

PHOTO 3D / VISION EN RELIEF

« Voir le relief, c'est recevoir, au moyen de chaque œil, l'impression simultanée de deux images dissemblables du même objet »"

Euclide -3000 av. J C

_ Intérêt de la vision en relief

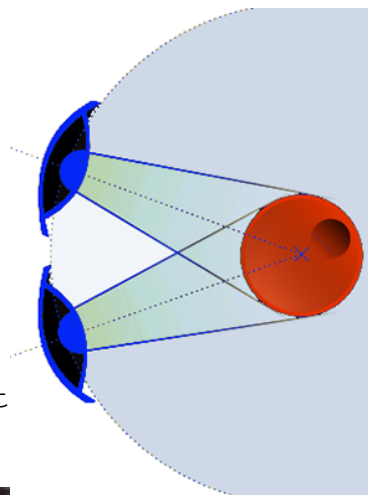
La vision en relief, ou stéréoscopique, nous permet en particulier de :

— situer les objets les uns par rapport aux autres, par l'évaluation des distances, pour les saisir, les déplacer, les ranger, . . . ,

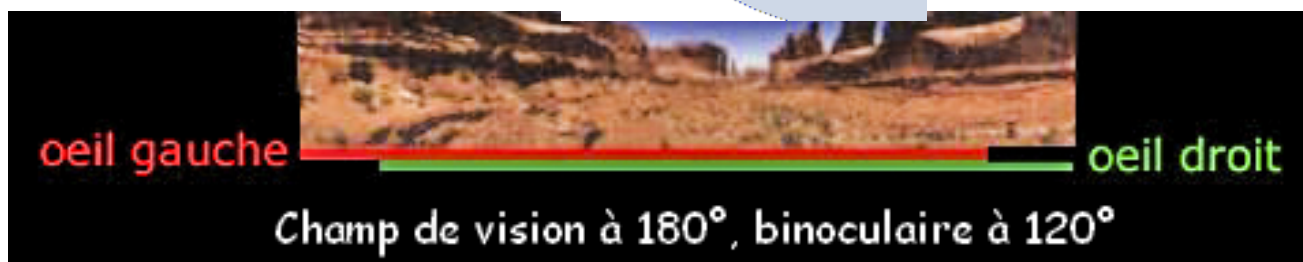
— localiser les différents plans d'un lieu, par l'évaluation de la profondeur, pour se situer dans l'espace avec précision.

_ Vision humaine

Convergence du regard
facteur critique
de la vision 3D.

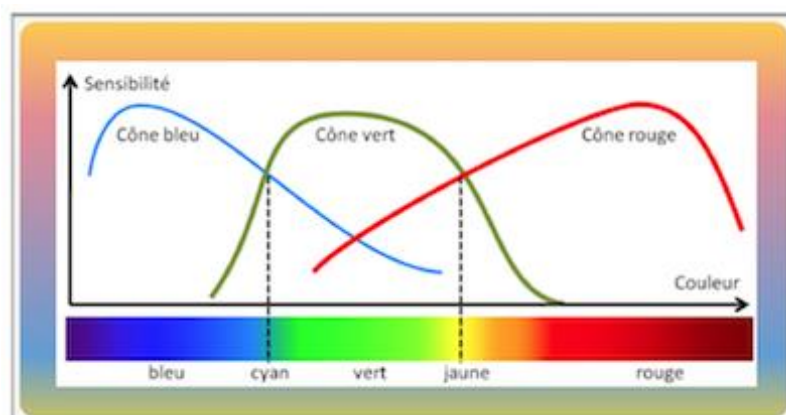


Champ de vision
L'écart pupillaire donne deux
visions différentes de l'objet
observé.



Nota : l'œil humain apprécie efficacement le relief de 10 cm environ à 15- 20 mètres.

Sensibilité de l'œil

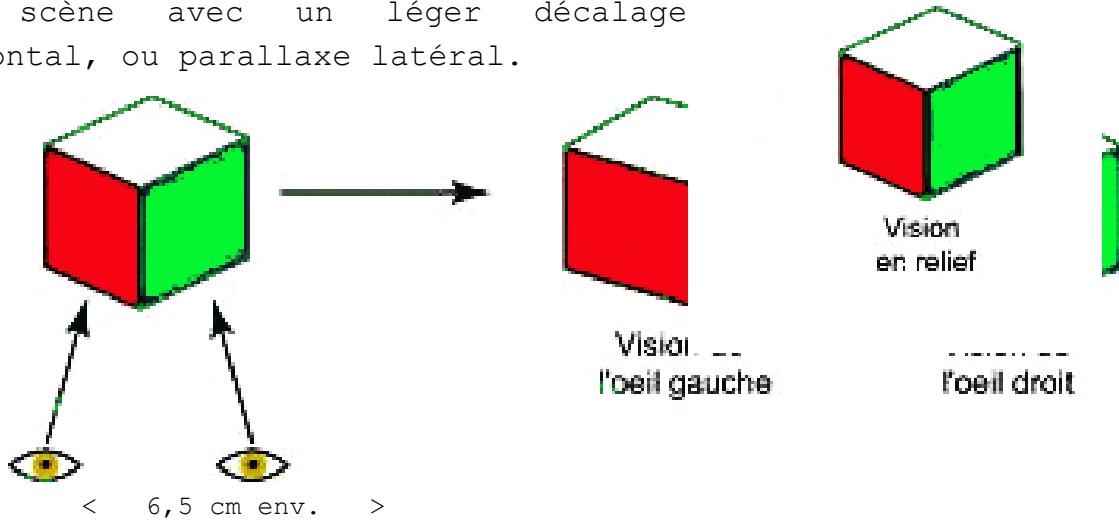


Présents dans
la cornée, les

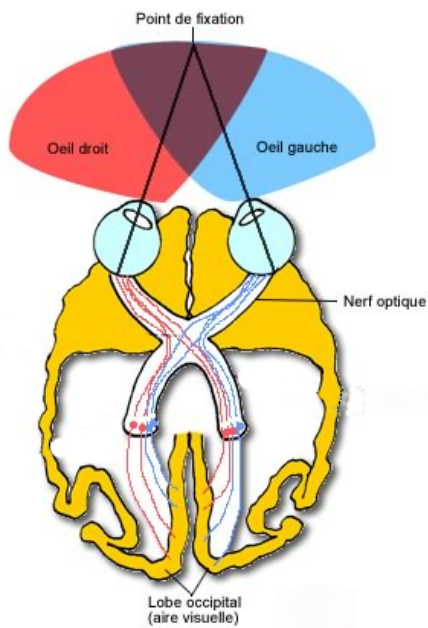
cellules en bâtonnets réagissent à l'intensité de la lumière et les cellules en cônes aux couleurs : c'est la vision par trichromie.

— Vision en relief

L'écart inter pupillaire entre les deux yeux. (6,5cm environ) et la convergence instinctive du regard font que chaque œil perçoit une même scène avec un léger décalage horizontal, ou parallaxe latéral.



Lorsque nous observons un objet, les deux images différentes sont transmises, par le nerf optique, à notre cerveau. Les deux vues sont synthétisées dans le lobe occipital et interprétées pour nous restituer la réalité.



==>

d'information

Complément

L'homme, les primates, les animaux dont les yeux sont placés dans un même plan horizontal, peuvent faire converger les deux yeux sur un objet isolé et bénéficier de la vision stéréoscopique. D'autres facteurs sont associés à cette fonction : l'accommodation, la perspective géométrique, la taille connue des objets, le masquage des différents plans, le mouvement.

C'est à proprement parler le cerveau qui est l'organe de la vision, l'œil servant de détecteur, le nerf optique de câble de transfert.

Les informations et sensations transmises sont compilées et surtout interprétées par le cerveau pour restituer la réalité. Le cerveau sélectionne les informations reçues :

- suppression d'informations pour garder constante la perception de l'intensité lumineuse,
- vision sélective des détails que l'on cherche à voir,
- interprétation des couleurs en fonction de la culture (neige) ou du souvenir,
- classement a priori des objets selon la taille.....

Le cerveau assure la vision stéréoscopique (relief et profondeur) en créant une image unique qui fusionne les des deux images rétiniennes.

Nota : le cerveau rend l'illusion du mouvement grâce la persistance rétinienne. Chaque cette image reste fixée (1/30eme seconde environ) au fond de l'œil. Par compilation des informations, le cerveau rend la réalité du mouvement et non une succession d'images fixes.

Photographie 3D ou Stéréophotographie

L'impression du relief est due à l'interprétation, par le cerveau, de deux images légèrement différentes d'un même objet.

La stéréophotographie a pour objet la restitution du relief à partir d'une image en 2D. Cette image 2D est le résultat de la mise à plat d'images de la vision de chaque œil, traitées particulièrement dans ce but : filtrage, ajustement du décalage, . . .

De nombreuses techniques existent, mais seul l'anaglyphe photographique est abordé dans cet article.

Le diaporama présentées à l'exposition est un ensemble d'anaglyphes en couleurs (Couëron) et en Noir et Blanc (Ethel, Fanées).

Au cinéma il s'agit de projeter les images correspondant à la de scènes vues de l'œil gauche et de l'œil droit, selon plusieurs alternatives :

_ **Projection polarisée**, en dissociant les ondes polarisantes horizontales et verticales des images gauche et droite avec des filtres spécifiques. Le cerveau aperçoit deux images différentes et reconstitue le relief observable avec des lunettes « passives ».

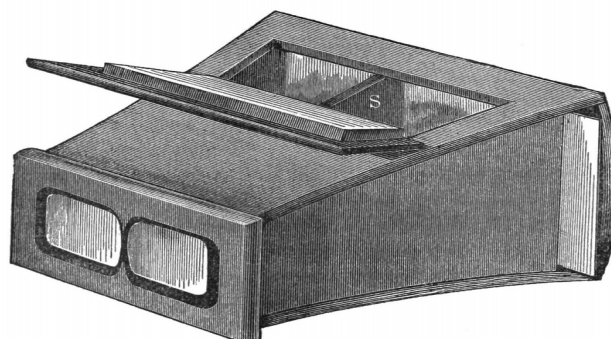
_ **Projection alternée**, en alternant la projection avec une cadence proche de la mémoire rétinienne (1/30ème seconde) la vision gauche et droite. Le relief est perceptible grâce à des lunettes « actives » à cristaux liquides qui occultent, synchronisées à la projection, un côté puis l'autre.

_ **Anaglyphe**, en filtrant chacune des images au moyen de deux couleurs complémentaires, le cerveau les réassocie pour donner une image 3D.

Historique

1838, découverte du principe de la stéréoscopie par Charles Wheatstone qui fabrique les premiers stéréoscopes : deux dessins (2D) décalés permettaient de voir la scène en 3D.

1844, adaptation du stéréoscope à la photographie par David Brewster.



1850, commercialisation à Paris de l'invention de Brewster par Soleil et Dubosc.

1853, commercialisation des premiers appareils stéréo photographiques : Mackenstein, Voigtländer, ...

1853, invention du filtrage par les couleurs (anaglyphes).

1853, édition du premier livre de stéréoscopie par Claudet, (Londres), suivi en 1856 par celui de David Brewster (réédité en 1970).

1858, première projection publique d'anaglyphes par D'Almeida, à Paris,

1893, commercialisation du Vérascope de Jules Richard, boîtier stéréo photographique et premier (!) appareil photo rechargeable en plein jour.



1893,
création de la
Stereoscopic
Society à
Londres.

1903, Création du Stéréo-Club Français.

1915, le premier film de cinéma en relief, par le procédé "des éclipses".

1949, premier appareil photo stéréo construit par centaines de milliers : le "Realist" de Seton Rochwite.

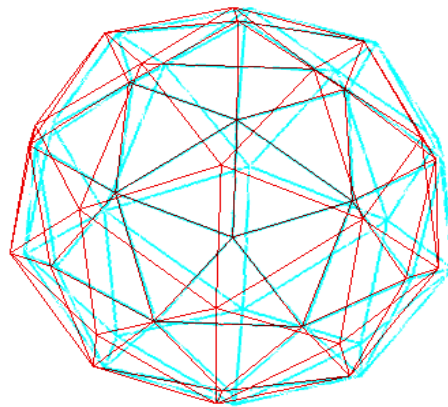


1990, cinéma en relief sur grand écran IMAX 3D.

Principe

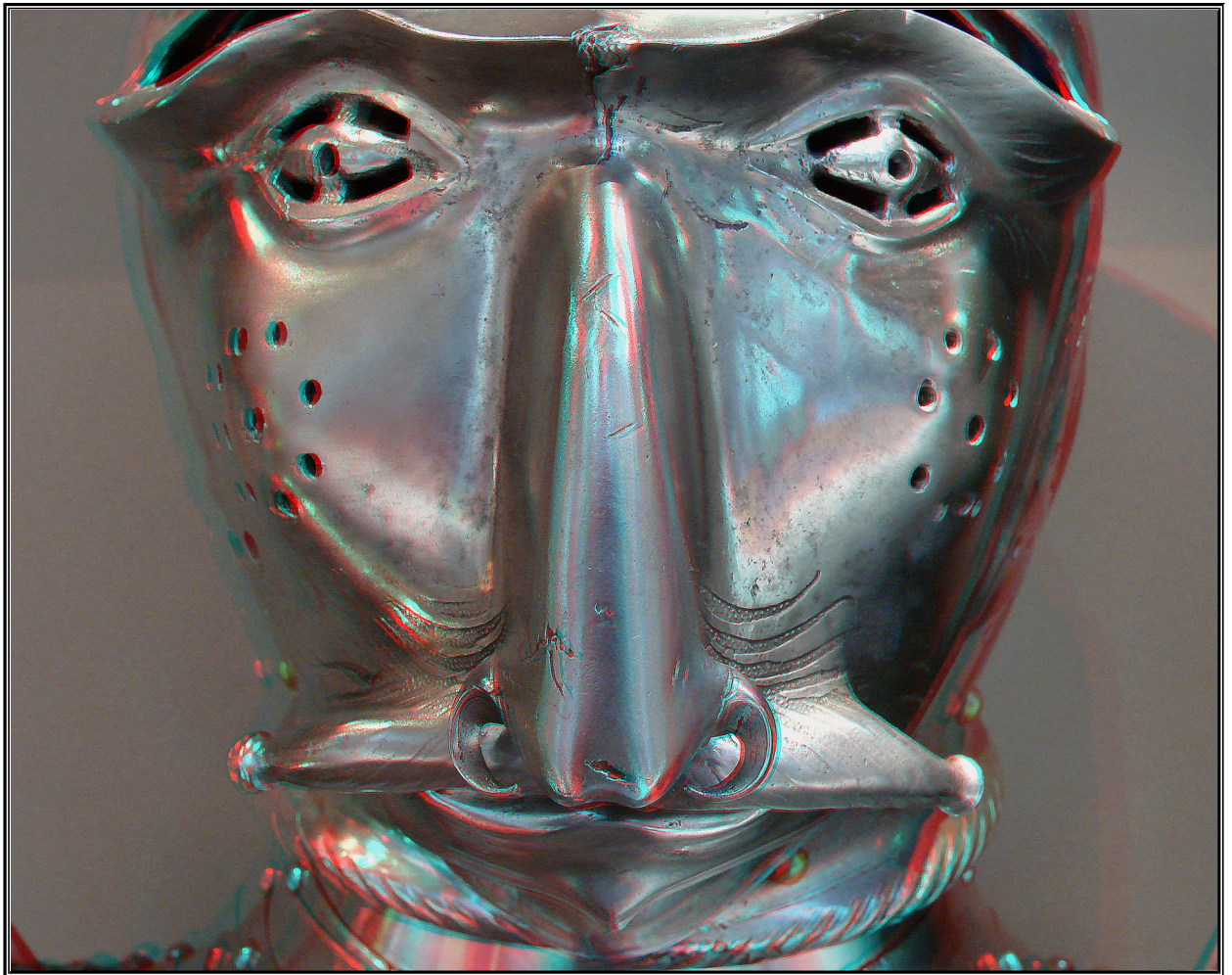
Anaglyphe vient du grec anaglyphos : -ana- qui veut dire du haut vers le bas et glyphe qui veut dire ciselure (ciselé, comme un bas relief).

Un anaglyphe est le résultat de la fusion 2D avec un décalage, d'un couple de photo correspondant à la vision de chaque œil. Le plus fréquemment l'image correspondant à l'œil gauche est filtrée en rouge et l'image correspondant à l'œil droit est filtrée en cyan.



i

A l'observation, sans les lunettes filtrantes adaptées, un anaglyphe apparaît comme une photo en Noir et Blanc ou en couleurs inhabituelles, présentant des franges colorées rouge et cyan.



Réalisation des anaglyphes

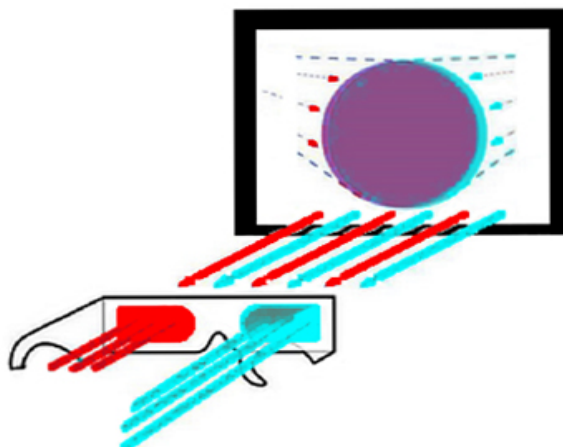
En pratique, on réalise deux clichés d'un même objet, décalées de 6,5 cm environ (équivalent à l'écart pupillaire).

En post production, l'informatique permet facilement :

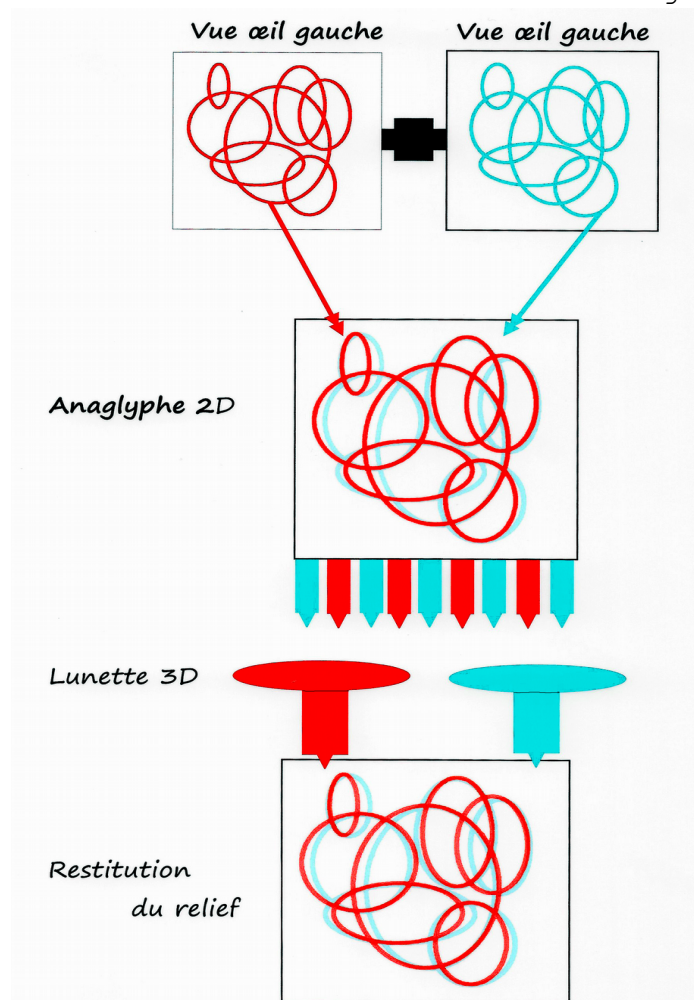
- _ le filtrage couleur : image de gauche en rouge et l'image de droite en cyan, couple de couleurs complémentaire le plus fréquemment utilisé,
- _ le décalage, l'ajustage et la superposition des deux clichés,
- _ l'impression sur papier.

Visualisation des anaglyphes

Pour restituer l'illusion du relief d'un anaglyphe imprimé ou projeté en 2D, il faut restituer la visions de l'image de droite par l'œil droit et la vision de l'image de gauche par l'œil gauche.



Un filtrage est nécessaire, avec des lunettes «3D» du même couple coloré que celui utilisé pour créer l'anaglyphe : le rouge et cyan, dans notre cas. Le cerveau restitue l'impression du relief en recombinaison ces deux vues décalées en une seule image.



Lunettes pour anaglyphe

La dissociation des deux vues du couple de l'anaglyphe avec des lunettes «3D» spécifiques s'appuie sur les propriétés des filtres :

un filtre laisse passer sa couleur,

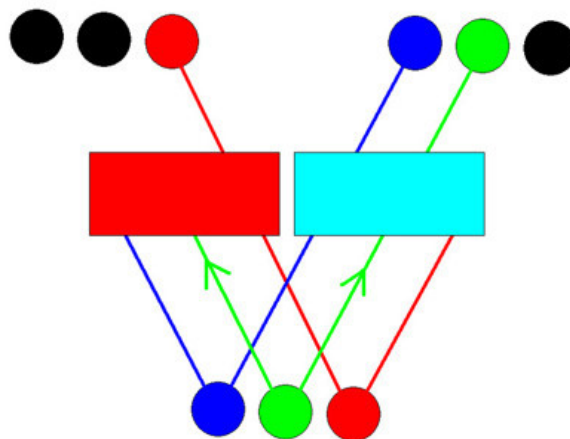
un filtre retient -par absorption- sa couleur complémentaire.

Ce que l'on peut formuler, dans le cas de l'anaglyphe rouge/cyan :

le Filtre rouge absorbe les couleurs bleue et verte, c'est à dire le cyan, couleur secondaire somme de ces deux couleurs primaires,

le Filtre cyan absorbe le rouge.

C'est par abus de langage, que le noir est cité comme une couleur, c'est de fait l'absence de couleur.



(le noir traduit l'absence de couleur)

D'autres couples couleurs, présentant des propriétés analogues, sont applicables pour la réalisation des anaglyphes :

Magenta / Vert,

Bleu / Jaune.

La lumière blanche

La lumière blanche, dans laquelle nous baignons, la lumière solaire, correspond à la partie du spectre d'ondes électromagnétiques que voit le cerveau par l'intermédiaire des yeux. C'est la somme d'une multitude de radiations monochromatiques.

L'infinie variabilité des ces couleurs et de leurs nuances est matérialisée par la décomposition de la lumière traversant des gouttes d'eau en donnant un arc en ciel.

Pour les physiciens ces couleurs et leurs nuances sont définies par leurs longueurs d'onde.

	Limites selon Abney	Limites selon Listing	Centre selon Rood	Selon Fleury
Rouge	Fin spectre à 620	723 à 647	700	750 à 650
Orange-rouge .			620,8	615
Orange	620 à 592	647 à 585	597,2	605
Jaune-orange .			587,9	595
Jaune	592 à 578	585 à 575	580,8	580
Vert	578 à 513		527,1	520
Bleu-vert.....	513 à 500		508,2	490
Bleu cyané ...			496	
Bleu	500 à 464	492 à 455	473,2	470
Outremer* ...	464 à 446	455 à 424	438,3	
Violet	446 à fin du spectre	424 à 397	405,9	400 à 380

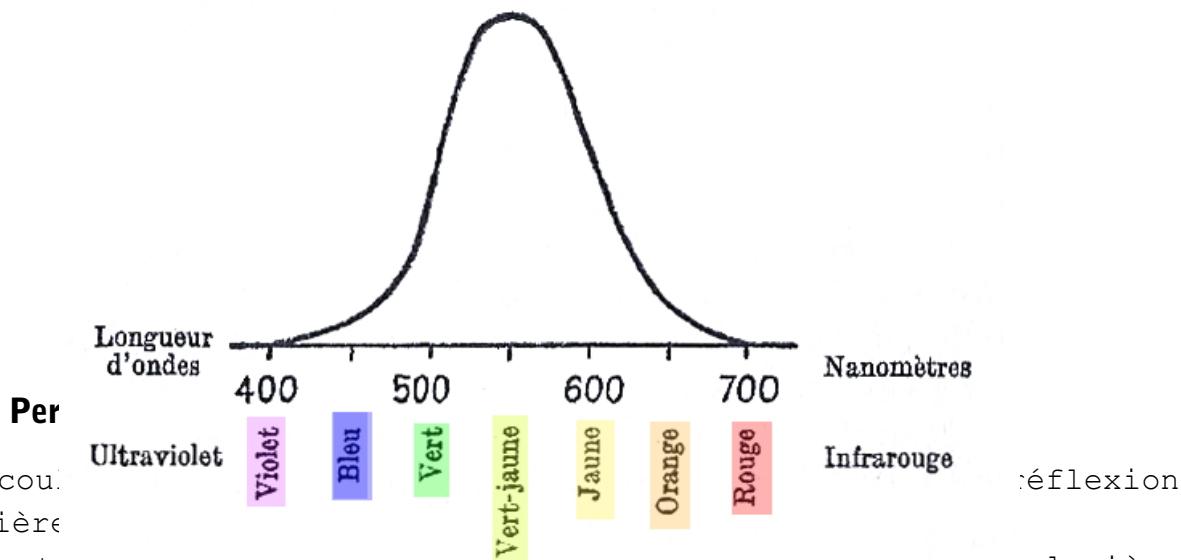
en nanomètres

Vision des couleurs

L'œil permet la vision colorée grâce aux cellules cônes, présentes dans la rétine et sensibles soit au rouge, au vert ou au bleu. Les cellules bâtonnets par contre sont sensibles à l'intensité des radiations.

Les cônes et les bâtonnets ne sont pas uniformément répartis. En conséquence l'œil a une sensibilité variable selon les couleurs.

La zone vert-jaune est la lumière la mieux perçue par l'œil humain.



Courbe de sensibilité de l'œil humain

Les couleurs de la lumière que nous voyons sont le résultat de la réflexion de la lumière blanche. A proprement parler, la lumière du jour, observée à l'extérieur, est blanche car les molécules organiques présentes dans son écorce absorbent l'ensemble des radiations de la lumière blanche (comme un filtre) et ne renvoient que celles correspondant au jaune.

Rendu des couleurs

Couleurs par réflexion

On peut reconstituer la lumière blanche par le mélange de faisceaux colorés des trois couleurs primaires : rouge, vert, bleu.

Par mélange deux à deux des trois couleurs primaires on obtient les trois couleurs secondaires :

jaune $\leq$ rouge + vert,
magenta $\leq$ rouge + bleu,
cyan $\leq$ bleu + vert.

La somme des couleurs primaires
tend à donner du blanc.

Le noir traduit l'absence de couleur.

Nota : Ce système est appliqué au cinéma et pour les écrans rétro éclairés par micro-diodes RVB.

En conséquence, pour éclairer un objet avec la nuance voulue d'une couleur il faut interposer le filtre de cette nuance de couleur entre la source de lumière blanche et l'objet.



C'est la synthèse soustractive des couleurs.

Création des couleurs couchées

Pour reconstituer les couleurs couchées (peinture, photo couleur, tirage par imprimante) le mélange de trois pigments est nécessaire et suffisant pour reproduire toutes les couleurs et leurs nuances :

jaune, magenta, cyan..

Par mélange deux à deux des trois pigments on obtient les trois couleurs primaires

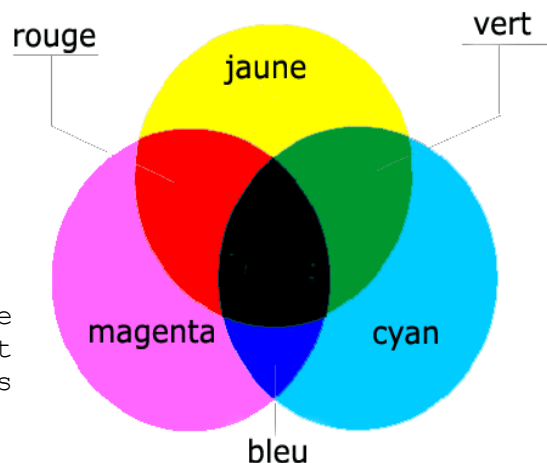
magenta + cyan $\Rightarrow$ bleu,
jaune + cyan $\Rightarrow$ vert,
jaune + magenta $\Rightarrow$ rouge.

La somme des couleurs primaires
tend à donner du noir.

Le blanc traduit l'absence de pigment,
c'est la couleur du support.

En conséquence, pour créer, la nuance précise d'une couleur choisie il faut mélanger, en quantités exactement mesurées ces trois pigments.

C'est la synthèse additive des couleurs.



Nota : pour plus d'efficacité et pallier à la difficulté de disposer de pigments purs on est amené à utiliser, en complément, des pigments noir et blanc