

Chapitre 1

Introduction aux images numériques

Sommaire :

2.	Les images numériques et le système visuel humain(SVH)	4
3.	Image numérique.....	4
4.	Numérisation des images.....	5
5.	Codage des images numériques.....	6
6.	Représentation de la couleur.....	8
7.	Formats d'images.....	9
8.	Applications mathématiques pour le traitement d'image.....	12

1. Introduction

Récemment, l'amélioration sans cesse du facteur puissance/coût des systèmes d'acquisition d'images a permis un formidable essor de l'utilisation de l'image numérique. Cette dernière est utilisée dans divers disciplines scientifiques, comme les disciplines biomédicales, le biologiste et le médecin peuvent en effet être amenés quotidiennement à créer, visualiser, échanger et archiver des images, et à les insérer dans des rapports , il a été également constaté qu'ils peuvent en extraire des mesures, d'une façon moins subjective que par la simple perception visuelle, et que la puissance de calcul des systèmes informatiques peut leur fournir, par le traitement automatique de grandes séries d'images, des données pertinentes et statistiquement significatives qui leur seraient inaccessibles directement, ces nouvelles situations nécessitent l'utilisation des méthodes de traitement et d'analyse d'images.

Le traitement et l'analyse d'images trouvent leurs applications dans des domaines extrêmement variés de l'industrie et de la recherche, ces méthodes sont utilisées dans de nombreuses disciplines scientifiques, citons en particulier les sciences des matériaux (matériaux pour l'électronique, etc.), les sciences de la terre, la géographie (dont la cartographie et la géomorphologie), la robotique (pour le tri et la vérification de pièces électroniques) ou bien encore dans des domaines aussi variés tels que ceux qui ont trait à l'astronomie, l'identification, la pharmacologie. [1]

L'objectif de ce chapitre est d'introduire le domaine des images numériques, nous découvrons ce domaine depuis la phase d'acquisition, numérisation, représentation des couleurs, jusqu'au quelques méthodes mathématiques pour le traitement d'image.

2. Les images numériques et le système visuel humain(SVH)

L'information visuelle est reçue par l'œil puis transmise au cerveau après différents traitements préliminaires réalisés par la rétine, les traitements de plus haut niveau sont réalisés dans le cerveau au niveau des aires visuelles que l'on trouve dans la partie arrière. Des deux hémisphères cérébraux, les zones corticales dédiées au traitement de l'information visuelle occupent une place importante, de plus, les connexions avec les autres aires du cerveau font du système visuel un ensemble très complexe. Les traitements rétiniens puis après transmission de l'information via le nerf optique, les traitements effectués par la première aire du cortex visuel primaire. [2]

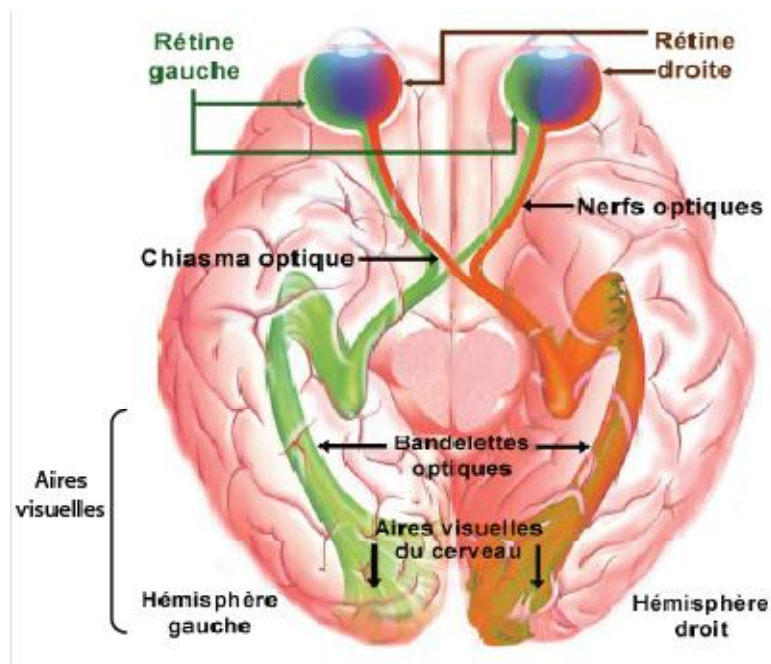


Figure 1.1 Schéma globale du système visuel humain [2]

3. Image numérique

Le terme d'image numérique désigne, dans son sens le plus général, toute image qui a été acquise, traitée et sauvegardée sous une forme codée représentable par des nombres (valeurs numériques) ,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. [3]

4. Numérisation des images

Le passage à une représentation numérique se fait en réalisant une discrétisation des coordonnées spatiale de ce signal dans les deux dimensions de l'image (donnant la définition de l'image), et une discrétisation du signal par un échantillonnage (quantification) codé numériquement avec une certaine précision (nombres codés sur un certain nombre de bits).

L'image est donc constituée par un ensemble régulier d'éléments appelés « pixels » (contraction du terme anglo-saxon « picture elements ») et est elle-même généralement appelée image « bitmap » (contraction du terme anglo-saxon « bits mapped »). [3]

La représentation la plus courante est celle d'une trame régulière de points selon deux axes orthogonaux qui forment une représentation sous forme de matrice, comme la figure suivante.

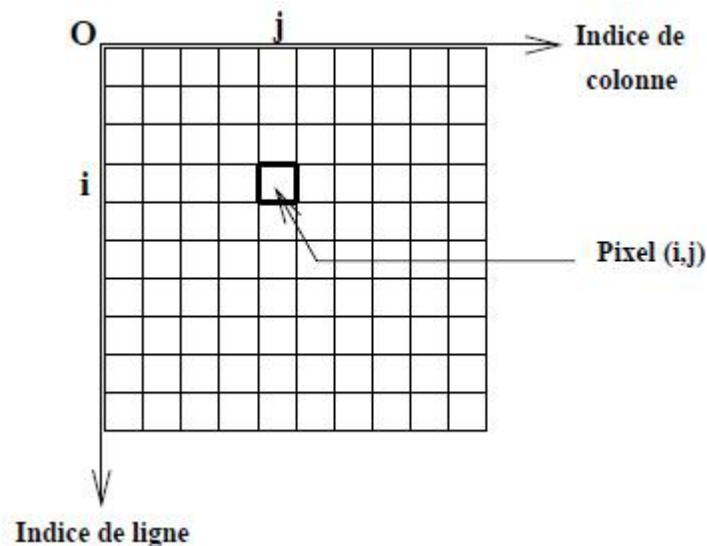


Figure 1.2 Représentation d'une image sous forme matricielle [4]

4.1. Les étapes de numérisation d'une image

La numérisation d'une image suit les étapes définies suivant :

4.1.1. Échantillonnage : 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 $I(x, y)$. [5] On parle de sous-échantillonnage lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on diminue le nombre d'échantillons.

4.1.2. Quantification : La quantification détermine la qualité de l'échantillonnage du signal, celui-ci se mesure en nombre de bits par pixel de l'image (bpp), la précision du rendu colorimétrique de l'image dépend du nombre de niveaux du signal pouvant être codés pour chaque pixel, les valeurs les plus courantes sont 8 bits/pixel pour les images en niveaux de gris (256 niveaux de gris) et 24 bits/pixels, c'est à dire 8 bits par composantes primaires, pour les images en couleur (plus de 16 millions de couleurs distinctes). [3]

4.1.3. Codage : selon des règles définissant à la fois la topographie et la valeur de chaque pixel.

5. Codage des images numériques

5.1. 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), Ce type de codage peut convenir pour un plan ou un texte mais on voit ses limites lorsqu'il s'agit d'une photographie.



Figure 1.3 Image codée en noir et blanc.

5.2. Codage d'une image en niveaux de gris

Si on code chaque pixel sur 2 bits on aura 4 possibilités (noir, gris foncé, gris clair, blanc). L'image codée sera très peu nuancée.

En général on code chaque pixel sur 8 bits = 1 octet. On a alors 256 possibilités (on dit 256 niveaux de gris).



Figure 1.4 Image codée en niveaux de gris.

5.3. Codage d'une image en couleurs 24 bits

Il existe plusieurs modes de codage de la couleur. Le plus utilisé est le codage Rouge, Vert, Bleu (RVB). Chaque couleur est codée sur 1 octet = 8 bits.

Chaque pixel sur 3 octets c'est à dire 24 bits : le rouge de 0 à 255, le vert de 0 à 255, le Bleu de 0 à 255.

Le principe repose sur la synthèse additive des couleurs. On peut obtenir une couleur quelconque par addition de ces 3 couleurs primaires en proportions convenables. On obtient ainsi $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ (plus de 16 millions de couleurs différentes).



Figure 1.5 Image codée en couleurs 24 bits.

C'est ce codage de la couleur qui est utilisé par la plupart des écrans d'ordinateurs actuellement, on constate qu'il est très gourmand en mémoire, pour faciliter le stockage des images en mémoire on utilise d'autres formes de codage (couleurs 8 bits).

5.4. Codage d'une image en couleurs 8 bits

Dans ce cas on attache une palette de 256 couleurs à l'image, ces 256 couleurs sont choisies parmi les 16 millions de couleurs de la palette RVB. Pour chaque image le programme recherche les 256 couleurs les plus pertinentes, chaque code (de 0 à 255) désigne une couleur .L'image occupe 3 fois moins de place en mémoire qu'avec un codage 24 bits. L'image est moins nuancée, sa qualité est bonne mais moindre. [6]

6. Représentation de la couleur

L'espace des couleurs primaires RVB est calqué sur notre perception visuelle. Il utilise trois couleurs de base : le rouge ($\gamma = 700\text{nm}$), le vert ($\gamma = 546\text{nm}$) et le bleu ($\gamma = 435,8\text{nm}$), ou est la longueur de l'onde.

6.1. La synthèse additive de la lumière, ou le mode RVB

L'image est obtenue par superposition de trois rayonnements lumineux : le rouge (R), le vert (V) et le bleu (B). Dans le cas d'un écran cathodique, ces 3 rayonnements sont obtenus en bombardant les luminophores photosensibles de l'écran.

Une image RVB est composée de la somme de trois rayonnements lumineux rouge, vert, et bleu dont les faisceaux sont superposés. a l'intensité maximale ils produisent un rai de lumière blanche, à l'extinction une zone aussi noire que l'éclairage ambiant le permet.



Figure 1.6 la représentation de la synthèse additive. [6]

6.2. La synthèse soustractive de la lumière, ou le mode CMJN

Les couleurs sont obtenues par mélange des pigments colorés. Lorsqu'ils sont éclairés par de la lumière blanche, les pigments absorbent une partie de la lumière qu'ils reçoivent ce qui les fait apparaître colorés. Les trois couleurs "primaires" sont le cyan (C), le magenta (M) et le jaune (J). Les autres sont obtenues par mélange. [6]

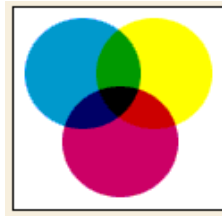


Figure 1.7 la représentation de la synthèse soustractive. [6]

7. Formats d'images

Pour enregistrer sous une forme numérique une image, il faut pouvoir décomposer cette image en points et associer à chaque point des données numériques permettant de caractériser son emplacement, sa couleur et sa luminosité, on peut utiliser un très grand nombre de modèles mathématiques différents pour réaliser cette opération. [7] Ce sont autant de différents formats de fichiers que l'on reconnaît à l'extension qui suit le nom de fichier.

7.1. Les formats d'image matricielle

Une image matricielle est formée d'un tableau de points ou pixels. Plus la densité des points sont élevée, plus le nombre d'informations est grand et plus la résolution de l'image est élevée, Corrélativement la place occupée en mémoire et la durée de traitement seront d'autant plus grandes. Rappelons-nous :

7.1.1. JPEG : Le format **JPEG** (norme ISO 10918-1) pour Joint Photographic Experts Group a pour lui sa très bonne compression mais bien entendu celle-ci est quelque peu destructrice et partant l'utilisation d'un tel format nécessite des réglages minutieux. C'est un format dit avec perte, plus la compression est élevée plus la qualité de l'image en pâtit, Par ailleurs le JPEG ne gère ni la transparence, ni l'animation.

7.1.2. GIF : Le format **GIF** pour Graphical Interchange permet une compression sans perte et supporte tant l'animation (depuis le GIF87a) que la transparence.

Quelques problèmes juridiques avec la société Unisys détenant un brevet sur le LZW (Ziv-Welch « Technique de compression d'image »). et donc revendiquant des royalties sur le GIF ont favorisés le développement de nouveau format à l'instar du PNG. Ces brevets ont aujourd'hui expiré faisant tomber le GIF dans le domaine public.

7.1.3. PNG et MNG : le PNG pour Portable Network Graphic (ISO 15948) a été développé par le W3C « World Wide Web » pour remplacer le GIF. Il surpasse ce dernier en ce qu'il n'est notamment pas limité à 256 couleurs. De même, le format est ouvert et permet une bonne compression sans perte. Le PNG gère la transparence ainsi

que la transparence (canal alpha déterminant un niveau de transparence) sans problème. Son utilisation est recommandée à l'instar du GIF pour les petits logos ou les vignette. Côté photo, s'il permet une compression sans perte, le poids de la photo n'est pas compétitif avec les formats JPEG. Précisons que le PNG ne gère pas l'animation mais un format dérivé, le MNG, y est destiné. Ces formats ne sont pas encore démocratisés, et le MNG notamment nécessite l'adjonction de plugins.

7.1.4. TIFF : Le **TIFF** pour Tagged Image File « dans le domaine public » supporte différents types de compression autant avec que sans perte de données. Le TIFF gère également la transparence, même si le poids important des fichiers produits en rend l'utilisation difficile sur Internet, En pratique ce format est populaire pour le traitement et la retouche d'image numérique.

7.1.5. BMP : Le **BMP** de Microsoft (pour Bitmap) est un format ouvert et non compressé. Sa taille rédhibitoire rend son utilisation en ligne difficile, mais sa grande compatibilité en fait un format de travail efficace. En BMP la couleur est codé en RVB (synthèse additive), le format lui-même supportant tant la palette 256 couleurs que le « true color ».

7.1.6. PSD : Le format PSD pour Photoshop document (Adobe) est pour sa part très complet mais la taille des fichiers produits rend son utilisation en ligne difficile. Il est donc limité à la retouche d'image et au développement. [8]

Format	Compression des données	Nombre de couleurs	Affichage progressif	Format propriétaire	Usage
BMP	Non compressé	de 2 à 16 millions	Non	non	Image non dégradée mais très lourde. Stockage
JPEG	Réglable, avec perte de qualité. Plus la compression est importante, plus l'image est dégradée	16 millions	Oui	Non, libre de droits	Tous usages, selon compression. Images "naturelles".
GIF	Oui, sans perte de qualité	de 2 à 256 avec palette.	Oui	Brevet Unisys	Logos et Internet. Supporte les animations et la transparence.
TIFF	Réglable, au choix sans perte ou avec perte de qualité	16 millions	Non	Brevet Aldus corporation	Tous sauf Internet

PNG	Oui, sans perte de qualité	de 2 à 256 ou 16 millions	Oui	Non, libre de droits	Tous, recommandé Internet mais incompatible avec les navigateurs anciens. Supporte la transparence.
------------	----------------------------	---------------------------	-----	----------------------	---

Table 1.1 Les Principaux formats des images matricielles [6]

7.2. Les formats d'image vectorielle

Les images vectorielles sont très différentes des images générées par un capteur ou une matrice. Nous ne sommes pas en présence de pixels, l'image est définie par des fonctions mathématiques et géométriques qui décrivent les contours et les coordonnées spatiales des points contenus dans un motif ou un dessin.

7.2.1. PICT : est un format utilisé pour le transfert d'image entre les applications Macintosh de dessin vectoriel et de mise en page. Choix de l'échantillonnage de 8, 16 ou 32 bits par pixel. [12]

7.2.2. PS : PS pour *PostScript* utilisé avec la majorité des applications d'aujourd'hui, autant les logiciels de mise en pages, de traitement de textes et autres, il est possible d'exporter un document en format PS (PostScript) lequel pourra être acheminé vers un périphérique d'impression. Ce format est également une façon sûre de rendre disponible un document seulement pour impression sans droit de modification. Il s'agit toutefois d'un format très lourd à éviter lorsqu'il doit être transféré par Internet sur des liens à basse vitesse.

7.2.3. DXF: Le format DXF est un format créé par la compagnie Auto Desk pour son logiciel de CAO AUTOCAD. Bien qu'étant un format très répandu dans le monde de la conception et du dessin assisté par ordinateur, le format DXF est très peu répandu en d'autres domaines.

7.2.4. WPG : Le format WPG est un format utilisé par les logiciels de la gamme de WordPerfect (Word- Perfect, DrawPerfect, WP Presentations et autres) sous DOS, Windows ou Macintosh. Ce format donne un résultat acceptable lors de l'impression, mais qui doit surtout être utilisé en tant que format de travail. D'autant plus que ce n'est pas un format qui est reconnu par tous les logiciels. [9]

8. Applications mathématiques pour le traitement d'image

Cette partie est une introduction à la théorie mathématique de traitement de l'image. Il est donc incomplet car les méthodes dans ce domaine sont nombreuses et variées.

8.1. Filtrage : les filtres sont des opérateurs qui éliminent des éléments perturbateurs pour améliorer la visualisation des images numériques, ou bien qui suppriment des structures non significatives pour simplifier leur contenu. [10]

8.2. Compression : il existe plusieurs types de compression des images numériques. Mais tout d'abord nous allons introduire des notions fondamentales à la compréhension du principe de la compression.

La figure ci-dessous représente un extrait de 16 pixels d'une image en noir et blanc. Tous les pixels sont noirs à l'exception d'un seul.

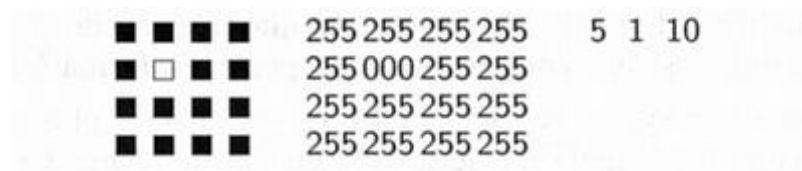


Figure 1.8 La compression d'une image numérique. [11]

La partie gauche donne la représentation visuelle de l'image. Dans cette représentation, un pixel est codé par un nombre entre 0 (blanc) et 255 (noir).

La partie droite montre que l'on peut représenter la même portion d'image en utilisant une convention, l'image est codée par des nombres qui indiquent le nombre d'occurrences d'une des 2 couleurs. Le nombre d'occurrence est obtenu en parcourant les pixels de haut en bas et de gauche à droite. Ainsi, l'image est formée de 5 pixels noirs suivi de un pixel blanc et terminée par 10 pixels noirs. La forme compressée comprend 3 nombres. Cet algorithme ne fonctionne qu'avec une image en noir et blanc.

Le taux de compression sert à évaluer la qualité de la compression en faisant l'opération suivante : [11]

$$T = 1 - \frac{\text{Taille.compactée}}{\text{Taille.originelle}} \quad (1.1)$$

8.3. Segmentation : La segmentation d'images est l'un des problèmes phares du traitement d'images. Elle consiste à partitionner l'image en un ensemble de régions connexes.

L'intérêt de ces régions est de pouvoir être manipulées ensuite via des traitements de haut niveau pour extraire des caractéristiques de forme, de position, de taille, etc. [5]

8.4. Sécurité des images : Avec l'apparition de ces nouvelles technologies numériques, les fraudes se sont multipliées, soulignant le manque de méthodes concernant la protection des données numériques. Ces données sont en effet très faciles à pirater, on peut les stocker, les copier, les modifier et enfin les diffuser illégalement sans qu'elles perdent de leur qualité. Une image numérique, diffusée par exemple sur Internet, peut être aisément copiée puis rediffusée sur un réseau ou stockée sur CD-ROM sans prise en compte des droits d'auteurs. Pour répondre à ces besoins, un nouvel axe de recherche se développe très rapidement : la sécurisation des images numérique (stéganographie, tatouage et cryptosystèmes).

9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté tous les aspects des images numériques. Nous nous sommes intéressés aux terminologies et aux notions pertinentes dans le domaine des images numériques telles que : le codage des images numériques, Formats d'images...

Nous avons également présenté quelques aspects du traitement d'image, tels que le filtrage, Compression, Segmentation, Sécurisation des images. Ce dernier présente l'idée de notre domaine de recherche.