

Chapitre 1

Généralités sur les images numériques

1.1. Introduction

L'image numérique est partout . Elle est utilisée dans divers disciplines scientifiques comme la médecine, l'architecture...etc. C'est pour cette raison que de nombreux chercheurs s'intéressent au domaine du traitement d'image.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les images numériques d'une manière générale. Nous nous intéresseront au processus de numérisation, au codage des images numériques et enfin à quelques aspects du traitement d'image, tels que le filtrage, la compression et le tatouage.

1.2. Définition d'une image réelle

Une image est avant tout un signal 2D. Souvent, cette image représente une scène 3D. autrement dit qu'une image est une surface bidimensionnel, dont chaque point de la surface absorbe la lumière selon une longueur d'onde particulière [One, Ziv77].

1.3. Image numérique

Une image numérique est une image dont le domaine spatial et la luminosité ont été discrétisés. On peut la représenter par une matrice 2D pour une image monochrome et par une matrice 3D pour une image couleur (figure 1.1). Elle est constituée de nombreux petits points appelés pixels. Pour chaque élément, on attribue une intensité lumineuse. La qualité de l'image dépend d'une part du nombre de pixels et d'autre part du nombre de valeurs possibles pour l'intensité [Ziv78, Web1].

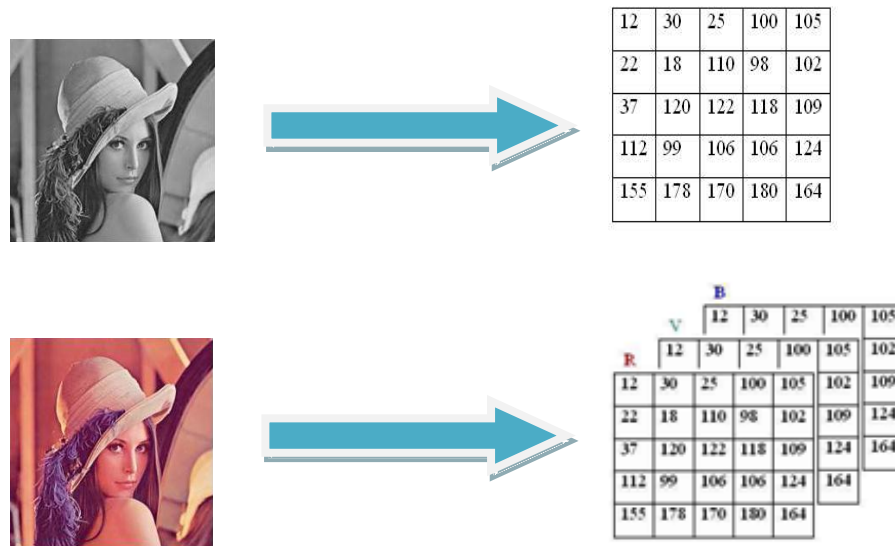


Figure 1.1 : Représentation sous forme matricielle des images numériques.

1.4. Numérisation de l'image

La numérisation est le processus qui permet de passer de l'état d'image physique (image optique par exemple) qui est caractérisée par l'aspect continu du signal qu'elle représente (une infinité de valeur dans l'intensité lumineuse par exemple), à l'état d'image numérique qui est caractérisée par l'aspect discret (l'intensité lumineuse ne peut prendre que des valeurs quantifiées en un nombre fini de points distincts). c'est cette forme numérique qui permet une exploitation ultérieure par des outils logiciels sur ordinateur. Le processus de numérisation est représenté dans la figure 1.2.



Figure 1.2 : Processus de numérisation d'une image.

1.4.1. Echantillonnage

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 valeur $I(x,y)$ (figure 1.3). On parle de sous échantillonnage lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on diminue le nombre des pixels [Web2].

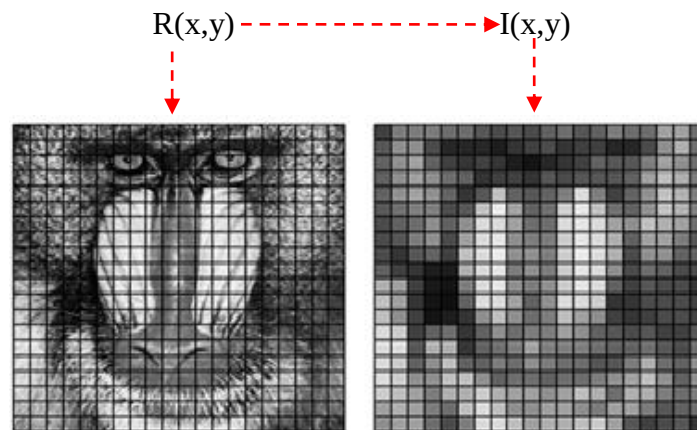


Figure 1.3 : Principe d'échantillonnage.

1.4.2. Quantification

La quantification consiste à remplacer un nombre infini de valeurs que le $I(x,y)$ peut prendre par un nombre fini (niveau de quantification); elle remplace la valeur exacte de l'image par une valeur approchée. Elle peut également faire apparaître des distorsions dans les images [Web3].

1.4.3. Codage

Les niveaux de quantification sont codés sous la forme d'un mot binaire sur k bits $\Rightarrow 2^k$ niveaux possibles [Sun].

1.4.3.1. Codage d'une image binaire

On code chaque pixel sur 1 bit (0 ou 1) permettant de définir deux couleurs : noir ou blanc. Le 0 pour le noir, et le 1 pour le blanc. L'image de 1000 pixels par exemple occupe donc 1000 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 [Lou].

1.4.3.2. Codage en niveaux de gris

Une image en niveaux de gris autorise un dégradé de gris entre le noir et le blanc. En général, on code le niveau de gris sur un octet (8 bits) soit 256 nuances de dégradé [Kar].

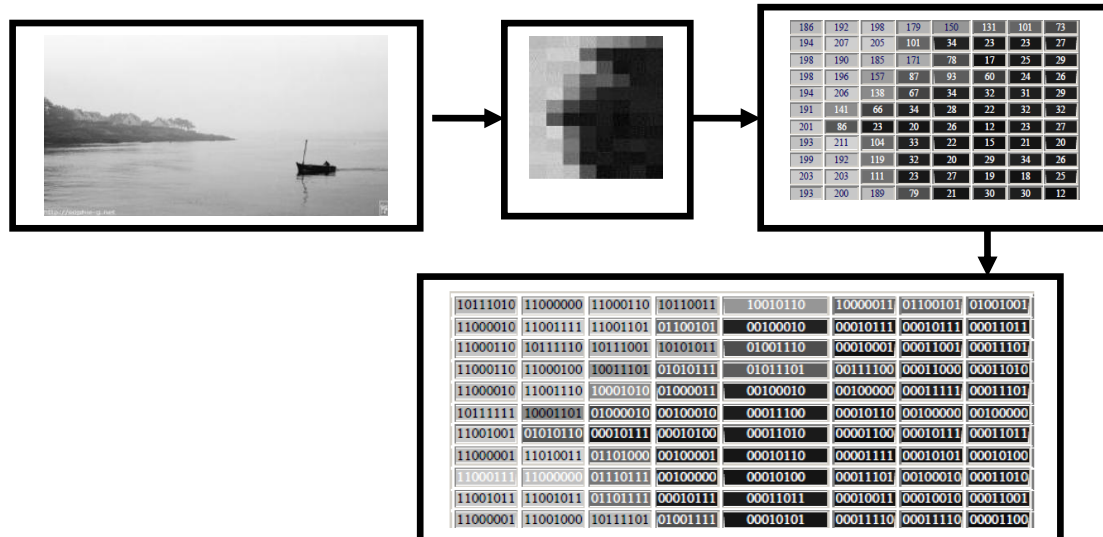


Figure 1.4 : Codage des pixels en niveaux de gris.

1.4.3.3. Codage d'une image couleur

On peut attribuer 3 valeurs à chaque pixel : Rouge (de 0 à 255), Vert (de 0 à 255) et Bleu (de 0 à 255). Chaque couleur est codée sur 1 octet = 8 bits. Chaque pixel sur 3 octets c'est à dire 24 bit. On peut obtenir une couleur quelconque par addition de ces trois couleurs primaires en proportions convenables. On obtient ainsi $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ (plus de 16 millions de couleurs différentes) [kat].

1.5. Types d'images numériques

Il existe deux sortes d'images numériques : les images matricielles et les images vectorielles.

1.5.1. Image vectorielle

Les données sont représentées par des formes géométriques simples qui sont décrites d'un point de vue mathématique. Par exemple, un cercle est décrit par une information du type (cercle, position du centre, rayon). Ces images sont essentiellement utilisées pour réaliser des schémas ou des plans. Les logiciels de dessin industriel fonctionnent suivant ce principe. Les principaux logiciels de traitement de texte ou de PAO (publication assistée par ordinateur) proposent également de tels outils. Ces images présentent deux avantages :

- Elles occupent peu de place en mémoire.
- Elles peuvent être redimensionnées sans perte d'information et sans effet d'escalier [Sei]

1.5.2. Image matricielle

L'image matricielle ou « image en mode point », ou en anglais une « bitmap ») est une image numérique dont les données sont stockées dans une matrice de points appelés « pixels ». Les images matricielles sont créées pour les imprimantes, scanners, appareils photographiques et certains logiciels d'infographie comme Photoshop [Sei, Rey].

Ces images présentent les avantages suivants :

- Les images bitmap autorisent la qualité photographique.
- Elles sont directement affichables par l'ordinateur qui affiche des points.

Les Inconvénients des images bitmap :

- Leur taille est encombrante.
- L'agrandissement provoque un effet de distorsion : l'apparition des pixels (pixellisation).

1.6. Caractéristiques de l'image numérique

Une image matricielle est caractérisée notamment par sa définition, sa résolution, son codage ou profondeur de couleur exprimé en bit par pixel (bpp) et son mode colorimétrique (RGB : Red Green Blue).

1.6.1. Définition

On appelle définition le nombre de points (pixels) constituant une image: c'est le nombre de colonnes de l'image que multiplie son nombre de lignes.

1.6.2. Résolution

C'est le nombre de points contenu dans une surface précise (en pouce). Elle est exprimée en points par pouce (PPP, en anglais: DPI pour Dots Per Inch). Un pouce mesure 2.54 cm [Dug].

- **Résolution spatiale** : due à l'échantillonnage

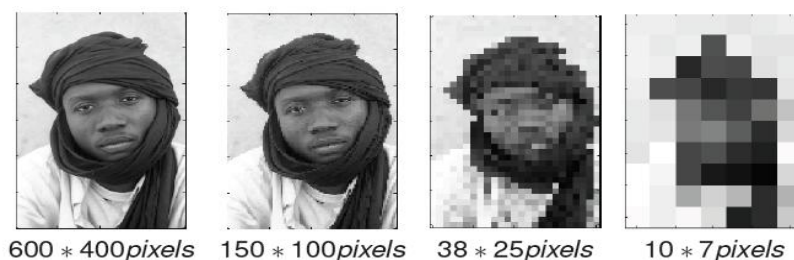


Figure 1.5 : Résolution spatiale.

➤ **Résolution tonale** (de tons de gris) : due à la quantification



Figure 1.6 : Résolution tonale.

1.6.3. Profondeur de couleur

Une image numérique utilise plus ou moins de mémoire selon le codage des informations de couleur qu'elle possède. C'est ce que l'on nomme le codage de couleurs ou profondeur des couleurs, exprimé en bit par pixel (bpp): 1, 4, 8, 16 bits... En connaissant le nombre de pixels d'une image et la mémoire nécessaire à l'affichage d'un pixel, il est possible de définir exactement le poids que va utiliser le fichier image sur le disque dur (ou l'espace mémoire requis en RAM pour réaliser un calcul sur cette image) [Dug].

$$\text{Poids (octet)} = \text{nombre de pixels total} * \text{codage couleur (octet)}$$

1.6.4. Représentation des couleurs

1.6.4.1. Images couleurs

Ces images sont en général codées en utilisant le codage des trois couleurs fondamentales (rouge, vert, bleu), on parle alors d'images RVB. (Cela correspond au codage des téléviseurs couleur Français). Ce sont donc des images tri-modales. Chaque couleur est codée sous forme d'un octet, d'où :

- composante rouge, intensité de 0 à 255.
- composante verte, intensité de 0 à 255.
- composante bleu, intensité de 0 à 255.

On code ainsi $2^{24} = 16777216$ couleurs différentes.

Pour le modèle RVB, chaque couleur apparaît dans ses composantes spectrales primaires de rouge, vert et bleu. Ce modèle est basé sur un système de coordonnées cartésiennes. L'espace couler est un cube dans lequel les couleurs rouge, vert et bleu occupent

trois coins, les couleurs cyan, magenta et jaunes occupent trois autres coins, le noir est l'origine et le blanc occupe le coin le plus loin de l'origine. Dans ce modèle, le niveau de gris s'étend du noir au blanc tout au long de la ligne qui relie ces deux points et les couleurs sont définies par des vecteurs à trois composantes [Ber].



Image originale



composante R



composante V



composante B

Figure 1.7 : Représentation d'une image couleur.

1.6.4.2. Modèle RVB

L'image est obtenue par superposition de trois rayonnements lumineux : le rouge (R), le vert (V) et le bleu (B). Une image RVB est composée de la somme (La synthèse additive) de trois rayonnements lumineux rouge, vert, et bleu dont les faisceaux sont superposés. A

l'intensité maximale ils produisent une lumière blanche et l'absence de lumière ($R=V=B=0$) donne le noir. Ce mode est utilisé pour représenter les couleurs sur écran, projecteurs cinéma, vidéo et éclairages colorés. Les couleurs secondaires sont définies par addition de deux couleurs primaires:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Rouge} + \text{Vert} = \text{Jaune} \\ \text{Vert} + \text{Bleu} = \text{Cyan} \\ \text{Bleu} + \text{Rouge} = \text{Magenta} \end{array} \right.$$

Les autres couleurs sont obtenues en faisant varier les intensités respectives des 3 couleurs primaires [Sei].

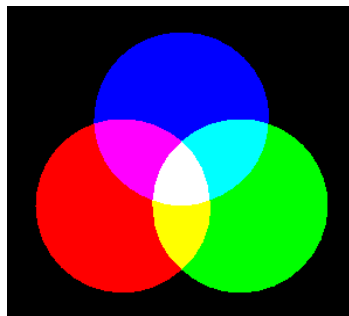


Figure 1.8 : Représentation des couleurs en modèle RGB.

1.6.4.3. Modèle CMJN

C'est la construction des couleurs à partir de pigments colorés. Plus on ajoute de pigments colorés, plus la lumière est absorbée et la couleur obtenue est sombre. Les trois couleurs primaires de la synthèse soustractive sont le Cyan (C), le Magenta (M) et le Jaune (J). Chacune absorbe une des couleurs primaires de la lumière : Le Cyan absorbe le Rouge, le Magenta absorbe le Vert et Le Jaune absorbe le Bleu.

L'absence de pigment donne le blanc. La somme des 3 primaires $C+M+J$ donne le noir.

En pratique, il est difficile de trouver trois matériaux qui absorbent à eux trois toutes les longueurs d'onde visibles. On rajoute donc un pigment noir, d'où le système CMJN. Ce mode est utilisé pour représenter les couleurs peinture, imprimantes, et reprographie [Sei].



Figure 1.9 : Représentation des couleurs en modèle CMJN.

1.7. Format des images sur disque

Un format d'image est une représentation informatique de l'image, associée à des informations sur la façon dont l'image est codée et fournissant éventuellement des indications sur la manière de la décoder et de la manipuler.

1.7.1. Principaux formats de fichiers non compressés

Ces formats de fichiers utilisent en général beaucoup de mémoire. De part leur poids élevé, ils ne sont pas adaptés pour le web mais doivent être utilisés lorsqu'on a besoin de préserver la totalité des informations d'une image pour retravailler dessus par exemple.

- **BMP (bitmap format) :** il permet d'enregistrer des images bitmap en 1, 4, 8 ou 24 bits en mode RVB. Il gère également les palettes pour les couleurs en mode indexées.
- **TIF (tagged image format):** il permet de stocker des images de haute qualité en noir et blanc, couleurs RVB, CMJN jusqu'à 32 bits par pixel. Il supporte aussi les images indexées faisant usage d'une palette de couleurs, les calques et les couches alpha (transparence).

1.7.2. Principaux formats de fichier compressés

Ce sont les formats de fichiers qui permettent, selon un algorithme particulier, de gagner plus ou moins de mémoire en supprimant certaines informations peu ou non perceptibles par l'œil humain. Ils sont particulièrement adaptés à l'internet, mais ne doivent pas être utilisés lors d'un travail de création sous Photoshop car chaque nouvel enregistrement détériore un peu plus le fichier. On les utilisera donc pour exporter des images destinées à la visualisation sur internet ou l'archivage.

- **JPEG (Joint Photograph Experts Group):** Norme de compression pour les images fixes.
Elle donne la possibilité de sélectionner le taux de compression en fonction du niveau

de restitution recherché (qualité réglables sur une échelle de 0 à 12). Elle supprime les informations redondantes et les détails fins. Fonctionne en 8 bits/pixel en RVB ou CMJN.

- **GIF (Graphic Information Format)** : C'est un format léger qui peut également contenir des animations. Une image GIF ne peut contenir que 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ou 256 couleurs parmi 16.8 millions dans sa palette en mode RVB. Elle supporte également une couleur de transparence.
- **PNG (Portable Network Graphics)**: Ce format permet de stocker des images en noir et blanc (jusqu'à 16 bits par pixels), en couleurs réelles (True color, jusqu'à 48 bits par pixels) ainsi que des images indexées [Dug].

1.8. Filtrage des images

On désigne par traitement d'images numériques, l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique dans le but de l'améliorer ou d'en extraire des informations. Dans ce contexte, on peut citer le filtrage. Ce dernier est une opération fondamentale en traitement d'images. Il permet d'améliorer la perception de certains détails, de réduire le bruit, de compenser certains défauts de capteur...etc. [Sud].

- **Filtres linéaires** : Le filtrage linéaire (par opposition au filtrage dit adaptatif) d'image est réalisé au moyen de produits de convolution. En fonction du filtre utilisé, on pourra obtenir différents effets visuels. On classe habituellement les filtres linéaires en deux familles :
 - les filtres lisseurs ou passe-bas qui suppriment les contours hautes fréquences. Ces filtres ont tendance à rendre l'image floue.
 - les filtres détecteurs de contours ou passe-haut qui eux, accentuent les composantes hautes fréquences.
- **Filtres non linéaires** : Nous avons vu précédemment le principe des filtres linéaires utilisant la convolution qui étaient assez simples à mettre en œuvre. Les filtres non linéaires sont un peu plus complexes. On peut citer trois types de filtrages non linéaires : le filtrage d'ordre, la morphologie mathématique et le filtrage adaptatif [Arn].

1.9. Conclusion

Nous avons essayé dans cette section de donner quelques notions de base concernant les images numériques (caractéristique, codage, numérisation, ...) afin de comprendre l'ensemble des techniques qui permettent par un traitement de modifier une image. Parmi ces techniques.