

Introduction au traitement d'images

Enseignement intégré

TSIG1 | Systèmes Électroniques Embarqués 2A | 2025-2026

Chapitre 3 : Couleur

Rémi Giraud

remi.giraud@enseirb-matmeca.fr

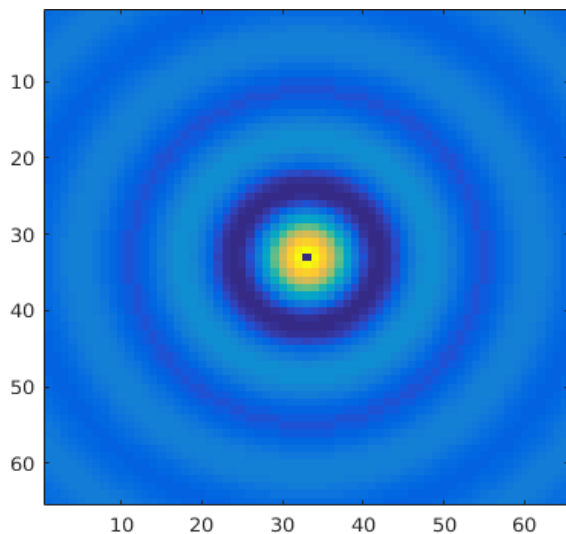
<https://remi-giraud.enseirb-matmeca.fr/>

Plan du cours

- Introduction
- Formation / Acquisition
- **Image numérique**
 - Format/Affichage/Synthèse
 - Espaces couleur caractéristiques : compression, esquisse, illusion
- **Traitements**
 - Filtrage linéaire / non linéaire : débruitage, anonymisation
 - Détection de contours : réhaussement de contraste
- **Transformée de Fourier**
 - Application : recouvrement fréquentiel
- **Compression d'images**
 - Application : algorithme JPEG
- **Transformation spatiales**

Qu'est-ce qu'une image numérique ? (1/2)

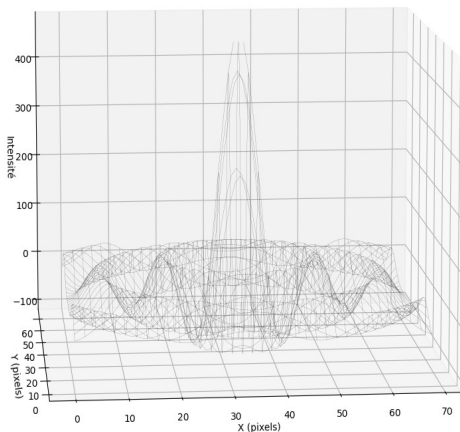
- **Un signal 2D discret** ... avec quelques spécificités
 - Certains concepts se généralisent depuis le cas 1D
 - D'autres non ... notamment liés à la visualisation et la perception
- **Image synthétique** : créée artificiellement (simulation, calcul, ...)
- **Image naturelle** : discrétisation du monde réel (photo, relevé, ...)



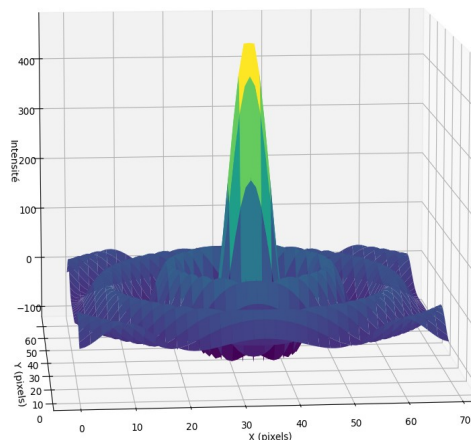
Qu'est-ce qu'une image numérique ? (2/2)

- Un signal 2D discret = une matrice spatialement cohérente
- **Comment visualiser efficacement un tel contenu ?**
 - Par *une information couleur continue 2D* (comme nos yeux)

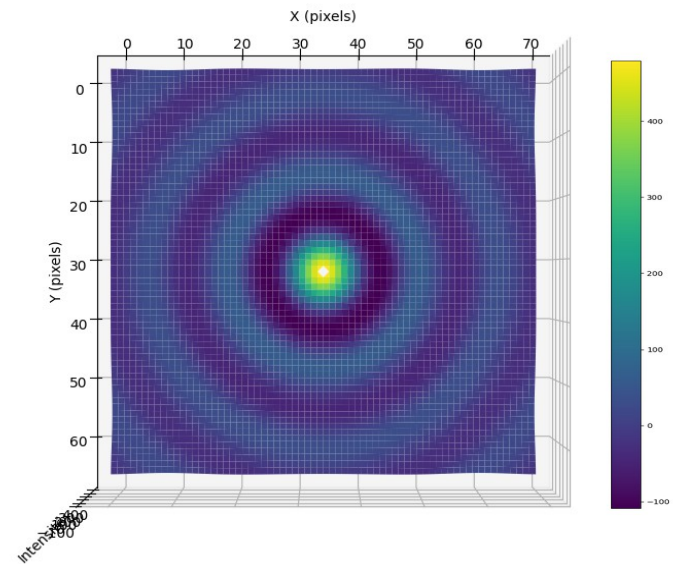
Plots indépendants
des multiples lignes
(intensité = hauteur)



Surface colorée
(intensité = hauteur + teinte)



Surface colorée
(intensité = teinte)
Vue du dessus



Qu'est-ce qu'une couleur ?

- 3 composantes/canaux
 - Rouge (R), Vert (V), Bleu (B)



R=212 G=16 B=40	R=205 G=65 B=112	R=103 G=120 B=176	R=62 G=127 B=193
R=201 G=26 B=43	R=197 G=69 B=94	R=154 G=106 B=148	R=98 G=117 B=186
R=192 G=101 B=106	R=138 G=59 B=80	R=127 G=96 B=137	R=97 G=129 B=188
R=255 G=250 B=250	R=230 G=192 B=213	R=140 G=118 B=156	R=73 G=97 B=145
R=250 G=248 B=251	R=255 G=248 B=255	R=255 G=246 B=255	R=182 G=176 B=210

Intensité vectorielle

212	205	103	62
201	197	154	98
192	138	127	97
255	230	140	73
250	255	255	182

R



16	65	120	127
26	69	106	117
101	59	96	129
250	192	118	97
248	248	246	176

V



40	112	176	193
43	94	148	186
106	80	137	188
250	213	156	145
251	255	255	210

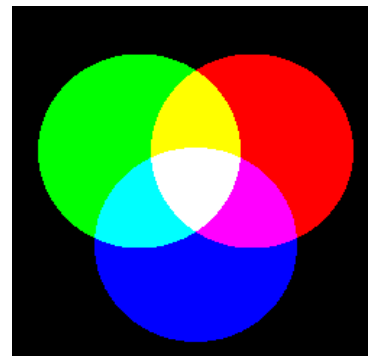
B

Comment afficher une image couleur ?

- Trois canaux d'intensité associés à une couleur primaire :



- Principe de la synthèse additive :

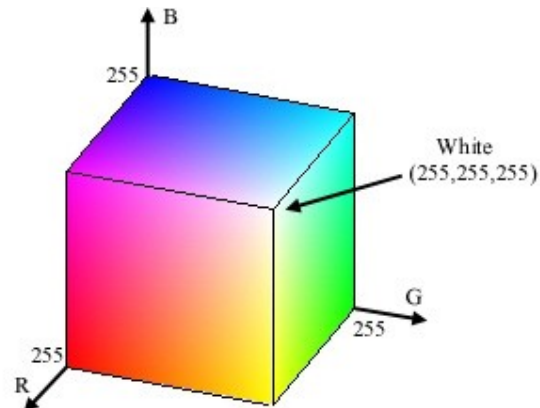


Comment afficher une image couleur ?

- Trois **canaux d'intensité** associés à une couleur primaire :

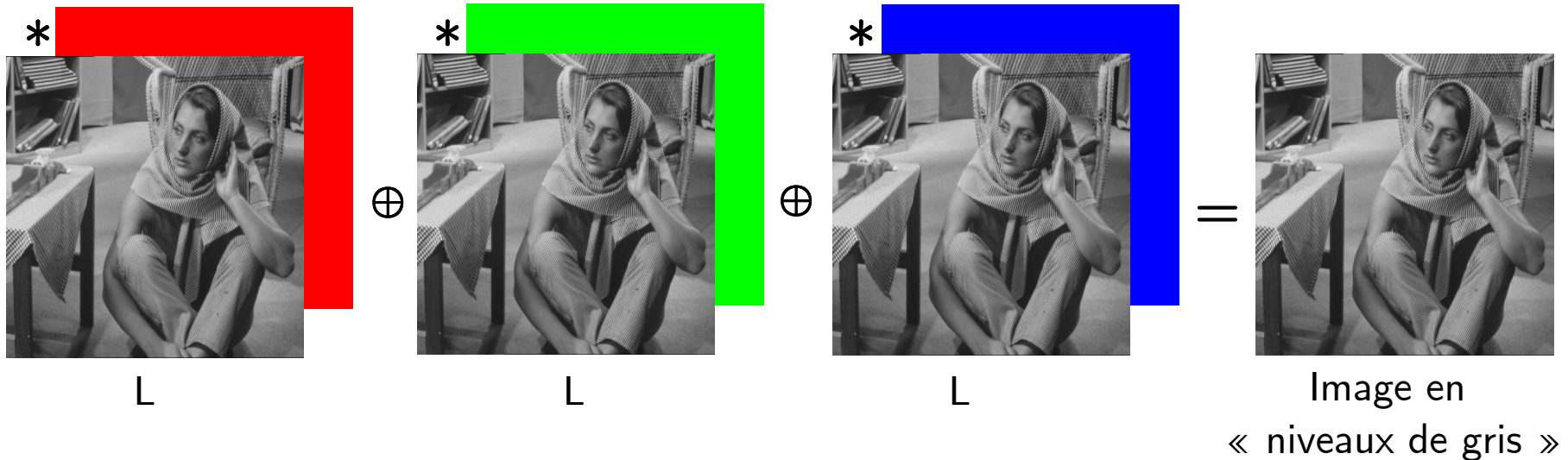


- L'ensemble des couleurs peut être représenté par un cube (RGB)

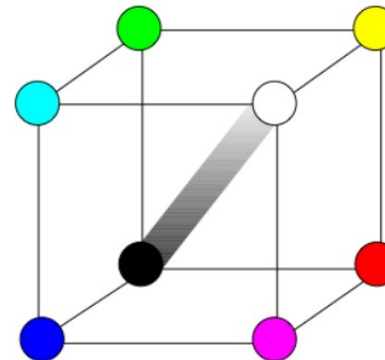


Comment afficher une image couleur ?

- En **niveaux de gris** : Triplication du seul canal L

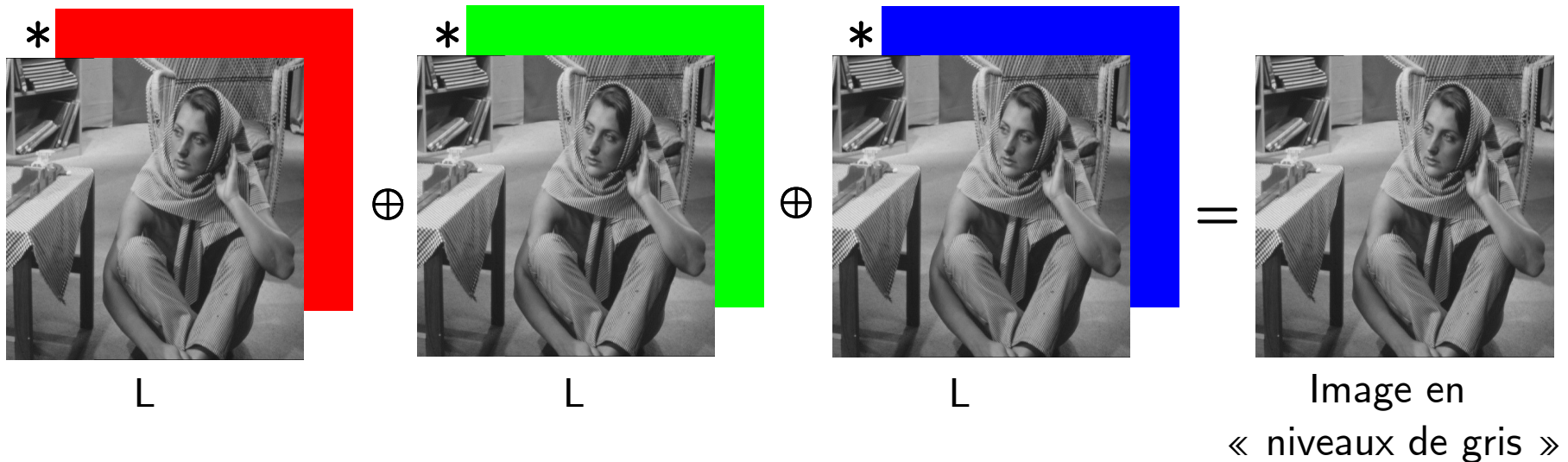


- Pas de contraste de couleur :
image perçue en nuances de gris



Comment afficher une image couleur ?

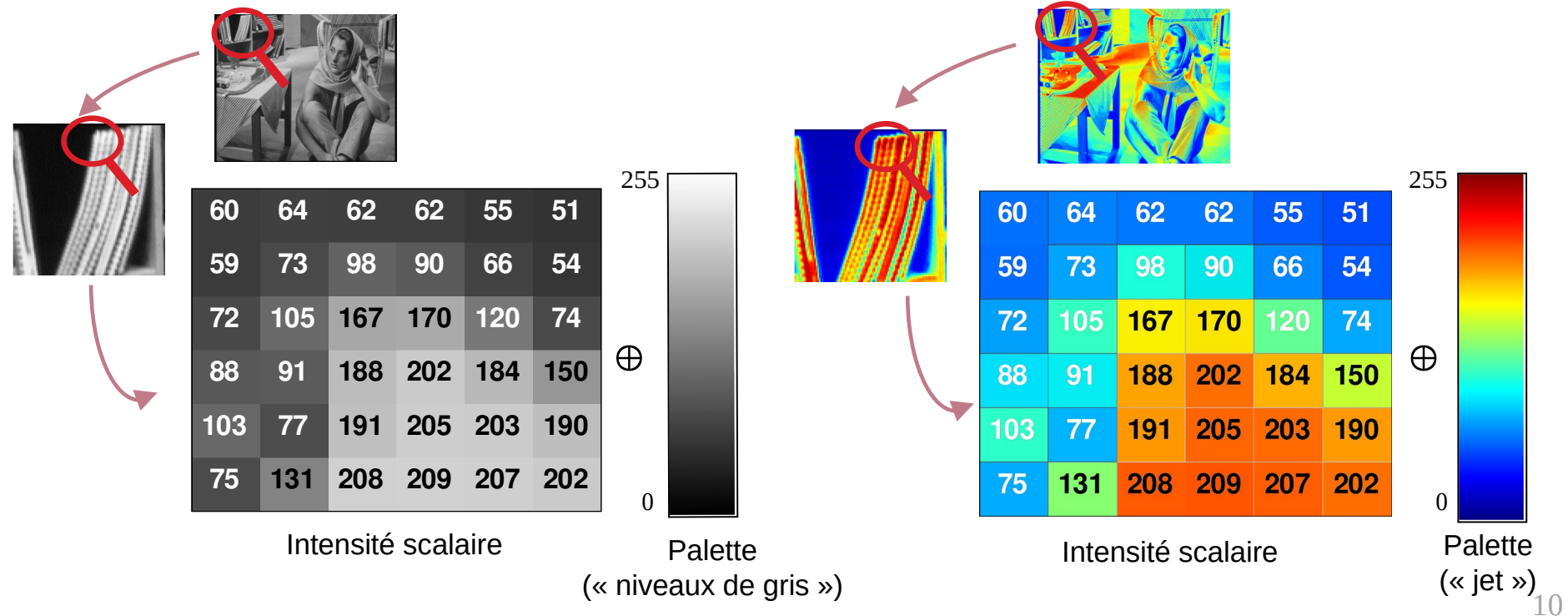
- En **niveaux de gris** : Tripllication du seul canal L



- Note : pour passer facilement d'une image couleur à une image à un seul canal qu'on peut afficher en « niveaux de gris », on peut calculer la luminance **L** : $(R+V+B)/3$

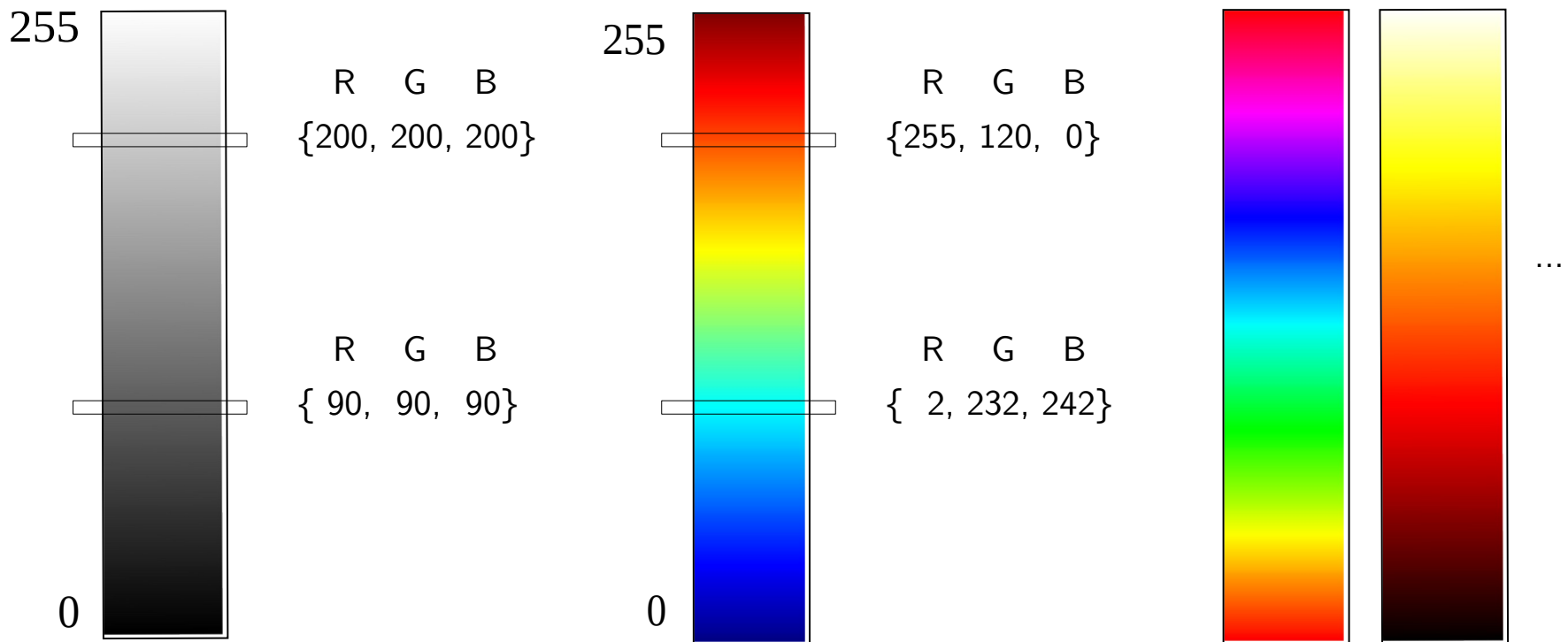
Comment afficher une image avec un seul canal ?

- Pas de vraies couleurs ! Donc on a le choix.
- Affichage en fausses couleurs ou couleurs indéchées :
Avec une palette (table de correspondance couleur)



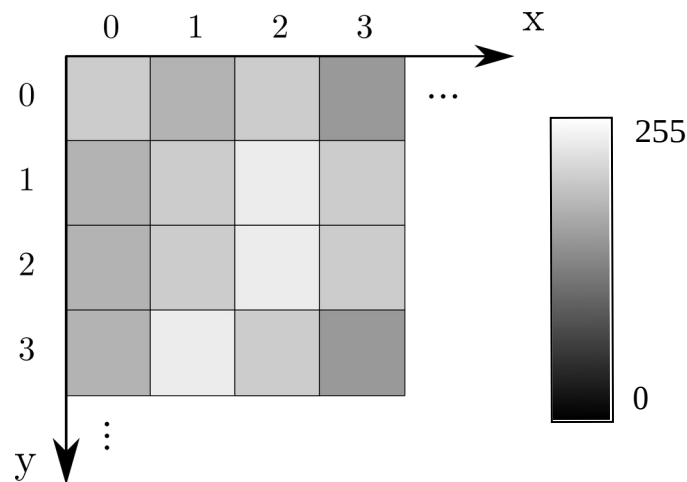
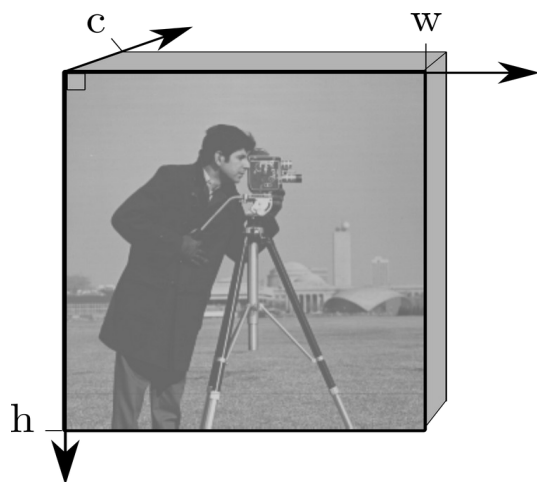
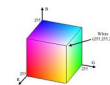
Palette couleur

- Une palette, c'est un ensemble de triplés RGB qui associe chaque intensité à une couleur :



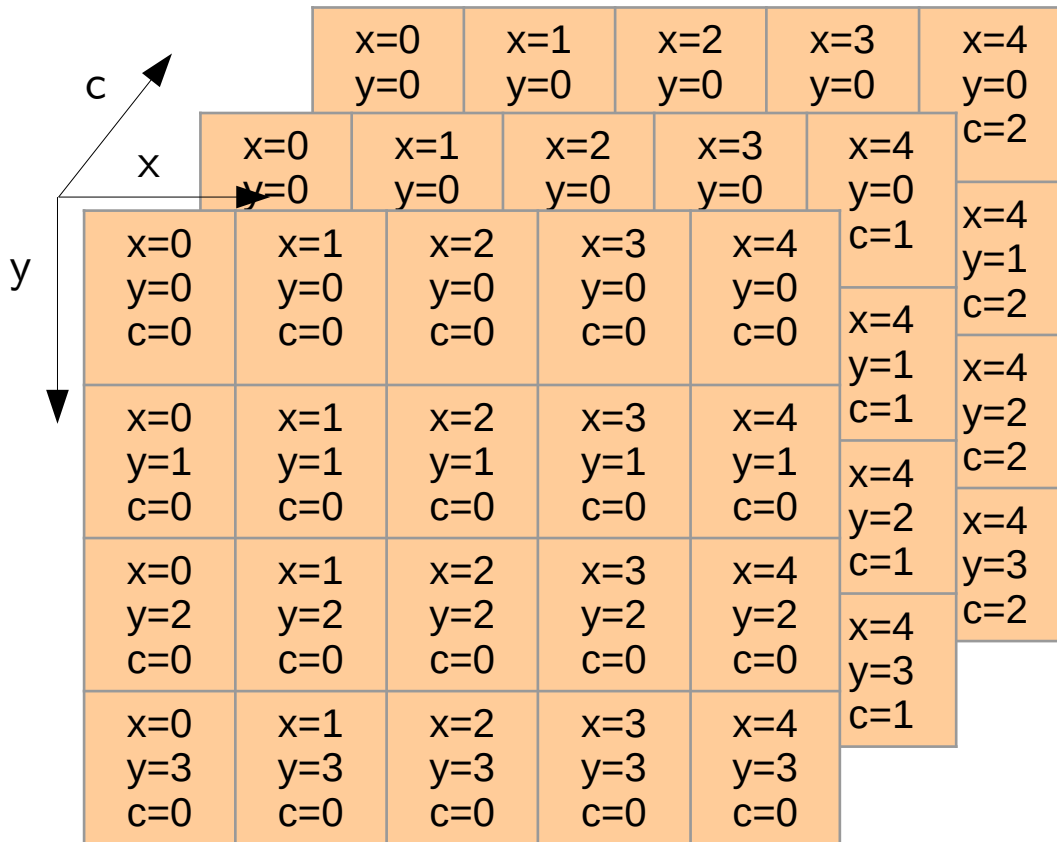
Qu'est-ce qu'une image numérique ? (3/3)

- Un signal 2D discret = une matrice spatialement cohérente avec :
 - Une taille/résolution : $h \times w$ ($\times c$)
 - Un nombre de canaux c :
 - 1 = image 2D, choix de la palette couleur
 - 3 = image couleur, couleurs fixes RGB
- Chaque élément de cette matrice I est un **pixel**, associé à :
 - Une couleur ou intensité $I(i,j)$ (format usuel $[0, 255]$)



Conventions

- Accès à une image RGB = Accès à un tableau tridimensionnel



~~`img[x,y,canal]`~~

`img[ligne,colonne,canal]`
=
`img[y,x,canal]`

Interface de Spyder

Dossier courant (créer et se placer dans un dossier spécifique au cours)

Exécuter le script

Variables déclarées
(prendre l'habitude de vérifier leur taille)

The screenshot shows the Spyder Python IDE interface with several components and annotations:

- File Explorer (Left):** A list of files and folders. A green box highlights the 'test.py' file, with an arrow pointing to it from the 'Dossier courant' annotation.
- Code Editor (Center):** Displays the content of 'test.py'. A yellow box highlights the 'Run' button (a green play icon) in the toolbar, with an arrow pointing to it from the 'Exécuter le script' annotation.
- Variable Explorer (Right):** A table showing declared variables. A blue box highlights this area, with an arrow pointing to it from the 'Variables déclarées' annotation.
- Console (Bottom):** Shows the output of the script execution. A red box highlights this area, with an arrow pointing to it from the 'Console' annotation.
- Script Label:** A purple label 'Script' is placed over the code editor.
- Help Panel (Bottom Right):** Displays the 'Utilisation' (Usage) section of the Spyder help.

Nom	Type	Taille	Valeur
c	int	1	3
h	int	1	383
I	Array of float64	(512, 512, 3)	[[[160. 150. 101.] [71. 61. 12.]
img	Array of uint8	(383, 510, 3)	[[[6 24 7] [6 24 7]
key	str	1	E
s	dict	8	{'_header_': 'MATLAB 5.0...
value	Array of uint8	(1022, 2000)	[[0 0 0 ... 0 0 0] [0 0 0 ... 0 0 0]
w	int	1	510

```
In [16]: 0.302*255
Out[16]: 77.009999999999999

In [17]: 0.0745*255
Out[17]: 18.9975

In [18]: runcell(2, '/home/rgiraud/Dropbox/COURS/INFO/IT220/code/c3_ex_display.py')
[108. 96. 46.]

In [19]: runcell(2, '/home/rgiraud/Dropbox/COURS/INFO/IT220/code/c3_ex_display.py')
[66. 77. 19.]

In [20]: runcell(0, '/home/rgiraud/Dropbox/COURS/INFO/IT220/code/santitre0.py')

In [21]:
```

Console : Sortie d'affichage standard
Permet également de taper des commandes

Dataset d'images : <https://remi-giraud.enseirb-matmeca.fr/teaching/>

Image en « vraies couleurs »

```
import matplotlib.pyplot as plt
img = plt.imread('../img/bdx.jpg')
whos (dans la console)
```

Variable	Type	Data/Info
img	ndarray	383x510x3: 585990 elems, type `uint8`, 585990 bytes

```
plt.figure(1)
plt.imshow(img)
plt.show()
```

hauteur

largeur

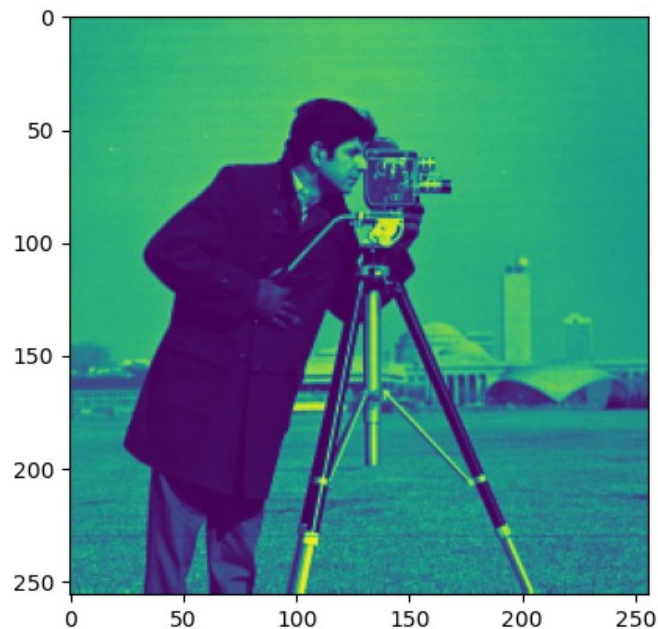
« vraies » couleurs



Image en « fausses couleurs »

```
img = plt.imread('./img/cameraman.tif')  
plt.figure(1)  
plt.imshow(img)  
plt.show()
```

Et dans l'explorateur de fichiers, l'image ressemble à cela ?



Palette couleur

```
from matplotlib import cm
map = cm.gray(range(256))
```

Canal alpha
(transparence)

[[0.	0.	0.	1.]
[0.00392157	0.00392157	0.00392157	1.]
[0.00784314	0.00784314	0.00784314	1.]
...				
[0.99215686	0.99215686	0.99215686	1.]
[0.99607843	0.99607843	0.99607843	1.]
[1.	1.	1.	1.]]

R, G, B

↔ 255

↔ 0

Autres palettes

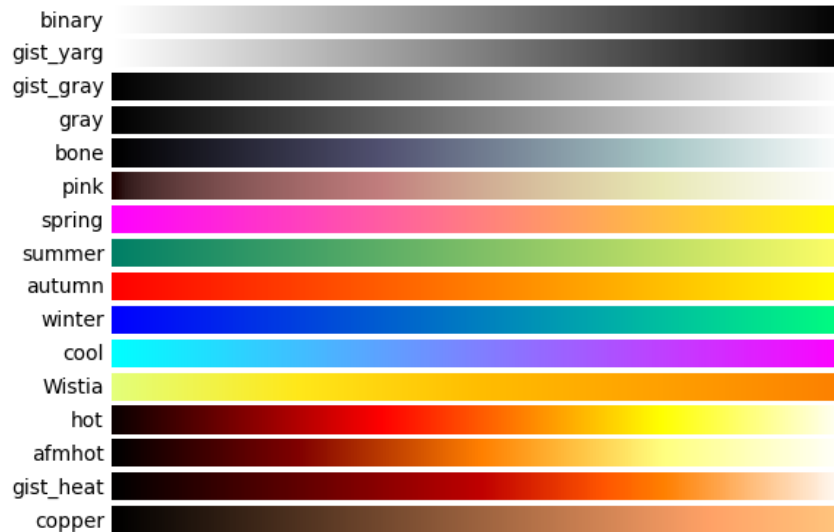
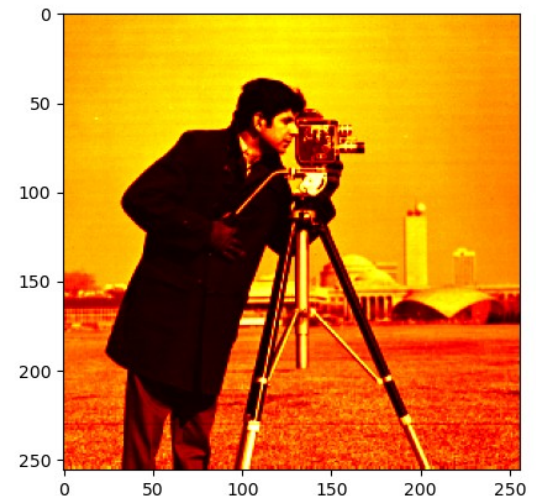
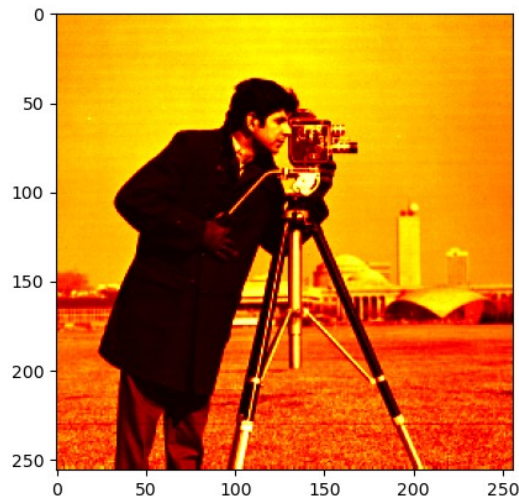
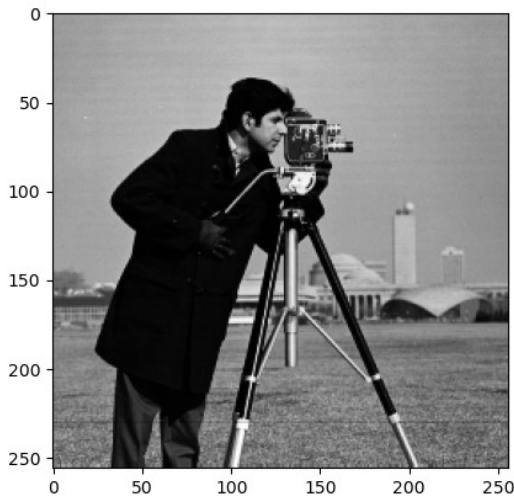


Image en « fausses couleurs »

```
img = plt.imread('../img/cameraman.tif')
plt.figure(1)
plt.imshow(img, cmap='gray')
plt.figure(2)
plt.imshow(img, cmap='hot')

#En récupérant explicitement la colormap
from matplotlib import cm
from matplotlib.colors import ListedColormap
map = cm.hot(range(256))
plt.figure(3)
plt.imshow(img, cmap=ListedColormap(map))
```



Comment extraire les informations d'une image ?

- Bilan des caractéristiques de l'image

- **Dimensions** spatiales
- **Codage** : « vraies couleurs »
couleurs indexées
- **Format** numérique
- **Intervalles** d'intensité
- **Répartition** des intensités

```
h, w, c = img.shape
```

```
whos (dans la console)
```

```
[np.min(I(:)) np.max(I(:))]
```

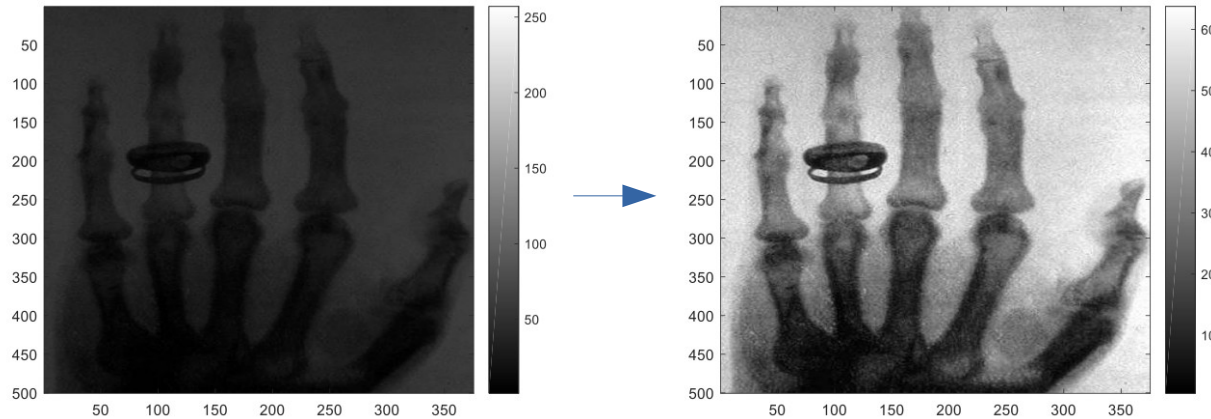
```
np.histogram(I)
```

- Identification du moyen d'affichage

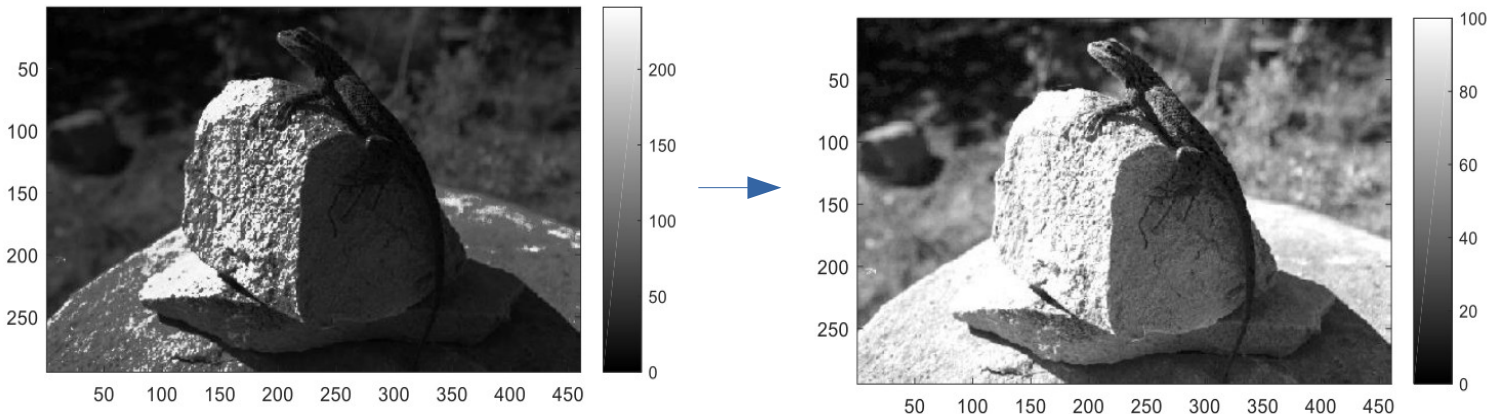
- Pour les images couleurs : pas trop le choix...
 - Pour les images à 1 seul canal : Déterminer le **contexte**
 - Informationnel
 - De comparaison/fidélité
- Choix : palette, ratio L/H, intervalles d'intensité, etc.

Contexte « informationnel » (couleurs indéchées)

Ajustement automatique de la palette (min,max) (`plt.imshow(I)`)

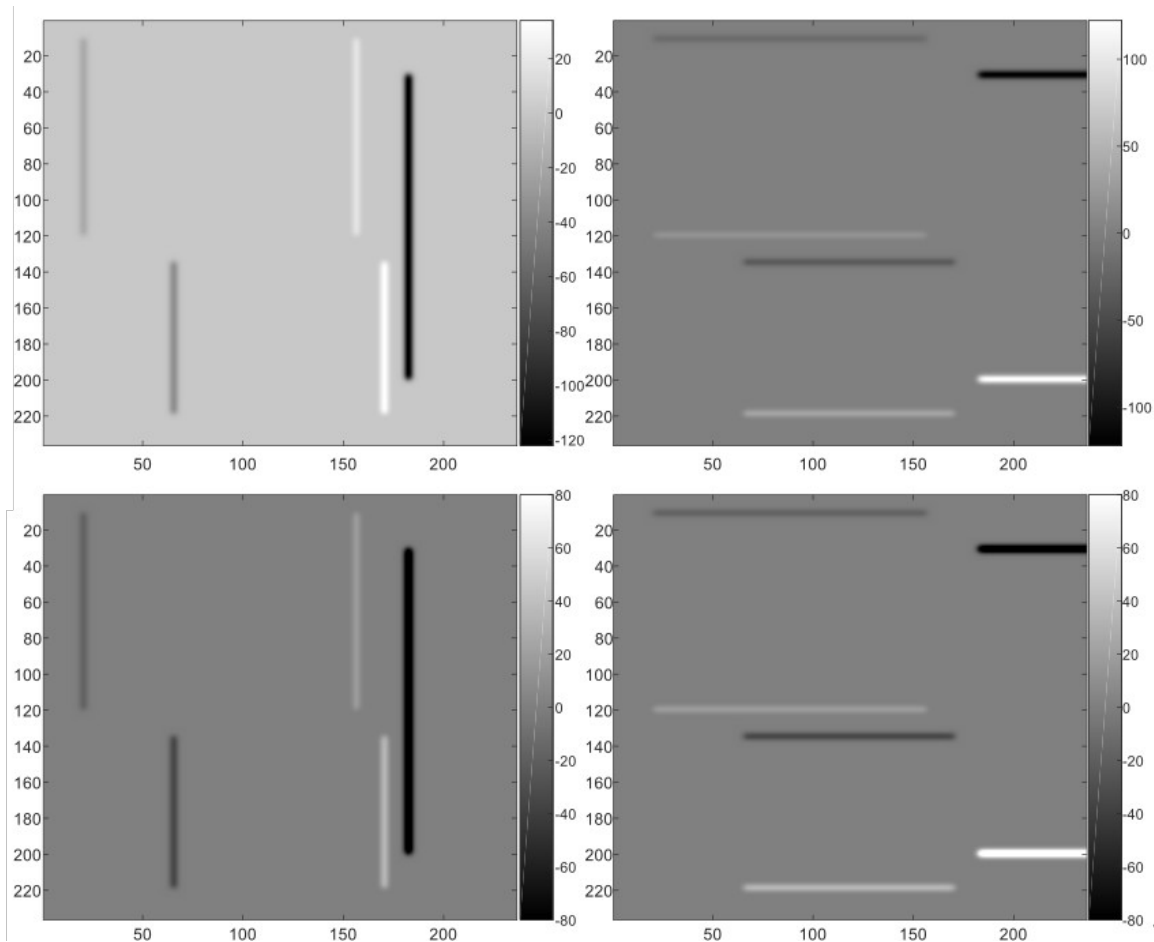


Ajustement contrôlé (`plt.imshow(I, vmin=X, vmax=X)`)



Contexte de comparaison/fidélité

Ajustement contrôlé (`plt.imshow(I, vmin=X, vmax=X)`)

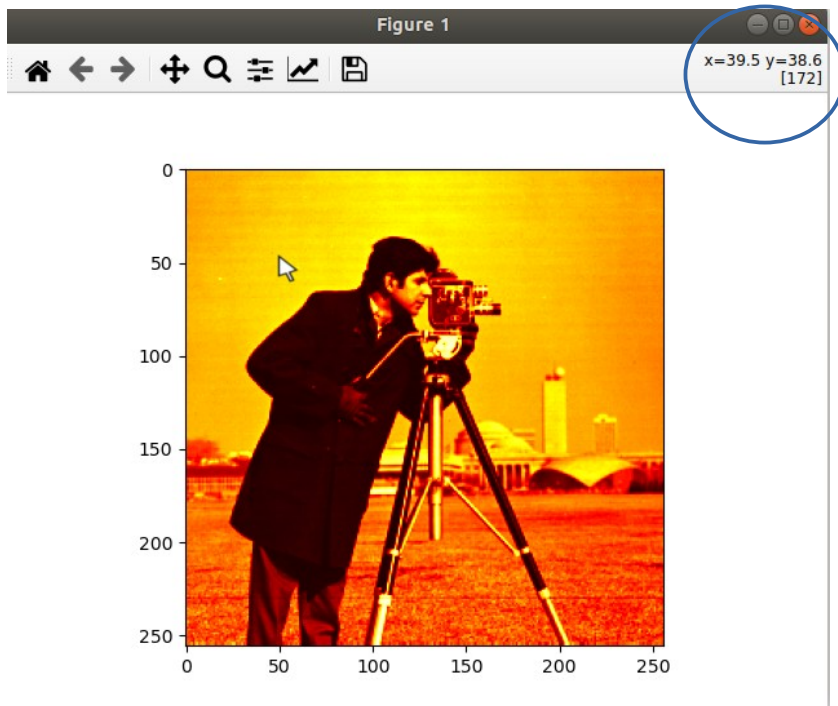


Auto

Contrôlé

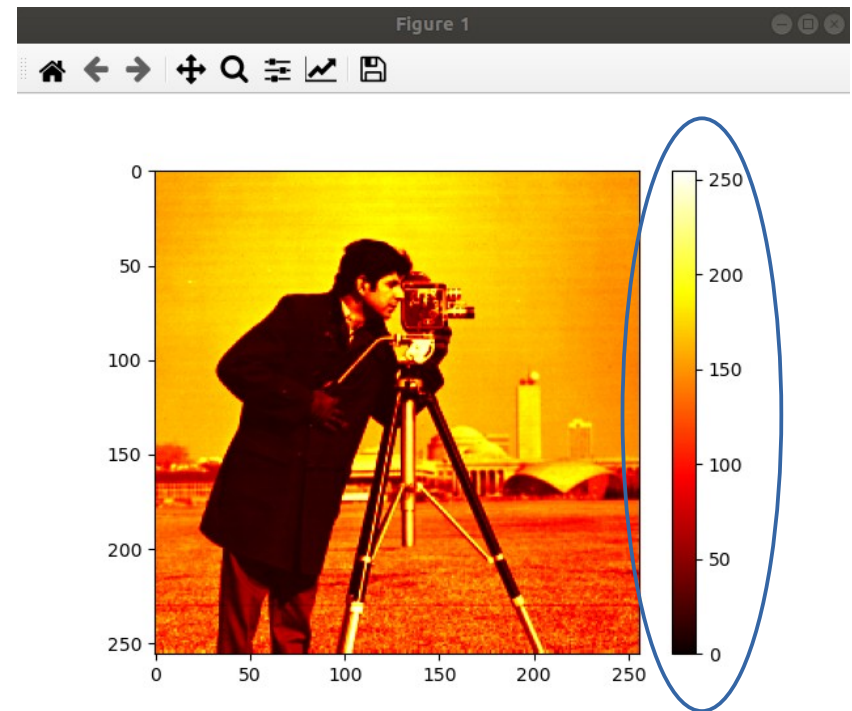
Data cursor

Pour visualiser rapidement les intensités dans une région



Colorbar

Pour visualiser la gamme des intensités d'une image à 1 canal (`plt.colorbar()`)



Mémo Python (1/2)

- Bonnes pratiques :

- Utiliser un vrai éditeur de code Python (spyder, jupyter-notebook, etc.)
- Se placer dans un dossier dédié
- Toujours écrire dans un script (*fichier.py*)
- Surveiller le workspace pour voir quelles sont et surtout la taille des variables
- Consulter l'aide des fonctions (`help(function)`)

- Modules :

- Accéder aux fonctions d'autres modules :

```
import numpy as np #toutes les fonctions,
                    possibilité de renommer le module
from signal import convolve
                    #import d'une seule fonction
import subfolder.my_module
                    #import de ./subfolder/my_module.py
```

- Fonctions :

- Peuvent être écrites dans le script (avant le code appelant, comme en C)

```
def min_max(T):
    min_ = min(T)
    max_ = max(T)
    return min_, max_
```

- Exécution (spyder) :

- Tout le script : **F5** ou **<Run>**
- Par section : **ctrl+enter** ou **<Run section>**

```
h, w, c = img.shape
#%% Affichage
plt.figure(), plt.imshow(img)
#%% Vectorisation
img_vect = img(:)
```

- Par sélection : **F9**

```
h, w, c = img.shape
#Affichage
plt.figure(), plt.imshow(img)
```

- Principales différences avec Matlab :

- Indices [], à partir de 0 : tableau de taille l
tab[0] #premier élément
tab[l-1] = tab[-1] #dernier élément
- Vecteur d'échantillonnage :
range(0,100) #0, 1, ... , 99
- Opération terme à terme par défaut :
a = np.array([1,2,3,4])
a*a #array([1,4,9,16])

Mémo Python (2/2)

- Commandes de bases :

#Modules utiles

```
import numpy as np #tableau, opérateurs maths
import matplotlib.pyplot as plt #image, affichage
import skimage #par ex. espace couleur ycbcr
from scipy.signal import convolve2d #convolution
```

#Manipulation d'image

```
img = plt.imread('path/img.png') #chargement
h, w, c = img.shape #image couleur
print(h)
```

```
img_vect = img.ravel() #Vectorisation
G = img[:, :, 1] #accès dimension 2e canal = vert
```

#Mise à zéro

```
img = np.zeros((h,w,c)) #ones() existe aussi
img = np.copy(img*0)
```

#Sous-échantillonnage

```
img_se = img[1:h:4, 1:w:4] #ou img[:, :, 4:]
```

#Création d'un vecteur/d'une matrice

```
mat = [[1,1],[2,2],[3,3]] #liste de taille 3x2
mat = np.array(mat) #np.array
```

#Produits vecteurs/matriciels

```
vect = np.array(np.matrix(orange(1,11,2))).T
#range(début,fin,pas) #T = transposée
vect_5_1 = vect*vect #terme à terme
vect_5_5 = np.dot(vect, vect.T) #prod. matriciel
vect_1_1 = np.dot(vect.T, vect) #prod. matriciel
```

#Somme sur matrice nD

```
sum_G = np.sum(G**2) #somme de tous les termes^2
sum_G = np.mean(img, axis=2) #conversion niv. gris
```

#Seuillage sur une matrice

```
mask = G > 100 #mask = carte binaire (hwx)
#Équivalent à faire :
mask = np.zeros((h,w))
for i in range(0,h):
    for j in range(0,w):
        if (G[i,j]>100):
            mask[i,j] = 1
```

```
G[mask==0] = 0 #Mise à zéro des pixels de G où mask=0
G = G*mask #Équivalent à multiplication terme à terme
```

#changement de type

```
G = G.astype('uint8') #ou G = np.uint8(G)
```

#changement d'espace couleur

```
img_ycbcr = skimage.color.rgb2ycbcr(img)
```

#convolution image couleur (même filtrage sur R,G,B)

```
filter_ = np.ones([7,7,1])/49
img_f = convolve2d(img, filter_, mode='same')
```

#Affichage

```
img_L = np.mean(img, axis=2)
plt.figure()
plt.subplot(121) #Affichage multiples 1x2
plt.plot(img_L[0,:])
plt.title('Profil de la première ligne de L')
plt.subplot(122)
plt.plot(img[0,:,0], 'ro') #superposition par défaut
plt.plot(img[0,:,1], 'g+')
plt.plot(img[0,:,2], color=[0,0,1])
plt.title('Profil RGB de la première ligne')
plt.xlabel('x'), plt.ylabel('Intensité')
plt.show()
```

Autres fonctions utiles : np.squeeze, np.tile, plt.ginput, ...

Liens vers les docs : [Tuto général Python](#) [Tuto scikit-image](#)
[Tuto numpy, matplotlib, scipy](#)

- Trouver une façon satisfaisante d'afficher les images :
challenge#A-C.npy

Nom	Donnée	Problématique
Mandrill	challengeA.npy	Format numérique
Radio	challengeB.npy	Intervalle d'intensité
World map	challengeC.npy	Palette discrète

```
A = np.load('challengeA.npy')
```

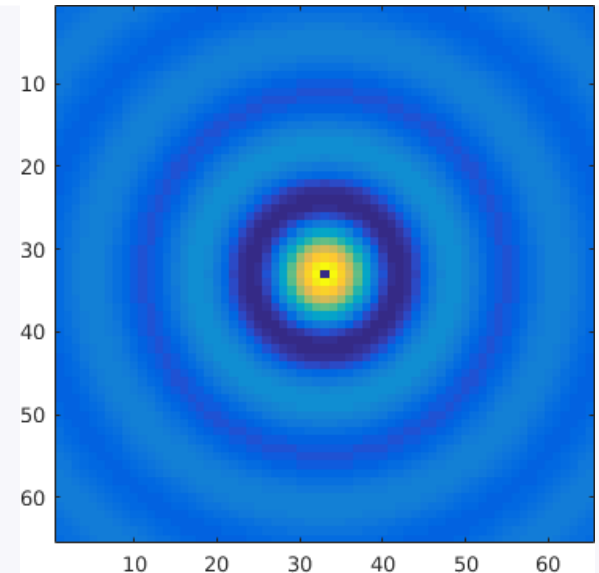
Attention, ici on charge les données avec `np.load` depuis un fichier archive `.npy`, pour récupérer des données matricielles (avec probablement des problèmes à traiter...).

Le reste du temps, on utilisera `plt.imread()` pour lire des images aux formats `.jpg`, `.png`, etc.

Synthèse analytique en couleurs indexées

```
#solution longue (7 lignes)  
x = range(-34,35)  
y = range(-32,33)  
img1 = np.zeros((len(y), len(x)))  
for i in range(0, len(y)):  
    for j in range(0, len(x)):  
        r = np.sqrt(x[j]**2+y[i]**2)  
        img1[i,j] = 1000*np.sin(r/2)/r  
plt.figure(1)  
plt.imshow(img1)
```

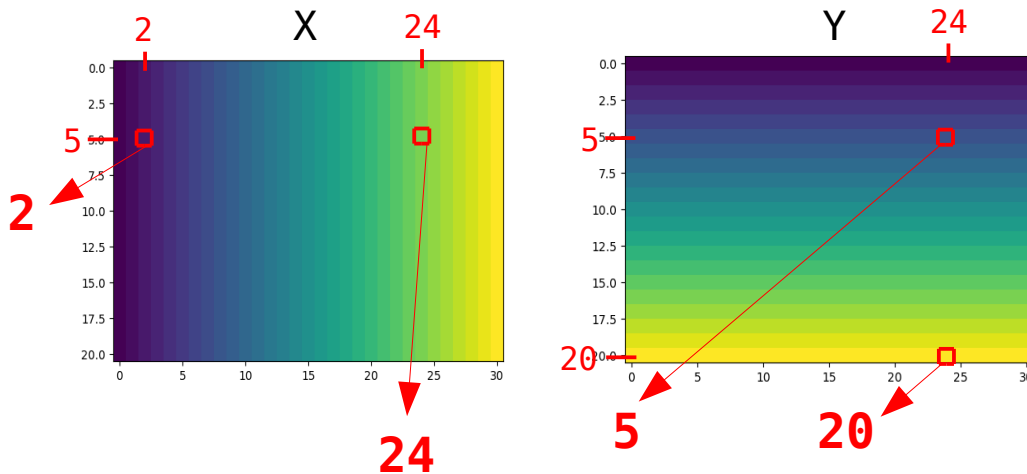
```
%solution courte (3 lignes)  
X, Y = np.meshgrid(range(-34, 35), range(-32,33))  
R = (X**2 + Y**2)**0.5;  
img2 = 1000*np.sin(R/2)/R;  
plt.figure(2)  
plt.imshow(img2)
```



Fonction np.meshgrid

Objectif : Se passer des boucles de parcours Hauteur/Largeur

Exemple : `X, Y = np.meshgrid(range(0,31), range(0,21))`



Crée deux matrices de taille 21x31 qui stockent en valeur pour chaque pixel :

X : le numéro de colonne

Y : le numéro de ligne

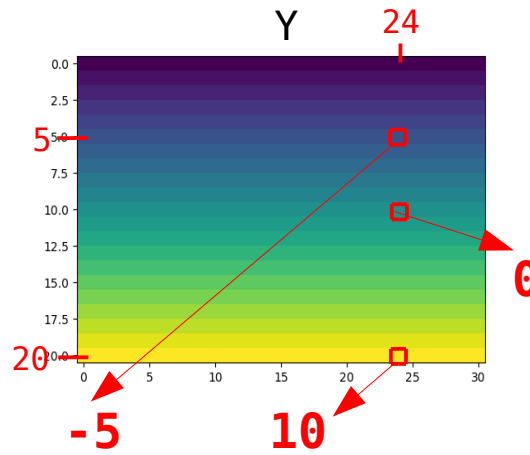
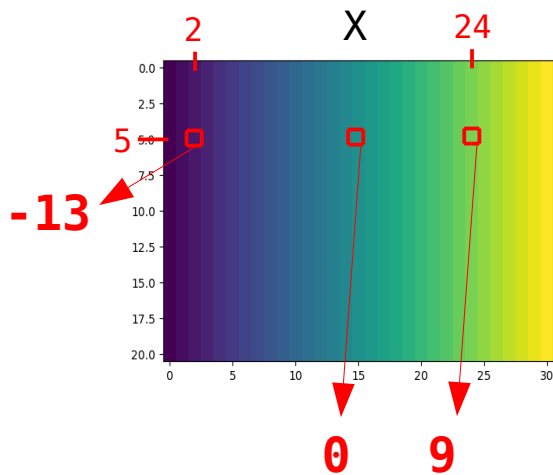
```
x_v = range(0, 31)
y_v = range(0, 21)
X, Y = np.meshgrid(x_v, y_v);
I = X**2 + Y**2
```

```
x_v = range(0, 31)
y_v = range(0, 21)
I = np.zeros((len(y_v), len(x_v)))
for i in range(0, len(y_v)):
    for j in range(0, len(x_v)):
        I[i,j] = y_v[i]**2 + x_v[j]**2
```

Fonction np.meshgrid

Objectif : Se passer des boucles de parcours Hauteur/Largeur

Exemple : `X, Y = np.meshgrid(range(-15,16), range(-10,11))`



Crée deux matrices de taille 21x31 qui stockent en valeur pour chaque pixel le numéro de colonne (X) et le numéro de ligne (Y)

```
x_v = range(-10, 21)
y_v = range(-10, 11)
X, Y = np.meshgrid(x_v, y_v);
I = X**2 + Y**2
```

```
x_v = range(-10, 21)
y_v = range(-10, 11)
I = np.zeros((len(y_v), len(x_v)))
for i in range(0, len(y_v)):
    for j in range(0, len(x_v)):
        I[i,j] = y_v[i]**2 + x_v[j]**2
```

Synthèse en « vraies couleurs »

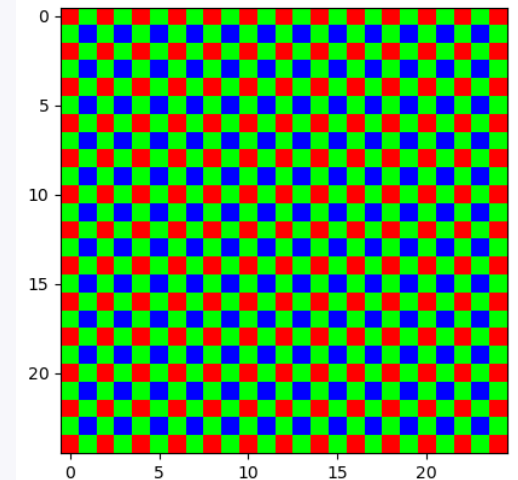
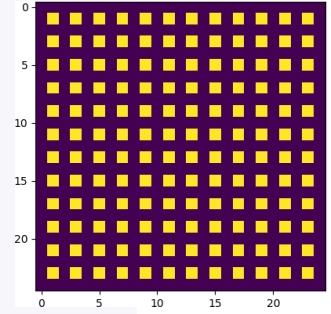
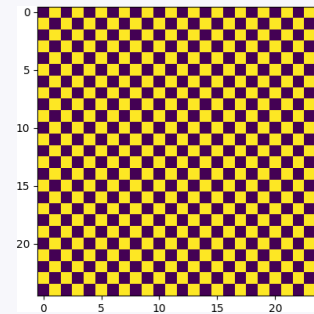
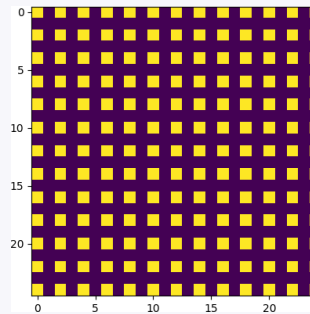
```
Nx = 25  
Ny = 25  
x = range(0, Nx)  
y = range(0, Ny)
```

```
X, Y = np.meshgrid(x, y)
```

```
R = (1-np.mod(X,2))*(1-np.mod(Y,2))  
G = np.mod(X+Y,2)  
B = (1-np.mod(X+1,2))*(1-np.mod(Y+1,2))
```

```
I = np.stack((R,G,B), axis=2).astype('double')
```

```
plt.figure(1)  
plt.imshow(I)
```



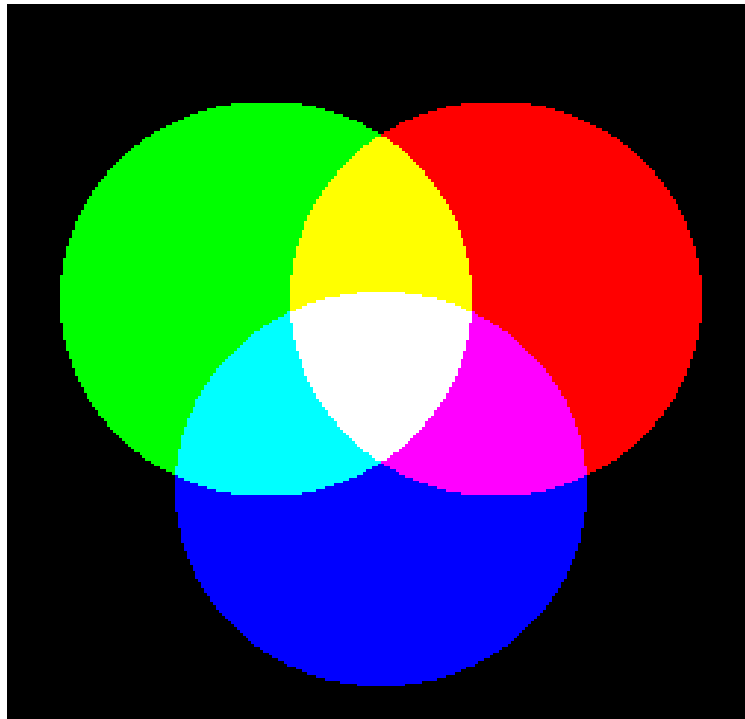
Synthèse additive

- Écrire une fonction *disk* qui génère cette image :

En « vraies couleurs »

En couleurs indexées

La taille de l'image, la largeur des cercles et leur espacement seront des paramètres.



Synthèse additive dynamique

- Création d'une vidéo avec openCV :

```
size = 255
radius = 70
dist = 45

R, G, B = p1_disks(size, radius, dist)
h, w = R.shape

#Créer l'objet vidéo avec VideoWriter
video = cv2.VideoWriter('video.avi', cv2.VideoWriter_fourcc('M','J','P','G'), 5, (w, h))

for n in range(0,100):

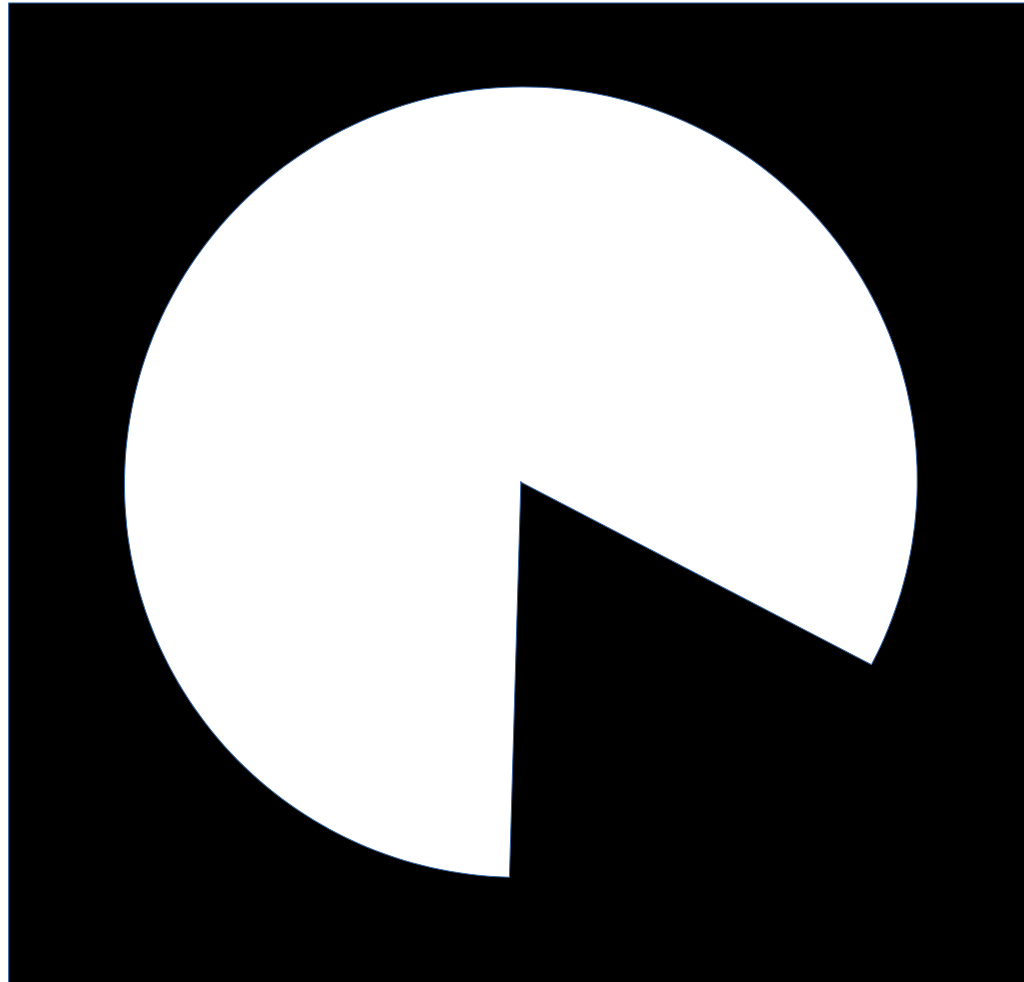
    q = np.mod(n,3)

    if (q == 0):    #C1=Rouge-C2=Vert-C3=Bleu
        img = np.stack((R,G,B), axis = 2).astype('uint8')
    elif (q == 1):
        img = np.stack((B,R,G), axis = 2).astype('uint8')
    else:
        img = np.stack((B,G,R), axis = 2).astype('uint8')

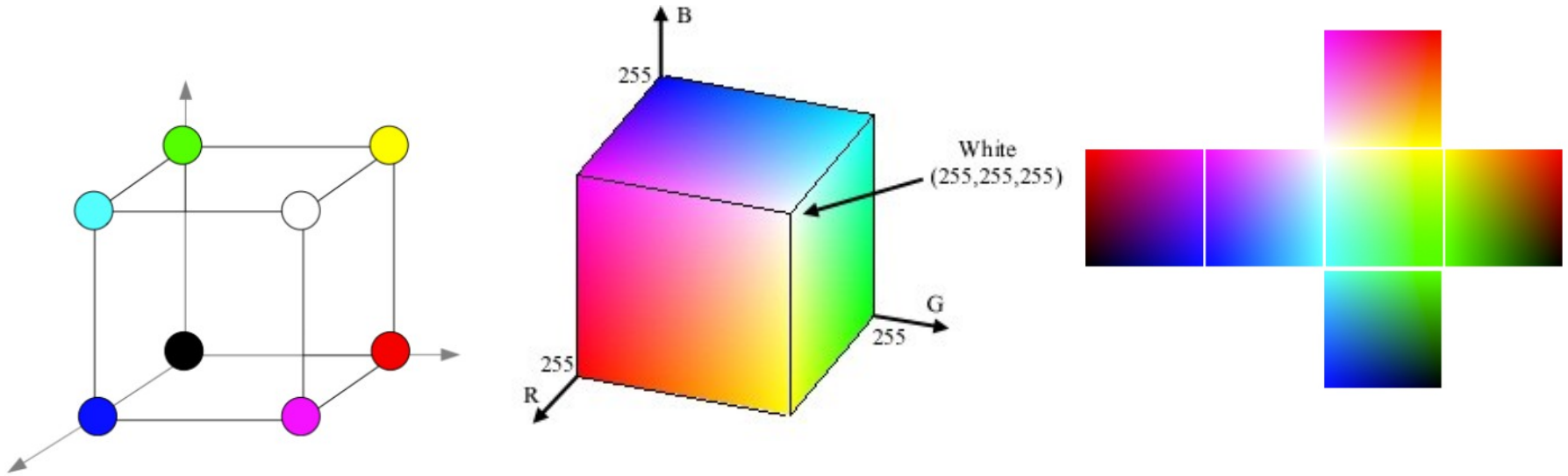
    #Ajout du frame dans la vidéo
    video.write(img)

video.release()
```

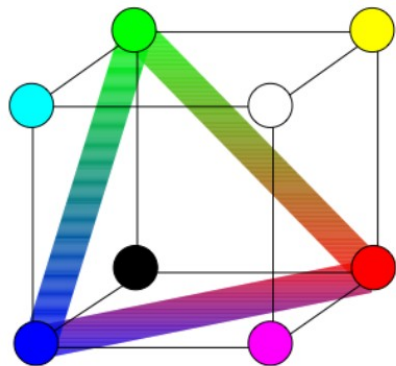
- Créer un timer animé sous forme de camembert progressif



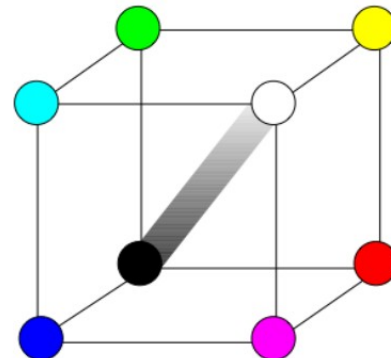
Cube RGB



1 triangle chromatique

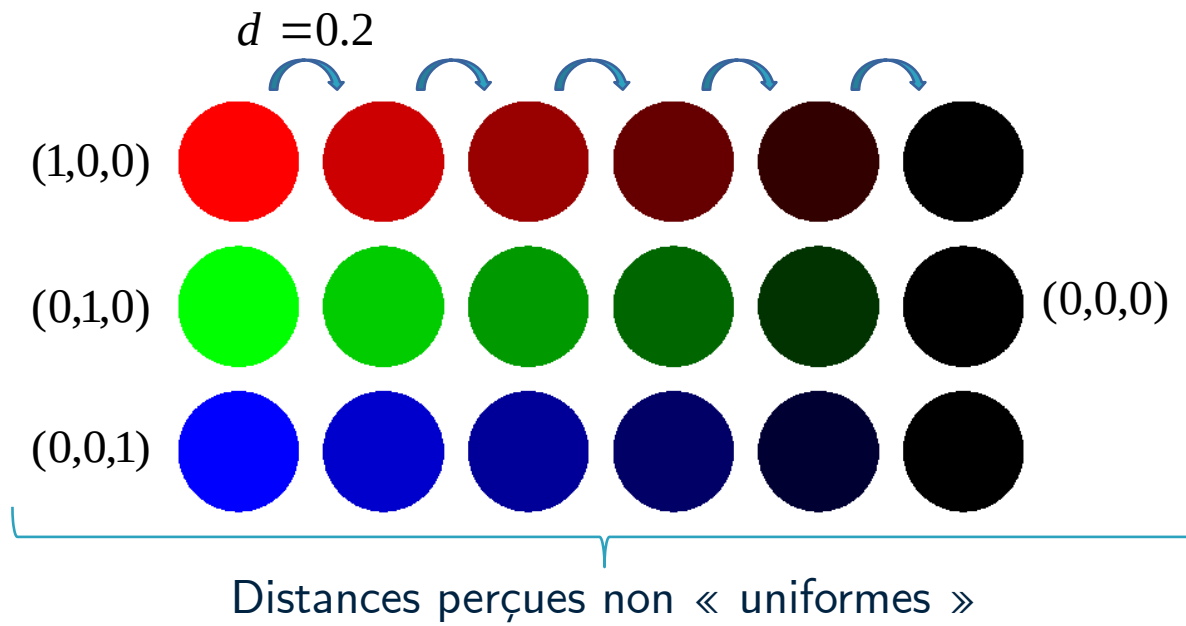
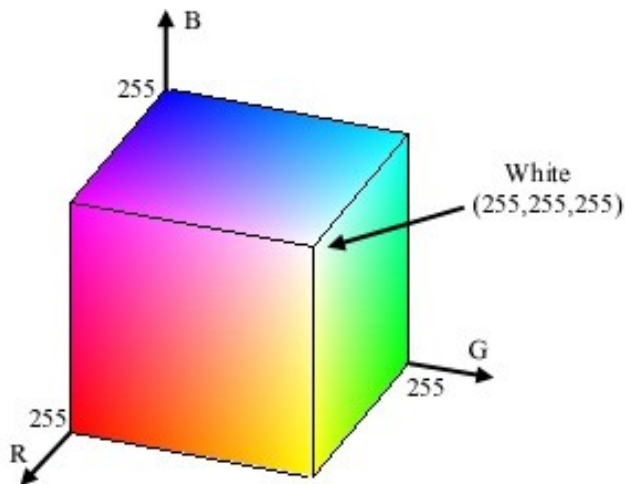


1 axe achromatique
(niveau de gris)



Espace RGB

- Information de couleur et d'intensité **mélangée** dans les trois canaux
- **Luminance** globale donnée par $L = (R+G+B)/3$
- **Perception différente** selon les trois canaux

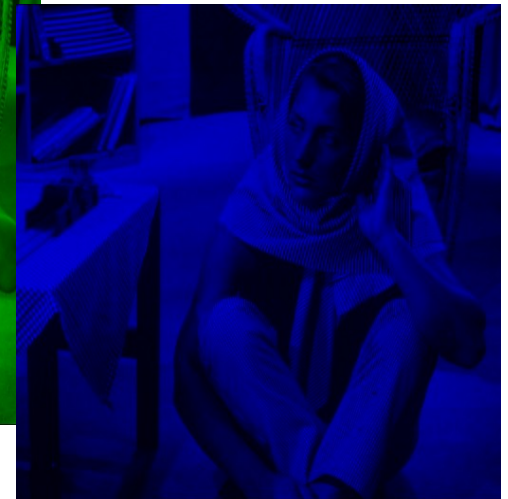


Espace RGB

- Sensibilité aux contrastes différente sur les trois canaux



Niveaux de gris

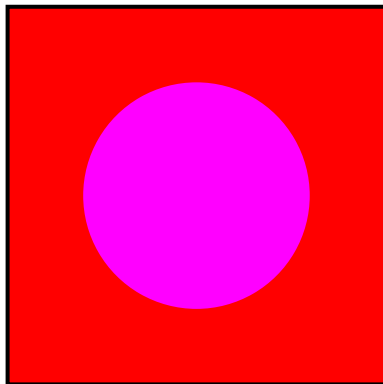


$[0, 123, 0]$

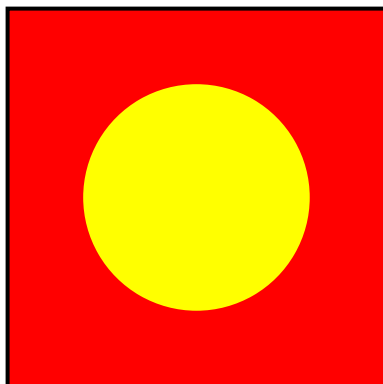
Palettes de primaires pures
(intensités identiques et autres composantes éteintes)

Canal Y de luminance « perceptuelle »

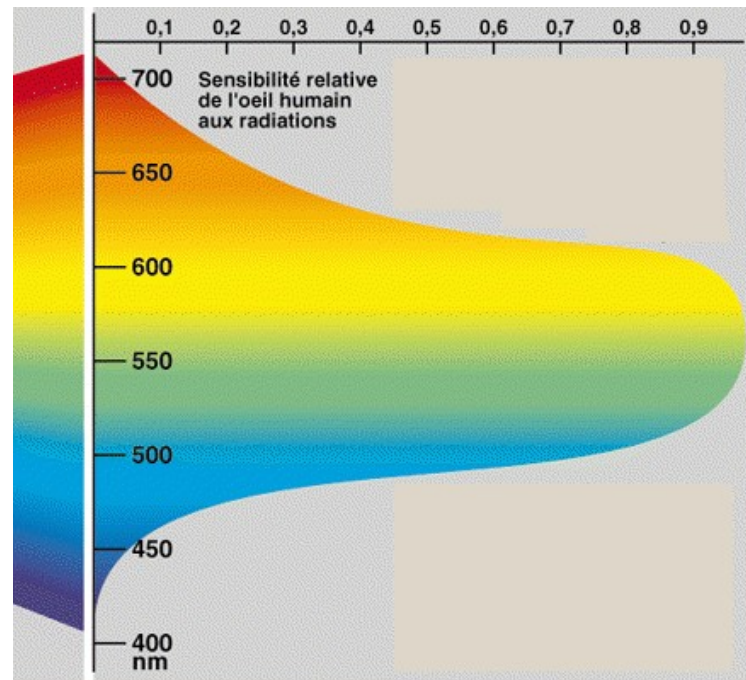
- Tient compte de la sensibilité aux couleurs de l'œil humain



Rouge/Bleu



Rouge/Vert



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

pondération plus faible

Espace XYZ

- Introduction de l'espace CIE-XYZ : $XYZ \rightarrow LAB$, $XYZ \rightarrow LUV$, ...
- Changement d'espace linéaire

$$\{(A,B,C) = M.(R,G,B)\} \rightarrow \mathbf{(A',B',C')} \rightarrow \{(R',G',B') = M^{-1}.(A',B',C')\}$$

$$\text{où } M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & g \end{pmatrix}$$

Par ex. : $RGB \leftrightarrow XYZ$

$$M = \begin{pmatrix} 0.41245 & 0.35758 & 0.18042 \\ 0.21267 & 0.71516 & 0.07216 \\ 0.01933 & 0.11919 & 0.95022 \end{pmatrix} \text{ et } M^{-1} = \begin{pmatrix} 3.24047 & -1.53715 & -0.49853 \\ -0.96925 & 1.87599 & 0.04155 \\ 0.05564 & -0.20404 & 1.05731 \end{pmatrix}$$

Espace RGB

- Par défaut
 - Canaux très corrélés
 - Non perceptuel



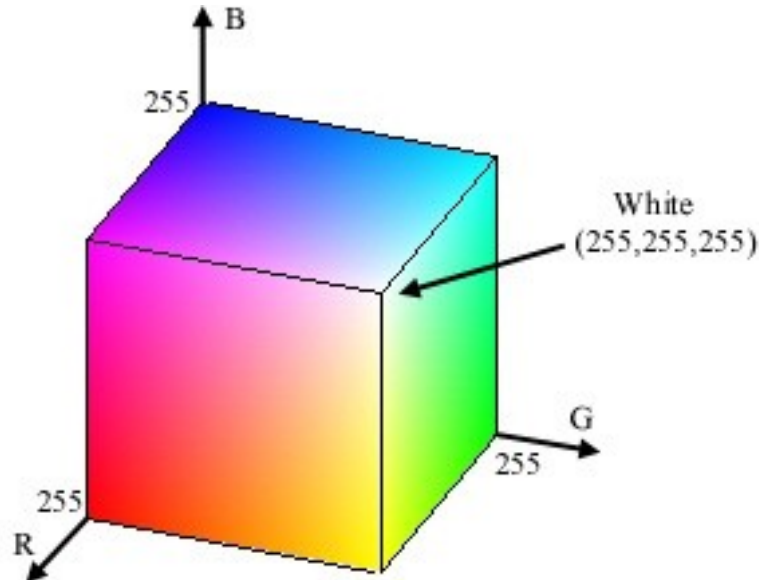
R



G

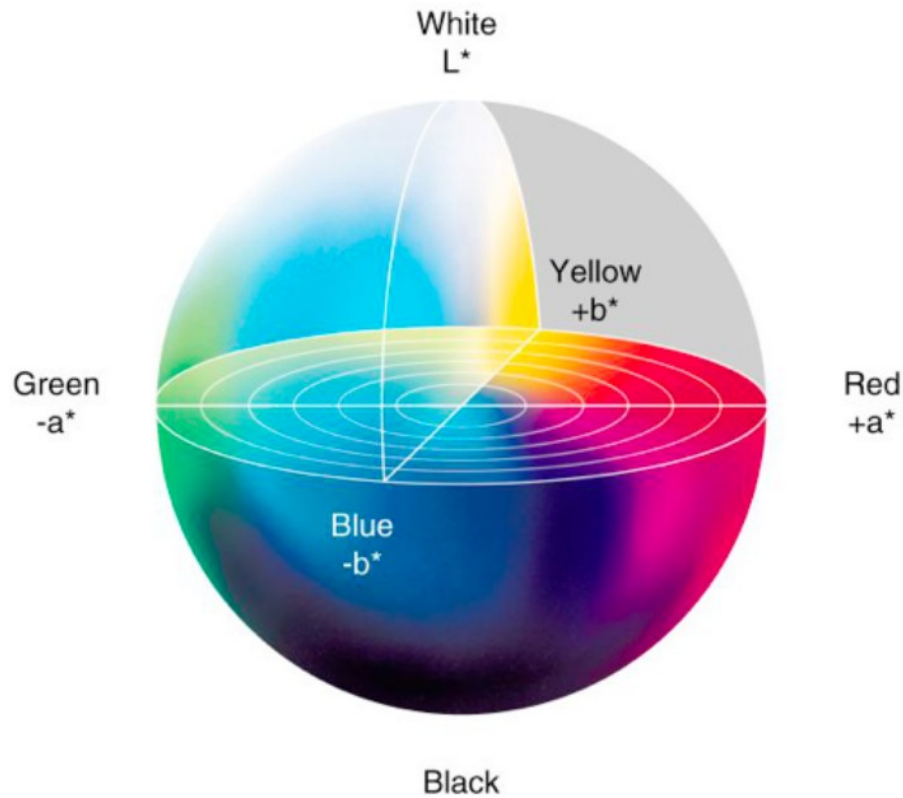


B

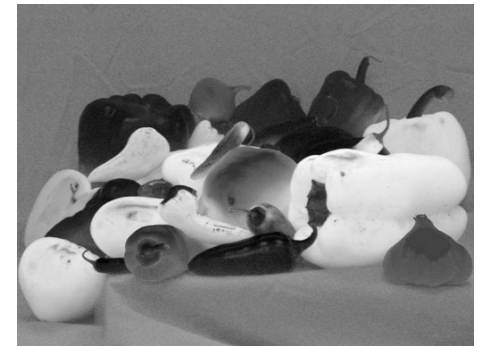


Espace $L^*a^*b^*$

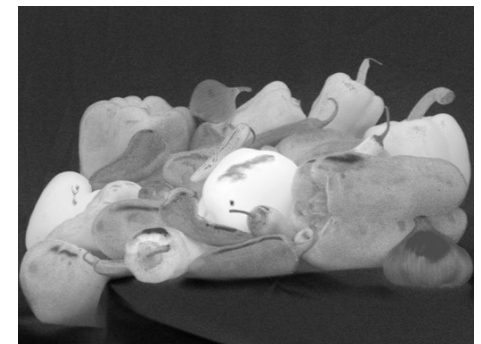
- Luminance - Chrominance
 - Espace perceptuellement uniforme



L^*



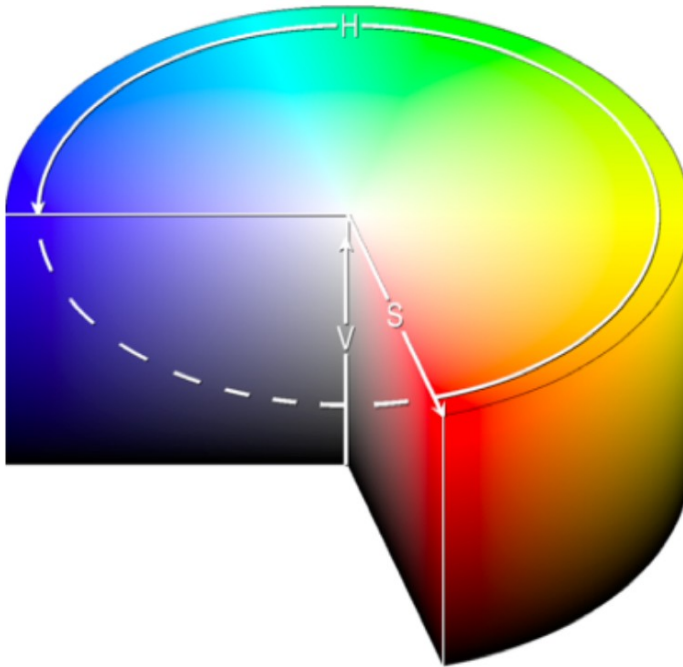
a^*



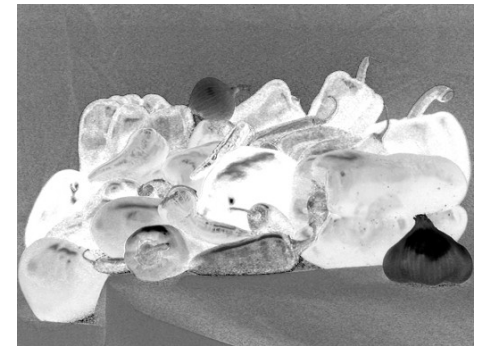
b^*

Espace HSV

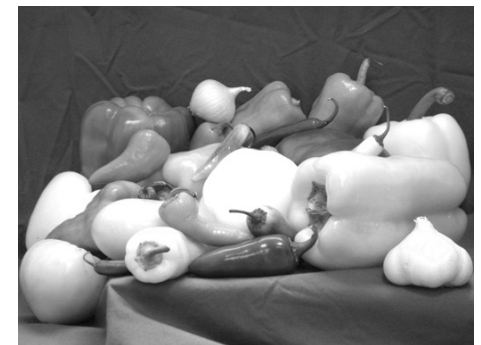
- Teinte – Saturation – Valeur
 - (Hue – Saturation – Value)
 - Utile dans les applications graphiques



H



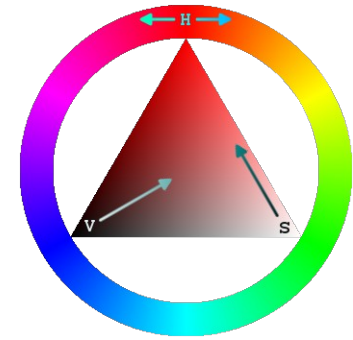
S



V

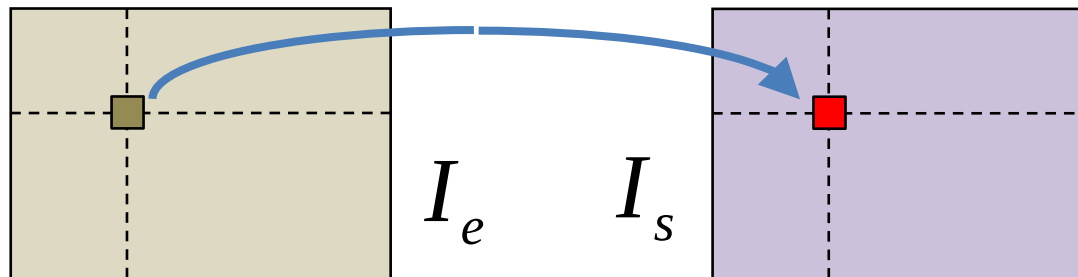
Espace HSV

- Teinte – Saturation – Valeur
 - (Hue – Saturation – Value)
 - Utile dans les applications graphiques



De nombreux espaces couleurs

- RGB : acquisition/restitution écran
- HSV/HSL : espace intuitif, vision humaine
- YUV/YCbCr : transmission et codage
- La^*b^*/Lu^*v^* : espace uniforme, distance entre les couleurs
- CMY : impression
- XYZ : modélisation des couleurs
- espaces non linéaires
- etc

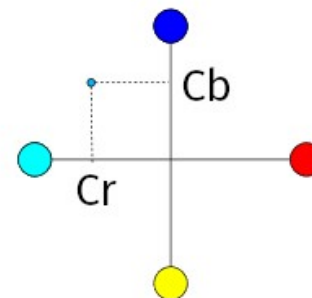


Espace YCbCr

- Un canal de **luminance** **Y** et deux canaux de **chrominance** **Cb** **Cr**
- Utilisé par ex. pour la compression et la transmission hertzienne
- Les composantes sont obtenues par les formules :

$$\begin{cases} Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ Cb = 0.564(B - Y) + 128 \\ Cr = 0.713(R - Y) + 128 \end{cases}$$

- Les canaux **Cb** et **Cr** correspondent respectivement aux contrastes Bleu/Jaune et Rouge/Cyan.



Espace YCbCr

```
I = plt.imread('pool.tif')
I = I.astype('double')
R = I[:, :, 0]
G = I[:, :, 1]
B = I[:, :, 2]
```

```
#Y  = 0.299*R+0.587*G+0.114*B;
#Cb = 0.564*(B-Y)+128;
#Cr = 0.713*(R-Y)+128;
```

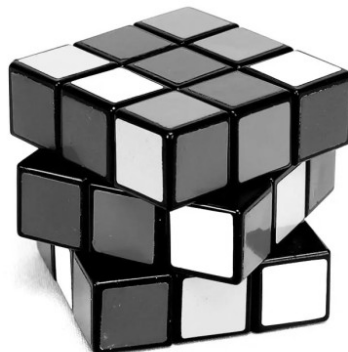
```
YCbCr = skimage.color.rgb2ycbcr(I)
Y = YCbCr[:, :, 0]
Cb = YCbCr[:, :, 1]
Cr = YCbCr[:, :, 2]
```

```
L = (R+G+B)/3;
```

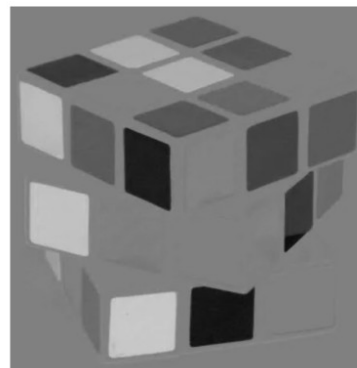
```
plt.figure(1)
plt.imshow(I.astype('uint8'))
plt.title('I')
```

```
plt.figure(2)
plt.imshow(L.astype('uint8'))
plt.title('L')
```

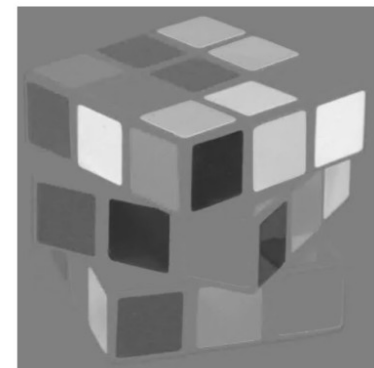
```
plt.figure(3)
plt.imshow(Y.astype('uint8'))
plt.title('Y')
```



Y

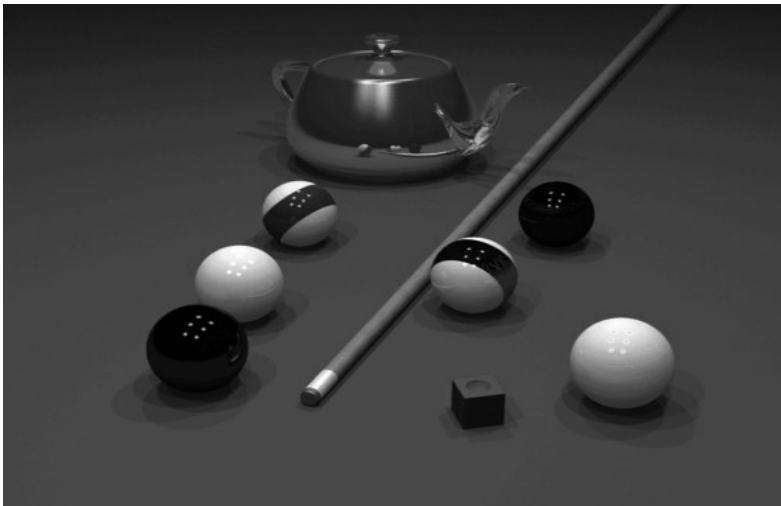


Cb

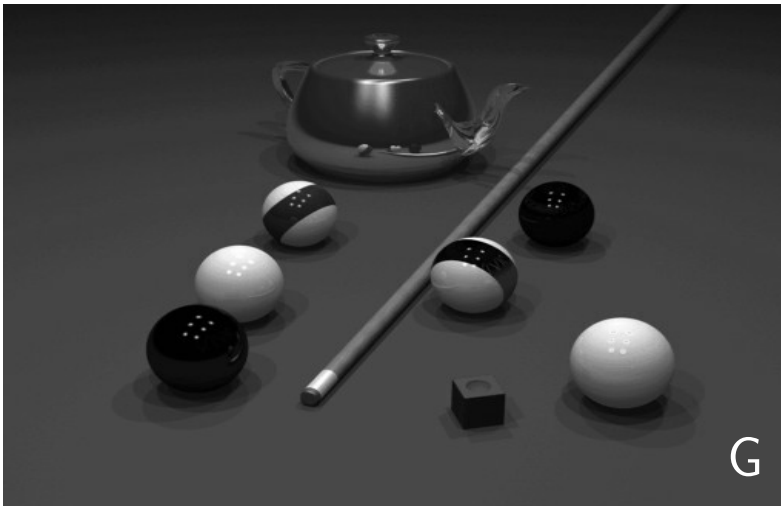


Cr

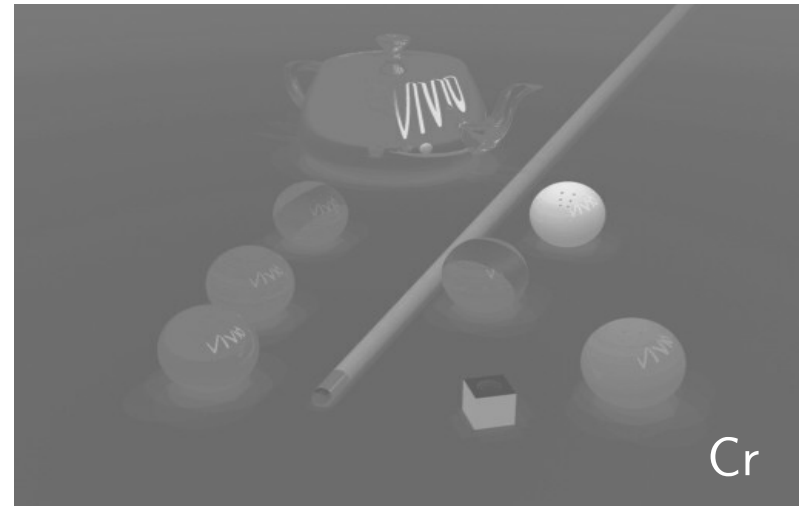
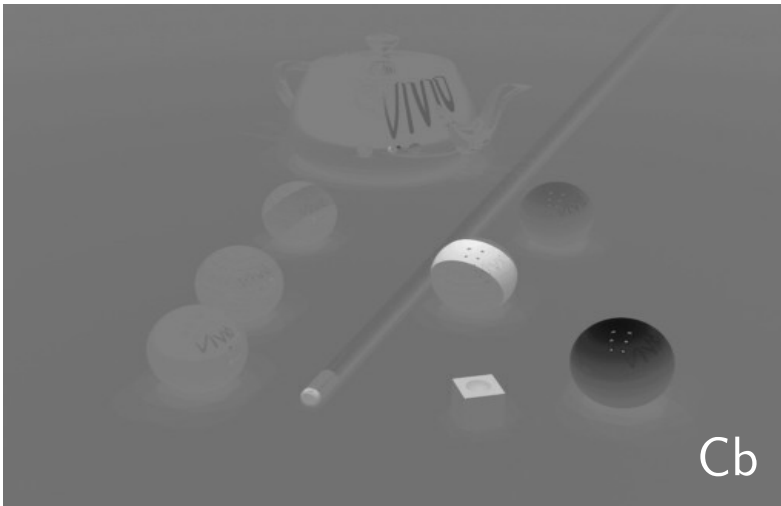
Espace RGB vs YCbCr



Espace RGB vs YCbCr

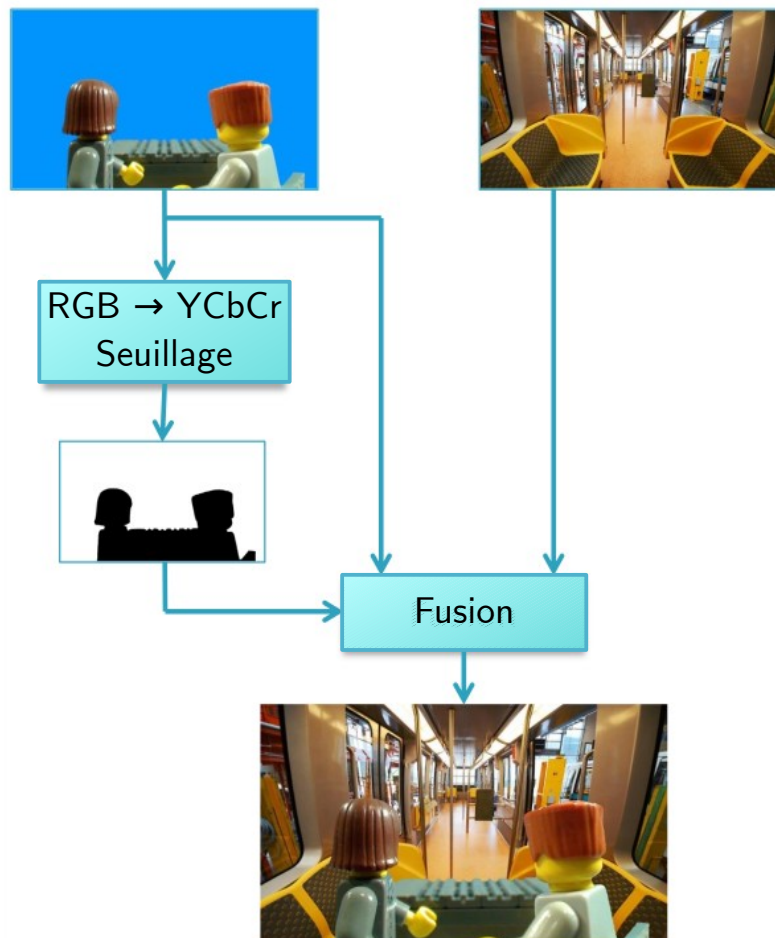


Espace RGB vs YCbCr



Exemple d'application : incrustation (*chroma-keying*)

- Meilleure séparation des objets grâce aux canaux de chrominance



→ Implémentation en TP

Compression dans l'espace YCbCr

- Convertir l'image *pool.tif* (hxxwx3) en YCbCr (`skimage.color.rgb2ycbcr`)
- Compresser en taille uniquement les canaux de chrominance CbCr (`skimage.transform.resize`) par un facteur $r < 1$ qu'on fera varier
- Reconstruire l'image en ramenant Cb et Cr à leur taille initiale
- Repasser en RGB (`skimage.color.ycbcr2rgb`) et comparer avec l'image initiale
- Quantifier le gain en taille mémoire



Image initiale



Image compressée $r = 0.5$

Illusion d'adaptation chromatique

- Convertir l'image *campagne.jpg* dans l'espace YCbCr et en « niveaux de gris »
- Inverser les canaux de chrominance ($Cb=255-Cb$, $Cr=255-Cr$)
- Revenir dans l'espace RGB
- Dessiner un petit cercle noir au centre de l'image RGB modifiée et de l'image originale en « niveaux de gris » (`np.meshgrid`)
- Afficher l'image RGB transformée, faire une pause, puis afficher sur la même figure, l'image « niveaux de gris » (`plt.figure/plt.imshow/plt.pause(12)`)
- Lorsque l'image RGB transformée est affichée, fixer le cercle noir. Que voyez-vous lorsque l'image en « niveaux de gris » s'affiche ?



Image RGB



Image RGB
avec chrominance inversée



Image en « niveaux de gris »

Effet Pencil Sketch

- Calculer une carte de contours C de l'image *home.jpg* (`skimage.feature.canny`)
- Convertir l'image en YCbCr, puis modifier le canal Y :
$$Y \leftarrow (255 - \alpha) \times (1 - C) + \beta$$
avec $\alpha, \beta \in [0, 255]^2$, des paramètres à régler manuellement
- Repasser en RGB pour obtenir un résultat d'esquisse :

