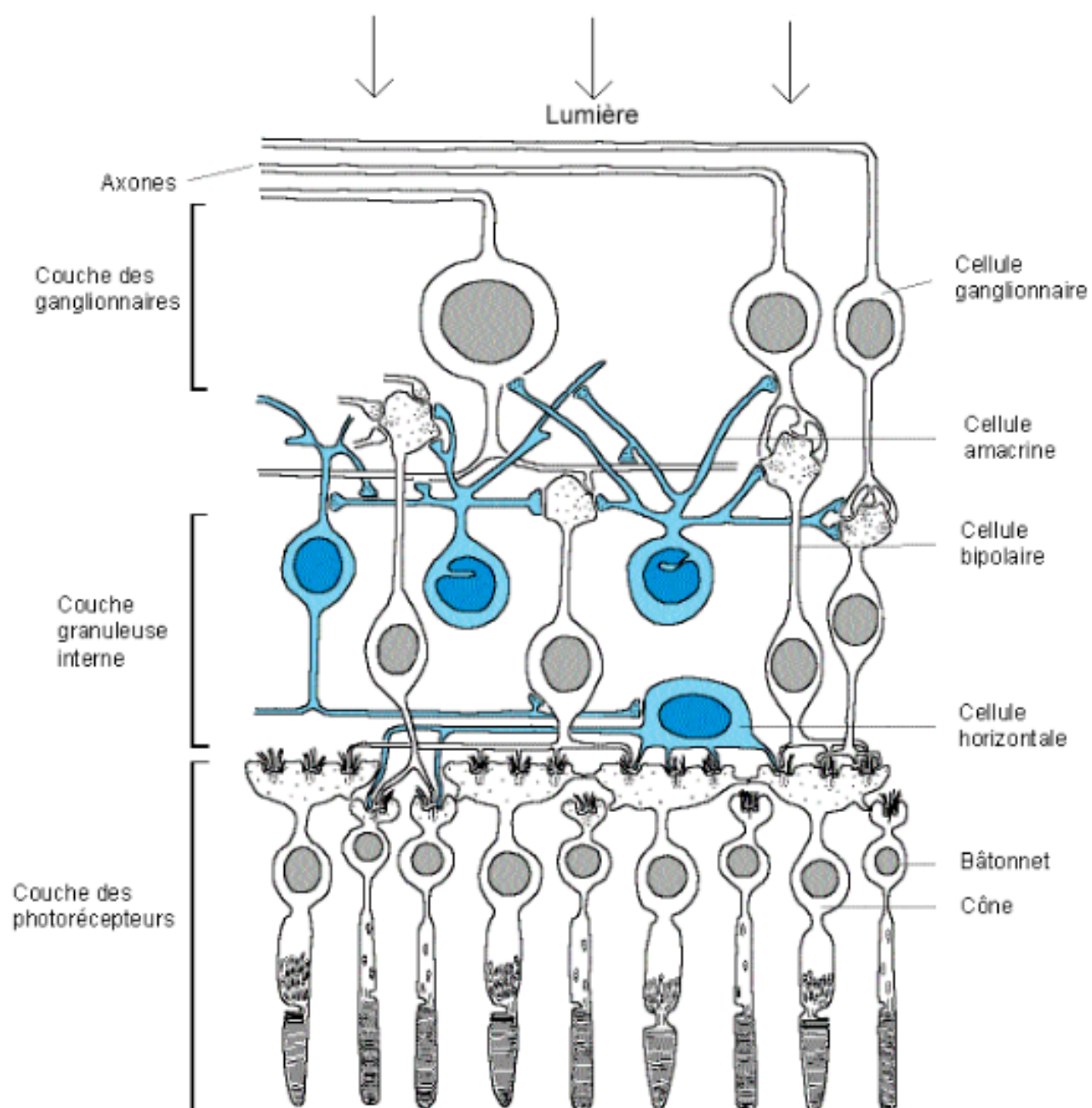


Rôle du cerveau dans la vision des couleurs :

De l'œil au cerveau : notre œil capte et véhicule la lumière jusqu'à la rétine. Chacun des millions de cônes de la rétine capte une petite partie de l'image. Les cônes sont organisés en petits groupes qui transmettent leurs messages à des cellules nerveuses spécialisées, les neurones bipolaires.

Chaque neurone bipolaire ne reçoit des informations que d'un seul groupe de cônes et les envoie au cerveau via le nerf optique.

Le cerveau est capable de reconstituer l'image à partir de ces signaux. Il rassemble les informations et reconstitue le puzzle (l'image colorée).



13) C'est quoi la persistance rétinienne ?

On sait depuis le 19^e siècle que si l'on maintient fixe une image sur la rétine, elle s'évanouit pour laisser place à une impression de cécité, appelée "champ vide". Cette disparition tient au fait que chacun des récepteurs (les cônes) s'adapte à la lumière qui le frappe. Les récepteurs sont conçus pour signaler au système nerveux les changements et non les états permanents.

La vue fonctionne bien tant que l'œil bouge ; dès qu'il s'immobilise, elle s'altère.

Si l'on regarde fixement un point coloré pendant une vingtaine de secondes, et qu'ensuite on porte son regard sur un fond uni ; la persistance de l'image dure pendant un bref instant.

On constate que la force de l'habitude reste souvent, pour le cerveau, le moteur le plus puissant lors de la perception des illusions d'optiques.

Les psychologues et physiologistes ne sont pas prêts de s'arrêter sur le chemin des controverses nées lors de tentatives d'explication de ces "effets d'optiques".

14) Que signifie être daltonien ?

On appelle daltonisme la déficience de l'aptitude à distinguer les couleurs de la partie du spectre qui s'étend du rouge au vert. Environ huit pour cent des hommes et un pour cent des femmes en sont atteints. Les daltoniens ne sont pas capables de faire la distinction entre le vert, le rouge et le gris.

Cette mauvaise perception des couleurs, résulte d'anomalies au niveau des cônes, comme l'absence de certains types de pigments.

Dans la vie courante, les daltoniens apprennent à distinguer les objets de couleurs par leur situation dans l'espace (par exemple : les feux de circulation).

15) De quoi dépend la couleur d'un objet ?

« Un pull est mauve car il renvoie toutes les couleurs sauf le mauve ! »

« La couleur de l'objet, c'est la couleur que l'objet garde »

« *Le noir est une couleur* »
« *Le rouge fait partie du mauve* ».

La couleur de l'objet dépend de l'objet, mais aussi de la lumière qui l'éclaire. Les objets sont des « voleurs de couleurs ».

Les objets absorbent tout ou une partie des rayons colorés de la lumière qui les atteint et selon les rayons renvoyés vers l'œil, ces objets nous apparaissent d'une couleur ou d'une autre.

La couleur d'un objet, c'est la couleur de la lumière qu'il renvoie à notre œil. C'est la partie de la lumière solaire qu'il n'absorbe pas. Pour apprécier la couleur d'un objet, il faut le mettre à la lumière du jour, au soleil (lumière blanche).

C'est pourquoi, avant d'acheter un vêtement, il vaut mieux s'assurer de sa couleur à l'extérieur du magasin, à la lumière blanche naturelle.

Les objets blancs réfléchissent totalement les sept couleurs du spectre solaire ; les objets noirs absorbent totalement toutes les couleurs et ne réfléchissent rien.

Un pull rouge nous apparaît rouge lorsqu'il est éclairé par de la lumière blanche, parce qu'il absorbe toutes les couleurs du spectre solaire à l'exception de la lumière rouge qui est renvoyée vers notre œil.

Un pull rouge éclairé par de la lumière verte nous apparaîtra noir, car les pigments qu'il contient absorbent la lumière verte et ne renvoient rien vers notre œil.

17) Que signifie le terme « couleurs primaires » ?

« *Le jaune est une couleur primaire de la lumière* »

Les couleurs primaires sont appelées ainsi parce qu'elles sont la base des autres couleurs et qu'en principe, il est impossible de les créer par le mélange des autres couleurs entre elles ; en pratique, ce n'est pas toujours le cas, du moins avec certains pigments.

Si la lumière blanche contient effectivement toutes les couleurs du spectre, il suffit de trois d'entre elles pour la reconstituer : ce sont les trois couleurs primaires de la lumière.

Le rouge, le bleu et le vert sont les trois couleurs principales et sont appelés couleurs primaires de la lumière.

Le mélange de ces trois couleurs, dans des proportions différentes, permet d'obtenir toutes les couleurs du spectre (exemple : la télévision couleur).

18) Pourquoi le rouge, le vert, et le bleu sont les couleurs primaires de la lumière ?

Le rouge correspond aux longueurs d'ondes longues (± 750 nm)

Le vert correspond aux longueurs d'ondes moyennes (± 600 nm)

Le bleu correspond aux longueurs d'ondes courtes (± 400 nm)

Les cônes, qui sont les cellules photosensibles de la rétine, contiennent trois types de pigments qui absorbent chacun une gamme de longueurs d'ondes, correspondant au rouge, au vert et au bleu.

Leur trois courbes d'absorption élaborent le message chromatique. L'addition de ces trois couleurs donne le blanc.

9) Que signifie le terme couleurs secondaires ?

« Si on mélange le blanc avec toutes les couleurs on obtient du gris »

« Quand on mélange des couleurs, c'est plus intense »

« Le mélange de toutes les couleurs donne toujours du noir »

Les couleurs secondaires proviennent du mélange des couleurs primaires.

Le mélange des lumières rouge, vert et bleu donne de la lumière blanche.

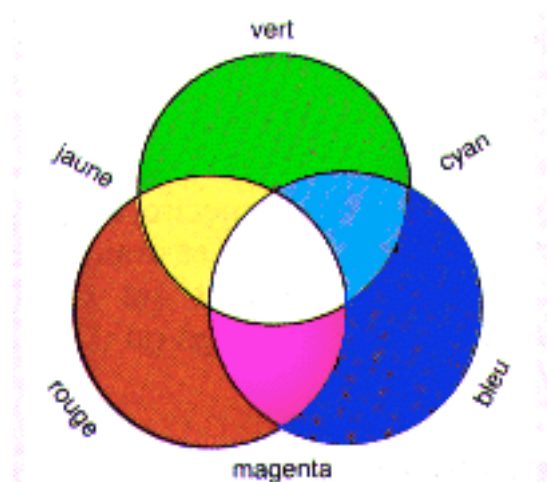
Si on mélange les couleurs primaires deux à deux (synthèse additive), on obtient trois couleurs secondaires ; : le cyan, le magenta et le jaune.

Le mélange d'une lumière verte avec une bleue donne du cyan.

Des lumières bleues et rouges donnent du magenta.

Des lumières vertes et rouges donnent du jaune.

Synthèse additive



16) Quelle est la différence entre les couleurs pigments et les couleurs de la lumière ?

« Le mélange de toutes les couleurs donne toujours du noir »

« Le jaune est une couleur primaire »

« Si on mélange de la couleur jaune avec de la couleur bleue, c'est pareil que si on éclaire un tissu bleu avec de la lumière jaune ».

Les « couleurs lumières » sont celles que l'on trouve dans le spectre solaire lors de la

décomposition de la lumière visible.

Les « couleurs pigmentaires » proviennent des pigments colorés de substances végétales, minérales, parfois animales et le plus souvent chimiques.

Les peintures ou les encres se comportent comme des filtres. Les peintures contiennent des pigments, qui éclairés en lumière blanche, vont absorber certaines couleurs et en diffuser d'autres.

Dans les peintures, l'ensemble des couleurs produit le noir. Quand elle est au soleil, la peinture rouge renvoie de la lumière rouge. Et la peinture verte renvoie de la lumière verte.

Mais, si on mélange les deux peintures (vert+ rouge), on obtient du marron foncé. Alors que dans lorsqu'on additionne des lumières colorées (rouge+ vert), on obtient du jaune.

C'est une bonne façon de voir que la peinture "enlève" quelque chose à la lumière.

La rouge enlève tout sauf le rouge. La verte enlève tout sauf le vert. Si on les mélange, les deux travaillent à la fois, et toute la lumière du soleil est absorbée. On ne voit que du noir.

Les couleurs primaires des peintures et des encres ne sont pas celles de la lumière. Il s'agit du jaune, du cyan, et du magenta.

En mélangeant ces trois tons, on peut obtenir toutes les autres couleurs.

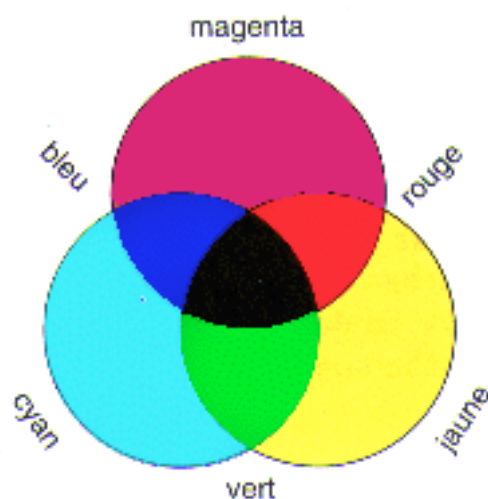
- Magenta et jaune donnent rouge.
- Jaune et cyan donnent vert.
- Magenta et cyan donnent bleu.
- Magenta, cyan et jaune donnent du noir.

Une encre cyan absorbe le rouge et diffuse le cyan (bleu + vert)

Une encre jaune diffuse le vert et le rouge, absorbe le bleu.

Un mélange d'encre cyan et jaune ne diffuse que le vert.

Synthèse soustractive



20) Quelles sont les couleurs complémentaires ?

«Les couleurs complémentaires sont celles qui sont face à face sur le disque de Newton »

« Les couleurs sont dites complémentaires si une fois associées, elles sont plus lumineuses »

Chaque couleur primaire a une couleur complémentaire.

Celle-ci est obtenue par le mélange des deux autres couleurs primaires :

- Le magenta est complémentaire du vert
- Le cyan est complémentaire du rouge.
- Le jaune est complémentaire du bleu.

Une couleur primaire et sa couleur complémentaire donnent de la lumière blanche.

NB : Au théâtre, la lumière blanche reconstituée au moyen de filtres bleus, verts et rouges placés sur les projecteurs, donne un résultat plus lumineux. Le bleu et le jaune qui contiennent toutes les couleurs sont également utilisés au théâtre et permettent de produire de la lumière blanche ainsi que toutes les autres couleurs du spectre.

21) Pourquoi le disque de newton nous apparaît-il blanc quand il tourne a grande vitesse ?

Le disque de Newton est un disque peint en secteurs, présentant les couleurs du spectre solaire dans l'ordre où elles se suivent. Lorsque le disque tourne rapidement, les différents secteurs, donc les couleurs différentes, viennent former successivement leur image sur les mêmes points de la rétine, et par la suite de la persistance des impressions lumineuses les couleurs se superposent les unes aux autres et le disque apparaît blanc. Ce phénomène est dû à la persistance rétinienne.

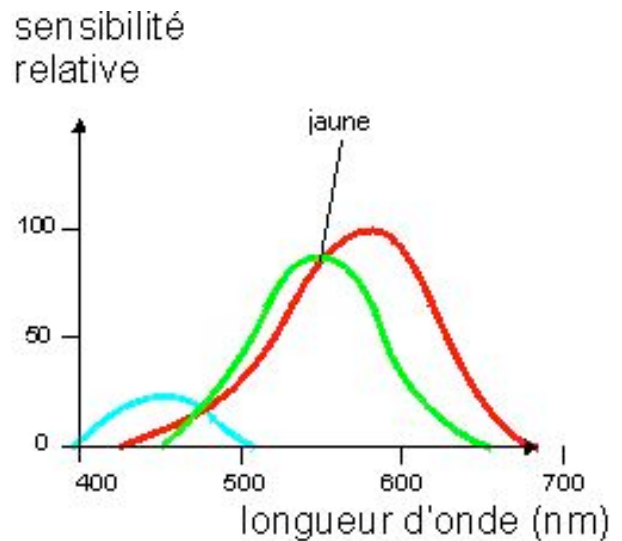
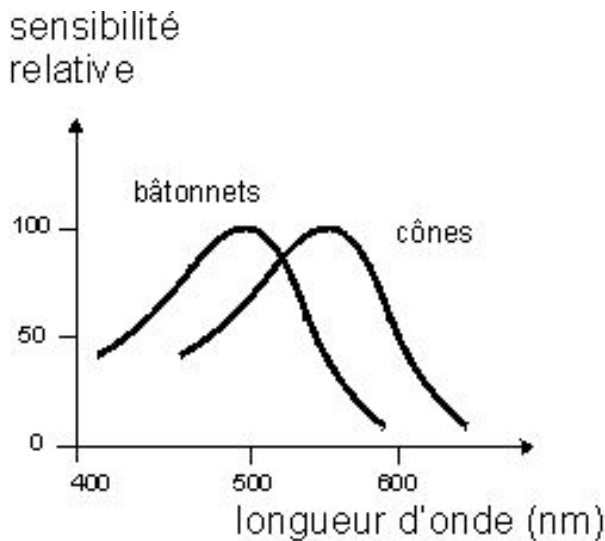
La couleur produite par le disque en mouvement n'est pas toujours le blanc. La couleur produite par le disque en mouvement dépend de la pureté et de la clarté de la couleur de chaque secteur. Plus les couleurs sont lumineuses et plus la vitesse de rotation du disque est élevée, plus le résultat sera clair.

La qualité et la nature de la lumière incidente qui éclaire le disque joue également un rôle fondamental dans le résultat de l'expérience. Les proportions des différents secteurs colorés peuvent varier selon les auteurs. Soit les secteurs sont égaux soit inégaux.

22) Pourquoi les couleurs du disque de newton n'ont-elles pas toujours toutes les mêmes proportions ?

Lorsque tous les secteurs colorés sont égaux et que le disque tourne rapidement, chacune des couleurs du spectre représentées sur le disque de Newton imprimera son image sur la rétine de manière égale. On adopte alors comme postulat de départ que notre œil possède la même sensibilité aux différentes couleurs du spectre. Ce n'est pas le cas, l'œil humain est plus sensible à certaines ondes lumineuses, ce sont celles situées au centre du spectre ($\pm 500\text{nm}$ à $\pm 650\text{nm}$), elles correspondent aux couleurs vert et jaune. La perception du vert et du jaune étant plus grande, il faut, pour reproduire la sensation de blanc sur la rétine, équilibrer les choses. C'est possible en limitant le temps d'impression de ces couleurs sur la rétine, pour cela il faut réduire la place qu'elles occupent

sur le disque et par conséquent accentuer la présence des couleurs correspondant aux extrémités du spectre.



23) Pourquoi la couleur de certaines voitures change-t-elle dans un tunnel d'autoroute ?

« La couleur de la voiture et celle des lampes du tunnel se superposent pour créer une nouvelle couleur. »

« La lumière colorée dans les tunnels influence les pigments de la voiture »

« Le faisceau du tunnel absorbe les couleurs »

« Les lampes au sodium vont absorber toutes les couleurs sauf le jaune donc, une voiture rouge paraît noire »

La perception de la couleur d'un objet dépend de la couleur de l'objet (nature des pigments) mais aussi du type d'éclairage utilisé. Dans un tunnel d'autoroute, l'éclairage est le plus souvent constitué par des lampes au sodium qui émettent un rayonnement dans les tonalités jaunes. Les voitures, dont les couleurs sont visibles à la lumière du soleil (car toutes les longueurs d'onde de la lumière visible sont présentes dans le spectre solaire), nous apparaissent noires lorsqu'elles sont éclairées par de la lumière jaune. La lumière jaune, caractéristique des lampes de sodium, est absorbée par les pigments de la peinture des voitures, à l'exception des voitures de couleur jaune ou de couleur blanche.

24) Où va la lumière quand elle rencontre un obstacle ?

La lumière est une onde électromagnétique, c'est-à-dire un champ électrique et un champ magnétique qui vibrent simultanément et perpendiculairement l'un à l'autre dans l'espace. Les

ondes électromagnétiques se propagent sans support matériel. La lumière peut se déplacer dans le vide.

Lorsqu'elle rencontre un mur, une onde lumineuse peut être soit réfléchi, soit absorbée par la matière du mur. Ce sont ces phénomènes d'absorption et réflexion qui sont à l'origine de la couleur des matériaux.

25) Pourquoi les objets sont-ils plus foncés lorsqu'ils sont mouillés ?

La couleur ou la teinte d'un objet dépend de la quantité de lumière qui est réfléchi par cet objet pour atteindre notre œil. Lorsqu'un objet est mouillé, les minuscules imperfections à la surface de l'objet sont remplies d'eau et ne réfléchissent plus de la même manière la lumière. Comme moins de lumière parvient à notre œil, l'objet apparaît plus foncé.

26) Comment fonctionne un filtre ?

« Un filtre ajoute de la couleur au faisceau de lumière blanche »

Un filtre est une substance colorée qui transmet la lumière colorée correspondant à sa propre couleur et absorbe partiellement ou totalement les autres lumières colorées.

Les filtres sont fabriqués avec des feuilles de plastique ou du verre coloré ; seuls les rayons de la même couleur que le filtre sont capables de le traverser. Un filtre absorbe la couleur complémentaire à sa couleur. La superposition de filtres équivaut à soustraire des couleurs.

On peut réaliser une synthèse soustractive, en superposant trois filtres colorés.

Lorsqu'on superpose des filtres magenta, cyan et jaune, on obtient du noir.

27) Pourquoi dit-on que la nuit, tous les chats sont gris ?

Les couleurs apparaissent à la clarté du jour et s'éteignent avec lui.

Couleurs et lumière, ces deux phénomènes sont étroitement liés bien que distincts.

Les couleurs s'estompent lorsque l'intensité lumineuse diminue.

Durant la nuit, sous faible éclairage, ce sont les bâtonnets présents dans la rétine, qui interviennent dans la vision. Le pigment de ces bâtonnets est sensible à toutes les couleurs et réagit même dans l'obscurité. C'est ce qui permet la vision nocturne (en noir et blanc).

28) Comment expliquer l'existence du gris ?

Le gris est une teinte intermédiaire entre le blanc et le noir, il atténue de la même façon les sept couleurs du spectre solaire.

Ainsi, un filtre gris réduit la quantité de lumière qui le traverse mais ne modifie pas la répartition des couleurs que contient la lumière entrante. On dira que ce filtre est neutre.

Le pull gris éclairé en lumière blanche renvoie tous les rayons du spectre solaire à notre œil, mais de manière atténuée. Le gris agit sur l'intensité lumineuse (elle diminue), mais pas sur la teinte.

Donc, un pull gris éclairé par des spots halogènes produisant de la lumière violette réagira comme un pull blanc en réfléchissant le violet à notre œil, mais de manière atténuée.

29) Qu'est-ce que la vision stéréoscopique ?

N'occupant pas la même position, l'œil gauche et l'œil droit reçoivent des images légèrement différentes. C'est en analysant ces différences que le cerveau calcule la distance entre des objets regardés, ce qui nous permet d'avoir une vision en relief, dit stéréoscopique.

On peut tenter de recréer artificiellement cette impression de relief à partir d'une surface plane, au moyen de dessins rouges et verts décalés et à l'aide de lunettes spéciales. On place un filtre rouge devant l'œil gauche et un filtre vert devant l'œil droit. Le filtre rouge ne laisse passer que la lumière rouge (une image) et le filtre vert ne laisse passer que la lumière verte (une image).

Le cerveau reçoit donc deux images différentes à partir desquelles il reconstruit une seule image mais en relief.

30) Si l'eau est incolore, pourquoi la neige est-elle blanche et l'eau des océans bleue ?

L'apparence de la matière ne tient pas seulement à la nature des éléments qui la constituent mais aussi et surtout à la façon dont ces éléments sont associés entre eux. Les différents états de la matière (solide, liquide, gazeux) peuvent être responsables des différences d'apparence. Si la glace est généralement translucide, la neige est blanche. La neige est un milieu hétérogène, présentant une structure cristalline qui diffuse la lumière avec des indices de réfraction différents de ceux de la glace. Quant à l'eau liquide, lorsqu'elle est pure, elle est transparente. La lumière la traverse sans être absorbée, sauf sur des distances dépassant plusieurs mètres. Le bleu des océans est dû à l'absorption puis à la réémission de la lumière par des particules en suspension.

31) Quelle est la différence entre lumière naturelle et lumière artificielle ?

« La lumière des lampes est la même que celle du soleil »

« la lumière d'une lampe de poche est-elle la même que celle du soleil ? »

Il existe différents types de sources lumineuses : les sources naturelles et de nombreuses sources artificielles.

La lumière naturelle est principalement composée du soleil, il y a aussi la lune, les étoiles et les éclairs d'orage.

La lumière artificielle est une lumière qui ne se trouve pas à l'état naturel. Par exemple, la lumière émise par la flamme d'une bougie, les lampes de poche, les lampes à incandescence. Les néons et les tubes fluorescents sont deux sources remplies de gaz devenant lumineux lorsque le courant les traverse. La couleur de la lumière émise dépend de la température et de la nature du gaz.

POUR EN SAVOIR PLUS :

références bibliographiques :

- La lumière des couleurs. Sciences et Techniques d'aujourd'hui. Encyclopédie Larousse.(1984)
- La lumière et les couleurs. Ma première bibliothèque Gamma.(1971)
- Papa, dis-moi. L'arc-en-ciel, qu'est-ce que c'est ? JP.Maury. OPHRYS (Palais de la découverte :1986)
- Les cinq sens. Miroirs de la connaissance.Nathan (2000)
- La couleur ; Pour la Science. Dossier hors série(avril 2000)
- Science et vie, :Hors-série."L'oeil et la vision". N°216 (septembre 2000)

CÉDÉROM.

- Le secret des couleurs. Collection sciences pour tous. Carré multimédia.Chimagora.médiadesign.(1997).

QUELQUES IDEES et REFERENCES INTERNET

- <http://www.bioinformatics.org/oeil-couleur/>

Pour en savoir plus sur les mécanismes de la vision, l'anatomie de l'œil et la perception des couleurs

- <http://lamap93.free.fr/preparer/gc/gc-01-01.htm>

Idées de séances sur les couleurs lumière et les couleurs pigments (cycle3 : 10-12 ans)

- <http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Ondes/Lum.htm>

Quelques notions scientifiques à propos de la physique de la lumière

- <http://www.darmstadt.gmd.de/Kueppersfarbe/french/sehen11.html>

Notions théoriques sur la lumière, la couleur, les yeux, la vision

- <http://www.angedefeu.com/angedefeu/perception/partie2.htm>

Perception des couleurs (cônes et bâtonnets)