

# Vision par Ordinateur

James L. Crowley

DEA IVR

Premier Bimestre 2005/2006

Séance 3

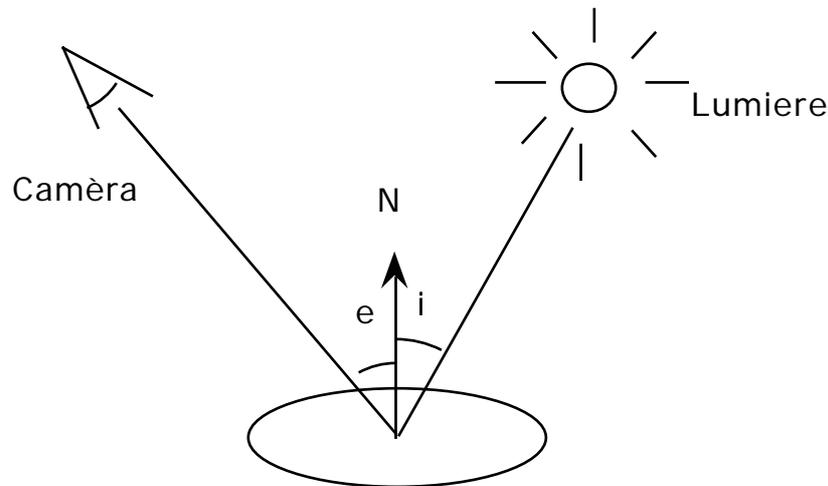
26 Octobre 2005

## Albédo, Reflectance et Couleur

### Plan de la Séance :

La Lumière .....	2
La Spectre .....	2
La Direction d'un rayon.....	3
Réflexion.....	4
Les fonctions de reflection.....	5
Le Modèle de réflexion di-chromatique.....	6
Les Espace de la Couleur .....	7
La Perception de la couleur.....	7
Les Espaces de la Couleur .....	12
l'espace RVB.....	12
l'espace CMY.....	12
L'espace YIQ.....	13
L'espace TLS.....	14
La Distribution de la Couleur d'une Surface .....	15

## La Lumière



Angles entre :

e : Caméra et Normale

i : Rayon incident (entre source et normale)

g : Caméra et Source

## La Spectre

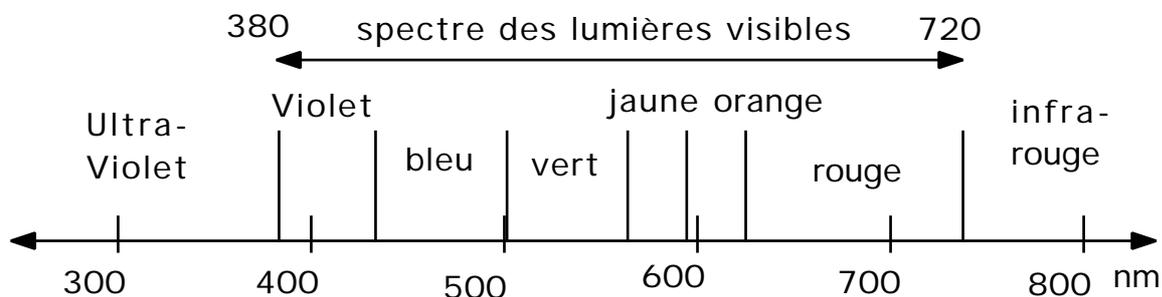
Une source lumière est caractérisé par une spectre :

Il s'agit de l'amplitude (quantité de photons en moyenne) pour chaque

fréquence. La fréquence est décrit par sa longueur d'onde  $= \frac{1}{f}$

Les hommes peuvent percevoir les photons entre 380 nm et 720 nm.

Les caméras disposant d'une rétine en silicium peuvent percevoir d'une spectre de photons plus large.

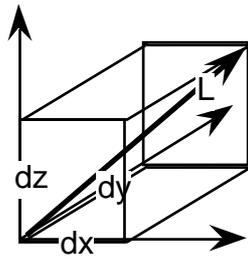


## La Direction d'un rayon

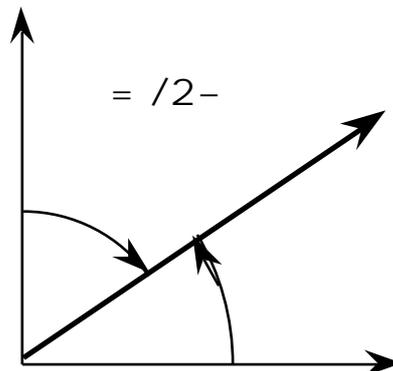
La direction d'une rayone de lumière est définit par une vecteur directeur composé de cosines d'angles.

$$D = \begin{pmatrix} \cos(\theta_x) \\ \cos(\theta_y) \\ \cos(\theta_z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x/L \\ y/L \\ z/L \end{pmatrix}$$

Les cosines de la direction sont la projection de la rayon sur 3 axes, normalisé à une longuer de unité.



Par exemple, en 2D

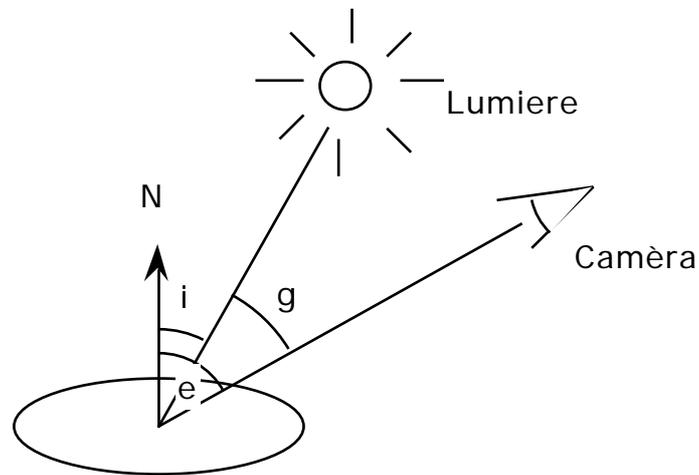


$$D = \begin{pmatrix} x/L \\ y/L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_x) \\ \cos(\theta_y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_x) \\ \cos(\theta_x - \pi/2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_x) \\ \sin(\theta_x) \end{pmatrix}$$

## Réflexion

### L'Albédo d'une Surface

Albédo : propriété de réflectance d'une surface



Angles entre :

e : Caméra et Normale

i : Rayon incident (entre source et normale)

g : Caméra et Source

Les angles sont mesuré en degrés ou en rayons (sur ).

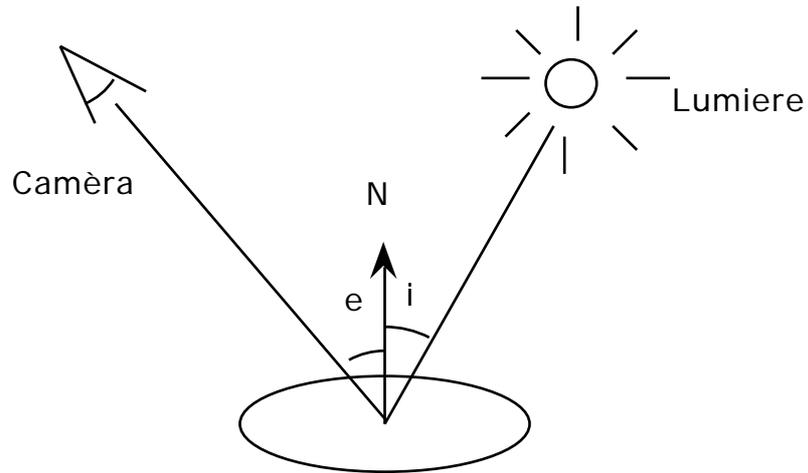
Carte de Réflectance : Ratio

$$R(i, e, g) = \frac{\text{Radiance}}{\text{Irradiance}} = \frac{\text{lumière émise}}{\text{lumière reçue}}$$

## Les fonctions de réflexion

Réflexion spéculaire (la cas d'un miroir)

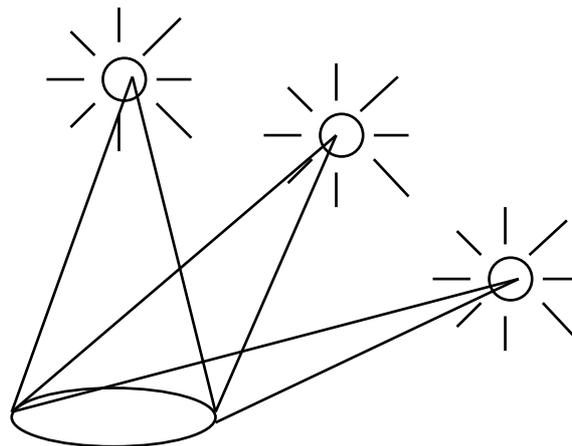
$$R(i, e, g, \lambda) = \begin{cases} 1 & \text{Si } i=e \text{ et } i+e = g \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$



v

Réflexion Lambertienne (exemples : neige, papier)

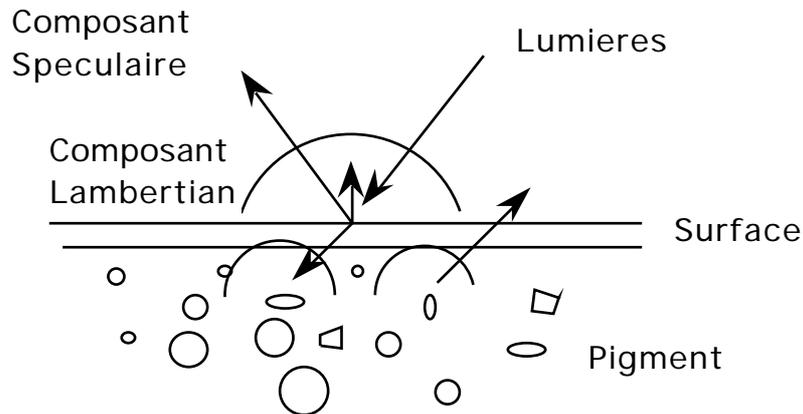
$$R(i, e, g, \lambda) = P(\lambda) \cos(i) \quad (P(\lambda) - \text{Spectre du pigment})$$



## Le Modèle de réflexion di-chromatique

L'albédo d'un objet non-métallique peut être approximé par la composition d'une réflexion "spéculaire" et d'une réflexion "lambertienne".

$$R(i, e, g, \lambda) = C_s R_s(i, e, g, \lambda) + C_l R_l(i, e, g, \lambda)$$



La composante "spéculaire" a le même spectre que la source de la lumière.  $S(\lambda)$ .

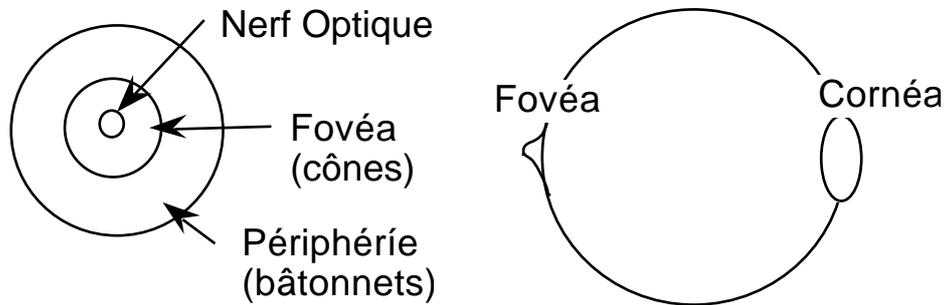
La composante "lambertienne" est "filtrée" par les pigments de la matière  $S(\lambda) P(\lambda)$

La composant "luminant" est déterminé par l'orientation de la surface.

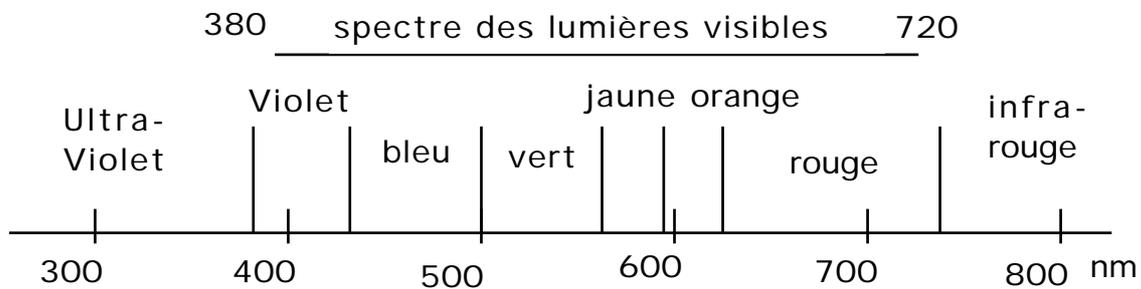
La composant "chrominant" est déterminé par la composition de la spectre de la source et le spectre d'absorption des pigments de la surfaces.

## Les Espace de la Couleur

### La Perception de la couleur



Spectre de la lumière visible pour l'homme :



Le système humain est composé de bâtonnets et de cônes.

Les bâtonnets sont responsables de la perception achromatique et des lumières atténuées.

Ils sont formés d'une pigmentation, la rhodopsine, sensible à tout le spectre, avec un sensibilité maximum de 510 nm (vert).

Ils sont dans la périphérie de la rétine, et donnent une perception de plus faible résolution.

Les cônes sont responsables de notre vision chromatique.

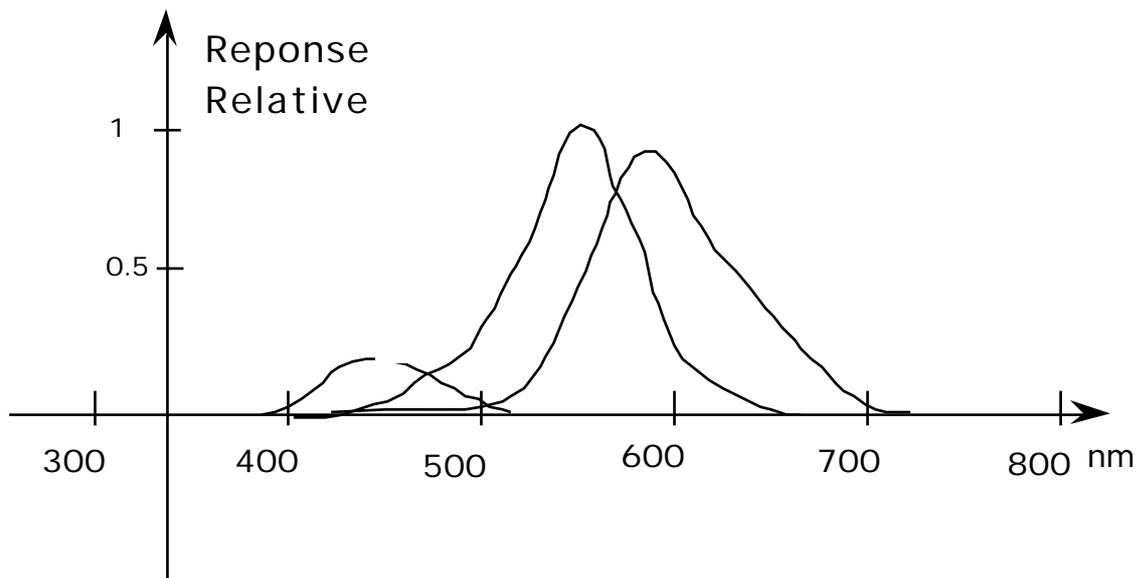
Ils sont concentrés dans une zone appelée la fovéa.

Il y a trois sortes de cônes, distingués par leurs pigments :

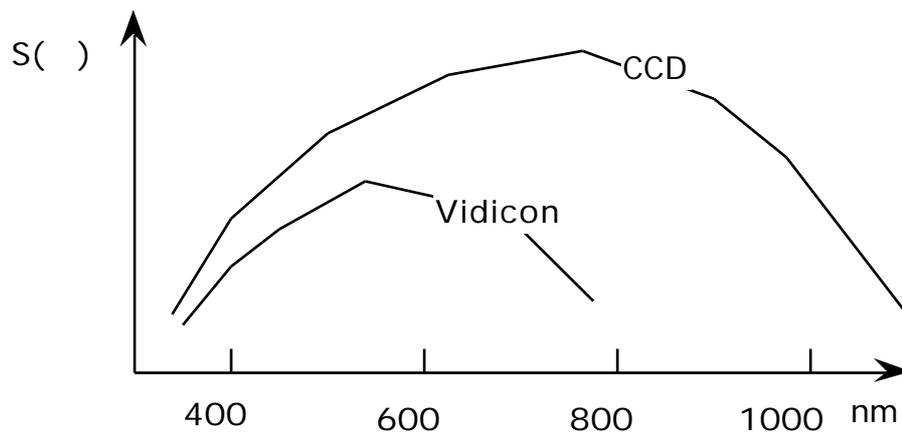
cyanolabe (445 nm),

chlorolabe (535 nm), et

erythrolabe (570 nm)



La transformation entre stimuli de cônes et perception de couleur est un phénomène perceptuel qui n'est pas encore bien modélisé.

La sensibilité des caméras

Intensité de lumière perçue :

elle dépend :

du spectre de la source :  $S(\lambda)$

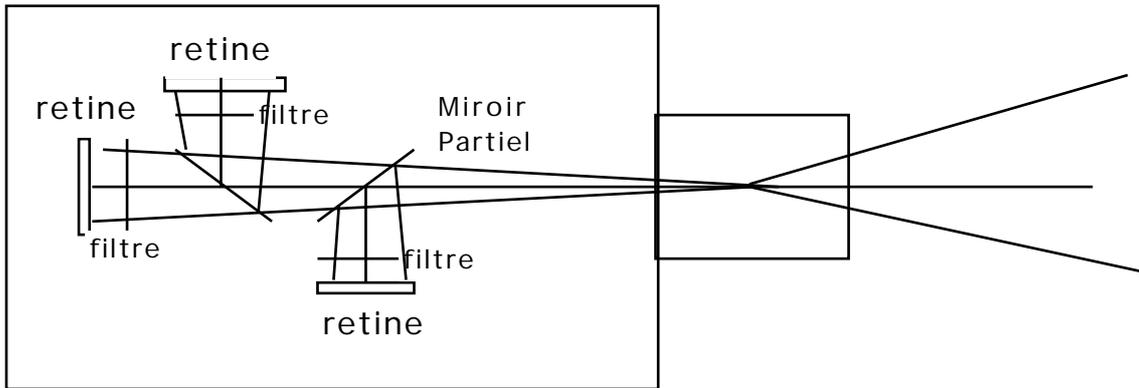
de la réflectance d'un point  $i, j$  de la scène vue :  $R(i, e, g, \lambda)$

et du spectre de réceptivité de la caméra,  $C(\lambda)$

$$p(x,y) = p_0 \int_{\lambda} R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

$p_0$  est le Gain.  $R(i, e, g, \lambda)$  est le cône "vue" par le pixel  $x, y$ .

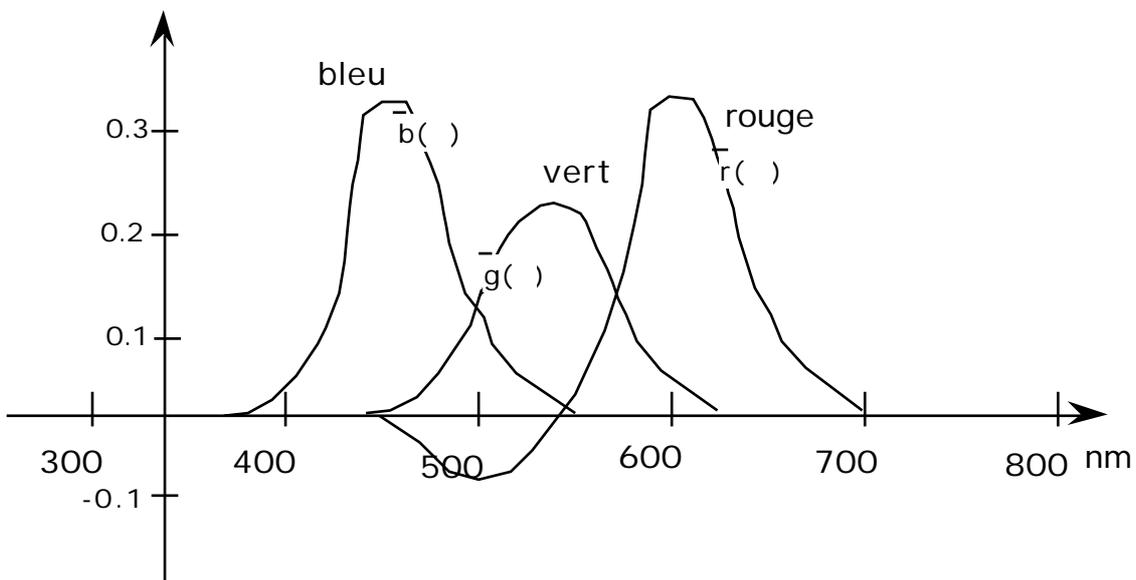
**Caméra couleur "classique" :**



Les filtres suivent un standard défini par la IIC (International Illumination Commission).

Ils sont des fonctions de  $\lambda$  :  $b(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$ , et  $r(\lambda)$ .

Note : ils sont composés d'un autre ensemble de fonctions,  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$ . Ceci permet la valeur négative de  $r(\lambda)$ .



Un pixel "couleur" est défini par :

$$P(x,y) = \begin{pmatrix} R(x,y) \\ V(x,y) \\ B(x,y) \end{pmatrix}$$

où :

$$R(x,y) = r_0 \int_0^\infty R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) r(\lambda) d\lambda$$

$$V(x,y) = g_0 \int_0^\infty R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) g(\lambda) d\lambda$$

$$B(x,y) = b_0 \int_0^\infty R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) d\lambda$$

ou bien :

$$R = r_0 \int_0^\infty R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) r(\lambda) d\lambda$$

$$V = g_0 \int_0^\infty R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) g(\lambda) d\lambda$$

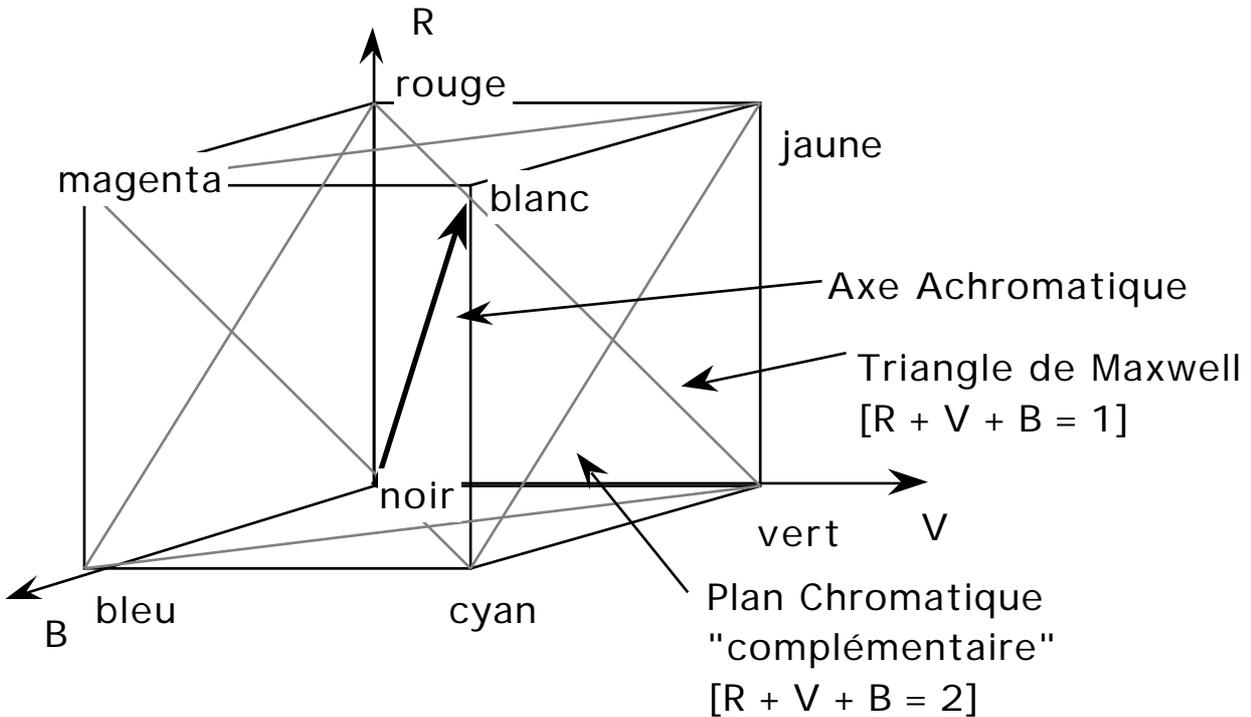
$$B = b_0 \int_0^\infty R(i, e, g, \lambda) S(\lambda) C(\lambda) b(\lambda) d\lambda$$

Donc, la couleur est une projections de la spectre sur les spectres des recepteurs.  
On ne peut pas percevoir la spectre d'une manière directe.

## Les Espaces de la Couleur

### l'espace RVB

Les signaux d'une caméra vidéo nous donnent un espace RVB.  
RVB est un espace ADDITIF.



L'axe achromatique est  $R = V = B$

### l'espace CMY

Une page est imprimé avec les pigments.  
Les pigments sont "soustractifs". Ils absorbent les photons.

On utilise l'espace : CMY : "Cyan-Magenta-Yellow".

$$\begin{array}{l} C \\ M \\ Y \end{array} = \begin{array}{l} R_{\max} \\ V_{\max} \\ B_{\max} \end{array} - \begin{array}{l} R \\ V \\ B \end{array}$$

CMYK est une variation de CMY dans lequel on ajoute du noir (k).

## L'espace YIQ

Le norme TV NTSC des États-Unis utilise l'encodage Y I Q :

$$\begin{array}{rcccc} Y & 0.30 & 0.59 & 0.11 & R \\ I & = & 0.60 & -0.28 & -0.32 & G \\ Q & & 0.21 & -0.52 & -0.31 & B \end{array}$$

Approximation de :

Y = Luminance

I = rouge - cyan

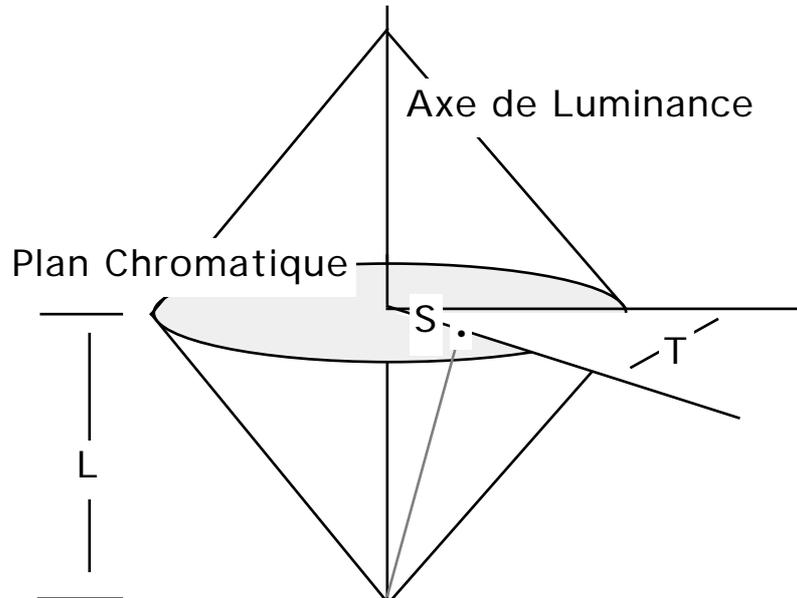
Q = magenta - vert

Les téléviseurs noir et blanc n'affiche que Y.

## L'espace TLS

(en anglais Hue Luminance Saturation - HLS)

Pour mieux modéliser la perception de la couleur, nous pouvons transformer l'espace RVB dans l'espace TLS, composé de teinte, luminance, et saturation :



luminance :  $L = (R + V + B)$

Normalisation des couleurs :

$$r = R / L$$

$$v = V / L$$

$$b = B / L$$

saturation :  $1 - 3 * \min(R, G, B) / L$

teinte : 
$$x = \text{Cos}^{-1} \frac{\frac{1}{2} [(R-V) + (R-B)]}{\sqrt{(R-V)^2 + (R-B)(V-B)}}$$

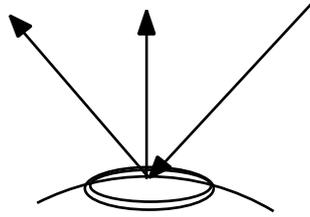
puis si  $b < v$  alors  $T = x$   
 si  $b > v$  alors  $T = 2 - x$

## La Distribution de la Couleur d'une Surface

Qu'est-ce que la couleur d'un reflet ?

Réponse : la couleur de la source.

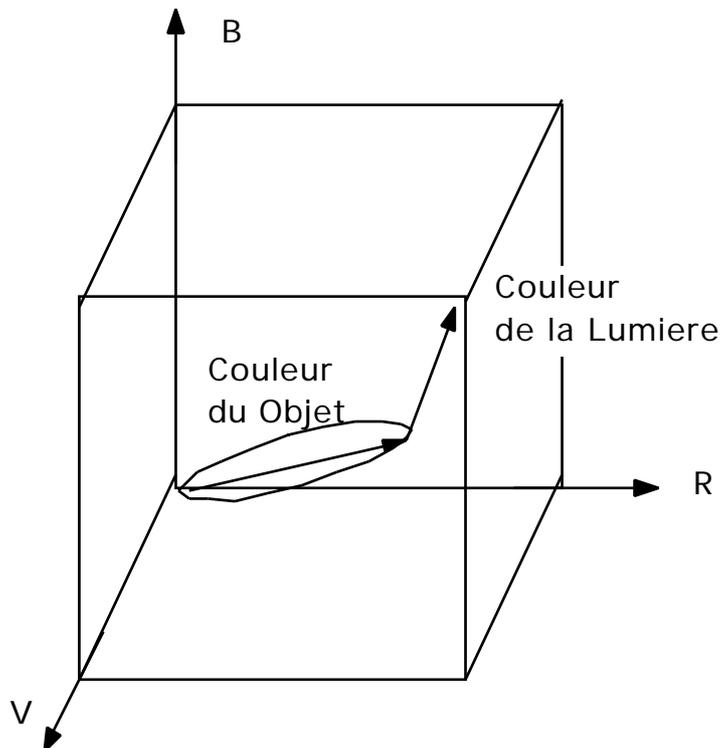
Qu'est-ce qui fait la frontière d'un reflet ?



Le corps d'une surface a la couleur de ses pigments.

Le reflet a la couleur de la source.

La frontière donne une transition :



On peut détecter les deux axes à partir d'un histogramme de couleur.

Un histogramme de couleur est un tableau listant la fréquence d'occurrence pour chaque triple  $(R, G, B)$  dans l'image.

On alloue un tableau 3D de taille  $N_h$  (exemple  $32 \times 32 \times 32 = 32 \text{ K}$  cellules) :

$h(R, V, B)$ . Pour chaque pixel  $C = c(i, j) = \begin{matrix} R(i, j) \\ V(i, j) \\ B(i, j) \end{matrix}$ , on incrémente la cellule de

l'historgramme qui correspond à  $(R, V, B)$

$$h(\mathbf{R}, \mathbf{V}, \mathbf{B}) := h(\mathbf{R}, \mathbf{V}, \mathbf{B}) + 1$$