

COULEUR*

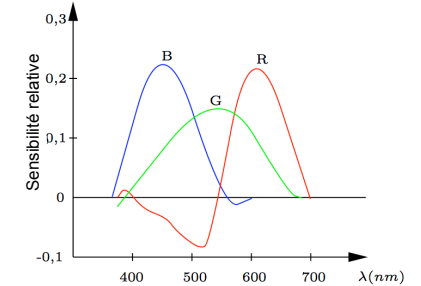
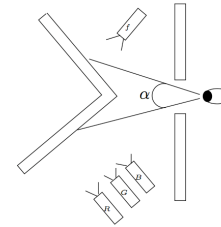
- Perception de la couleur
- Espace de couleur
- Traitements
 - Spécificités de la couleurs
 - Prétraitements
 - Description

* cours à compléter

Image numérique couleur, de l'acquisition au traitement, A Trémeau et all, Dunod

Perception de la couleur

- Espaces de couleur
 - Toute couleur peut être représentée comme une combinaison linéaire de 3 primaires



On cherche le triplet $r_\lambda, g_\lambda, b_\lambda$ qui égalise le mélange additif des 3 faisceaux primaires et le stimulus monochromatique f .

$$S(\lambda) \equiv r(\lambda).R + g(\lambda).G + b(\lambda).B$$

On en déduit 3 fonctions colorimétriques (CIE 1931)

(on remarque que dans une certaine plage on doit ajouter du rouge au stimulus pour pouvoir égaliser)

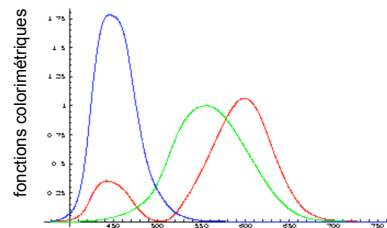
Perception de la couleur

- Espaces de couleur
 - On utilise un système de primitives imaginaires de façon à éviter les valeurs négatives qui posent problème en synthèse additive :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7690 & 1.7518 & 1.1300 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Matrice de passage au système de primaires XYZ (CIE 1931)

Il existe un autre système, LMS, basé sur les réponses spectrales des 3 types de cônes rétiniens, et donc mieux adapté à la perception humaine de la couleur.



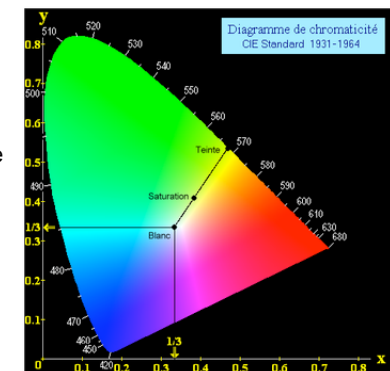
Fonctions colorimétriques du système de primaires XYZ (CIE 1931)

Perception de la couleur

- Diagramme de chromaticité xyY associé au système XYZ

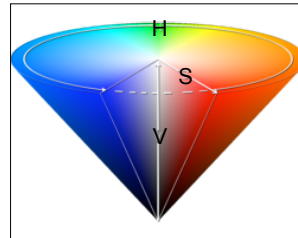
$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} & x+y+z &= 1 \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \end{aligned}$$

L'information chromatique est représentée par les coordonnées xy ; elle est visualisable en 2D (à Y constant). Représente les couleurs pures sur la périphérie. L'information achromatique (luminance) est représentée par Y .



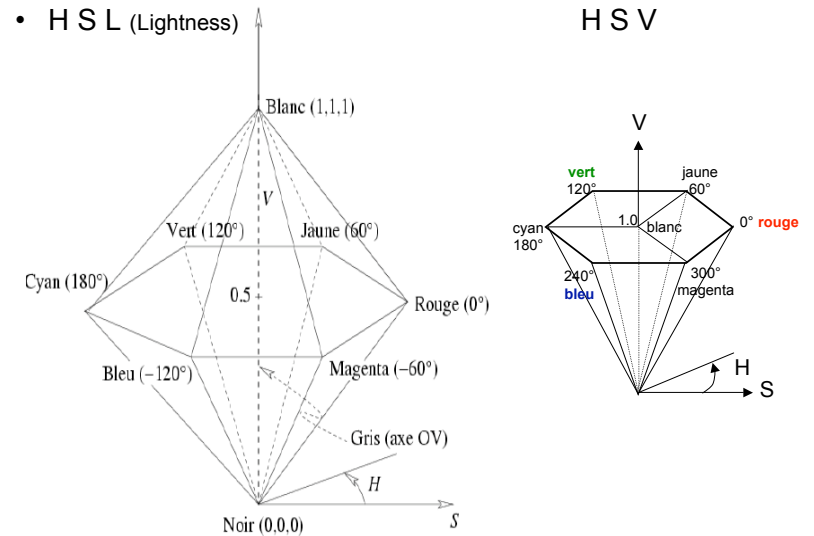
Perception de la couleur

- Teinte, Saturation, Valeur (TSV) ou HSV (*hue, saturation, value*)
- **Teinte** : le type de couleur (rouge, bleu, jaune, ...),
 - varie entre 0 et 360. Elle est parfois normalisée en 0-100 %
- **Saturation** : l'intensité de la couleur (parfois appelée pureté)
 - varie entre 0 et 100 % ;
 - plus la saturation d'une couleur est faible, plus l'image sera grisée (fade)
- **Valeur** : la brillance de la couleur :
 - varie entre 0 et 100%.



Perception de la couleur

- H S L (Lightness)



Perception de la couleur

- Transformation (R,G,B) → (H,S,V)

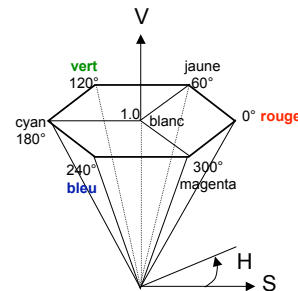
$$H_1 = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\}$$

$$H = H_1 \quad \text{si } B \leq G$$

$$H = 360^\circ - H_1 \quad \text{si } B > G$$

$$S = \frac{\text{Max}(R,G,B) - \text{Min}(R,G,B)}{\text{Max}(R,G,B)}$$

$$V = \frac{\text{Max}(R,G,B)}{255}$$



Perception de la couleur

- La*b* (CIELab)

- L : luminance, exprimée en pourcentage (0 noir - 100 blanc)
- a et b deux gammes de couleur, avec des valeurs allant de -120 à +120
 - a du vert au rouge
 - du bleu au jaune.
- Lab couvre l'intégralité du spectre visible par l'oeil humain et le représente de manière uniforme.
- permet de décrire l'ensemble des couleurs visibles indépendamment de toute technologie graphique
- comprend la totalité des couleurs RGB et CMYK
- très utilisé dans l'industrie,
- mais peu retenu dans la plupart des logiciels car difficile à manipuler

Traitements

- Prétraitements d'images couleur
 - Opérations ponctuelles
 - Filtrage
 - Amélioration
 - Morphologie
- Classification de couleur
 - Intervalles (min, max), (moyenne, variance)
 - Domaines (polyèdres)
 - Probabilités
- Contours de couleur
- Segmentation par la couleur
 - Ex peau

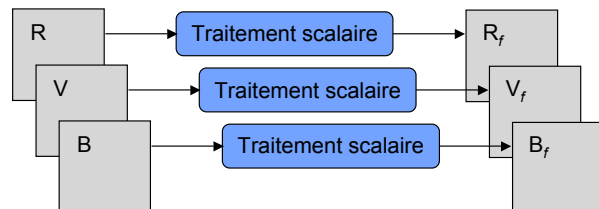
Prétraitements

- Contexte particulier de la couleur
 - Stratégie de construction des traitements, prenant en compte la nature multi-composante de la couleur
 - Choix de l'espace de représentation le mieux adapté pour effectuer les traitements
 - Préservation de l'information chromatique (ne pas générer de fausses couleurs)
 - Définition d'une relation d'ordre entre les vecteurs couleurs

prétraitements

Stratégie de traitement

- Stratégie marginale
 - Traiter chaque composante séparément (traitement analogue à celui d'une image monochrome)

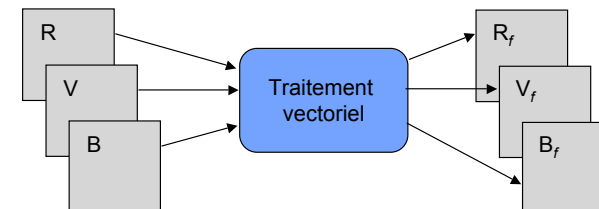


- + Traitement existant
- Ignore la corrélation entre les couleurs
- Coûteux (3 traitements)

prétraitements

Stratégie de traitement

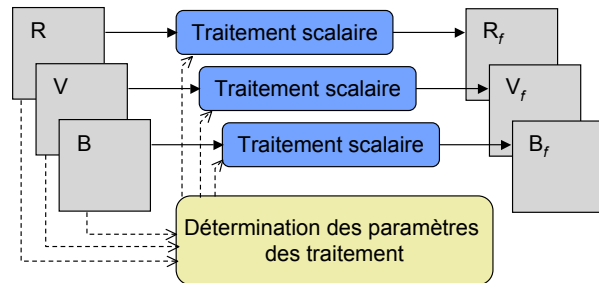
- Stratégie vectorielle
 - Traiter de manière globale l'ensemble des composantes



- + Prend en compte l'aspect multi-composante
- + Un seul traitement
- Traitement plus complexe et spécifique

Stratégie de traitement

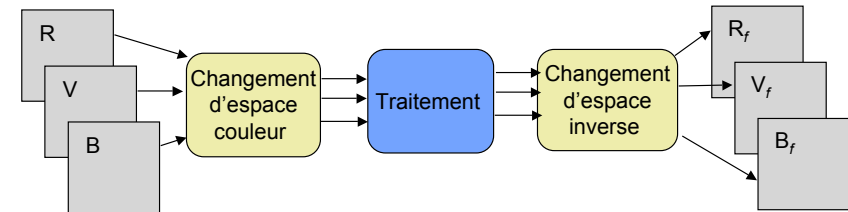
- Stratégie hybride
 - Traiter chaque composante séparément mais paramétrage prenant en compte l'ensemble (ex : traitements adaptatifs)



- + mieux adapté (paramétrage dépendant du contexte local)
- Peut être coûteux

Choix de l'espace de travail

- RVB souvent mal adapté :
 - Composantes fortement corrélées,
 - Interprétation de la couleur différente de celle de la perception humaine,
 - Différence perceptuelle entre 2 couleurs \neq distance entre ces 2 couleurs dans $\{R, V, B\}$.



- Espaces possibles :
 - Espace où les composantes sont décorréées; traitement de toutes ou d'une des composantes
 - Espace correspondant à la perception humaine (HSV)
 - Espace où les distances entre couleurs correspondent aux différences perçues (CIELAB, CIELUV). Besoin de connaître les conditions d'acquisition

Préservation de l'information chromatique

- Traitement produisant des fausses couleurs :
 - Si on contraint la sortie du traitement à être un des pixels d'entrée
 - Préservation des couleurs initiales
 - Mais on limite les possibilités de traitement
 - Sinon
 - Risque de générer des fausses couleurs
 - Mais phénomène peu fréquent et assez peu perceptible
 - Peu gênant si le résultat est destiné à être affiché
 - Plus gênant si le traitement est suivi d'une segmentation

Relation d'ordre entre les vecteurs couleurs

- L'extension de certains traitements à la couleur (ex filtrage non linéaire) nécessitent de définir une relation d'ordre sur des vecteurs couleurs
- Relation d'ordre
 - Réflexive : $U \leq U, \forall U$
 - Transitive : $(U \leq V \text{ et } V \leq W) \Rightarrow U \leq W, \forall (U, V, W)$
 - Antisymétrique : $(U \leq V \text{ et } V \leq U) \Rightarrow U = V, \forall (U, V)$
- Pré-ordre : réflexive et transitive
- L'ordre peut être partiel (éléments non comparables)
- Exemple
 - Projection de chaque vecteur sur R : $h : R^3 \rightarrow R$
 - Relation définie par l'ordre des scalaires projetés
 - h bijective \Rightarrow ordre total
 - h non injective \Rightarrow ordre partiel
 - Pré-ordre : $(U \leq V \text{ et } V \leq U) \Rightarrow U = V$

prétraitements

Relation d'ordre entre les vecteurs couleurs

• Définitions d'un ordre vectoriel

- Ordre canonique (ordre partiel)

$$\begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} R' \\ V' \\ B' \end{bmatrix} \Leftrightarrow R \leq R' \text{ et } V \leq V' \text{ et } B \leq B'$$

- Ordre selon une composante (pré-ordre)

ex : choix de R

$$\begin{bmatrix} R \\ V \\ B \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} R' \\ V' \\ B' \end{bmatrix} \Leftrightarrow R \leq R' \quad \forall V \text{ et } V', B \text{ et } B'$$

- Ordre lexicographique (ordre total)
on compare la composante 1; si égalité, selon la composante 2, etc .
- Ordre par mesure d'une distance cumulée (pré-ordre)

$$\forall (U_k, U_l) \in \{U_j\}^2 \quad U_k \leq U_l \Leftrightarrow \sum_j \text{dist}(U_k, U_j) \leq \sum_j \text{dist}(U_l, U_j)$$

- Ordre par mesure d'une distance à un vecteur de référence (pré-ordre)
tri « réduit »

$$\forall (U_k, U_l) \in \{U_j\}^2 \quad U_k \leq U_l \Leftrightarrow \text{dist}(U_k, U_{ref}) \leq \text{dist}(U_l, U_{ref})$$

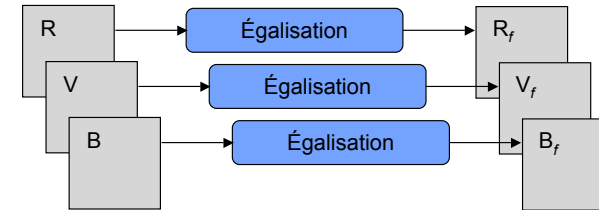
- Ordre par entrelacements de bits

prétraitements

Opérations ponctuelles

Exemple de l'égalisation d'histogramme

- Approche marginale



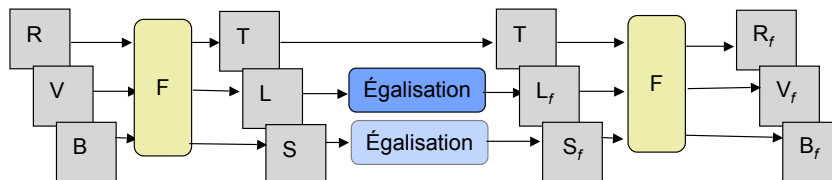
⇒ Création de fausses couleurs

prétraitements

Opérations ponctuelles

Exemple de l'égalisation d'histogramme

- Traitement d'une (ou 2) composante dans un espace transformé



⇒ On traite L ou L et S mais pas la Teinte

prétraitements

Filtrage linéaire

$$A_f(i, j) = \sum_{k=-w}^{+w} \sum_{l=-w}^w h(k, l) A(i-k, j-l) \quad \text{ici } A \text{ est un vecteur (RVB)}$$

- On applique le plus souvent un filtrage marginal à chaque composante
- Moyenneur spatial
 - 3 moyennes scalaires, avec les mêmes inconvénients qu'en monochrome
- Filtre adaptatif
 - Utilisation d'une structure hybride
On ne sélectionne, dans la fenêtre, que les pixels appartenant à la même région que le pixel courant, cad similaires.
On a, pour chaque composante :

$$h(k, l) = \begin{cases} 1 & \text{si } \|A(i, j) - A(i-k, j-l)\| \leq s \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

prétraitements

Filtrage non linéaire : filtres d'ordre

- Rappel

Filtre obtenus par un tri suivi d'un calcul faisant intervenir la position dans le tableau trié : médian, min, max, rang r, milieu .

L-filtres : le calcul est une combinaison linéaire des valeurs ordonnées

$$A_f = \sum_{n=1}^N c_n A_{(n)}$$

- Extension en couleur

- Filtre d'ordre marginal : filtre d'ordre scalaire sur chaque composante
- Tri marginal : tri sur chaque composante
- Filtre d'ordre vectoriel : tri réduit
 - Calcul d'un vecteur de référence
 - Calcul des distances
 - Tri selon ces distances
 - Filtrage

- Filtre d'ordre vectoriel : distances cumulées

- Filtre Médian vectoriel

- Choix d'une norme $\|V\|_p = \sqrt[p]{(v_1)^p + \dots + (v_M)^p}$ Calcul $A_f = \arg \min_{A \in \{A_n\}} \left\{ \sum_{n=1}^N \|A - A_n\|_p \right\}$

- Filtre $d_{\alpha\beta}$

$$A_f = \arg \min_{A \in \{A_n\}} \left\{ \sum_{n=1}^N \left[|R - R_n|^\alpha + |V - V_n|^\beta + |B - B_n|^\beta \right]^{\alpha/\beta} \right\}^{1/\alpha}$$

prétraitements

Morphologie mathématique

- Approche marginale

- Traitement de chaque composante
- Utiliser la luminance ou luminance + saturation

- Approche par mesure de distance

- tri réduit (problème du choix du vecteur de référence)

- Approche basée sur un ordre total

- Ordre par entrelacement de bits

prétraitements

Amélioration : rehaussement des contours

- Rehausseur marginal

- Exemple : laplacien

- Rehausseur $d_{\alpha\beta}$

- Filtre médian à fenêtre mobile

- Principe du filtre médian vectoriel standard
- Calcul de la distance (utilisée pour trier) sur des fenêtre de même taille que la fenêtre courante F, centrées sur chacun des pixel de F

description

Extraction de contours

- Fusion

- des cartes de contour calculées pour chaque composante
- Des cartes de norme de gradient

- Gradient vectoriel à partir des vecteurs gradient marginaux (Di Zenzo)

- Gradient vectoriel à partir des vecteurs gradient calculés sur la teinte (Carron)

description

Segmentation par classification

- Analyse des histogrammes 1D des composantes
 - Recherche des modes
- Analyse de l'histogramme 3D
- Analyse directe du nuage de points
 - Clustering
 - Ex k-means