

L'usage des couleurs en visualisation d'information

Perception
Modèles
Palettes

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

1

Du phénomène physique au phénomène perçu

- Définition physique de la lumière
 - La lumière est issue d'une onde électromagnétique perceptible par l'œil humain
 - Deux caractérisations du spectre électromagnétique de cette onde peuvent être utiles
 - Corpusculaire: énergie des photons
 - Ondulatoire: longueur d'onde ou fréquence

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

2

Lumière visible et perception

- Deux types de récepteurs
 - Cônes (vision diurne – forte intensité lumineuse)
 - 3 (ou plus) types de cônes qui sont sensibles à des plages de longueurs d'onde différentes
 - Type S, M, L
 - Les bases de la trichromie selon Ware
 - 3 couleurs primaires : rouge, jaune, bleu
 - Bâtonnets (vision nocturne – faible intensité lumineuse)

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

3

Le rôles des cônes

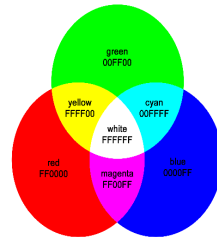
- La perception de la couleur est un phénomène complexe dépendant de la longueur d'onde, certes, mais pas de manière linéaire !!
- La capacité à discriminer entre deux couleurs dépend des couleurs: l'œil différencierait mieux deux verts ou deux rouges proches que deux bleus. Ce serait encore plus difficile sur les jaunes.

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

4

Modèles de couleur: RVB

- Modèle RVB CIE RVB (1920)
 - Modèle colorimétrique de l'œil humain
 - Trois primaires qui correspondent aux teintes auxquelles les cônes sont sensibles R, V, B
 - Chaque composante émet de la lumière dans sa longueur d'onde
 - R, V, B $\in [0, 255]$
 - Une couleur \leftrightarrow 24 bits \Rightarrow 16 777 216 couleurs
 - Synthèse additive: les lumières s'additionnent

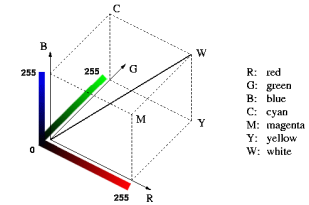


5

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

Le modèle RVB

- Cube de couleurs
 - Toutes les couleurs principales se trouvent sur les sommets



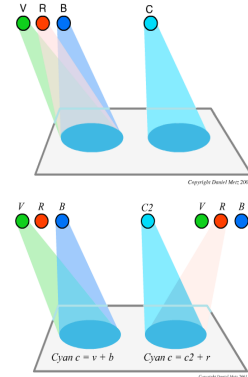
- Les limites du modèle RVB
 - Pas intuitif pour le peintre habitué au modèle de composition additif des couleurs
 - Ne permet pas de représenter toutes les couleurs du spectre

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

6

Limites RVB

- Expérience de Wright et Guild (1930)
 - Principe de l'expérience
 - ~ 20 sujets avec vision « normale » comparent source monochromatique avec une longueur du spectre visible avec composition pour trouver la même couleur
 - Problème: certaines longueurs d'onde (autour de cyan) ne peuvent s'exprimer avec valeurs positives de RVB
 - Recours à technique de dé-saturation

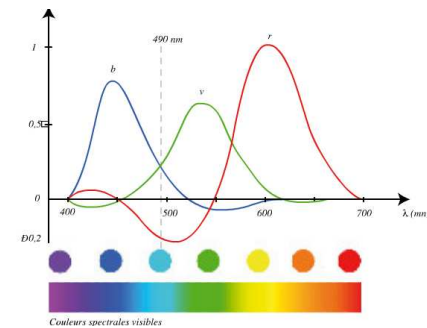


7

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

Limites RVB (suite)

- Résultat de l'expérience de Wright et Guild:
 - les fonctions de correspondance entre les couleurs monochromatiques



Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

8

Alternatives à RVB

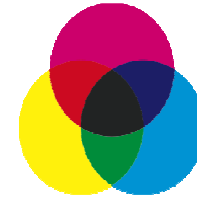
- CMY
 - Le modèle de l'imprimeur, du peintre
- HCB ou HSV
 - Tentative vers un modèle plus proche de l'humain
- Modèles perceptifs
 - CIE XYZ
 - CIE L*u*v

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

9

Modèle CMY : Cyan/Magenta/Yellow

- Plus « intuitif » pour le peintre que RVB
- C'est le modèle de couleur utilisé pour l'impression
- Chaque pigment absorbe l'une des trois portions du spectre de la lumière visible.
- La couleur du pigment résulte des couleurs qu'il réfléchit

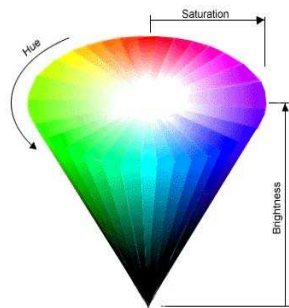


Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

10

HSB: Hue, Saturation, Brightness

- Aussi appelé HSV (V=Value)
- Hue: teinte
~ la longueur d'onde
- Saturation: pureté
 - À quel point la couleur est mélangée à d'autre:
 - 0 -> blanc, max -> couleur saturée ou pure (à éviter)
- Brightness / Value
 - Intensité lumineuse:
 - 0 -> noir.
 - Attention: la définition de brillance n'est pas toujours la même



Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

11

Evolution de la notion de brillance

- Précision sur la notion de Brillance:
 - Brillance = intensité lumineuse d'une couleur -> ambiguë
 - => Luminance: depuis 1948 remplace la brillance pour être plus objectif ie c'est l'intensité lumineuse mesurée précisément (définition CIE)
 - => Luminosité: introduite en 1976 pour désigner l'intensité lumineuse perçue (~brillance)
 - NB: dans HSB, Brightness ~ Luminance

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

12

Le rôle de la CIE

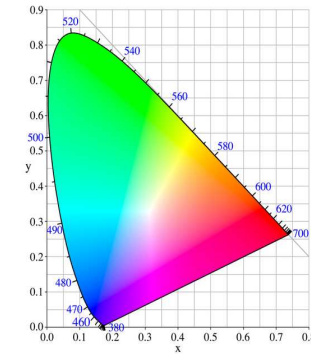
- La CIE (Compagnie Internationale de l'Éclairage) définit les standards et le vocabulaire
 - Elabore standards colorimétriques
 - Objectif: établir des modèles perceptifs de la couleur
- CIE RVB (1920)
 - Modèle colorimétrique de l'œil humain
 - Trois primaires qui correspondent aux teintes auxquelles les cônes sont sensibles
- CIE XYZ (1931)
- Etc...

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

13

Modèle CIE XYZ

- Objectif: remplacer RGB par XYZ
 - $C = X+Y+Z$
 - Y suit la fonction d'efficacité de l'œil
 - Sensibilité exacerbée sur les verts
 - Prend en compte perception
- Définition de l'espace chromatique par le triangle de Maxwell
 - $x = X / (X + Y + Z)$
 - $y = Y / (X + Y + Z)$
 - $z = Z / (X + Y + Z)$
 - $z = 1 - x - y$
 - On ne garde que x, y dans le triangle de Maxwell
- Les couleurs pures (saturées) sont sur la périphérie de la courbe
- Droite ~ limite du visible ultraviolet et infrarouge
- Conversion entre RVB et XYZ

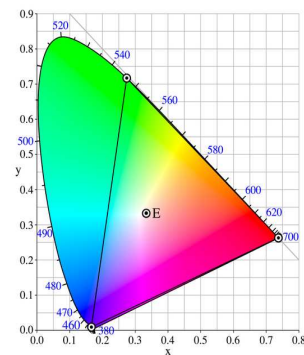


Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

14

Bilan CIE

- Points positifs:
 - Pts intéressantes (cf précédent slide)
 - Spectre des couleurs visibles perceptibles (GAMUT) et fonctions de correspondance entre les couleurs et des composantes trichromiques
 - Conversion vers RVB
 - Sert de référence pour définir les gamut des autres modèles et/ou des matériels
 - ci-contre modèle RVB dans le triangle

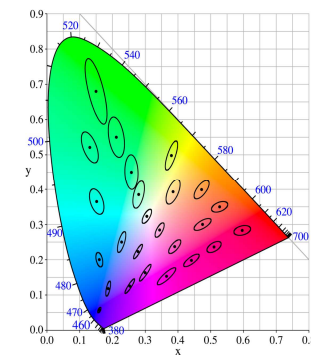


Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

15

Bilan CIE

- Point négatif: modèle non uniforme
 - Distance entre deux couleurs dans le diagramme non représentative de la distance réellement perçue entre deux couleurs
 - Cette non-uniformité se confirme sur le diagramme de Mac Adam
- Les solutions à la non-uniformité
 - Modèle $L^*u^*v^*$
 - Modèle $L^*a^*b^*$



Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

16

Conclusion modèle de couleurs

- De nombreux autres modèles de couleur
 - En particulier pour images animées
- Comment faire de bonnes palettes de couleurs
 - Combien de couleurs ?
 - Physique -> infinité
 - Moniteur 24 bits -> plus de 16 Millions
 - Système perceptif humain -> 15 000 ?

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

17

Palettes de couleur

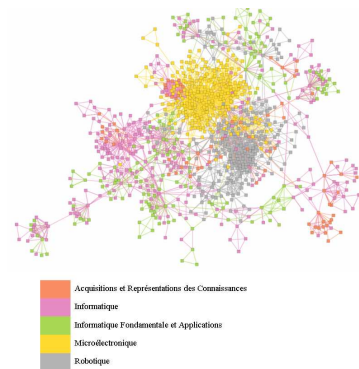
- Nb de couleurs et pré-attention
 - Expérience de Healey 1996
 - Couleurs de même luminosité
 - Distance entre chaque paire de couleurs choisie fixée pour être identifiable
 - Identifier un élément dans une couleur cible
 - Nb couleurs varie : 3, 5, 7 et 9
 - Résultat
 - Si $nbc \leq 5$: processus préattentif
 - Ne dépend ni de nb items ni des couleurs
 - Si $nbc = 7$ ou 9 : processus plus complexe
 - Le choix de la couleur cible est déterminant
 - Cibles vertes donnent les plus mauvais résultats
- => Plus le nb de couleurs est élevé plus le choix des couleurs est déterminant

Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

18

Palettes de couleurs de Brewer

- Données qualitatives
 - différentiation
 - même luminosité
 - Contrôle de la distance entre les teintes

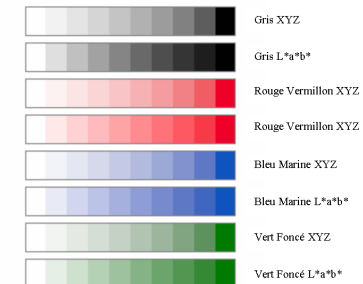


Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

19

Palettes Brewer - Données ordonnables (1/2)

- Échelle monochromatique
 - Min = blanc
 - Max = la couleur saturée
 - C = Interpolation linéaire (dans modèle XYZ ou $L^*a^*b^*$) entre Min et Max



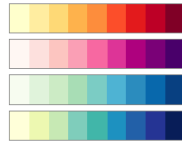
Mountaz Hascoët, Univ. Montpellier II

20

Palettes Brewer - Données ordonnables (2/2)

■ Echelles Brewer à

- luminosité décroissante et
- à teinte variable, 9 teintes
 - Jaune rouge
 - Rouge pourpre
 - Vert bleu
 - Jaune vert bleu



Echelles de couleur divergentes

- Pour représenter des données numériques
 - Deux échelles ordonnables mises bout à bout
 - Rouge - vert
 - Spectre
 - Rouge jaune bleu
 - Rouge bleu

