

# Les données numériques: Introduction à l'image

Diane Lingrand



2022 - 2023

- 1 Généralités
- 2 Perception visuelle humaine
- 3 Représentation de la couleur
- 4 Quantification
- 5 Illusions dans la perception (des couleurs)

- 1 Généralités
- 2 Perception visuelle humaine
- 3 Représentation de la couleur
- 4 Quantification
- 5 Illusions dans la perception (des couleurs)

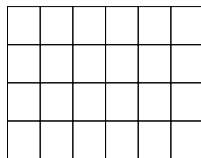
Ceci est une image.

- **image** : 3520x2537 pixels en couleur (25 Mo de données)
- **dessin vectoriel** : sur un fond bleu, un texte jaune en fonte Times New Roman, Normal “Ceci est une image”

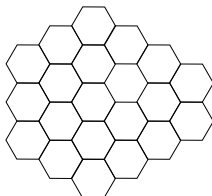
CeciEstUneImage.svg	3.25 kO
CeciEstUneImage.pdf	13 kO
CeciEstUneImage.png	110 kO

# Une image en informatique

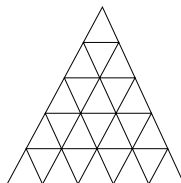
- un tableau de pixels : échantillonnage
- dimension : 1D, 2D, 3D, 2D+T, ...
- des valeurs pour les pixels : quantification
- pavage ou tessellation : arrangement des pixels



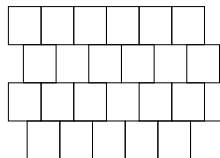
pavage rectangulaire



pavage hexagonal



pavage triangulaire



pavage rectangulaire quinconce

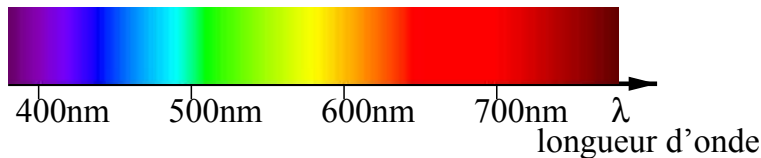
Dans la suite, on s'intéresse à des images en 2 dimensions et dont les pixels ont pour valeurs des entiers de 0 à 255 ou des triplets d'entiers de 0 à 255.

- Dessin vectoriel : PostScript, SVG, PDF
- Image (pixélisée) :
  - Sans compression : PBM, PGM, PPM, BMP, TIFF
  - Avec compression :
    - sans pertes : BMP, TIFF, GIF (8bits), PNG
    - avec pertes : JPEG

- 1 Généralités
- 2 Perception visuelle humaine
- 3 Représentation de la couleur
- 4 Quantification
- 5 Illusions dans la perception (des couleurs)



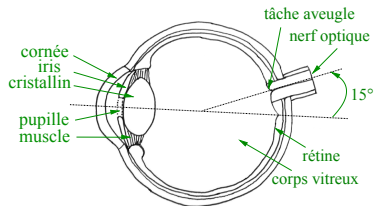
# Qu'est-ce que la couleur ?



- phénomène psychophysique
  - physique de la lumière
  - interaction des ondes électromagnétiques avec les matériaux physiques
- phénomène psychophysiologique
  - interprétation de ces phénomènes par le système visuel (œil + cerveau)

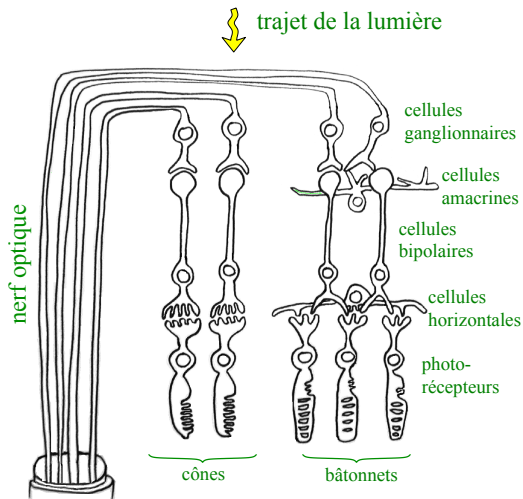
- Lumière = onde électromagnétique
- Récepteur = œil (cornée, cristallin, rétine)
- Transmetteurs = nerfs optiques, neurones, synapses
- Analyseur = cerveau

- La cornée : lentille de l'œil
- Le cristallin : mise au point
- L'iris : diaphragme de l'œil
- Pupille : centre de l'iris
- Rétine



# La rétine : Pré-traitement de l'information visuelle

- Cellules photo réceptrices : cônes et bâtonnets
- Cellules bipolaires (premier neurone) : reliées à un ou plusieurs récepteurs
- Cellules ganglionnaires (deuxième neurone) reliées à une ou plusieurs cellules bipolaires
- Nerf optique (tache aveugle)



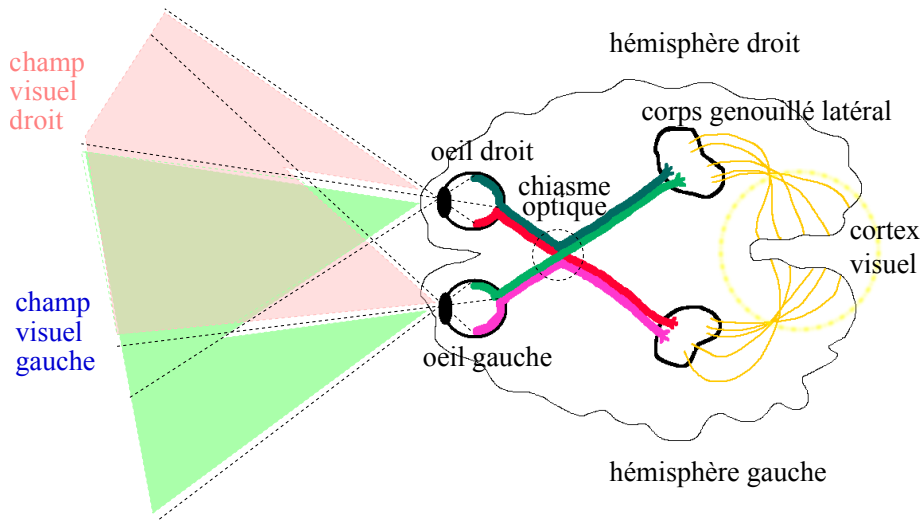
## Cônes

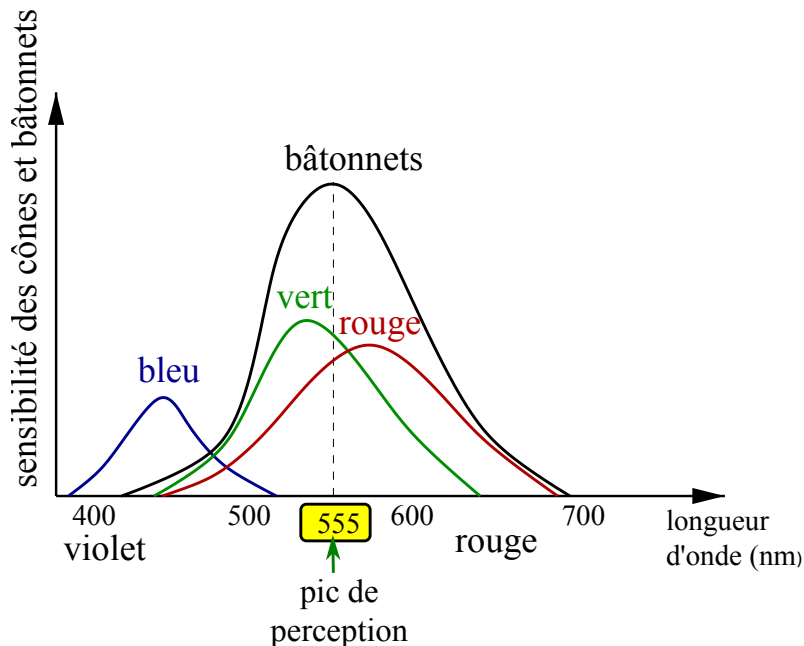
- 6 millions
- macula (fovéa)
- grande précision
- forte intensité : 100 photons
- vision couleur (3 types de pigments)

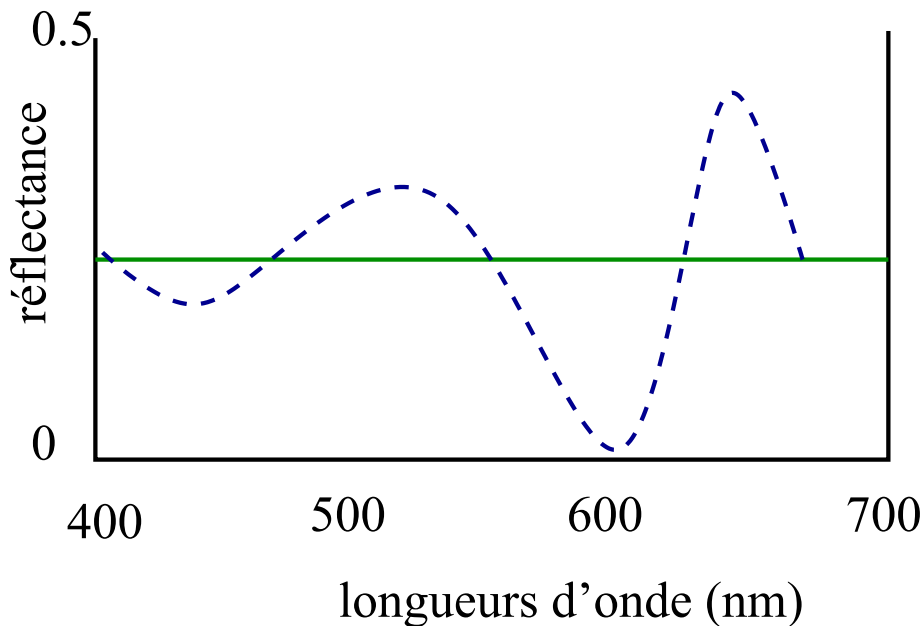
## Bâtonnets

- 120 millions
- périphérie
- faible précision
- faible intensité : 1 photon
- vision monochrome

# De la rétine au cerveau









# Exemples de daltonisme



Drapeau arc-en-ciel vu par une personne sans daltonisme.



Le même drapeau vu par une personne souffrant de protanopie (absence de récepteurs du rouge).



Encore le même drapeau vu par une personne souffrant de deutéranopie (absence de récepteurs du vert).



Toujours le même drapeau vu par une personne souffrant de tritanopie (absence de récepteurs du bleu).

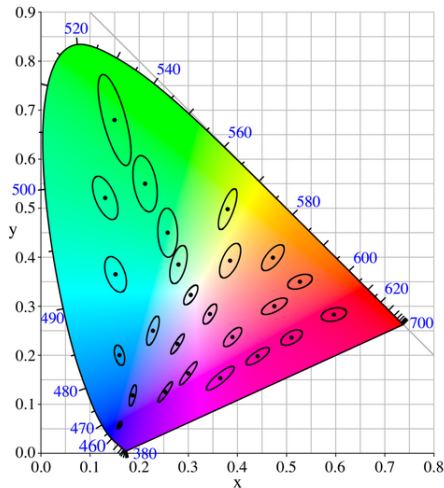
illustrations en provenance de

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Daltonisme>

L'oeil humain peut distinguer :

- 350000 couleurs,
- 150 couleurs spectrales,
- 3000 lumières colorées de même luminance.

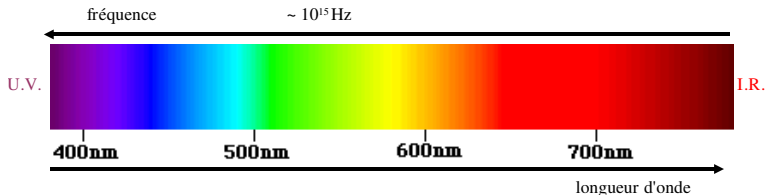
## Ellipses de Mac Adam



*crédit : en.wikipedia.org*

- 1 Généralités
- 2 Perception visuelle humaine
- 3 Représentation de la couleur**
- 4 Quantification
- 5 Illusions dans la perception (des couleurs)

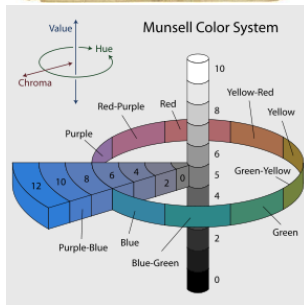
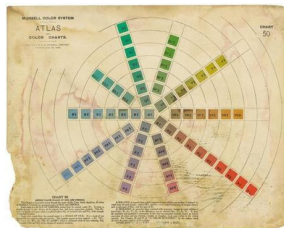
# Définitions



- teinte : nom de la couleur, longueur d'onde dominante
  - repérable, non mesurable, non additive
- saturation : degré de dilution dans le blanc
- luminosité : intensité de la lumière achromatique
  - mesurable et additive
  - unité de brillance énergétique :  $1\text{cd.m}^{-2} = 10 \text{ nits}$

# Représentation de la couleur

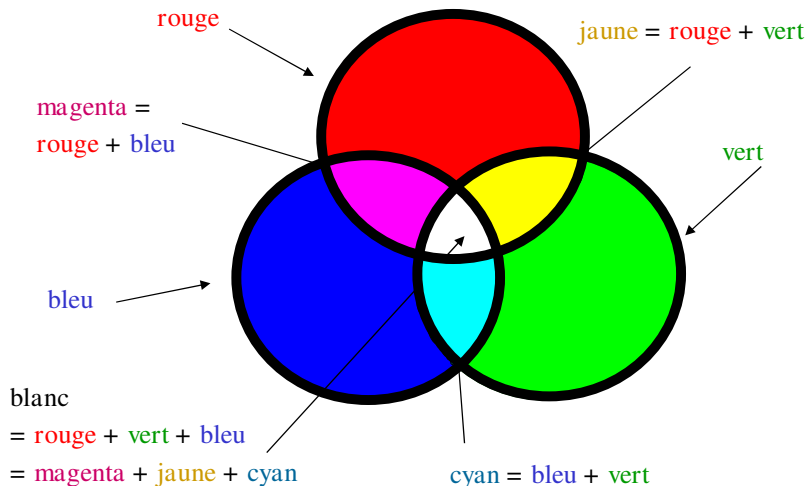
- Atlas de couleurs :
  - Munsell, 1929
    - classé selon la tonalité, la clarté et la saturation
    - 10 tonalités, 10 niveaux de clarté
  - NCS (Natural System of Colors)
- Représentation dans un espace à 3 dimensions :
  - calquée sur notre perception
  - en fonction de grandeur physique



Crédit : <http://www.ruthiev.com/albert-henry-munsell-2/>

# Couleurs primaires (RBG)

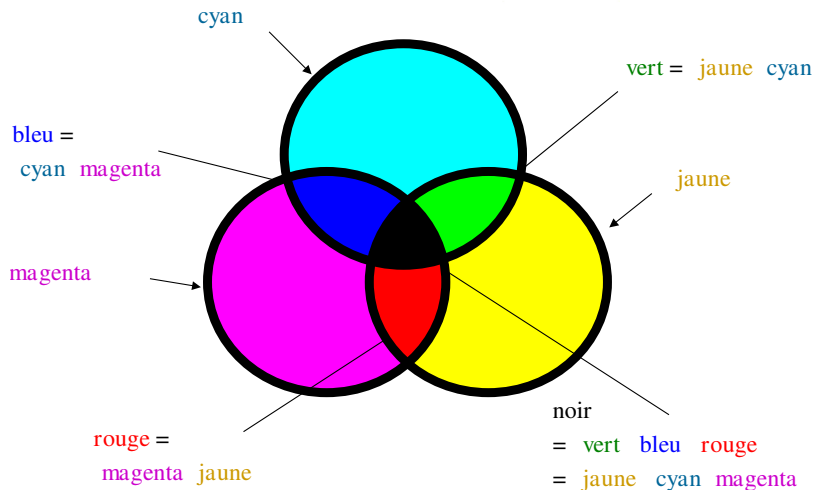
- rouge (700 nm), vert (546 nm), bleu (435.8 nm)
- utilisées pour la projection



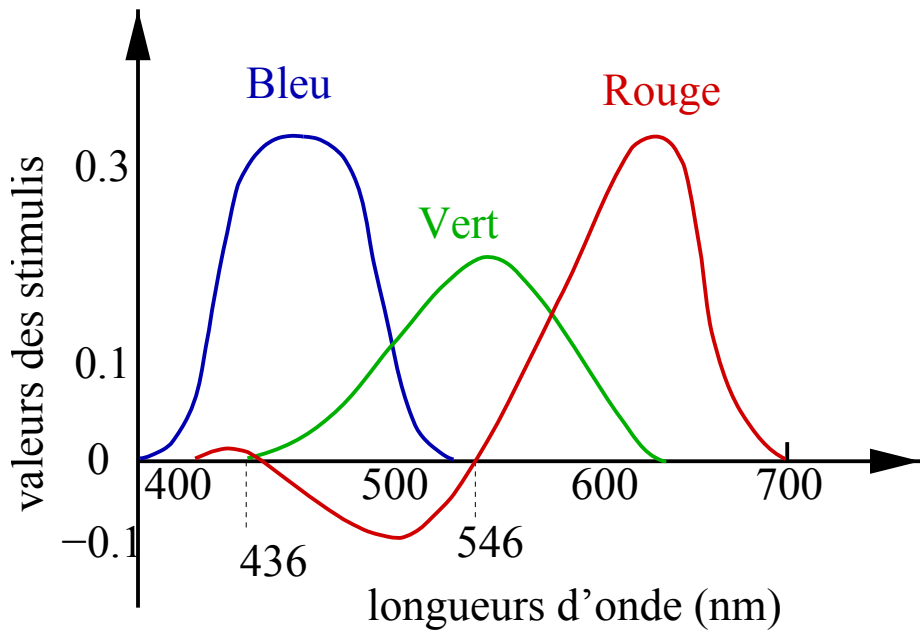
# Couleurs secondaires (YCM)

- jaune, cyan, magenta
- utilisées en imprimerie

SOPHIA



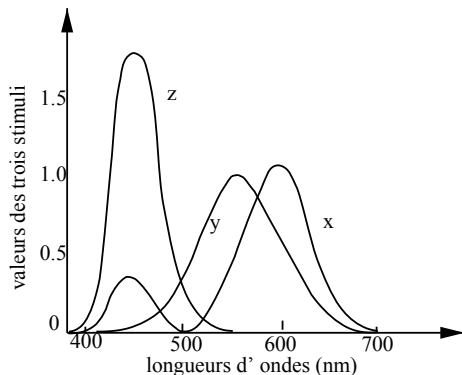
# Comment trouver les composantes RGB ?





# Diagramme de chromaticité de la CIE (1935)

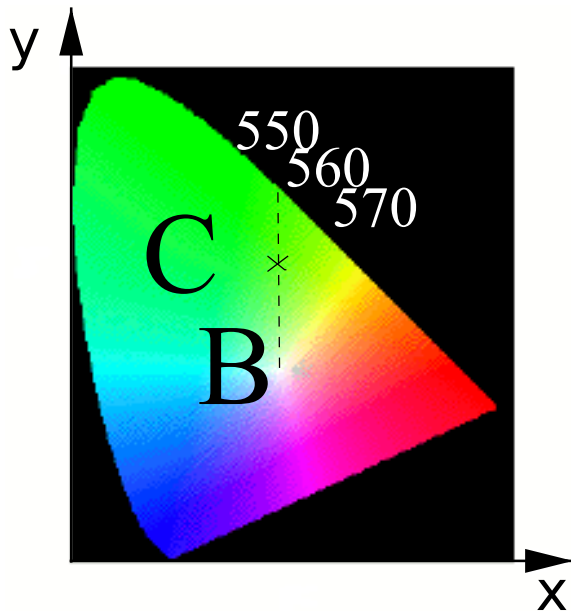
- couleurs primaires :
  - couleurs théoriques : X, Y et Z
  - Y luminance
  - mélange donne blanc
- élimine les valeurs négatives
- modèle CIEXYZ

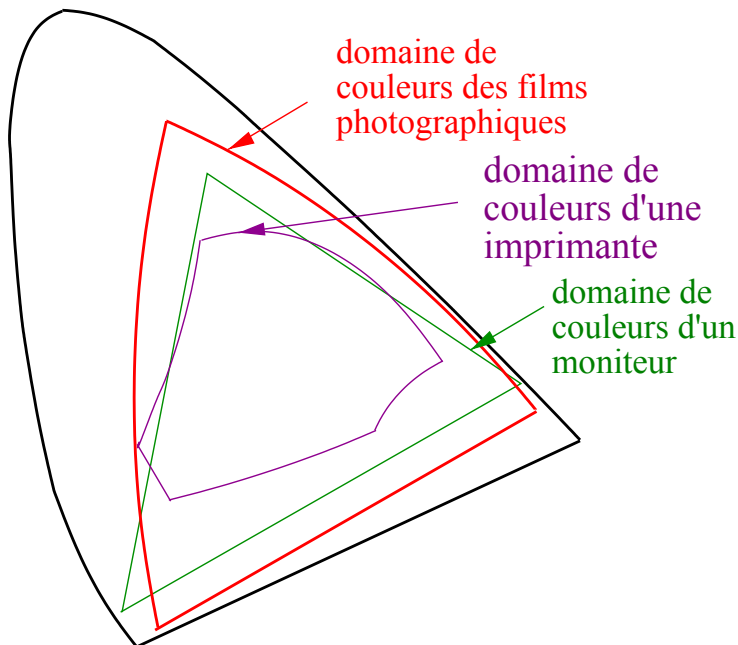


$$\begin{cases} X = 0.489989 R + 0.310008 G + 0.2 B \\ Y = 0.26533 R + 0.81249 G + 0.01 B \\ Z = 0.0 R + 0.01 G + 0.99 B \end{cases}$$

$$\begin{cases} R = 2.3647 X - 0.89658 Y - 0.468083 Z \\ G = 0.515155 X + 1.426409 Y - 0.088746 Z \\ B = 0.005203 X - 0.014407 Y + 1.0092 Z \end{cases}$$

# Diagramme de chromaticité : $x + y + z = 1$





$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

- Betacam (Y pb pr )
  - $pb = 0.5 (B - Y) / (1 - 0.114)$
  - $pr = 0.5 (R - Y) / (1 - 0.299)$
- Digital Video System (Y Cb Cr )
  - $Cb = 128 + 112 pb$
  - $Cr = 128 + 112 pr$
- YUV
  - $U = 0.493 (B - Y)$
  - $V = 0.877 (R - Y)$
- NTSC YIQ
  - $I = 0.6 R - 0.28 G - 0.32 B$
  - $Q = 0.21 R - 0.52 G + 0.31 B$



- Espace de couleurs de Hunter (1948) : Lab
- CIELAB (1976) :  $L^*a^*b^*$ 
  - $L^*$  : clarté ou *lightness* (racine cubique de la luminance relative)
  - $a^*$  et  $b^*$  : écart au gris
  - $a^*$  : de vert à rouge
  - $b^*$  : de bleu à jaune

$$\begin{aligned}L^* &= 116f(Y/Y_n) - 16 \\a^* &= 500(f(X/X_n) - f(Y/Y_n)) \\b^* &= 200(f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n))\end{aligned}$$

avec

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{si } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} & \text{sinon} \end{cases}$$

Sous illumination D65, coordonnées du blanc :

$$X_n = 95.047, Y_n = 100.000, Z_n = 108.883$$

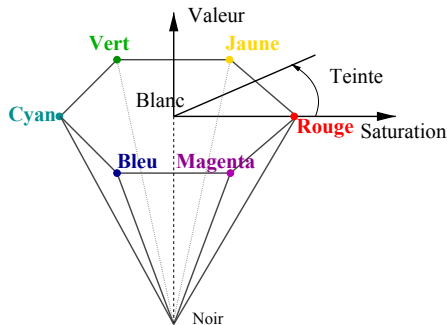
# Modèle HSV : *Hue Saturation Value*

$$V = \max(R, G, B)$$
$$S = \begin{cases} \frac{V - \min(R, G, B)}{V} & \text{si } V \neq 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$
$$H = \begin{cases} \frac{60(G-B)}{V - \min(R, G, B)} & \text{si } V = R \\ \frac{120 + 60(B-R)}{V - \min(R, G, B)} & \text{si } V = G \\ \frac{240 + 60(R-G)}{V - \min(R, G, B)} & \text{si } V = B \end{cases}$$

Si  $H < 0$  alors  $H = H + 360$ .

En sortie :  $0 \leq V \leq 1$ ,  $0 \leq S \leq 1$ ,

$0 \leq H \leq 360$



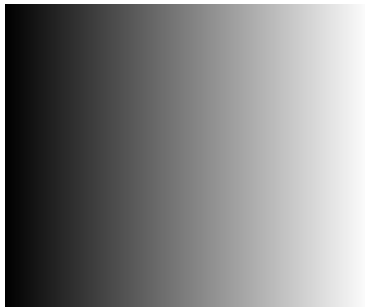
- Variable selon les langages et librairies
- Approche Java/ImageBuffer :
  - tableau 2d de pixels
  - 1 pixel = 1 entier de 4 octets
    - 1 composante = 1 octet (entier de 0 à 255)
    - chaque octet est affecté à une composante couleur : rgb
- Approche Python/numpy/scikit-image :
  - 1 image = tableau ou tenseur  $w * x * ch$ 
    - autant de canaux (ch) que de composantes couleurs
    - 3 canaux en rgb, 4 canaux en rgba
    - valeurs entières 8 ou 16 bits; valeurs flottantes (0-1)



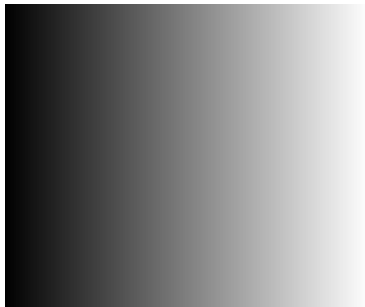
- 1 Généralités
- 2 Perception visuelle humaine
- 3 Représentation de la couleur
- 4 Quantification**
- 5 Illusions dans la perception (des couleurs)

- loi de probabilité uniforme : intervalle de quantification constants et niveaux centrés
- existence de tables pour les autres densités de probabilités
- quantification : niveaux de gris ou composantes couleurs (nombre de bits peut varier d'une composante à une autre)

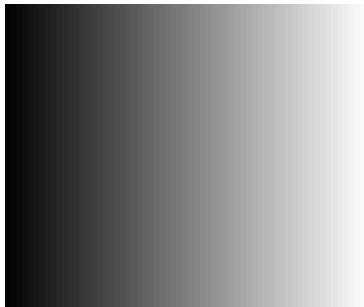
# Exemple : 8 bits, 256 niveaux de gris, 16 777 126 couleurs



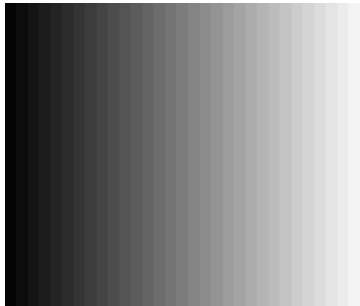
# Exemple : 7 bits, 128 niveaux de gris, 2 097 142 couleurs



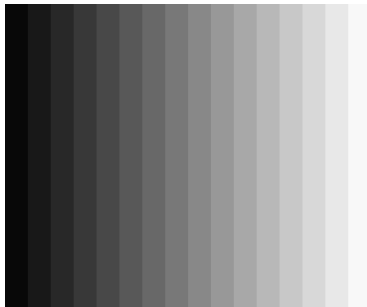
# Exemple : 6 bits, 64 niveaux de gris, 262 144 couleurs



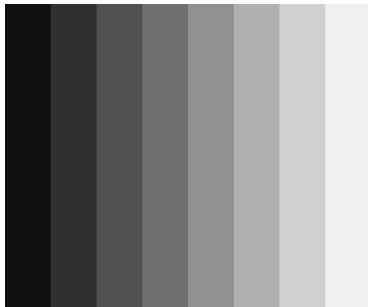
# Exemple : 5 bits, 32 niveaux de gris, 37 768 couleurs



# Exemple : 4 bits, 16 niveaux de gris, 4096 couleurs

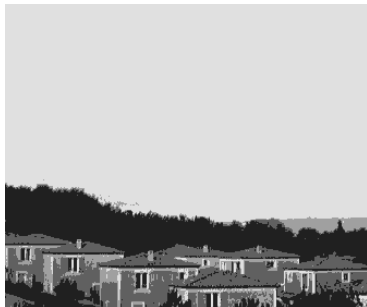
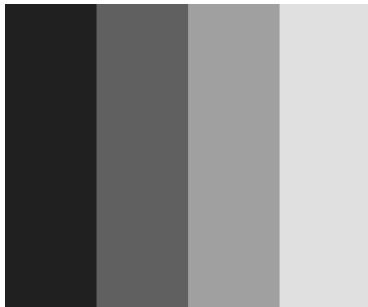


# Exemple : 3 bits, 8 niveaux de gris, 512 couleurs

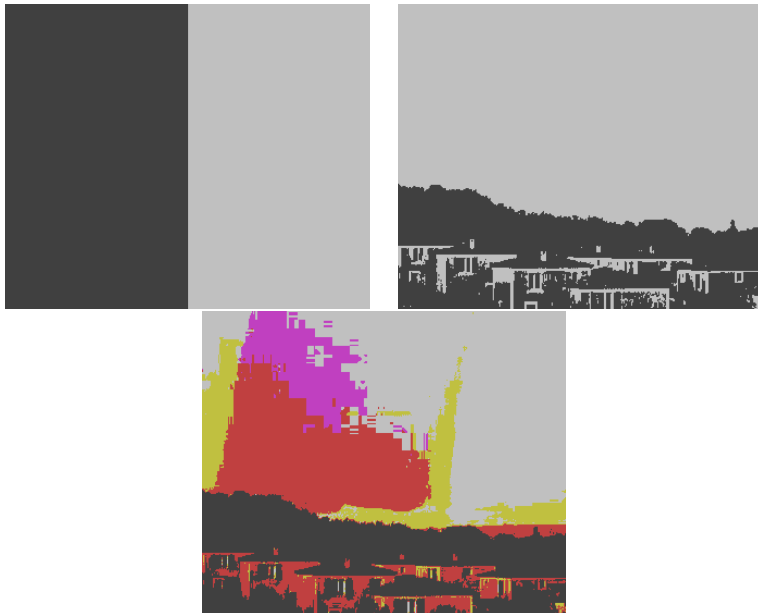




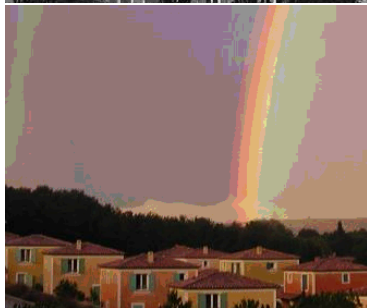
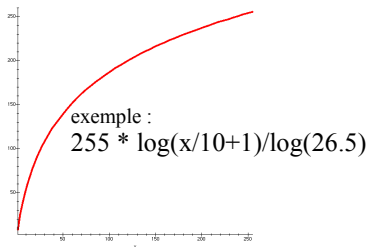
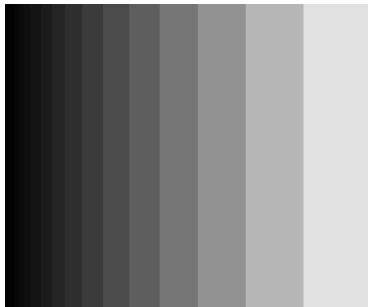
## Exemple : 2 bits, 4 niveaux de gris, 64 couleurs



# Exemple : 1 bit, 2 niveaux de gris, 8 couleurs

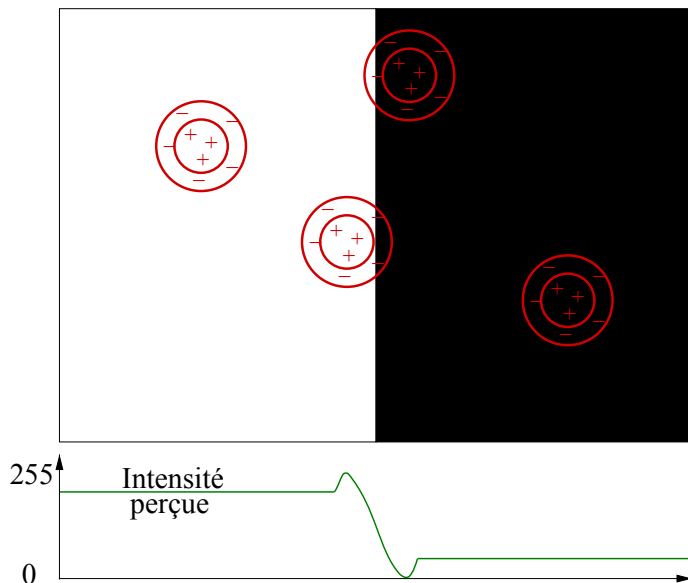


# Exemple : 4 bits, quantification logarithmique

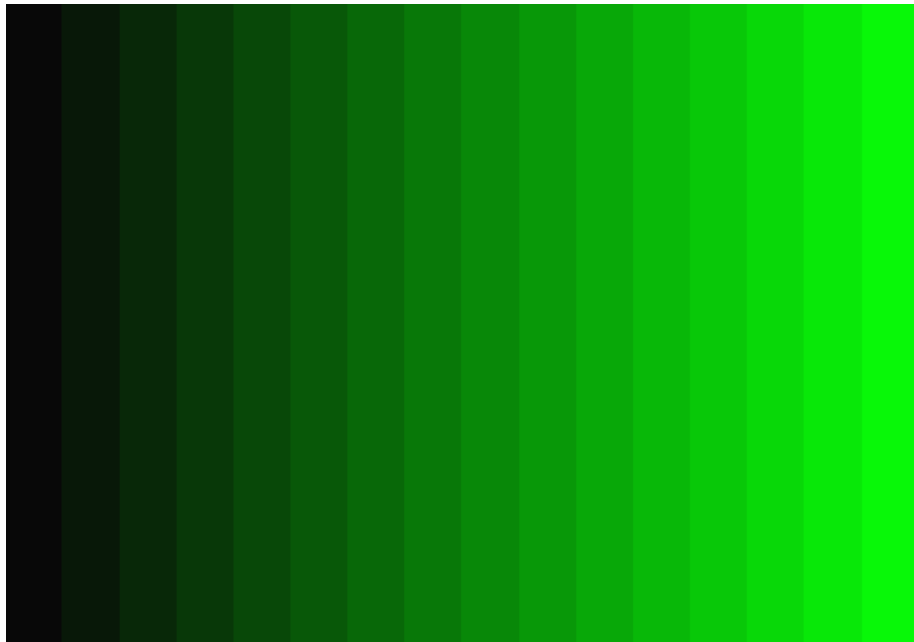


- 1 Généralités
- 2 Perception visuelle humaine
- 3 Représentation de la couleur
- 4 Quantification
- 5 Illusions dans la perception (des couleurs)

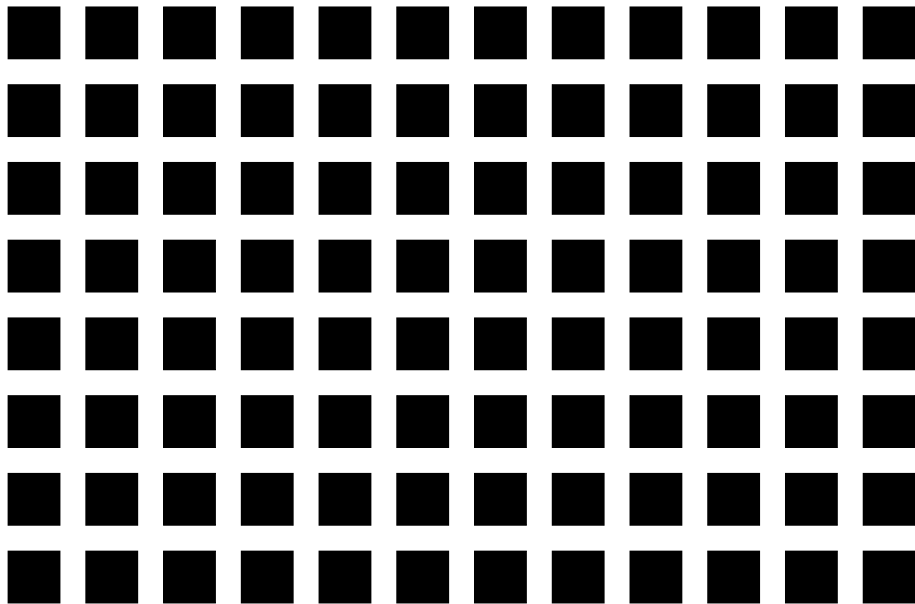
# Cellules ganglionnaires de type *ON-center*



# Bandes de Mach

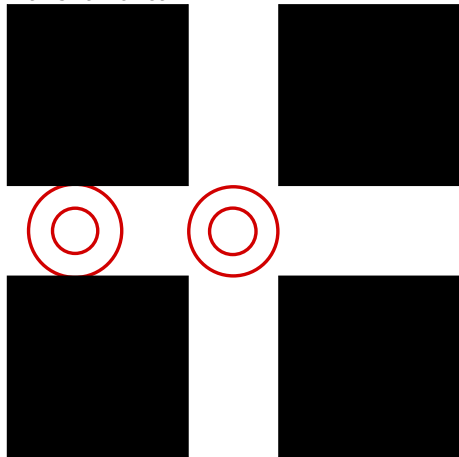


# La grille d'Hermann

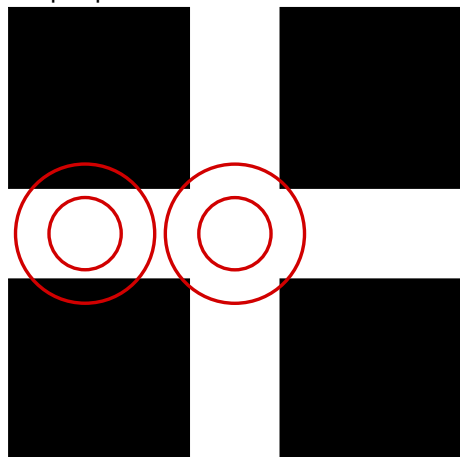


# Illusion d'Hermann

Dans la fovea :

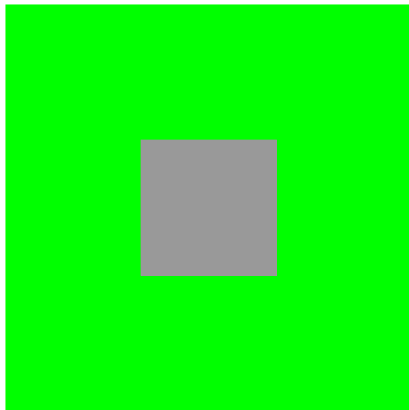
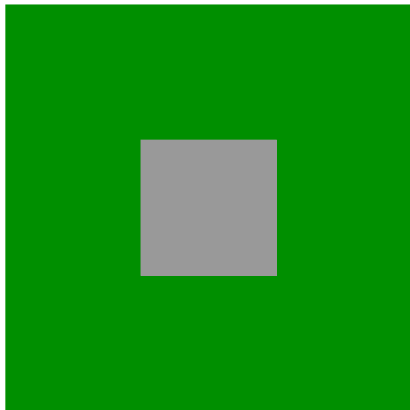


En périphérie :

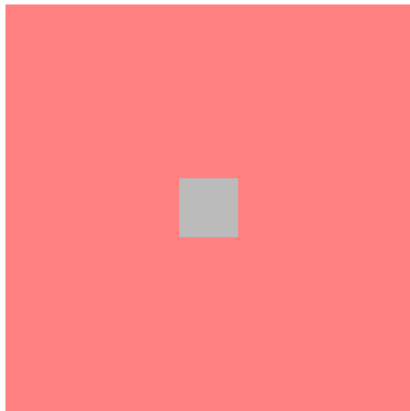
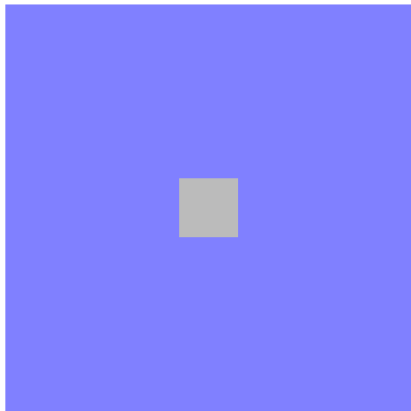




# Quel est le carré gris le plus clair ?



# Les petits carrés sont-ils vraiment gris ?





Une saturation élevée donne une illusion de luminosité élevée.

