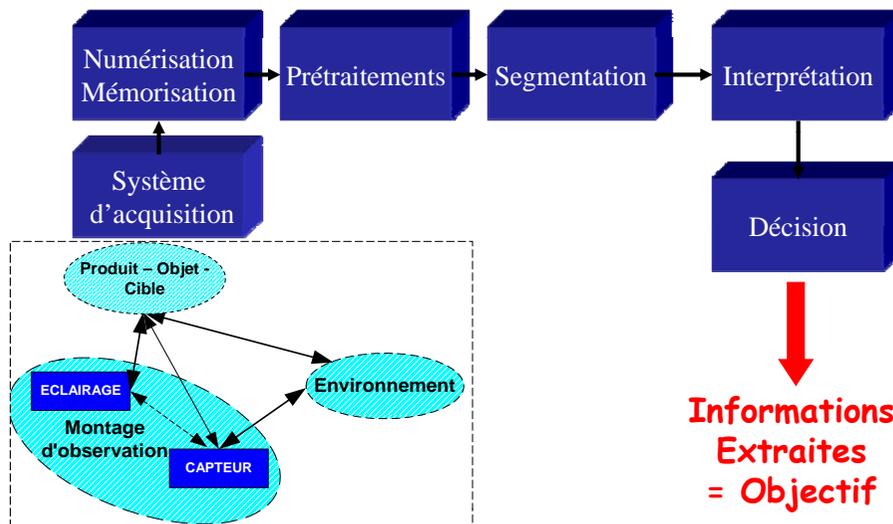
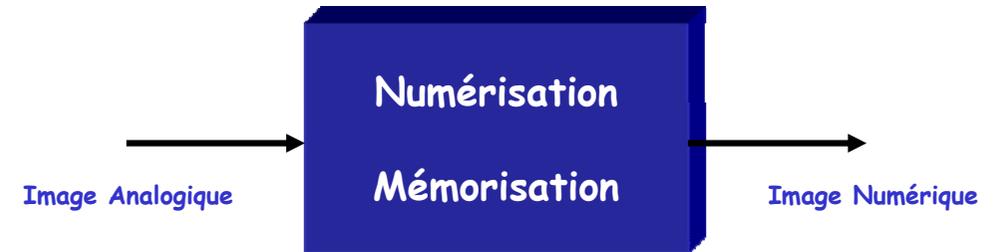


## Acquisition Numérisation : Modèle de vision artificielle



## Acquisition Numérisation : Modèle de vision artificielle

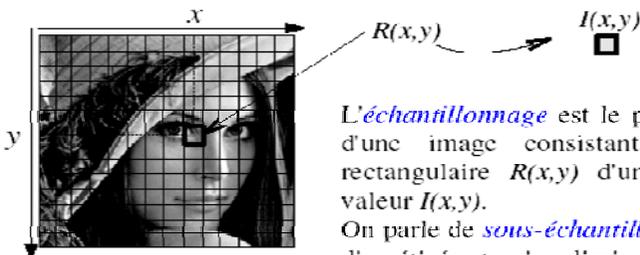
- Intégrée au système d'acquisition ou au système de traitement.
- Numérisation : Echantillonnage et Quantification
- Mémorisation : dépend de la cible, avec ou sans compression



## Acquisition Numérisation : Image Numérique

*Pixel* est l'abréviation de « picture elements ».

Un pixel correspond à l'unité indivisible permettant de stocker l'information relative à une luminosité en une certaine position.



L'*échantillonnage* est le procédé de discrétisation spatiale d'une image consistant à associer à chaque zone rectangulaire  $R(x,y)$  d'une image continue une unique valeur  $I(x,y)$ .

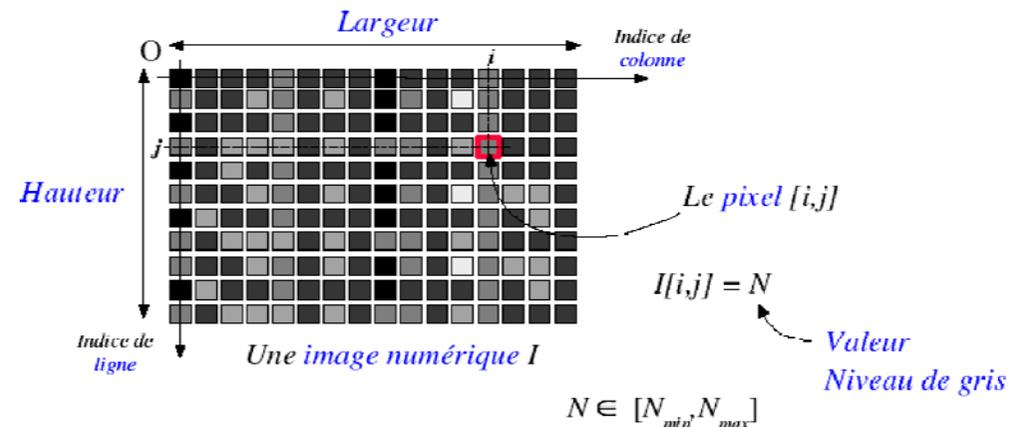
On parle de *sous-échantillonnage* lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on diminue le nombre d'échantillons.

La *quantification* désigne la limitation du nombre de valeurs différentes que peut prendre  $I(x,y)$ .



Une *image numérique* est une image échantillonnée et quantifiée.

## Acquisition Numérisation : Pixels et Niveaux de gris



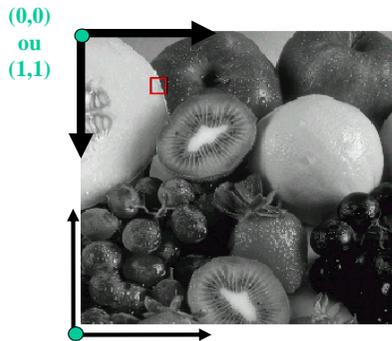
$$N \in [N_{min}, N_{max}]$$

$$(N_{max} - N_{min}) = \text{nombre de niveaux de gris}$$

$$\log_2(N_{max} - N_{min}) = \text{dynamique}$$

## Acquisition

### Numérisation : Représentation d'une image



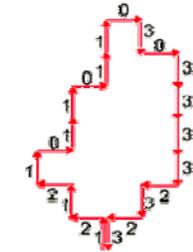
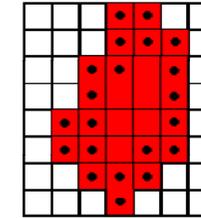
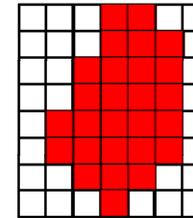
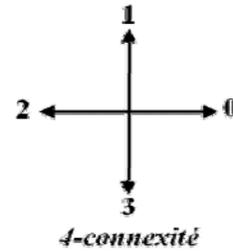
x =	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
y =															
41	210	209	204	202	197	247	143	71	64	80	84	54	54	57	58
42	208	198	203	197	195	210	207	56	63	58	53	53	61	62	51
43	201	207	192	201	198	213	156	69	65	57	55	52	53	60	50
44	216	206	211	193	202	207	208	57	69	60	55	77	49	62	61
45	221	206	211	194	198	197	220	56	63	60	55	46	97	58	108
46	209	214	224	189	184	183	204	173	64	00	59	51	02	50	40
47	204	212	213	208	191	190	191	214	60	62	66	76	51	49	55
48	214	215	215	207	208	100	172	180	69	72	55	49	50	52	50
49	209	205	214	205	204	186	197	190	96	62	60	67	67	60	48
50	208	209	205	203	202	186	174	185	149	71	63	55	55	45	56
51	207	210	211	199	217	164	183	177	209	90	62	64	62	93	62
52	208	205	209	209	197	194	183	187	187	239	58	68	61	51	56
53	204	208	203	209	195	203	188	185	183	221	75	61	58	80	80
54	200	203	199	235	188	187	183	190	183	196	122	63	58	64	66
55	205	210	202	203	199	197	196	181	173	186	105	02	07	04	03

(0,0)  
ou  
(1,1)  
  
(0,0)  
infographie

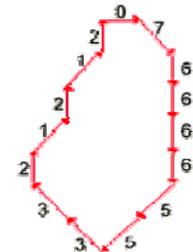
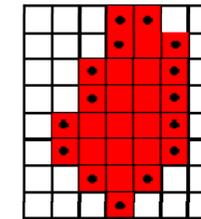
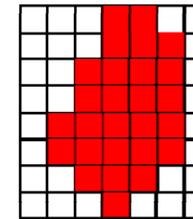
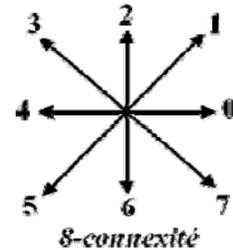
- Pour numériser des images, deux opérations :
  - Echantillonnage
  - Quantification

## Acquisition

### Numérisation : Connexité - Notion de voisinage



0303333232312121011011



076666553321212

## Acquisition

### Numérisation : Echantillonnage

- Un tableau dont la taille est synonyme de précision



## Acquisition

### Numérisation : Echantillonnage et quantification

Résolution...

...spatiale :

Échantillonnage



...tonale :

Quantification

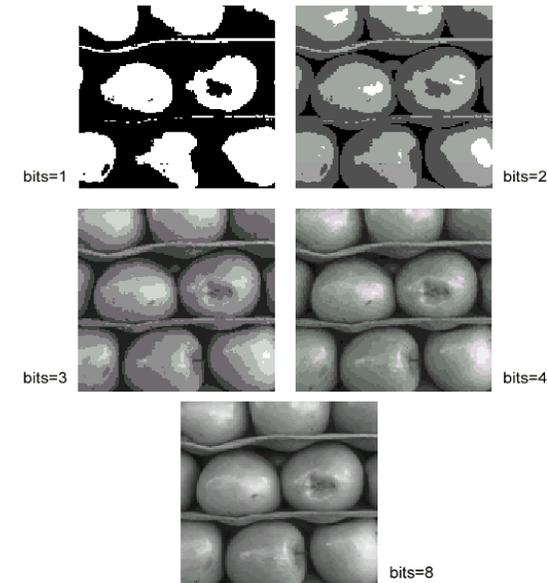


- Pour une image en niveaux de gris, si l'on code les niveaux sur 8 bits, on pourra décrire 256 valeurs entières (nuances), de 0 (noir) à 255 (blanc).
- Dans le cas d'une image couleur, si chaque canal, rouge, vert et bleu, est codé sur 8 bits (24 bits au total), on pourra donc décrire 16.7 millions de couleurs. Une image 24 bits est dite en "vraies couleurs" (*true colors*) et elle est de qualité photographique.

Nombre de bits	Nombre de couleurs possibles
2 bits	$(2^2) = 4$
4 bits	$(2^4) = 16$
8 bits	$(2^8) = 256$
16 bits	$(2^{16}) = 65536$
24 bits	$(2^{24}) = 16.7 \text{ millions}$

→ Discrétisation de l'espace des couleurs ou niveaux de gris

Une quantification trop faible peut causer des problèmes de faux contours



La quantification peut également faire apparaître des distortions dans les images :



Comme pour l'échantillonnage, il existe des règles pour déterminer la bonne quantification (le bon nombre de bits) pour coder les images numériques.

L'une dépend du *capteur*, et de sa capacité effective à observer des signaux de valeurs différentes : le *rappor signal sur bruit*.

Le rapport signal sur bruit est défini à partir du rapport entre l'*amplitude des niveaux de gris* mesurables par le capteur ( $n_{max} - n_{min}$ ) et le *niveau du bruit*, en gros l'écart-type  $s_n$  de la perturbation aléatoire qui affecte les niveaux de gris. En prenant le logarithme, on a le nombre de bits utile au capteur pour coder les images.

Outre les capacités du capteur, le nombre de bits réellement nécessaires pour coder une image varie d'une image à l'autre, en fonction de leur *contenu informationnel*.

Ce nombre dépend de l'*entropie*, définie à partir de la distribution des niveaux de gris de l'image (cf plus loin, modèle statistique).

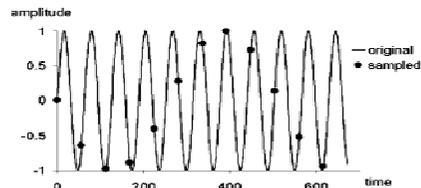
$$E = \sum_{i < N} -p_i \log_2(p_i)$$

Où  $N$  est le nombre de niveaux de gris présents,  $p_i$  est la proportion ( $0 < p_i < 1$ ) de points de l'image ayant pour niveau de gris  $i$ . Cette grandeur représente le nombre moyen de bits par pixel nécessaires pour coder toute l'information présente. Elle est utilisée dans les techniques de compression sans perte pour adapter le volume de donnée des images à leur contenu informationnel.

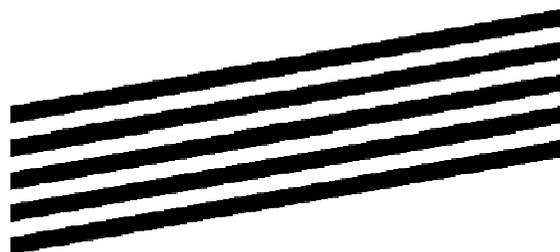


## Acquisition Numérisation : Echantillonnage et information

L'échantillonnage est une étape fondamentale qui doit tenir compte du contenu informationnel pertinent de l'image à analyser. Sur l'exemple ci-contre, en 1d, le signal échantillonné « ressemble » à un sinusoïde de fréquence 8 fois plus faible :

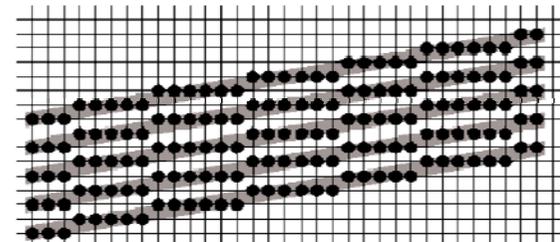


Ce phénomène appelé *aliasing* est encore pire en 2d, car il affecte *la fréquence et la direction* des structures périodiques. Imaginons par exemple qu'on souhaite échantillonner l'image correspondant aux bandes noires ci-contre :

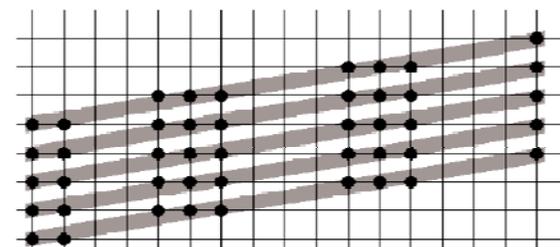


## Acquisition Numérisation : Aliasing - Crénelage

Avec un échantillonnage adapté, l'image numérique fait apparaître des structures conformes à l'information présente dans l'image :

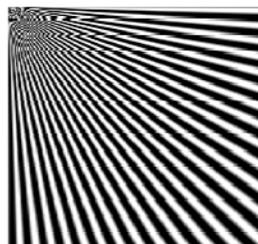


Mais en considérant seulement 1 échantillon sur 2, une structure différente apparaît, dont l'analyse (ici des bandes verticales, plus épaisses) ne sera pas conforme à la réalité de l'objet :



## Acquisition Numérisation : Sous-échantillonnage - Moiré

Un exemple, sur une image de synthèse :



Et sur une image naturelle :



Image originale

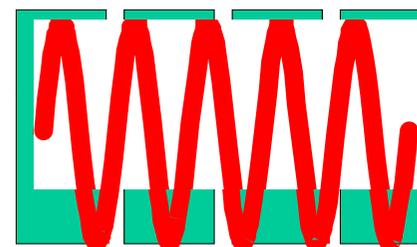
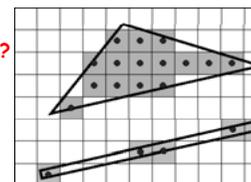


Image sous-échantillonnée

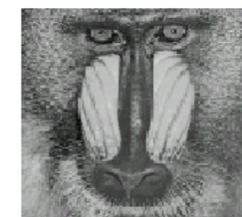
## Acquisition Numérisation : Aliasing - Crénelage

Une résolution trop faible peut causer des problèmes d'aliasing

Est-ce un triangle?



Est-ce un rectangle ?  
Est-ce une onde basse fréquence?



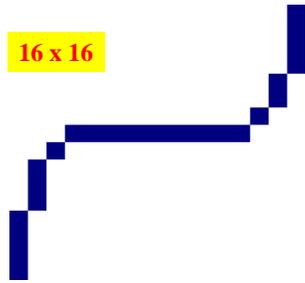
On reconnaît le singe lorsqu'on passe d'une résolution de 128 x 128 à 32 x 32 mais est-ce toujours ainsi?

## Acquisition

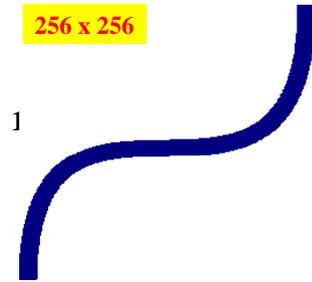
Numérisation : Anticrénelage (ou antialiasing) c

- Utilisé dans plusieurs autres contextes (animation, rendu etc.).
- Anticrénelage → Pour diminuer l'effet d'escalier

16 x 16



256 x 256

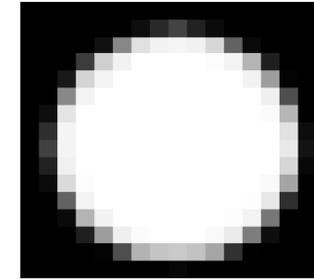
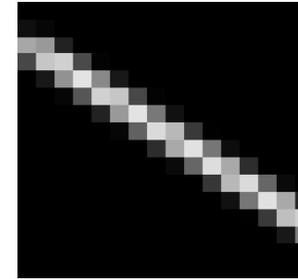


- Solution matérielle: augmenter la résolution \$\$\$
- Solution logicielle?

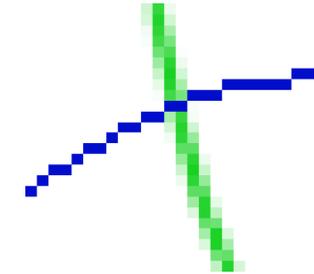
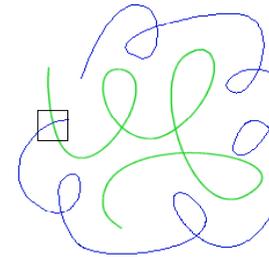
## Acquisition

Numérisation : Anticrénelage (ou antialiasing)

16 x 16



256 x 256

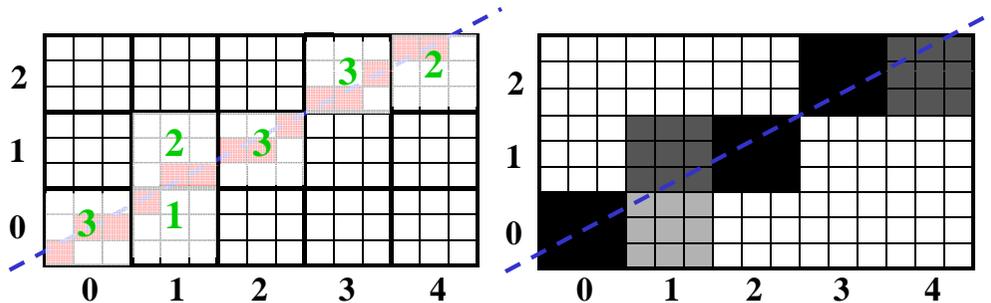


## Acquisition

Numérisation : Sur échantillonnage (supersampling)

- **Sur-échantillonnage** = échantillonner l'objet à une plus forte résolution et utiliser les résultats pour reconstruire l'objet à une résolution plus basse
- **Ex** avec une ligne tracée par Bresenham :  
Chaque pixel est divisé en 9 sous pixels  
Ligne Bresenham → 4 niveaux de gris

1	1	1
1	1	1
1	1	1



## Acquisition

Numérisation : Sur échantillonnage (supersampling)

Exemple sur images réelles

IFT2730



Super-résolution  
(image virtuelle en mémoire)

IFT2730



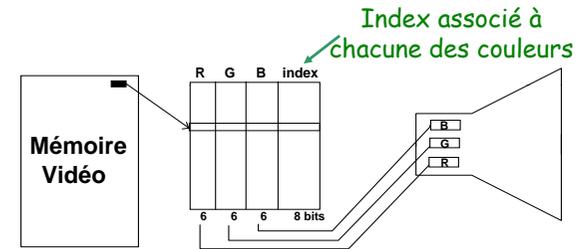
Résolution normale  
(affichage)

## Acquisition Numérisation : Mémoire vidéo

- Mémoire vidéo
  - ➔ mémoire servant à stocker les images avant affichage
- Une mémoire vidéo (**frame buffer**) est divisée en plans de bits
  - ☞ Un plan contribue d'un bit pour la couleur de chaque pixel
    - 4 plans → 4 bits par pixel →  $2^4 = 16$  couleurs
    - 8 plans → 8 bits par pixel →  $2^8 = 256$  niveaux de gris
- On peut ajouter d'autres bits pour différents usages :
  - ☞ tampon Z (Z buffer) → tampon de profondeur pour affichage de scène 3D
  - ☞ tampon a (Alpha buffer) → stockage d'information de transparence
  - ☞ jusqu'à 96 plans de bits !
- Une machine à 24 bits/pixel, avec un écran de 1024x1024 demande combien d'espace?
  - ➔ **3 Mo par image car :  $24 * 1024 * 1024 / 8$  bits par octet**
- Mode graphique :
  - ☞ Mode d'affichage des informations à l'écran → capacité d'une carte graphique à gérer des détails ou celle d'un écran à les afficher
  - ☞ Norme VGA (Video Graphics Array) 640 x 480 pixels  
Ex : Standard d'affichage pour ordinateur
  - ☞ Norme QVGA (Quarter VGA) image de 320 x 240 pixels  
Ex : Ecran de téléphone portable

## Acquisition Numérisation : Mémoire vidéo

- Utilisation possible d'une table de couleurs indexée (palette de couleur - colormap)



- Avec la table, possibilité d'affichage de combien de couleurs ?
  - ➔  **$2^8 = 256$  couleurs simultanées**
- Parmi combien de couleurs peut on choisir les couleurs indexées ?
  - ➔  **$2^6 * 2^6 * 2^6 = 2^{18} = 262144$  couleurs**
- Combien de niveaux de gris possible ?
  - ➔  **$2^6 = 64$**

## Acquisition Numérisation : Compression

But :

- ➔ faciliter le stockage des images
- ➔ faciliter la transmission des images

	Compression sans perte	Compression avec perte
Exemples	Compression delta Compression RLE Compression de Huffman Compression arithmétique Compression LZW	Compression JPEG Compression fractale Compression des couleurs
Remarques	Taux de compression limité Aucune perte d'information	Meilleurs taux de compression Perte d'information

## Acquisition Numérisation : Caractéristiques intrinsèques à un format

- **Le statut par rapport aux brevets** : La plupart des formats sont libres mais certains sont "propriétaires", comme le format GIF.
- **Le nombre de couleurs supportées**
- **La compression des données** :
  - ☞ Utiliser les redondances :
    - Les redondances de code, quand des niveaux de couleur sont codés d'une façon qui utilise plus de symboles que strictement nécessaire.
    - Les redondances inter-pixels, quand des niveaux de couleurs se répètent de façon périodique.
    - Les redondances psychovisuelles.
  - ☞ On distinguera les compressions sans pertes, qui compactent l'information des intensités sans changer leur valeurs, et les compressions avec pertes, comme JPEG, où le contenu est altéré.
- **Transparence** : La caractéristique de transparence permet de spécifier que l'une des couleurs de la palette peut être ignorée lors de l'affichage de l'image sur le moniteur (Par extension : alpha channel).
- **Entrelaçage** : C'est un mécanisme qui permet de faire apparaître plus rapidement les images à l'écran, en affichant une version basse résolution raffinée au fur et à mesure du changement.
- **Animation** : Certains formats permettent de stocker dans le même fichier plusieurs images qui représentent une animation. C'est le cas du format GIF. Des navigateurs, comme Netscape, sont alors capables d'afficher ces fichiers comme une séquence jouée.
- **Les usages** !! internet ? archivage ? calcul scientifique ?

## ➤ Format BMP (BitMaP de Microsoft)

- Format brut ("raw") ou binaire
- Image NON compressée → gros fichiers
- De 2 à 16 millions de couleurs
- Papiers peints, icônes... de Windows (rapide mais gros)

## ➤ Format TIFF (Tagged Image File Format)

- Très "ouvert", permet différents formats, différentes options et compressions (différenciable par des "tags")... donc pas très standard
- Pixel 24 bits (16,7 millions de couleurs)
- Difficile pour un logiciel de supporter TOUS les TIFF

## ➤ Format GIF (Graphics Interchange Format)

- Image compressée avec algorithme LZW (Lempel-Ziv & Welch) sous licence Unisys (gratuit depuis 2003)
- Palette de couleur de maxi 256 couleurs
  - Petits fichiers → Utilisé pour les sites Internet
  - Peu adapté pour la photographie. Utilisé pour les dessins.
- Possibilité de transparences
- Possibilité d'empiler les images pour en faire un gif animé

## ➤ Format JPEG (Joint Photo Expert Group) Statut libre

- Nb couleurs 16 millions (vraies couleurs)
- Compression avec perte. Il est cependant possible de plus ou moins compresser les données. L'utilisateur peut faire varier le taux de compression de 1% (qualité la meilleure) à 99% (qualité la moins bonne).
- Transparence : Non
- Entrelaçage Supporté. La visualisation de l'image s'effectue d'abord à très faible qualité (faible encombrement) puis la qualité augmente au fur et à mesure des passages jusqu'à atteindre la qualité finale de l'image.
- Animation : Non
- Usages Adapté aux images "naturelles" avec des grands dégradés de couleurs.

## ➤ Format JPEG 2000

- Meilleure compression (ondelettes) au prix du téléchargement d'un plug-in
- Aquamarquage Il s'agit de la gestion du copyright. En effet, l'insertion d'image sur internet, pose le problème de la propriété intellectuelle, et du droit d'auteur. L'aquamarquage est invisible et non effaçable.
- Manipulations géométriques
- Résolution progressive : Coder l'image afin que la lecture soit dans le sens de la qualité croissante
- Méta données : L'idée est d'ajouter dans le header de l'image des informations complémentaires non prévues initialement comme par exemple l'auteur, le lieu ou les conditions d'acquisition.

