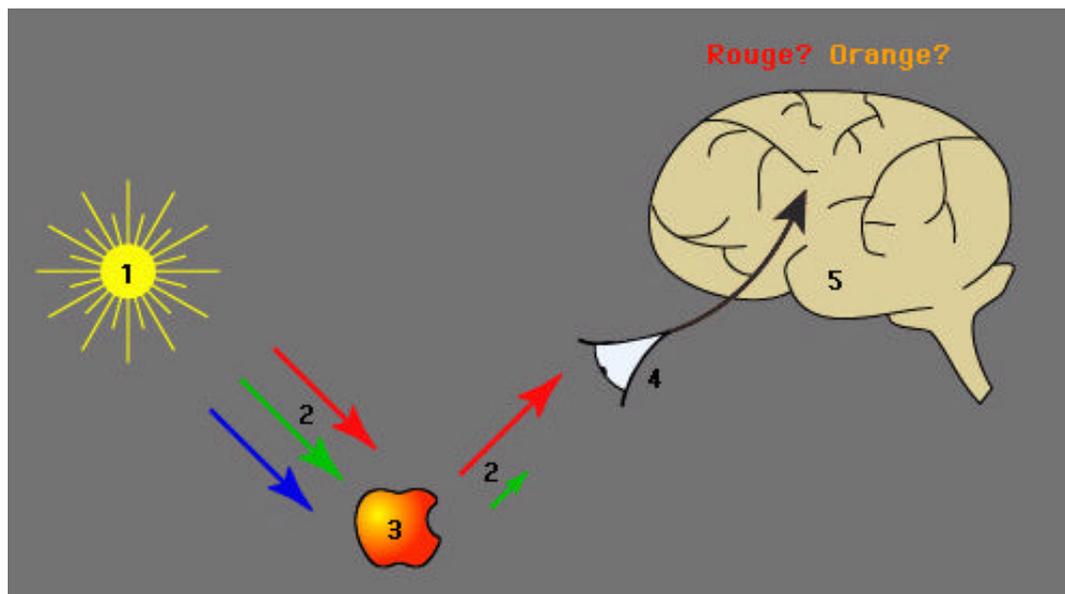


*Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers*  
55, rue Rabelais - 49000 Angers

# Informatique



## Réflexions sur la couleur

Il est difficile de réaliser un document sur la couleur...

personne ne les voit de manière identique...  
l'imprimante les traduit comme elle peut...  
le photocopieur ne les respecte pas...  
et, en prime, je suis daltonien !

Néanmoins, on peut toujours essayer !

document d'informatique  
<< **Réflexions sur la couleur** >>  
Octobre 1998

Didier Virion  
Ingénieur ICAM - IEFSI

## En guise d'introduction

Nous sommes tous les jours entourés par une multitude de couleurs, et cela nous semble tout à fait naturel, si bien que nous n'y attachons plus aucune importance. Cependant, la couleur joue un grand rôle dans la vie quotidienne. Par exemple, elle influence notre **goût** lorsqu'il s'agit de manger<sup>1</sup>, ou d'acheter quelque chose<sup>2</sup>. D'autre part, elle nous permet de savoir si une personne est en bonne santé en regardant son teint... Toutefois, bien que les couleurs nous affectent autant et que leur importance ne cesse de croître, nos connaissances sur ce paramètre et son contrôle (qui est encore le plus souvent visuel) restent souvent bien faibles, voire empiriques.

**Plusieurs voies sont possibles pour aborder la couleur.** De l'approche uniquement sensorielle à l'approche strictement scientifique, il existe toute une gradation de possibilités d'où la variété des théories, des méthodes ou des représentations spatiales de la couleur, qui a vu le jour depuis que l'homme s'intéresse à ce phénomène. Malheureusement, l'appréciation de la couleur est très souvent fonction de l'impression ou de l'expérience de l'individu (un oeil averti ne ressentira pas la même couleur que quelqu'un qui ne sait pas regarder). Il est donc illusoire de croire que tout le monde puisse apprécier la couleur selon les mêmes critères.

Peut-on établir un raisonnement ou une communication valable en se référant à des couleurs nommées "*fondamentales*", "*de base*", "*primaires*", ou "*de référence*", sans en avoir donné la définition juste ? Y compris en ce qui concerne le terme de "*couleur*", dont le sens peut lui-même varier<sup>3</sup>... Si de plus ces couleurs sont uniquement indiquées par des mots, comme c'est couramment le cas, comment s'y retrouver ? Il existe tellement de bleus et de rouges ! Quel est le vrai bleu ? Quel est le vrai rouge ? Pour beaucoup, le rouge est la couleur du camion des pompiers, pour d'autres c'est la couleur du sang. Où est l'objectivité ? Chacun a sa notion sans peut-être se rendre compte que celle-ci est **culturelle** ou liée à un **domaine professionnel** ou à une **nécessité scientifique**. Dans presque tous les cas, elle est spécifique et de ce fait, limitée.

---

<sup>1</sup> - On démontre avec un panel de dégustation que de la menthe rouge se transforme en goût grenadine, et inversement. De même, la menthe blanche ("décolorée") a moins de succès que la menthe verte...

<sup>2</sup> - Pensez à la couleur de la viande, à celle des ouïes des poissons, à celle des fruits... Mangeriez-vous une orange bleue ?, une tomate jaune ?

<sup>3</sup> - De nombreux termes utilisés dans cette introduction ne seront défini que plus loin...

Pourtant, il existe des moyens pour exprimer une couleur donnée avec précision, et pour la décrire afin de la reproduire correctement. Il existe aujourd'hui, pour nommer chaque couleur, un moyen très simple, éprouvé et relativement précis, connu dans tous les pays civilisés de la planète, c'est la solution des imprimeurs, des photgraveurs et maintenant de tout le domaine informatique, avec ses implications dans l'art, l'industrie, les médias... Ce système est :

- pour la **synthèse soustractive**, par les pourcentages des primaires C, M, J et N, c'est à dire le **Cyan**, le **Magenta** et le **Jaune**, ainsi que le **Noir** (système CMJN).

- pour la **synthèse additive** par les pourcentages des primaires R, V et B, c'est à dire le **Rouge** (en fait le **rouge-orangé**), le **Vert** et le **Bleu** (en fait le **bleu-violet**) (système RVB).

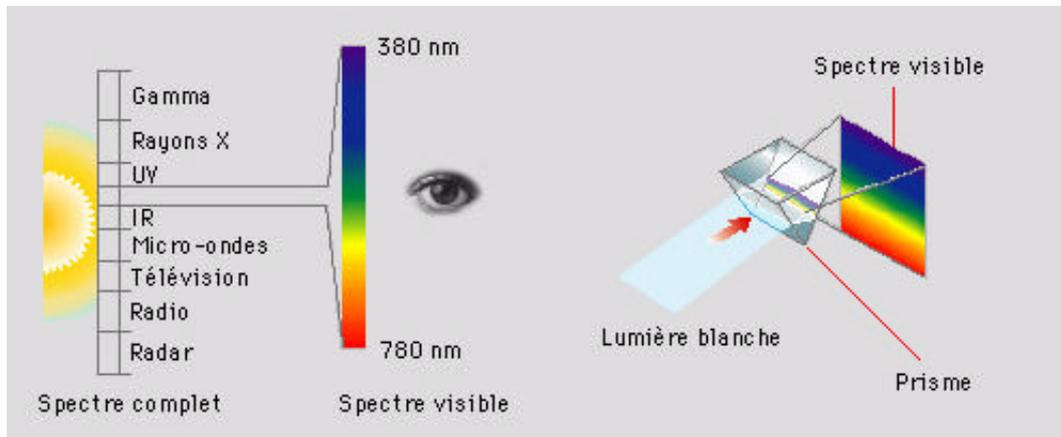
Ces deux méthodes ont chacune leurs domaines privilégiés. En peinture industrielle ou artistique, en reproduction (impression, photographie, reprographie, etc.) en teinture et coloration des matériaux, des objets, etc., on utilise la synthèse soustractive, et les primaires permettant de situer chaque couleur sont donc le **Cyan**, le **Magenta** et le **Jaune**, ainsi que le **Noir**. Sur écran, par exemple pour la télévision, l'informatique et en vidéo numérique, la synthèse additive règne en maître. Les primaires pour l'écran sont par conséquent le **Rouge-orangé**, le **Vert** et le **Bleu-violet**. Tous les autres systèmes utilisés dans ce domaine sont des traductions du système RVB, y compris le CMJN utilisé pour imprimer un document informatique.

Toutefois, si ce système permet d'identifier avec précision ce qu'il est convenu d'appeler une "*teinte*", ou une tonalité, ou encore une "*couleur pure*", c'est très insuffisant pour définir exactement une "*couleur*" particulière.

La **colorimétrie** est la voie scientifique permettant la définition rigoureuse de la couleur des matériaux et de l'instrumentation requise pour la mesurer, la contrôler. Elle est utilisée par de nombreux secteurs industriels et diffuse des normes dont les systèmes se rattachent à ceux définis par la Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.). Elle établit une base de référence précieuse pour les échanges d'informations sur les réalisations colorées entre les différents partenaires. Cette base mathématique définit la **tonalité**, la **saturation** et la **clarté** des couleurs et ne s'occupe guère de leur aspect thérapeutique ou culturel.

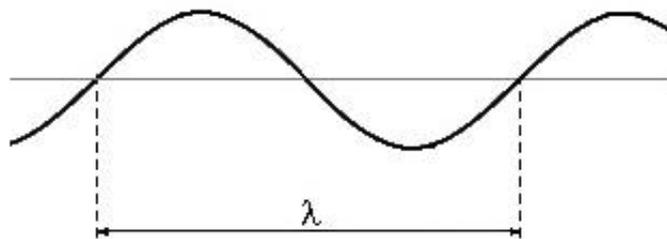
# La lumière

On appelle lumière la partie visible d'un vaste groupe de radiations, qui vont des rayons cosmiques aux ondes radar. Toutes ces ondes sont de même nature (électromagnétique) et se déplacent dans le vide à la même vitesse : environ 300 000 km/s. Elles diffèrent par contre les unes des autres selon leurs longueurs d'onde et l'énergie qu'elles transportent, qui devient très grande dans le cas des rayons cosmiques.



En faisant passer de la lumière blanche à travers un dispositif dispersif, tel qu'un prisme de verre, on peut la décomposer en une figure nommée spectre visible, qui s'étend de 380 nm à 780 nm. Toutes les couleurs du spectre sont qualifiées de pures, car elles ne peuvent être séparées par un second passage à travers un prisme.

La nature profonde de la lumière est double : elle peut être décrite soit comme un ensemble de particules élémentaires de masse nulle, les photons, soit comme des ondes continues. Dans ce dernier cas, on emploie de préférence la longueur d'onde pour caractériser les différents rayonnements visibles. La longueur d'onde de la lumière s'exprime en nanomètres [nm]



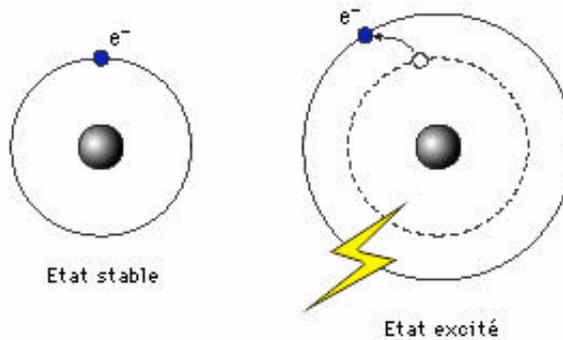
Un rayonnement est dit "monochromatique" s'il est caractérisé par une seule fréquence (et donc par une seule longueur d'onde). Pratiquement, il n'existe pas de rayonnement monochromatique pur. Par suite des conditions du rayonnement, celui-ci s'étend toujours sur un inter-

valle plus ou moins grand de longueurs d'onde. Cette appellation trouve sa signification dans le fait qu'une bande étroite du spectre, du domaine visible, donne, dans les conditions normales de vision, l'impression d'une couleur bien définie. En principe, les appellations retenues pour les couleurs de ce spectre (et donc pour celles de l'arc-en-ciel) sont les suivantes :

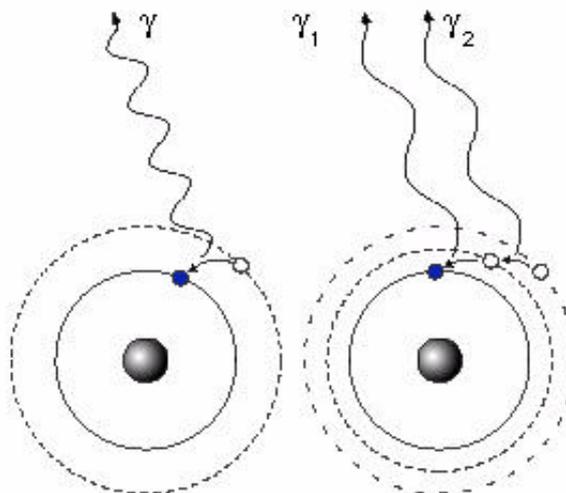
le violet .....	(380 - 440 nm)
le bleu .....	(440 - 510 nm)
le vert .....	(510 - 560 nm)
le jaune .....	(560 - 610 nm)
l'orange .....	(610 - 660 nm)
le rouge .....	(550 - 780 nm)

### Émission lumineuse

Dans la matière, la production d'énergie lumineuse se fait grâce aux électrons. Ces derniers occupent des orbitales très précises au sein de l'atome, mais si on excite l'atome par un apport d'énergie, par exemple de la chaleur, les électrons absorbent cette énergie et sautent sur des orbitales supérieures.



Les positions d'excitation sont très instables, et dès que l'apport d'énergie cesse, les électrons ont tendance à reprendre spontanément leur position d'origine, en restituant leur surplus d'énergie sous la forme de photons. L'énergie des photons ainsi émis, donc la longueur d'onde, varie en fonction de l'importance du "saut" effectué par l'électron pour rejoindre son orbitale stable. Comme chaque électron possède de nombreuses orbitales d'excitation, un même atome peut émettre des photons de longueurs d'ondes très différentes les unes des autres.

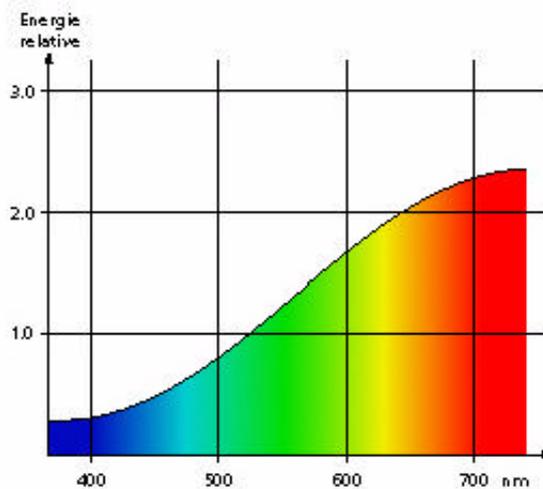


## Types de spectres

Les différentes sources lumineuses peuvent être classées en quatre groupes, selon le type de spectre qu'elles émettent, c'est-à-dire en fonction de la répartition de l'énergie lumineuse émise dans les différentes longueurs d'onde.

### Spectre continu :

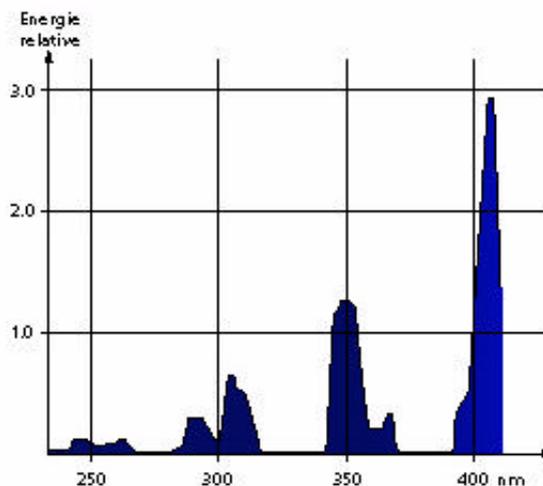
Dans un spectre de type continu, il y a émission d'énergie lumineuse de manière continue, à chaque longueur d'onde. Il s'agit essentiellement des **sources thermiques**, qui utilisent la chaleur pour exciter les électrons (et donc produire de la lumière). C'est le cas par exemple des ampoules à incandescence, du soleil ou d'une bougie.



Spectre continu, émis par une ampoule halogène

### Spectre discontinu :

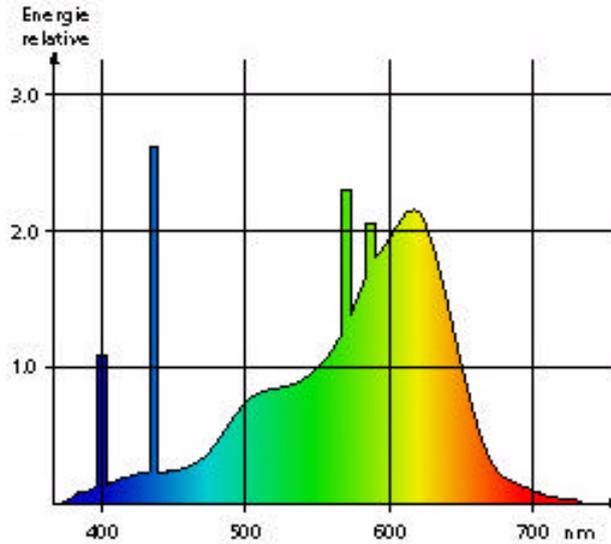
Ce type de spectre présente de nombreux "trous", dans lesquels aucune énergie lumineuse n'est émise. Les sources utilisant une décharge électrique dans un gaz ionisé émettent généralement un spectre discontinu.



Spectre discontinu d'une lampe aux vapeurs de mercure, émettant dans les UV

**Spectre combiné :**

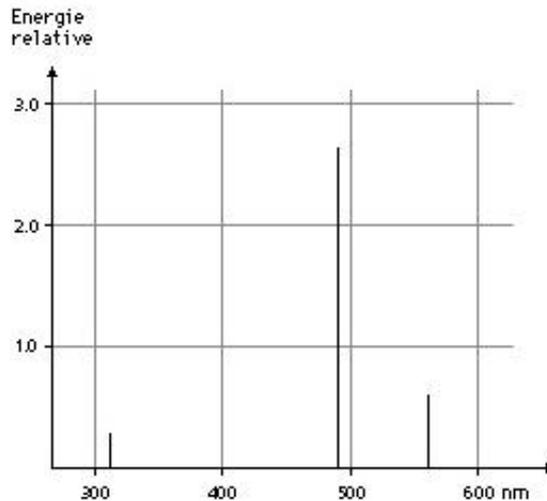
il s'agit, comme le nom l'indique, de la combinaison d'un spectre continu et d'un spectre discontinu. Ce type particulier est émis par des sources à décharge électrique modifiées, telles que les tubes fluorescents.



Spectre combiné d'un tube fluorescent de type "Warm white"

**Spectre de raies<sup>4</sup> :**

certaines sources lumineuses, comme les lasers ou les diodes laser, n'émettent que dans de rares longueurs d'onde. Associées à des filtres à bande passante étroite, ces sources deviennent pratiquement monochromatiques.



Les 3 principales raies d'émission du laser Argon-ion

<sup>4</sup> - Ces raies très caractéristiques permettent d'identifier la nature de la source lumineuse.

## Température de couleur

Toutes les sources lumineuses n'émettent pas la même qualité de lumière. Il suffit pour s'en convaincre d'observer une lampe dans une pièce éclairée également par la lumière du jour. La lampe semble produire un éclairage beaucoup plus jaune-rouge. On exprimera cette constatation en disant que la température de couleur de la lampe est plus faible que celle de la lumière du jour. Le terme "température" a été retenu car on s'est aperçu que la coloration d'une lumière était en relation avec la température à laquelle il faut chauffer un corps pour qu'il produise une lumière semblable. Prenons par exemple du charbon de bois. A température ambiante, il apparaît noir. En déclenchant sa combustion, il va produire une lumière rouge (braises). Si l'on active la combustion avec un soufflet, on remarque que la lumière émise devient de plus en plus blanche, à mesure que la température s'élève. C'est ce principe qu'utilisent (qu'utilisaient) les forgerons pour déterminer la température des pièces de métal à travailler, afin qu'elles soient assez malléable, sans risquer de brûler (de s'oxyder exagérément). Souvenez-vous aussi de l'expression "*chauffé à blanc*"...

Il existe donc une relation entre la température d'un corps et la qualité de la lumière qu'il émet. Si le corps a les propriétés d'un "radiateur parfait" (s'il transforme en lumière la totalité de l'énergie qu'il reçoit, selon la loi de Kirchhoff<sup>5</sup>), il prend le nom de "**corps noir**". Par définition, la température de couleur n'est autre que la **température absolue** du corps noir qui pourrait émettre cette lumière.

En analysant le spectre émis par un corps noir, représentant une source thermique idéale, on constate que c'est vers une température de 5500 Kelvin que ce dernier émet approximativement la même quantité d'énergie dans toutes les longueurs d'onde.

Par comparaison avec un corps noir, on peut également assigner à toutes les sources thermiques une valeur de température de couleur, exprimée en Kelvin, qui précise la répartition spectrale des sources thermiques. Les sources dont la température de couleur est inférieure à 5500 K ont une tendance jaunâtre. Inversement, les sources possédant une température de couleur supérieure à 5500 K sont bleuâtres. Voici quelques "points de repère" :

Lumière d'une bougie .....	1 600 K
Lampe de 75 W .....	2 850 K
Lampe de 150 W .....	3 000 K
Lampe halogène (quartz-iode) .....	3 400 K
Lumière du jour (photographie) .....	5 500 K
Flash électronique .....	5 900 K
Ciel sans nuage, de .....	10 000 K
à .....	20 000 K

Pour observer les couleurs dans des conditions idéales, il faut donc travailler avec une source lumineuse possédant les deux qualités suivantes : spectre continu et température de couleur proche de 5500 K. Aucune source artificielle ne remplit parfaitement ces deux conditions, mais on les approche au mieux avec les lampes Xénon ou des combinaisons particulières de tubes fluorescents, de type "lumière du jour". On peut aussi utiliser des lampes à incandescence (des ampoules classiques) survoltées et des filtres, mais la durée de vie de ces lampes est alors fort écourtée.

---

<sup>5</sup> - Voir un cours de physique.



**En photographie...**

La température de couleur très élevée donnée par un ciel sans nuage explique pourquoi les zones d'ombres prises en extérieur ont tendance à donner des résultats bleu-cyan. Éclairées par le ciel de couleur élevé, elles sont restituées à leur valeur par la pellicule photo. L'œil, comme d'habitude, s'adapte et ne discerne pas la différence des températures de couleur.

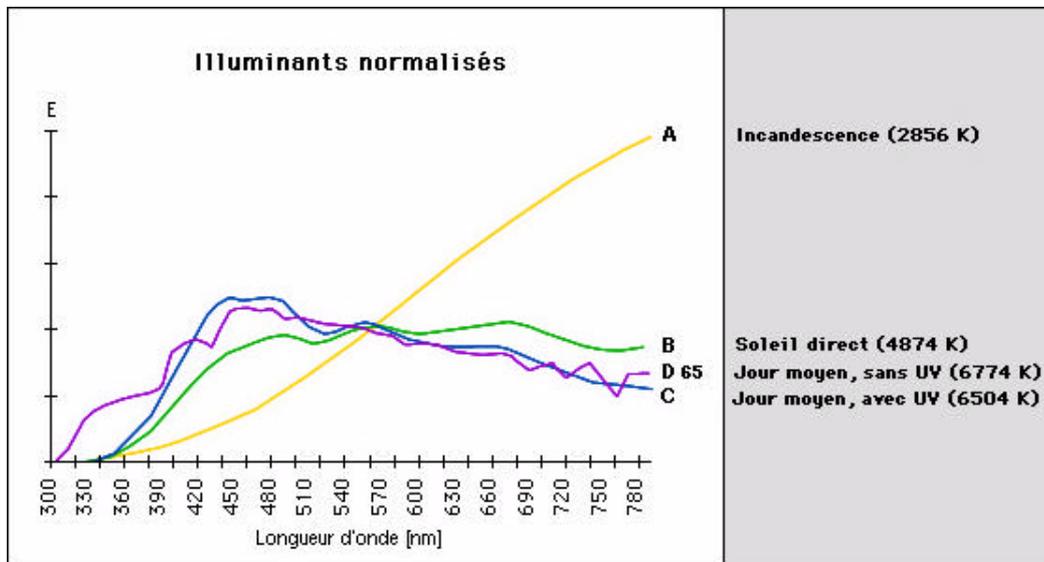
La température de couleur a une grande importance en photographie. Les films de prise de vue sont habituellement équilibrés pour 5 500 K, température moyenne de la lumière du jour. Pour prendre des photos à des températures de couleur plus faible, il existe des films dit "lumière artificielle" équilibrés pour 3 200 K (température de couleur donnée par les lampes quartz-iode). A 3 200 K, la lumière contient plus de rouge et moins de bleu qu'à 5 500 K. Sur un film "lumière du jour", les photos exposées à 3 200 K donne un résultat rouge-orangé.

Des filtres de conversion permettent de corriger à la prise de vue les déséquilibres de température de couleur. Pour adapter un film 3200 K à un éclairage 5500 K, on utilise un filtre orangé (référence 85 B<sup>6</sup>). Dans le cas contraire (émulsion 5500 K, éclairage 3200 K), on utilise un filtre cyan-bleu (référence 80 A).

**Illuminants normalisés**<sup>7</sup>

Dans le but d'établir une certaine harmonie dans les méthodes ou principes utilisés pour l'observation ou la mesure des couleurs, la CIE recommande l'emploi des sources normalisées suivantes :

- Illuminant A : version normalisée de l'éclairage à incandescence
- Illuminant B : représente la lumière directe du soleil
- Illuminant C : lumière moyenne du jour, sans UV
- Illuminant D65 : lumière moyenne du jour, avec UV



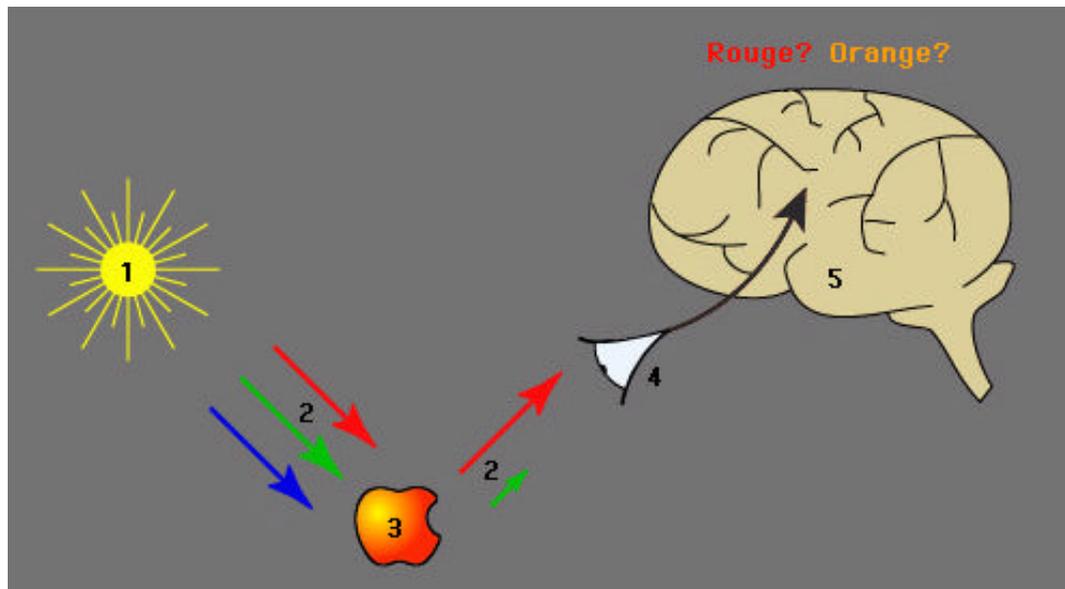
<sup>6</sup> - En principe, ces références sont normalisées, quel que soit le fabricant du filtre. Pour plus de renseignements, voir votre photographe habituel...

<sup>7</sup> - On comprendra mieux leur rôle dans le chapitre suivant, en parlant des conditions qui peuvent influencer la perception des couleurs.

## La perception des couleurs

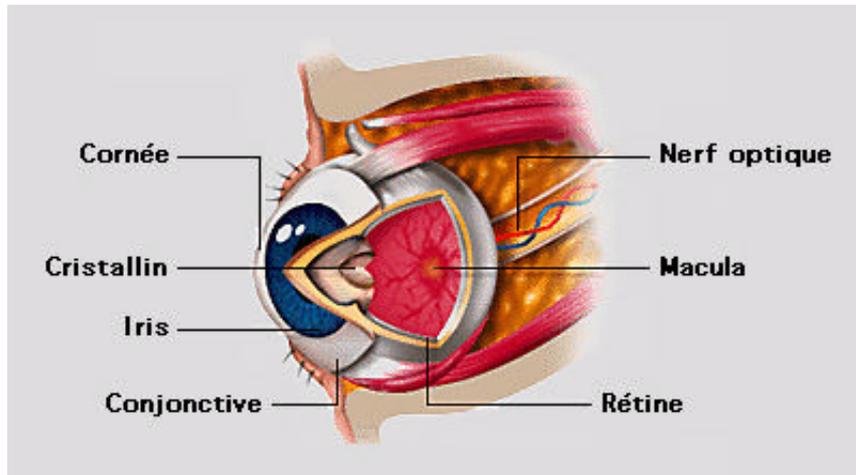
Ce que nous appelons “couleur” est en réalité le résultat de l’action conjuguée de plusieurs paramètres :

- 1 : la source lumineuse utilisée pour observer le sujet ;
- 2 : la géométrie d’observation, avec ses variables telles que angles d’éclairement et d’observation ;
- 3 : le sujet lui-même, et ses caractéristiques physiques ;
- 4 : l’œil de l’observateur, avec les qualités et les défauts propres à chaque individu ;
- 5 : et finalement le cerveau de l’observateur, dont la capacité de discernement des couleurs évolue en fonction de l’âge et de l’expérience acquise.



## L'œil humain

De forme approximativement sphérique, l'œil est l'organe de base de la vision. Il comporte un ensemble d'éléments destinés à recevoir le rayonnement incident, former l'image des objets perçus et traiter les informations recueillies.

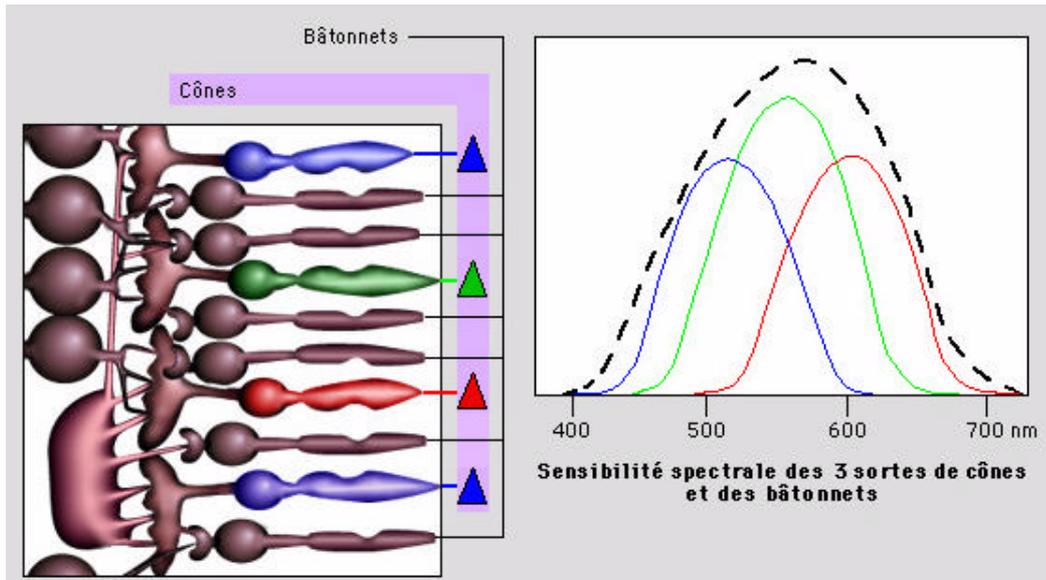


- La conjonctive : c'est une solide membrane blanche, opaque aux rayons lumineux, servant à attacher l'œil dans son orbite.
- La cornée : il s'agit d'une membrane transparente et résistante située sur la face avant de l'œil. Son rôle est de protéger le globe oculaire sur la face avant.
- L'iris : il fonctionne comme un diaphragme en dosant la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil. Son ouverture centrale est la pupille.
- Le cristallin : il fonctionne comme une lentille à focale variable, grâce à sa capacité de modifier sa courbure.
- La rétine : c'est sur elle que se forment les images provenant de l'extérieur. La rétine contient deux types de cellules photosensibles : les cônes et les bâtonnets.
- La macula : appelée également tache jaune, contient en son centre une petite dépression, la fovéa. Cette dernière est la zone d'acuité maximum de l'œil.
- Le nerf optique : il conduit les informations au cerveau, en passant par un relais très important, le corps genouillé latéral, chargé d'effectuer une première analyse des données.

## Cellules sensibles

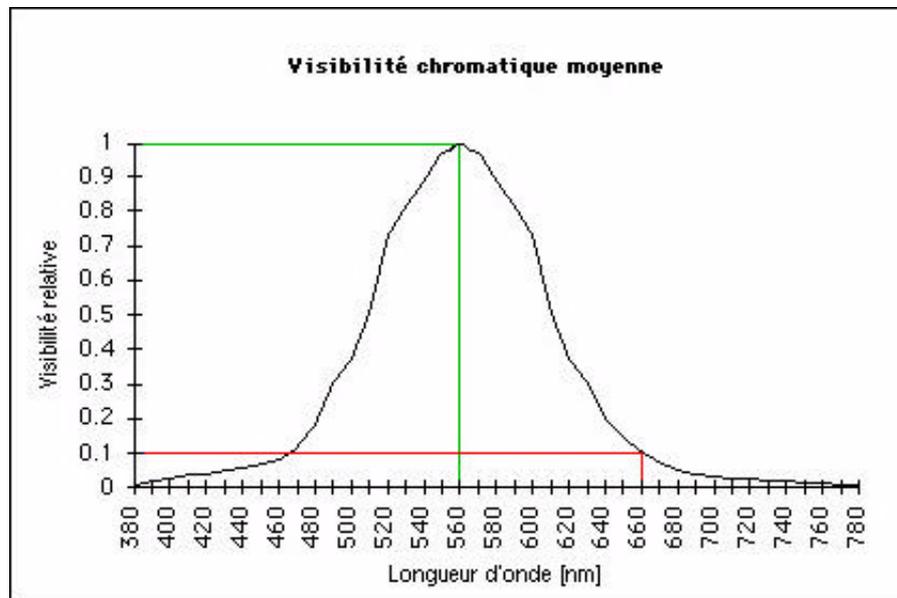
La rétine de l'œil contient deux types de cellules sensibles : les cônes et les bâtonnets. Les bâtonnets sont responsables de la vision nocturne (vision scotopique) et possèdent un maximum de sensibilité vers 510 nm<sup>8</sup>. Leur sensibilité est liée à un colorant, la rhodopsine, qui blanchit à la lumière du jour, expliquant par là leur insensibilité durant la journée, ou dans un endroit "bien éclairé". Les bâtonnets ne fournissent qu'une réponse photométrique et ne permettent donc pas de déterminer les couleurs. Souvenez-vous du proverbe : *la nuit, tous les chats sont gris*. Les cônes fournissent une réponse photométrique et chromatique, grâce à des pigments dont les maximums d'absorption se situent dans le bleu, le vert ou le rouge. C'est là la base de la vision des couleurs et son aspect **trichromatique** (c'est à dire basé sur trois couleurs).

<sup>8</sup> - C'est à dire approximativement la limite entre le bleu et le vert.



## Courbe de visibilité

L'oeil ne présente pas la même sensibilité dans toutes les longueurs d'onde. Une étude statistique réalisée par la CIE a permis de déterminer la sensibilité spectrale moyenne de l'oeil humain. La courbe obtenue, appelée courbe de visibilité, est intégrée dans certains appareils de mesure, afin qu'ils analysent les couleurs de la même manière que l'homme "moyen" les perçoit.



On remarque, selon cette courbe, qu'une source de lumière située vers 660 nm doit être environ 10 fois plus lumineuse qu'une source de 560 nm pour être perçue avec la même intensité. Cette valeur n'est bien sûr qu'une moyenne, chaque individu possédant sa propre sensibilité chromatique. L'œil est un organe remarquable, qui s'adapte à son environnement. Cette courbe avec un maximum vers 555 ou 560 nm (ce qui correspond à la couleur verte) est valable pour la lumière du jour (vision **photopique**). Elle se déplace vers les courtes longueurs d'onde dans le cas d'un éclairage crépusculaire (vision **scotopique**), le maximum se situant dans ce cas à environ 505 nm, ce qui correspond au bleu-vert. Ce phénomène porte le nom "d'effet Purkinje".

## Défauts de perception des couleurs

L'oeil peut présenter des défauts de réfraction (myopie, hypermétropie, astigmatisme) liées le plus souvent à sa forme ou à celle du cristallin, mais également des anomalies, généralement héréditaires, de la perception des couleurs. On peut rencontrer les phénomènes suivants :

### **La dichromasie** (dit "daltonisme") :

il s'agit d'une incapacité totale ou partielle de distinguer certaines couleurs. On distingue les **protanopes** (insensibles ou peu sensibles au rouge), les **deutéranopes** (insensibles ou peu sensibles au vert) et les **tritanopes** (insensibles ou peu sensibles au bleu).

### **L'achromatopsie** :

cette anomalie se caractérise par une absence totale de perception des couleurs. Le sujet ne perçoit que des niveaux de gris. Sa vision est comparable à une photo en noir et blanc.

Les figures suivantes, définies par le Dr Shinobu Ishira, permettent de détecter les anomalies de perception des couleurs<sup>9</sup>.



Un trichromate normal voit :	8,	15,	26,	rien
Un protanope voit :	3,	17,	6,	45
Un deutéranope voit :	3,	17,	2,	45

<sup>9</sup> Attention : les couleurs ont peut-être été modifiées lors de l'impression de l'original, ou encore lors de la photocopie de celui-ci. Ce test n'a donc ici qu'une valeur relative.

## Conditions de perception

En dehors des défauts de perception que l'on vient d'évoquer plus haut, de nombreuses conditions affectent la façon dont on perçoit les couleurs. En voici quelques exemples.

### **Différence de luminosité**

Une pomme devant l'étalage sous le soleil met l'eau à la bouche, alors qu'elle n'est plus aussi appétissante sous le néon de la cuisine... De nombreuses personnes ont sûrement fait la même constatation. Soleil, lampe électrique, lampe au tungstène, etc., autant de lumières qui rendent la pomme différente en apparence<sup>10</sup>.

### **Différence d'observateur**

La sensibilité visuelle de chaque individu est légèrement différente. Même chez les individus qui ont une vision des couleurs "normale", il peut y avoir un penchant pour le rouge ou le bleu. La vue d'un individu change aussi avec la fatigue, et avec l'âge. Tous ces facteurs font que les couleurs sont perçues différemment par des observateurs différents.

### **Différence de taille**

Après avoir sélectionné un papier mural à partir d'un échantillon, il arrive parfois que ce même papier soit trop vif lorsqu'il est posé sur le mur. En effet, les couleurs qui couvrent de larges surfaces semblent plus vives et plus criardes que ces mêmes couleurs sur de petites surfaces. C'est ce que l'on appelle l'effet de surface. Souvenez-vous que si vous sélectionnez des objets d'une large surface à partir d'un échantillon de faible surface, vous risquez de commettre une erreur<sup>11</sup>.

### **Différence de fond**

Si la pomme est placée sur un fond clair, elle apparaîtra plus terne que si elle est placée sur un fond sombre. Ceci est dû à l'effet de contraste, qui est peu souhaitable pour bien apprécier une couleur. Ce phénomène est très utilisé par les bijoutiers...

### **Différences directionnelles**

Quand vous regardez une voiture, si vous l'examinez sous un angle légèrement différent, vous pouvez apercevoir un point qui apparaît plus brillant ou plus sombre. Ceci est dû aux caractéristiques directionnelles de la peinture de la voiture. Certains matériaux colorants, surtout les peintures à effet métallique ou nacré, ont des caractéristiques directionnelles très marquées. La couleur semble changer selon l'angle d'observation, et l'angle d'illumination (la direction de la lumière).

La couleur d'un objet dépend de la source lumineuse qui l'éclaire. A ce problème vient se rattacher le fait que les couleurs de deux objets peuvent sembler identiques à la lumière du jour, mais différentes à la lumière artificielle. Ce phénomène où deux couleurs semblent identiques sous une lumière et différentes sous une autre est appelé **métamérisme**. Quant on compare deux objets métamères, les caractéristiques de la lumière réfléchie sont différentes, mais les "valeurs" des trois couleurs primaires perçues par l'oeil peuvent être identiques sous une source lumineuse, et différentes sous une autre, selon la composition de cette lumière incidente<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup> - D'où la nécessité d'un "**illuminant normalisé**" lorsqu'on veut comparer des couleurs. Et parfois des éclairages spéciaux dans certains rayons des grandes surfaces...

<sup>11</sup> - C'est aussi le problème du choix de la couleur d'une voiture à partir d'un petit échantillon de quelques centimètres carrés...

<sup>12</sup> - D'où la nécessité de plusieurs "**illuminants standard**" pour étudier ces couleurs avec précisions.

## **La couleur, phénomène psychologique**

Outre son aspect physique et physiologique, la couleur revêt également une dimension psychologique. Celle-ci intervient autant au niveau de la perception des couleurs par chaque individu qu'au niveau du rôle psychique de la couleur sur ce dernier. En ce sens, il est bien reconnu que les couleurs peuvent jouer un rôle important dans la vie de chacun de nous. Elles nous entourent et agissent sur notre esprit, notre état d'âme et même notre santé. Le langage courant emprunte ainsi de nombreuses images aux couleurs : voir la vie en rose... ou en noir, rire jaune, voir rouge, broyer du noir, etc. Chacune de nos sensations (joie, plaisir, tristesse, déception, colère, etc.) a pour ainsi dire sa couleur.

D'une manière générale et simplifiée, nous pouvons retenir les caractères marquants de chacune des couleurs :

### **le rouge :**

Couleur de la force, de l'enthousiasme et de la joie de vivre, c'est une couleur chaude et saillante par excellence. Le rouge est excitant, aphrodisiaque et peut inciter à la violence. Il peut aussi désigner le danger et l'interdit. Délicat à manier, il convient pour aménager un cadre que l'on souhaite chaud et accueillant.

### **l'orange**

Couleur chaude, intime et accueillant, l'orange est doté d'un pouvoir stimulant. Il associe la gaieté du jaune et l'action du rouge. Il évoque le feu, le soleil, la lumière, la chaleur...

### **le jaune :**

Couleur du soleil et de l'or, son caractère lumineux l'apparente à l'intelligence et à la sagesse. Couleur de la gaieté, de la jeunesse, le jaune crée une ambiance tonique qui revitalise et constitue un véritable remède contre la tristesse.

### **le vert :**

Couleur de l'apaisement, il contribue à créer des conditions de détente et de repos. Couleur du printemps et de la jeunesse, le vert est associé à toute idée de renouvellement.

### **le bleu :**

Couleur reposante, mais froide, il donne une impression de calme et de fraîcheur. Il évoque le ciel, la mer et l'espace. Il crée une ambiance propice à la détente et au développement de la vie spirituelle

### **le violet :**

Couleur de la rêverie, de l'utopie, du mysticisme. Comme le bleu, il exprime la spiritualité, en y ajoutant une nuance de mélancolie. A forte dose dans notre environnement, il peut être nocif (et entraîner un état dépressif).

### **Le blanc et le noir :**

Couleur de la mort et du désespoir, le noir caractérise l'absence de couleur. A l'opposé, le blanc, synthèse de l'ensemble des couleurs, symbolise la lumière, la pureté, la sagesse et la connaissance.

L'effet psychologique des couleurs intervient également au niveau d'une série de domaines qui touchent à la vie quotidienne. Nous avons ainsi, par exemple en ce qui concerne le cadre de vie, le rouge, l'orange et le jaune qui rapetissent l'espace. Par contre, le bleu, le vert et le violet l'agrandissent. Quant à l'influence sur notre santé, le jaune augmente la tonicité neuromusculaire, favorise la génération des leucocytes (globules blancs). Le vert calme et donne une

sensation de bien-être. Le bleu a un aspect sédatif et anesthésique. Il passe également pour régénérer le système nerveux.

Le symbolisme des couleur ne doit pas oublié<sup>13</sup>. En effet, de tout temps, l'homme a associé les couleurs à des concepts, à des signes ou encore à des sentiments. Ainsi, à l'époque préhistorique, le rouge était utilisé dans les rites funéraires. Dans l'ancienne Grèce et à Rome, les empereurs se réservaient l'usage du pourpre, symbole de leur pouvoir. Vers 1200, le pape Innocent III rendit officielle les cinq couleurs liturgiques : blanc, rouge, vert, violet et noir. Plus près de nous, le bleu et le pourpre sont les couleurs de "la droite" politique, le rouge celle de "la gauche". Le rouge est aussi la couleur de l'interdiction et du danger, le vert celle de la permission...

### **Application à la Préao**

Dans le domaine de la PréAO (la Présentation Assistée par Ordinateur), l'aspect psychologique des couleurs est certainement une composante très importante. Il est essentiel de choisir les couleurs avec attention, surtout pour mettre un élément en valeur, sous peine de faire une fausse impression sur le public concerné. Il serait ainsi très malvenu d'utiliser, par exemple, le rouge pour illustrer un bénéfice, alors que ce sont les pertes qui sont généralement représentées en rouge. Il convient également de tenir compte des diverses connotations culturelles. D'une manière générale, le choix des couleurs suivantes est conseillé :

Noir ..... recette ou bénéfice pour les chiffres commerciaux.  
Vert ..... évolution positive, croissance, nature.  
Rouge ..... avertissement, arrêt, erreur, danger.  
Bleu, violet ..... quiétude, sérénité.  
Marron et gris ..... calme, conservatisme, stabilité.

---

<sup>13</sup> - Une section de ce document revient sur ce sujet d'une manière plus approfondie.

## Identification d'une couleur

La perception de la couleur repose sur une dualité : son origine physique et l'interprétation de sa perception sous la forme d'une sensation visuelle. La "mesure" de la couleur est donc de nature complexe et oblige à faire appel à deux systèmes de mesure différents, l'un fondé sur l'analyse physique de l'énergie rayonnante, l'autre sur l'évaluation visuelle de l'apparence des sensations colorées.

Dans le premier cas, il s'agit de la **colorimétrie** et dans le second de la **psychométrie**, encore appelée "mesure psychométrique" ou "colorimétrie supérieure". Si la mesure colorimétrique est essentiellement quantitative, la mesure psychométrique est également qualitative. De même, si le premier système convient parfaitement au physicien et au scientifique en général, le second fait le bonheur de l'artiste et du coloriste pour qui le qualitatif prime sur le quantitatif. Le bonheur aussi du "commercial" qui veut mettre son produit en valeur...

### La colorimétrie

La colorimétrie est essentiellement objective et constitue un langage chromatique précis qui s'oppose à l'approximation très grossière des termes du langage courant. Si elle n'intéresse que médiocrement l'artiste, **elle constitue pour les techniciens le seul moyen d'assurer un langage commun et sûr entre eux**. La spécification d'une couleur en colorimétrie requiert trois valeurs numériques qui permettent de chiffrer et de fixer celle-ci sans ambiguïté. Il s'agit de :

#### **La longueur d'onde dominante ( $\lambda_d$ )**

Elle correspond à la longueur d'onde de la couleur pure qui se rapproche le plus. Elle correspond aux termes "*teinte*" (langage courant) et "*tonalité*" (psychométrie).

#### **La pureté d'excitation**

Elle exprime la vivacité d'une teinte, c'est à dire comment la couleur considérée se rapproche plus ou moins de la couleur pure correspondante. Elle correspond aux termes "*pureté*" (langage courant) et "*saturation*" (psychométrie). Elle s'exprime en pourcentage. La radiation pure vaut 100, le neutre 0.

#### **Le facteur de luminance ( $\beta$ )**

Elle correspond à l'énergie globale réfléchiée par une surface, colorée ou non. Elle correspond aux termes "*luminosité*" (langage courant) et "*clarté*" (psychométrie). Elle s'exprime en pourcentage et est comparée à un blanc de référence.

## La psychométrie

L'objectif de la psychométrie est d'étendre la mesure colorimétrique au domaine du sensible. Elle porte sur l'étude des *sensations colorées* et donc de la *perception des couleurs*. Comme la colorimétrie, elle utilise trois facteurs ou attributs permettant de caractériser l'apparence d'une couleur. Il s'agit de la tonalité, de la saturation et de la clarté.

### **La tonalité**

Elle concerne ce que l'on dénomme couramment la "couleur" et s'exprime par des qualificatifs ; rouge, vert, jaune... donnés à cette couleur.

### **La clarté (ou leucie)**

Elle concerne la quantité de lumière transmise par la surface. Elle s'exprime par des adjectifs tels que "clair" et "foncé".

### **La saturation**

Elle concerne le degré de coloration, déterminée en général par la fraction de radiation blanche contenue dans le rayonnement coloré. Une couleur pure sera saturée à 100 %. Par contre, si sa saturation atteint 0 %, il n'existe plus de dominante colorée, et la lumière perçue est dite "achromatique"

D'une manière générale, l'aspect coloré d'une surface ou d'une lumière est le résultat de sa tonalité et de sa saturation. On groupe donc souvent ces deux caractéristiques en une seule propriété d'apparence, appelée la chromaticité. On exprime souvent les ordres de grandeur de la clarté et de la saturation à l'aide d'un même adjectif. Ce qui nous donne, par exemple :

- clair + saturé = vif
- clair + lavé = pâle
- foncé + saturé = profond
- foncé + lavé = rabattu

## Caractéristiques d'une couleur

Nous allons donner ici plus d'explications sur la signification des trois facteurs évoqués rapidement dans le paragraphe précédent, mais il faut tout d'abord remarquer que dès que l'on désire représenter l'ensemble des couleurs (visibles), il faut obligatoirement se placer dans un "espace" dont les trois dimensions sont la teinte (ou le ton, ou la couleur, ou la longueur d'onde...), la clarté (ou la valeur, ou la leucie...), la saturation (ou son contraire, la désaturation...) :

### **Ton et couleur**

Couleur est, dans le langage courant, un mot qui s'utilise à toute occasion au sujet du "phénomène couleur" et de toutes les applications qui peuvent s'y rattacher. Il est souvent employé pour ce qui est différent du noir et du blanc. Rappelons qu'une couleur pure ne contient ni blanc ni noir (et qu'elle n'est pas diluée). Elle est donc au maximum de sa saturation ( $S = 100\%$ ). Pour les scientifiques, elle correspond à une longueur d'onde déterminée. Un ton est, théoriquement, l'ensemble des couleurs obtenues par toutes les désaturations d'une **couleur pure** que l'on peut réaliser avec des gris neutres, du blanc au noir. Un ton comporte donc, théoriquement, une infinité de couleurs ; alors qu'il autant de tons que de couleurs pures, c'est à dire également une infinité ! Toutefois, notre œil n'est capable d'en différencier que 150 à 200.

### Clarté ou valeur d'une couleur

La clarté est parfois nommée "valeur" par un peintre, qui la juge, après un léger recul, en clignant des yeux. C'est une notion difficile à acquérir et à ne pas confondre avec la saturation. La clarté est le degré de clair ou d'obscur d'une couleur, indépendamment de sa coloration. Deux couleurs pures différentes n'ont pas la même clarté : le jaune est plus clair que le violet, le cyan plus clair que le rouge... Sur une photo en noir et blanc<sup>14</sup>, deux objets de couleurs différentes se retrouveront avec des gris identiques si leurs clartés sont les mêmes. La clarté peut se mesurer par comparaison avec une échelle de gris neutres. Elle s'évalue entre un maximum, le blanc (N = 0 %) et un minimum (N = 100 %), le noir, en faisant abstraction de la coloration.

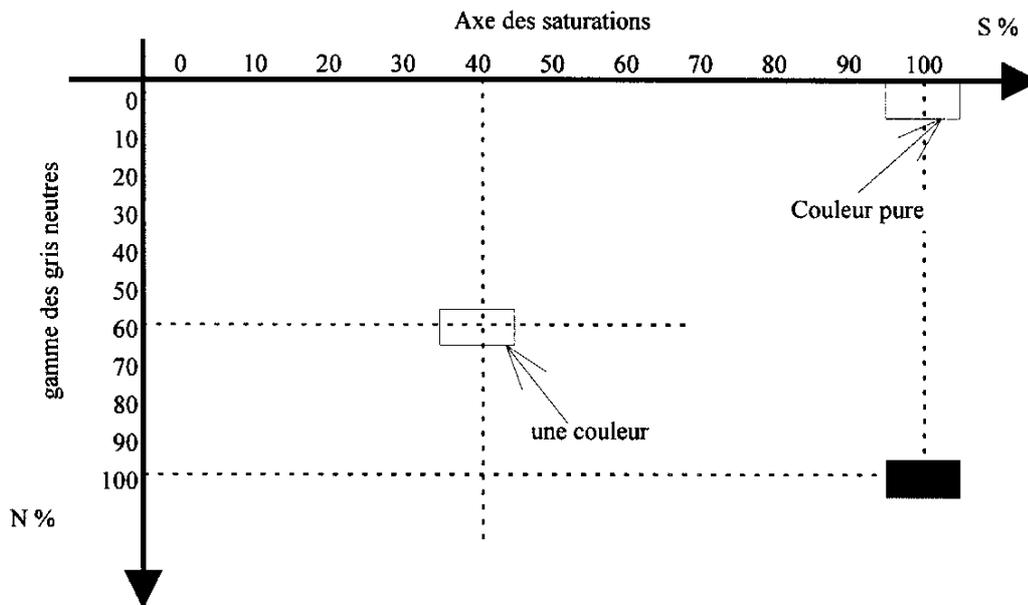
### Saturation et désaturation

Une couleur est dite saturée lorsqu'elle est à son comble de coloration. Elle est alors à sa couleur maximum. C'est le cas d'une couleur pure, non diluée. La dilution entraîne une désaturation que l'on peut réaliser de différentes manières : suivant le domaine d'emploi des couleurs, suivant les techniques choisies ou le résultat recherché. A chaque étape de la désaturation correspond un degré de saturation désigné par S%. Selon la limite atteinte lors d'une désaturation, on parle de **désaturation au blanc** ou de **désaturation au noir**. On peut présenter la première comme un mélange progressif de la couleur utilisée et de blanc, la désaturation complète (S= 0 %) conduisant au blanc, et la seconde comme un mélange avec du noir, conduisant au noir.

Les "techniciens de la couleur" représentent habituellement les variations d'un ton (tel qu'il est défini plus haut) sur un diagramme à deux échelles :

- sur l'axe horizontal, la saturation de S=0% (blanc pur) à S=100 % (couleur pure)
- sur l'axe vertical, la clarté en % de noir (de N= 0% à N = 100 %)

Chaque couleur particulière, définie par une saturation et par un "niveau de gris", est donc unique, et relativement aisée à définir. Par exemple, la couleur "terre de sienne brûlée" est un vermillon saturé à 70% combiné à un noir à 50 % (S = 70 % , N = 50 %). La couleur représentée dans la figure ci-dessous est saturée à 40 %, combinée à un noir à 60 % (S = 40 % , N = 60 %).



<sup>14</sup> - ...ou sur une imprimante "à niveaux de gris".

## Le système Munsell

Au début de ce siècle, Albert H. Munsell, peintre et professeur d'art, étudia le problème de la description des couleurs et mis en place une méthode systématique d'identification des couleurs. Dans ce but, il identifia trois facteurs de base de la couleur et les ordonna sur des échelles numériques. A partir d'un cercle chromatique, toutes les couleurs sont classées dans un réseau cylindrique, appelé "*l'arbre de la couleur*". Dans ce système, les trois facteurs sont :

### **La teinte (hue)**

C'est la qualité de la couleur. Dans le système de notation de la couleur selon Munsell, les teintes sont arrangées sur la circonférence d'un cercle.

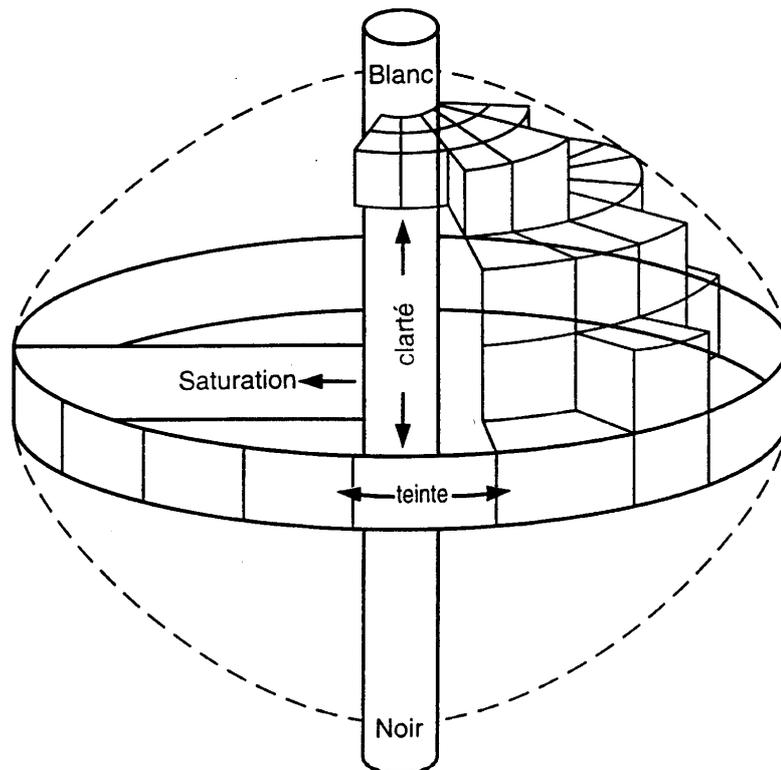
### **La luminosité (value)**

Elle varie des couleurs sombres, placées en bas de l'Arbre de Munsell, aux couleurs claires placées en haut.

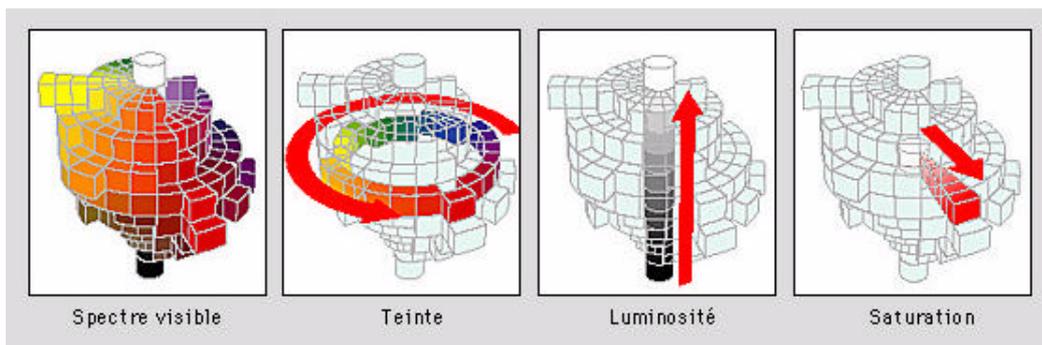
### **La saturation**

Elle indique la pureté ou l'intensité de la couleur. Sur l'arbre de Munsell, la saturation augmente horizontalement des couleurs grisées aux couleurs vives, placées à la périphérie.

Dans ce système de notation, toute couleur peut être identifiée facilement et précisément, c'est pourquoi il est accepté universellement. En pratique, le système de Munsell consiste en une série de tables de références, chacune dédiée à une teinte précise, qui permettent d'établir une comparaison visuelle avec l'échantillon.

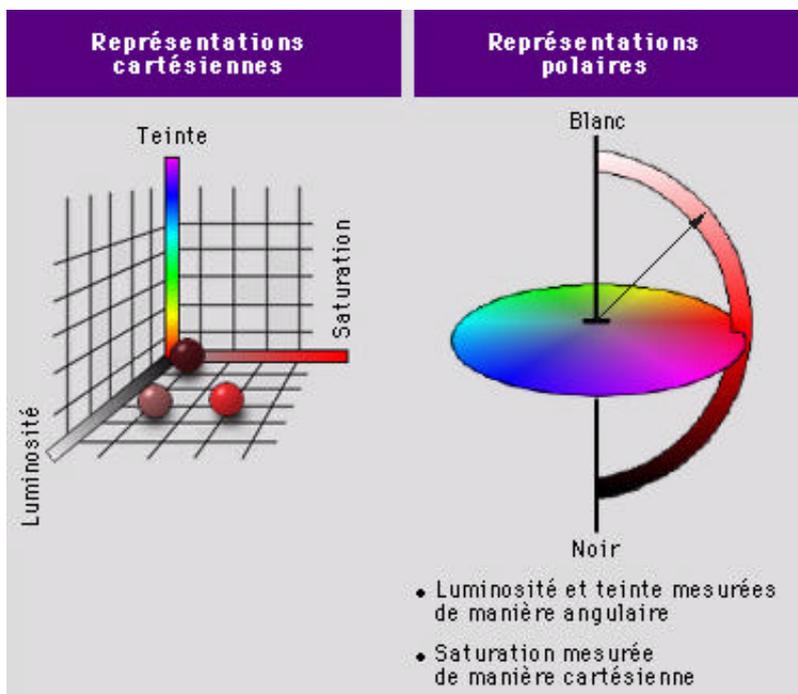


*Arbre des couleurs de Munsell*



### Autres systèmes d'identification

La méthode d'identification de Munsell n'est pas la seule, et de nombreux autres systèmes existent. En fait, ces "espaces colorimétriques" seront pratiquement tous à trois dimensions, selon l'un ou l'autre des "modèles" ci-dessous.



A titre d'exemple, dans la documentation d'un colorimètre de marque Minolta, on lit que l'appareil peut donner des résultats (chiffrés) dans au moins cinq "espaces couleur", à savoir, pour un même objet (une pomme rouge), les valeurs suivantes<sup>15</sup> :

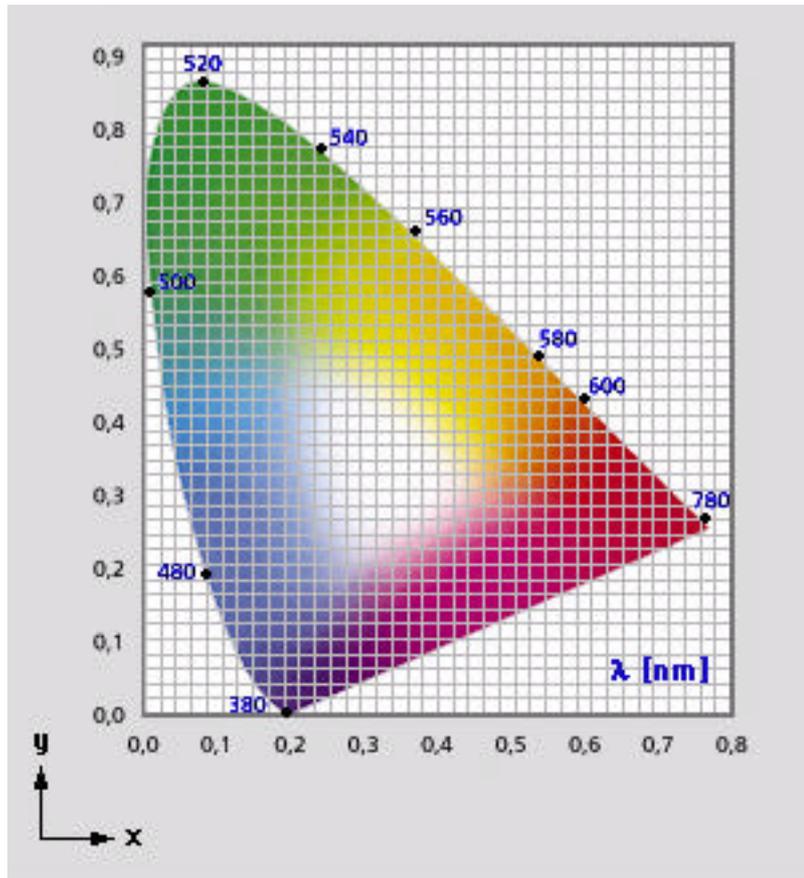
Valeurs tristimulus XYZ	X = 21,21	Y = 13,37	Z = 9,32
Espace couleur Yxy	Y = 13,37	x = 0,4832	y = 0,3045
Espace couleur L*a*b*	L = 43,31	a = +47,63	b = +14,12
Espace couleur L*C*h	L = 43,31	C = 49,68	h = 16,5
Espace couleur Hunter Lab	HL = 36,56	a = +42,18	b = +8,84

<sup>15</sup> - En fonction du caractère très général de ce document, il n'est pas utile ici de connaître la signification des différentes variables données par ce tableau.

Les valeurs tristimulus XYZ et l'espace couleur Yxy sont à la base de l'espace couleur actuel de la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). Le concept des valeurs tristimulus vient de la théorie selon laquelle la perception des couleurs se fait selon trois composantes (par exemple : rouge, vert et bleu) et toutes les couleurs sont perçues comme des mélanges de ces trois couleurs. La couleur perçue est le résultat des différentes proportions (stimulus) de chacune des composantes de la lumière que nous recevons d'un objet.

De même qu'il existe des "illuminants standards", la CIE a défini en 1931 un "observateur standard", en fonction duquel il sera possible d'évaluer les valeurs des facteurs X, Y et Z. Très grossièrement, il s'agit d'évaluer la proportion de chacune des couleurs primaires, telles qu'elles seraient perçues par cet "observateur standard".

Ces valeurs X, Y et Z sont utiles pour définir une couleur, mais les résultats ne sont pas facilement visualisables. Pour cette raison, la CIE a également défini en 1931 un espace couleur dont la représentation graphique à deux dimensions ne tient pas compte de la clarté : c'est l'espace couleur Yxy, où Y est la clarté (identique à la valeur tristimulus Y) et x et y sont les coordonnées de chromaticité. Ce diagramme se présente ainsi :



système Yxy

Dans ce diagramme, les couleurs achromatiques se situent au centre du diagramme ; la chromaticité augmente au fur et à mesure que l'on s'approche des bords. Les indications portées sur la courbe qui limite l'espace chromatique correspondent aux longueurs d'onde de la couleur pure.

## **Les nuanciers : le système Pantone**

Le système Pantone (dit aussi **Pantone Matching System Color**, ou **PMS color**) a été développé aux États-Unis par la société du même nom. Il s'agit en fait d'un catalogue, ou d'une table de référence comportant 747 couleurs identifiées par un numéro. A chacune des couleurs référencées correspond un mélange déterminé d'encres de base. Le principal avantage de ce "**nuancier Pantone**" réside dans le fait que les couleurs sont standardisées, y compris les encres d'imprimerie, ce qui, en principe, évite les surprises causées par une mauvaise interprétation de la dénomination des couleurs souhaitées.

De la même manière, la plupart des fabricants de peinture éditent des "nuanciers" afin de présenter la gamme de leurs produits, mais leur portée est loin d'être aussi universelle que celle du nuancier Pantone, devenu une sorte de norme dans la reproduction des couleurs.