

# Traitement d'images

GL4

Sonia Bouzidi-Zouaoui

INSAT

## Objectif du cours

- Découvrir les méthodes et les outils de base du traitement des images.
- Comprendre les possibilités et les limites d'un système d'imagerie.
- Appréhender les applications actuelles du traitement des images.

## Plan du cours

- Introduction
- Analyse statistique des images - Prétraitements – Amélioration
- Filtrage Spectral
- Détection et suivi de contours
- Segmentation des images
- Opérations sur les images binaires
- Compression des images
- Chaîne complète de traitement d'images
- Reconnaissance des formes

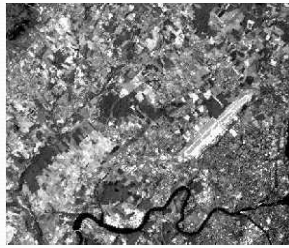
## Bibliographie

- *Digital Image Processing*  
R.C. Gonzalez et R.E. Woods  
Addison-Wesley Editors (1992)
- *Analyse d'images : Filtrage et segmentation*  
J.-P. Cocquerez et S. Philipp Masson (1995)
- *Les systèmes de vision*  
J.-M. Jolio Hermès – Traité IC2 (2001)
- *Vision par ordinateur: Outils fondamentaux*  
R. Horaud – O. Monga Hermès (2ème édition 1995)

# Introduction

## Quelles images?

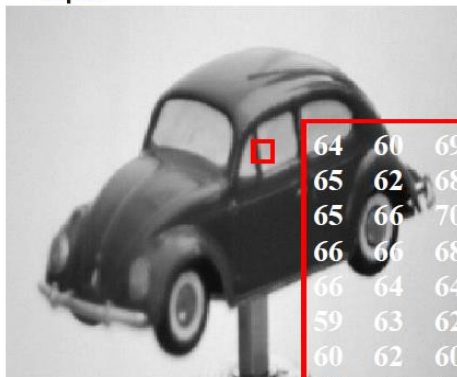
- L'espace, la terre
- L'homme, le monde cellulaire
- La télévision, la photographie, scanners
- La robotique, l'industrie



Traitement d'images

5

## Qu'est ce qu'une image?



Niveaux de gris - 8 bits:  
0 - noir  
255 - blanc

64	60	69	100	149	151	176	182	179
65	62	68	97	145	148	175	183	181
65	66	70	95	142	146	176	185	184
66	66	68	90	135	140	172	184	184
66	64	64	84	129	134	168	181	182
59	63	62	88	130	128	166	185	180
60	62	60	85	127	125	163	183	178
62	62	58	81	122	120	160	181	176
63	64	58	78	118	117	159	180	176

Traitement d'images

6

## Qu'est ce qu'une image?

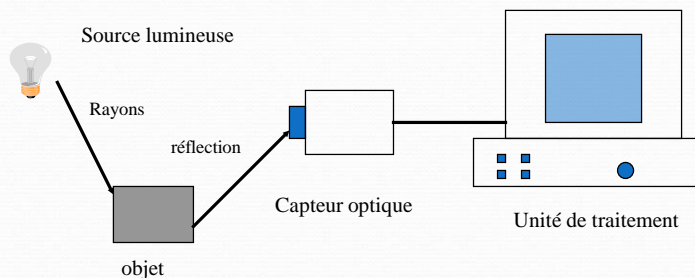
- Une image est avant tout un **signal 2D** (x,y)
- Souvent, cette image représente une **réalité 3D** (x,y,z)
- D'un point de vue **mathématique** :
  - Une image est une matrice de nombres représentant un signal
  - Plusieurs outils permettent de manipuler ce signal
- D'un point de vue **humain** :
  - Une image contient plusieurs informations sémantiques
  - Il faut interpréter le contenu au-delà de la valeur des nombres

Traitement d'images

7

## Vision par ordinateur

- Le système humain a été copié :
  - œil -> caméra
  - cônes et bâtonnets : capteur
  - cerveau: ordinateur



Traitement d'images

8

## Fonctions

- Acquérir, stocker, transmettre des images
- Améliorer
- Extraire des informations
- Comprimer
- Reconnaître des formes
- Classer ou localiser des objets
- Synthèse d'images

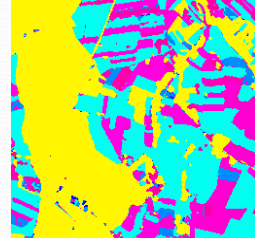
## Domaines

- Télédétection par satellite
- Médical (échographie, radiographie, .....robotique médicale)
- Contrôle de processus industriels/services
- Télé-surveillance, sécurité
- Jeux, création de films, éducation
- Télévision, diffusion d'images



# Applications en télédétection

- Cartographie:



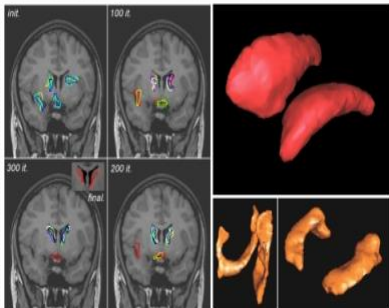
- Météo
- suivi de cultures
- détection de catastrophes naturelles

Traitement d'images

11

# Imagerie Médicale

- Suivi des formes anatomiques
- Comptage (nombre des cellules)



Traitement d'images

12

## Exemples d 'application

- Imagerie médicale:
  - Aide au diagnostic :
    - Simulation : utiliser les informations géométriques et fonctionnelles fournies par les images médicales 3-D pour construire le modèle d'un *patient virtuel*:
  - Contrôle: pendant une intervention chirurgicale, les images médicales du patient peuvent aider à contrôler l'intervention: superposer sur le patient lui-même, ou bien sur son image vidéo, des structures anatomiques ou pathologiques provenant d'images acquises avant ou pendant l'intervention ->permettre de confirmer la localisation d'un geste médical

Traitement d'images

13

## Exemples d 'application

- Robotique -Industrie:
  - Assemblage, reconnaissance des pièces
  - Contrôle de qualité: contrôle dimensionnel, recherche de défauts
  - véhicule autonome
  - guidage de robots

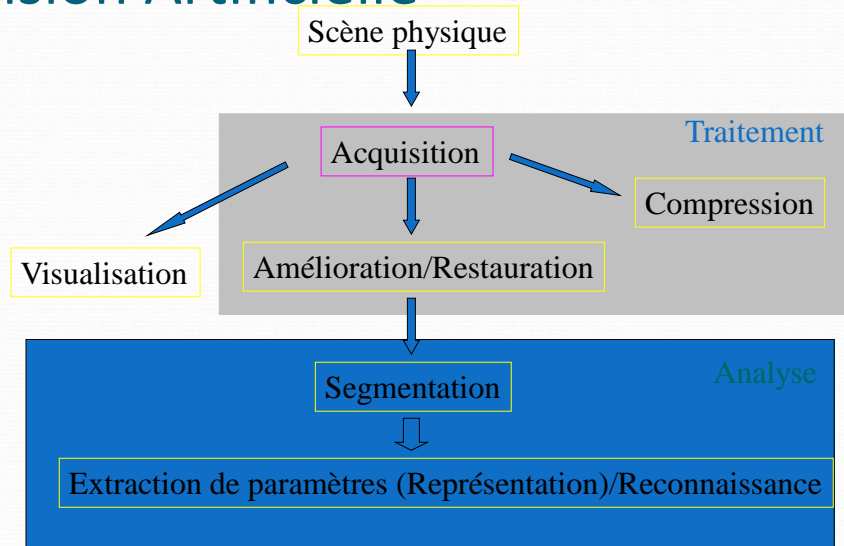


Traitement d'images



14

# Vision Artificielle



## Acquisition des images

- Système de traitement d'image:
  - Capteur
    - Caméra (ou autre) pour acquérir une image
  - Dispositif de numérisation
    - Nécessaire pour les images analogiques
    - Cartes d'acquisition, micro-densitomètre...
  - Systèmes de traitement
    - Ordinateur ou carte spécialisée
    - Bibliothèque de logiciels ou développement propres



## Capteur d'image

- Le rôle du capteur d'image est de transformer l'énergie lumineuse de chaque point de l'original en un signal électrique.
- Les différents éléments que l'on rencontre dans un capteur sont :
  - un dispositif d'éclairement de l'original
  - un dispositif optique pour former l'image de l'original sur l'élément photosensible
  - un système photosensible (capteur ponctuel, barrette, matrice)
  - un dispositif électronique et/ou mécanique permettant d'explorer toute l'image

## Trois principaux types d'images



Images en niveaux de gris  
 $I(x,y) \in [0..255]$



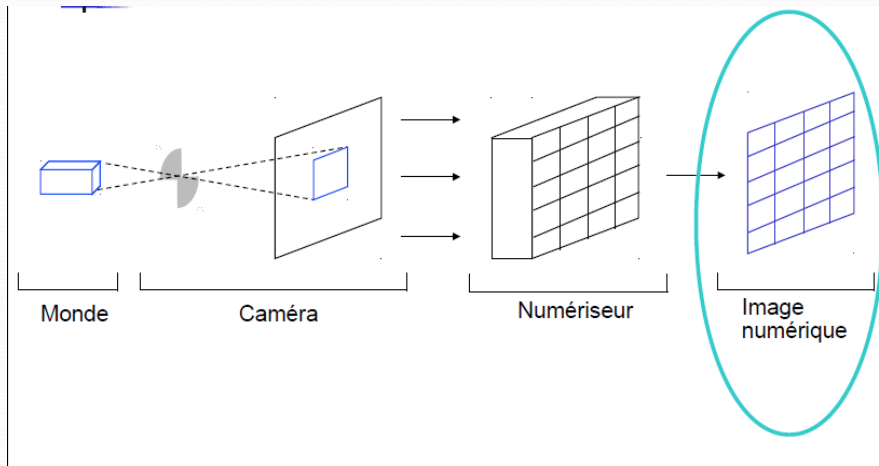
Images binaires  
 $I(x,y) \in \{0, 1\}$



Images couleurs  
 $I_R(x,y) \quad I_G(x,y) \quad I_B(x,y)$

*... et plus encore (image 3D, image réelle, ...)*

# Acquisition des images



Traitement d'images

19

## L'image est discrète

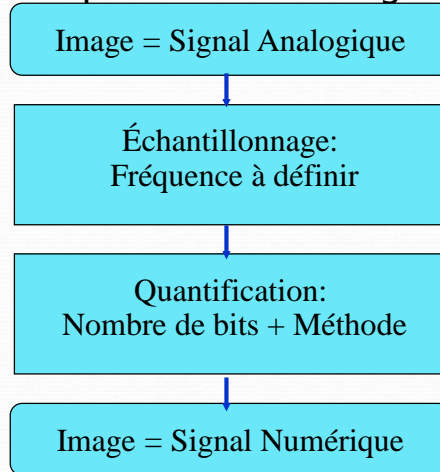
- La représentation informatique d'une image est nécessairement discrète alors que l'image est de nature continue
- Certains capteurs effectuent une discrétisation: c'est le cas des appareils photos numériques
- Pour passer d'un signal analogique →  
Discrétisation de l'espace : échantillonnage  
Discrétisation des couleurs : quantification

Traitement d'images

20

# Acquisition des images

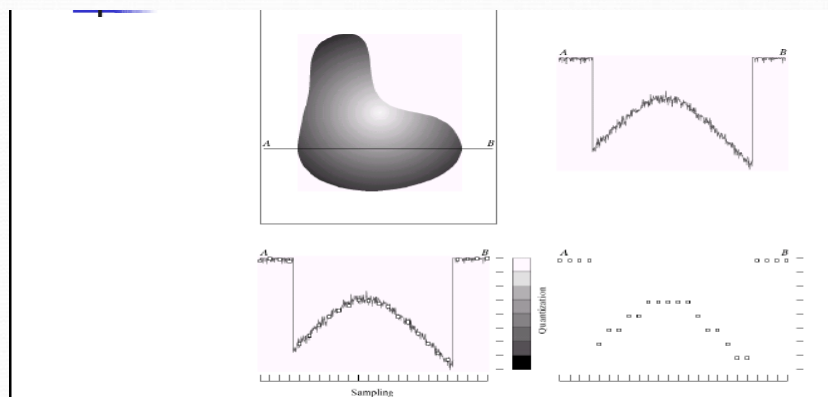
- Procédure d'acquisition d'une image numérique:



Traitement d'images

21

## Echantillonnage et quantification



**FIGURE 2.16** Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

Source : Gonzalez and Woods. *Digital Image Processing*. Prentice-Hall, 2002.

Traitement d'images

22

## Numérisation du signal

- Echantillonnage: discrétiser un signal analogique (des valeurs à des intervalles de temps réguliers)

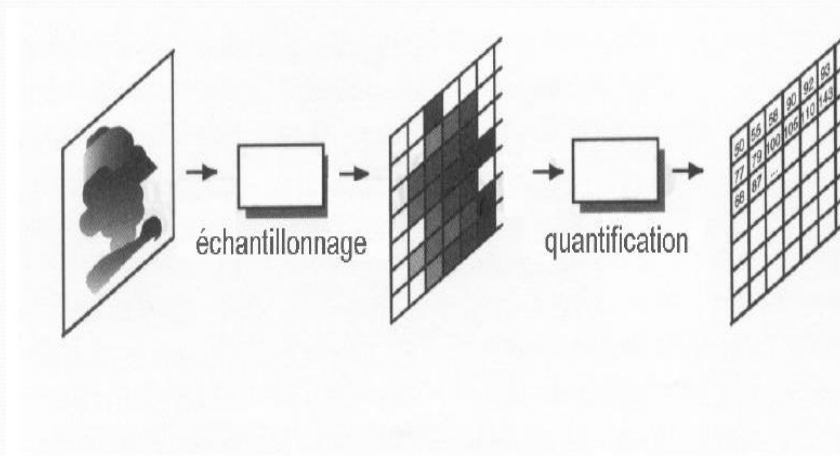
Le nombre de points constituant l'image

- quantification : le signal prend un nombre fini de valeurs

- correspond à la dynamique des capteurs
- correspond à la bande passante des signaux analogiques mis en jeu
- convient bien aux ordinateurs

Le nombre de couleurs constituant l'image

## Echantillonnage et quantification



## Représentation de l'image

- Matrice de dimension  $M \times N$
- Chaque élément à une valeur entière dans l'intervalle  $[L_{min}, L_{max}]$
- Le nombre de « bits » requis pour représenter les niveaux de gris dans l'intervalle « L » est « K »
- La relation entre « K » et « L » est :  $L = 2^K$
- Le nombre de bits pour entreposer une image est donc :  
 $b = M \times N \times K$

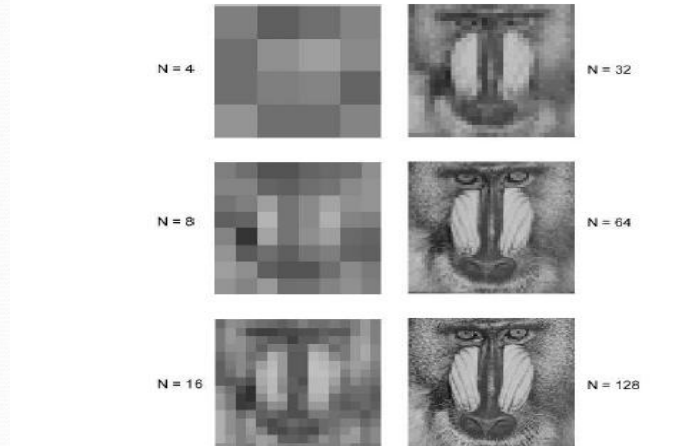
## Résolutions des images

- **Résolution spatiale**
  - Le plus petit détail discernable
- **Résolution tonale** (de tons de gris)
  - Le plus petit changement discernable
- Une image a donc une résolution spatiale de  $M \times N$  pixel et une résolution de tons de gris de  $K$  bits ou de  $L$  niveaux ou tons



# Échantillonnage et résolution

Définition de l'image: Nombre de pixels par ligne et par colonne

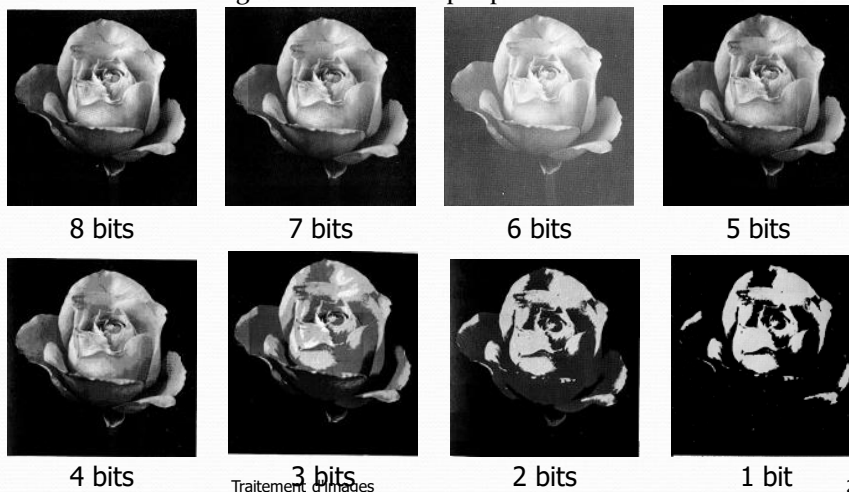


Traitement d'images

27

## quantification

- Résolution de l'image: Nombre de bit par pixels

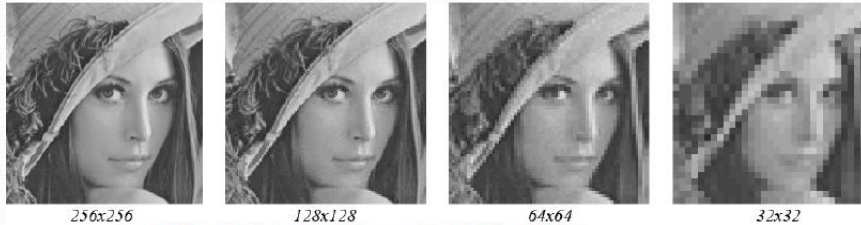


Traitement d'images

28

# Résolutions de l'image

## Résolution spatiale : échantillonnage



## Résolution tonale : quantification



Traitement d'images

29

# Formats de fichiers d'images

- Une image est un tableau de pixels :
- Les opérations de base concernant une image sont la lecture (fichier → mémoire)
- l'écriture (mémoire → fichier)
- Les informations nécessaires à la manipulation d'une image sont :
  - nombre de lignes,
  - nombre de colonnes,
  - format des pixels (bit, niveaux de gris, niveaux de couleurs),
  - compression éventuelle.

Traitement d'images

30

## Les images matricielles

- Les images matricielles sont naturellement plus adaptées pour effectuer des opérations de traitement d'images (e.g. un rehaussement de contours, i.e. toute modification locale).
- Une image matricielle ayant subi des dégradations minimales de ses données (mais pas de son en-tête) peut être plus facilement en partie récupérée.
- Une image matricielle a une résolution fixe qui, suivant le périphérique utilisé, sera considérée comme optimale ou pas. Elle supporte mal les opérations de réduction ( $\Rightarrow$  effets d'escaliers plus marqués) ou d'agrandissement ( $\Rightarrow$  perte de définition) car celles-ci génèrent une perte d'information.

## Les images vectorielles

- Les images vectorielles correspondent à une description géométrique sous forme de primitives élémentaires (carrés, rectangles, ellipses, cercles, courbes, etc.). À chaque primitive est associé un ensemble d'attributs (couleur, épaisseur du trait, type de trait, etc.).
- Les images vectorielles nécessitent moins d'espace mémoire, les données sont codées suivant leur typologie symbolique.
- Les images vectorielles se peuvent représenter des images complexes, de plus la décomposition en primitives élémentaires n'est pas toujours aisée.
- Une image vectorielle ayant subi la moindre dégradation de ses données (notamment de son en-tête) est souvent irréparable.

## Les images vectorielles

- Quelque soit la résolution du périphérique utilisé, une image vectorielle aura toujours la même apparence.
- Les images vectorielles sont naturellement adaptées pour effectuer des opérations de re-dimensionnement ou des opérations géométriques (e.g. translation, rotation, etc.).

## Les formats simples

- fichiers textes comportant une entête contenant les dimensions de l'image et le format des pixels.
- Exemples: les formats PBM (portable bitmap), PGM (portable grayscale map), PPM (portable pixmap)
- Les fichiers correspondants sont constitués des éléments suivants :
  - 1. Un "nombre magique" pour identifier les type du fichier : P1 ou P4 pour PBM (noir et blanc), P2 ou P5 pour PGM (niveau de gris) et P3 ou P6 pour PPM (couleur).
  - 2. Un caractère d'espacement (blanc, TABs, CRs, LFs).
  - 3. La largeur de l'image (valeur décimale, codée en ASCII) suivie d'un caractère d'espacement, la longueur de l'image (valeur décimale, ASCII) suivie d'un caractère d'espacement.



## Les formats simples (suite)

- 4. Uniquement pour PGM et PPM : l'intensité maximum (valeur décimale comprise entre 0 et 255, codée en ASCII) suivie d'un caractère d'espacement.
- 5. Largeur x hauteur nombres. Ces nombres sont :
  - soit des valeurs décimales codées en ASCII et séparées par des espacements dans le cas des formats P1, P2, P3,
  - soit directement les valeurs binaires sur 1 ou 2 octets dans le cas des formats P4, P5, P6. Dans ce cas, il n'y pas de caractères d'espacement entre les valeurs

## Exemple

```
P3
# feep.ppm
4 4
15
0 4 3 0 15 12 15 15 0 0 0 13
0 4 3 15 7 0 15 12 12 0 0 12
0 15 0 7 0 15 0 7 0 15 0 7
15 15 0 0 15 15 0 0 15 15 0 0
```

*Fichier PPM d'une image 4x4. Les valeurs d'intensité codées en ASCII sont au maximum de 15*



## BMP (BitMaP)

- Une image bitmap (ou image en mode point) est une représentation sous forme d'une matrice de bits. Le mode BMP est bien adapté pour coder des images complexes.
- A chaque pixel de l'image correspond un groupe de bits du bitmaps. Il supporte un code de couleurs jusqu'à 24 bits par pixel (16.7 M).

## GIF (Graphics Interchange Format)

- Son faible volume est dû: d'une part à la compression systématique (LZW), d'autre part au codage de la couleur sur 8 bits/pixel.
- Ce format ne gère donc que 256 couleurs ou niveaux de gris, on parle alors de couleurs indexées.
- Le format GIF est assez bien adaptée aux images graphiques tels que les logos, qui ne nécessitent pas une palette de couleurs très étendue.

## TIFF (Tagged Image File Format)

- Ce format permet une représentation matricielle en vraies couleurs (16 millions en RGB, YCrCb, CMYK, CIELab).
- Ce format support de nombreuses informations additionnelles sur les couleurs, utiles pour le calibrage couleur (e.g. correction gamma).



## JPEG (Joint Photographic Expert Group)

- Le format JPEG a été mis au point pour répondre au besoin de compression pour les images photographiques de haute qualité.
- Le format JPEG est un des formats les plus utilisés sur Internet.
- Ce format permet une représentation en vraies couleurs (16 millions).
- Une image JPEG visualisée avec 256 couleurs sera de moins bonne qualité qu'une image GIF

## JPEG2000

- Le format JPEG 2000 permet de dégrader les régions les moins stratégiques de l'image tout en gardant intact certaines zones présélectionnées.
- Le format JPEG 2000 est basé sur la décomposition multi-échelle en ondelettes qui permet une compression plus importante tout en préservant la qualité de l'image (la perte de qualité est imperceptible à l'oeil nu).

## PNG (Portable Network Graphics)

- Ce format est l'émanation de recommandations du consortium W3 (1996), il est donc recommandé de l'utiliser, il n'est cependant pas reconnu par les navigateurs d'ancienne génération.
- Le format PNG étant récent, son principal inconvénient est d'être inconnu de la plupart des logiciels.

## EPS (Encapsulated PostScript)

- Ce format utilise le langage *postscript* qui est un langage de description de page (textes, images, etc.).
- Chaque fichier EPS vectoriel contient une représentation matricielle en basse résolution (TIFF ou PICT) et peut ainsi être visualisé.
- Tout fichier EPS vectoriel est verrouillé (ne peut donc être modifié), seul un document Illustrator exporté en EPS vectoriel peut être ré-ouvert dans ce même logiciel et être modifié.
- Adobe Photoshop peut modifier le contenu d'un fichier EPS vectoriel mais il le transforme au préalable en EPS matriciel.
- Il peut coder la couleur sur 8, 16, 24 ou 32 bits.

## PSD

- C'est un format natif au logiciel *Adobe Photoshop* mais, vu la grande diffusion des produits Adobe dans le domaine de l'image, le PSD est reconnu par plusieurs logiciels de traitement d'images.
- C'est surtout un format de travail, car il permet de conserver les calques, les masques et les couches de transparence.
- Il peut coder la couleur sur 8, 16, 24 ou 32 bits.

## Synthese

Format	Bitmap / vectoriel	Compression des données	Nombre de couleurs supportées
BMP	Bitmap	Non	16 millions
GIF	Bitmap	Oui (sans perte)	256 (palette)
TIFF	Bitmap	Oui (sans perte) ou non (au choix)	16 millions
JPG / JPEG2000	Bitmap	Oui, réglable (avec perte) / Oui, sans perte	16 millions
PNG	Bitmap	Oui (sans perte)	De 256 (palette) jusqu'à 16 millions (et +)
EPS	Vectoriel	Non	De 256 (palette) jusqu'à 16 millions (et +)
PSD	Bitmap	Non	De 256 (palette) jusqu'à 16 millions (et +)