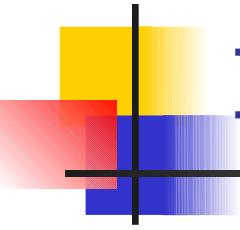


Traitement d'images

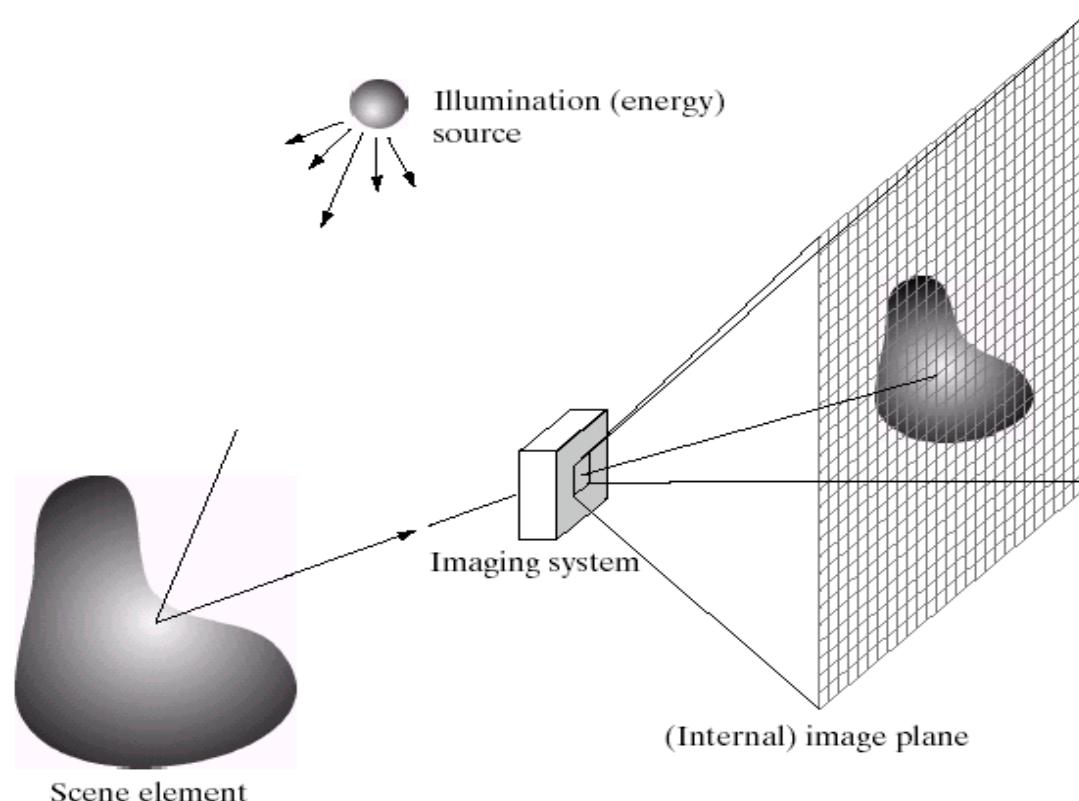
Couleur

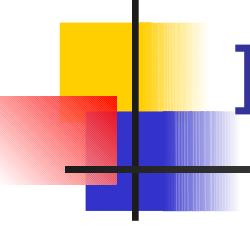
NGUYEN Thi Oanh – IPH
oanhnt@soict.hust.edu.vn



Introduction

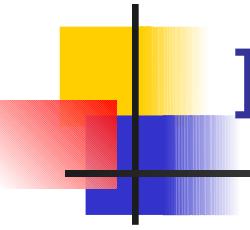
- Pour voir une scène et ses objets, nous avons besoin de lumière. *Sinon, tout est noir.*





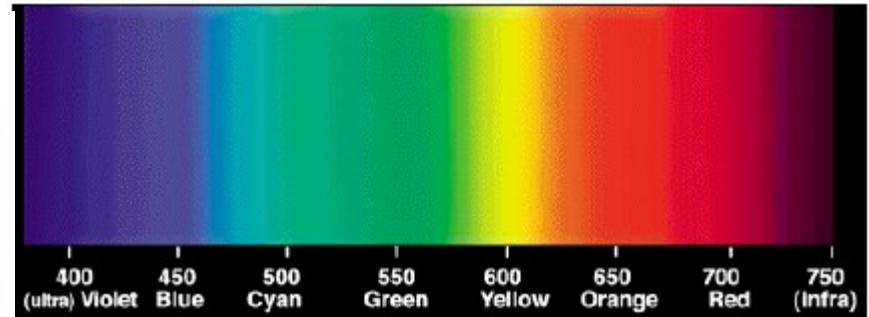
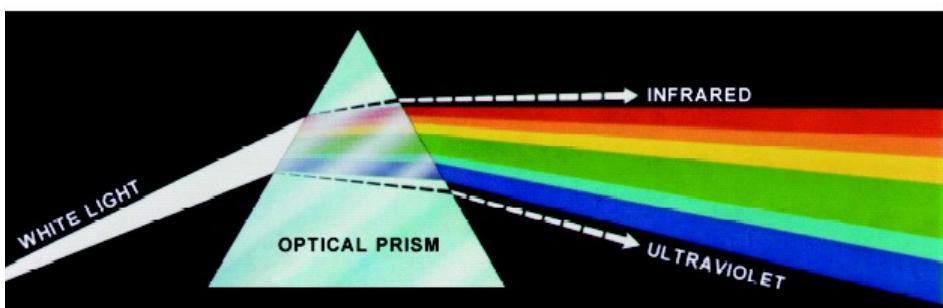
Introduction

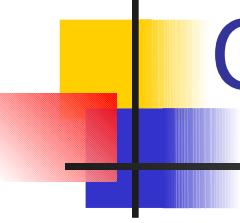
- Pour voir une scène et ses objets, nous avons besoin de lumière. *Sinon, tout est noir.*
- Ce qu'on voit?
 - On ne voit pas les objects mais la **lumière qui reflète ou transmet**
 - La perception de la lumière est propre à chaque être humain
- Notre première perception de la lumière est la couleur.
Mais pas la seule.
- La lumière est une onde électro-magnétique dont la longueur du spectre **visible s'étendent de 400 à 700nm**



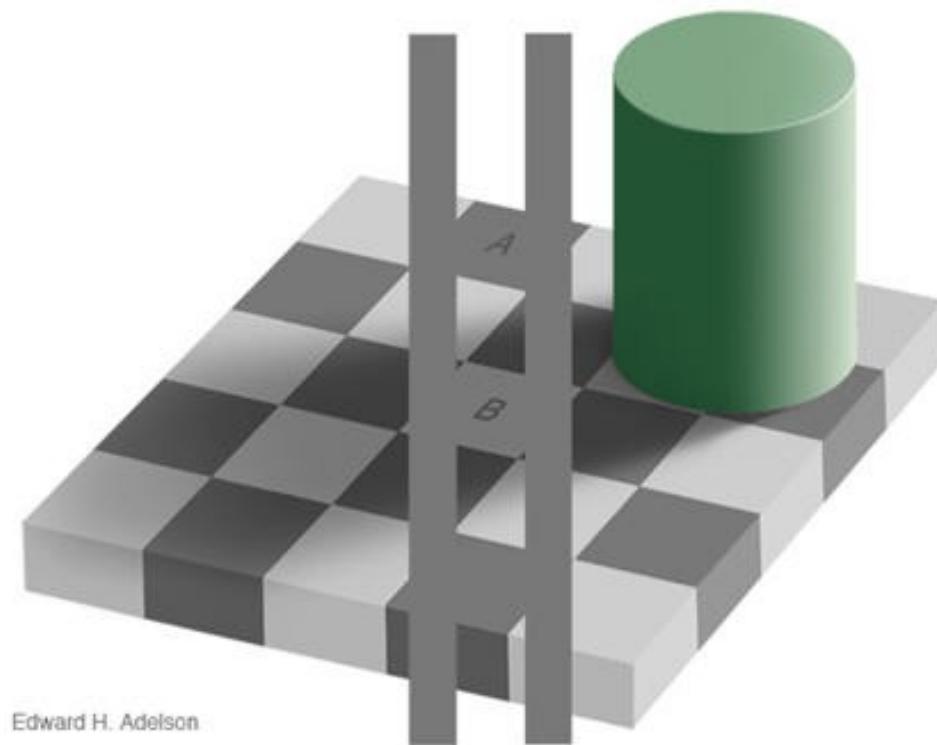
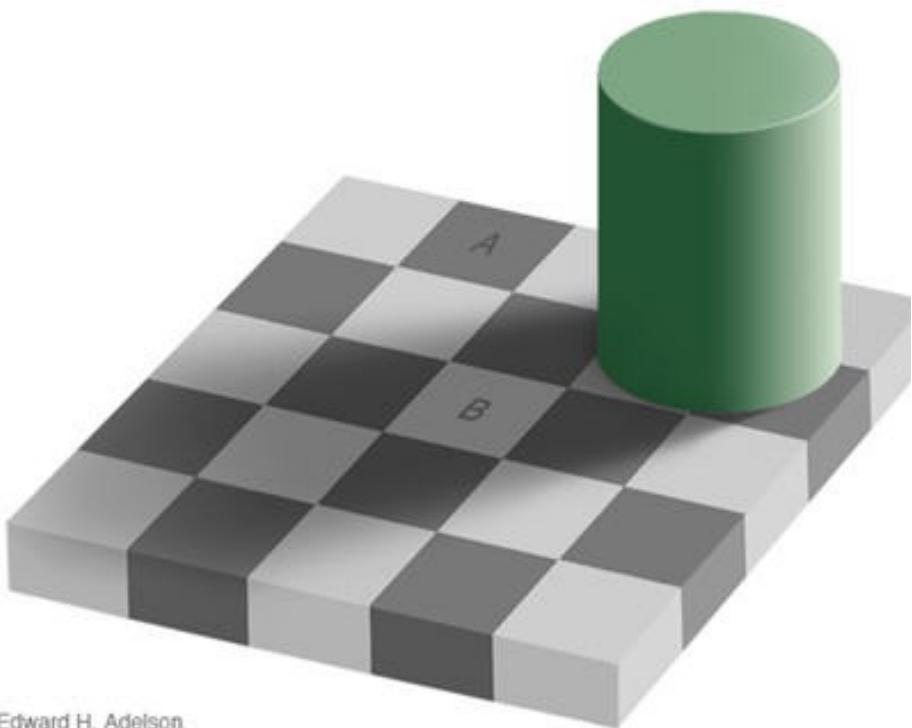
Introduction

- Intérêt de la couleur
 - segmentation et reconnaissance simplifié
 - plusieurs informations par pixels au lieu d'une seule
- Images multi-spectrales
 - Chaque pixel enregistre l'information issue d'une bande spectrale. On obtient des images couleur à partir, par exemple, des 3 bandes dans le spectre visible.
 - On peut construire des appareils (exemple : spectromètre) pour voir les bandes hors du visible (rayons X, infrarouge, ondes radio).





Couleurs et ombrage

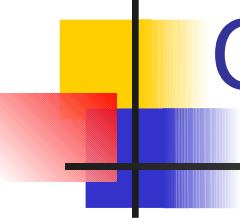


Edward H. Adelson

Edward H. Adelson

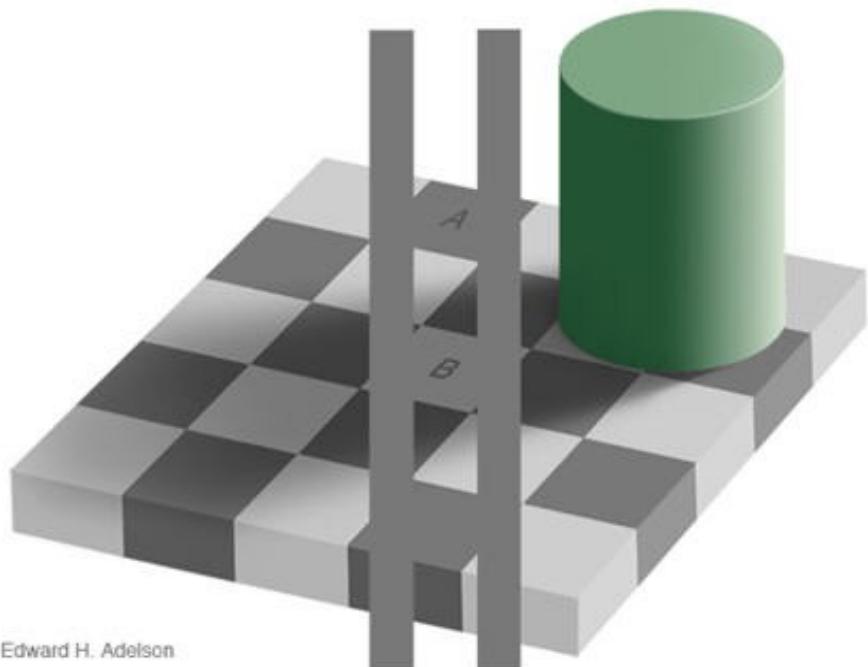
Est-ce que les carreaux A et B sont de même couleurs ou non ?

Réponse : oui

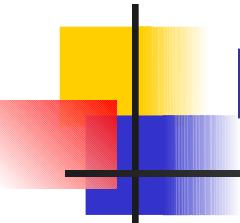


Couleurs et ombrage

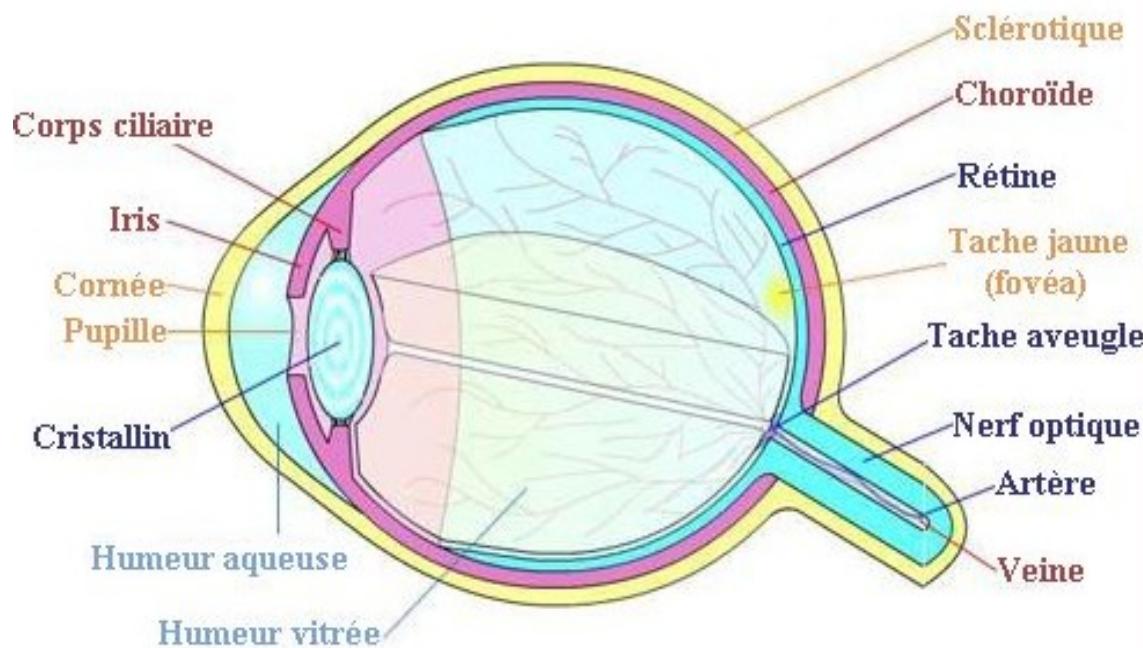
- Le cerveau se force à imager les carrés tels qu'ils devraient être : l'un sombre et l'autre clair
 - peu lui importe qu'ils soient de la même couleur,
 - les carrés contigus étant supposés être de couleur différente



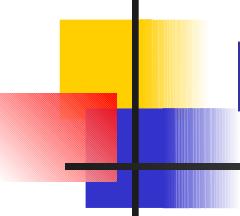
Edward H. Adelson



L'oeil humain

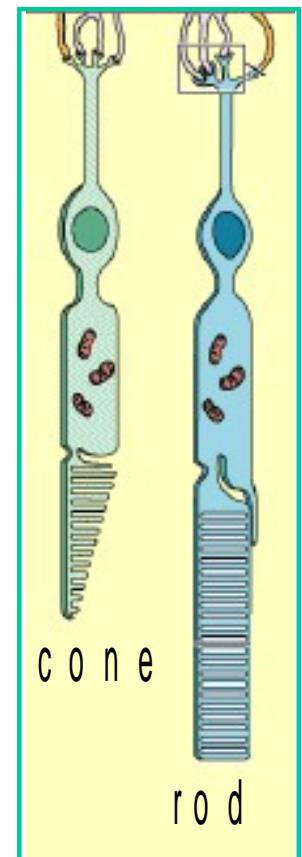


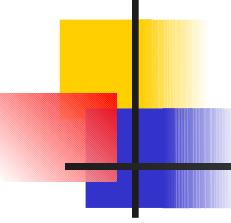
- La **fovea** est la région où la vision est la plus précise et sensible
- L'oeil se déplace pour aligner la fovea, l'axe optique et l'objet désiré



L'oeil humain

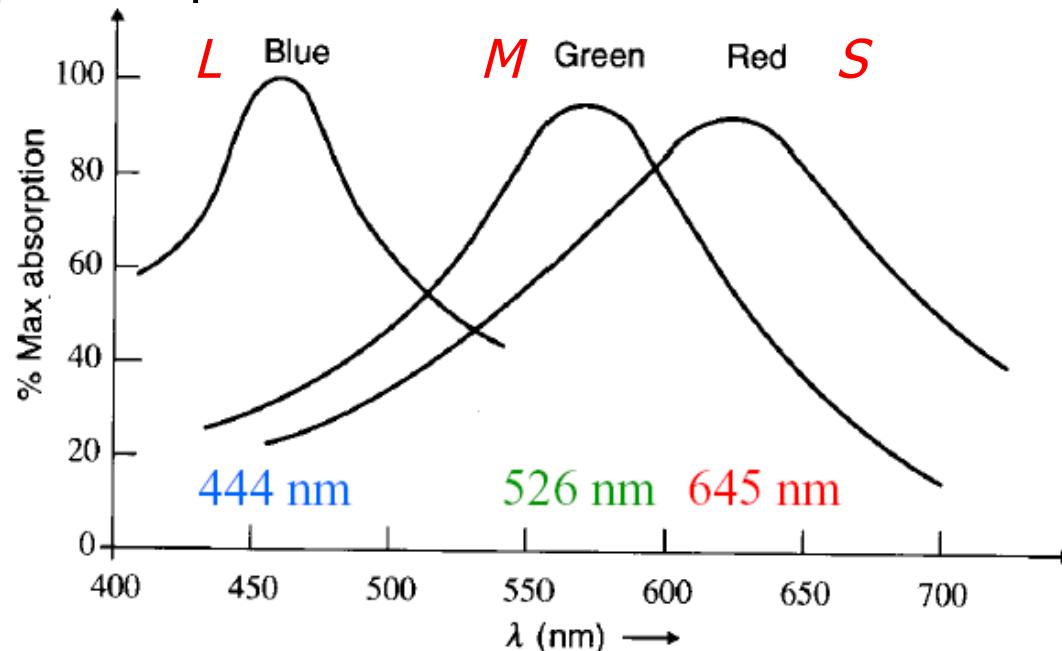
- Deux types de photorécepteur dans la rétine (repartition différente)
 - Les **cônes**: réponse **photométrique et chromatique**, grâce à des pigments absorbant le bleu, le vert ou le rouge.
 - Les cônes sont activés par une longueur d'onde différente selon leur variété
 - Les cônes bleus (ou short wavelength) : 420 nm
 - Les cônes verts (ou medium wavelength) : 530 nm
 - Les cônes rouges (ou long wavelength) : 660 nm
 - Les **batonnets**: responsables de la vision nocturne

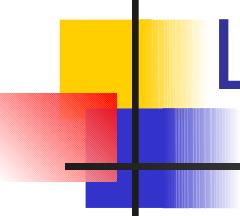




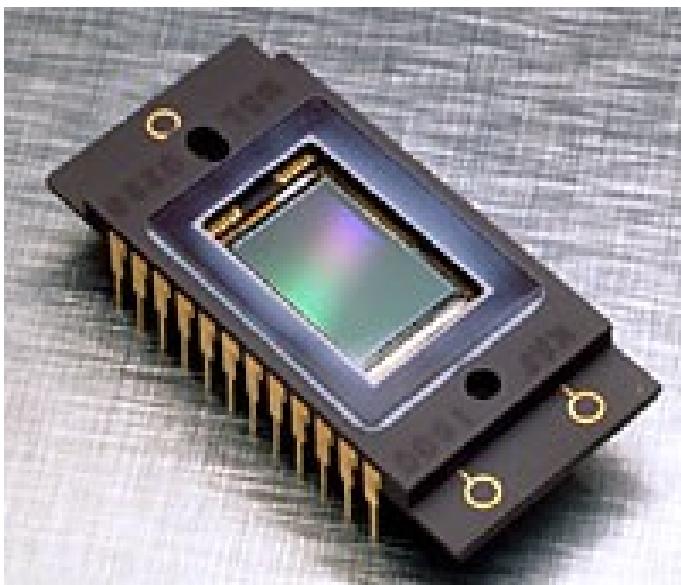
L'humain et la couleur

- Chez l'humain, la couleur est perçue dans l'oeil via les cônes.
- Il y en a trois types : **Low**, **Medium** and **Supra-Frequency**.
 - *Par abus, on parle de cônes Rouge, Vert et Bleu.*
- La transformation entre stimuli des cônes et perception de la couleur est un phénomène qui n'est pas encore bien modélisé.

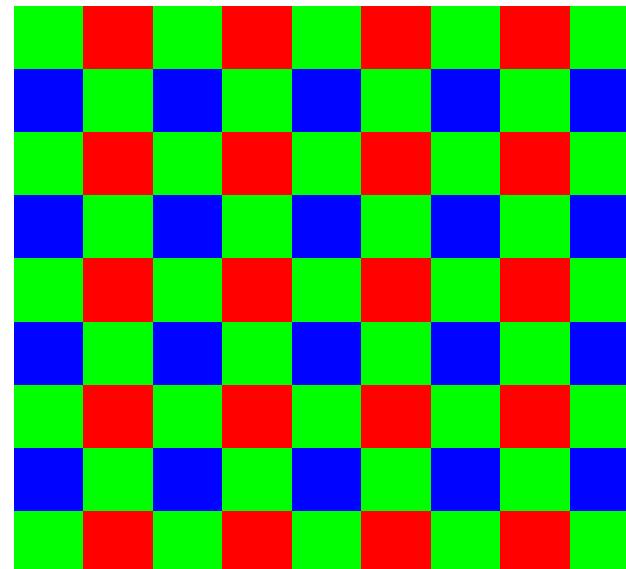




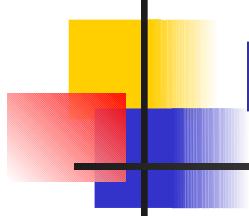
La caméra et la couleur



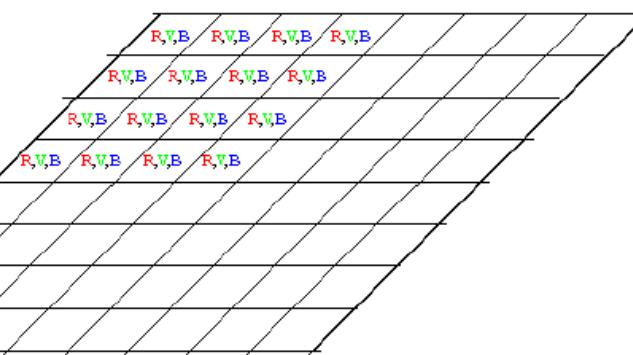
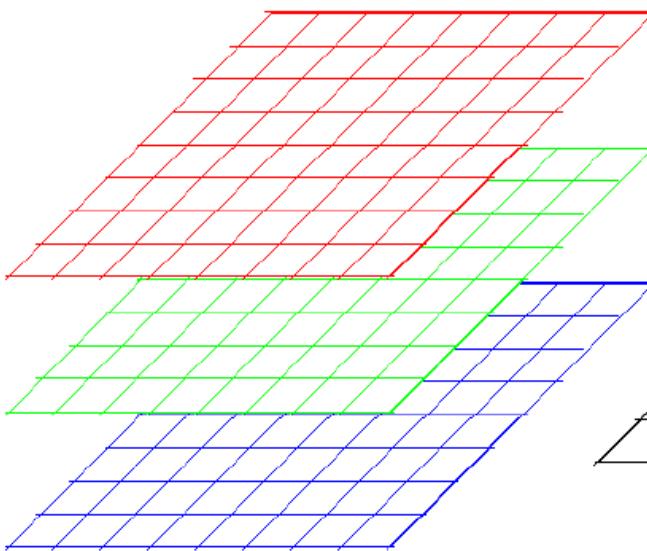
KAF-1600 - Kodak.

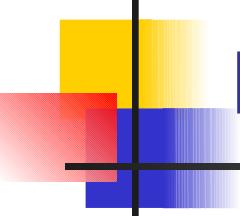


*Répartition des capteurs
couleurs dans un capteur CCD*



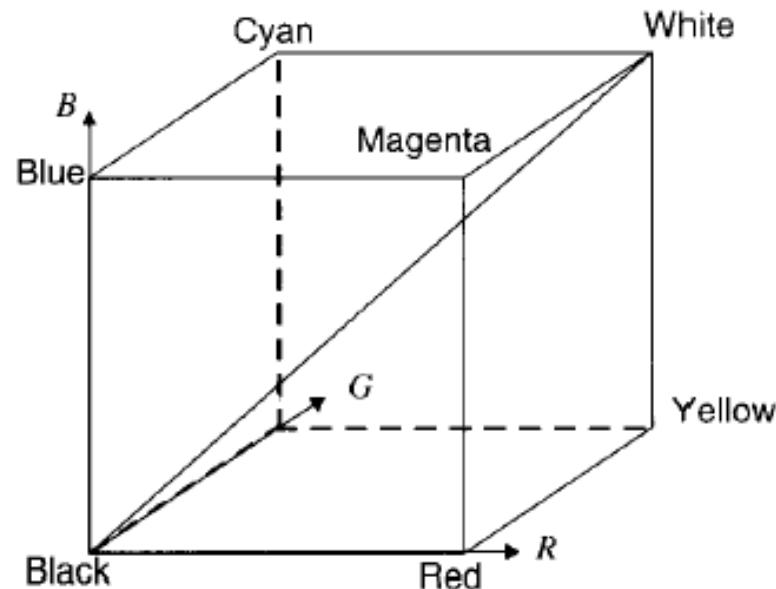
Représentation Rouge-Vert-Bleu





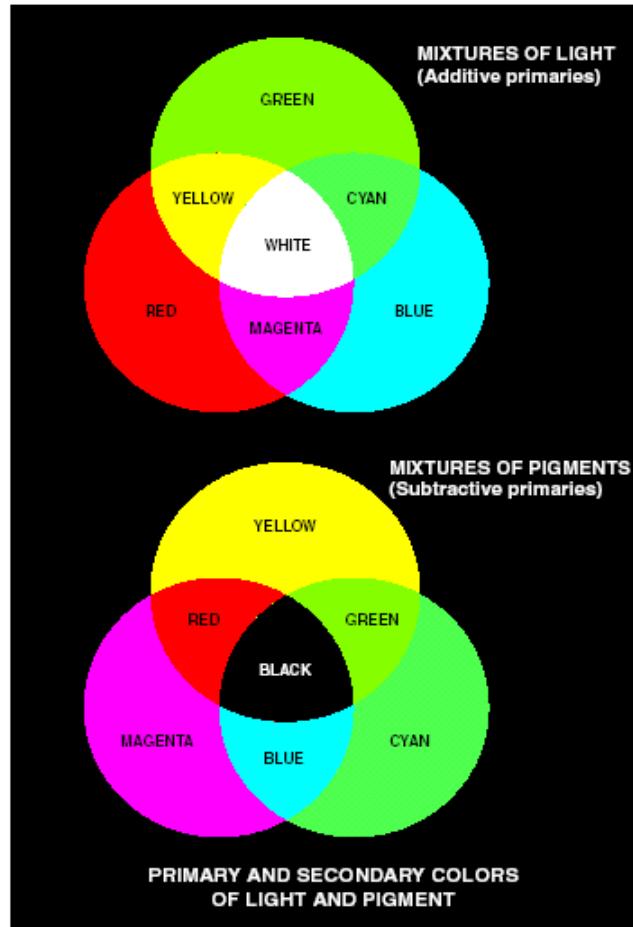
Représentation en couleurs primaires

- Représentation en couleurs primaires **Rouge-Vert-Bleu**
 - Forme additive des couleurs (pour l'affichage à l'écran)
 - Pour une teinte de gris : $R=V=B$
- Représentation en couleurs primaires **Cyan-Magenta-Jaune**
 - Forme soustractive des couleurs (impression sur papier)
 - On **soustrait du blanc** plutôt que d'ajouter au noir comme en RVB.
 - $CMJ = 1 - RVB$
(en anglais: CMY)



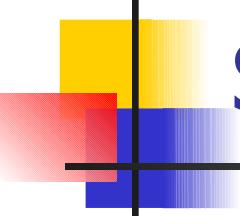
Addition/soustraction de couleurs

*Le modèle **additif** (haut) est utilisé pour l'affichage à l'écran tandis que le modèle **soustractif** (bas) sert surtout pour l'imprimerie sur papier.*



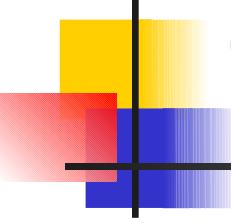
a
b

FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



Segmentation couleur

- La couleur est analysée comme **trois composantes**
- L'ajout de composantes couleurs permet de compléter et d'améliorer les résultats
 - Exemple : seuillage seulement si les trois, ou 2 sur 3, composantes couleurs sont supérieures à un seuil
 - Exemple : ajout des contours détectés dans les trois plans couleurs



Traitement d'une image couleur

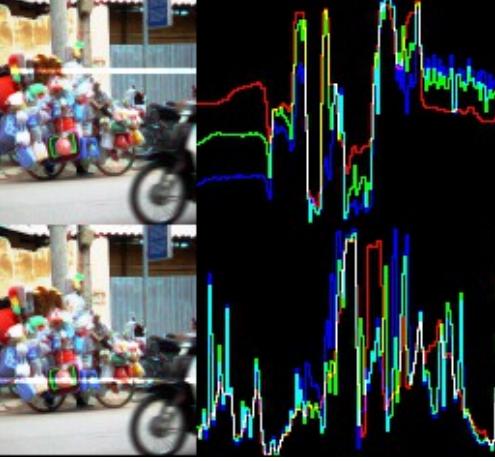
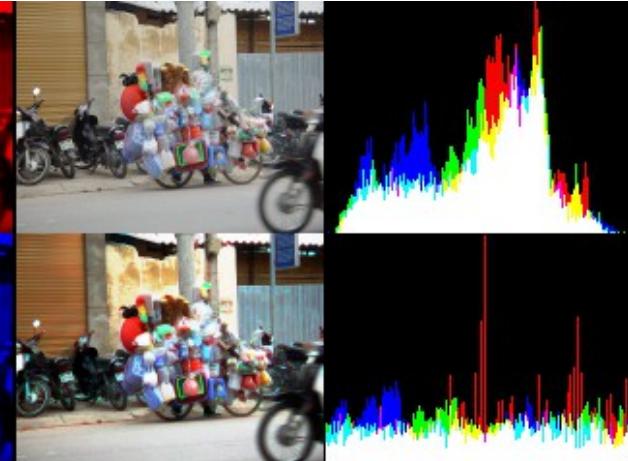
Image originale



Décomposition RVB



Histogramme



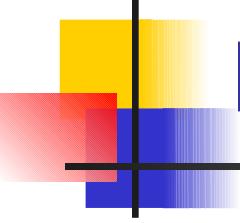
Profil d'intensité



Gradient Sobel

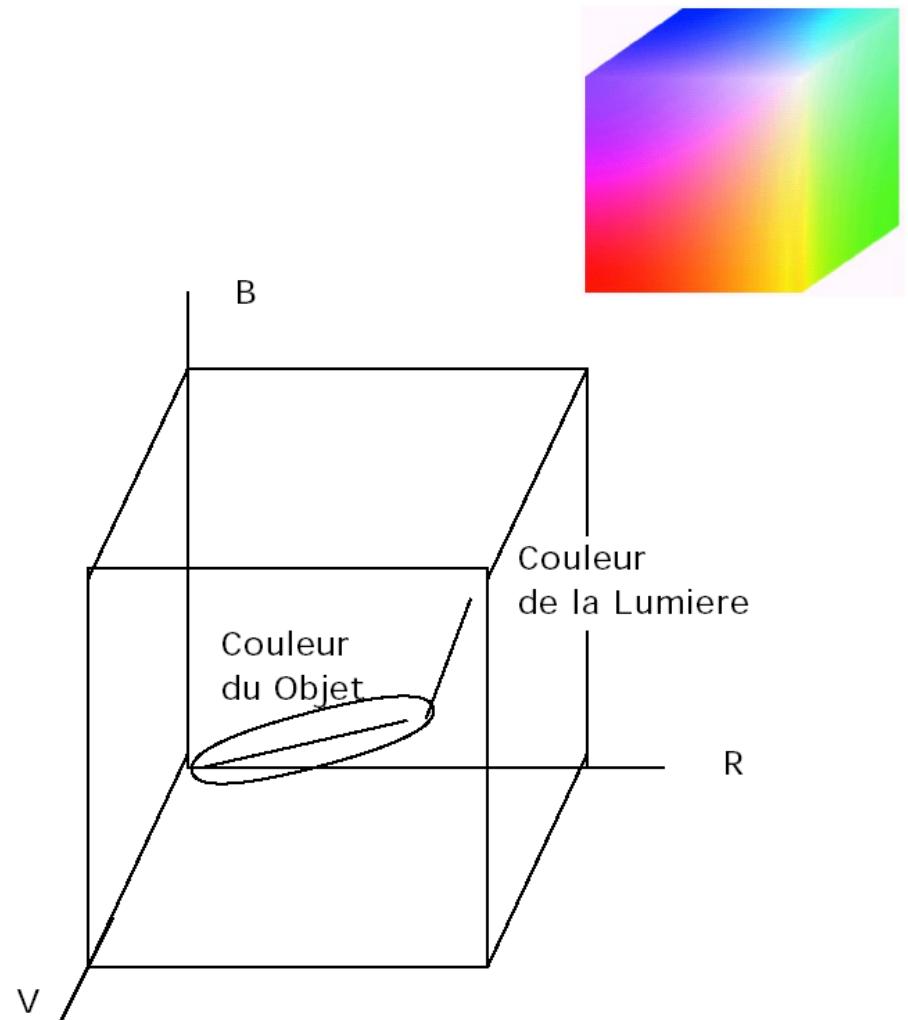


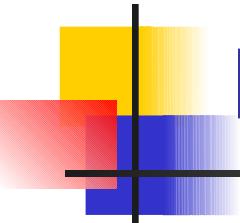
Segmentation



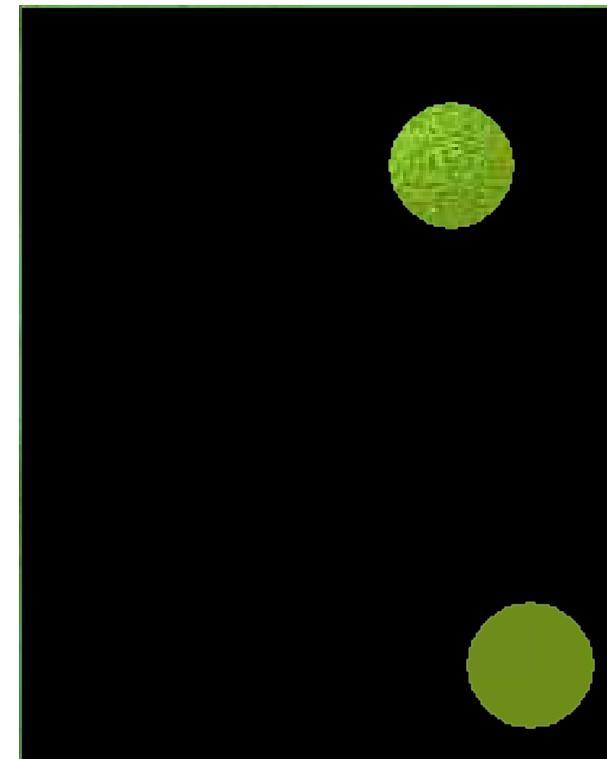
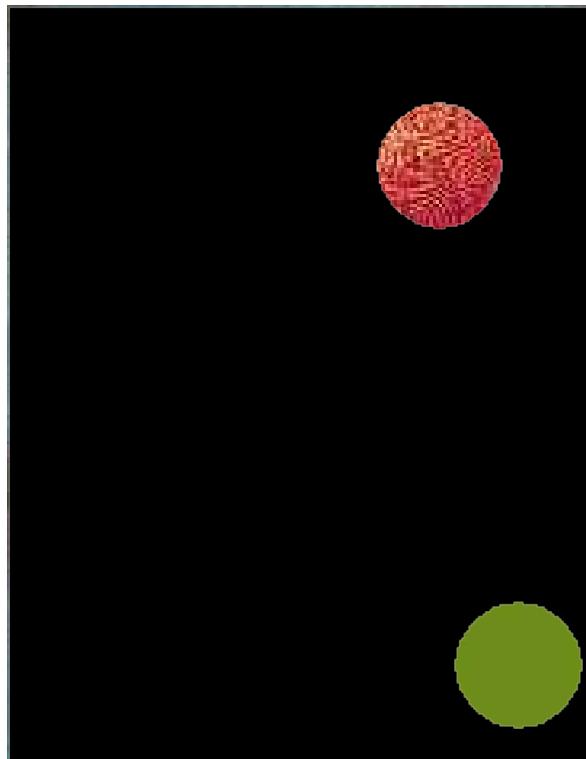
Histogramme couleur 3D

- On peut détecter la couleur d'un objet en construisant un histogramme **3D RVB**
- On alloue un tableau 3D de taille N (*exemple : $N=32$*) pour réduire la taille de l'histogramme
- Pour chaque pixel, on incrémenté la case associée de l'histogramme

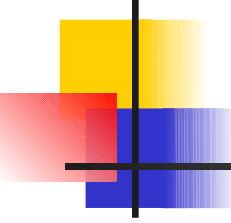




Reconnaître avec la couleur



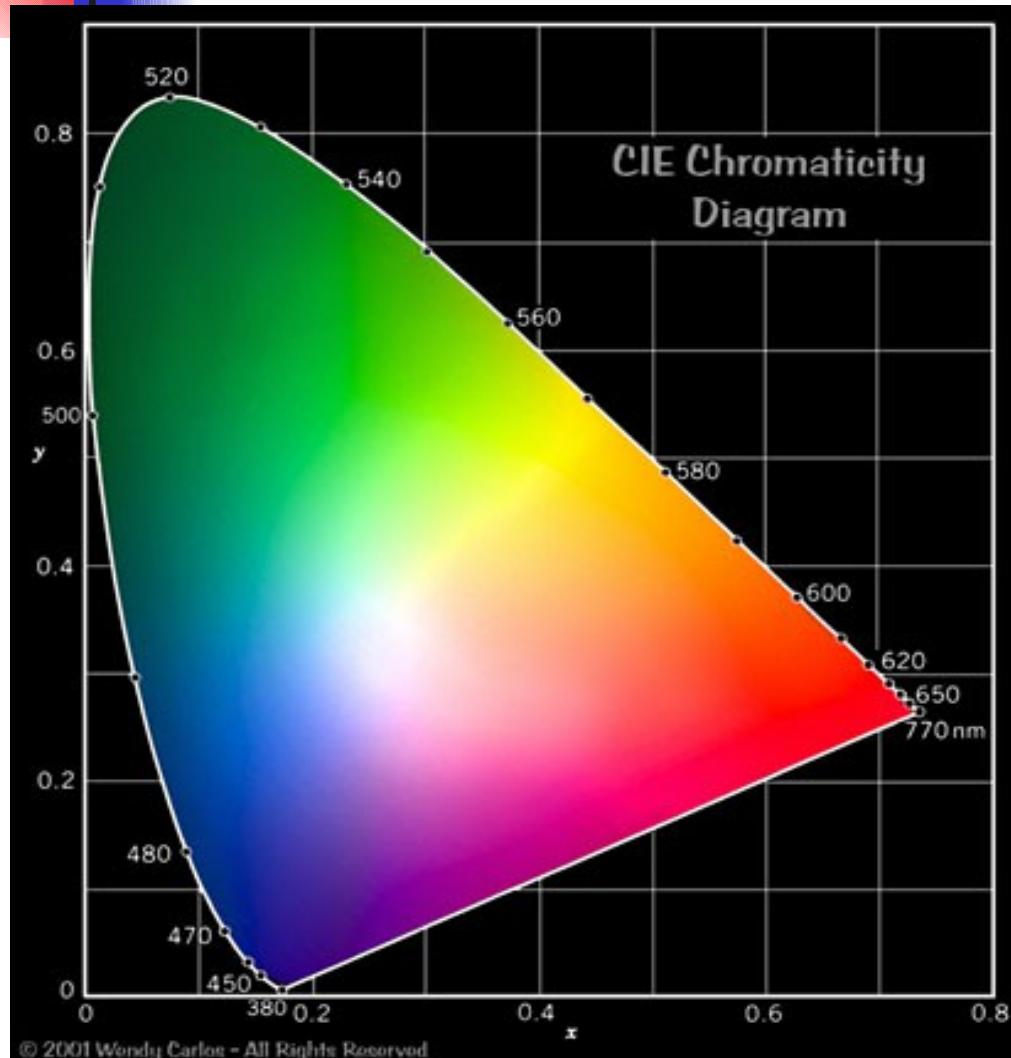
L'humain reconnaît facilement le contenu de l'image. En échantillonnant les couleurs automatiquement, c'est plus difficile.



Espaces couleurs

- Il existe de nombreux espaces pour représenter les couleurs
- **RGB** est le plus commun en informatique
 - Facilité d'implémentation matérielle pour l'affichage des couleurs
 - Pas le meilleur pour le traitement des couleurs
- Nous choisirons parfois un meilleur codage pour améliorer les résultats

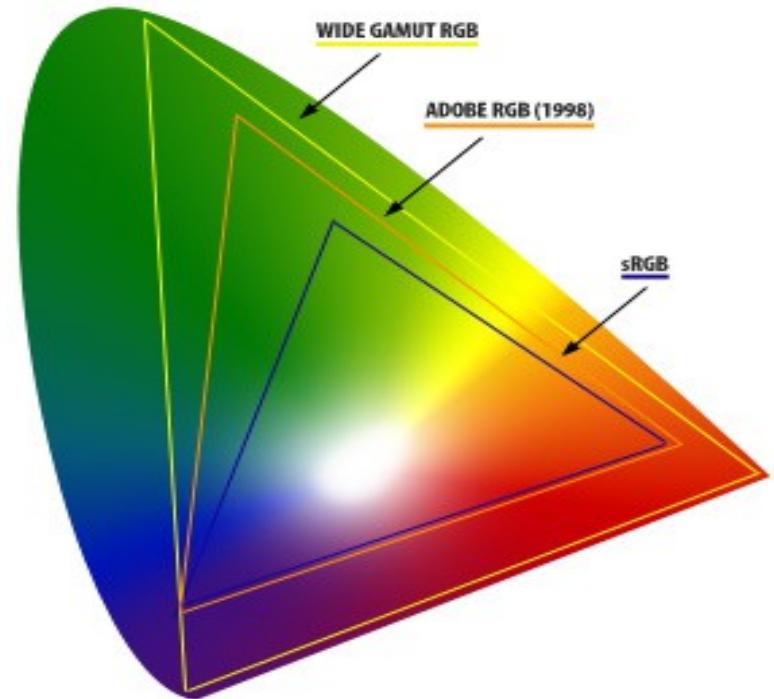
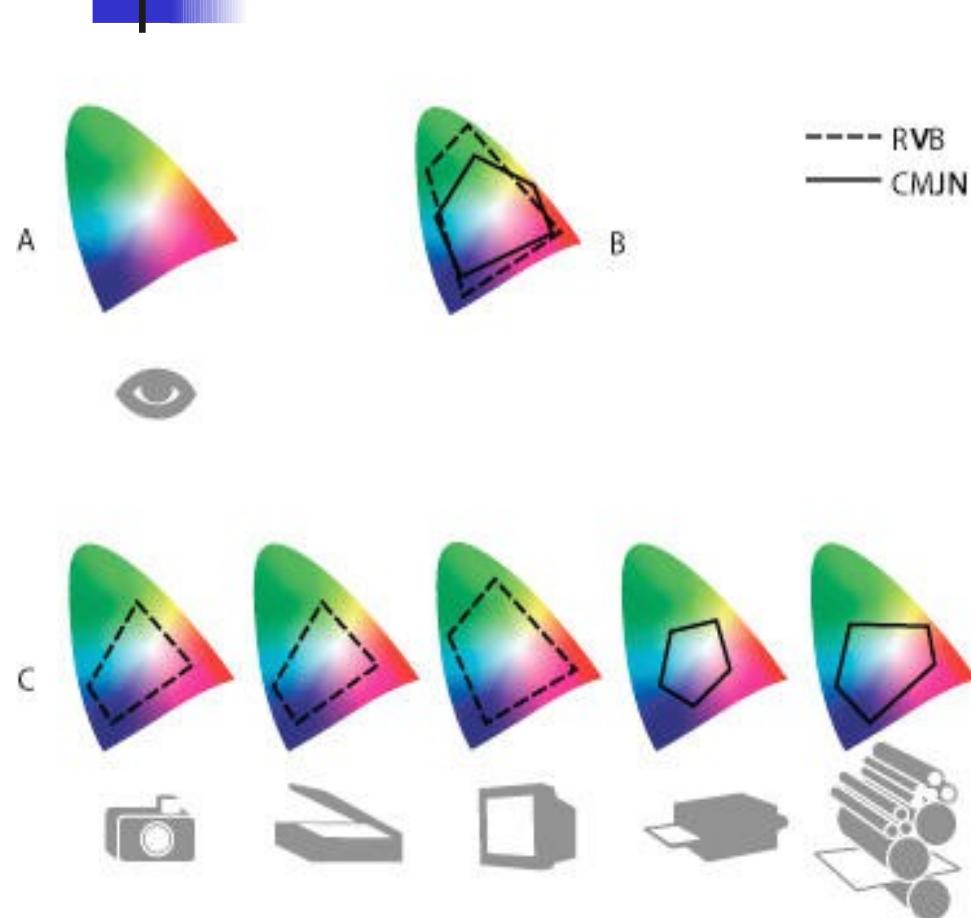
Diagramme de la C.I.E.



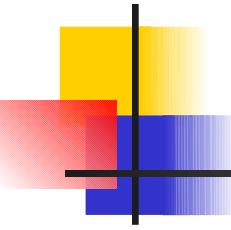
Les couleurs ont été codifiées et standardisées en 1931 par la Commission Internationale de l'Eclairage

Ce standard est utilisé pour comparer toutes les implémentations et représentations des couleurs qui existent

Représentation sur le diagramme CIE

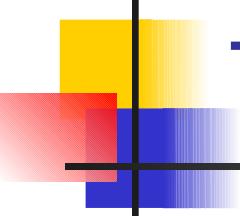


Pour chaque appareil ou standard, on peut le représenter sur le diagramme de la CIE



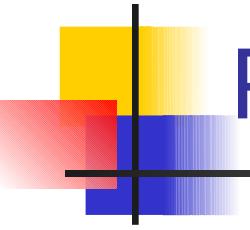
Espaces couleurs

- Il existe trois manières de classer les couleurs :
 - Approche purement physique
 - RVB, XYZ, ...
 - Approche purement visuelle
 - Munsell, TSV, ...
 - Approche physique, mais corrigée par la psychométrie
 - LAB, LUV, ...

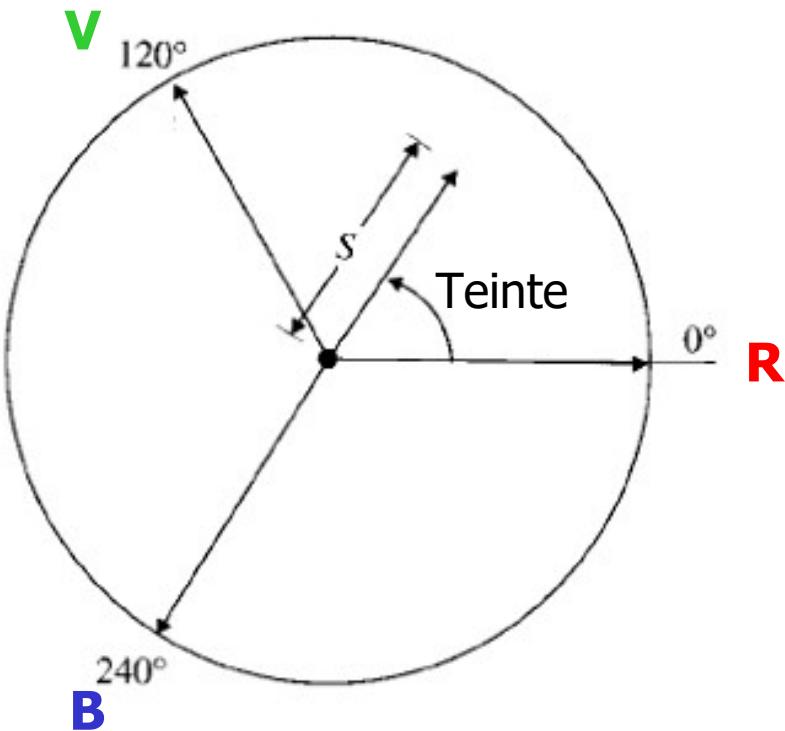


Teinte-Saturation-Valeur

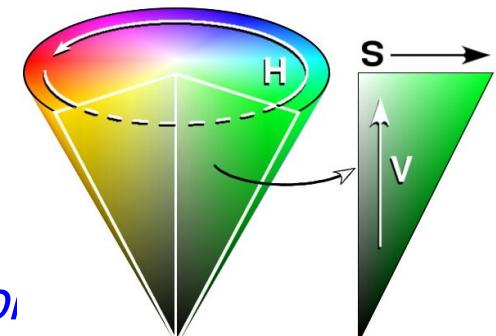
- La représentation **Teinte-Saturation-Valeur** (TSV) est une représentation utile pour la segmentation et la reconnaissance
 - Conversion non-linéaire
 - Représentation visuelle de la couleur
 - En anglais : *Hue-Saturation-Value (HSV)* (*HSL* est proche aussi)
- On sépare pour un pixel
 - L'*intensité* du pixel (*valeur*)
 - La *couleur* du pixel (*teinte + saturation*)
- On n'a pas cette séparation dans le codage RVB
 - En RVB, les trois informations ne sont pas entièrement décorrélées



Représentation TSV (HSV)



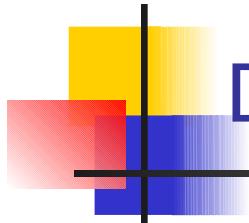
- La **Teinte (H)** est codée comme un angle entre 0 et 360: couleur pure
- La **Saturation (S)** est codée comme un rayon entre 0 et 1 (intensité d'une teinte spécifique)
 - $S = 0$: gris
 - $S = 1$: couleur pure
- **Valeur (V)** = MAX (Rouge, Vert, Bleu) (d'intensité lumineuse de la couleur)



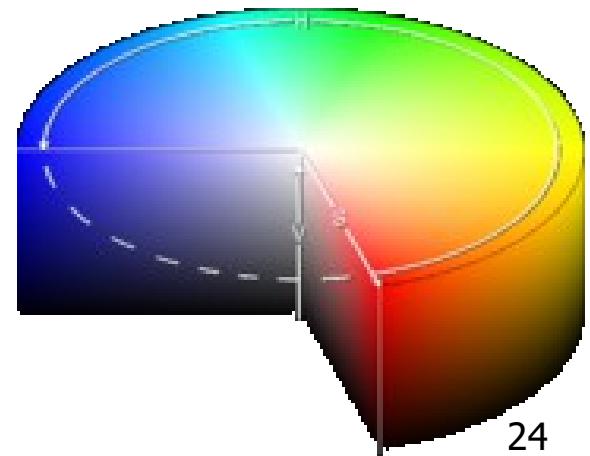
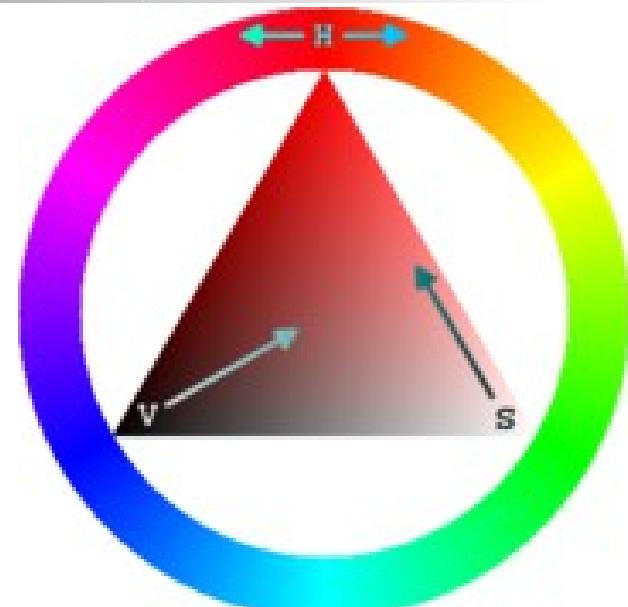
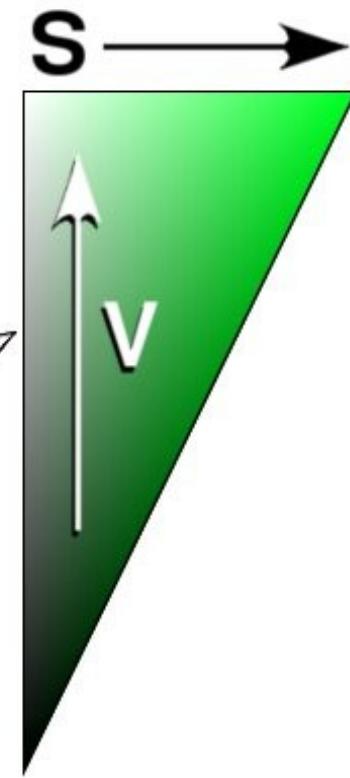
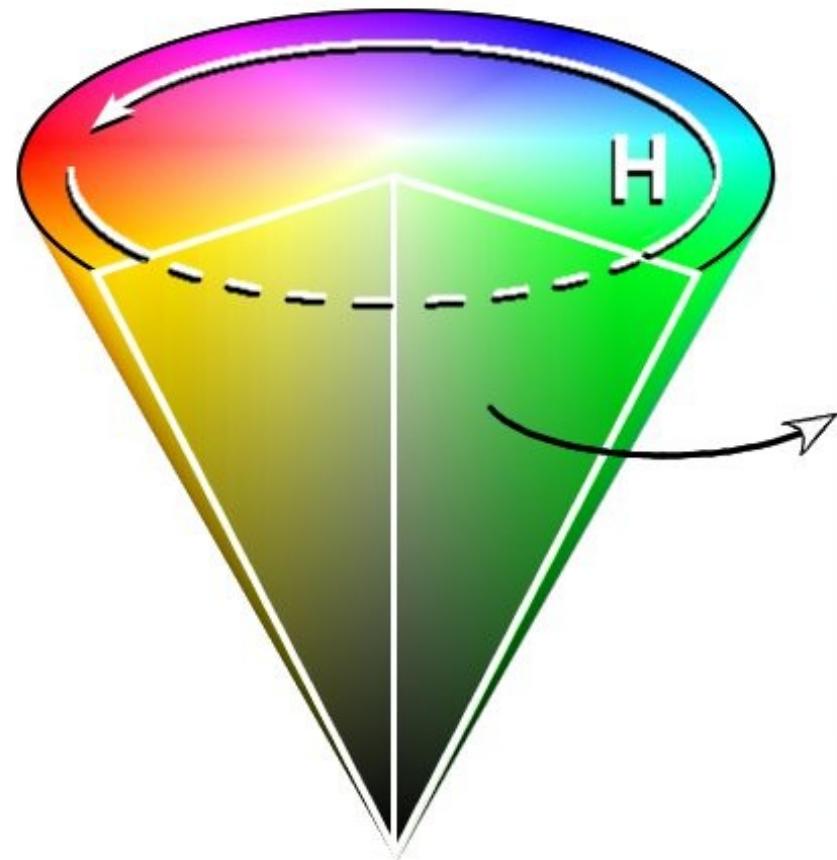
Formules de conversion :

fr.wikipedia.org/wiki/Teinte_Saturation_Valeur

Note : on trouve dans la littérature différentes définitions équivalentes de TSV



Différentes possibilités pour TSV (HSV)



Modèles luminance/couleur

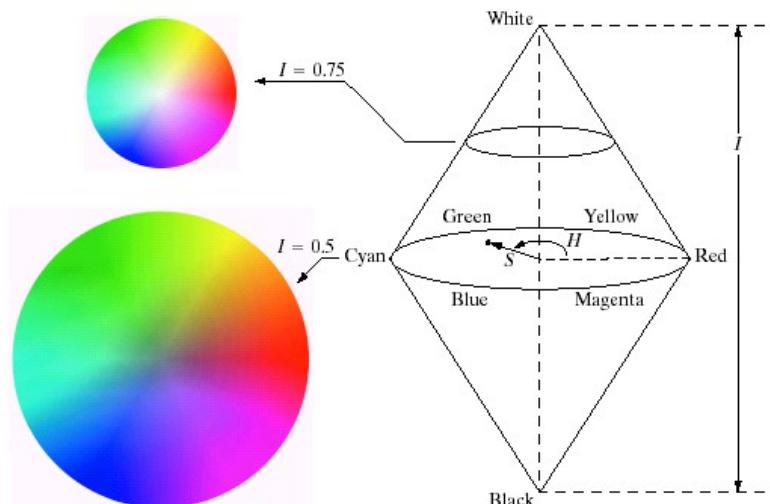
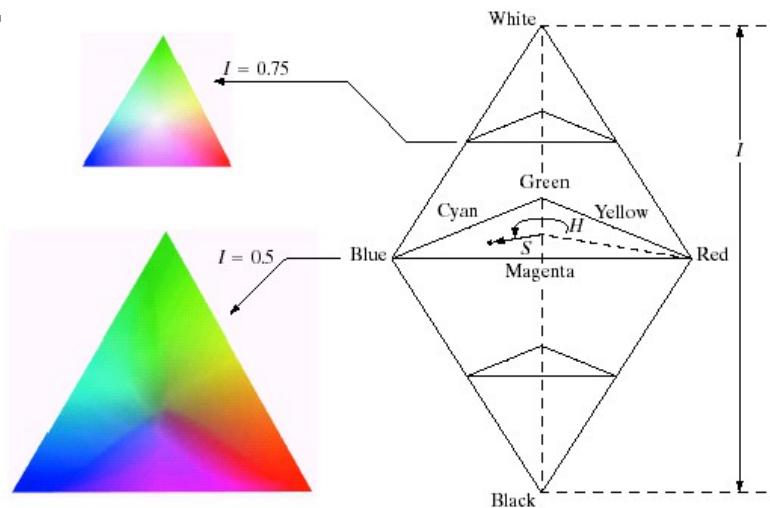
a

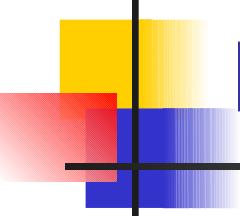
b

FIGURE 6.14 The HSI color model based on (a) triangular and (b) circular color planes. The triangles and circles are perpendicular to the vertical intensity axis.

Autres exemples...

Il existe plusieurs modèles de représentation (en cône, cylindrique, polygonale, ...) séparant luminance et couleur d'un pixel





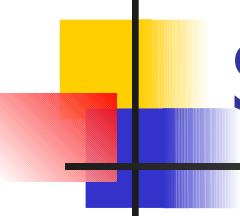
Effet de la saturation



Gauche : image originale

Centre : diminution de 20% de la saturation

Droite : augmentation de 20% de la saturation



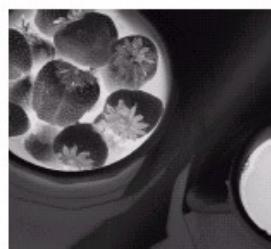
Segmentation TSV

- Si on connaît la couleur de l'élément que l'on recherche, il suffit de la modéliser par un intervalle de **Teinte**
- Attention, c'est un angle (valeur périodique)
 - Teinte < 60° ne veut rien dire
 - *Est-ce que 350° est plus petit ou plus grand que 60° ?*
 - Mettre un intervalle : 350° < Teinte < 60° (par exemple)
- Cet intervalle est valide si **Saturation > seuil** (sinon teinte de gris)
- Ceci est indépendant de la **Valeur**, qui est plus sensible aux conditions d'éclairage

Décomposition couleurs



Full color



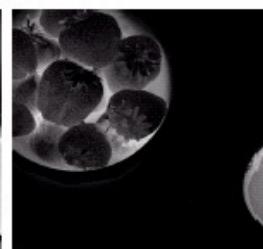
Cyan



Magenta



Yellow



Black



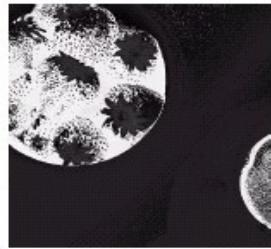
Red



Green



Blue



Hue

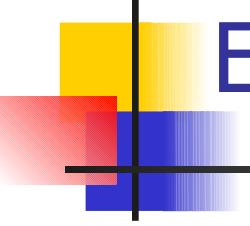


Saturation



Intensity

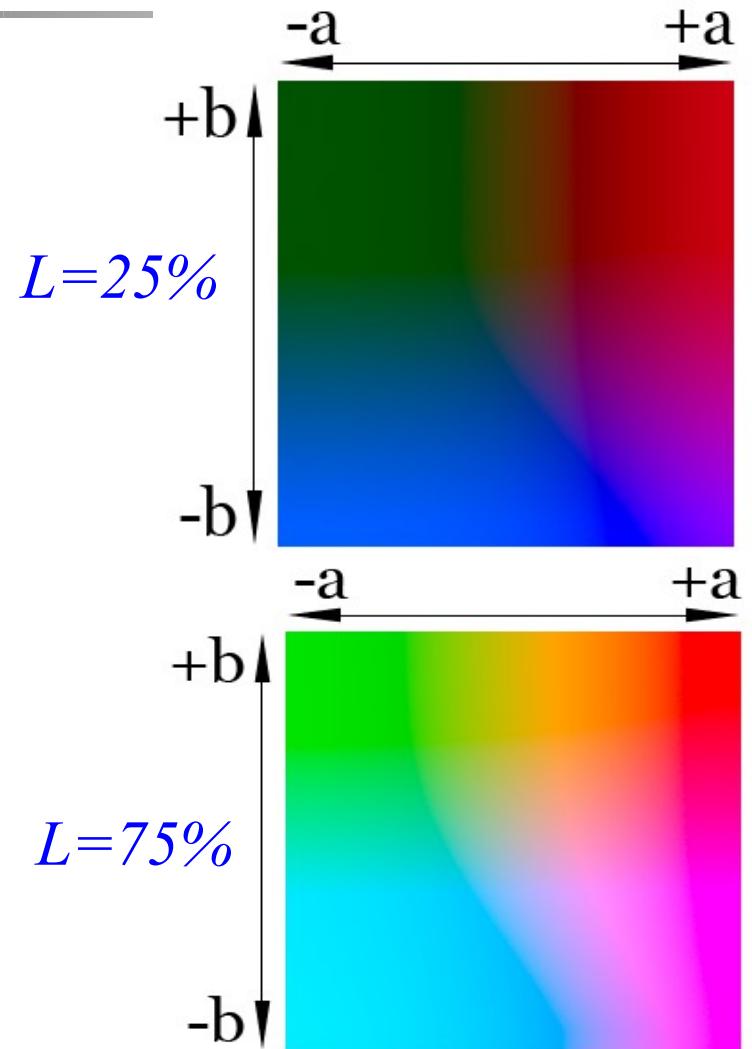
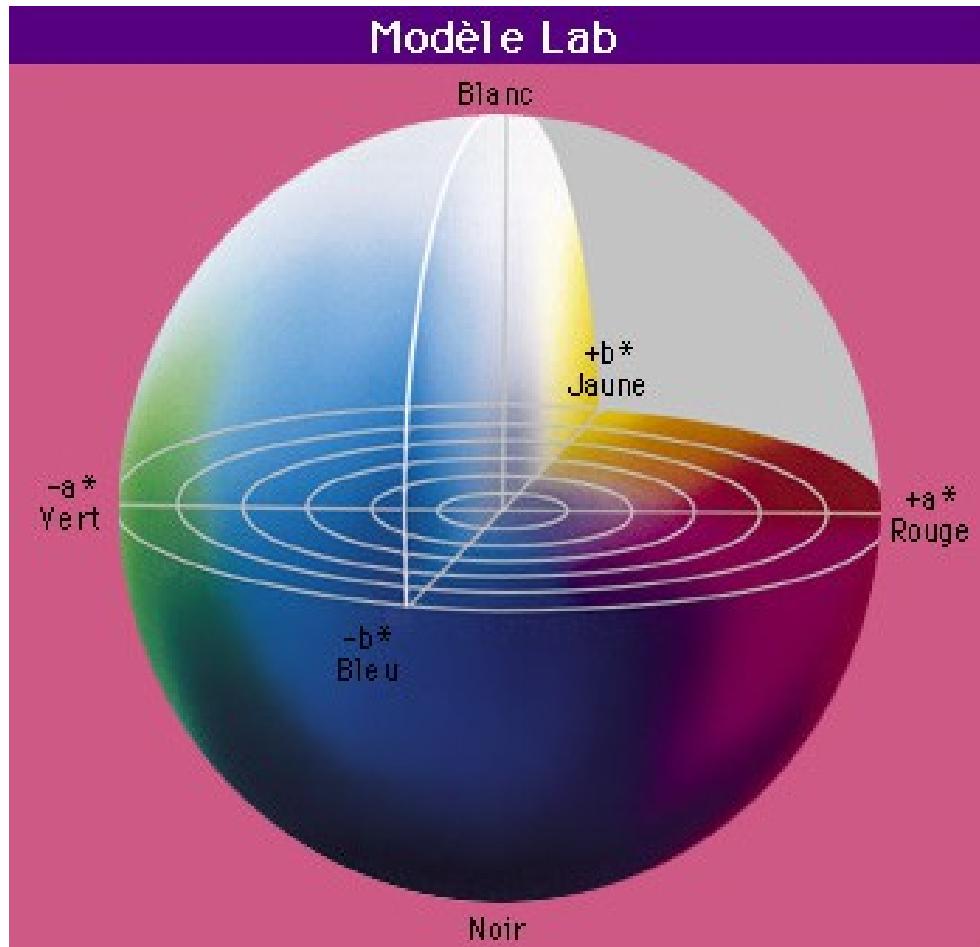
FIGURE 6.30 A full-color image and its various color-space components. (Original image courtesy of Medi-Data Interactive.)



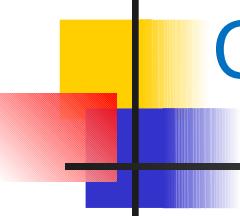
Espace de couleurs Lab (La*b*)

- Le système CIE **Lab** (ou parfois **La*b***) est fondé sur une étude de la vision humaine
 - indépendant de tout procédé de reproduction
 - présente les couleurs réellement perçues par l'œil humain
- Les couleurs sont définies par 3 valeurs
 - **L** est la luminance, qui va de 0% (noir) à 100% (blanc)
 - **a*** représente un axe allant **du vert** (valeur négative) **au rouge** (valeur positive)
 - **b*** représente un axe allant **du bleu** (valeur négative) **au jaune** (valeur positive)

Espace de couleurs Lab (La*b*)



Source : Benjamin Talmant et Xavier Lerouvreur. *Les espaces de couleur RVB et Lab, ENST (Paris, France)*.
+ Wikipédia. CIE Lab.



Color space vs. illumination conditions

- collected 10 images of the cube under varying illumination conditions

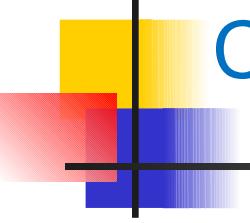


- separately cropped every color to get 6 datasets for the 6 different colors



- Compute the density plot: Check the distribution of a particular color say, blue or yellow in different color spaces.

The density plot or the 2D Histogram gives an idea about the variations in values for a given color



Color space vs. illumination conditions

- Similar illumination: very compact

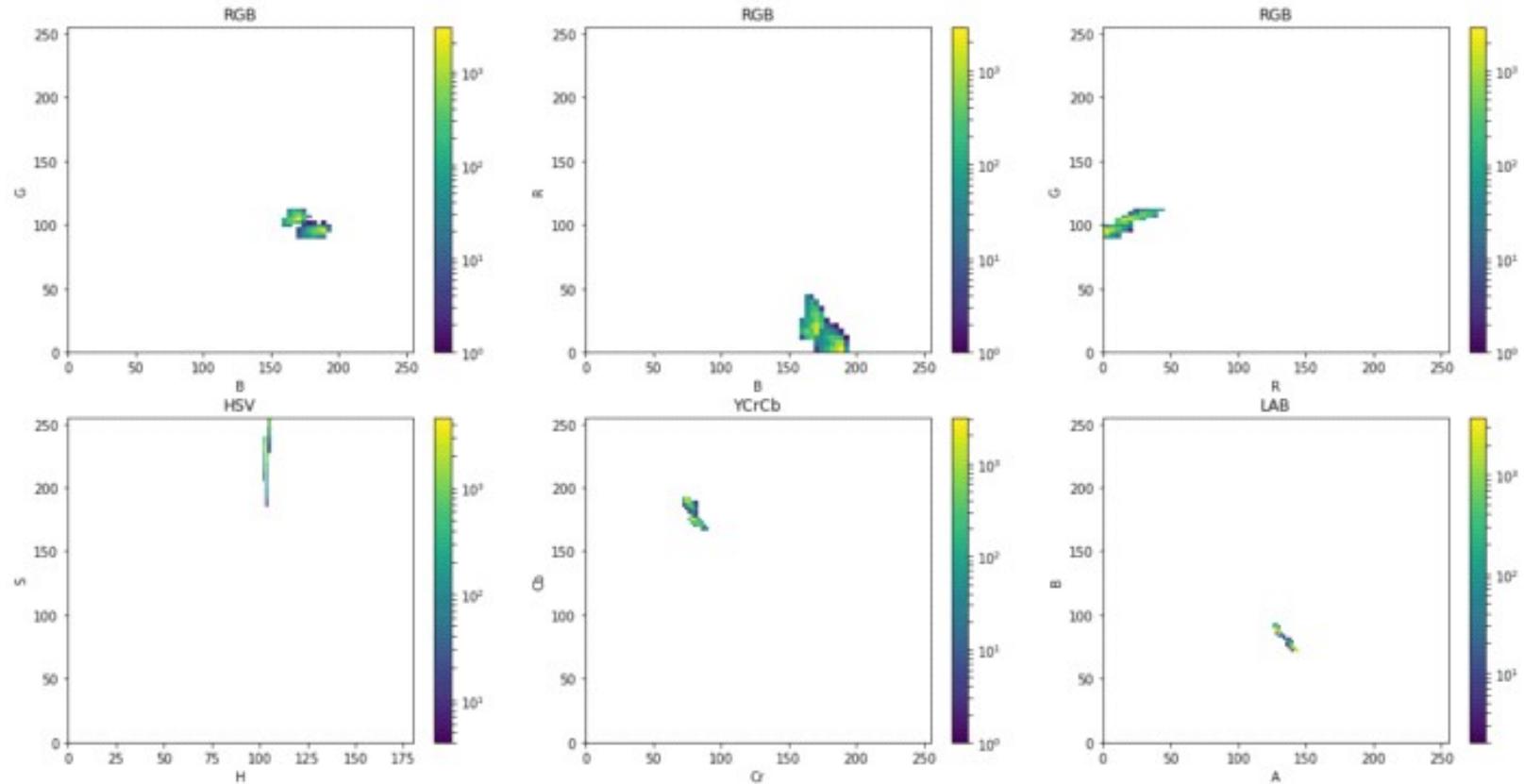
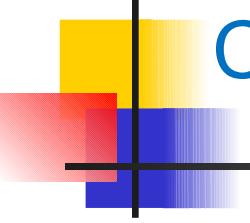


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels for 2 similar bright images of **blue color**



Color space vs. illumination conditions

- Similar illumination: very compact

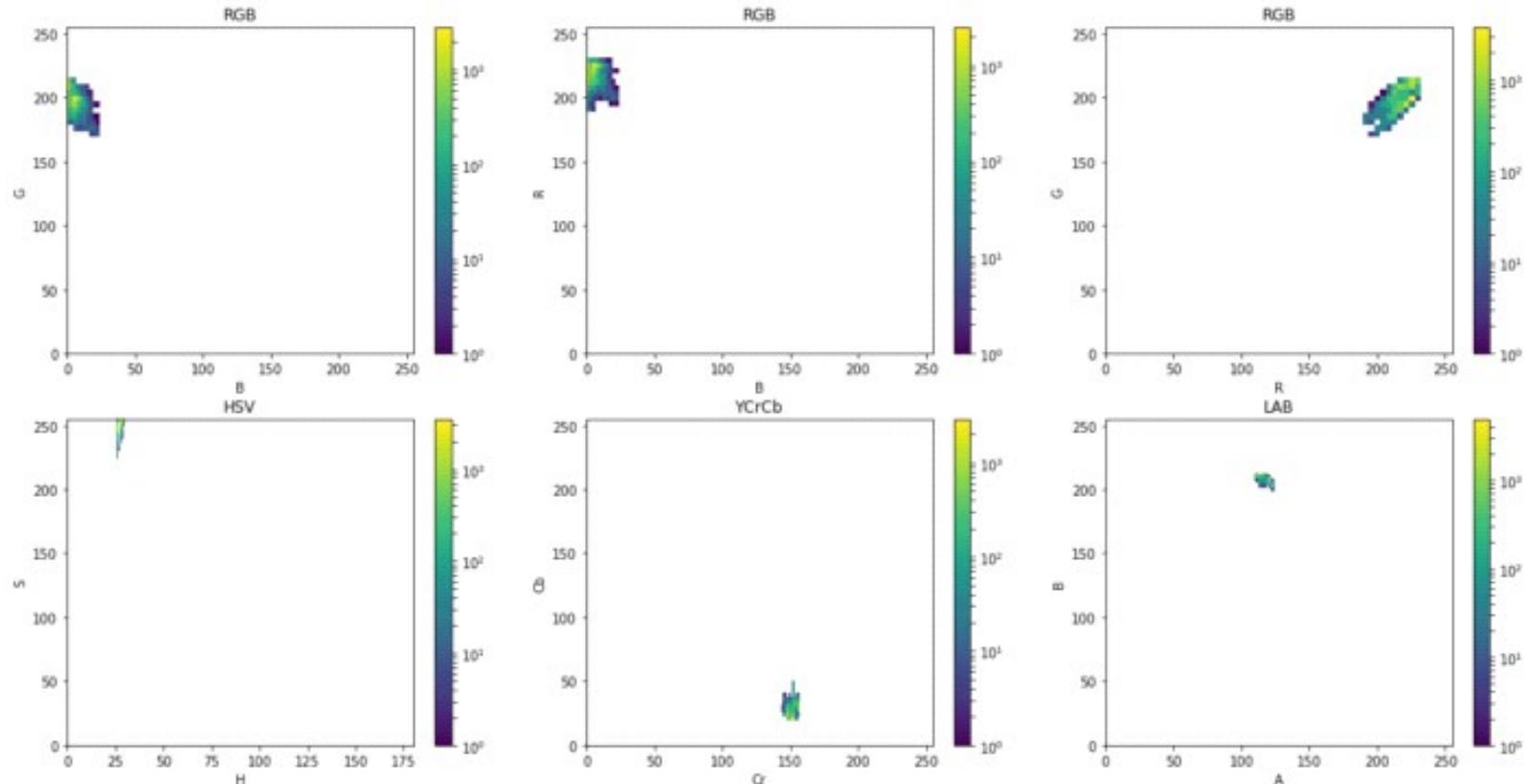
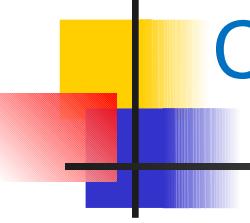


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels for 2 similar bright images of **yellow color**



Color space vs. illumination conditions

- Different illumination:

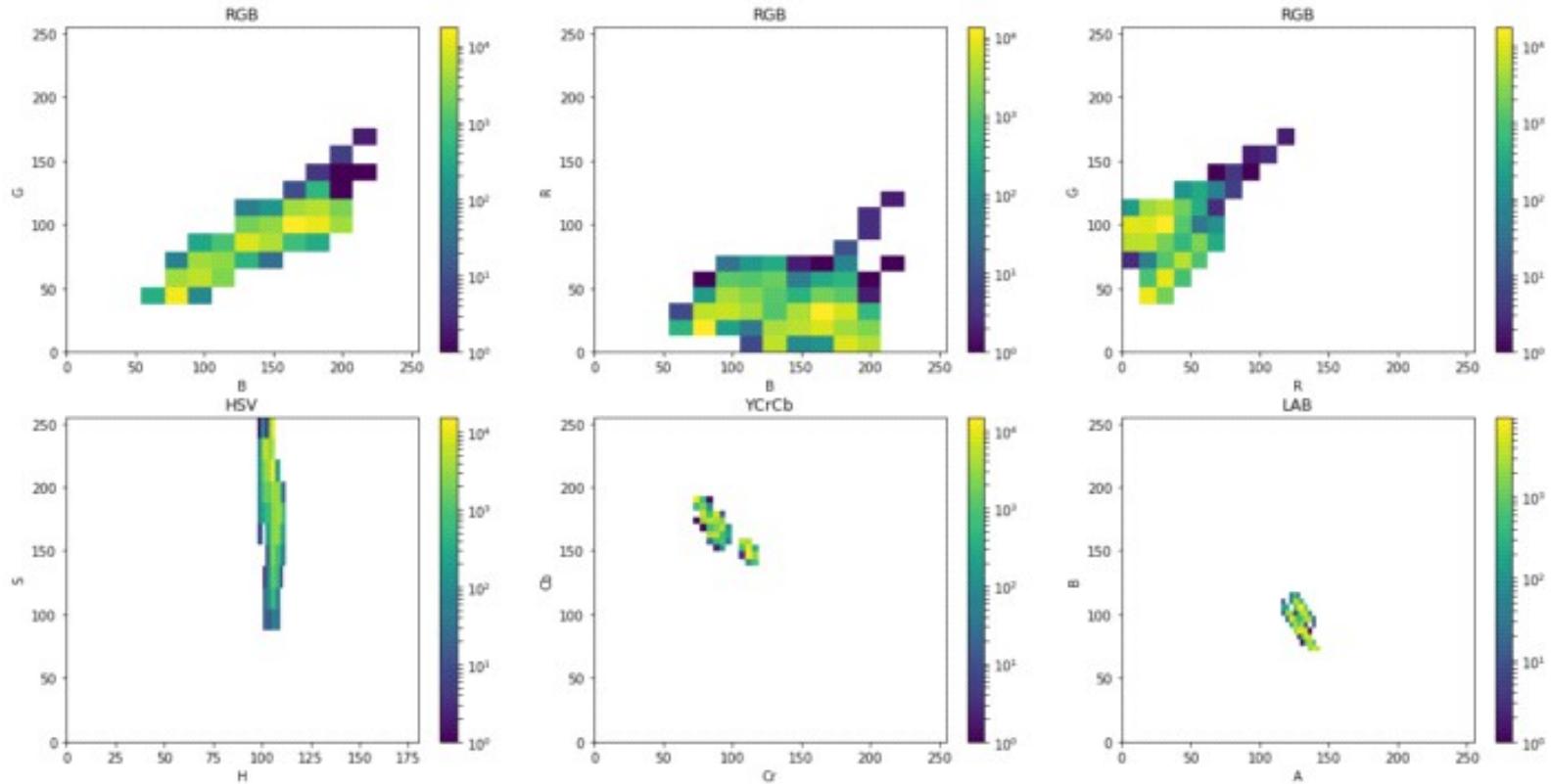
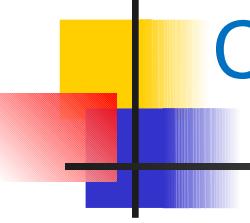


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels under varying illumination for the **blue color**



Color space vs. illumination conditions

- Different illumination:

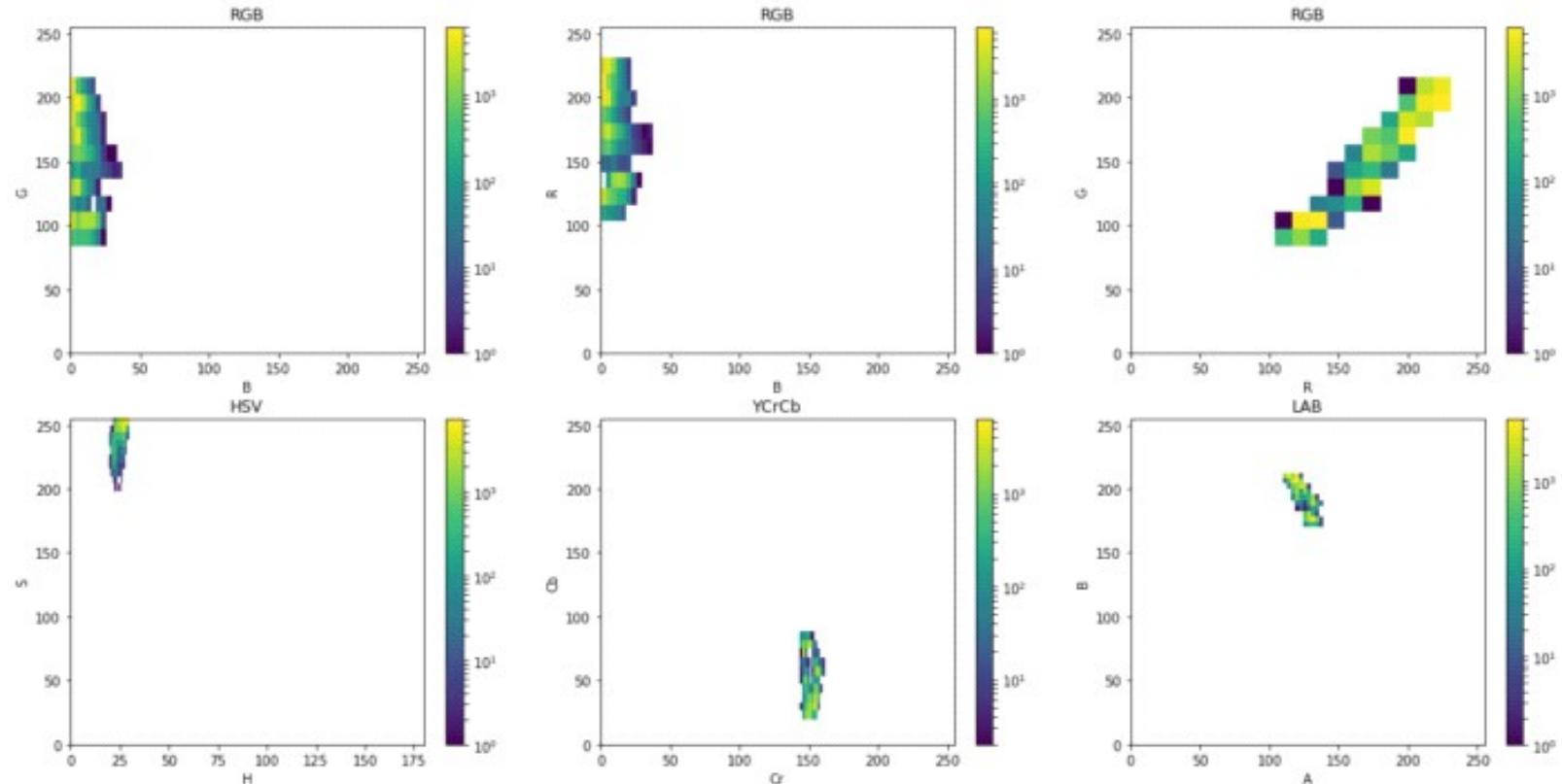
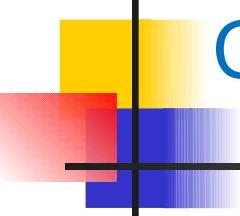


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels under varying illumination for the **yellow color**



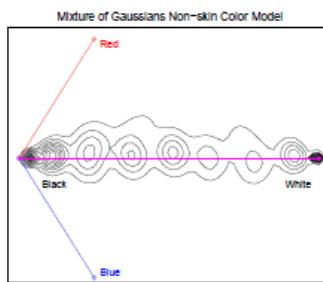
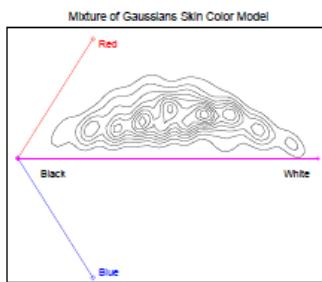
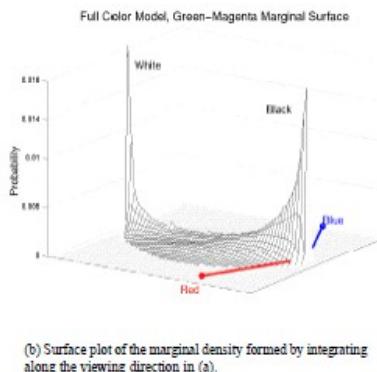
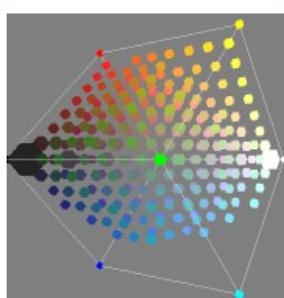
Color space vs. illumination conditions

- Different illumination:
 - RGB space: the variation in the value of channels is very high
 - HSV: compact in **H**. Only H contains information about the absolute color a choix
 - YCrCb, LAB: compact in **CrCb** and in **AB**
 - Higher level of compactness is in LAB
 - Convert to other color spaces (OpenCV):
 - `cvtColor(bgr, ycb, COLOR_BGR2YCrCb);`
 - `cvtColor(bgr, hsv, COLOR_BGR2HSV);`
 - `cvtColor(bgr, lab, COLOR_BGR2Lab);`

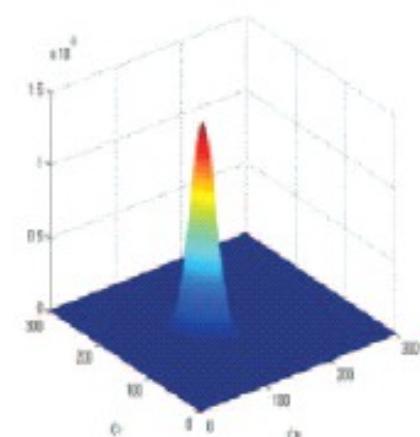
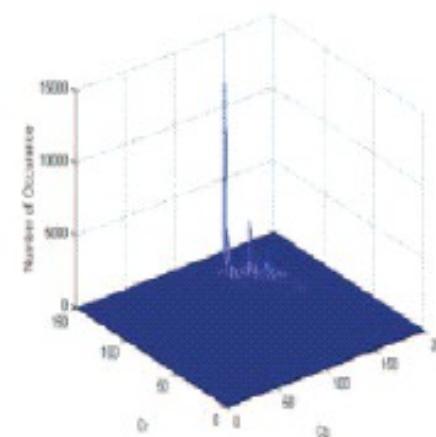
Example of using color for skin detection

- RGB: no separation Chrominance & intensity (luminance)

$$P(rgb|skin) = \frac{s[rgb]}{T_s}, \quad P(rgb|\neg skin) = \frac{n[rgb]}{T_n}$$



[Jones_IJCV 2002]



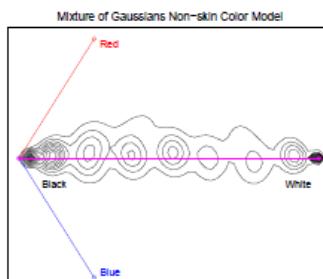
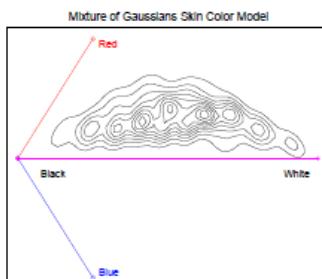
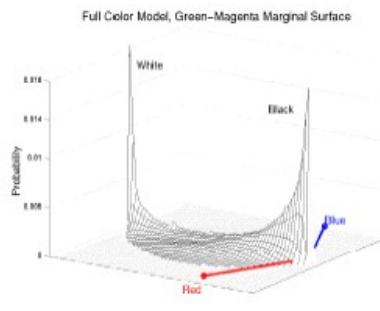
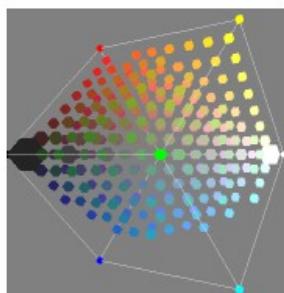
$Cr > 150 \ \&\& Cr < 200 \ \&\& Cb > 100 \ \&\& Cb < 150.$

[Shaik_ICRTC-2015]

Example of using color for skin detection

- RGB: no separation Chrominance & intensity (luminance)

$$P(rgb|skin) = \frac{s[rgb]}{T_s}, \quad P(rgb|\neg skin) = \frac{n[rgb]}{T_n}$$



[Jones_IJCV 2002]



$Cr > 150 \text{ \&& } Cr < 200 \text{ \&& } Cb > 100 \text{ \&& } Cb < 150.$

[Shaik_ICRTC-2015]

Example : Eliminer des régions de réflexion

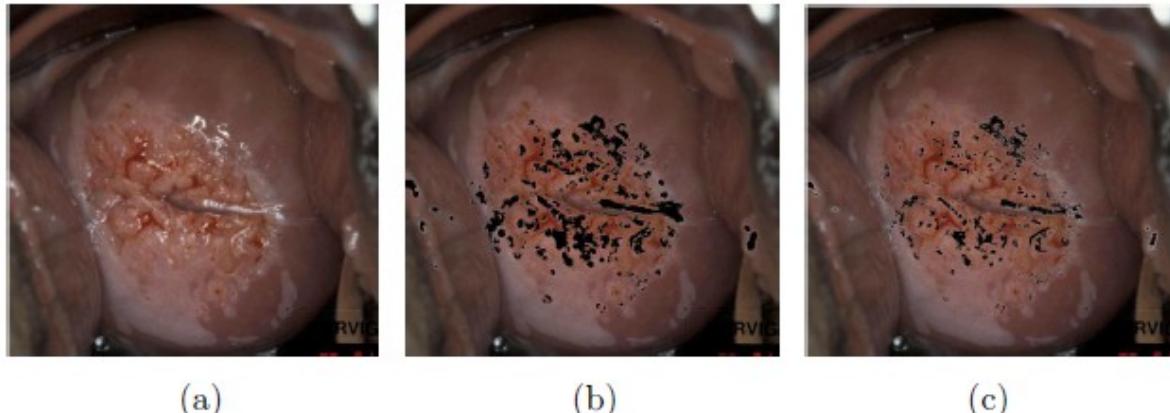


Figure 3. SR Identification: (a) Original cervigram (cropped); (b) Candidate SR regions are marked in black; (c) Final identification of SR (black).

- **I: Intensity**

- S: Saturation

- Region de candidate (b)

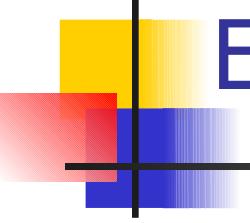
$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I}$$

$$I > 0.4 \cdot I_{max}, \quad S < 0.6 \cdot S_{max}$$

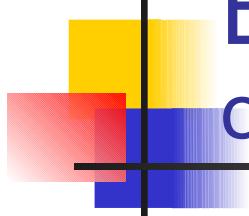
- Resultat final (c) : raffiner le résultat avec la magnitude du gradient

$$|\nabla G| = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2} > 0.15$$



Example : Red-eyes removal

- Redness :
- L'espace de couleurs utilisés pour la correction : YCrCb
- Ref : *AUTOMATIC RED-EYE DETECTION AND CORRECTION, ICIP 2002*



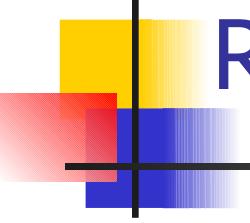
Example : Correction du contraste de l'image couleur?

- L'espace utilisee?
- Un exemple :
 - Conversion RVB → HSV
 - Egalisation de l'histogramme sur la chaine V
 - Conversion HSV → RVB

Example : style stransfer

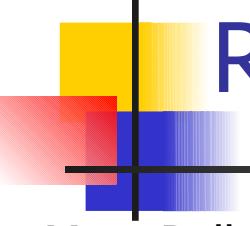
Source





Références

- **Chapitres dans livres:**
 - Computer Vision, A Modern Approach (Forsyth & Ponce) : chap. 6: Color
 - Digital Image Processing (Gonzalez & Woods) : chap. 6: Color Image Processing
- Formules pour convertir des couleurs d'une espace à une autre:
<http://www.brucelindbloom.com/index.html?Equations.html>
- Frequently Asked Questions about Colour (Color):
<http://www.poynton.com/ColorFAQ.html>



Références

- Marc Pollefeys, Class 5 Color, Comp256 Computer Vision, University of North Carolina at Chapel Hill (USA).
 - <http://www.cs.unc.edu/Research/vision/comp256/vision05.ppt>
- James L. Crowley, Vision par ordinateur, INP Grenoble (France).
 - <http://www-prima.inrialpes.fr/Prima/jlc/Courses/Courses.html>
- Jean-Marc Breteau. Cours de colorimétrie. Université du Maine (France).
 - http://prn1.univ-lemans.fr/prn1/siteheberge/optique/M7G5_JMBreteau/co/M7G5.html
- Benjamin Talmant et Xavier Lerouvreur. Les espaces de couleur RVB et Lab, de « Nuées dynamiques pour quantifier une image en couleur, dans l'espace RVB ou dans l'espace Lab? ». Projet de MTI, ENST (Paris, France)
 - http://www.tsi.enst.fr/tsi/enseignement/ressources/mti/RVB_ou_LAB/html/colorspace.html
- Wikipédia. CIE Lab.
 - http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=CIE_Lab&oldid=44525016
- Arnaud Baudry, L'Internaute. Dossier « Domptez les couleurs de vos photos » (07/10/2008).
 - http://www.linternaute.com/photo_numerique/tirage-photo/test/domptez-les-couleurs-de-vos-photos/domptez-les-couleurs-de-vos-photos.shtml