

Séance du 16 juin 2014

La science et les couleurs dans la peinture à l'huile

par Jean-Louis CUQ

MOTS-CLÉS :

Peinture à l'huile - Lumière visible - Photons - Éclairant - Système RVB - Sources lumineuses - Supports - Huile de lin - Siccation - Pigments colorés minéraux et organiques - Œil - Rétine - Cônes S M L - Mécanisme de détection des photons - Iodopsine et rétinol - Perception de la couleur.

RÉSUMÉ

C'est en s'appuyant sur la physique, la chimie, la biochimie et la physiologie que sont décrites nos connaissances quant aux couleurs et à leurs perceptions. L'éclairant, le tableau et l'observateur sont les éléments essentiels abordés dans ce contexte.

Introduction

Depuis la préhistoire et les dessins muraux jusqu'à aujourd'hui, les artistes, les peintres ont maîtrisé, avec talent pour la plupart d'entre eux, la couleur pour réaliser leurs œuvres. Cette perception est de fait la résultante d'un ensemble de phénomènes souvent complexes qui impliquent, entre autres, physique, chimie, biochimie, physiologie. Dans cette communication seront décrites les trois bases impliquées que sont l'éclairant, le support et ses pigments et enfin l'œil comme capteur. Quant à la perception par intégration et analyse des signaux reçus par notre cerveau et la sensibilité qui en ressort, elle relève d'une approche que nous n'aborderons pas ici.

L'éclairant

La *physique quantique*, définie par Max Planck en 1900, définit la lumière par la *dualité onde-corpuscule*.

Le photon est une particule élémentaire de la famille des bosons portant une quantité d'énergie caractéristique de sa fréquence. Le photon est capable de donner des échanges d'énergie avec la matière.

L'énergie qu'il véhicule, comprise entre 1,6 et 3,2 eV, respectivement pour le rouge et le violet, est égale à $W = h\nu = hc/\lambda$

h : constante de Planck – c : vitesse de la lumière – ν : fréquence – λ : longueur d'onde.

La lumière est une **onde électromagnétique** se propageant dans l'espace et le temps. En fait, nous baignons en permanence dans un champ électromagnétique. La lumière visible n'est qu'une fenêtre étroite de l'ensemble des ondes électromagnétiques, qui comprennent les rayons gamma, X, ultraviolets, infrarouges, les ondes radios, etc. Le spectre du visible s'étend à peu près de 400 nm (violet) à 750 nm (rouge). Figure 1.

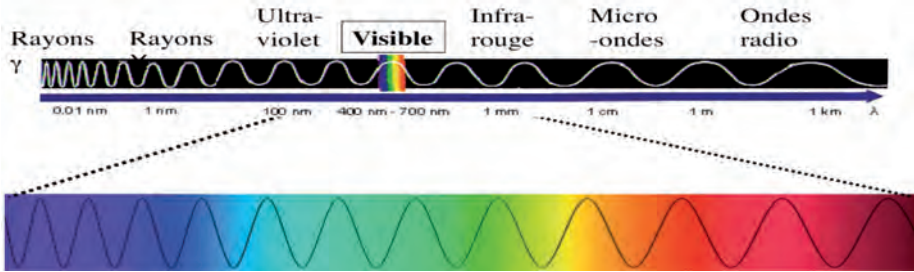


Figure 1. Ensemble des ondes électromagnétiques et la zone des radiations visibles

La lumière solaire naturelle

Le soleil émet des photons de longueur d'onde comprise entre 400 et 750 nm qui constituent le "spectre" de la lumière visible ; il s'agit d'une **lumière blanche** qui est adoptée comme l'éclairant de référence. La couleur de la lumière du jour varie au cours des différents moments de la journée et de l'année. Les rayons lumineux du soleil sont plus rouges en été (et particulièrement le soir) qu'en plein hiver, ou la lumière dans ce cas est bien plus bleutée.

La figure 2a représente les énergies des photons émis par notre soleil en fonction de leur longueur d'onde et la figure 2b leur décomposition en couleurs fondamentales ou couleurs primaires.

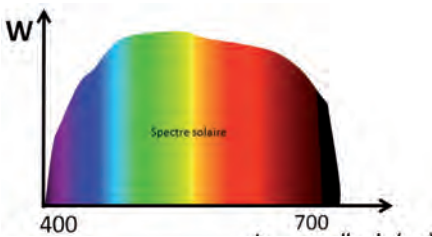


Figure 2a

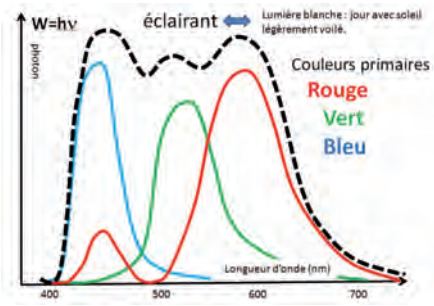


Figure 2b

Par synthèse additive, on sépare schématiquement ces radiations en 3 parties : les bleues, les vertes et les rouges.

Dans le système abrégé **RVB**, les couleurs primaires **Rouge Vert Bleu** donnent par leur addition du blanc. Couplées deux à deux ces couleurs donnent les couleurs secondaires cyan, magenta et jaune (figure 3).



Figure 3



Figure 4.

Les couleurs complémentaires

Les couleurs complémentaires (figure 4)

Sur le cercle chromatique, chaque couleur se trouve à l'opposé (en face) de sa couleur complémentaire. La couleur complémentaire d'une couleur chaude est une couleur froide et vice versa. Ainsi, à l'opposé du bleu, se trouve la couleur orange, à l'opposé du rouge le vert et à l'opposé du jaune le violet.

On dit de ces couples de couleurs qu'ils sont complémentaires parce qu'ils se renforcent mutuellement, chacune des couleurs faisant ressortir l'autre : le rouge est plus rouge s'il est accompagné du vert et ainsi de suite.

En mélangeant deux couleurs complémentaires, on obtient un ton de gris. Une touche d'une autre couleur permet ensuite d'avoir des tons neutres mais légèrement colorés. D'ailleurs, pour obtenir du gris ou pour assombrir une couleur on peut jouer avec les couleurs complémentaires au lieu d'utiliser du noir.

On peut ainsi obtenir les tons ombrés des objets sans addition de noir par l'ajout d'une "pointe" (petite quantité) de la couleur complémentaire à la couleur fondamentale.

Les lumières artificielles

Les spectres des lampes à incandescence, des tubes néons, des lampes fluo, des lampes halogènes, des LED montrent des différences dans la distribution des photons émis, ce qui se traduit par des rendus de couleur qui s'éloignent souvent de façon importante de ceux résultant de l'éclairage de référence (soleil voilé).

La lumière produite par une bougie ou une ampoule tungstène émet plus de radiations dans le rouge.

La lumière du jour, les lampes au tungstène et halogènes ont des spectres d'émission continus. Les flashes ont des spectres assimilables à un spectre continu, comme les lampes HMI, plus souvent utilisées en prise de vue de mode ou cinéma. Les tubes fluorescents et fluos compacts (dits écologiques) ont des spectres d'émission mixtes (mélange de spectre de raies et spectre continu). Différentes technologies peuvent être mises en œuvre pour les LEDs comme l'association de 3 sources monochromatiques, rouge, verte et bleu.

Selon la source éclairante, la quantité de photons émis en fonction de la longueur d'onde peut être variable.

Sans photons, l'objet est noir.

Si on éclaire l'objet avec une lumière blanche à spectre continu certains photons atteignent la surface et peuvent (ou pas) céder leur énergie aux électrons des couches périphériques des atomes ou molécules. Ceux-ci changent de niveaux énergétiques et c'est en regagnant leur niveau d'énergie initial qu'ils émettent un photon détecté (œil) à l'origine de la couleur (figure 5).

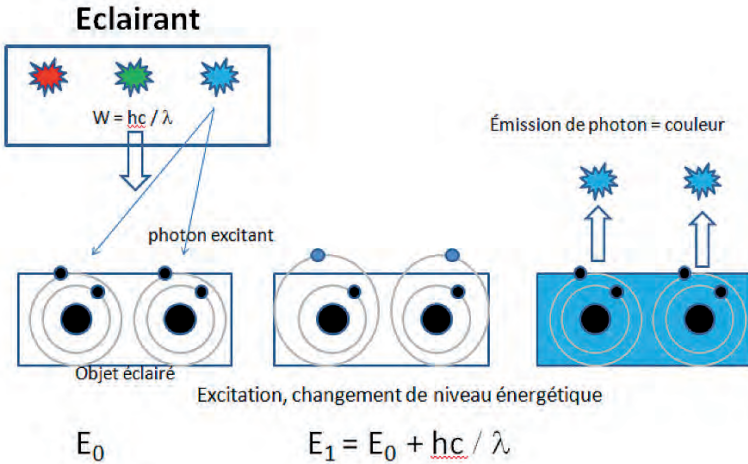


Figure 5. Transitions énergétiques et photons

L'objet éclairé peut modifier la lumière reçue par plusieurs mécanismes. Les couleurs résultant d'une interaction lumière/matière résultent de phénomènes d'**absorption, diffusion, réfraction (ou dispersion), interférence et diffraction**.

Ces échanges d'énergie entre photons et matière expliquent la perception de la couleur. **Il existe deux types d'objets :**

- **les objets qui produisent de la lumière**, comme le Soleil, les flammes, les lampes à incandescence, etc. Ceux-ci produisent souvent de la lumière par incandescence, le mouvement perpétuel d'agitation de la matière émettant des ondes électromagnétiques. Ces ondes ne sont pas toujours visibles, ce sont les rayonnements infrarouges, mais lorsque la température est assez élevée, elles entrent dans le spectre du visible.
- **les objets qui ne sont visibles que s'ils sont éclairés** (invisibles dans l'obscurité). Ils diffusent dans toutes les directions la lumière qu'ils reçoivent, ce qui est appelé l'émission atomique ou moléculaire. Dans ce cas, un électron peut "grimper" à un niveau d'énergie supérieur, mais ne tardera pas à reprendre sa place d'origine à cause de l'instabilité de cet état. Lorsqu'il reprendra sa place, il cèdera de l'énergie sous forme d'un photon émis vers l'extérieur. Ce sont ces photons qui caractériseront la couleur du tableau.

Les supports, l'huile, les pigments

Les supports de la peinture sont pour la plupart soit des toiles de lin ou de coton apprêtées ou non tendues sur des châssis en bois, soit des cartons entoilés ou soit des plaques fines de bois (peuplier, bouleau).

La peinture

Il s'agit d'un mélange visqueux (pâte) d'un **pigment** et d'un "excipient ou **liant**" transparent qui est le plus souvent l'huile de lin, huile qui devient solide en séchant à l'air.

Une fois appliquée en couche mince sur une surface aérée, la peinture à l'huile est lente à sécher (siccativer). Cela permet à l'artiste de travailler pendant plusieurs jours formes et couleurs jusqu'à atteindre le but fixé.

Le séchage, ou **siccativatif**, résulte de phénomènes d'oxydation puis de polymérisation des triglycérides à acides gras polyinsaturés.

La polymérisation / réticulation de **l'huile de lin** lors des phénomènes de siccativité correspond en fait à un ensemble de réactions radicalaires conduisant à la polymérisation des acides di- et tri-insaturés (acides linoléique et linoléique des triglycérides) qui la composent en grande majorité (environ 65%). Une photolyse des doubles liaisons conjuguées de ces acides gras polyinsaturés conduit à la formation de radicaux libres (figure 6). Ceux-ci réagissent avec l'oxygène pour former des radicaux peroxydes. S'ensuivent alors de nombreuses réactions en chaîne entraînant la formation d'un réseau tridimensionnel solide.

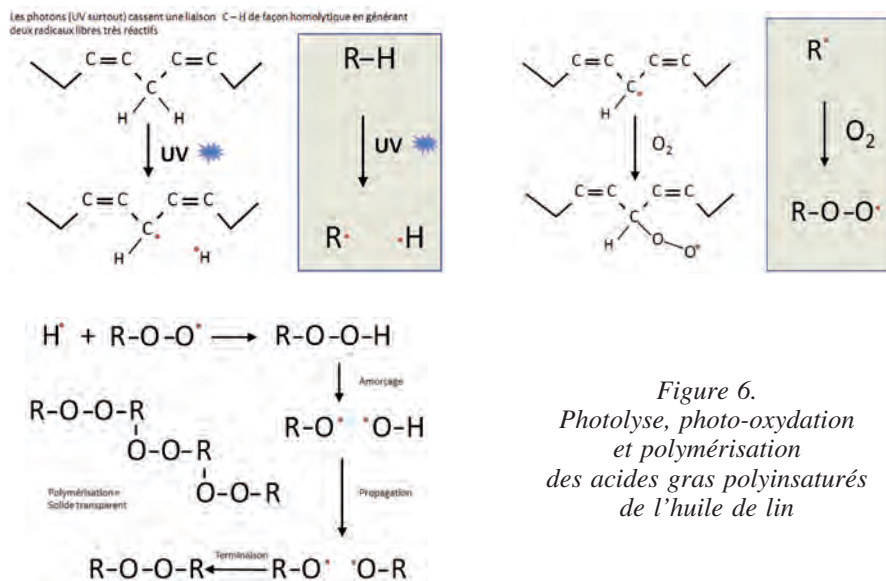


Figure 6.
Photolyse, photo-oxydation
et polymérisation
des acides gras polyinsaturés
de l'huile de lin

L'huile ne s'évapore pas. Ce durcissement ne modifie pas la couleur car la transparence initiale est conservée. Les pigments sont alors retenus dans une matrice devenue solide (figure 7).

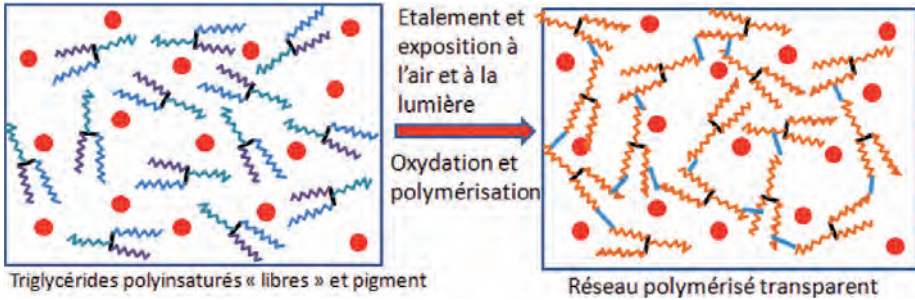


Figure 7. De l'huile liquide au réseau polymérisé solide et transparent

La solidification peut être améliorée par addition d'un catalyseur de polymérisation appelé siccatif. Si un **solvant** a été utilisé (**essence de térébenthine** par exemple) pour diminuer la viscosité du liant, il va s'évaporer lors du séchage.

Les **médiums à peindre**, mélanges d'huile et de solvants (parfois de résine) permettent d'obtenir une texture plus malléable et de respecter la règle du "gras sur maigre", chaque couche de couleur déposée se devant d'être plus grasse afin que la liaison avec la "sous-couche" soit efficace.

Ainsi la pâte initiale sera maigre par addition d'essence de térébenthine, par exemple, essence dont la teneur ira en diminuant pour les couches suivantes.

La "toile" pourra alors être finalement vernie.

Les pigments

Il s'agit de substances pour la plupart solides, très fines, insolubles dans le liant et qui donnent à la peinture sa teinte et son pouvoir couvrant. Le plus souvent il s'agit de sels minéraux, de colorants naturels végétaux, de mélanges minéraux complexes (terres), ou encore de colorants organiques de synthèse

Les couleurs "minérales"

Les sels sont incolores lorsque leurs ions (anions) sont eux-mêmes incolores ; c'est le cas, par exemple, des sulfates et nitrates de sodium, de potassium, de calcium, d'ammonium, d'aluminium, etc. Ils sont, au contraire, fortement colorés quand leurs anions sont eux-mêmes colorés. Tel est le cas, par exemple, de l'ion permanganate violet MnO_4^- , de l'ion chromate jaune CrO_4^{2-} , etc. Il s'agit le plus souvent de sels ou d'oxydes. Ils sont en général très stables dans le temps. Beaucoup d'entre eux sont toxiques.

Blanc : dioxyde de titane, sels d'argent et de zinc (oxydes)

Le blanc de titane TiO_2 , est incontestablement le colorant le plus utilisé avec une production mondiale de plus de 2 millions de tonnes par an. Il représente sur le marché le 60% de tous les colorants. Dans les peintures blanches il est finement divisé à 0,2 ou 0,3 μm et il donne avec son liant un blanc éclatant.

Noir : dioxyde de manganèse

Rouge : sulfure de mercure (utilisé depuis le IV^e siècle av. JC par les Grecs). Le **minium** est du carbonate de plomb vivement brûlé (480°) afin de lui ôter son carbone qui donne un dérivé rouge très toxique.

Bleu : sulfate de cuivre (*pentahydrate*), hexacyanoferrate ferrique, Carbonate basique de cuivre (azurite). Alumino-silicate de sodium (connu depuis le III^e millénaire avant JC)

Mauve : dichlorure de cobalt (*hexahydrate*)

Vert : oxyde de nickel, la **malachite** : carbonate basique de cuivre vert de composition identique à celle de l'Azurite, très stable ; c'est le plus ancien des verts. L'hydrocarbonate de cuivre vert ($\text{CH}_2\text{O}-\text{Cu}$) , est obtenu naturellement en milieu humide, ou en laissant tremper de la limaille de cuivre dans du vinaigre, additionné parfois d'huile. Très corrosif, on peut le tempérer avec de la résine de pin.

Orange : Dichromate de potassium. Bisulfure d'arsenic très toxique, de couleur rouge-orangé.

Jaune : Chromate de sodium, sels de cadmium. Le jaune de Naples $\text{Pb}(\text{SbO}_3)_2$ obtenu à partir de plomb, d'oxyde d'antimoine et de sulfate de chaux est très toxique. **On le trouvait en Mésopotamie et en Egypte** vers 2500 avant notre ère, bien avant son exploitation napolitaine, vers le XVI^e-XVII^e siècle.

Le monoxyde de plomb (**Massicot**) jaune d'or est très toxique. Le trisulfure d'arsenic est aussi très **toxique** et utilisé depuis l'antiquité.

Les oxydes de fer représentent un marché de 500 000 tonnes par an. Les couleurs obtenues vont du jaune au noir (voir paragraphe sur les ocres).

Les “terres colorées”

Il s'agit souvent de mélanges minéraux complexes.

Les ocres : pour la France il s'agit des terres du Roussillon et de la Puysaie qui sont des mélanges d'oxyde de fer, d'argile et de sable de quartz. L'oxyde contenu dans l'ocre est naturellement jaune (goethite) ou rouge (hématite). Sous l'effet de la chaleur l'ocre jaune devient rouge. Ces terres sont utilisées depuis la préhistoire et par les peintres du monde entier. La gamme des teintes : du brun au jaune clair, du pourpre, du rouge et de l'orangé. Il s'agit de pigments très résistants à la lumière et très stables.

Les terres d'ombre : de même composition que les ocres, elles contiennent en plus de l'oxyde de manganèse. Par calcination elles fournissent un brun plus sombre : la terre d'ombre brûlée.

La terre de Sienna a sensiblement la même composition et de mêmes teintes que les ocres. Elle provient de Toscane. Comme la détrempe, dont elle est à peu près synonyme, la tempera désigne toute peinture dont le diluant est l'eau ; le liant peut être une gomme, une colle, du jaune d'œuf, de la caséine, etc. Les terres de Sienna posent un problème en peinture à l'huile : testées et comparées à d'autres pigments, les “Sienna” battent tous les records d'absorption.

Vert de Vérone ou terre verte.

Les colorants naturels végétaux

Ils sont très nombreux et les teintes disponibles sont très variées. Leur structure organique les rend souvent peu stables dans le temps.

Les **caroténoïdes** sont des composés poly-isopréniques de couleur orange, rouge, jaune présents dans certains végétaux, comme la carotène (carotte), le lycopène (tomate) et la xanthophylle sont les plus connus. Ces pigments sont solubles dans les huiles.

Les **chlorophylles** sont des composés présents dans les végétaux à l'origine de la transformation de l'énergie "solaire" en énergie "chimique". Elles sont de couleur verte ou bleue selon leurs structures.

Les quinones sont des composés benzéniques "oxygénés". Ce sont des pigments jaunes à rouges-violetés que l'on rencontre dans les règnes animal et végétal. Les quinones sont classées, selon le nombre de noyaux aromatiques, en benzoquinones, naphthoquinones, anthraquinones et phénanthraquinones. Ces substances sont très réactives ; elles peuvent réagir avec les groupes aminés des protéines (α -NH₂ et ϵ -NH₂) des résidus de lysine.

Les colorants organiques de synthèse

La découverte des groupes chromophores : la théorie de Witt

C'est la disposition des atomes au sein d'une molécule qui détermine la couleur. Les isomères peuvent être colorés ou incolores en fonction de leur constitution chimique. Les isomères qui ne possèdent pas certains groupes caractéristiques, demeurent non colorés.

Le chimiste Witt a eu à constater en 1876 que les substances colorées renfermaient toutes un groupement caractéristique auquel il donne l'appellation de "**chromophore**". L'introduction d'un chromophore au sein d'un hydrocarbure qui devient un chromogène, permet de la colorer.

Les chromophores sont généralement des groupes portant des doubles liaisons.

C'est la présence d'un groupe chromophore avec une double liaison chromophorique qui donne la coloration à une molécule. Quand le chromogène possède un deuxième groupe, il est qualifié d'auxochrome.

- Azo (-N=N-) - **groupe azoïque** est le groupe le plus important, il forme une gamme étendue de nuances tinctoriales (jaune, bleu, vert et noir).

- Nitroso (-NO ou -N-OH) synthétisés par action de l'acide nitreux HNO₂ sur les phénols

- Carbonyl (C=O) - groupe cétonique ou carbonyle

- Vinyl (-C=C-)

- Nitro -NO₂ sont formés par l'action de l'acide nitrique HNO₃ sur les phénols

- Sulfure (>C=S) - groupe thio carbonyle

- Stilbéniques (azobenzène)

- Les quinoléiques possèdent le noyau de la quinoléine et développent une couleur jaune

- Les indo phénoliques ont également une structure quinoïde, ils résultent de l'oxydation de para-diamines et d'une amine primaire. Ils présentent une coloration très dense.

- Les thiaziniques sont fabriqués par oxydation de diamines aromatiques en présence de H₂S, ils vont du jaune au rouge.

Les colorants organiques de synthèse sont nombreux. Parmi ceux-ci l'aniline, la fuschine, le méthylorange, l'indigotine sont les plus connus. Les colorants anthraquinoniques sont les plus importants après les colorants azoïques.

En résumé

La lumière du jour est “blanche”. Décomposée par un prisme elle donne un spectre continu de photons dont les longueurs d’onde varient entre 400 nm (violet) et 750 nm (rouge). Si un objet éclairé par cette lumière la réémet à toutes les longueurs d’onde il apparaîtra blanc. S’il absorbe toutes les longueurs d’onde il sera noir (figure 8a).

La luminance est la perception que nous avons de la “richesse” de la couleur. Elle dépend de nombreux facteurs, la technique d’étalement de la peinture y contribuant pour beaucoup. L’étalement au couteau donne une surface lisse qui réfléchit la lumière sans déformation; les couleurs sont “franches”. Etalée avec un “pinceau soie”, la surface peinte restituée avec douceur les couleurs. Par contre l’usage d’une brosse qui crée des sillons profonds ne permet qu’une restitution partielle et la perception de la couleur perd en pureté (figure 8b).

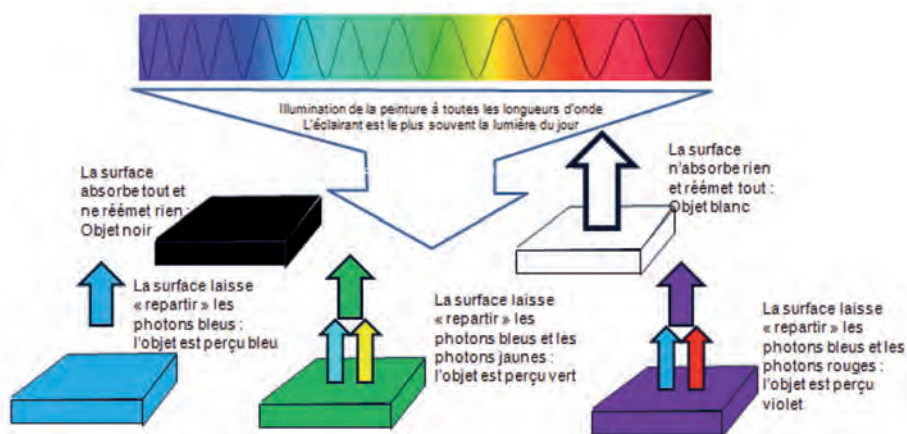


Figure 8a

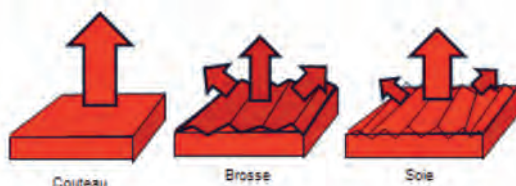


Figure 8b

Selon la théorie des coefficients trichromatiques : une couleur perçue correspond à l’ensemble des photons réfléchis avec une intensité plus ou moins grande à chaque longueur d’onde et à leur détection au niveau des cônes de la rétine et à leur “perception” dans la zone visuelle du cerveau. Le nombre de possibilités est extrêmement élevé ce qui traduit l’infini richesse de couleurs possibles. **La longueur d’onde dominante de la lumière réfléchie donne la teinte, la couleur.**

L'observateur, la perception de couleur

Au début de la perception le rayon lumineux composé des photons émis par le tableau coloré traverse les milieux transparents de l'œil qui en fonction de leurs indices de réfraction différents génèrent plusieurs réfractions. La cornée et le cristallin assurent l'accommodation de l'image, sa netteté. La lentille convergente formée par ces milieux transparents induit une "inversion" de l'image sur la rétine qui sera corrigée par l'interprétation cérébrale. Puis le rayon traverse la rétine pour arriver finalement aux segments externes des photorécepteurs, où il sera interprété.

La rétine est un tissu neuronal de 0,1 à 0,5 mm d'épaisseur constitué de 130 millions de cellules nerveuses transmettant l'information lumineuse au cerveau qui les interprète (figure 9). Elle est le lieu de perception des couleurs

Les bâtonnets au nombre de 125 millions permettent la vision nocturne et sont insensibles aux couleurs en ne percevant que le blanc. Eclairée, la rhodopsine qu'ils contiennent est à l'origine d'un influx nerveux

Les cônes au nombre de 5 millions permettent la vision diurne et sont sensibles aux couleurs grâce à des protéines. Ils sont de 3 types : **S** (short) sensibles au bleu, **L** (long) sensibles au rouge, **M** (medium) sensibles au vert.

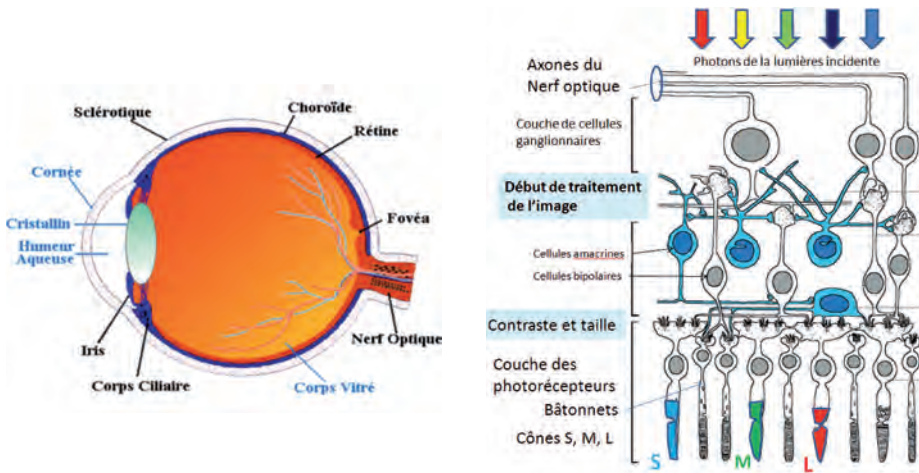


Figure 9

La vision des couleurs

Elle est liée à l'intensité de perception par notre œil des énergies émises à certaines longueurs d'onde par l'objet coloré. Ce sont les cônes, cellules spécialisées de notre rétine, qui sont les récepteurs des photons "colorés" émis dans le visible. Ils sont situés principalement sur la fovéa dont le diamètre est d'environ 1,5 mm. Les cônes s'activent à partir d'une illumination de 10 photons par seconde (on voit en noir et blanc quand leur nombre diminue). La sensibilité aux photons en fonction de leurs longueurs d'onde est présentée sur la figure 10.

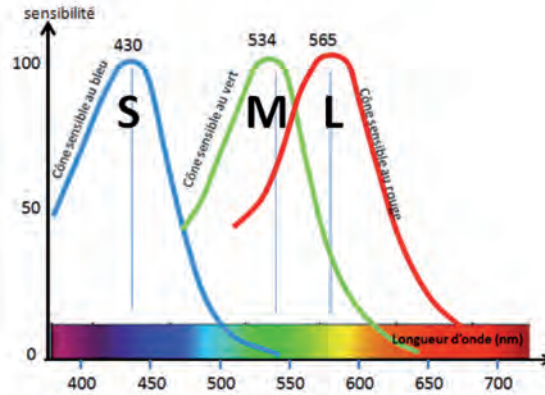


Figure 10

Chaque individu, et pour un même individu chaque œil, n'a pas la même quantité de cônes et bâtonnets. Ainsi la perception des couleurs est différente pour chacun d'entre nous et pour une même personne l'œil droit et l'œil gauche ont une vision légèrement différente.

Au centre de la rétine se trouve une partie plus sombre, la macula, qui est pratiquement dépourvue de vaisseaux sanguins afin d'optimiser la vision centrale (par opposition à la vision périphérique). Au centre de la macula se trouve une petite dépression sombre d'environ 2 mm de diamètre. C'est la fovéa, le point de la rétine constitué exclusivement de cônes où l'acuité visuelle est la meilleure.

La iodopsine, protéine réceptrice du photon (figure 11)

Le cis rétinale est lié au résidu lysyl 312. Le rétinale, une des formes de la vitamine A présente dans l'organisme, est synthétisé à partir du rétinol, vitamine A d'origine animale, ou de β -carotène d'origine végétale.

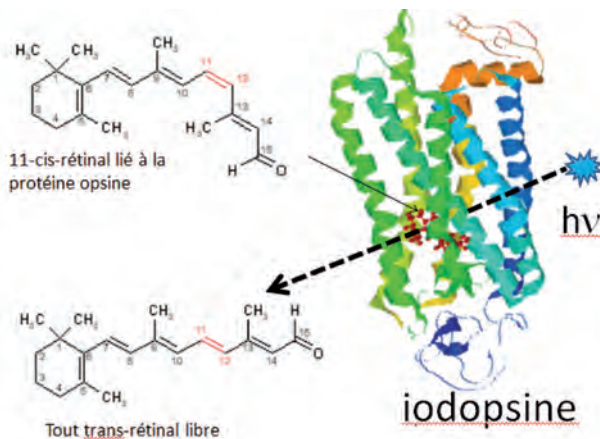


Figure 11

Dans les bâtonnets et les cônes S, l'opsine est constituée de 348 acides aminés.

Dans les cônes L et M, elle en comporte 364.

Sur ces acides aminés, seulement 40% sont communs entre opsines S et M, tandis que uniquement 15 d'entre eux diffèrent entre L et M. La sensibilité différente aux longueurs d'onde est déterminée par la structure de la protéine. En effet, il a été démontré par expérience que la substitution de quelques-uns des acides aminés de l'opsine du cône M par leurs homologues dans celle du cône L permet de passer de l'un à l'autre. La sensibilité du rétinale est donc conditionnée par la protéine qui l'entoure.

La iodopsine est en fait présente sous ses 3 formes au niveau des cônes différents mais en proportion différente. Par exemple, pour un cône S seront présentes 105 iodopsines S pour 1 M et 1 L. Ceci entraînera des signaux nerveux différents pour les longueurs d'onde différentes.

Sans photon, à l'obscurité, le rétinale dans la protéine est sous forme 11-cis. Sous l'effet d'un photon incident, il s'isomérisse en tout trans, forme qui génère son expulsion de la protéine. L'opsine ainsi "libérée" change de conformation et va initier une suite de réactions biochimiques qui entraîneront la formation d'un message nerveux : c'est la **transduction** (figure 12).

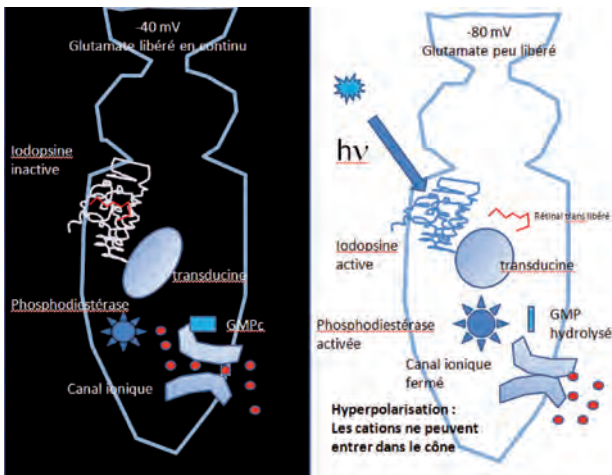


Figure 12. Mécanismes d'activation / inactivation des cônes

Il s'agit d'une suite de réactions biochimiques très complexes. L'opsine libérée peut alors atteindre la **transducine**, une protéine du *groupe G*, qui est capable de servir de médiateur de l'activation. Celle-ci va entraîner l'activité de la **phosphodiésterase**, qui hydrolyse le GMPc. La concentration en GMPc dans la cellule chute donc rapidement, ce qui entraîne la fermeture rapide des **canaux ioniques**.

La fermeture des canaux ioniques induit une augmentation de la résistance de la membrane cellulaire et une forte diminution du courant passant par le photorécepteur, parfois même un arrêt momentané du courant: c'est l'**hyperpolarisation**. Le potentiel de récepteur passe d'une valeur de -40 mV à des valeurs pouvant atteindre -80 mV, en raison d'une plus forte concentration en charges positives dans le milieu extérieur.

L'amplification

Une seule molécule d'opsine activée peut activer plusieurs centaines de molécules de transducine. Puis, lors de l'*hydrolyse* du GMPc, une molécule de GMPc hydrolysée entraînera la fermeture d'environ 100 canaux ioniques. Il faut noter que les cônes sont beaucoup moins sensibles que les bâtonnets, un cône ne pouvant pas donner une réaction détectable avec "l'impact" d'un seul photon.

Le message nerveux, La transmission synaptique

Dans l'obscurité par suite du courant d'obscurité et de leur potentiel de récepteur de -40 mV, les cônes sont en permanence dépolarisés; leur neurotransmetteur, le **glutamate**, est libéré en continu. Ce composé induit des informations sensorielles dans les cellules bipolaires et horizontales puis aux cellules ganglionnaires début du nerf optique.

Lors d'une stimulation lumineuse, le potentiel de récepteur des cônes passe de -40 mV à -80 mV, s'éloignant ainsi brusquement du seuil de dépolarisation nécessaire à la libération complète du glutamate : il y aura ainsi moins de glutamate libéré. L'influx nerveux ainsi généré est conduit par les nerfs optiques vers le cerveau.

Ces nerfs partent de l'œil, se "croisent" partiellement au niveau du chiasma optique et véhiculent l'influx nerveux jusqu'à l'arrière de notre cerveau, dans l'aire visuelle primaire de chaque hémisphère. Cette zone s'appelle l'**aire V1** et occupe une grande place dans la vision (figure 13).

Situées dans la zone occipitale, les aires visuelles interprètent les signaux issus des yeux et génèrent l'image que nous percevons après des traitements complexes : il y a reconnaissance des formes par confrontation avec les images contenues dans la mémoire visuelle, détermination de la distance, **des couleurs** et création du relief par fusion des images (différentes) de chaque œil.

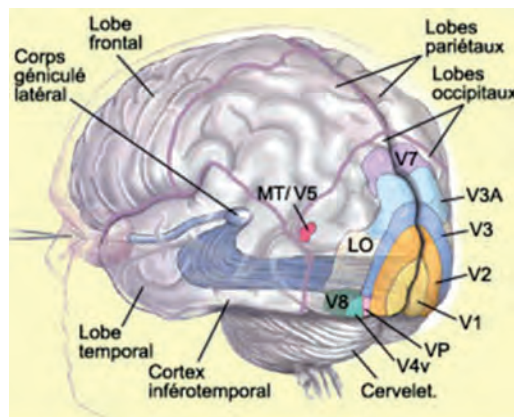


Figure 13. Les aires visuelles cérébrales

Le champ visuel de l'œil est divisé en deux, chacune des moitiés est perçue par un hémisphère différent. Ceci est possible car les nerfs optiques se croisent partiellement, c'est le chiasma optique. Ainsi cette particularité rend notre cerveau beaucoup moins vulnérable, en effet, si un des nerfs est lésé, chaque hémisphère pourra recevoir des informations venant des deux yeux.

L'aire V1 et V2 : ces aires jouent un rôle très important dans la perception des contours et dans toute perception visuelle fine.

L'aire V5 : elle joue un rôle dans la perception des mouvements comme le montrent des expériences par imagerie à résonance magnétique.

L'aire V4 : cette aire joue un rôle dans la perception des couleurs comme l'a démontré Semir Zeki de l'University College de Londres. Mais les spécialistes pensent que d'autres régions y sont associées.

Conclusion

La perception des couleurs, leurs appréciations, l'émotionnel

Le jeu "infini" des couleurs qui entrent en opposition, les registres de couleurs chaudes (jaune, rouge et orange) s'opposant aux froides (*bleu quelques teintes de violet et de vert*), les dominantes chromatiques nettement différenciées sont perçues et appréciées par l'être humain.

Le bleu est la seule couleur qui, à tous ses degrés, conserve sa propre individualité. Ainsi le "du plus foncé au plus clair", sera toujours du bleu, alors que le jaune noircit dans les ombres et s'éteint dans les clairs. Le rouge foncé devient brun et, dilué dans le blanc, ce n'est plus du rouge, mais une autre couleur : le rose.

Le blanc est douceur, pureté, sagesse. Le noir est tristesse. S'entourer de rose procure la douceur et protège de la colère. Le rouge est le rayon de la volonté, la puissance, la vie et l'énergie. L'orange tout comme le rouge est associé à l'énergie. Le jaune est le rayon de l'intellect, de la créativité mentale. Le vert c'est le rayon de l'équilibre. Le bleu symbolise l'harmonie, la vérité, la sérénité. Le violet est la couleur de la transformation, de la nuit et des rêves.

"Les couleurs sont des folles, la tentation des papillons, des miettes de l'histoire, des confettis; seul règne sur le pavois le grand noir monothéiste, le vrai dieu. Les pouvoirs du noir sont extraordinaires. Le noir est une couleur puissante et très active". *Soulages*

Selon Dufy "La couleur n'est rien sans la lumière".