

1-Survol sur le traitement d'images :

1. Initiation sur le traitement d'image :

1.1. Définition :

Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un développement important depuis quelques dizaines d'années.

On désigne par *traitement d'images numériques* l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique afin d'améliorer ou d'en extraire des informations.

1.2. Objectif de traitement d'image :

Un système de traitement d'images se compose essentiellement d'une acquisition d'image, du prétraitement pour la réduction d'un éventuel bruit et de l'analyse d'image pour arriver à une description de l'information brute contenue dans l'image, description dont le niveau d'abstraction dépend des connaissances exploitées dans le système. L'analyse d'image présente un intérêt dans quasiment tous les domaines où le problème de la recherche automatique d'informations dans des images s'avère un besoin ou chacun peut analyser l'image à sa façon pour en extraire des informations pertinentes. L'extraction de l'information pertinente de l'image pour une personne diffère selon les connaissances dont on dispose. Notre travail de détection des objets dans une image constitue un traitement de nombreux d'autre qu'on peut effectuer sur les images.

2. Vocabulaire lie au traitement d'images :

2.1. Les images :

2.1.1. Définition d'une image :

Une image est une représentation d'un objet exposé à une source énergétique, et produite par un capteur.

Une image produite par un capteur est un signal caractérisé par sa dimension et sa nature. La dimension correspond à l'espace du signal : 1D, 2D, 3D. La nature de l'image correspond à la nature de la grandeur mesurée.

On a en général deux types d'image :

- Analogique : Un signal électrique continu
- Numérique : Une image produite par des capteurs numériques.

2.1.2. Représentation des images :

Formellement une image est donc une fonction d'intensité I .

- $I = \int I dx$ dans le cas d'une fonction continue

- $I = \{I(p)\}$ dans le cas d'une fonction discrète, p étant un pixel et $I(p)$ son intensité

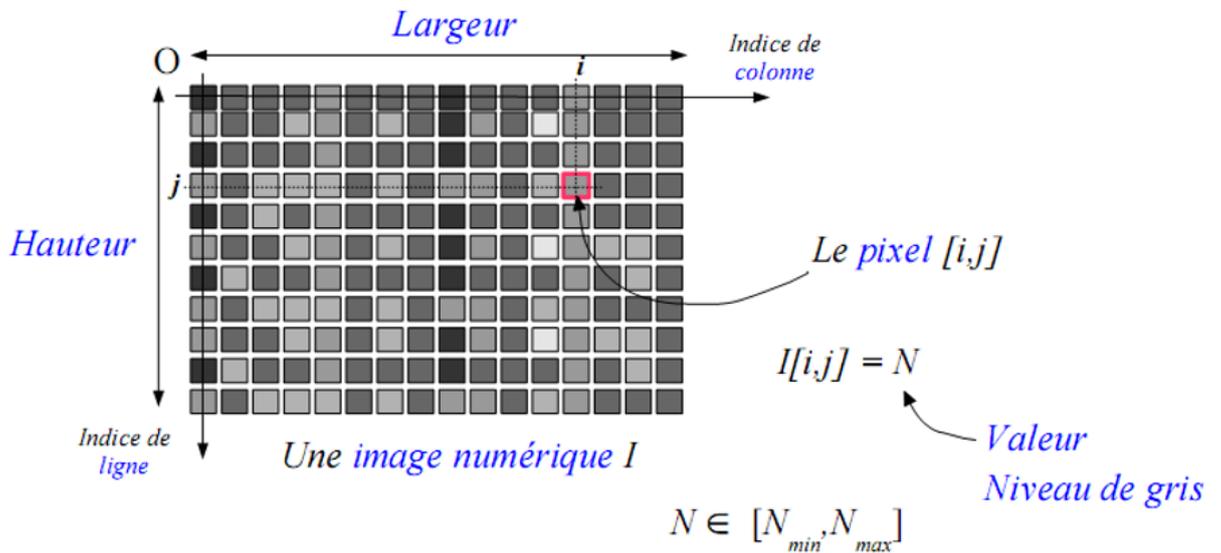
1. Une image I est une Matrice de dimension $L \times H$

2. Chaque élément à une valeur entière dans l'intervalle $[N_{min}, N_{max}]$.

3. Le nombre de « bits » requis pour représenter les niveaux de gris dans l'intervalle « N » est « K »

4. La relation entre « K » et « N » est : $N = 2^K$

5. Le nombre de bit pour représenter une image est donc : $b = L \cdot H \cdot K$



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

$$\text{Log}_2(N_{max} - N_{min}) = \text{dynamique}$$

Activer Window

2.1.3. Caractéristiques d'une image numérique :

Comme nous l'avons vu, l'image est un ensemble structuré d'informations parmi ses caractéristiques nous pouvons citer les paramètres suivants :

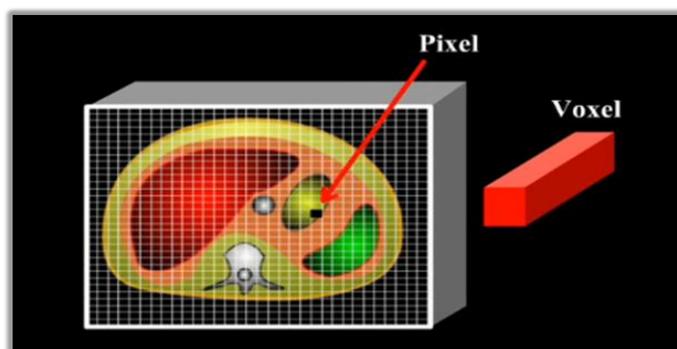
1- Pixel :

Contraction de l'expression anglaise " Picture Elements ": éléments d'image, une image est constituée d'un ensemble de points appelés pixels, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification.

Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels d'affichage ou d'impression.

2- Voxel :

Pour les images 3D le «pixel» est alors appelé un voxel, et représente un volume élémentaire.



Représentation de pixel et le Voxel

3- Résolution :

La résolution est le lien entre la taille en pixels et la taille dans le système métrique. Elle s'exprime généralement en points par pouce (dot per inch, dpi) ou pixels par pouce (ppi). C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images.

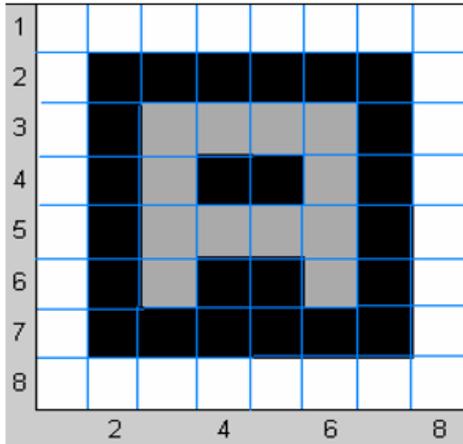
4- transparence :

La transparence est une caractéristique définissant le niveau d'opacité des éléments de l'image, c'est la possibilité de voir à travers l'image des éléments graphiques situés derrière celle-ci.

5- Histogramme :

Exemple simple de calcul d'histogramme pour une image

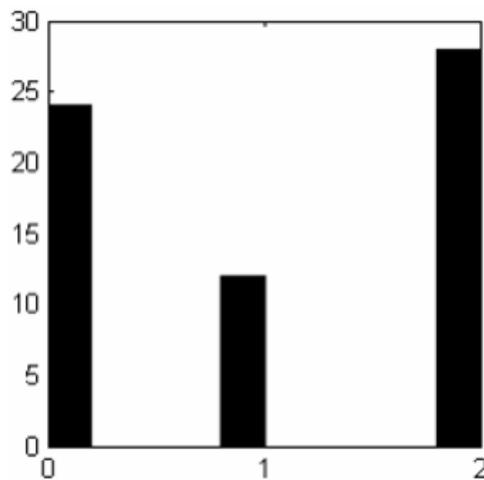
Image « A » en niveaux de gris



Matrice des valeurs de luminance des pixels de l'image «A»

2	2	2	2	2	2	2	2
2	0	0	0	0	0	0	2
2	0	1	1	1	1	0	2
3	0	1	0	0	1	0	2
2	0	1	1	1	1	0	2
2	0	1	0	0	1	0	2
2	0	0	0	0	0	0	2
2	2	2	2	2	2	2	2

- L'image «A» comporte 3 niveaux de gris différents : 0, 1 et 2.
- Compter le nombre de pixels pour chaque niveau de gris, à l'aide de la matrice des valeurs de luminance.
- Les niveaux 0, 1 et 2 sont respectivement représentés par 24, 12 et 28 pixels ⇒ représentation de cette population de pixels sur l'histogramme.



Histogramme de l'image « A »

• Histogramme cumulé d'une image

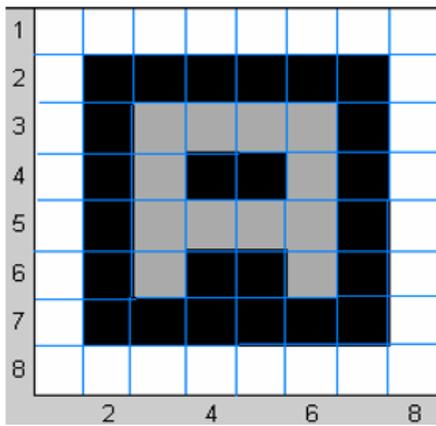
La fonction H_n donnant la probabilité (en termes de fréquence d'occurrence) qu'un pixel ait pour niveau de gris k

$$H_c(k) = \sum_{i \leq k} H(i)$$

L'histogramme cumulé est donné par :

Image « A »

Valeurs de luminance de « A »

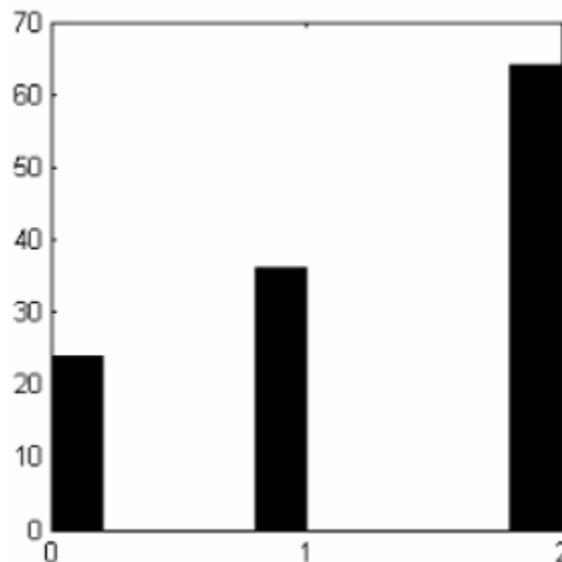


2	2	2	2	2	2	2	2
2	0	0	0	0	0	0	2
2	0	1	1	1	1	0	2
2	0	1	0	0	1	0	2
2	0	1	1	1	1	0	2
2	0	1	0	0	1	0	2
2	0	0	0	0	0	0	2
2	2	2	2	2	2	2	2

- Calcul d'un histogramme particulier faisant appel aux cumuls des niveaux de gris \Rightarrow Histogramme cumulé.

- Utile pour certains traitements d'image tels que l'égalisation d'histogramme (\Rightarrow amélioration de contraste).

- Chaque bâton cumule le nombre de pixels du niveau de gris concerné et des niveaux de gris inférieurs : les niveaux 0, 1, 2 sont donc représentés respectivement par 24, 36 et 64 pixels.



Histogramme cumulé de « A »

- **Histogramme normalisé**

$$H_n(k) = \frac{H(k)}{N \times M}$$

où N et M sont respectivement le nombre de colonnes et de lignes de l'image I. Les valeurs de H sont normalisées. En supposant que les valeurs en chaque pixel d'une image sont la réalisation d'une variable aléatoire I, H_n approxime sa loi de probabilité : $H_n(k) \approx P(I = k)$

- **Histogramme cumulé normalisé**

L'histogramme cumulé normalisé est donné par :

$$H_c(k) = \sum_{i \leq k} H_n(i)$$

$H_c(k)$ représente la probabilité d'avoir un niveau de gris inférieur ou égal à k (fonction croissante qui tend vers 1), ou fonction de répartition de la loi de probabilité de I : $H_c(k) = P(I \leq k)$

6- Dimensions :

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels). Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image.

7- définition d'une image :

définition d'une image, le nombre de pixels qui la compose. Par exemple pour une image de 640 colonnes sur 240 lignes, l'image est composée de : $640 \times 240 = 153\ 600$ pixels

8- Texture :

Une texture est une région dans une image numérique qui a des caractéristiques homogènes. Ces caractéristiques sont par exemple un motif basique qui se répète. La texture est composée de Texel, l'équivalent des pixels.

9- Dynamique :

La dynamique d'une image est définie par :

$$\text{Dynamique d'une image} = [\text{valeur_min}, \text{valeur_max}]$$

La dynamique disponible de l'image est : $[0, 2^k - 1]$

10- Luminance :

La luminance est le degré de luminosité des points de l'image, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet.

- La luminance (ou brillance) est définie comme la moyenne de tous les pixels de l'image.
- Dans les deux images suivantes, seule la luminance est différente :



$$B = \frac{\sum \sum I(x,y)}{M \cdot N} \quad (B = \text{moy})$$

Une bonne luminance se caractérise par :

- Des images lumineuses (brillantes).
- Un bon contraste : il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir, ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses.
- L'absence de parasites.

11- Contraste :

Est une propriété intrinsèque d'une image qui désigne et quantifie la différence entre les parties claires et foncées d'une image (elle différencie les couleurs claires des couleurs foncées).

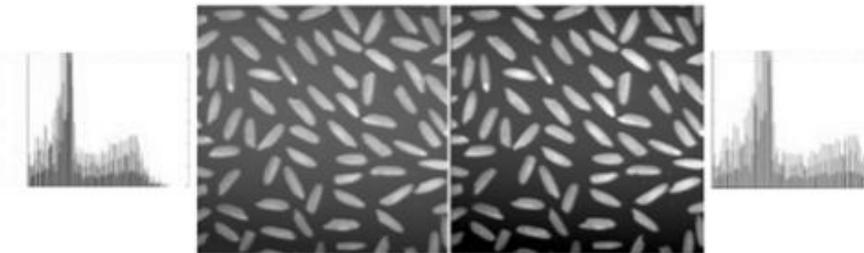
- Le contraste peut être défini de plusieurs façons :
 - Ecart-type des variations des niveaux de gris

$$C = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} (f(x,y) - Moy)^2}$$

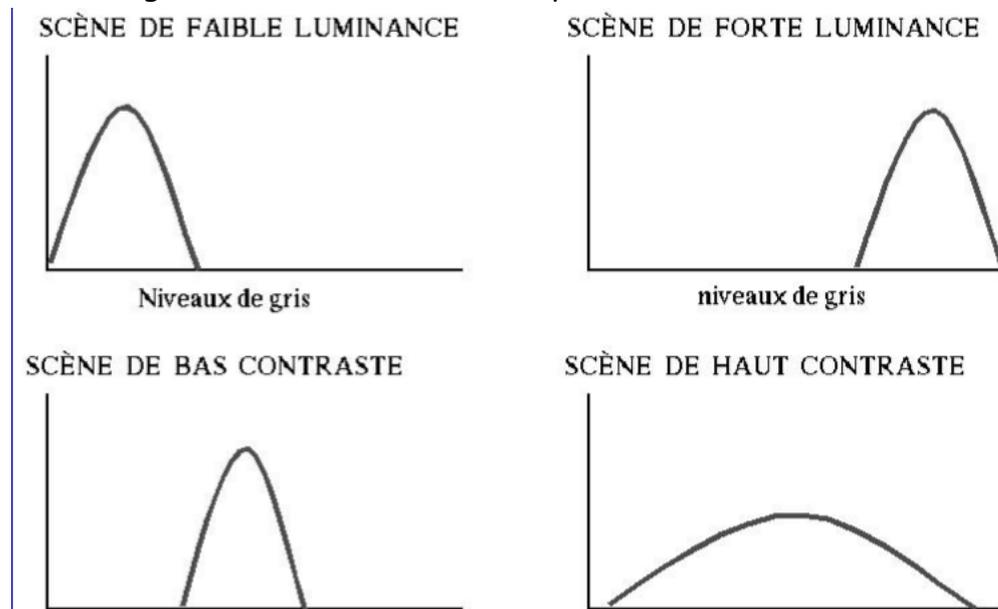
- Variation entre niveaux de gris min et max

$$C = \frac{\max[f(x,y)] - \min[f(x,y)]}{\max[f(x,y)] + \min[f(x,y)]}$$

Les deux images suivantes possèdent un contraste différent :



Deux images totalement différentes peuvent avoir le même contraste



Pour améliorer le contraste d'une image : Opérations sur l'histogramme

12- Bruit :

Un bruit (parasite) dans une image est considéré comme 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



Image sans bruit



Image avec bruit

13- Contour :

Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux (ou un groupe de) pixels dont la différence de niveaux de gris (ou de couleurs) est significative.

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.

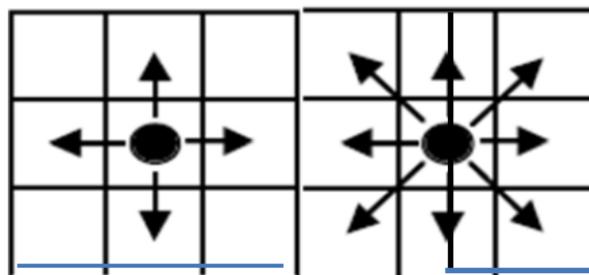
14- Homogénéité :

L'homogénéité est une information locale et correspond au caractère uniforme d'une région. Une région dans une image est dite homogène si elle regroupe un ensemble de pixels qui possèdent des caractéristiques similaires ou uniformes. Ces caractéristiques peuvent être par exemple la variance du niveau de gris, la couleur.

15- Connexité :

En traitant une image, on est souvent amené à se déplacer dans celle-ci. Un déplacement doit souvent obéir à des règles de voisinage, on utilise généralement deux types de voisinage : le voisinage à 4-connexité (4 pixels voisins) et le voisinage à 8-connexité (8 pixels voisins). Deux pixels seront considérés comme connexes (appartenant au même objet donc) s'ils satisfont deux critères :

- d'une part un critère de similarité (par exemple même niveau de gris)
- s'ils sont adjacents (voisins)



Voisinages : (a) 4-connexité (b) 8-connexité

16- Région :

Une région est un ensemble de pixels connexes et homogènes. Un pixel n'appartient à une région donnée que s'il vérifie les caractéristiques de celle-ci (intensité moyenne, centre de gravité,...). Une région est toujours limitée par un contour.

17- Poids (taille):

C'est la taille de l'image. Etant donné que cette dernière est représentée sous forme d'une matrice dont les valeurs représentent l'intensité (pixels), le nombre de colonne (H) multiplié par le nombre de ligne (L) donne le nombre total de pixels dans l'image.

Pour une image de 640x480 en couleur :

Nombre de pixel = 640x480 = 307200

Poids de chaque pixel = 3 octets

Le poids de l'image = 307200x3 = 921600 octets = 900 Ko

Paramètres statistiques

Soit N_r le nombre de niveaux de H :

1- Le nombre moyen de pixel par niveau de gris:

$$p_m = \frac{Def}{N_r} = \frac{M * N}{N_r}$$

Ou d'une manière générale :

$$p_m = \frac{\sum H(i) \cdot i}{2^k} \quad i=0, \dots, 2^k-1$$

2- La variance :

$$\sigma^2 = \frac{\sum H(i) \cdot (i - p_m)^2}{2^k} \quad i=0, \dots, 2^k-1$$

Ou

$$\sigma^2 = \frac{\sum H(i) \cdot (i - p_m)^2}{max - min} \quad i \in [min, max]$$

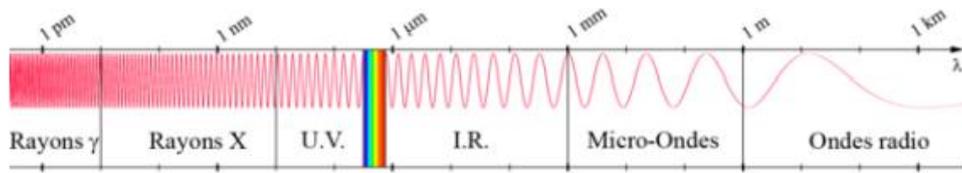
2.2. La lumière:

La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain. La lumière est composée d'une série de couleurs allant du violet jusqu'au rouge.

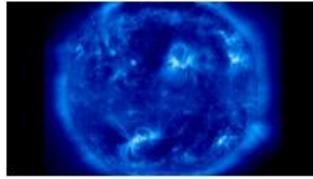
Dans le spectre visible, 3 couleurs sont dominantes : Bleu, Vert et Le rouge.



Longueurs d'onde comprises entre 380 nm (violet) et 780 nm (rouge)



rayons X



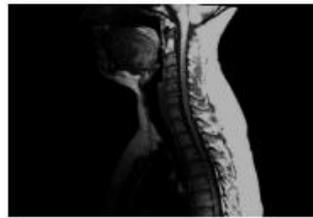
rayons UV



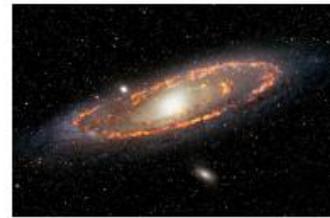
infra-rouges



micro-ondes



radio (IRM)



rayon gamma

Spectre électroluminescence

2.3. Représentation de la couleur :

2.3.1. Définition d'une image:

Scientifique : une couleur pure correspond à une seule longueur d'onde.

Générale : apparence obtenue par dosage des différents lumières

Jaune → les 2 définitions :

- $\lambda = 580 \text{ nm}$
- rouge + vert longueurs d'ondes $\neq 580 \text{ nm}$, mais même perception
- blanc – bleu ex: soleil jaune = lumière blanche – ciel bleu

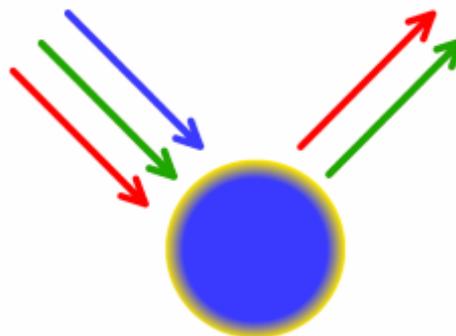
magenta = rouge + bleu → 2^{eme} définition

blanc = \sum toutes les couleurs → 2^{eme} définition

noir = aucune lumière → 2^{eme} définition

Interaction avec la matière :

Pour cette image, matière absorbant le bleu et dont la surface apparait jaune



2.3.2. Les différents modèles de couleur :

Nous l'avons vu une image apparait comme une matrice où chaque case contient des nombres associés à une couleur. Usuellement on distingue 3 grands types de couleurs pour une image numérique :

- Le noir et blanc ;
- Les niveaux de gris ;
- La couleur.

Ces types sont généralement à choisir lors d'une numérisation par scanner ou lors de la configuration d'un appareil photographique.

a) Images binaires (en noir et blanc) :

Les images binaires (noir et blanc) sont les plus simples. Bichromes (dont les pixels ne peuvent avoir que les valeurs 0 et 1) .Le 0 correspond à un pixel noir et 1 à un pixel blanc. Le niveau de gris est donc codé sur un seul bit.



Image binaire

b) Images à niveaux de gris (Monochromes) :

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. Donc pour représenter les images à niveaux de gris, on peut attribuer à chaque pixel de l'image une valeur correspondant à la quantité de lumière renvoyée. Cette valeur peut être comprise par exemple entre 0 et 255. Chaque pixel n'est donc plus représenté par un bit, mais par un octet. 256 niveaux de gris suffisent pour la reconnaissance de la plus part des objets d'une scène.

Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la " couleur " de chaque pixel de l'image. Le codage dit en niveaux de gris permet d'obtenir plus de nuances que le simple noir et blanc. Il offre des possibilités supplémentaires pour coder le niveau de l'intensité lumineuse. La couleur est codée souvent sur un octet soit 8 bits ce qui offre la possibilité d'obtenir 256 niveau de gris (0 pour le noir et 255 pour le blanc). On peut aussi le faire avec 16 niveaux de gris (4 bits).



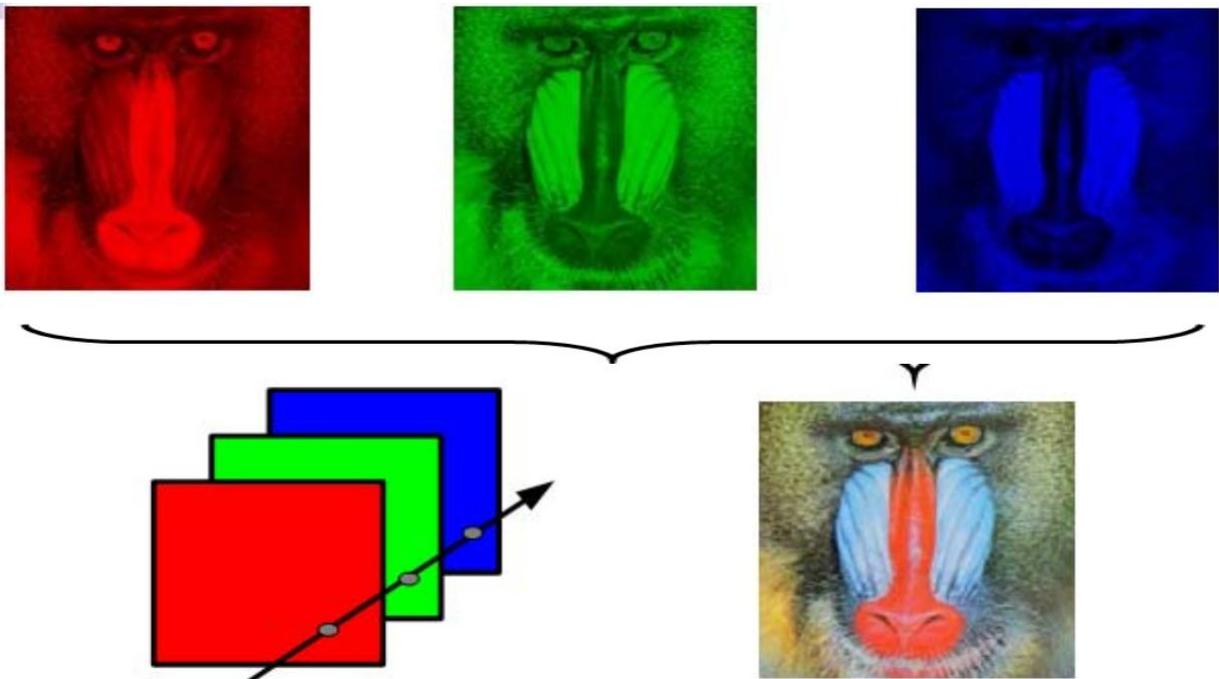
Image en niveaux de gris.

Cette image de 303 x 303 pixels occupe $303 \times 303 = 91809$ octets puisque chaque pixel occupe 1 octet en mémoire.

c) Image en couleurs (Polychromes) :

La représentation des couleurs s'effectue de la même manière que les images monochromes avec cependant quelques particularités.

Elle est obtenue par la combinaison de trois couleurs dites primaires : rouge, vert et bleu (RVB). chaque couleur est codée comme une image à niveaux de gris, avec des valeurs allant de 0 à 255. pour $R=V=B=0$ nous auront un noir pur, et pour $R=V=B=255$ nous auront un blanc pur. La représentation des images couleurs se fait donc soit par une image dont la valeur du pixel est une combinaison linéaire des valeurs des trois composantes couleurs, soit par trois images distinctes représentant chacune une composante couleur.

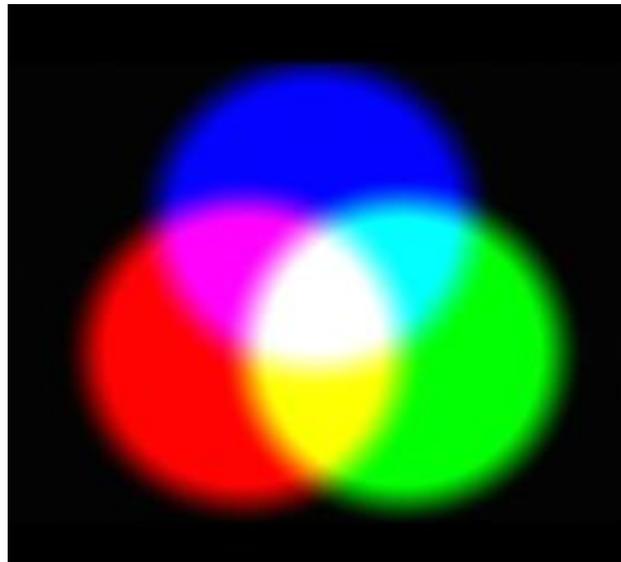


En effet, il faut tout d'abord choisir un modèle de représentation. On peut représenter les couleurs à l'aide de leurs composantes primaires.

Le modèle RVB :

Le codage RVB est utilisé notamment dans les formats d'image JPEG et TIFF. Rouge vert bleu, abrégé **RVB** (ou **RGB** de l'anglais red, green, blue), est un

format de codage des couleurs. 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.

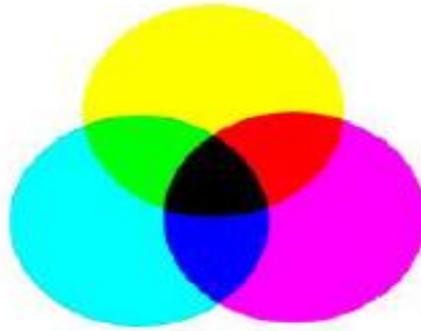


modèle RVB.
pour des images RGB codées sur 8 bits (0 → 255)

R	G	B		R	G	B	
255	0	0		0	255	255	
0	255	0		255	0	255	
0	0	255		255	255	0	
R	G	B		R	G	B	
0	0	0		20	0	0	
100	100	100		255	128	0	
200	200	200		200	200	255	
255	255	255		250	100	200	

Le modèle CMJN :

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. Toutefois, le noir obtenu par l'ajout des trois couleurs Cyan, Magenta et Jaune n'étant que partiellement noir en pratique (et coûtant cher),



Modèle **CMJN**

Le modèle ARGB:

Le A signifié "alpha", nom traditionnellement utilisé pour transparence. RGB fait référence aux composantes rouge, vert et bleu, combinées pour produire une couleur composite unique. Dans le modèle ARGB par défaut, chaque pixel est représenté par un entier sur 32 bits, décomposé en quatre champs de 8 bits : dans l'ordre, la transparence (Alpha) puis les composantes rouge, vert et bleu:



modèle de couleur ARGB.

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.

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).



Image en couleurs 8 bits.



Image en couleurs 24 bits.

2.4. Les différents formats d'une image numérique :

2.3.1. Format matricielle :

Parmi ces formats on peut citer :

BMP (BitMap) : Le format BMP est le format par défaut du logiciel Windows. C'est un format matriciel. Les images ne sont pas compressées. Son logiciel d'origine.

EPS(Encapsulated Postscript) : Un des formats le plus couramment utilisés pour transférer une image ou une illustration, généralement d'un fichier vectorielle dans une autre application.

GIF (GraphicalInterchange Format) : Ce sont des fichiers base résolution les plus couramment utilisés. Permet la transparence et les images animées - plusieurs images séquentielles à l'intérieur du même fichier. Il est utilisé pour es logos, des icônes, des boutons et autres éléments de pages web.

JPEG (Joint Photographique Experts Group): Ce format offre des taux de compression inégalés, même si la qualité de l'image s'en ressent au fur et à mesure que vous augmentez la compression. Les images JPEG sont des images de 24 bits. C'est-à dire qu'elles peuvent afficher un spectre de 16 millions de couleurs. C'est la meilleure qualité d'images disponible.

PBM (Potable BitMap) : Ce format permet de stocker des images en noir et blanc.

TIFF (Tagged Image File Format) : Le format TIFF, conçu à l'origine par la compagnie Aldus est un format matriciel. Conçu au départ pour n'accepter que les images en RGB, ce format permet de coder des images CYMK.

PGM (Potable GrayMap) : Le format pgm permet de représenter des images en niveaux de gris dont les pixels ont des valeurs entières comprises entre 0 (noir) et 255 (blanc). La valeur de chacun des pixels est enregistrée dans le fichier au format ASCII.

PPM (Potable PixMap) : Le format ppm concerne les images couleurs. Chaque pixel a pour valeur un triple (R, G, B) composé d'une composante rouge, verte et bleue. Chaque composante est représentée par un entier pouvant prendre ses valeurs entre 0.

PCX : Le format PCX est utilisé par le logiciel Paintbrush sous Windows. C'est un format matriciel.

2.3.1. Formats vectorielles :

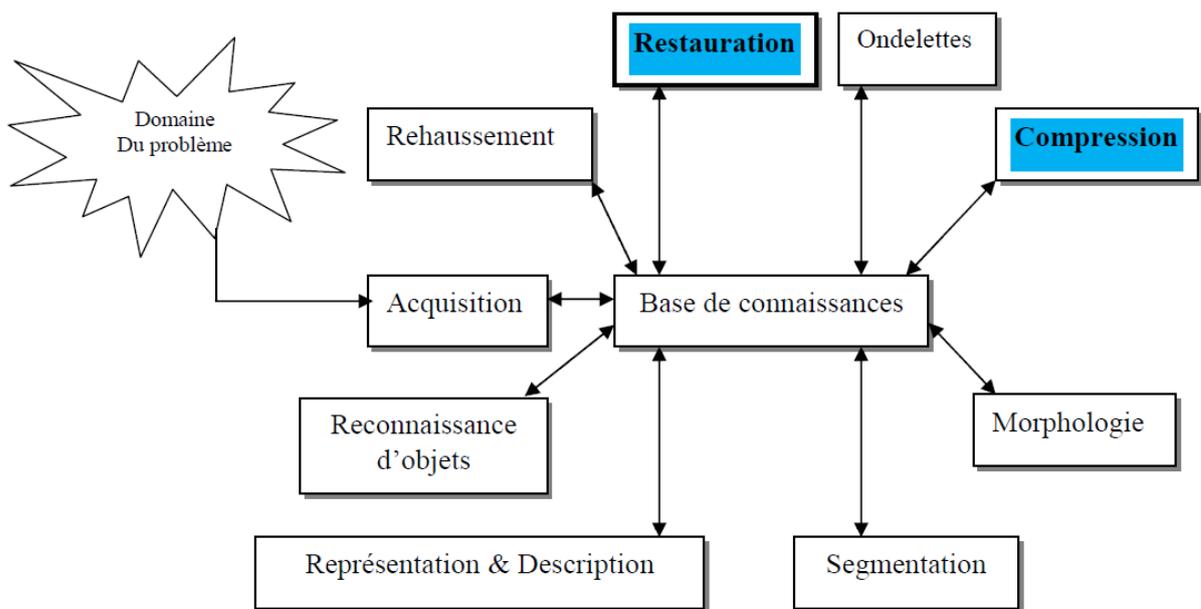
Parmi ces formats on peut citer :

SVG (ScalableVectorGraphics) : En français, graphique vectoriel adaptable est un format de données conçu pour décrire des ensembles de graphiques vectoriels. Ce format est une norme du W3C et est basé sur une autre norme nommée XML. Il s'utilise uniquement avec les navigateurs. C'est un format d'image léger pour représenter des formes simples, car les informations décrivant ces formes sont stockées (coordonnées, couleurs, effets) contrairement aux images bitmap (JPG, PNG, GIF) qui doivent mémoriser le contenu pixel par pixel.

PSD (Document Photoshop) : Le format de fichier PSD, est généralement un format bitmap. C'est le format favori des photographes et infographistes. Les images peuvent être créées en couches de calques. Il est lu par tous les logiciels de retouche photo. Le format.

3. Système de traitement d'image :

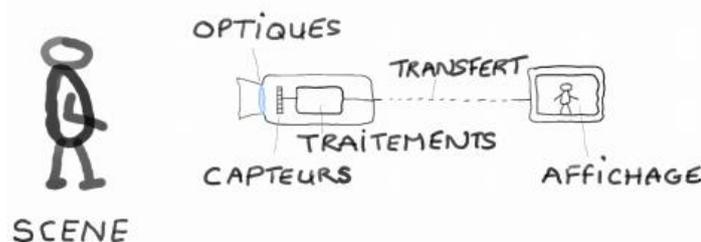
Un système de traitement d'image est généralement composé des unités suivantes :



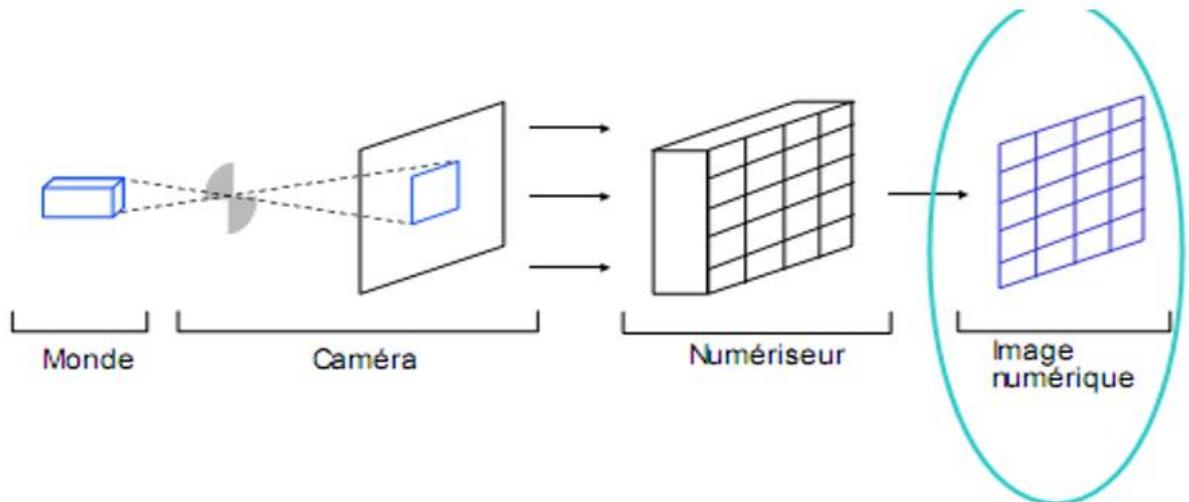
Traitements fondamentaux en traitement d'images.

3.1. Acquisition de l'image :

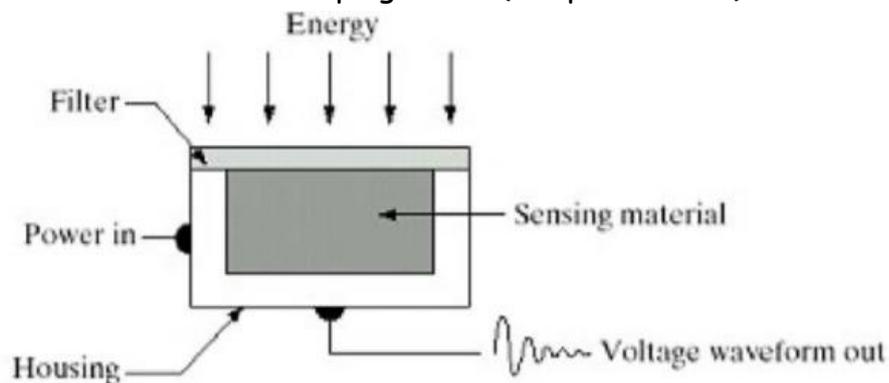
Le principe d'acquisition est de convertir l'image d'une vue réelle en une image numérique. L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images.



L'acquisition d'images est une mesure spatiale d'une interaction entre une onde et de la matière. L'onde est émise par une source et reçue par un capteur. La matière occupe de l'espace et possède une masse. Elle a pour objet de passer de la scène physique à une forme numérique observée.

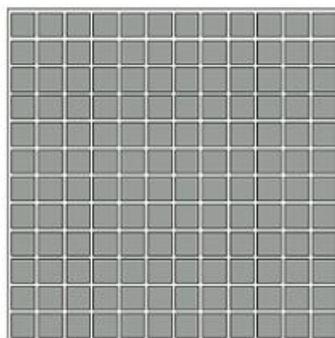


Le Principe général (ex: photodiode) :



- L'énergie incidente est convertie en signal électrique.
- Sortie est proportionnelle à la lumière.
- Filtre : pour augmenter la sélectivité.

Exemple de Capteur 2D :



KAF-1600 - Kodak.

Capteur CCD : Caméras numériques CCD

- Matrices CCD (Charged Coupled Devices)
- Système d'acquisition numérique 2D le plus utilisé
- La réponse est proportionnelle à l'intégrale de l'énergie lumineuse qui atteint chaque élément
- Pour la couleur, on utilise trois capteurs par pixel réagissant à des longueurs d'ondes différentes (rouge, vert et bleu)

3.2. Numérisation (De l'analogique vers le Numérique):

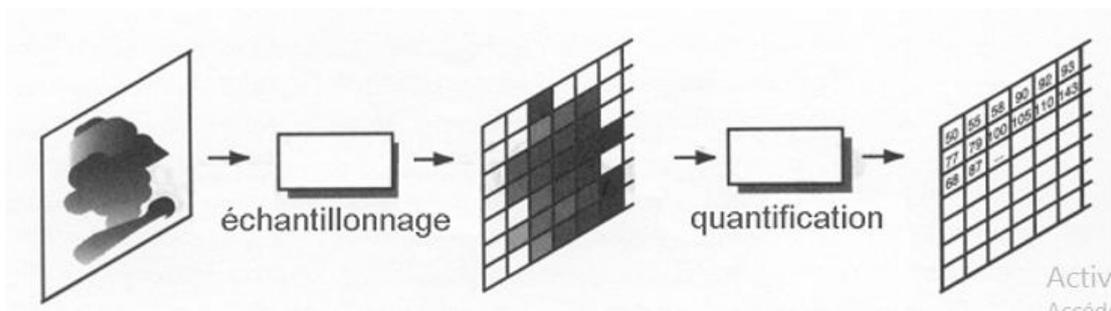
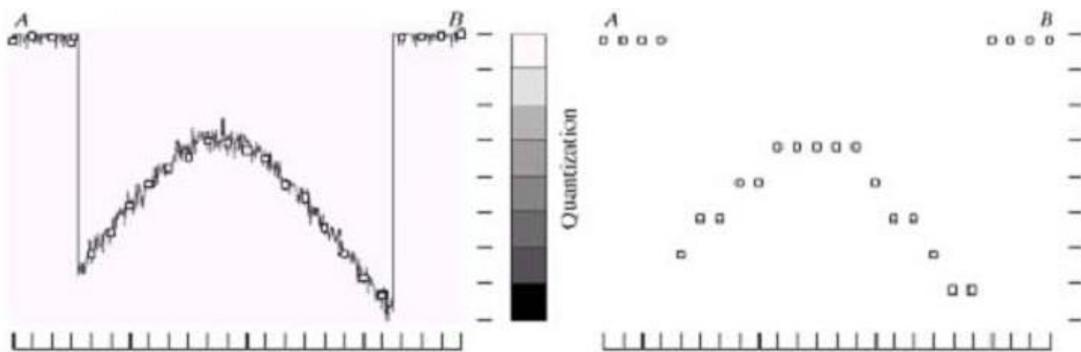
Echantillonnage :

- discrétisation spatiale imposée par les photosites.
- nombre de pixels utilisés pour encoder l'image : résolution

quantification des luminances :

- discrétisation des intensités de l'image reçue sur les photosites.
- nombre de bits utilisés pour encoder un pixel : dynamique

L'échantillonnage est le procédé de discrétisation spatiale d'un signal continu. Le signal est échantillonné en points appelés pixels (PIcture ELements) et disposés dans une structure appelée pavage. La quantification est la discrétisation tonale correspondant à la limitation du nombre de valeurs différentes que peut prendre chaque point de l'espace auquel on attribue un format de bits. Chaque valeur quantifiée



4. Domaines d'application de traitement d'image :

Le traitement d'images possède l'aspect multidisciplinaire. On trouve ses applications dans des domaines très variés tels que les télécommunications (T.V., vidéo, publicité,...), la médecine (radiographie, ultrasons,...), biologie, astronomie, géologie, l'industrie (robotique, sécurité), la météorologie, l'architecture, l'imprimerie, l'armement (application militaire).

De nouvelles applications pratiques sont possibles aujourd'hui et touchent tous les domaines d'activités, tels que : métiers du spectacle, de la radio, créations artistiques,...

Il est utilisé aussi pour les prévisions météorologiques et la conformité des photos d'identité