



## CHAPITRE 2: FONDEMENTS DE L'IMAGERIE NUMÉRIQUE

Sarra MEJRI:

- Docteur en informatique
- sarra.mejri.isim@gmail.com

*Technologies*  
*Multimédias*



# **PLAN**

**1. Définition de l'image**

**2. Colorimétrie**

**3. Image matricielle**

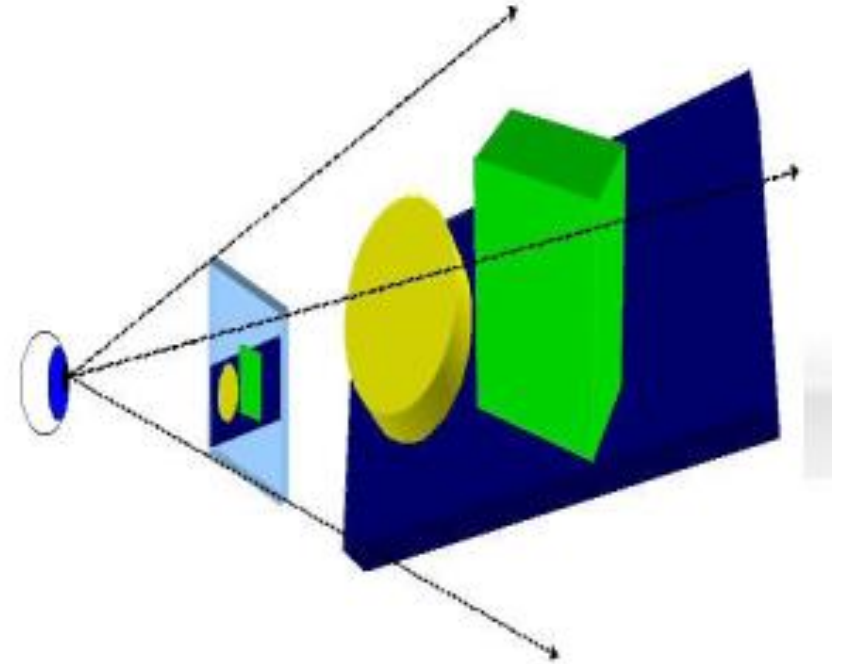
**4. Image vectorielle**

# DÉFINITION DE L'IMAGE

*Que sont les images?*

# QU'EST CE QU'UNE IMAGE?

**L'image:** est une perception visuelle d'un objet, produite par une surface réfléchissante de lumière et de couleurs.



Une image est une représentation bi-dimensionnelle (2-D)  
d'une scène tri-dimensionnelle (3-D).

# QU'EST CE QU'UNE IMAGE NUMÉRIQUE?

- L'image numérique est un ensemble de points élémentaires représentant chacun une portion de l'image: le pixel (picture element)
- Une image est définie par:
  - Nombre de pixels en largeur et hauteur
  - L'étendu des nuances de gris ou de couleur de chaque pixel (dynamique de l'image)

# QU'EST CE QU'UNE IMAGE NUMÉRIQUE?

Désigne toute image (dessin, icône, photographie...) acquise, créée, traitée et stockée sous forme **binaire**:

- **Acquise** par des convertisseurs analogique-numérique situés dans des dispositifs tels que les scanners, les appareils photo ou les caméscopes numériques.
- **Créée** directement par des programmes informatiques, grâce à une souris, des tablettes graphiques ou par de la modélisation 3D.
- **Traitée** grâce à des outils Graphique, permettant de transformer l'image, à en modifier la taille, les couleurs, d'y ajouter ou d'en supprimer des éléments, etc.
- **stockée** sur un support informatique (disquette, disque dur, CD-ROM...).

# IMAGE NUMÉRIQUE

Il s'agit de:

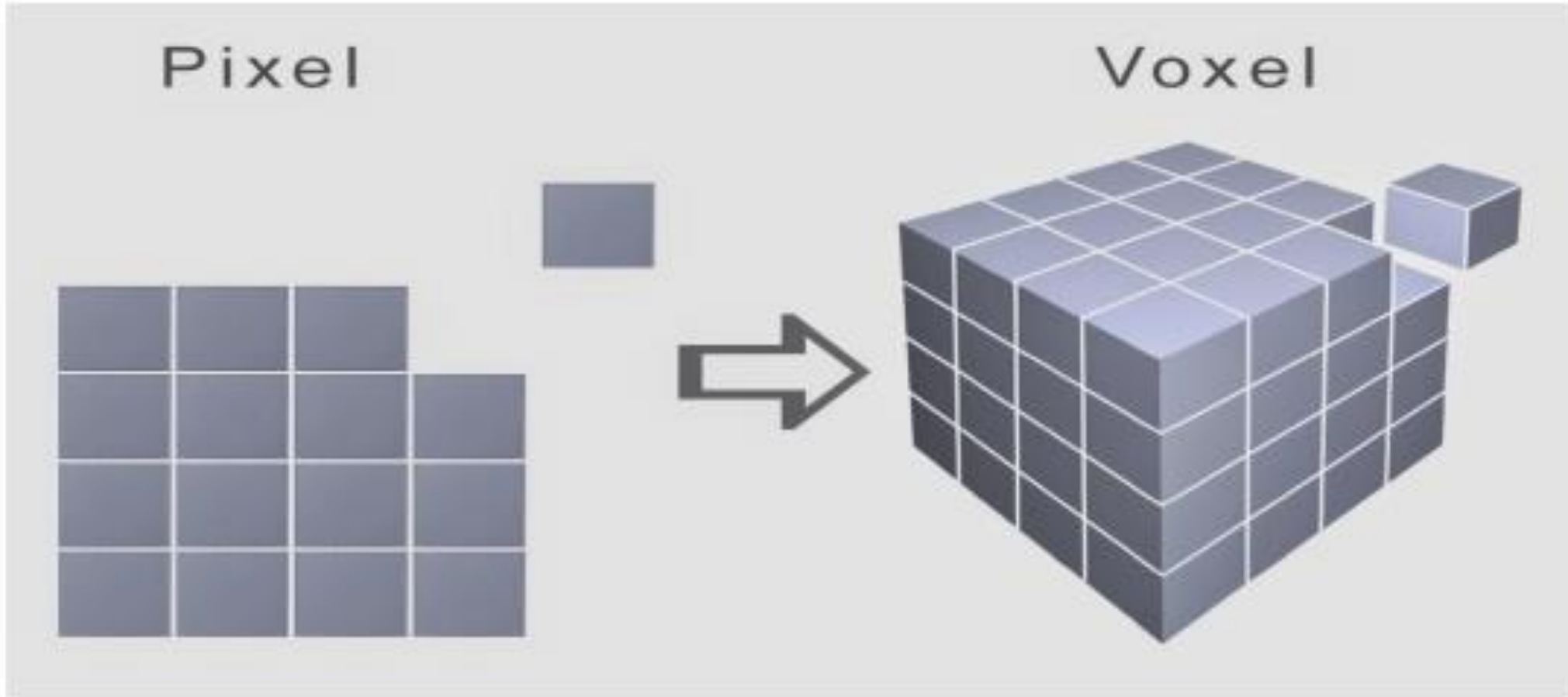
- une répartition d'une mesure physique dans un plan
  - composée d'un ensemble fini d'éléments, appelés **picture element**, ou **pixels** (**voxels en 3D**)
- Ainsi chaque couple  $(i, j)$  fait référence à un élément de surface appelé pixel (d'après l'acronyme anglo-saxon Picture Element).

# IMAGE NUMÉRIQUE

- La mesure représentant le paramètre physique au sein d'un pixel  $(i, j)$  correspond à un échantillon spatial appelé valeur du pixel  $(i, j)$  et est notée  $s(i, j)$ .
- Cette valeur peut être obtenue:
  - ✓ en mesurant le signal physique au centre de cet élément d'image
  - ✓ en évaluant la moyenne de ce signal physique sur tout ou partie de la surface de chaque pixel

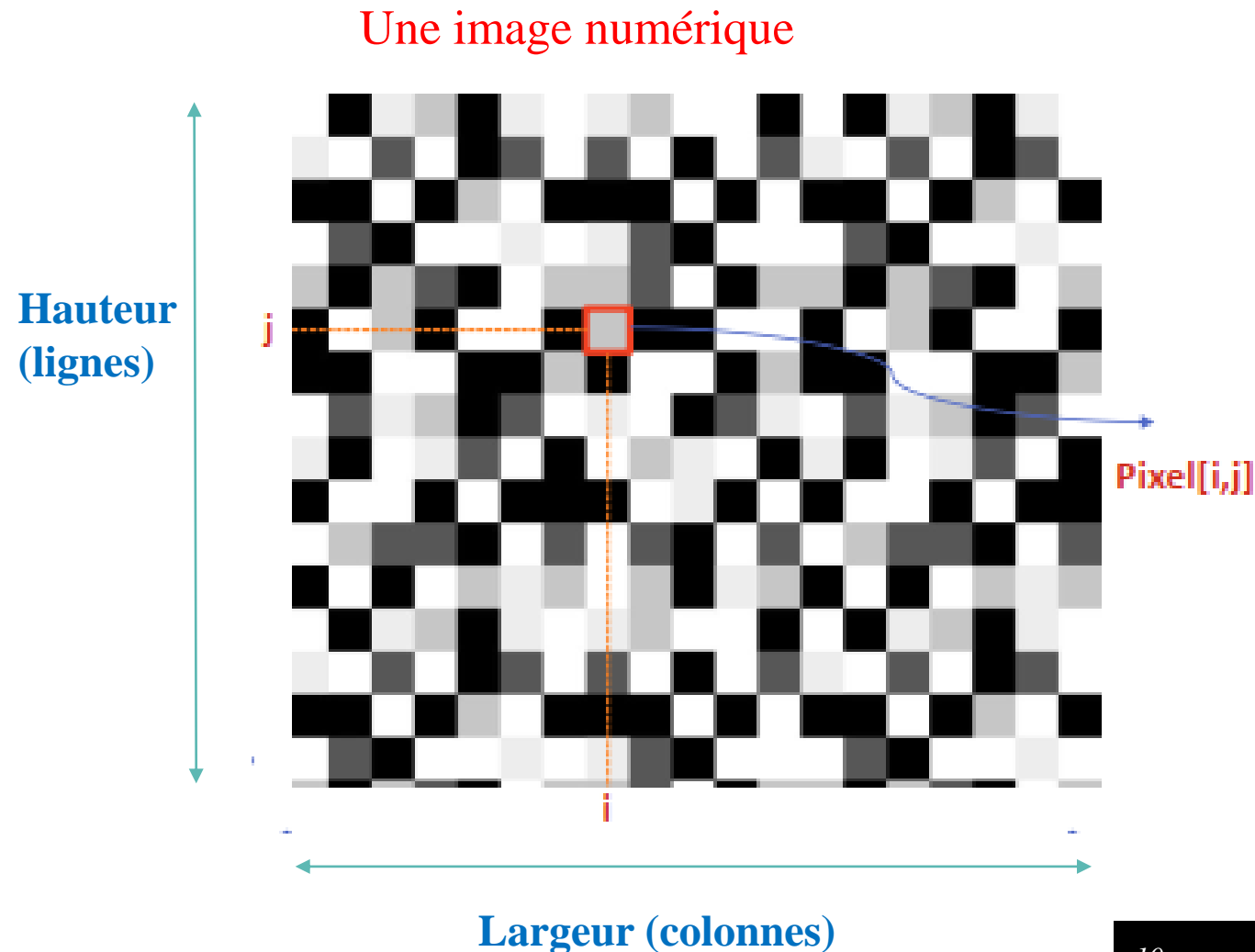


## 2D-3D ; PIXEL - VOXEL



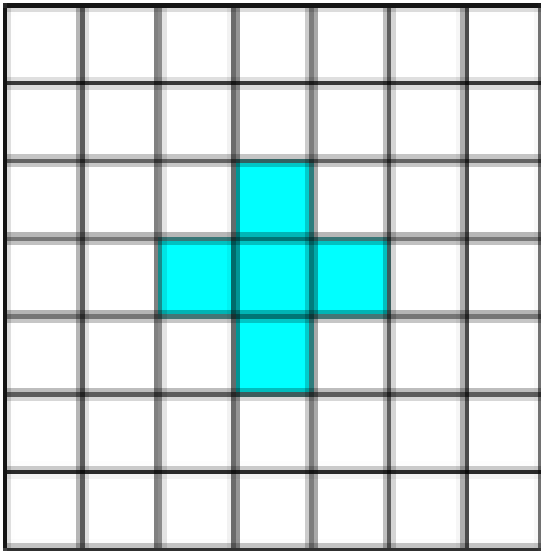
# PIXEL .... IMAGE

- Pixel : composant élémentaire d'une image, localisé par ses coordonnées x et y dans l'image.
- Fragment : groupe de pixels.
- Image : ensemble de pixels ou fragments organisés dans un plan.
- Tampon(s) : stocke l'état de chaque pixel ou fragment.

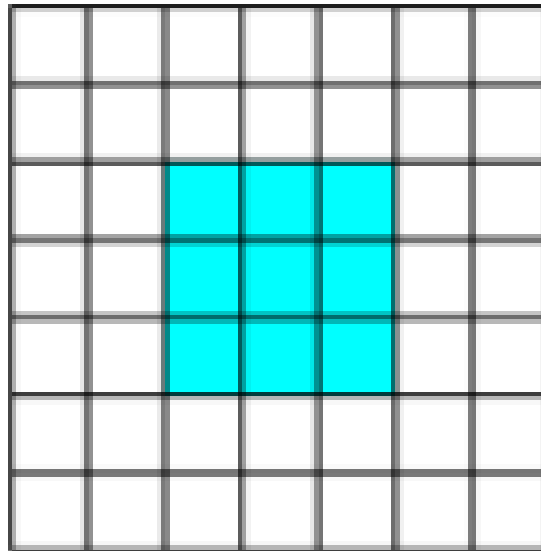


# VOISINAGE

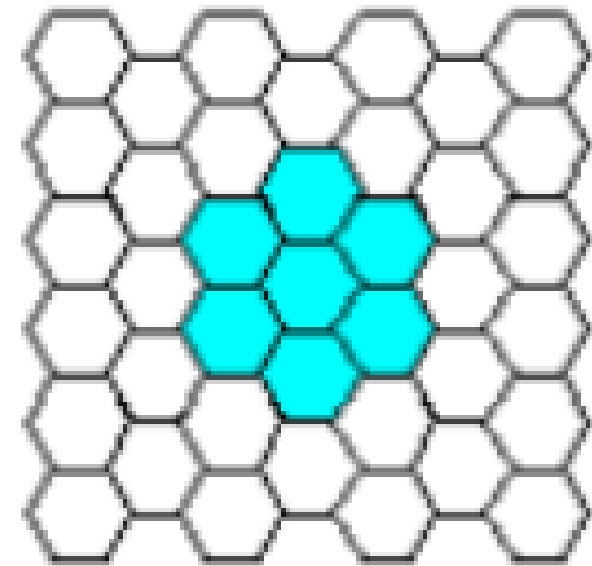
Un voisinage d'un pixel est un ensemble de pixels voisins



**4-voisinage sur réseau Rectangulaire** Les voisins ayant une arête en commun



**8-voisinage sur réseau Rectangulaire** Les voisins ayant une arête en commun



**6-voisinage sur réseau hexagonal**

# CARACTÉRISTIQUES D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres:

- **Dimension:** C'est la taille de l'image.
- **Résolution:** C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images.
- **Bruit:** c'est un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il provient de l'éclairage des dispositifs optiques et électroniques du capteur.
- **Histogramme:** l'histogramme des niveaux de gris ou des couleurs d'une image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image.
- **Luminance:** C'est le degré de luminosité des points de l'image.
- **Contraste:** C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image

# DÉFINITION

Définition: le nombre de points (pixels) constituant une image: c'est le nombre de colonnes de l'image que multiplie son nombre de ligne.

Calcul du nombre total des pixels dans une image:

Nombre total des pixels = colonnes x lignes

# QUALITÉ DE L'IMAGE

□ La qualité de l'information codée dépend de 2 éléments :

- La densité de ces pixels appelée communément résolution de l'image.
- L'information de couleur donnée sur un pixel
  - Codage de la couleur (dynamique)
  - Représentation de la couleur (espaces colorimétriques)

□ Plus la résolution baisse, plus le nombre de pixels dans l'image diminue, et plus la qualité de l'image numérique se dégrade.

# LA RÉOLUTION D'UNE IMAGE

- Une image est caractérisée par ses dimensions en nombre de pixels (et non en centimètres).
- La résolution permet ainsi d'établir le rapport entre la définition en pixels d'une image et la dimension réelle de sa représentation sur un support physique (affichage, écran, impression papier...)
  - nombre de pixels par unité de longueur (pouce)
  - Unité: ppi/ppp (pixel per inch / pixel par pouce)
  - Un pouce mesure 2.54 cm
  - La résolution d'impression en dpi/ppp (dot per inch / point par pouce)

# TAILLE D'UNE IMAGE

La taille d'une image numérique peut se définir par:

- sa définition en pixels
- ses dimensions en pouces
- sa résolution en dpi ou ppp.



# EXERCICE

**Quelle serait la définition en pixel d'une feuille de 8,5 pouces de largeur et 11 pouces en hauteur scannée à 300dpi?**

# TYPE D'IMAGES

Deux types d'images numérique:

1. Image matricielle
2. Image vectorielle

# IMAGE VECTORIELLE VS MATRICIELLE

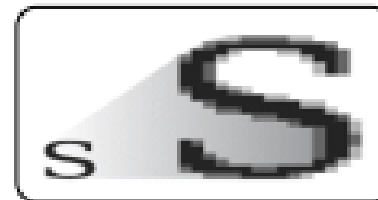
Une image numérique peut être :

- vectorielle : image décrite par des formes géométriques
- matricielle (Bitmap) : ensemble de points (pixels - picture element)



Image vectorielle

- Le contenu de l'image est défini par des vecteurs dont les coordonnées sont les coordonnées de points représentant une forme
- Les formats les plus connus sont : EPS, EMF et WMF (Métafichiers Windows).



Bitmap

- Ce sont les niveaux de gris des pixels et leurs positions dans l'image qui définissent le contenu de celle-ci
- Les formats les plus connus sont RAW, BMP, TIFF (compression), JPEG (compression), GIF (compression) ou PNG (compression)

**Comment coder l'information de couleur pour chaque pixel?**

# COLORIMÉTRIE

# IMAGES À NIVEAUX DE GRIS

- Le niveau de gris est la valeur de l'intensité lumineuse en un point.
- La couleur du pixel peut prendre des valeurs :
  - allant du noir au blanc
  - en passant par un nombre fini de niveaux intermédiaires.
- Pour représenter les images à niveaux de gris, on peut attribuer à chaque pixel de l'image une valeur correspondante à la quantité de lumière renvoyée.
- **Chaque pixel est codé sur N bits, ce qui lui confère des valeurs entières comprises entre 0 (noir) et  $2^N-1$  (*blanc*).**
- Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la " couleur " de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est important, plus les niveaux possibles sont nombreux.

# COLORIMÉTRIE

- La colorimétrie consiste à mesurer de manière quantitative les couleurs.
- Afin de créer des images encore plus riches en couleurs (et donc disposer de plus qu'une palette limitée à 256 couleurs), l'idée de mélanger des couleurs primaires en « couches » est arrivée.
- Toute couleur peut être représentée comme une combinaison linéaire de trois primaires.

# LES TYPES DE SYNTHÈSE

- **La synthèse additive** : c'est le phénomène qui se passe lorsqu'un écran affiche une image par la lumière. On part du noir (lumière éteinte) et on va vers le blanc. L'addition du rouge, du vert et du bleu donne le blanc
- **La synthèse soustractive** : c'est le phénomène qui se passe lorsqu'on mélange des pigments colorés en peinture. On part du blanc (support papier) pour aller vers le noir. L'addition du Cyan, du Magenta et du Jaune donne le Noir



RGB



CMY



# CODAGE DE L'INFORMATION

- L'information est codée en binaire. Le support évolue mais le principe st toujours le même.
- A l'aide de 1 bit on a donc 2 possibilités 0/1 ou ouvert/fermé ou noir/
- blanc
- A l'aide de 2 bits on a  $2 \times 2 = 4$  possibilités : 00/01/10/11
- A l'aide de 3 bits on a  $2 \times 2 \times 2 = 8$  possibilités :  
000/001/010/011/100/101/110/111

# CODAGE DE L'INFORMATION

- A l'aide de 8 bits on a  $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^8 = 256$  possibilités

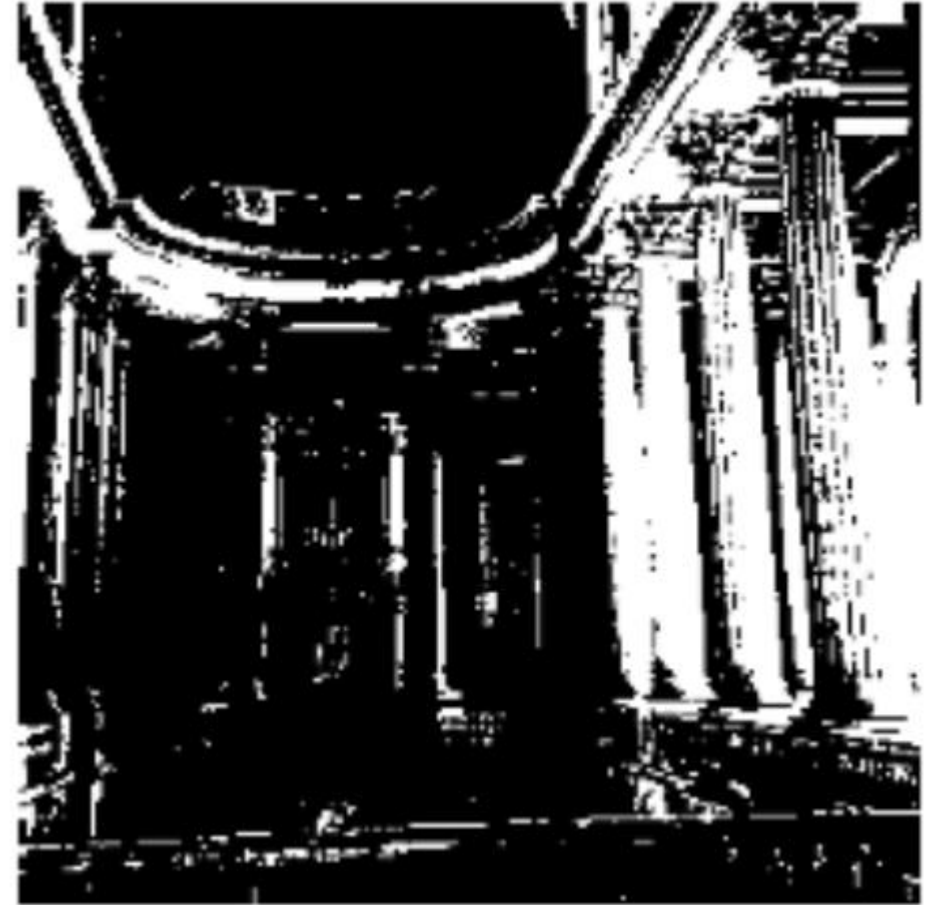
Cet ensemble de 8 bits est appelé "octet".

En général les informations sont regroupées par groupe de 8, 16, 24, 32 ou 64 bits c'est à dire 1, 2, 3 ou 4 octets.

- Avec 16 bits ou 2 octets on a  $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{16} = 256 \times 256 = 65536$  possibilités
- Avec 24 bits ou 3 octets on a  $256 \times 256 \times 256 = 16777216$  possibilités (plus de 16 millions). On parle de kilooctet :  $1 \text{ ko} = 2^{10} \text{ octets} = 1024 \text{ octets}$  (et non pas 1000...)
- mégaoctet :  $1 \text{ Mo} = 2^{20} \text{ octets}$  gigaoctet :  $1 \text{ Go} = 2^{30} \text{ octets}$

# CODAGE D'UNE IMAGE EN NOIR ET BLANC

- Pour ce type de codage, chaque pixel est soit noir, soit blanc.
- Il faut un bit pour coder un pixel (0 pour noir, 1 pour blanc). L'image de 10000 pixels codée occupe donc 10000 bits en mémoire.
- Ce type de codage peut convenir pour un plan ou un texte mais on voit ses limites lorsqu'il s'agit d'une photographie.



# RGB (RED, GREEN, BLUE) - RVB (ROUGE, VERT, BLEU)

- Le modèle RVB utilise un système de coordonnées cartésien. Les couleurs primitives du modèle sont additives: chaque contribution individuelle d'une couleur primitive s'ajoute aux autres pour donner la teinte finale.
- Elles correspondent en fait à peu près aux trois longueurs d'ondes auxquelles répondent les trois types de cônes de l'œil humain (voir trichromie).
- L'addition des trois donne du blanc pour l'œil humain (lumière blanche).
- Le système RVB est une des façons de décrire une couleur en informatique.
- Ainsi le triplet  $\{255, 255, 255\}$  donnera du blanc,  $\{255, 0, 0\}$  un rouge pur,  $\{100, 100, 100\}$  un gris, etc.  
Le premier nombre donne la composante rouge, le deuxième la composante verte et le dernier la composante bleue.

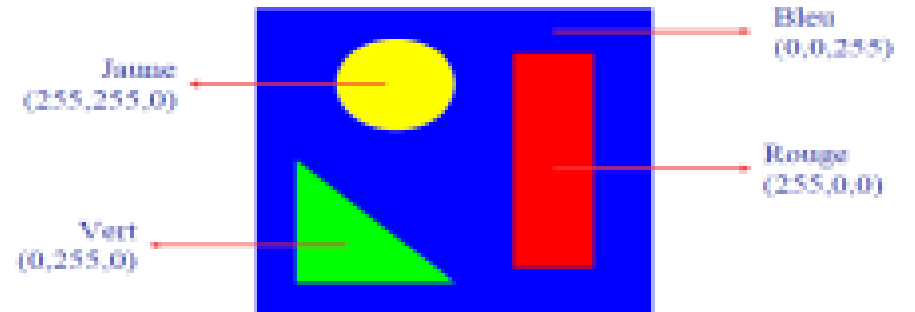
# CODAGE EN RVB

## ❑ Avec un codage en RVB 8 bits PAR COUCHE:

- Chaque couche utilise 8bit (1 octet), soit 256 nuances possibles: 8Bits pour le Rouge, 8bit pour le Vert et 8bits pour le Bleu.
- Donc utilisation de  $3 \times 8\text{bits} = 24\text{ bits}$  utilisées au total.
- $256 \times 256 \times 256 = 2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24} = 16,7\text{millions}$
- Chaque pixel peut prendre 16,7Millions de couleurs possibles!

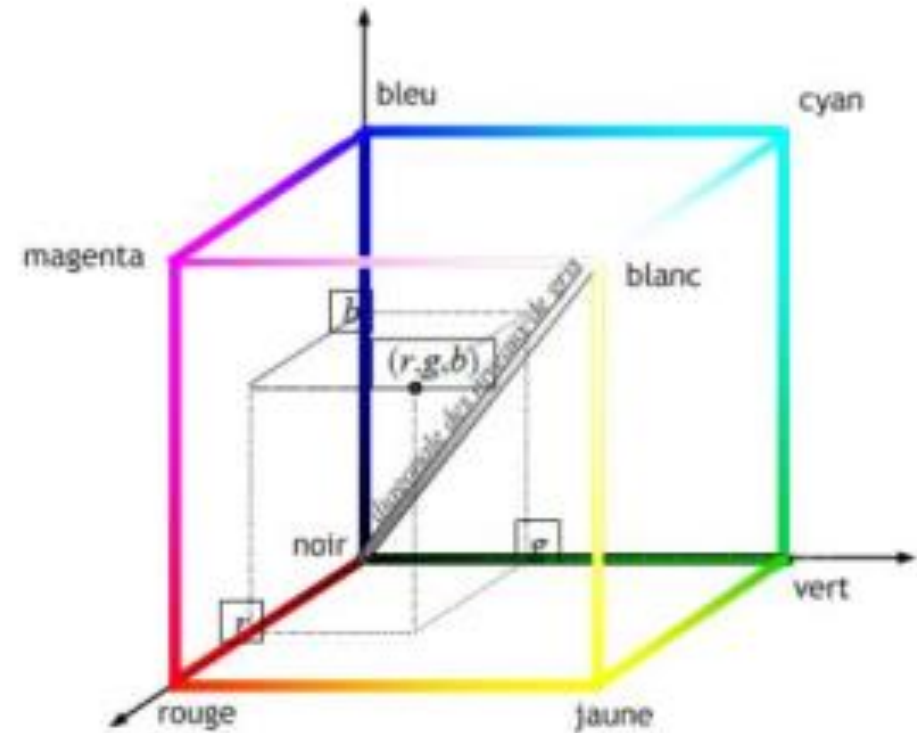
## ❑ Avec un codage en RVB 16 bits PAR COUCHE:

- Chaque couche utilise le double, soit 16bits! (65535 nuances).
- $3 \times 16 = 48\text{bits}$  utilisées au total.
- $65535 \times 65535 \times 65535 = 2^{48} = 281,4\text{ milliards}$
- 281,4 milliards de nuances de couleurs sont possibles!



# CUBE DES COULEURS

- On peut représenter chacune de ces couleurs comme un point d'un cube de l'espace de dimension trois en considérant un repère orthonormé dont les trois axes  $r$ ,  $g$ ,  $b$  représentent les intensités de rouge, de vert et de bleu.
- L'origine représente ainsi le noir ( $r=g=b=0$ ) et le point opposé ( $r=g=b=255$ ) le blanc.
- Les trois sommets  $(255,0,0)$ ,  $(0,255,0)$  et  $(0,0,255)$  représentent les trois couleurs de base (rouge, vert, bleu) et les trois sommets opposés,  $(0,255,255)$ ,  $(255,0,255)$  et  $(255,255,0)$ , le cyan, le magenta et le jaune.
- La grande diagonale de ce cube joignant le noir et le blanc est l'axe achromatique, i.e. l'axe des niveaux de gris.



# CMJN (CYAN, MAGENTA, JAUNE, NOIR ) – CMYK

- La quadrichromie ou CMJN (cyan, magenta, jaune, noir ; en anglais CMYK, cyan, magenta, yellow, key) est un procédé d'imprimerie permettant de reproduire un large spectre colorimétrique à partir des trois teintes de base (le cyan, le magenta et le jaune ou yellow en anglais) auxquelles on ajoute le noir (key en anglais).
- L'absence de ces trois composantes donne du blanc tandis que la somme des trois donne du noir.
- Le noir obtenu par l'ajout des trois couleurs Cyan, Magenta et Jaune n'étant que partiellement noir en pratique (et coûtant cher), les imprimeurs rajoutent une composante d'encre noire

# PARAMÈTRES DE L'IMAGE

Les caractéristiques de l'image numérique sont donc:

1. Sa définition en pixels (pixel = Picture Element)
2. sa résolution en DPI ou PPP. (Dot Per Inch ou Point Par Pouce )
3. Son codage ou profondeur de couleur exprimé en bit par pixel (bpp).
4. Son mode colorimétrique (RGB ou CMJN), composition des multiples couches.



# IMAGE MATRICIELLE

*Que sont les images  
matricielles?*

# IMAGE MATRICIELLE OU BITMAP (MODE POINT)

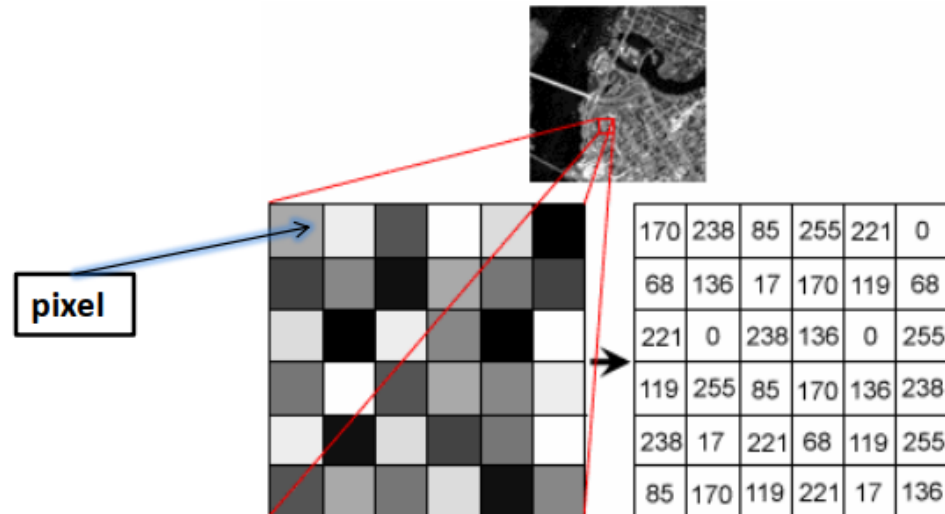


Une **image matricielle** est composée d'une grille de points où chaque pixel possède une position et une couleur. Ex: 640\*480

L'ensemble des points figure un dessin (ex: une photo, une carte...) sous forme d'un rectangle.

# QUE SONT LES IMAGES MATRICIELLES?

**Image matricielle ou Bitmap (mode point):** une matrice (un tableau) de données numériques. à chaque position (x,y) de la matrice correspond une couleur.



# QUE SONT LES IMAGES MATRICIELLES?

- Les formats les plus connus sont: JPEG, BMP, TIFF, GIF, PNG...
- dépendance du facteur échelle,
  - Perte qualité



Changement d'échelles  
Zoom



# QUE SONT LES IMAGES MATRICIELLES?

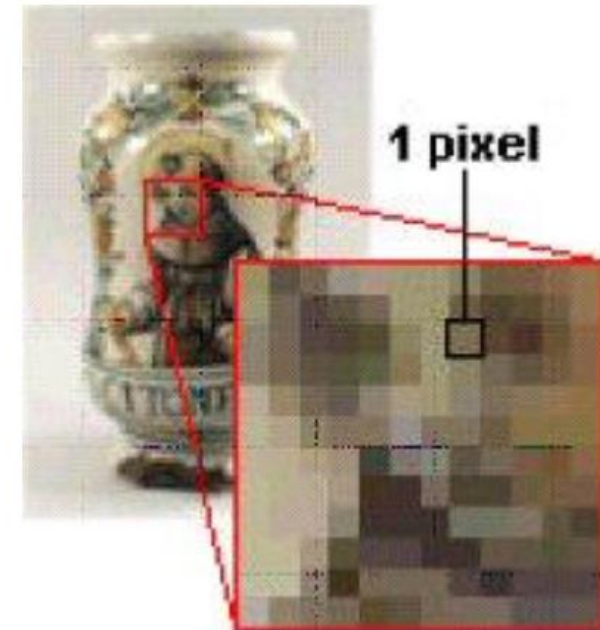
- Elles sont composées de pixels de diverses couleurs, organisés en lignes et colonnes.  
Leurs caractéristiques sont déterminées par leurs dimensions en nombre de pixels et par le nombre de couleurs possibles.
- Chaque pixel a une adresse numérique et est stocké dans une zone mémoire appelée matrice.
- Les images matricielles sont liées à la résolution:
  - Elles contiennent un nombre fixe de pixels qui représentent les informations de l'image.

# REPRÉSENTATION BITMAP

- L'image est représentée par une matrice. Chaque point de la matrice est appelée pixel.
- Chaque pixel va contenir une information numérique qui correspond à la couleur qu'il représente dans l'image.

# PIXEL

- Une image numérique est constituée d'une grille de petits carrés appelés pixels.
- Les pixels sont les plus petites unités utilisées par les écrans pour afficher des caractères, des graphiques et des images.
- Chaque pixel représente l'élément de base d'une image.



# REPRÉSENTATION DISCRÈTE D'UNE IMAGE

- Bidimensionnelle pour les images:
  - $[1..L] \times [1..C] \mapsto [1,M]_p$  (L lignes, C colonnes)
- tridimensionnelle pour les vidéos :
  - $[1..L] \times [1..C] \times [1..T] \mapsto [1,M]_p$
- vidéo de **T** image.
- **L** : nombre de lignes
- **C** : nombre de colonnes
- **$[1,M]_p$**  : M+1 valeurs d'intensité, sur un espace à p dimensions (**p= nombre matrice**)



# IMAGE BINAIRE

- Une image binaire est une image ayant deux couleurs possibles généralement noir et blanc.
- Dans ces images, un seul bit suffit à représenter chaque pixel (1=blanc ou 0=noir).
- Si  $I$  est une image binaire, alors :
  - $(p, M) = (1, 1)$ 
    - $p=1$  → un seul plan = une seule matrice.
    - $M=1$  → 2 valeurs d'intensité.



# EXERCICE



**Calculer la taille d'une image en noir et blanc.**

Nb total des pixels =  $640 \times 480 = 307\,200$

Taille totale = nb pixels x  
quantification (nb de bits par  
pixel)  $\Rightarrow 307\,200 \times 1 \text{ bit} = 307\,200 \text{ bit}$   
 $307\,200 \text{ bit} = 38\,400 \text{ oct} = 37,5 \text{ ko}$

# IMAGE EN NIVEAU DE GRIS

- Dans ces images chaque pixel :
  - contient un seul nombre qui correspond à la nuance de gris de l'image.
    - Les nuances de gris couvrent tout le spectre du blanc au noir, en une échelle de 256 nuances.
  - est représentée par un octet (8 bits).
- Si I est une image en niveaux de gris, alors  $(p,M) = (1,255)$ .

# IMAGE EN NIVEAU DE GRIS



# IMAGE EN NIVEAU DE GRIS



**Image couleur**



**Image en niveau de gris**

# EXERCICE



**Calculer la taille de l'image en gris.**

Taille :  $307200 \times 8 \text{ bit} =$   
 $2457600 \text{ bit} =$   
 $307200 \text{ oct} = 300 \text{ ko}$

# IMAGE « EN VRAI COULEUR »

- Si  $I$  est une image couleur, alors  $(p,M) = (3,255)$



# IMAGE « EN VRAI COULEUR »





# IMAGE « EN VRAI COULEUR »

- Une image couleur comporte pour chaque **pixel** une information sur sa composition en **Rouge**, **Vert** et **Bleu**:
  - toute couleur peut être obtenue par un mélange de ces 3 couleurs fondamentales.
  - Chacune de ces couleurs fondamentales RVB dispose de **256** nuances possibles soit  $256*256*256$  possibilités= **16 millions de possibilités**.
- Une l'image en « **vrai couleur** » se décompose en trois plans fondamentaux que sont le Rouge, le Vert et le Bleu.

# IMAGE « EN VRAI COULEUR »

- Si I est une image couleur, alors  $(p,M) = (3,255)$

R=0 G=0 B=255	R=255 G=85 B=85	R=137 G=255 B=255	R=0 G=0 B=255
R=255 G=0 B=0	R=255 G=222 B=0	R=255 G=255 B=186	R=142 G=205 B=68
R=255 G=172 B=255	R=85 G=172 B=247	R=0 G=141 B=255	R=255 G=84 B=0

0	218	137	0
255	255	255	142
218	68	0	214

R

0	85	255	0
0	222	255	205
0	172	141	84

G

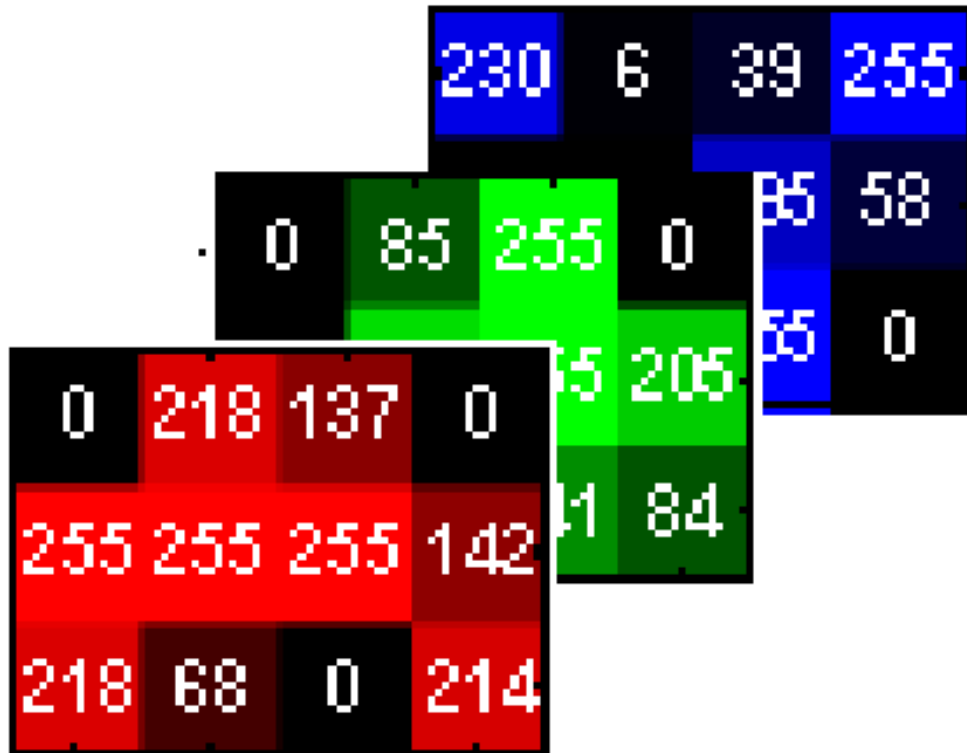
230	6	39	255
0	0	195	58
255	247	255	0

B

Une couleur RGB par pixel

Chaque canal est stocké dans une matrice séparée

# IMAGE « EN VRAI COULEUR »



Sous Matlab, une image RGB est une matrice 3D

$I(i, j, k)$

Ligne  
 $i=1..h$

Colonne  
 $j=1..w$

Canal  
 $k=1..3$

# EXERCICE



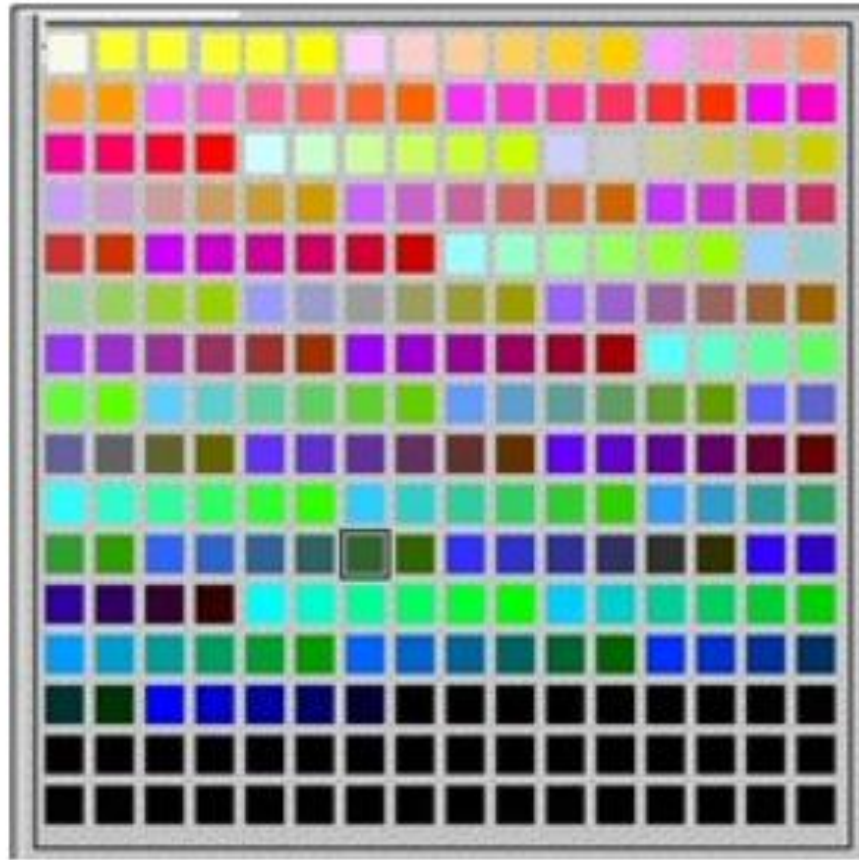
**Calculer la taille de  
l'image en couleur**

Taille de l'image : 307200

$\times 24 = 7372800$

$= 921600 \text{ o} = 900 \text{ ko}$

# IMAGE EN COULEUR INDEXÉE



Palette (256 couleurs)



Image

# IMAGE EN COULEUR INDEXÉE

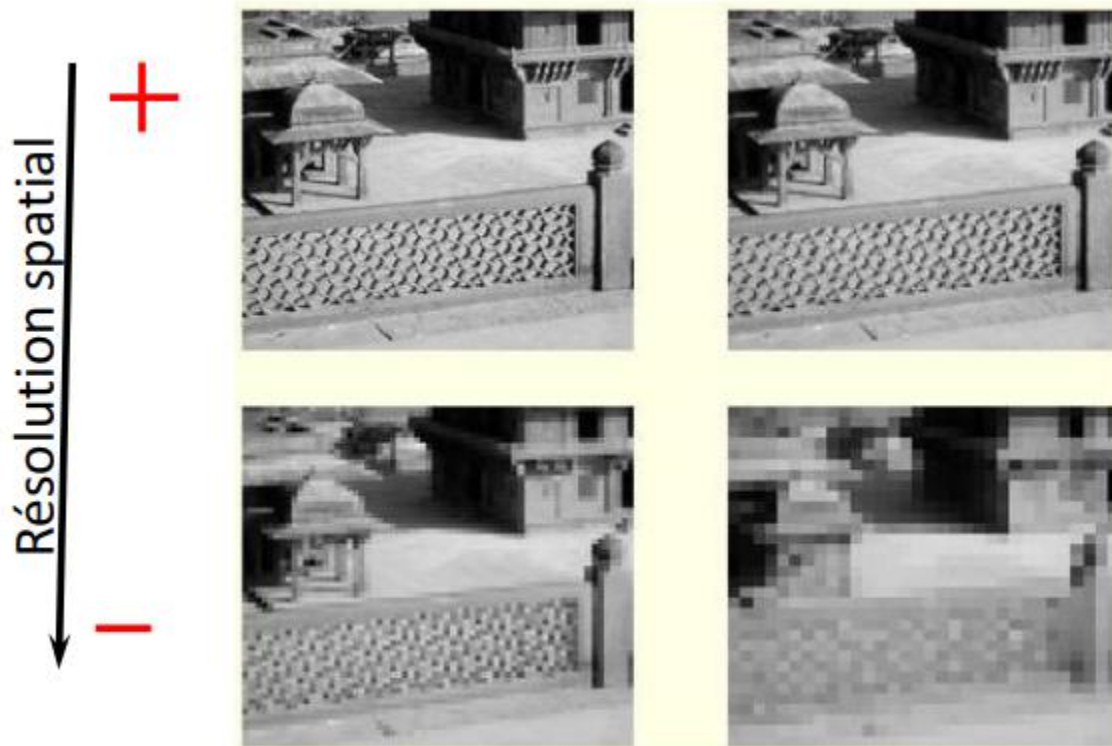
- Les images en couleur indexé sont créées à l'aide d'une palette limitée attachée à cette image et qui comprend **n** couleurs différentes.
  - **n**=512;
  - **n**=256;
  - **n**=64;
- La donnée correspondant à chaque pixel consiste en un indice qui pointe vers une couleur précise dans la palette.
- Si I est une image en couleur indexée,  $(p,M) = (1, \mathbf{n-1})$ .
  - **n** = taille de l'indexe

# RÉSOLUTION

- La résolution est une mesure de la clarté ou du niveau de détail d'une image numérique.
- Plus la résolution est grande, plus l'image est détaillée, et plus le fichier correspondant est volumineux.
- Résolution spatiale et résolution en luminance.

# RÉSOLUTION SPATIALE

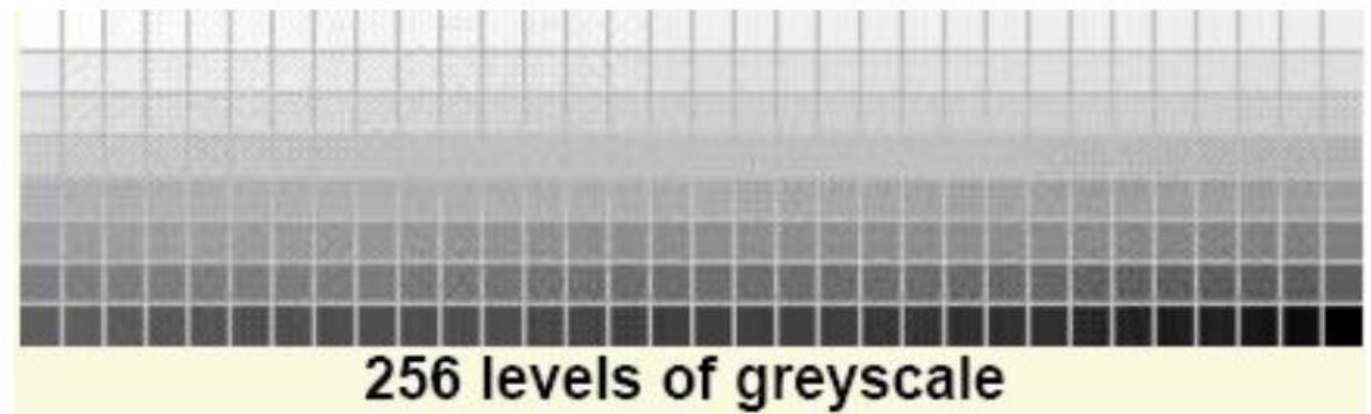
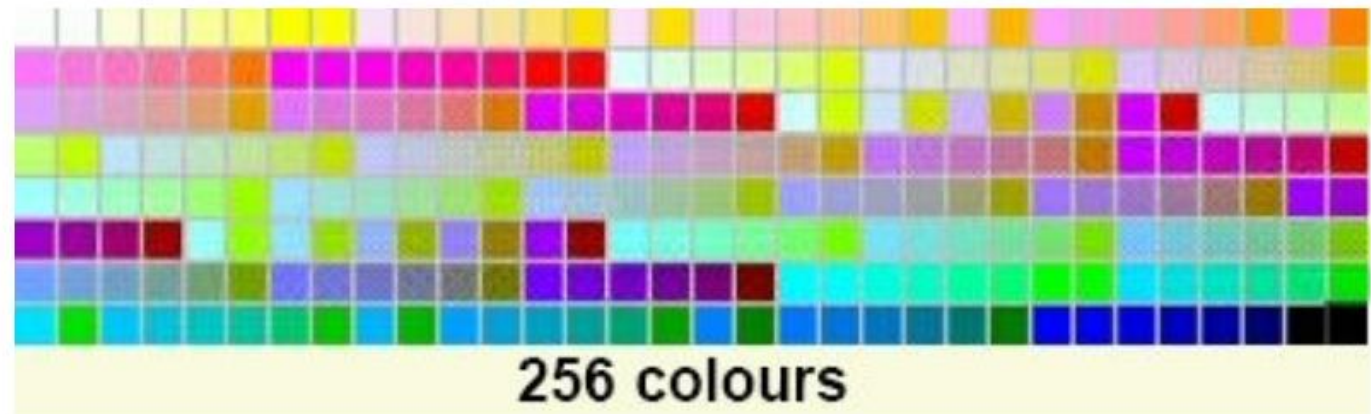
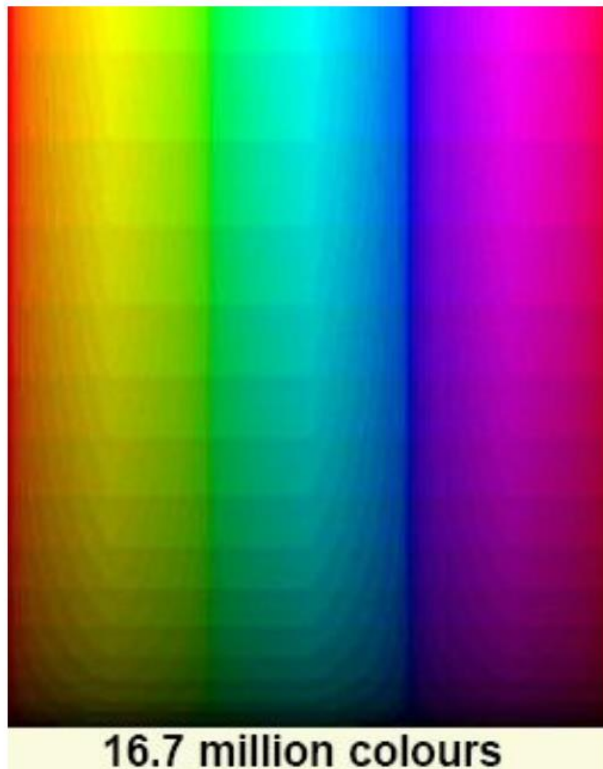
- la résolution spatiale s'exprime en pixels au pouce et souvent abrégé **ppp** ou « **dpi** » pour dots per inch. (1 pouce = 2.54 cm).





# RÉSOLUTION EN LUMINANCE

- La résolution en luminance, ou nombre de bits, se rapporte à l'échelle de gris ou aux couleurs possibles de chaque pixel.



# RÉSOLUTION EN LUMINANCE

- Plus le nombre de bits est grand, plus le nombre de couleurs possibles est élevé.



vraie couleur  
24 bits



fausse couleur  
8 bits



en niveau de  
gris  
8 bits



binaire  
2 bits



Résolution en luminance



# IMAGE VECTORIELLE

*Que sont les images  
vectorielles?*

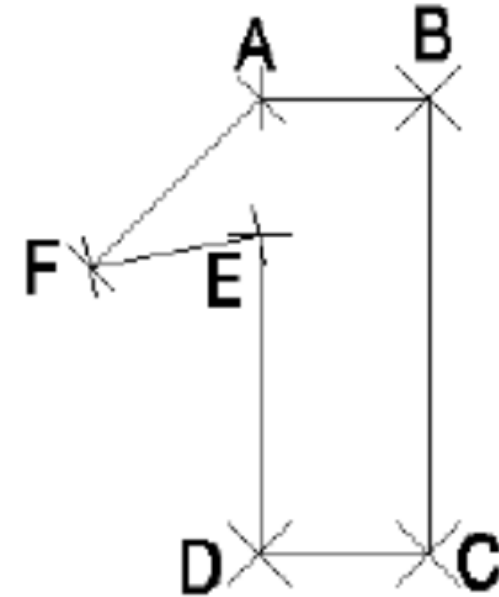
# QU'EST CE QU'UNE IMAGE VECTORIELLE?

**Image vectorielle:** L'image est considérée comme un ensemble de figures élémentaires pouvant être décrites par des données mathématiques (coordonnées de points, tangentes en un point d'une courbe, etc).

# QU'EST CE QU'UNE IMAGE VECTORIELLE?

- L'information contenue dans le fichier d'un format vectoriel est composée par des commandes qui permettent de dessiner les formes particulières qui constituent l'image : appelées vecteurs ou couples de points associés.
- L'information décrira, par exemple, la position, l'épaisseur et la couleur d'une ligne à tracer.
- Le codage d'une ligne contient:
  - un point de départ,
  - un point d'arrivée,
  - l'épaisseur,
  - un motif,
  - une couleur.

*Exemple:*



Ce chiffre est ici codé  
à l'aide des couples  
de points (A,B) ;  
(B,C) ; (C,D) ; (D,E) ;  
(E,F) ; (F,A)

# PRINCIPE

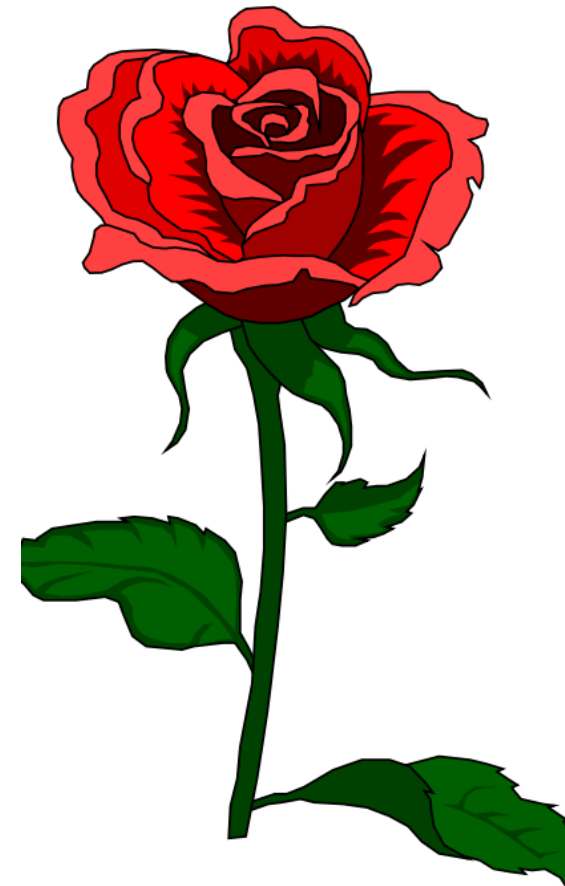
- **Un dessin vectoriel permet une résolution d'image quasiment infinie.**
- À résolution égale, il est en général moins lourd en taille qu'un dessin « bitmap » car il ne comporte pas la description de chacun des pixels qui le composent, mais seulement des éléments.
- **« Vectoriel » ne se réfère pas aux vecteurs mathématiques,** mais qualifie principalement les données informatiques qui sont des instructions ou des attributs graphiques.
- Cependant, ces données sont souvent représentées sous forme de n-uplets qui peuvent faire penser à des vecteurs, par opposition à une image matricielle qui est basée sur les

# QU'EST CE QU'UNE IMAGE VECTORIELLE?

- Les formats les plus connus sont: SVG, Adobe Flash, illustrator, Autocad
- indépendance du facteur échelle,
  - pas de perte qualité



Changement d'échelles  
Zoom



# RÉFÉRENCES

- Furht, B., Smoliar, S. W., & Zhang, H. (2012). *Video and image processing in multimedia systems* (Vol. 326). Springer Science & Business Media.