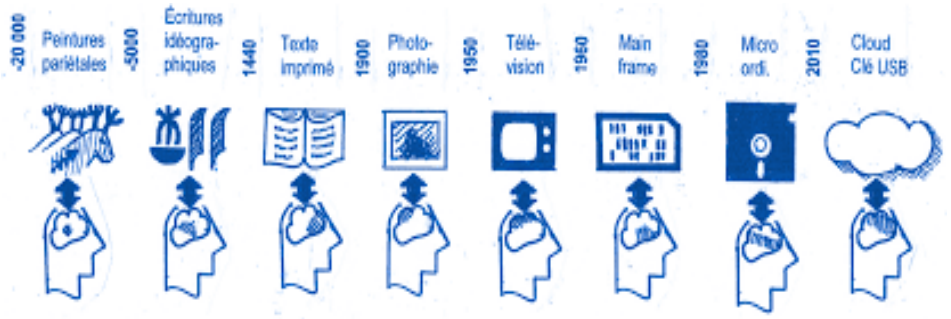
Introduction

Dès les premiers temps, les humains ont tenté de communiquer leurs idées par divers moyens, tels que des gestes, des sons, des peintures, des écrits, etc. Dans le monde informatique, le texte était la forme prédominante de communication dans la majeure partie de l'histoire de l'informatique. Ce n'est qu'au cours des 60 dernières années que les formes non textuelles ont pris de l'importance.



Introduction

Avec l'avènement d'internet et des **nouvelles technologies**, le secteur du multimédia a connu un grand essor. Le multimédia est à la croisée de plusieurs domaines de **communication**, texte, voix, son, vidéo, et est fortement représenté dans les secteurs liés de près ou de loin à **Internet**.

Définition de Multimédia

Ensemble des techniques et des produits qui permettent l'utilisation (produire, stocker, consulter, traiter, ou transmettre) simultanée et interactive de plusieurs modes de représentation de l'information (textes, graphiques, dessins, images fixes et animées, animation, audio).

L'imagerie numérique

1. Définition

Une image désigne la représentation visuelle d'un objet par différents moyens ou supports:

- Photographie
- Dessin
- Image de synthèse …etc

On désigne sous le terme d'image numérique toute image (dessin, icône, photographie ...) acquise, créée, traitée, stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1)

L'imagerie numérique

- Acquise par des dispositifs comme les scanners, les appareils photo.

- Créée directement par des programmes informatiques.
- Traitée grâce à des outils informatiques. Il est facile de la modifier en taille, en couleur, d'ajouter ou supprimer des éléments …etc.
- Stockée sur un support informatique (disquette, disque dur, CD-ROM ...).

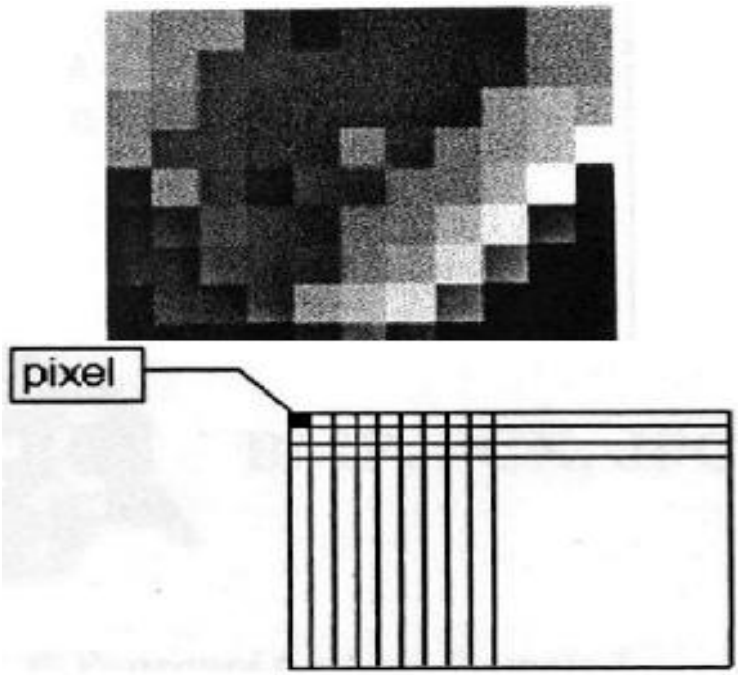
L'imagerie numérique

2.Formats d'image numérique:

Deux principes sont applicables pour décrire une image : les images matricielles et les images vectorielles.

a) Matricielle (Bitmap)

L'image matricielle se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels).



L'imagerie numérique

Une image plein écran en résolution standard 800 x 600 est constituée de 480 000 pixels. Décrire l'image revient alors à préciser la couleur de chaque point. Le fichier graphique sera une liste de nombres binaires, correspondants à ces couleurs, précédée par un en-tête (header) décrivant la méthode utilisée.

Une image matricielle est caractérisée notamment par

- sa dimension en pixels
- sa résolution
- son mode colorimétrique

L'imagerie numérique

On obtient également des images matricielles à l'aide d'un appareil photo numérique, d'une caméra vidéo numérique ou d'un scanner.

Les principales extensions bitmaps sont :

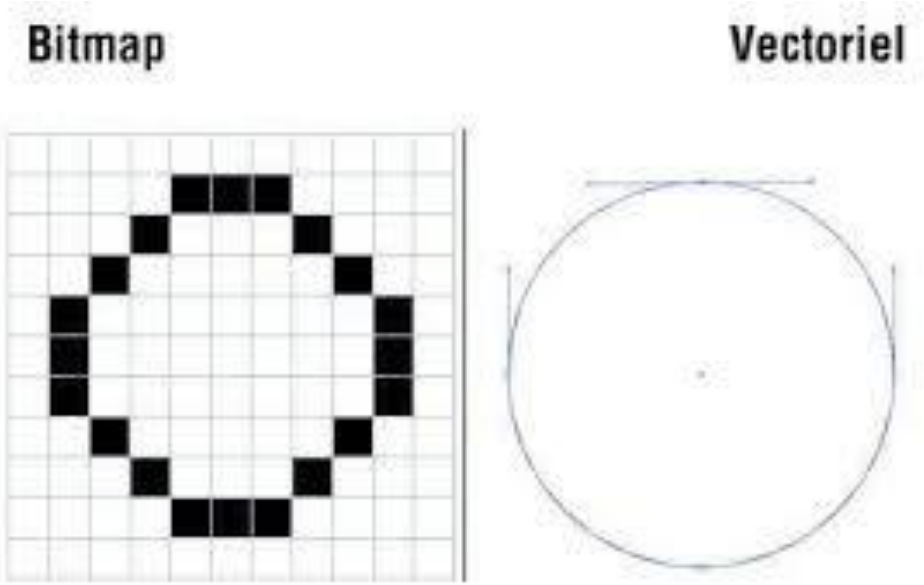
L'imagerie numérique

b) Vectorielle :

Le principe des images vectorielles est de représenter les données de l'image par des formules géométriques qui vont pouvoir être décrites d'un point de vue mathématique (coordonnées de points, tangentes en un point d'une courbe, etc.). Le fichier décrit ces différentes figures, véritables "objets" graphiques indépendants les uns des autres. Ce principe est celui des images dites vectorielles (WMF, CGM, etc.)

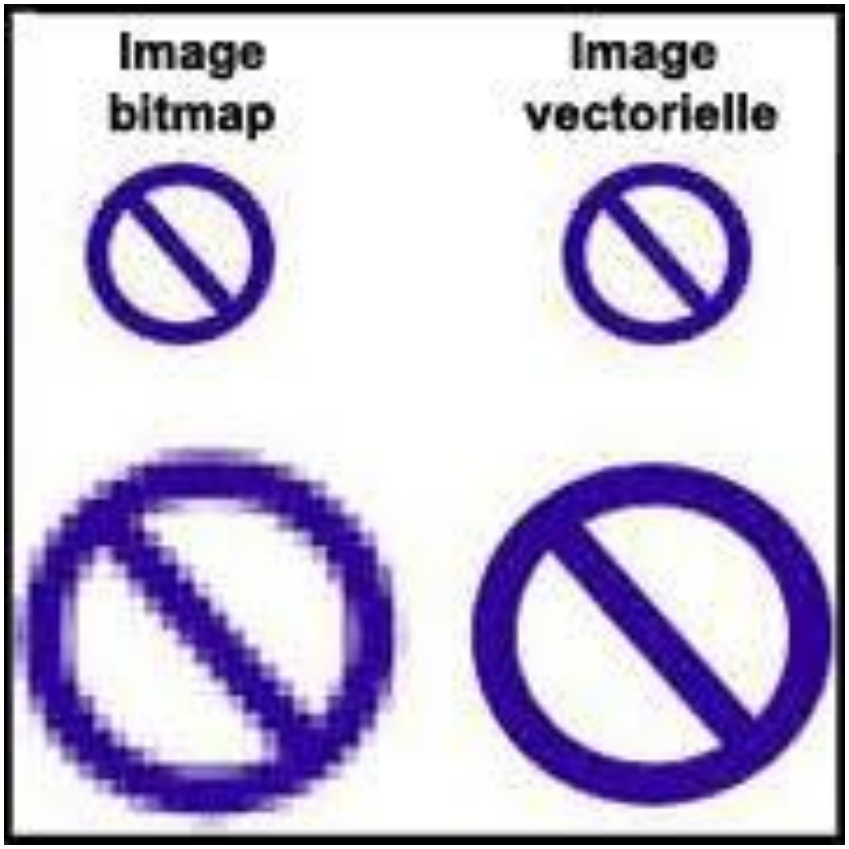
Par exemple, un cercle est décrit par une fonction du type (cercle, position du centre, rayon). Ces images sont essentiellement utilisées pour réaliser des schémas ou des plans.

L'imagerie numérique



L'imagerie numérique

Ces images présentent 2 avantages : elles occupent peu de place en mémoire et peuvent être redimensionnées sans perte d'information.



L'imagerie numérique

Quelques extensions d'images vectorielles : ai (Adobe Illustrator), eps (encapsulated postscript), pdf (portable document format), svg (scalable vector graphics), swf (flash), WMF (celui de Microsoft Draw et de toutes les images insérer dans un document Word ou Excel), DRW (Micrografx), CDR (Corel), EPS (Postscript)

L'imagerie numérique

3. Types d'images

Il existe 3 types d'images numériques : binaires, en niveaux de gris, et en couleurs.

Images couleurs	Images en niveaux de gris	Images binaires
$I_r(x,y)$ $I_g(x,y)$ $I_b(x,y)$	$I(x,y) \in [0..255]$	$I(x,y) \in \{0 , 1\}$

L'imagerie numérique

3.1 Images binaire

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).

Une image de 100000 pixels codés occupe donc au moins 100000 bits en mémoire.

3.2 Images à niveaux de gris

L'échelle de gris est la valeur de l'intensité lumineuse en un point. L'échelle démarre à zéro (le noir) et fini à un maximum (le blanc).

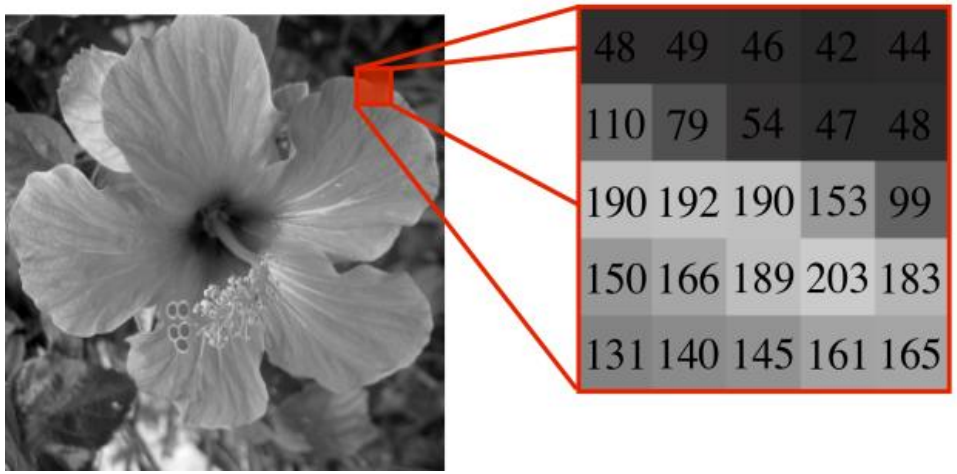
L'imagerie numérique

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 si la valeur de l'intensité lumineuse est codée sur 8 bits. Chaque pixel n'est donc plus représenté par un bit, mais par un octet. Pour cela, il faut que le matériel utilisé pour afficher l'image soit capable de produire les différents niveaux de gris correspondant.

FIG. 3 : *Quantification d'une image*

L'imagerie numérique

Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la "couleur " de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est important, plus les niveaux possibles sont nombreux.



La formule standard donnant le niveau de gris en fonction des trois composantes est :

gris = int(round(0.299*rouge + 0.587*vert + 0.114*bleu))

3.3 Images en couleurs

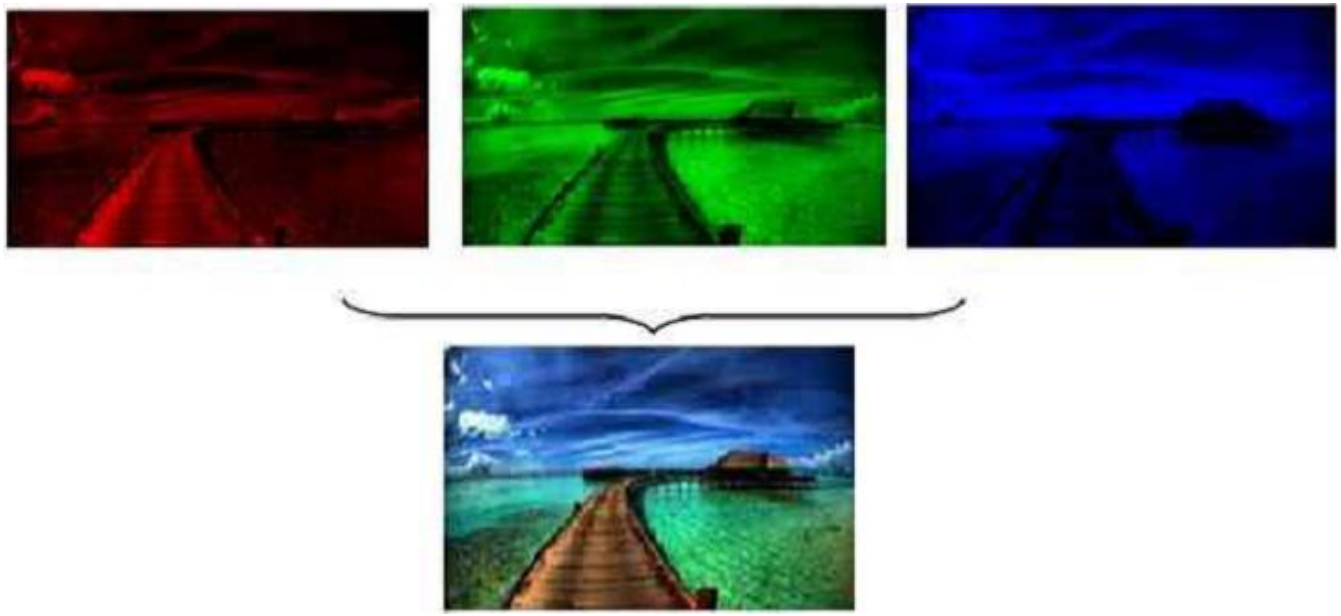
Même s'il est parfois utile de pouvoir représenter des images en noir et blanc, les applications multimédias utilisent le plus souvent des images en couleurs. La représentation des couleurs s'effectue de la même manière que les images monochromes avec cependant quelques particularités. En effet, il faut tout d'abord choisir un modèle de représentation.

Il existe plusieurs façons de décrire les couleurs en informatique. Nous présentons ici une des plus utilisées : le codage RVB, qui est utilisé notamment dans les formats d'image JPEG et TIFF.

L'imagerie numérique

Rouge vert bleu, abrégé RVB (ou RGB de l'anglais red, green, blue), est un format de codage des couleurs. Ces trois couleurs sont les couleurs primaires en synthèse additive. Elles correspondent en fait à peu près aux trois longueurs d'ondes auxquelles répondent les trois types de cônes de l'œil humain. Elles sont aujourd'hui utilisées en vidéo, pour l'affichage sur les écrans, et dans les logiciels d'imagerie. C'est sur ce principe que fonctionnent les téléviseurs couleur.

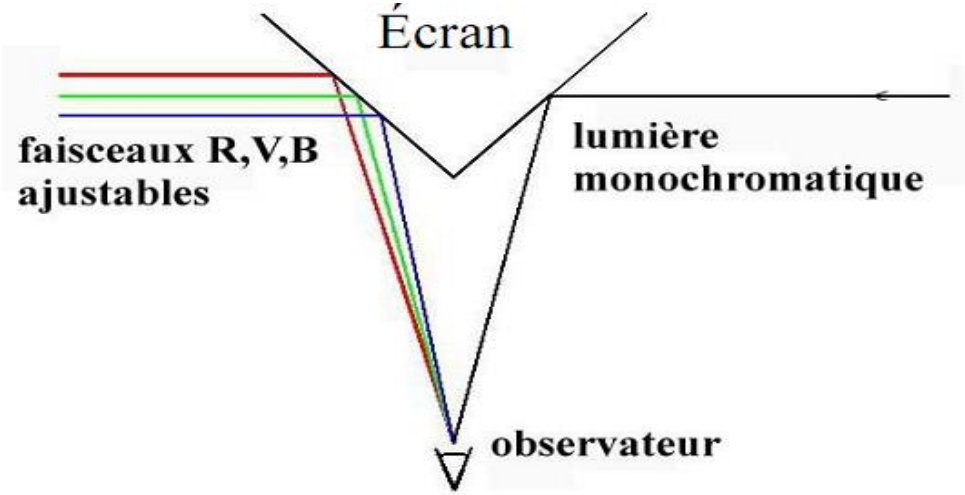
L'imagerie numérique



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

L'imagerie numérique/ couleurs

Toute la colorimétrie est basée sur la possibilité, montrée par Maxwell. Dans ce système, une couleur est habituellement représentée par la somme de trois vecteurs correspondants aux intensités lumineuses des couleurs primaires.



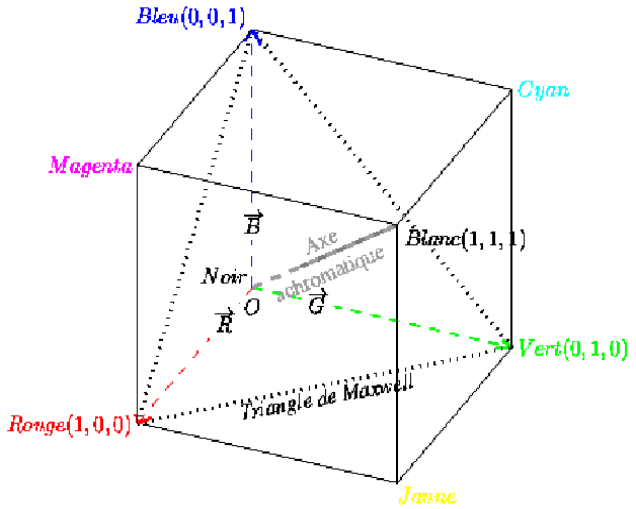
L'imagerie numérique/ couleurs

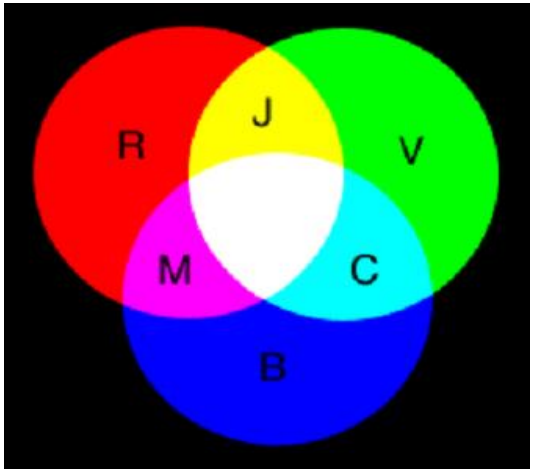
La manipulation des couleurs passe tout d'abord par le choix d'un espace paramétrique permettant différente représentations de couleurs. Cet espace peut s'appuyer sur des grandeurs physiques, physiologiques, et mathématiques. L'espace RVB est, par exemple, utilisé dans le domaine de l'informatique et du multimédia tandis que l'espace CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black),le complémentaire de l'espace RGB.

L'imagerie numérique/ couleurs

1. L'espace RVB (RGB en anglais)

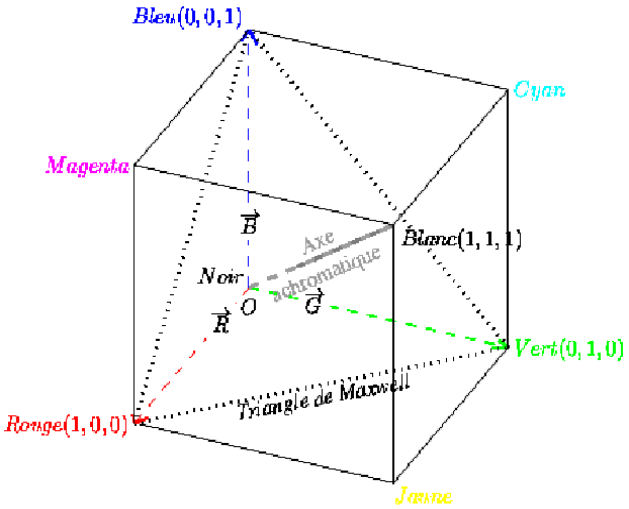
L'espace de couleurs RVB demeure le plus répandu. En effet, il est implémenté dans la plupart des outils matériels de visualisation (écran, vidéo projection…). Dans cet espace, un pixel est codé par trois composantes Rouge, Vert et Bleu, à valeurs à l'intérieur d'un cube unité

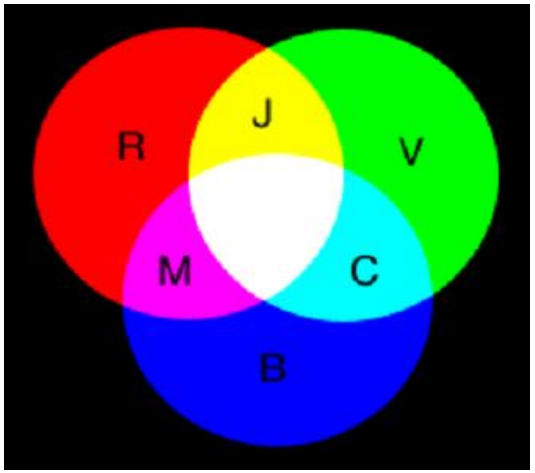




L'imagerie numérique/ couleurs

Cet espace a été développé en fonction des connaissances liées à la vision humaine, les cônes étant plus sensibles à ces trois couleurs. Ce modèle est additif, ce qui signifie que toute couleur est obtenue en ajoutant différentes quantités de rouge, de vert et de bleu qui sont les seules couleurs dont on dispose à la base. Dans cet espace, chaque composante est donc définie par une valeur entre 0 et 1 (ou entre 0 et 255 selon le standard).





L'imagerie numérique/ couleurs

2. L'espace TSL (HSL en anglais)

Système issu des travaux du peintre Albert Munsell (1858-1918).

L'espace colorimétrique TSL (Teinte, Saturation, Luminance) a été développé pour offrir une manipulation intuitive des couleurs et permettre une sélection manuelle facile dans les applications interactives. Il permet de décomposer une couleur en trois critères physiologiques:

La teinte

La luminance

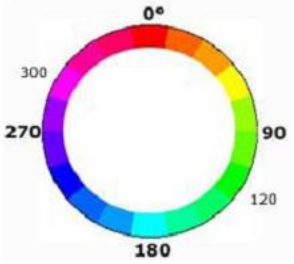
La saturation

L'imagerie numérique/ couleurs

la teinte ($0 \leq T \leq 360$) permet de déterminer la couleur souhaitée à partir des couleurs à disposition (rouge, vert, bleu, cyan, jaune, magenta).

La teinte est exprimée par un nombre qui est sa position angulaire sur le cercle chromatique (à partir du haut, dans le sens horaire).

Original *Teinte + 90°* *Teinte + 180°* *Teinte + 270°*



L'imagerie numérique/ couleurs

la saturation ($0 \leq S \leq 1$) qui correspond à la pureté de la couleur, c'est-à-dire le pourcentage de couleur pure par rapport au blanc. La saturation permet donc de distinguer une couleur vive d'une couleur terne.

La saturation est représentée sur le rayon du cercle, par un pourcentage de pureté : elle est maximale sur le cercle (100%) et minimale au centre (0 = gris).

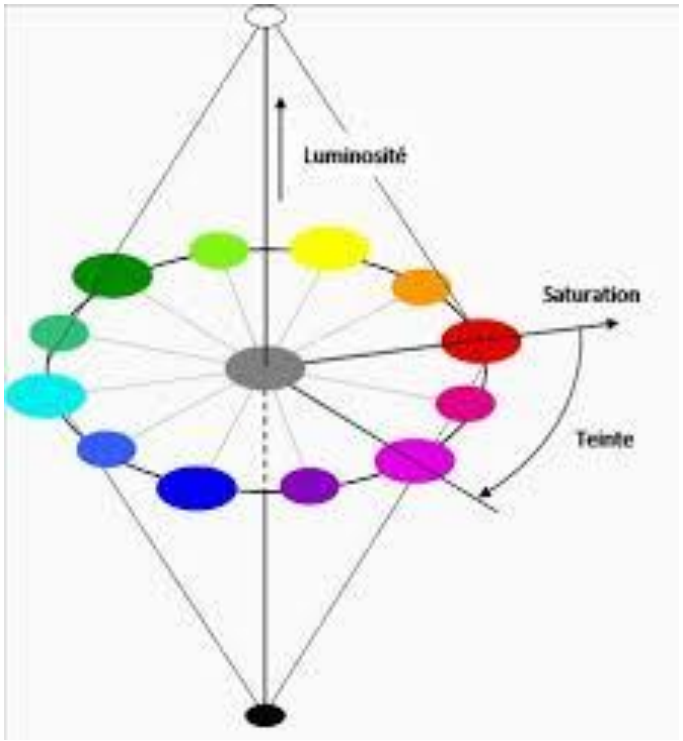
Saturation – 100% | *Saturation – 50%* | *Original* | *Saturation + 50%* | *Saturation + 100%*

L'imagerie numérique/ couleurs

luminance ($0 \leq L \leq 1$) correspondant à la quantité de lumière de la couleur (clair ou sombre), c'est-à-dire la part de noir ou de blanc dans la couleur désirée.

L'imagerie numérique/ couleurs

Le modèle de couleurs TSL est utilisé pour la manipulation de la teinte et de la saturation car il permet de modifier directement ces valeurs (contrairement au modèle RVB). Les trois composantes TSL, et même l'ensemble des couleurs représentables, définissent un cône représenté dans cette figure.



L'imagerie numérique/ couleurs

Le principal avantage de cet espace est que chacune de ses composantes est reliée à une grandeur physique facilement interprétable visuellement. Ainsi augmenter la luminosité d'une couleur se fera uniquement en augmentant la composante L. Cette propriété permet de s'affranchir de la corrélation entre la teinte, la luminance et la saturation et offre ainsi un contrôle plus souple dans la manipulation des couleurs. Ce sont les raisons pour lesquelles l'espace de représentation des couleurs TSL a été retenu.

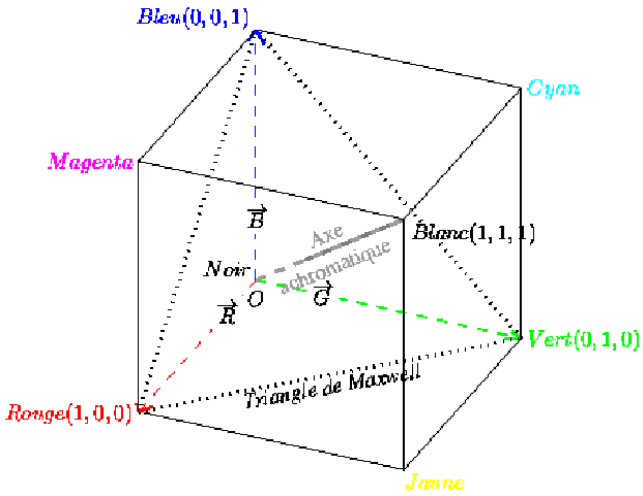
L'imagerie numérique/ couleurs

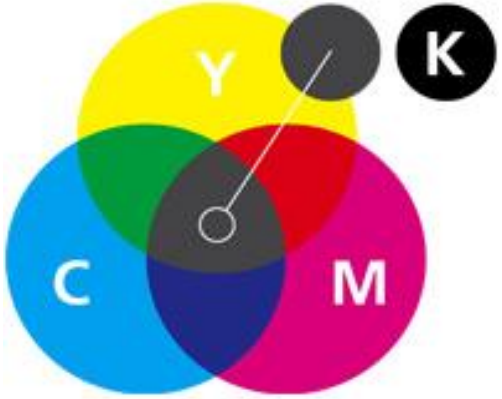
3. L'espace CMJN (CMYK en anglais)

Le modèle CMJ (Cyan, Magenta, Jaune) ou CMY (Cyan, Magenta, Yellow), est le modèle universel pour obtenir des mélanges d'encres, de peintures ou de colorants. Il est basé sur les trois couleurs primaires cyan, magenta et jaune. L'application des couleurs sur un papier utilise la synthèse soustractive, les couleurs primaires ne sont donc pas les mêmes que dans la synthèse additive.

L'imagerie numérique/ couleurs

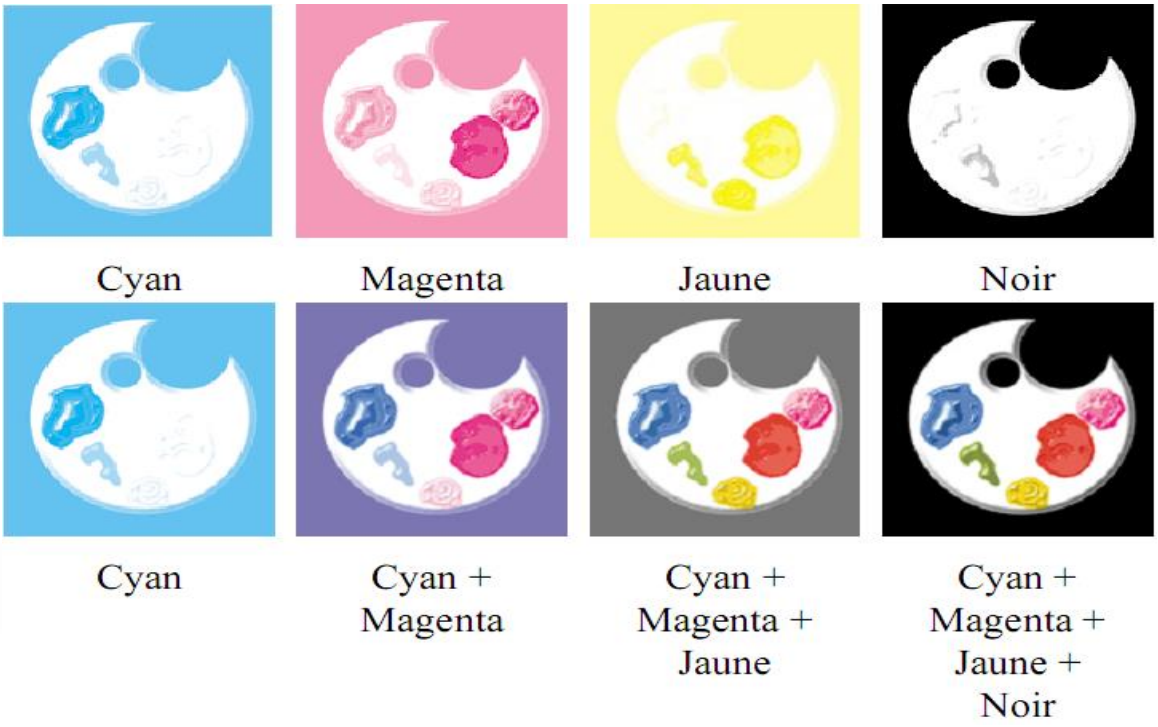
L'absence de ces trois couleurs primaires donne du blanc tandis que leur ajout donne du noir. Toutefois, le noir obtenu par l'ajout des trois couleurs Cyan, Magenta et Jaune n'étant que partiellement noir en pratique (et coûtant cher), c'est pour cette raison que le noir pur (Black) est ajouté comme quatrième couleur pour avoir un noir plus dense. On parle alors du modèle **CMJN** (CMYK). Le modèle CMJN n'est qu'un cas particulier du modèle universel CMJ.





L'imagerie numérique/ couleurs

Les couleurs de base C, M, Y sont en fait des pigments (encres) qui absorbent certaines longueurs d'onde donc certaines couleurs de la lumière blanche (qui contient toutes les couleurs).

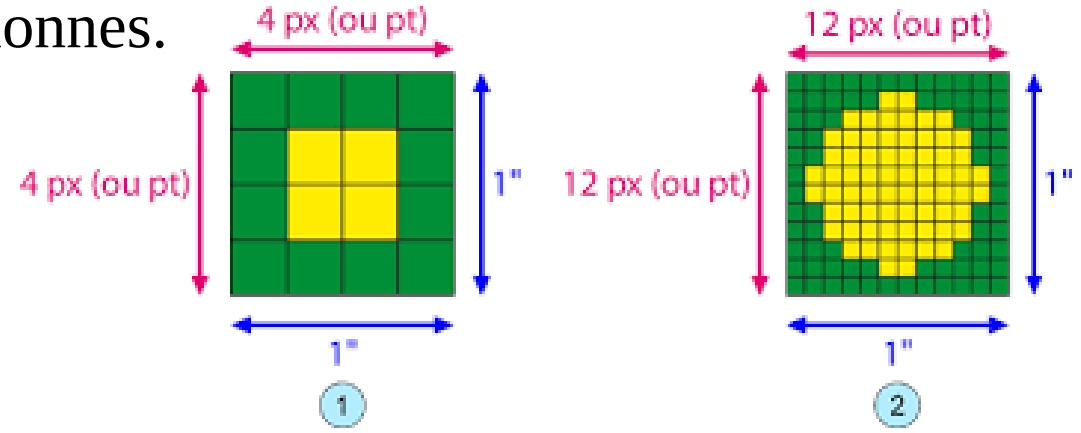


4. Caractéristiques d'une image numérique

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivants:

Dimension

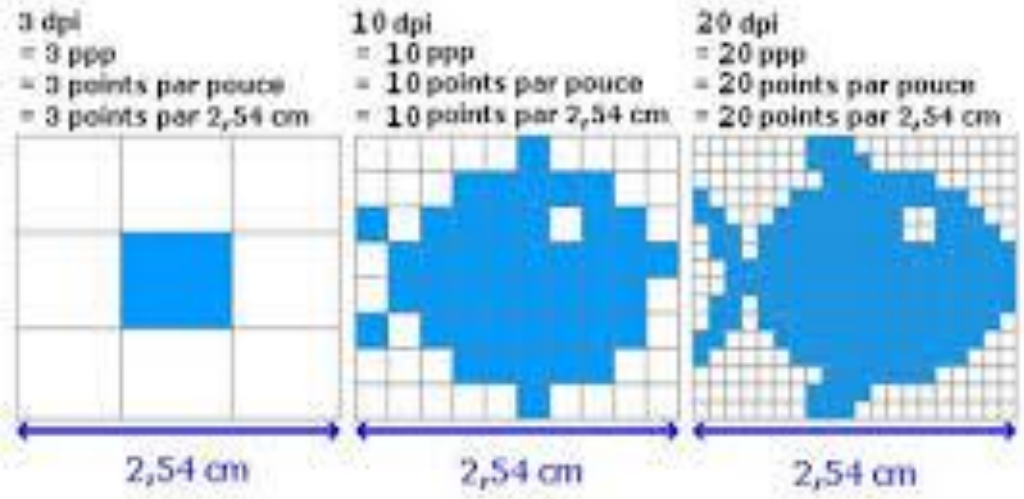
C'est la taille de l'image. Sa dimension en pixels correspond au nombre total de pixels donné par la multiplication de nombre de lignes de cette matrice par le nombre de colonnes.

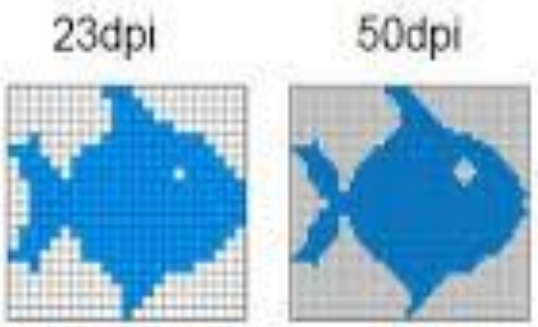


L'imagerie numérique / Caractéristiques

Résolution

C'est la clarté ou le degré de détails atteint par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images. Sur les moniteurs d'ordinateurs, la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de longueur (pouce ou centimètre). Elle s'exprime en dpi (dots per inches) ou ppp (points par pouce). Un pouce = 2,54 centimètres.





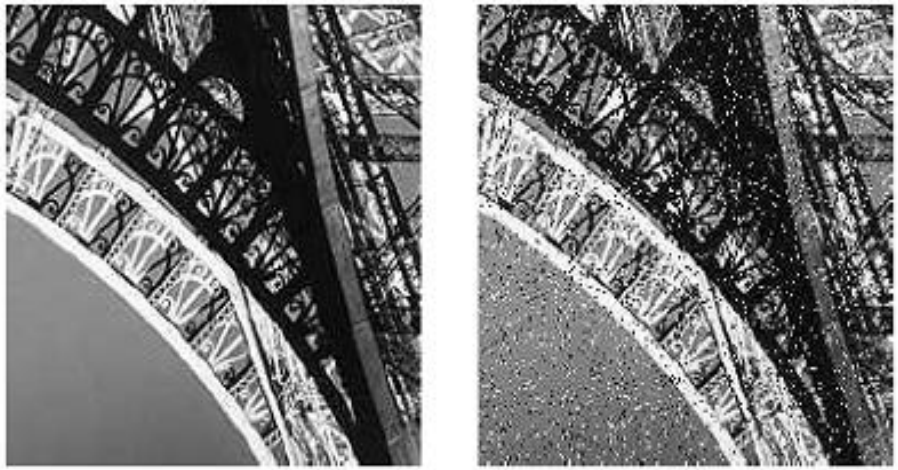
L'imagerie numérique / Caractéristiques

Ce paramètre est défini lors de la numérisation, et dépend principalement des caractéristiques du matériel utilisé lors de la numérisation. Plus le nombre de pixels par unité de longueur de la structure à numériser est élevé, plus la quantité d'information qui décrit cette structure est importante et plus la résolution est élevée.

Une image de résolution élevée compte un plus grand nombre de pixels, elle est donc plus volumineuse qu'une image basse résolution

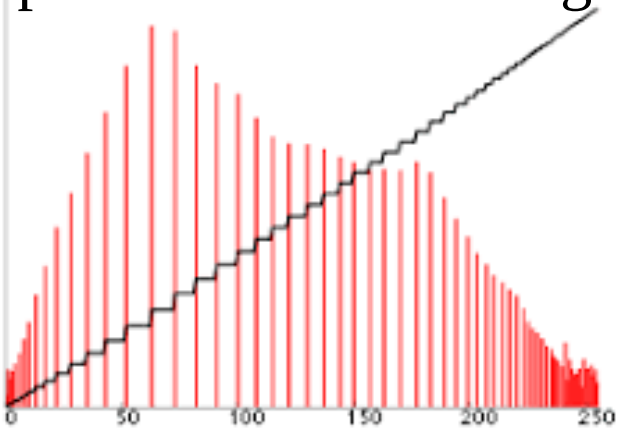
Bruit

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.



Histogramme

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. Il permet de donner un grand nombre d'information sur la distribution des niveaux de gris (couleur) et de voir entre quelles bornes est repartie la majorité des niveaux de gris (couleur) dans le cas d'une image trop claire ou d'une image trop foncée.



L'imagerie numérique / Caractéristiques

Par exemple, soit l'image de 5 pixels par 5 pixels de côté avec des valeurs comprises entre 0 et 4 :

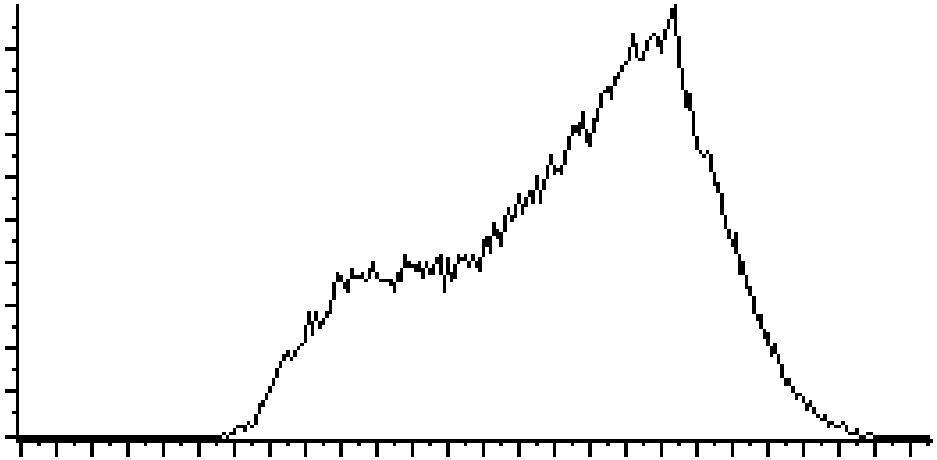
0	1	2	2	3
0	1	2	2	3
0	1	2	2	4
0	1	2	2	4
0	1	2	2	4

Par exemple, soit l'image de 5 pixels par 5 pixels de côté avec des valeurs comprises entre 0 et 4 :

Valeur de niveau de gris	0	1	2	3	4
Nombre de pixels	5	5	10	2	3

L'imagerie numérique / Caractéristiques

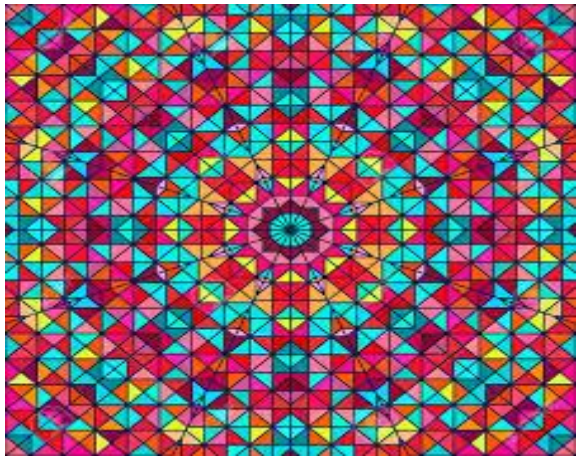
Il peut être utilisé pour améliorer la qualité d'une image (Rehaussement d'image) en introduisant quelques modifications, pour pouvoir extraire les informations utiles de celle-ci. Pour diminuer l'erreur de quantification, pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents, ou encore pour mesurer certaines propriétés sur une image, on modifie souvent l'histogramme correspondant.



Contraste

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image. Le contraste est défini en fonction des luminances de deux zones d'images. Si L1 et L2 sont les degrés de luminosité respectivement de deux zones voisines A1 et A2 d'une image, le contraste C est défini par le rapport

$$C = \frac{L1 - L2}{L1 + L2}$$

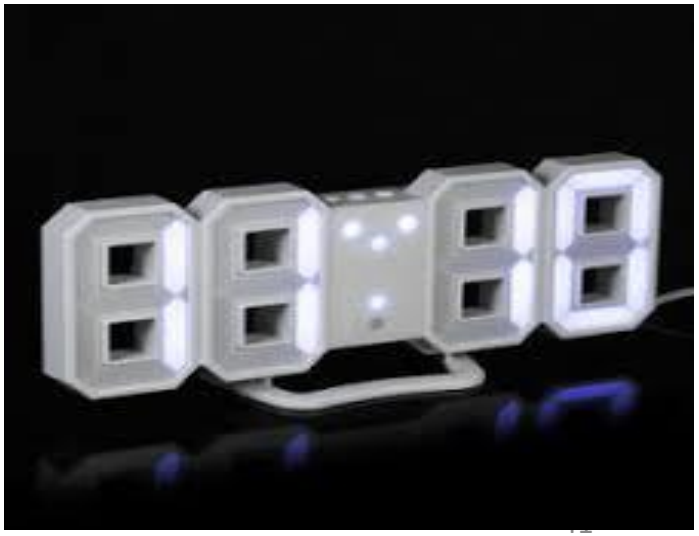


L'imagerie numérique / Caractéristiques

Luminance

C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet. 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.



L'imagerie numérique/ Traitement

Traitement d'images numériques (Image Processing):

• L'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique dans le but de l'améliorer ou d'en extraire des informations.

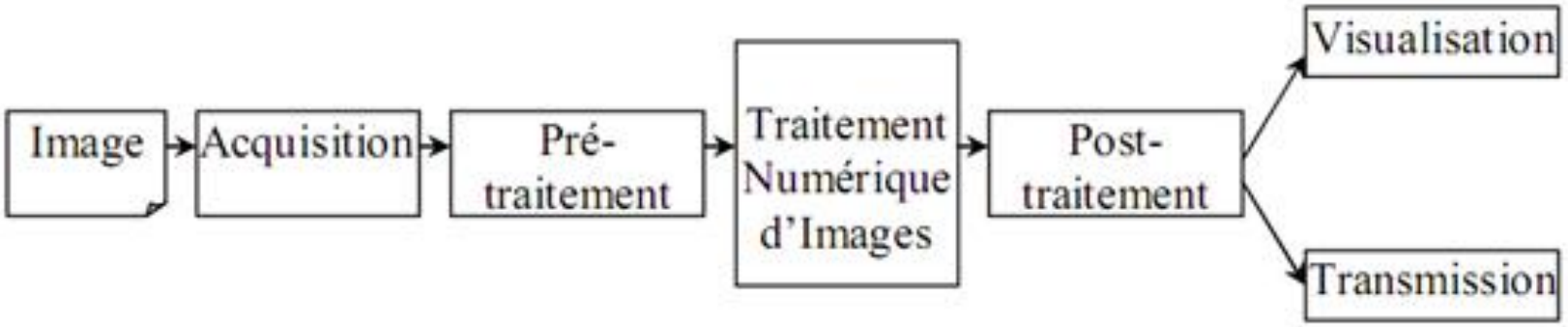
• Est une discipline nouvelle qui s'est développée rapidement grâce à l'émergence des nouvelles technologies de l'information. Il s'appuie notamment sur les mathématiques liées à ***l'information***, le ***traitement du signal***, les ***systèmes électroniques***, et sur l'avancée des capacités de calcul des ***microprocesseurs***, notamment ceux qui sont développés exclusivement pour le traitement de signal et qui offrent de grandes capacité et vitesse de calculs.

L'imagerie numérique/ Traitement

Les traitements envisageables sur les images sont très variés, car les images que nous rencontrons dans notre environnement sont diverses et il n'est bien évidemment pas envisageable de créer un traitement spécifique pour chacune d'entre elles. Il a donc fallu créer une classification non pas en fonction des caractéristiques des images, mais en fonction de l'objectif du traitement.

L'imagerie numérique/ Traitement

Un système de traitement numérique d'images est composé de :



L'imagerie numérique/ Traitement

Quatre types de domaines d'application du traitement d'images numériques se distinguent :

- la restauration et l'amélioration d'images,
- l'analyse d'images,
- le codage avec compression d'information,
- la synthèse d'images.

Dans un premier temps, la description de ces quatre fonctions principales permettra de mieux appréhender ce qu'est le traitement d'images.

1. L'amélioration et la restauration :

Le traitement effectué sur une image observée **I**, qui donnera en sortie l'image transformée **T**, doit permettre d'exploiter l'information contenue dans **T** de manière plus efficace que l'information dans l'image directement observée **I**. Dans le cas d'une modification des caractéristiques de présentation de l'image, on parlera de «traitement d'amélioration», alors que dans le cas d'une inversion partielle du phénomène de dégradation on parlera de « traitement de restauration » (exemple : le filtrage).

L'imagerie numérique/ Traitement

2 L'analyse :

Il s'agit de décrire partiellement ou complètement la scène à partir de l'image observée (objets présents, dimensions, position dans l'espace, …).

Classiquement ce processus d'analyse se décompose en 3 phases successives :

- ✓ prétraitement et extraction des traits caractéristiques,
- ✓ classification et reconnaissance de formes,
- ✓ description de l'image et, éventuellement, interprétation.

3. Le codage avec compression d'information

La représentation de base d'une image numérique correspond à un tableau 2-D rectangulaire d'éléments appelés pixels. Il faut donc mémoriser un grand nombre de pixels. Pour une simple image monochrome (en niveaux de gris), il faut mémoriser typiquement 512×512 pixels (soit 256 000 pixels) et 8 bits par pixel pour obtenir une bonne résolution (8 bits pour coder un pixel, ce qui donne par pixel un nombre de $2^8 = 256$ valeurs possibles). Pour des images couleurs de haute résolution, et pour des images animées le nombre de bits nécessaires à la représentation de base devient vite très important pour mémoriser ou transmettre.

L'imagerie numérique/ Traitement

Le codage d'une image a donc pour but d'obtenir une représentation qui ne nécessite qu'un nombre très réduit de bits en comparaison de l'image de base. Pour mesurer cette réduction, on utilise le taux de compression défini par :

$$Taux = \frac{Nombre\ de\ bits\ pour\ la\ représentation\ de\ l'image\ de\ base}{Nombre\ de\ bits\ pour\ la\ représentation\ de\ l'image\ aprés\ codage}$$

Ce taux doit être supérieur à 1 pour effectuer vraiment une compression.

L'imagerie numérique/ Traitement

Si on souhaite une reconstruction exacte de l'image après décodage, il faut alors utiliser un codage réversible (compression sans perte). Ceci génère une contrainte telle que le taux de compression est très souvent peu élevé. Pour augmenter significativement le taux de compression, il suffit de se contenter d'une représentation visuellement exacte (compression avec perte). Dans ce cas, l'œil ne distingue aucune différence entre l'image d'origine et l'image reconstituée après décodage. De plus, la complexité du codage et du décodage doit être limitée.

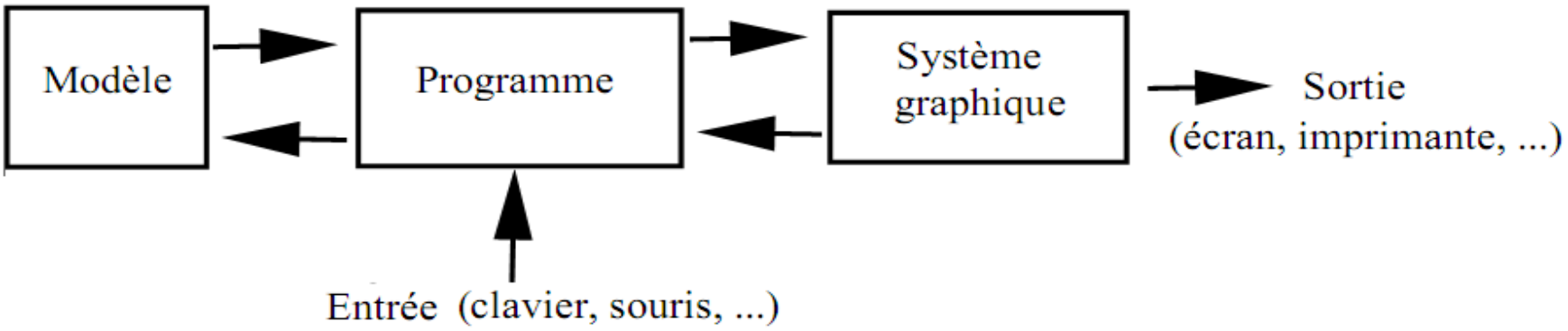
L'imagerie numérique/ Traitement

Le codage d'une image numérique implique donc de chercher un juste équilibre pour obtenir un taux de compression assez important afin de faciliter la mémorisation et la transmission, mais suffisamment bas pour ne pas engendrer de dégradations gênantes, tout en gardant à l'esprit que la complexité du décodage doit être maîtrisée.

L'imagerie numérique/ Traitement

4. La synthèse (Computer Graphics) :

Le but est d'utiliser un ordinateur pour générer une image qui ressemble à l'image de la scène simulée, à partir d'une description de la scène, des objets qui la composent, des caractéristiques de l'éclairement (incidence, intensité, …). Cette scène reconstruite peut être ressemblante à la réalité ou purement imaginaire. l'utilisateur peut contrôler les attributs de l'image synthétisée à l'aide d'un périphérique d'entrée interactif (souris, crayon optique, clavier, ...).



L'imagerie numérique/ Traitement

Les premières applications liées aux images de synthèse furent d'abord orientées vers les simulateurs d'entraînement (vol, engins terrestres, …) puis se sont amplement diversifiées (audiovisuel, cinéma, art, …).

Les différentes phases de la synthèse d'une image :

1. Modélisation : représentation mathématique des objets de la scène.
2. Gestion du modèle : ce qui doit être vu et comment cela doit apparaître.
3. Production d'une image : rendu à partir de la description du modèle.

Prétraitement d'images

Cette phase a lieu juste après l'acquisition des images et a pour objectif d'améliorer la qualité de l'image en vue de sa segmentation.

Les techniques de ***prétraitements*** les plus courantes sont :

- La modification d'histogramme,
- La réduction du bruit par filtrage,

1 Modification d'histogramme

L'histogramme d'une image h(x) est la fonction qui indique pour chaque valeur d'intensité x entre le noir (0) et le blanc (255), le nombre de pixels dans l'image ayant cette valeur. La répartition des composantes d'image dans l'histogramme est comme suit, les pixels sombres apparaissent à gauche de l'histogramme, les pixels clairs à droite de l'histogramme et les pixels gris au centre de l'histogramme.

NB : Pour les images couleurs, plusieurs histogrammes sont utilisés:

- L'histogramme des luminances
- Les 3 histogrammes de chacune des composantes R,V,B

L'imagerie numérique/ Prétraitement

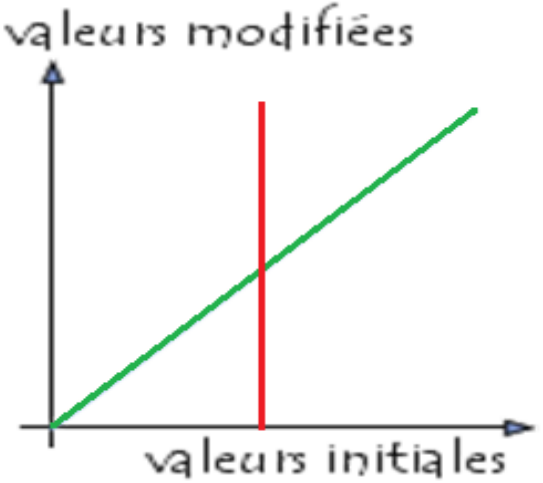
L'histogramme permet également de corriger le contraste et l'échelle des couleurs pour des images surexposées (claire) ou sous-exposées (sombre). En outre sa modification rend l'image plus ou moins visible.

La modification d'un histogramme est généralement représentée sur une courbe (appelée courbe tonale) indiquant la modification globale des niveaux de gris de l'image. Elle indique pour chaque niveau de gris quelle sera sa valeur finale après modification : en abscisse (axe x) les valeurs initiales (entre 0 et 255) et en ordonnée (axe y) les valeurs après modification (entre 0 et 255).

L'imagerie numérique/ Prétraitement

La courbe tonale correspond à une fonction de transfert définie par une table de transcodage appelé look up table, notée LUT.

Ainsi la diagonale indique la courbe telle que les valeurs initiales sont égales aux valeurs finales, c'est-à-dire lorsque aucune modification n'a eu lieu. Les valeurs à gauche de la valeur moyenne sur l'axe des abscisses représentent les pixels "foncés" tandis que ceux à droite représentent les pixels "clairs".

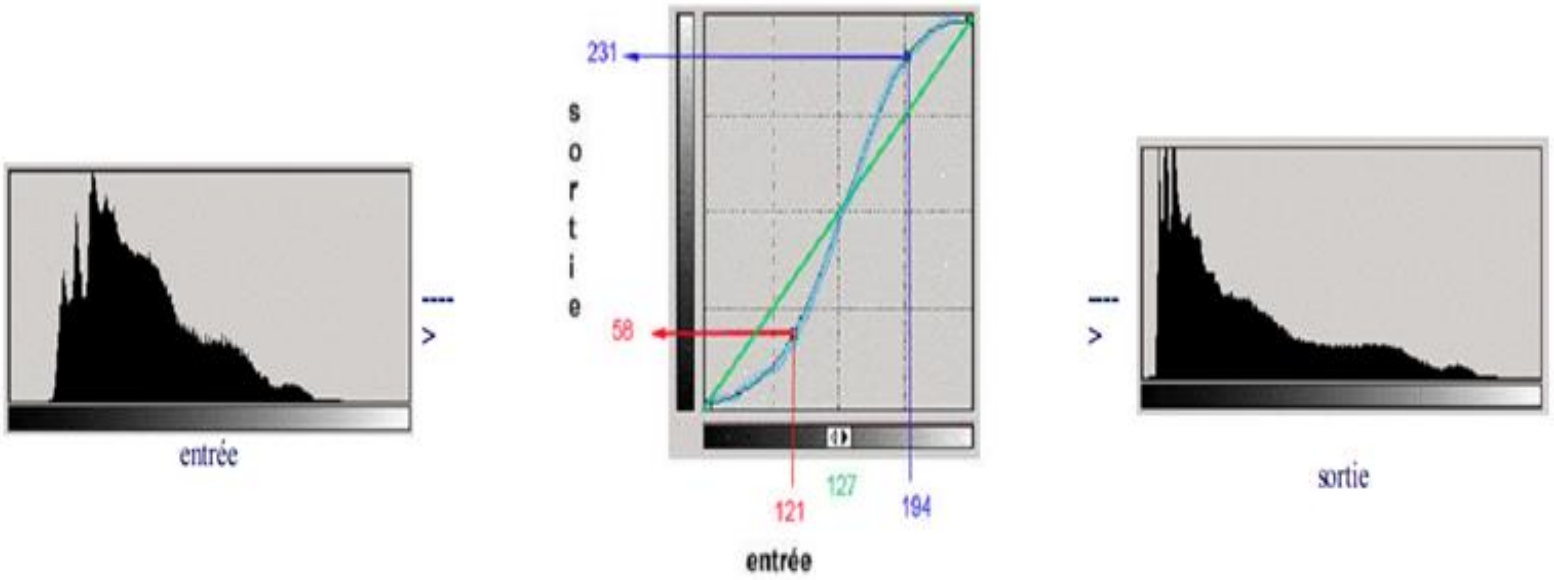


L'imagerie numérique/ Prétraitement

Ainsi, les pixels sombres (entre 0 et 127), c'est à dire dans la partie à gauche de la courbe, diminuent de valeur, alors que les pixels clairs (entre 128 et 255), augmentent de valeur. Par exemple le pixel gris de valeur 121 prendra en sortie la valeur 58 (gris foncé) et le pixel gris clair de valeur 194 prendra en sortie la valeur 231, gris plus clair.

Donc, lorsque la courbe de modification de l'histogramme se trouve en dessous de la diagonale, les pixels diminuent de valeur, donc deviennent plus sombres et inversement, lorsque la courbe est au-dessus de la diagonale, les pixels augmentent de valeur et deviennent plus clairs.

L'imagerie numérique/ Prétraitement



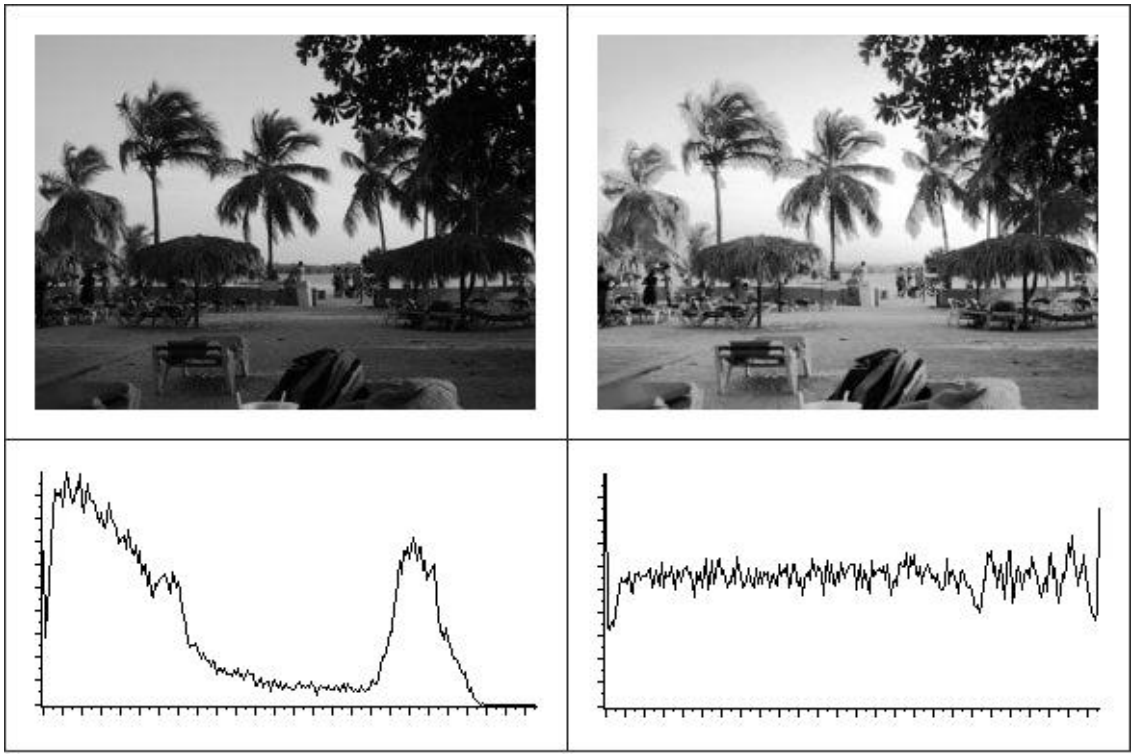
Egalisation d'histogramme

L'égalisation réalise une correction automatique de l'échelle des niveaux de gris de l'image, en fonction de son histogramme.

L'égalisation d'histogramme a pour but d'harmoniser la répartition (répartir uniformément) des niveaux de luminosité de l'image, de telle manière à tendre vers un même nombre de pixel pour chacun des niveaux de gris. Cette opération vise à augmenter les nuances dans l'image.

L'égalisation d'histogramme permet de mieux répartir les intensités sur l'ensemble de la plage de valeurs possibles, en « étalant » l'histogramme.

L'imagerie numérique/ Prétraitement



L'imagerie numérique/ Prétraitement

La courbe tonale correspondant à l'égalisation de l'histogramme dépend totalement de l'image.

L'exemple d'égalisation ci-dessus a été réalisé en mode RVB

image d'origine

image après égalisation

Etirement de l'histogramme

Il arrive que certaines images réelles soient trop sombres ou trop claires, un petit peu comme la suivante dans un cas extrême :

Donc, l'histogramme de cette image se retrouve tout aplati dans la zone des valeurs sombres :

Cela s'explique par le fait que dans cette image, les niveaux de gris n'occupent pas tout l'intervalle des valeurs qu'ils peuvent prendre.

L'imagerie numérique/ Prétraitement

L'étirement d'histogramme (aussi appelé "**linéarisation d'histogramme**" ou "**normalisation d'une image** ") consiste à répartir les fréquences d'apparition des pixels sur la largeur de l'histogramme (c'est-à-dire de 0 à 255). Ainsi il s'agit d'une opération consistant à modifier l'histogramme de telle manière à répartir au mieux les intensités sur l'échelle des valeurs disponibles. Ceci revient à étendre l'histogramme afin que la valeur d'intensité la plus faible "min" soit à zéro et que la plus haute "max" soit à la valeur maximale.

Pour faire simple, il s'agit d'appliquer une règle de trois aux pixels de l'image. Cette règle de proportionnalité est donnée par la formule suivante :

$$dst(x,y) = \frac{(src(x,y) - min) \times 255}{(max - min)}$$

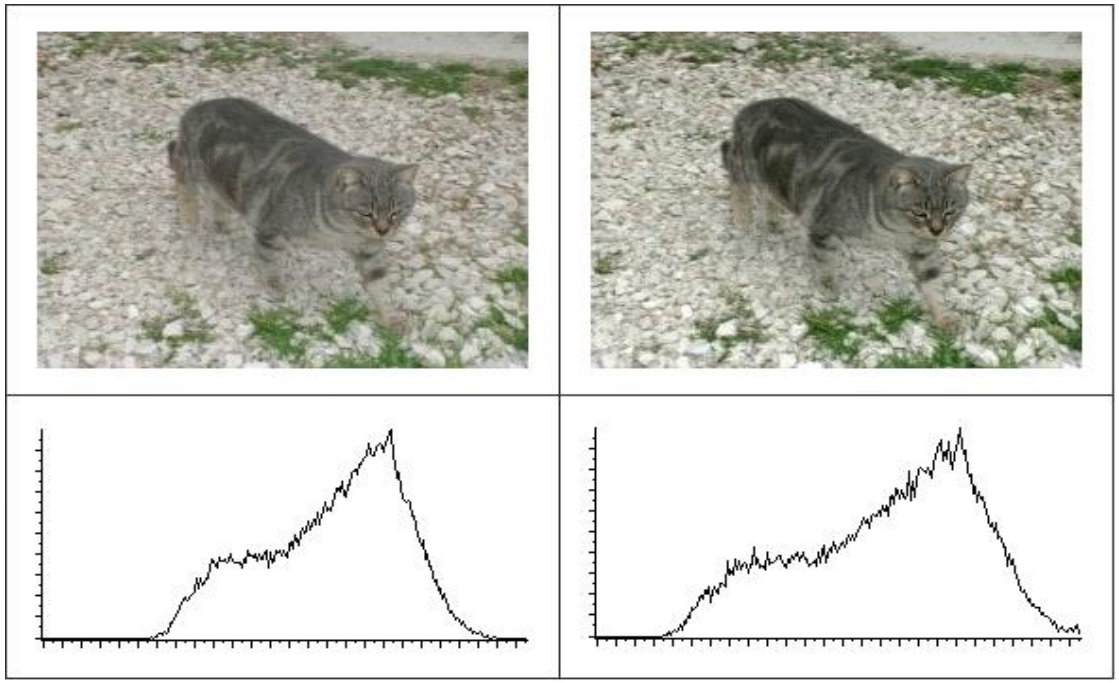
De cette façon, si les valeurs de l'histogramme sont très proches les unes des autres, l'étirement va permettre de fournir une meilleure répartition afin de rendre les pixels clairs encore plus clairs et les pixels foncés proches du noir.

L'imagerie numérique/ Prétraitement

Voici le résultat que vous devriez obtenir :

Il est ainsi possible d'augmenter le contraste d'une image. Par exemple une image trop foncée pourra devenir plus "visible". Toutefois cela ne donne pas toujours de bons résultats...

La figure ci-dessus représente un autre exemple d'étirement d'histogramme



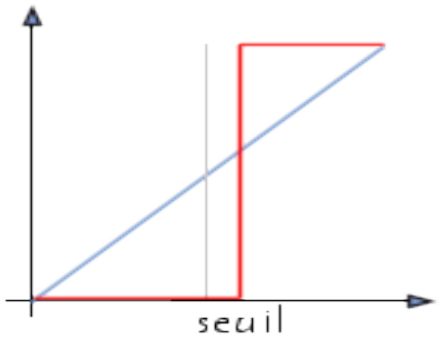
Seuillage

L'opération dite de "seuillage simple" consiste à mettre à zéro tous les pixels ayant un niveau de gris inférieur à une certaine valeur (appelée seuil, en anglais treshold) et à la valeur maximale les pixels ayant une valeur supérieure. Ainsi le résultat du seuillage est une image binaire contenant des pixels noirs et blancs, c'est la raison pour laquelle le terme de binarisation est parfois employé. Toutefois la difficulté réside dans le choix du seuil à adopter.

L'imagerie numérique/ Prétraitement

Voici une image en 256 niveaux de gris et les résultat d'une opération de seuillage avec les valeurs respectives de seuil de 125 et 200 :

La courbe tonale de l'opération de seuillage est la suivante :



2- Réduction du bruit par filtrage

Le bruit peut provenir de différentes causes :

- Environnement lors de l'acquisition,
- Qualité du capteur,
- Qualité de l'échantillonnage.

Pour la réduction de bruit plusieurs filtres sont utilisés. Un filtrage est un traitement qui s'applique globalement à toute l'image.

Pour chaque pixel de l'image, le filtre calcule sa nouvelle valeur en tenant compte du voisinage du pixel.

L'imagerie numérique/ Prétraitement

Un filtre est caractérisé par :

1. la forme du voisinage (généralement un carré centré sur le pixel)
2. la taille (ou rayon) du voisinage,
3. l'algorithme de calcul de la valeur finale

Exemples de calcul sur les valeurs du voisinage :

1. somme ou différence des valeurs
2. max ou min de valeurs
3. calcul conditionnel : incluant des tests sur les valeurs

L'imagerie numérique/ Prétraitement

Image initiale

Bruit Poivre & Sel

Moyenne V8

Min V8

Max V8

Médian V8

L'imagerie numérique/ Prétraitement

Les filtres sont divisés en deux catégories :

- Filtres linéaires stationnaires
- Filtres non linéaires stationnaires.

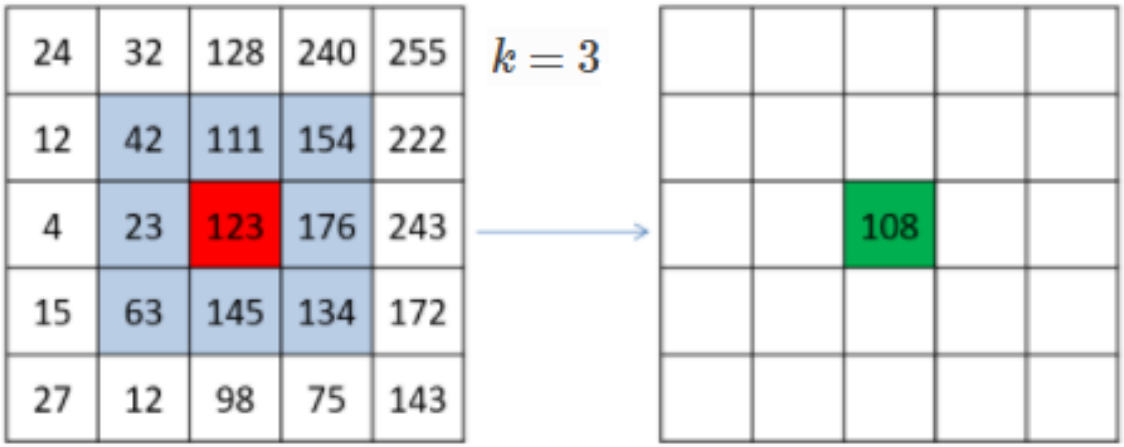
La première catégorie comprend tous les opérateurs pouvant exprimer leur résultat comme une combinaison linéaire des niveaux de gris d'un voisinage de l'image. Ces filtres possèdent des caractéristiques spectrales, on parle ainsi de filtre passe-bas (l'image devient floue) ou de filtre passe-haut (les contours ressortent).

L'imagerie numérique/ Prétraitement

Voici quelques exemples de filtres réducteurs de bruit :

- **Moyenneur** : Ce filtre attribue au pixel la moyenne des valeurs dans le voisinage.

$$h = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

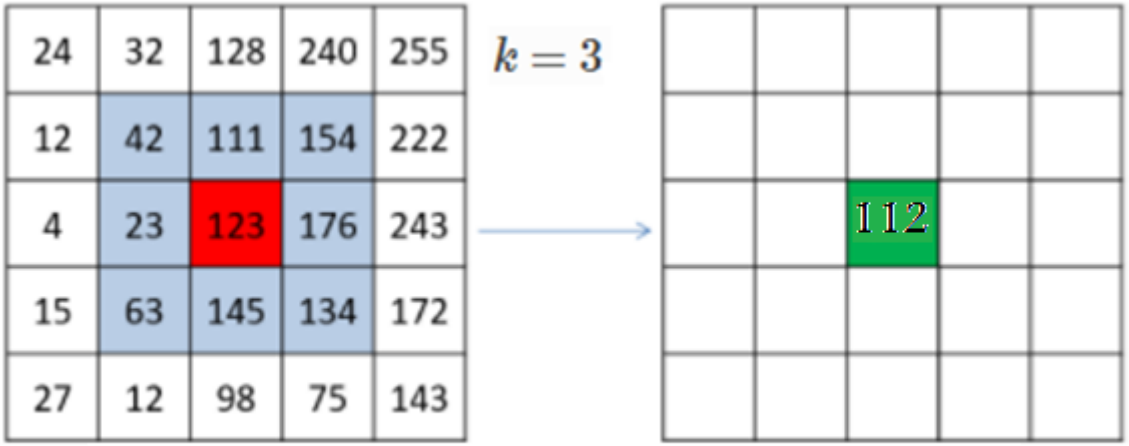


$$\frac{42+111+154+23+123+176+63+145+134}{9} = 108$$

L'imagerie numérique/ Prétraitement

- **Gaussien** : Ce filtre réalise une moyenne pondérée des valeurs dans le voisinage, avec un poids fort au centre du voisinage et faible à la périphérie.

$$h = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\frac{42+111 \times 2+154+23 \times 2+123 \times 4+176 \times 2+63+145 \times 2+134}{16} = 112$$

L'imagerie numérique/ Prétraitement

- **Laplacien** : Ce filtre réalise une moyenne pondérée des valeurs dans le voisinage, avec un poids faible au centre du voisinage et fort à la périphérie.

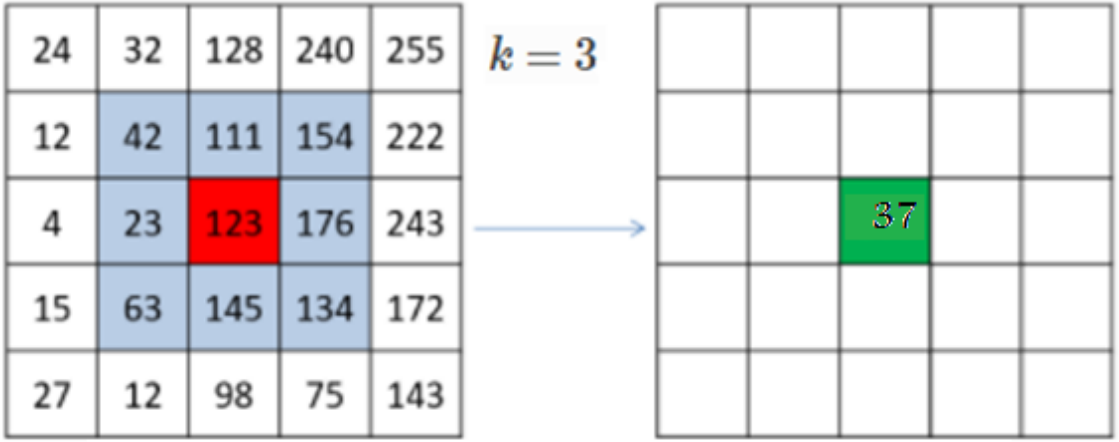
$h =$

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	4	-2
1	-2	1

0	1	0
1	-4	1
0	1	0



Le principal inconvénient des filtres linéaire est que la réduction de bruit s'accompagne d'un étalement des transitions entre régions. Ce problème peut être surmonté par l'utilisation des filtres non linéaires.

Le domaine de ***filtrage non linéaire*** est extrêmement vaste. Les opérateurs les plus courants en prétraitement d'images sont:

- Les filtres médian,
- Les filtres Nagao

L'imagerie numérique/ Prétraitement

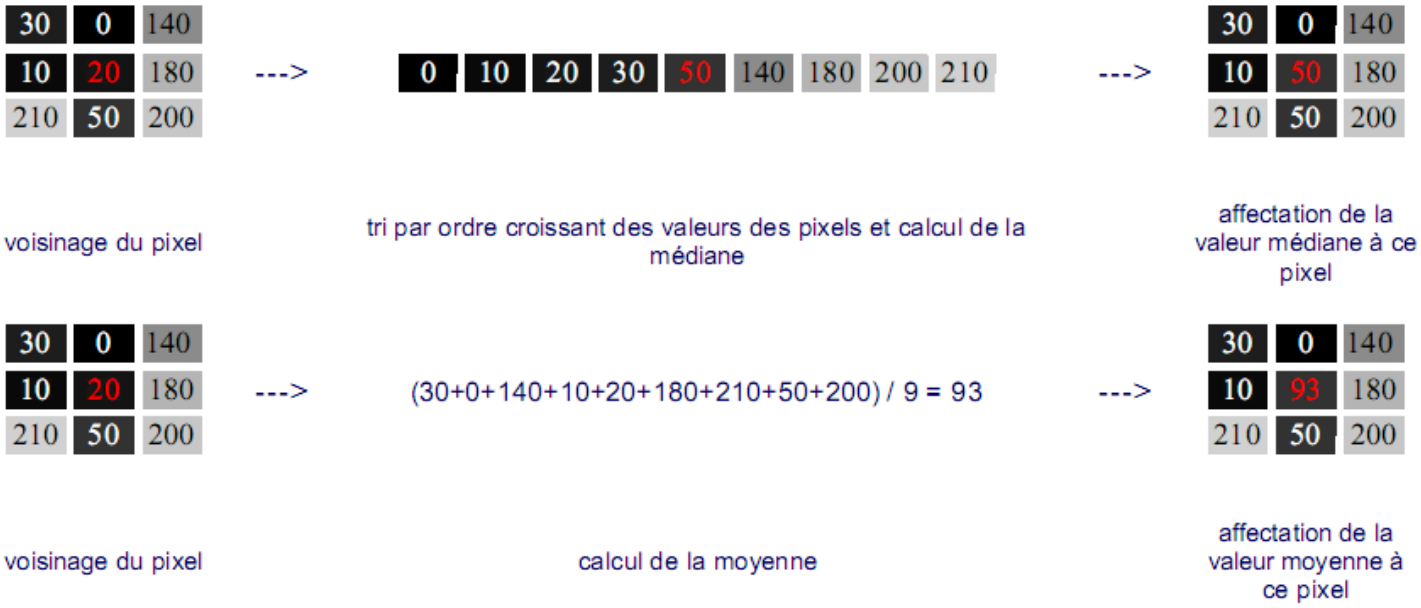
Filtre médian : Ce filtre permet de supprimer les pixels isolés, c'est à dire qu'un pixel isolé, de niveau très supérieur ou très inférieur à ses voisins, est remplacé par un pixel du même niveau que l'un de ses voisins.

Le principe de calcul de filtre médian est :

1. trier les valeurs du voisinage par ordre croissant.
2. sélectionner la médiane des valeurs
3. attribuer cette valeur médiane au niveau de sortie

L'imagerie numérique/ Prétraitement

L'exemple ci-dessus représente une comparaison entre le filtre médian et le filtre moyenneur.



L'imagerie numérique/ Prétraitement

L'exemple suivant montre que le filtre médian n'abime pas les contours par rapport au filtre moyenneur.

10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130

filtre moyenneur ---> le contour est flou

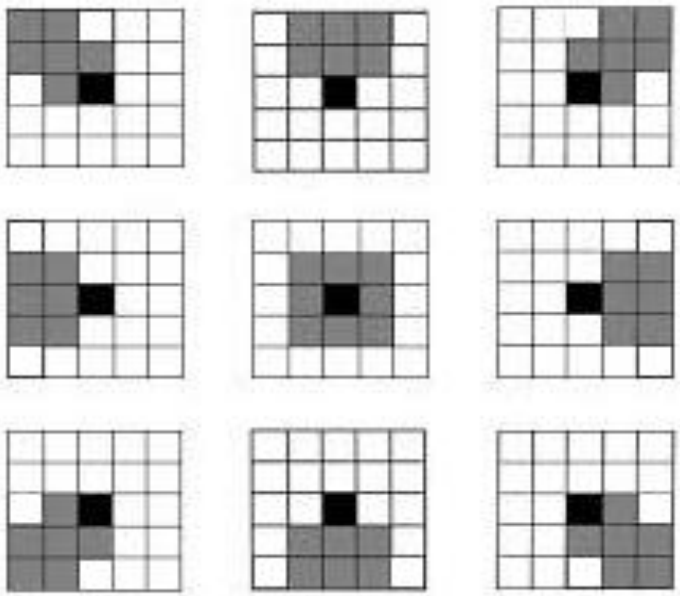
10	10	50	90	130	130
10	10	50	90	130	130
10	10	50	90	130	130
10	10	50	90	130	130
10	10	50	90	130	130
10	10	50	90	130	130

filtre médian ---> le contour est conservé

10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130
10	10	10	130	130	130

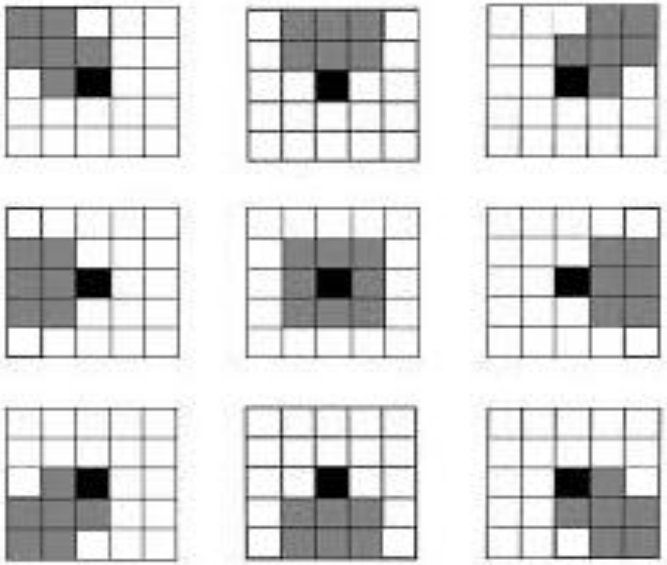
L'imagerie numérique/ Prétraitement

Les filtres de Nagao : Ce filtrage a été présenté par M. Nagao et T. Matsuyama en 1979. Le principe de ce filtrage est de remplacer le niveau de gris de chaque pixel de l'image par la valeur moyenne des niveaux de gris du voisinage le plus homogène (variance minimale).

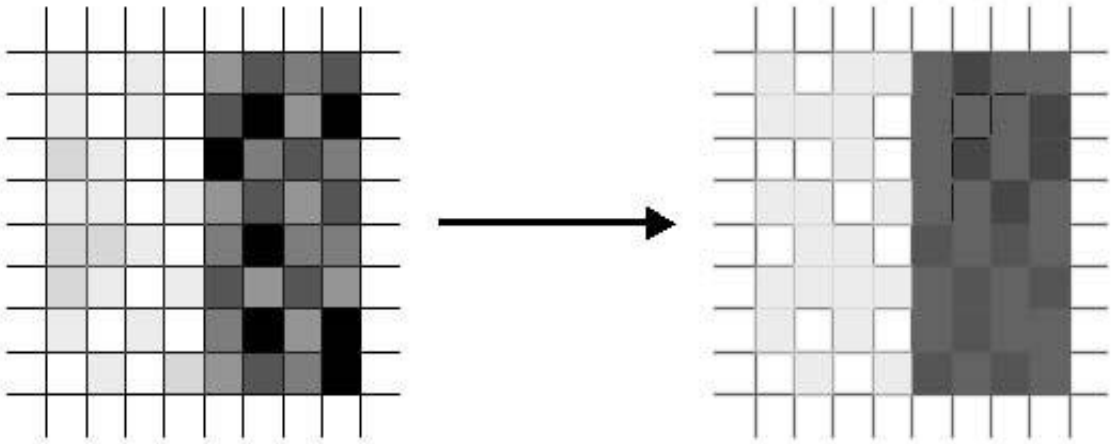


L'imagerie numérique/ Prétraitement

Dans une fenêtre de taille 5x5 centrée sur le pixel à modifier, 9 domaines sont définies. On calcule pour chaque domaine Di la moyenne Mi et la variance Vi. Il s'agit de choisir le domaine de plus petite variance, implique que cette moyenne est faite sur une zone relativement homogène.



L'imagerie numérique/ Prétraitement

L'imagerie numérique/ Prétraitement

L'avantage de ce type de filtre est qu'il conserve les contours : un pixel proche d'un contour sera remplacé par une valeur homogène à la zone à laquelle il appartient, et non pas par une valeur moyenne entre la zone à laquelle il appartient et celle de l'autre côté du contour.