

Bases de photométrie/Colorimétrie

Romarc JOURNET

IOGS

SC19 Vision Industrielle

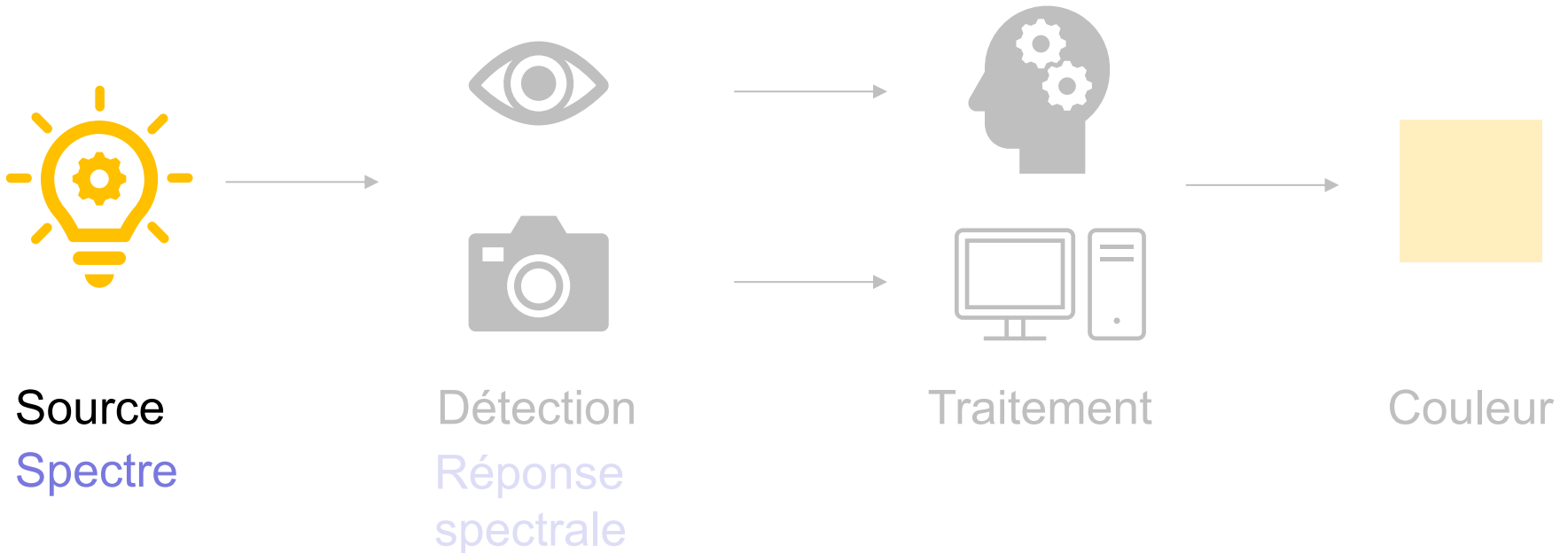
romarc.journet@institutoptique.fr

- Découvrir les principes de la vision trichromatique
 - Cas de la vision humaine
 - Cas des caméras RGB
- Introduire quelques grandeurs utiles tirées de la norme CIE1931
 - Caractérisation de la couleur d'un échantillon (Tristimuli XYZ, diagramme de chromaticité xy)
 - Température de couleur
- Notions de métamérisme
 - Pour les sources : métamérisme fondamental
 - Pour les objets : métamérisme d'illuminant

Qu'est-ce que la couleur ?

La couleur n'est pas une grandeur physique.

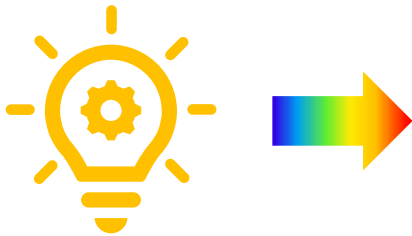
La couleur est une **sensation** faisant intervenir toute une chaîne d'acquisition qui construit cette sensation à partir de **grandeurs physiques**.



On distingue deux grandes familles de sources

Sources primaires

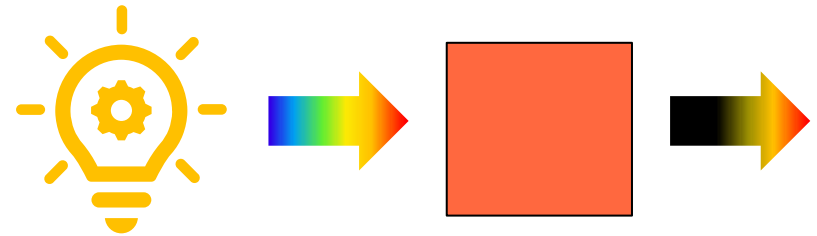
- Produisent leur propre lumière



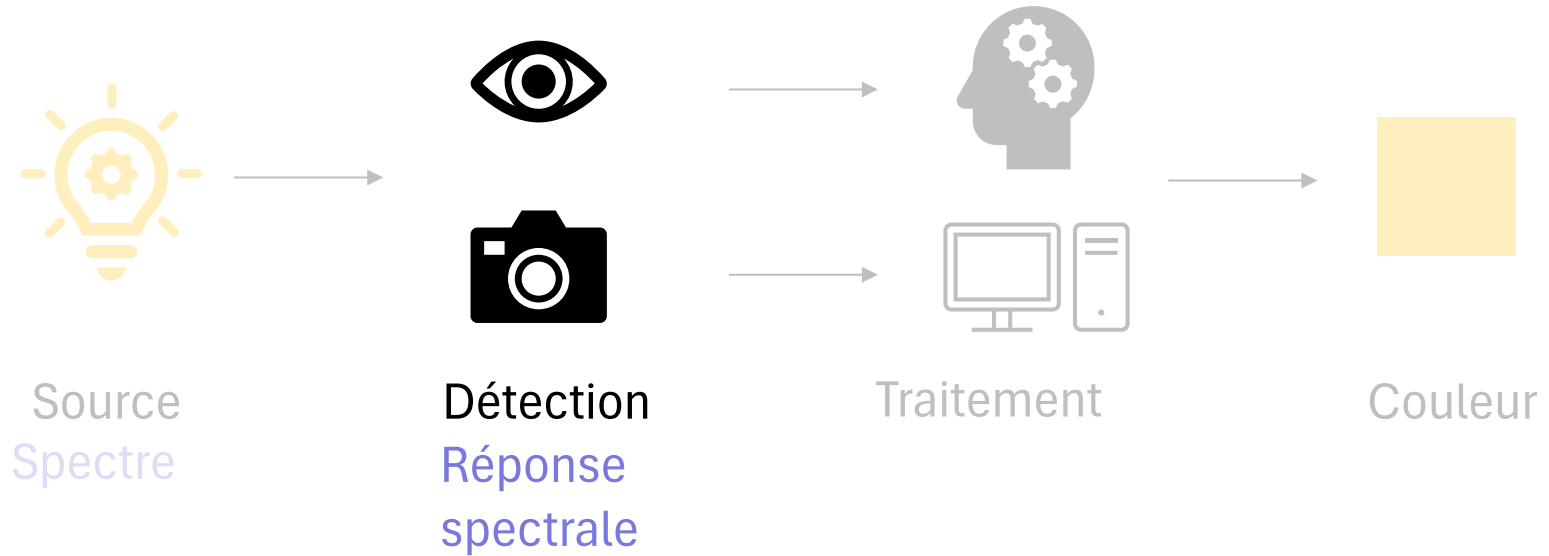
- Caractérisées par leur spectre d'émission

Sources secondaires

- Diffusent la lumière produite par une source primaire

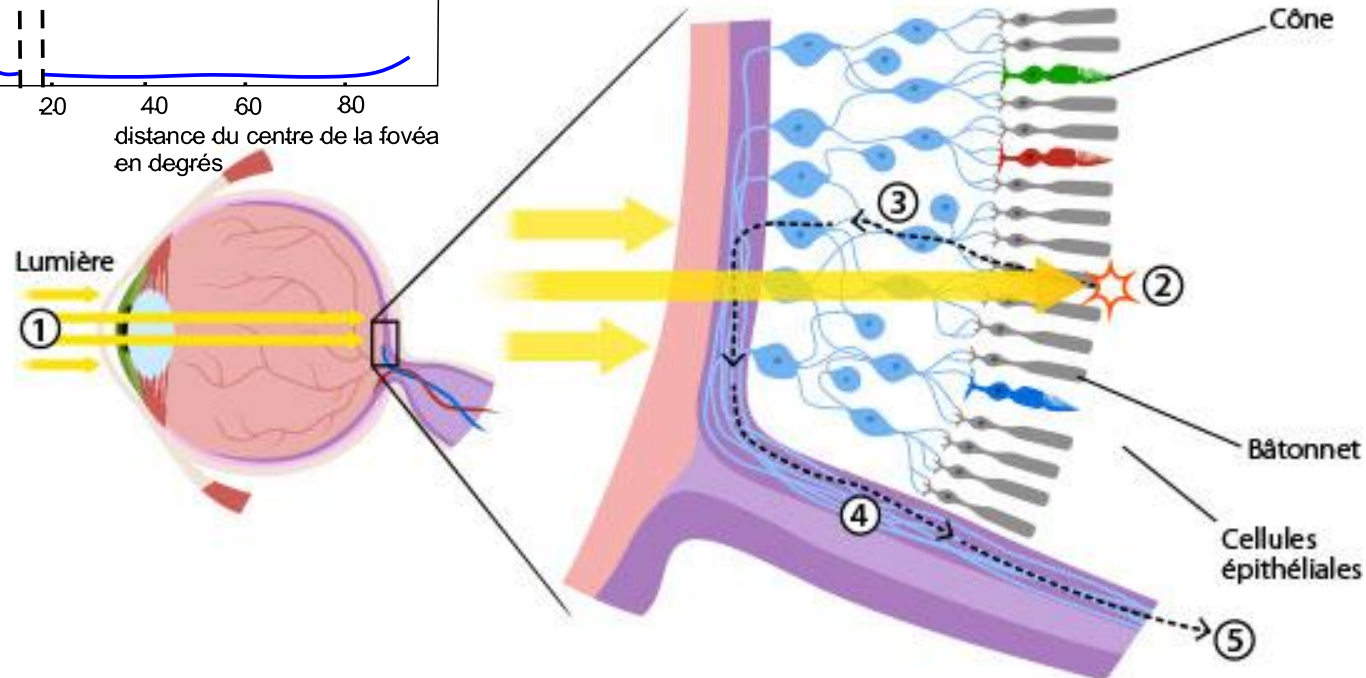
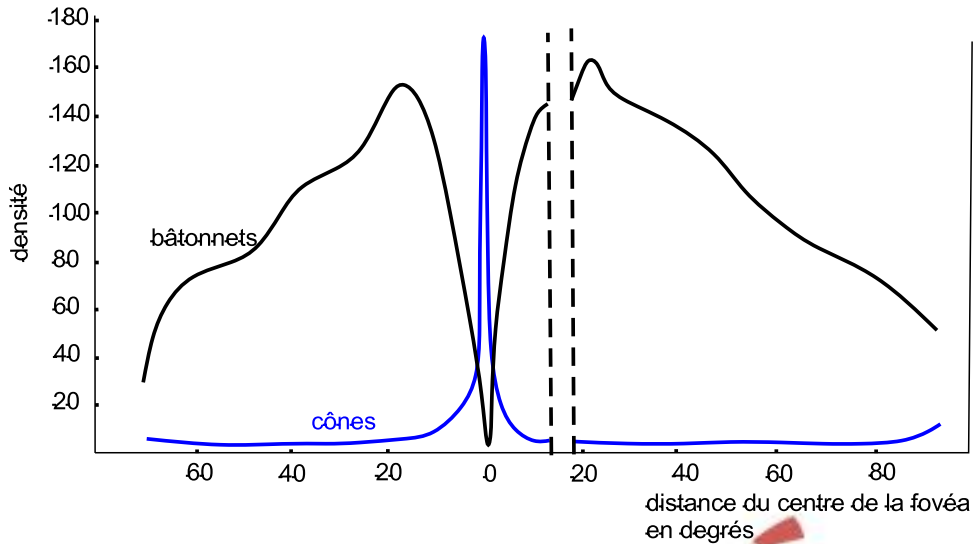


- Caractérisées par le spectre de l'illuminant et leur spectre en réflectance



- Œil humain
- Caméras couleurs
- Spectromètre, caméras hyperspectrales

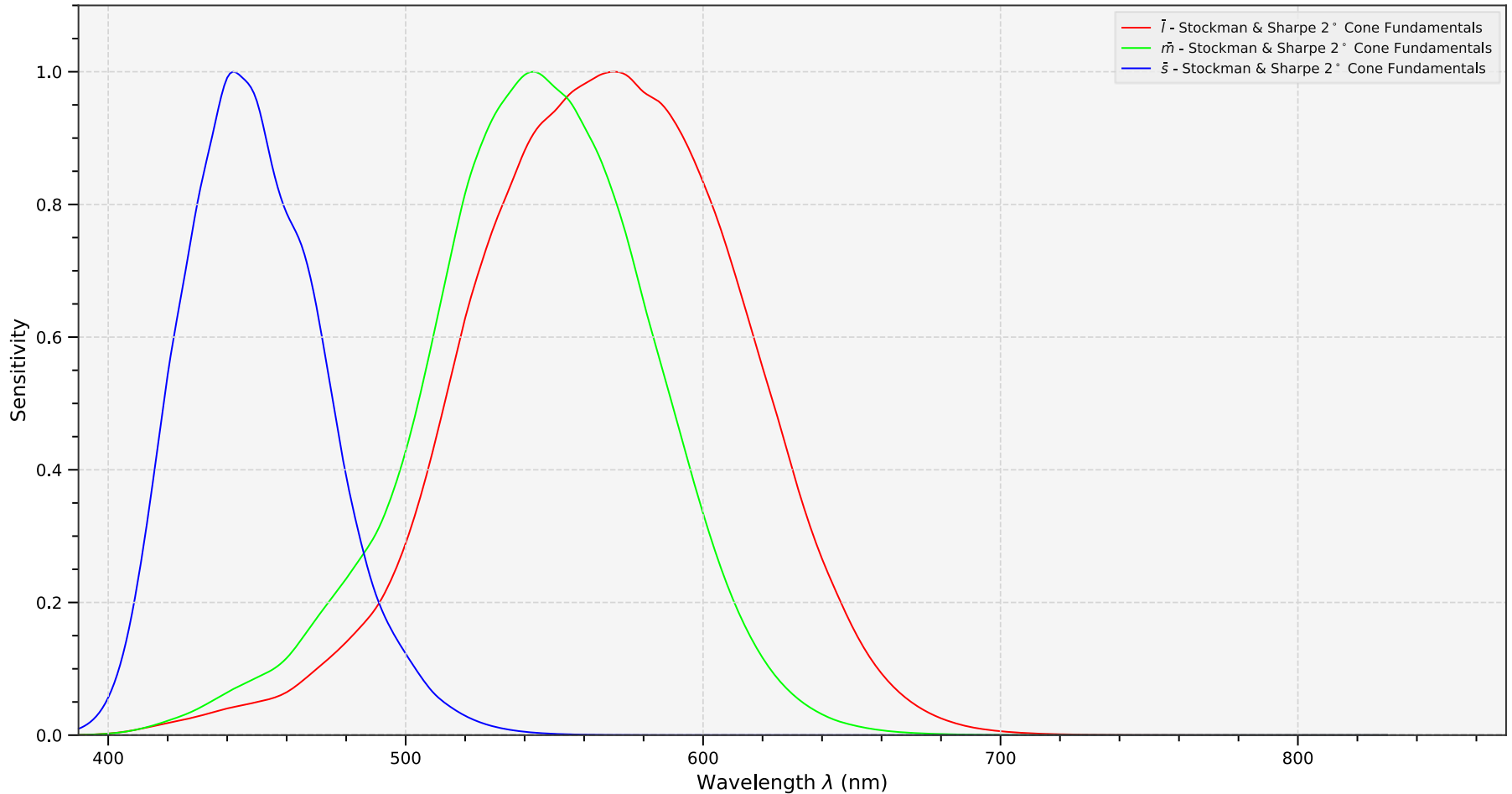
Capteur : La rétine humaine



<https://askabiologist.asu.edu>

Par Pancrat — Travail personnel, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17595171>

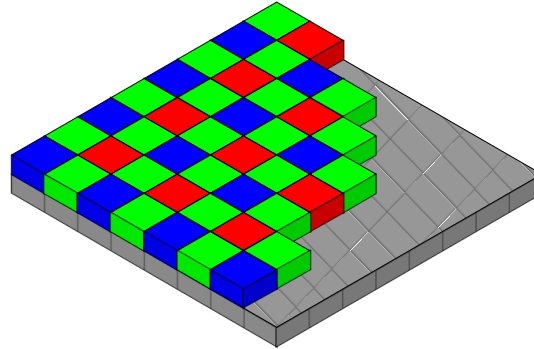
Stockman & Sharpe 2° Cone Fundamentals - Colour Matching Functions



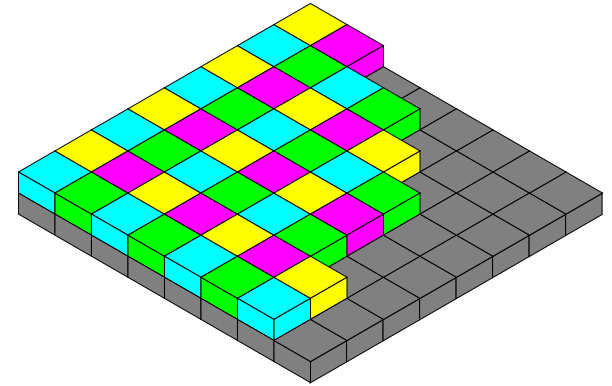


- Idée : « Trois types de détecteur à partir du spectre on construit trois « nombres » »
- Constats empiriques :
 - ces trois nombres suffisent (en vision photopique = « de jour ») à caractériser la couleur de la source et sa luminance (**trivariance visuelle**)
 - On postule la **linéarité** entre les excitations et les couleurs perçues

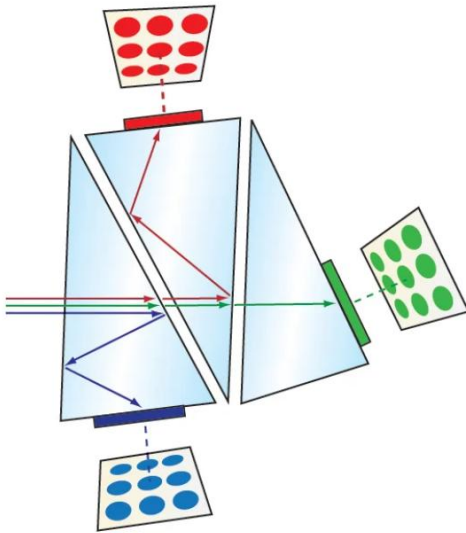
Et pour les caméras couleurs ?



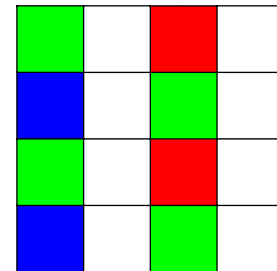
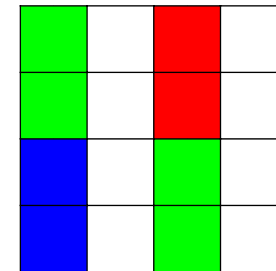
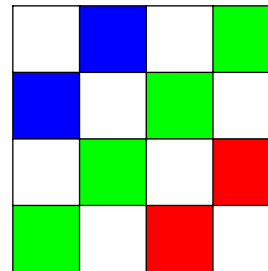
Bayer



CYGM



Multiple capteur



KODAK RGBW

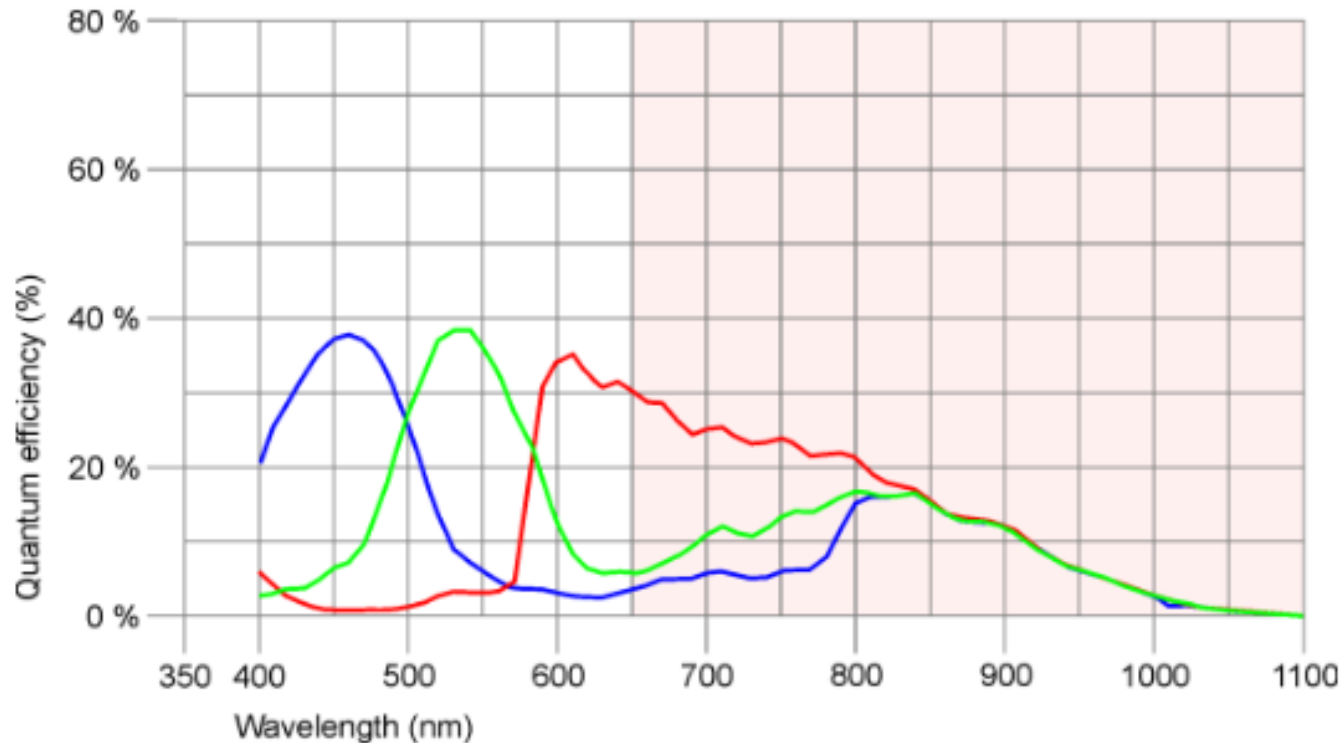
Par Cburnett — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1496858>

D'après Edmund optics

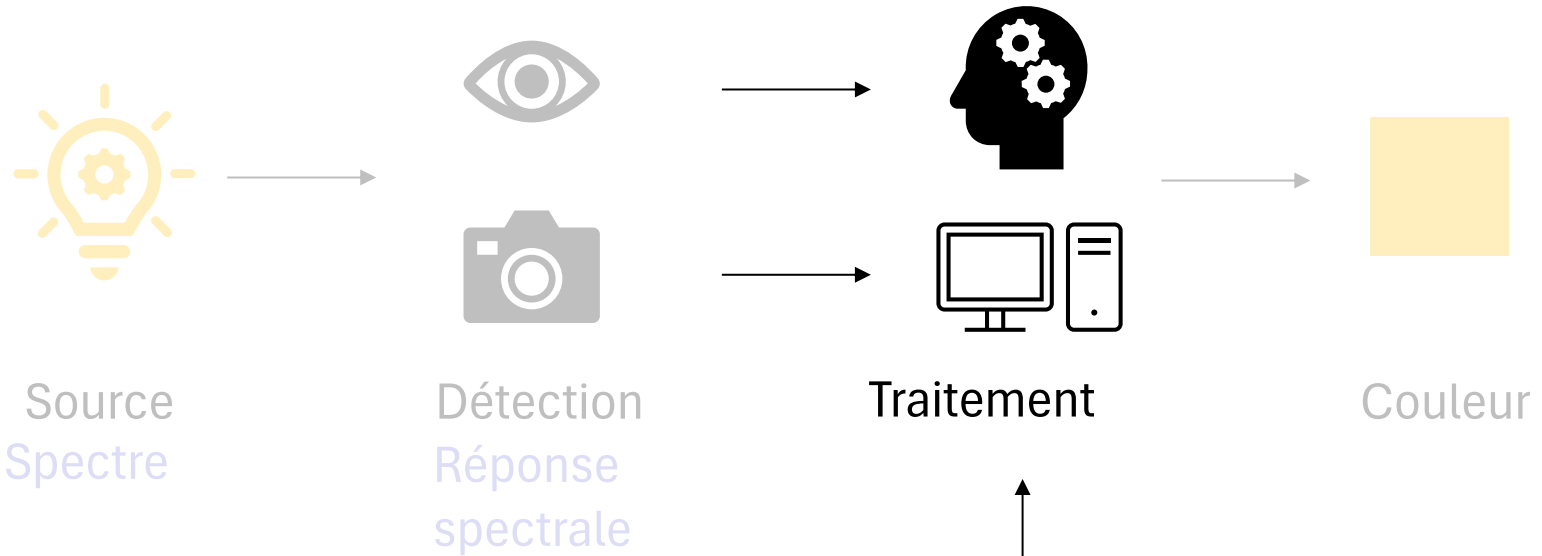
Par Cburnett, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2262624>

By Sarang - Kodak RGBW patterns.svg on English WP, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33304336>

Et pour les caméras couleurs ?



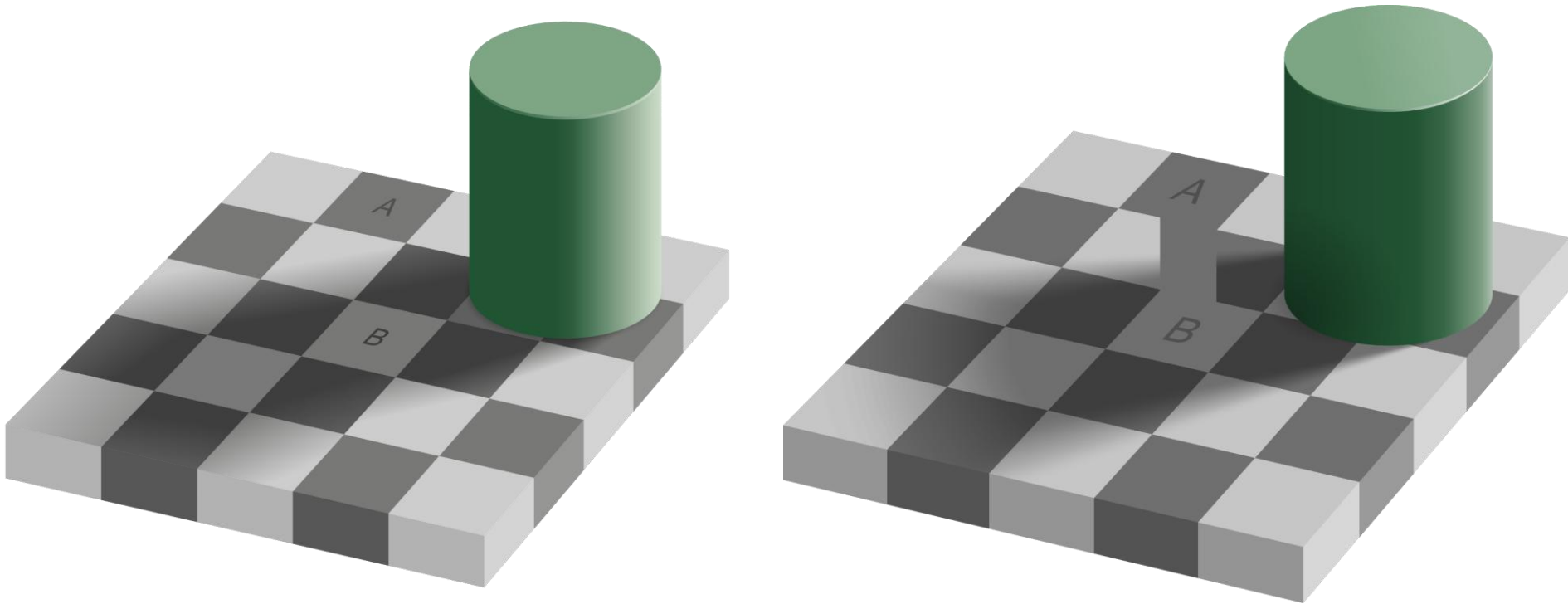
Capteur CMOS uEye
UI-5250CP-C-HQ Rev.2.2 (AB12042)



Importance du contexte

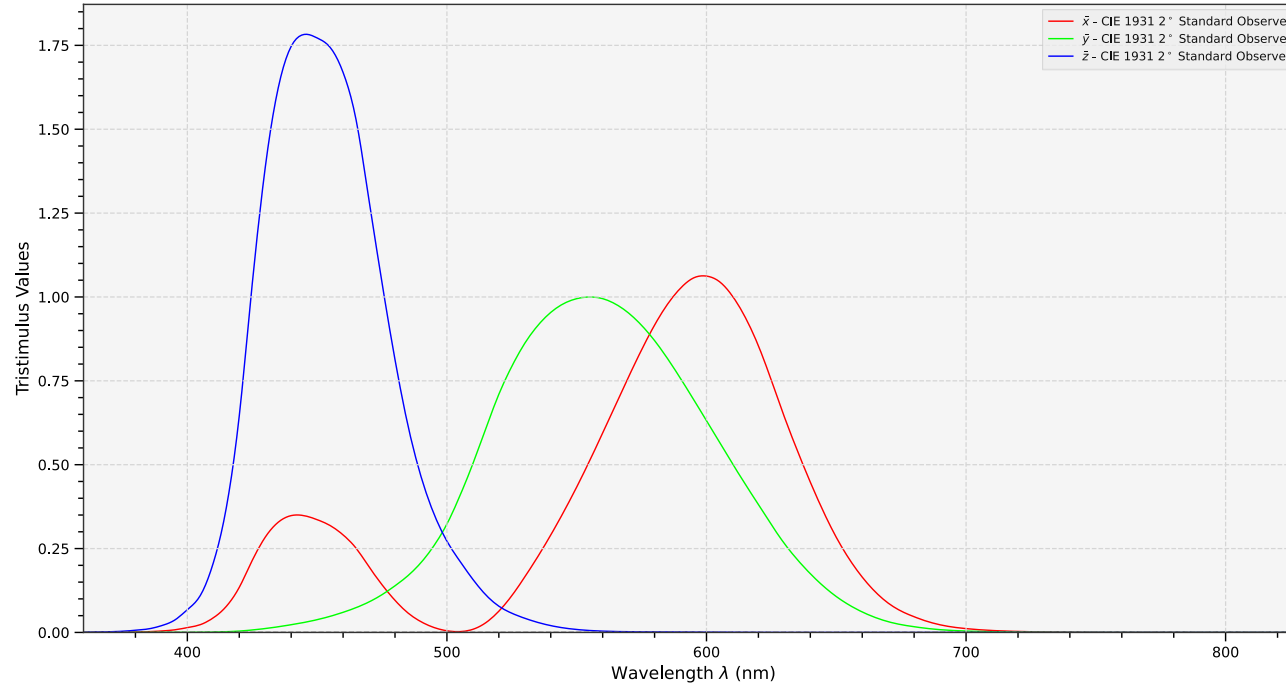
- Adaptation chromatique/balance des blancs
- Interprétation de l'image
- ...

Illusion de Adelson



- CIE = Commission Internationale de l'Eclairage
- Définit l'espace colorimétrique CIE 1931 XYZ
 - A partir du spectre on construit trois coordonnées dans un espace 3D
 - Tous les points de cet espace ne sont pas accessibles
- Beaucoup d'autres normes depuis 1931 : 1964, 1976, ...
- Et d'espaces : $U^*V^*W^*$, $L^*a^*b^*$, $L^*u^*v^*$, ...

CIE 1931 2° Standard Observer - Colour Matching Functions



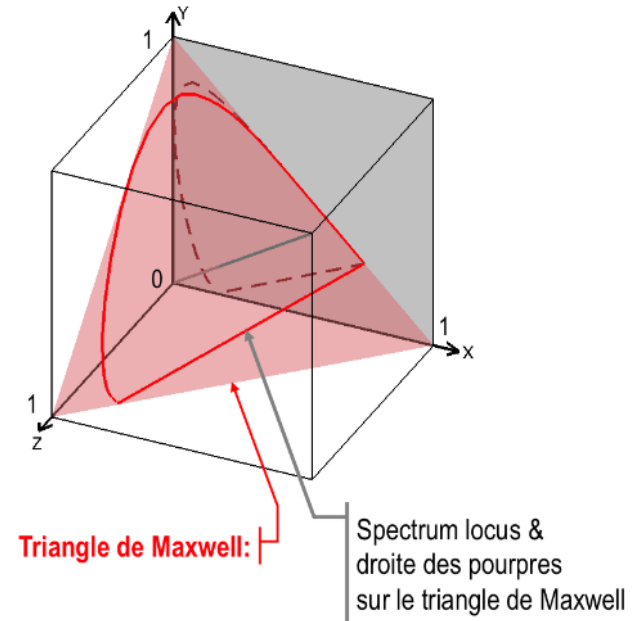
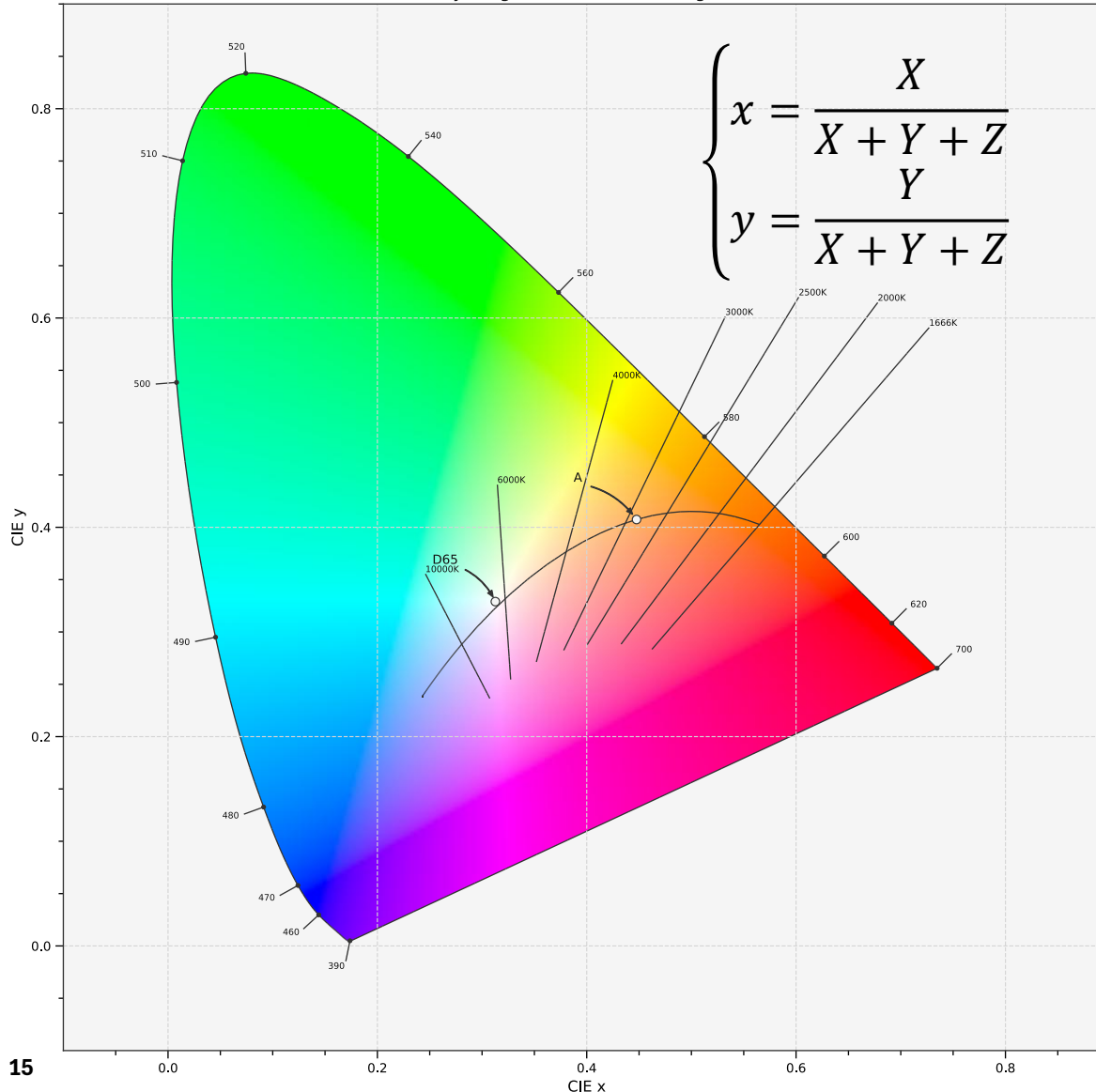
$$\begin{cases} X = K_m \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda) L_{e,\lambda}(\lambda) d\lambda \\ Y = K_m \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda) L_{e,\lambda}(\lambda) d\lambda \\ Z = K_m \int_0^{\infty} \bar{z}(\lambda) L_{e,\lambda}(\lambda) d\lambda \end{cases}$$

$$K_m = 683 \text{ lm/W}$$

- $L_{e,\lambda}(\lambda)$ est la luminance énergétique spectrique (en $\text{W/sr/m}^2/\text{nm}$) contient l'information spectrale de la source
- Y donne la luminance visuelle de la source
- **Attention $(X, Y, Z) \neq (R, G, B)$**

Diagramme de chromaticité xy

A, D65 Illuminants - Planckian Locus
CIE 1931 Chromaticity Diagram - CIE 1931 2 Degree Standard Observer



Crédit : Hervé Sauer cours de colorimétrie 2AP

Ces coordonnées (x, y)
définissent la couleur de la
source échantillon



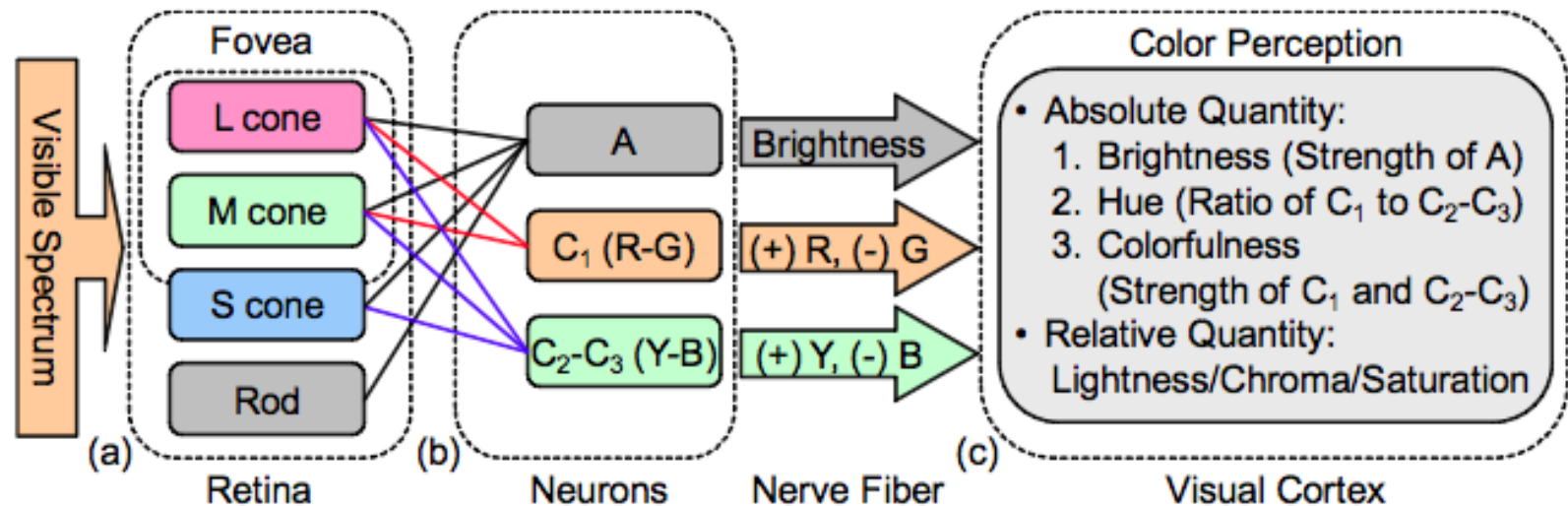
Une conséquence directe de la vision trichromatique : des spectres distincts peuvent donner lieu à la même couleur.

- Pour les sources on parle de **métamérisme fondamental**
- Pour les sources secondaires, on peut avoir égalité des couleurs sous un illuminant mais pas sous un autre. On parle de **métamérisme d'illuminant**

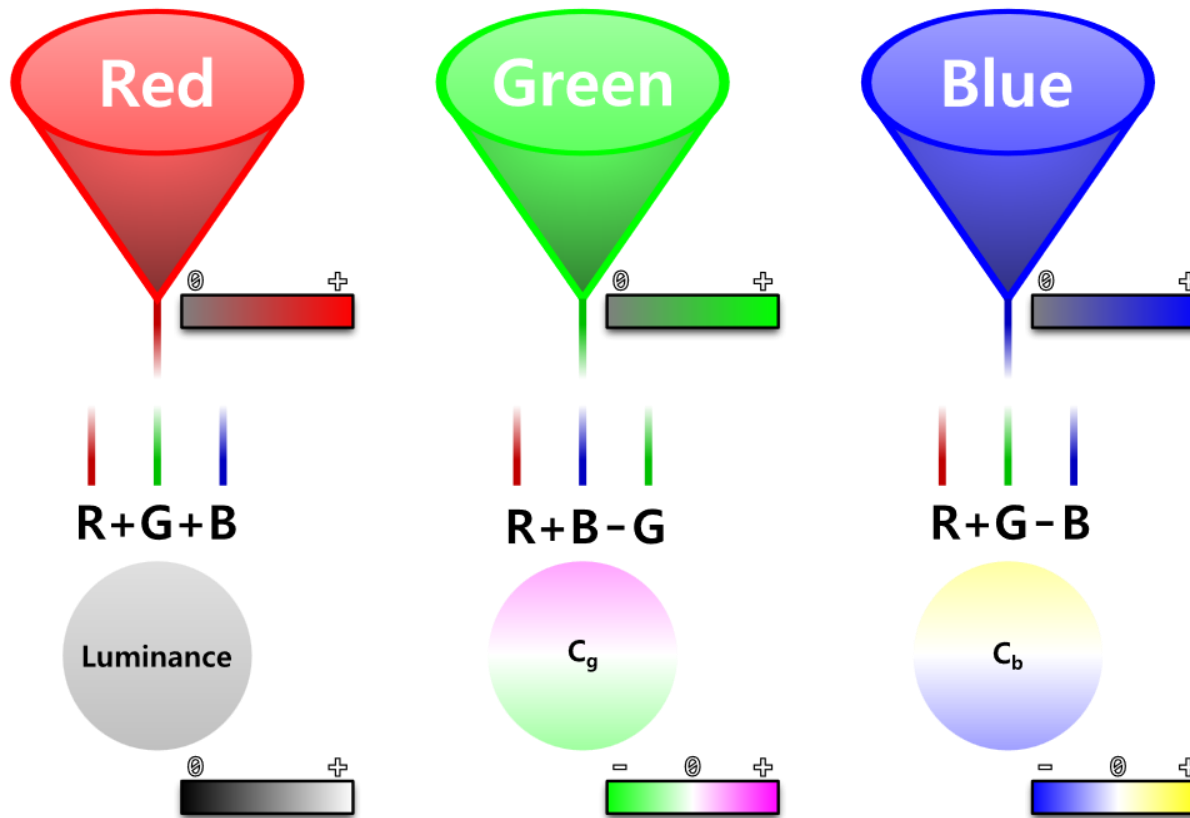
EXEMPLES : Allons voir ça en TP !

ANNEXES

Chaîne d'acquisition plus détaillée



Chaîne d'acquisition détaillée



1. Trichromatic Stage

Trichromatic cone cells respond positively to one of three frequencies exhibited by photons arriving on their surface.

2. Opponent Process Stage

The three color channels are discovered by nearby opponent cells.

Opponent cells tuned to luminosity are excited by the red, green, and blue color signals.

C_g cells are excited by red and blue and inhibited by green. C_b cells are excited by red and green and inhibited by blue.

Par Fatbag — Travail personnel, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19340496>

Attention : RGB ici est à entendre au sens des excitations des différents cônes, d'après la slide précédente la luminance est construite à partir de la somme des excitations des cônes ET des bâtonnets.