

*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
Faculté d'Electronique et d' Informatique
Département d'Informatique*

Traitement et Analyse d'images et de la vidéo

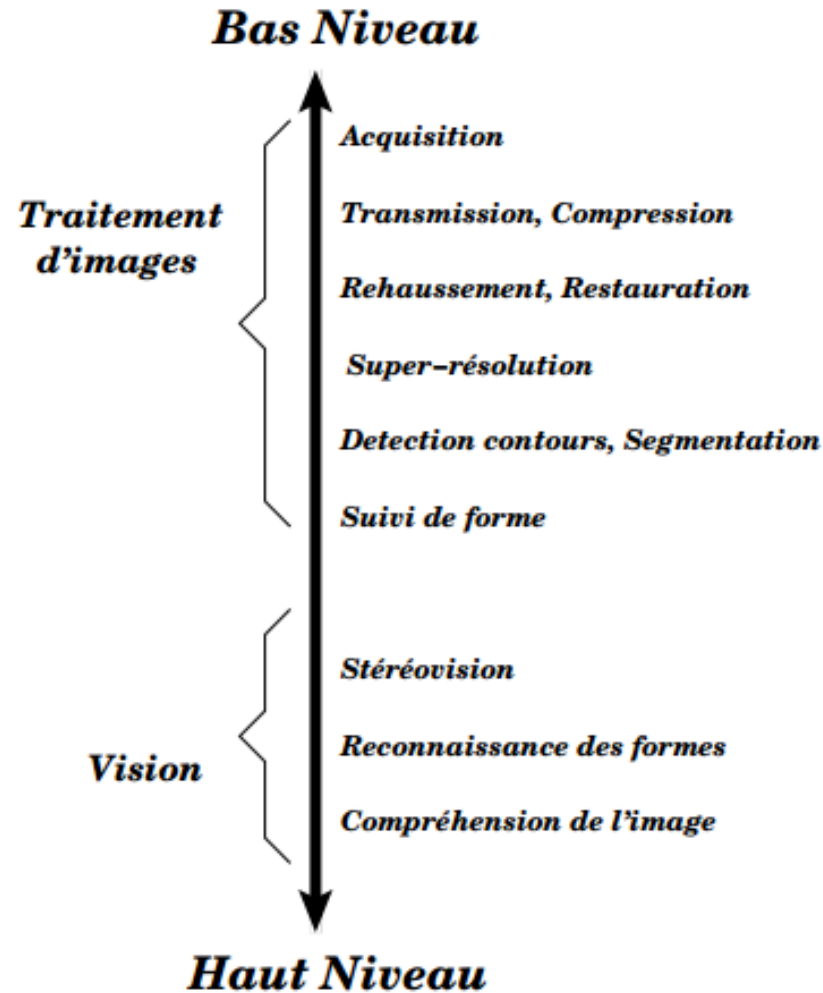
Master Informatique Visuelle

Chapitre 1

Formation et Transformation de l'Image

Cours de Traitement et Analyse d'images et de la vidéo
Master MIV, TAI- par N.BAHA

Introduction



Introduction

- Ce cours décrit le processus qui
 - permet d'obtenir une image,
 - sa formation et sa numérisation par un dispositif d'acquisition.
 - **Il présente les différentes représentations informatiques qui vont permettre de traiter l'image.**
 - **Il détaille ensuite les transformations qui peuvent être appliquées à l'image en vue de l'améliorer ou de corriger ses défauts.**

Introduction

- Les applications liées à l'imagerie numérique et au multimédia sont en forte progression dans des secteurs aussi variés que
 - Le domaine médical,
 - L'authentification de personnes par imagerie,
 - La visualisation de phénomènes complexes par réalité virtuelle,
 - La synthèse d'images pour la création cinématographique,
 - Les jeux vidéos, etc.
- Le traitement d'images regroupe l'ensemble des processus visant à **améliorer les caractéristiques d'une image.**

Introduction

But du traitement d'Image

- Transformer les images numériques
 - Modifier visuellement l'aspect
 - Restauration, amélioration
 - Extraction de contours, primitives
 - Permettre l'analyse d'images
 - Extraire des informations symboliques
 - Reconnaître des formes

Historique du Traitement d'Images

- Traitement d'image et vision sont des disciplines relativement jeunes (~années 60) et qui évoluent rapidement. Elles sont en plein essor et donnent lieu chaque année à une multitude de travaux, académiques, technologiques, industriels.
- Cette expansion s'explique par la difficulté du domaine :
 - Complexité algorithmique dû aux énormes volumes de données,
 - Caractère mal posé des problèmes,
 - Difficultés à formaliser une faculté biologique « évidente ».

Historique du Traitement d'Images

- D'autre part, l'engouement pour ces disciplines s'explique par la multiplication permanente d'applications et d'enjeux industriels dans des domaines aussi variés que :
 - Médecine,
 - Télécommunications,
 - Automobile,
 - Météorologie,
 - Défense,
 - Jeux vidéo,
 - Art, écologie...

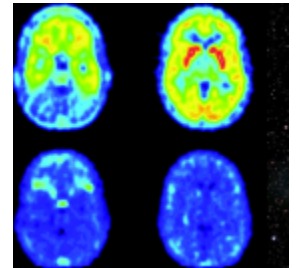
Sources d'Imagerie

Comment se fait l'acquisition d'images

- **Le spectre électromagnétique non visible**

- **L'imagerie par rayons gamma:**

- Utilisée principalement en médecine pour détecter les infections, tumeurs: tomographie (PET : Positron Emission Tomography)

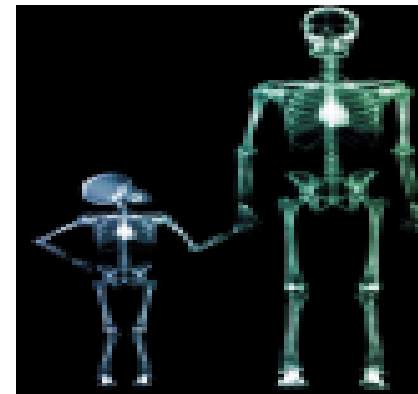


Sources d'Imagerie

➤ L'imagerie par rayons X

Rayons pénétrant la “matière molle”. Elle est utilisée principalement en Médecine : par exemple, pour localiser les pathologies (infections, tumeurs).

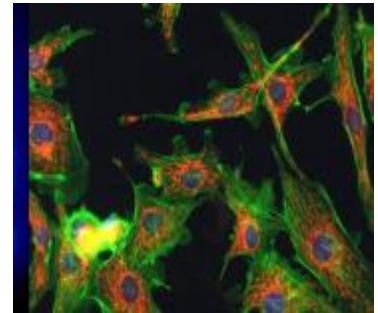
On trouve la radiographie, angiographie, scanner (CT) Industrie, astronomie



Le spectre électromagnétique non visible

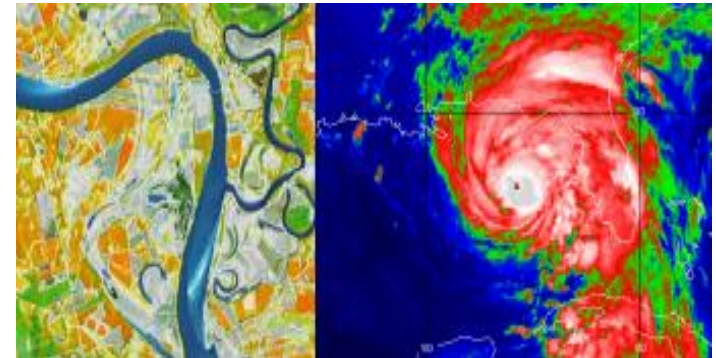
➤ L'imagerie ultra-violet

- L'ultra-violet n'est pas visible
- Elle est utilisée principalement en : Microscopie : différentes fluorescences pour mettre en valeur différentes zones d'une même image: Astronomie, biologie, ...



➤ L'imagerie infra-rouge

- Utilisés principalement en :
 - Télédétection : prévisions météo, cartographie, agriculture, géologie ...
 - Microscopie, industrie ...
 - Photographie, vidéo, ...



Le spectre électromagnétique non visible

➤ Imagerie dans la bande micro-ondes:

Utilisée principalement en imagerie radar pour voir des zones inaccessibles exemple les nuages.



➤ Imagerie par ultrason:

Utilisée principalement en médecine et géologie:



➤ Imagerie dans la bande Radio

- Utilisée principalement en médecine (IRM: Imagerie par Résonance Magnétique).
- Astronomie

Le spectre électromagnétique visible

➤ Les images de la vie courante

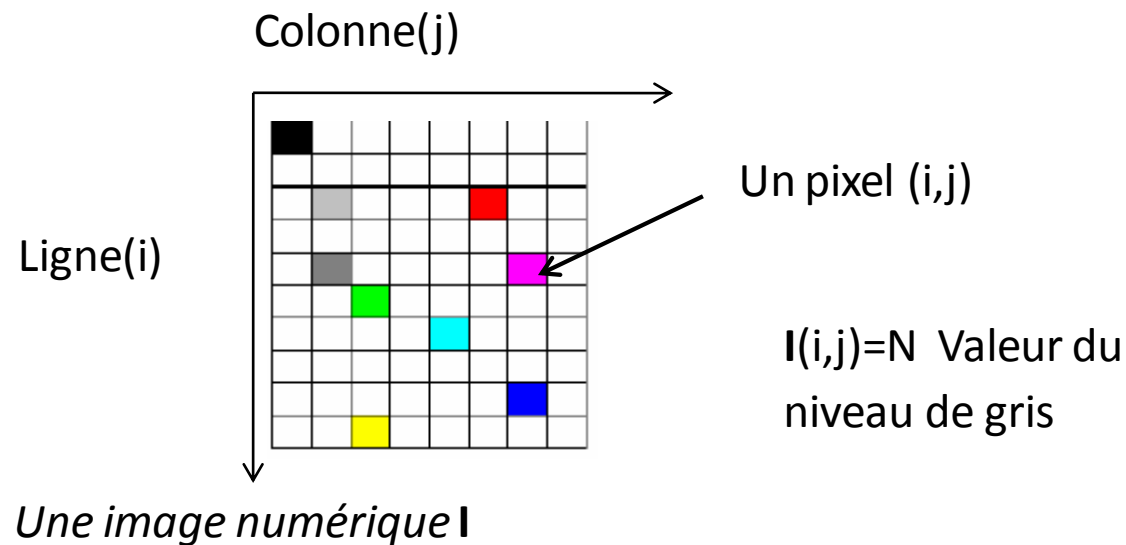
Photos, Images Naturelles

Qu'est-ce qu'une image ?

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

Définition et Représentation de l'image

- Une image est une fonction qui associe en un point donné une valeur (niveau de gris) qui dépend de la quantité de lumière: $f(x,y)$ pour tout (x,y) de l'image.
- L'image analogique obtenue par le système d'acquisition ne peut pas être stockée: Le signal analogique est continu.



Représentation d'une Image Numérique

Représentation matricielle :

- Sous forme d' une matrice

$$f = [0, \dots, N - 1] \times [0, \dots, M - 1]$$

- La largeur de l'image est donnée par la nombre de colonnes M de f ,
- La hauteur par le nombre de lignes N
- Le pixel au croisement de la ligne i et de la colonne j est désigné par $f(i, j)$.

Représentation vectorielle :

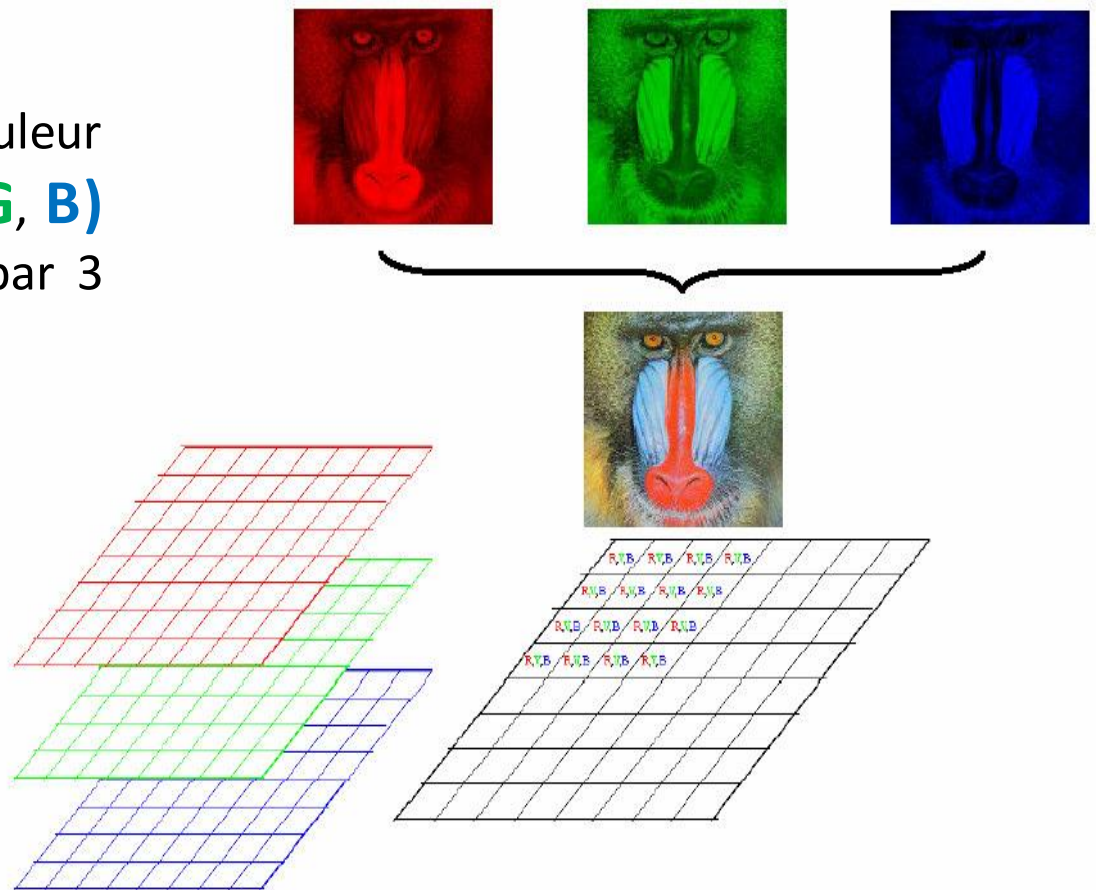
- Sous forme d'un vecteur :
- Les lignes de l'image sont juxtaposées de manière à former un vecteur

$$v = [0, \dots, M \times N - 1] \text{ la composante}$$

Le pixel (i, j) correspond à $v[iM + j]$

Définition et Représentation de l'image

Une image numérique couleur possède 3 composantes (**R**, **G**, **B**) par pixel et elle est définie par 3 plans couleur



Définition et Représentation de l'image

- Image Binaire : $\{0,1\}$
- Image en niveaux de gris: codée sur 8 bits (1octet) pour le niveau de gris.
Par convention 0 (noir) et 255 (blanc)
- Image en couleur : codée sur 24 bits (3 octets) pour les images couleur (8 bits pour chaque couleur RVB (Rouge Vert et Bleu).

- Résolution:

C'est le nombre de points contenu dans une longueur donnée (en pouce). Elle est exprimée en points par pouce DPI (pour Dots Per Inch). Un pouce mesure 2.54 cm.

Acquisition d'une Image

Pour l'acquisition d'une image on utilise des capteurs selon l'application désirée:

- Application spatiale : Satellite
- Application avec grande précision : caméra CCD (Charged-coupled devices)
- Application (précision non exigée) : web cam

Caméra fixée



Webcams



Téléphone



Caméras en mvt (robotique)



Il existe d'autres capteurs, notamment dans le domaine médical (IRM, Tomographie..)

Acquisition d'une image

➤ Image naturelle : Plusieurs moyens d'acquisition:

Caméra, microscope, infra-rouge, satellite, tomographie (système d'équations à résoudre exprimant les liens entre la fonction de densité des tissus en tout point en fonction de projections).

➤ Image artificielle : Plusieurs outils de représentation: synthèse d'images, réalité virtuelle, visualisation scientifique, ...

Exemples:



Image naturelle



Image artificielle

Acquisition d'une image

- Un capteur est constitué de:
 - Dispositif optique,
 - Système de transfert énergie lumineuse en énergie électrique,
 - Carte pour Echantillonnage du signal vidéo, numérisation, mémorisation.
- Le rôle du capteur d'image est de transformer l'énergie lumineuse de chaque point de l'original en un signal électrique.

Remarque: les capteurs sont analogiques.

Acquisition d'une image

- L'acquisition correspond au processus de formation de l'image.
- Pour obtenir une image sous forme numérique nous avons besoin de deux opérations: **échantillonnage** et **quantification**.

Acquisition d'une image

- Problèmes d'acquisition

- Changement de point de vue, d'échelle,
- Faible luminosité,
- Changement de lumière (jour / nuit),
- Ombres,
- Changements de couleur,
- Caméras en mouvement,
- Arrière-plan complexes.

Numérisation d'une image

La numérisation est l'opération qui transforme les signaux analogiques capturés par une caméra en valeurs numériques (discrète).

Transformer l'image analogique (continue) en une image numérique (discrète)

Numérisation = Échantillonnage + Quantification

Une image *Numérique* est une image **échantillonnée** et **quantifiée**

Numérisation d'une image

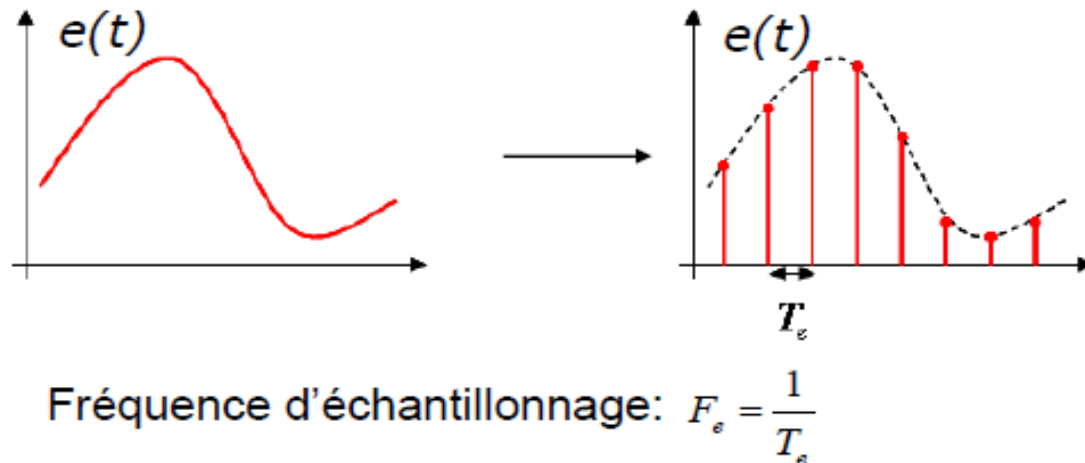
- Pourquoi cherche t on à numériser les images?

Tout simplement pour :

- les visualiser sur un moniteur ,
- les imprimer,
- les traiter sur un ordinateur ,
- les stocker ou bien les transmettre dans un réseau.

Numérisation d'une image

- **Echantillonnage** du signal est le prélèvement régulier d'une information dans le but de son traitement ou de son enregistrement.
- \Rightarrow nombre de pixels: consiste à associer à chaque zone rectangulaire de l'image une valeur unique $I(x,y)$.



Numérisation d'une image

- **Aliasing**

Aliasing appelé également en traitement de signal « repliement de spectre » est un phénomène qui introduit dans un signal échantillonné des fréquences qui ne devraient pas s'y trouver cad qui n'existent pas dans le signal avant échantillonnage.

Pour éviter ce problème il faut appliquer le théorème de Shannon.

Théorème de Shannon : si on échantillonne un signal à une fréquence supérieure au double de sa plus grande fréquence, alors on peut le reconstruire de manière exacte de ces échantillons.

$$F_e > 2F_{\max}$$

Numérisation d'une image

Application à une image

Une image peut être “parfaitement” reconstruite à partir de ses échantillons Si celle-ci est échantillonnée avec une fréquence qui est égale ou supérieure à deux fois la plus grande fréquence contenue dans l'image.

Numérisation d'une image

Quantification \Rightarrow nombre de bits par pixel

Comme pour l'échantillonnage, il existe des règles pour déterminer la bonne quantification (le bon nombre de bits) pour coder les images numériques. Car la quantification peut également faire apparaître des distorsions dans les images.

Numérisation d'une image

Après échantillonnage spatial:

- **N**: désigne le nombre de lignes de l'image ;
- **M**: le nombre de colonnes de l'image ;
- **I (i,j)**: les coordonnées spatiales d'un élément de l'image (ligne i,colonne j),
- **Représentation matricielle**: $f = [0..N - 1] \times [0..M - 1]$

Après quantification

- **f (i ; j)**: représente l'amplitude associé au pixel (i , j) ;
- **f**: le niveau de gris ;
- **m**: le nombre de bits sur lesquels est codée la valeur d'un niveau de gris
- **L** : la **dynamique** de l'image, soit l'étendue des valeurs (intervalle qu'un pixel peut prendre:

$$L = 2^m, \text{ donc } f \in [0.... 2^m - 1]$$

Numérisation d'une image

Types d'image

- $m = 1$, $k \in \{0,1\}$ Il s'agit d'une image **binaire**
- $m = 8$, $k \in \{0.. 255\}$: Il s'agit d'une image **en niveaux de gris**:
 - codée sur **1 octet** ;
 - par convention : **noir = 0** et **blanc = 255** (ou 1 si normalisation) ;
- $m = 24$, $k \in \{ 0.. 16777215\}$: **image en couleurs (3 octets)**

Numérisation d'une image

- Echantillonnage



256x256



128x128



64x64



32x32

- Quantification



6 bits



4 bits



3 bits

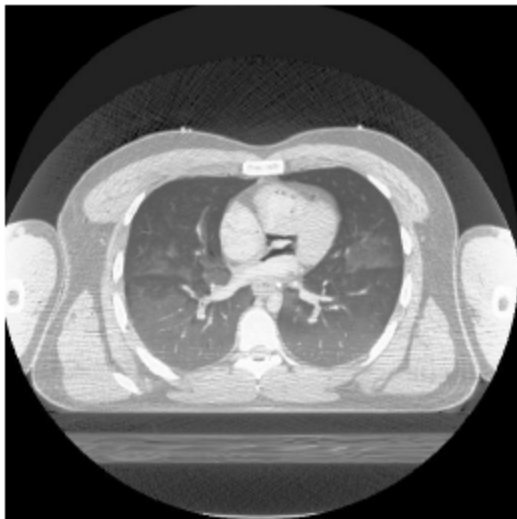


2 bits



1 bit

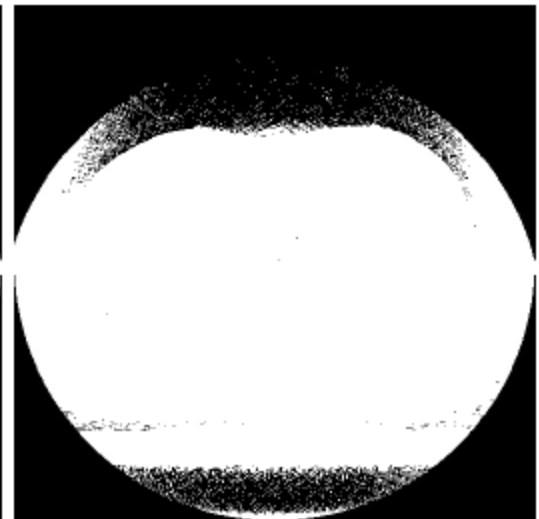
Numérisation d'une image



8 bits (256 ng)



4 bits (16 ng)



1 bit (2 ng)

Une mauvaise quantification peut faire apparaître des distorsions dans les images et une sous quantification peut faire apparaître des faux contours

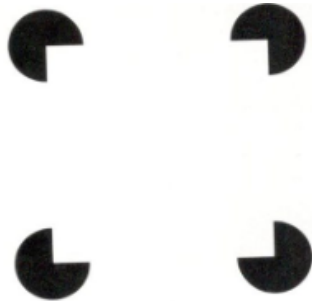
Numérisation d'une image

- Illusion d'optique

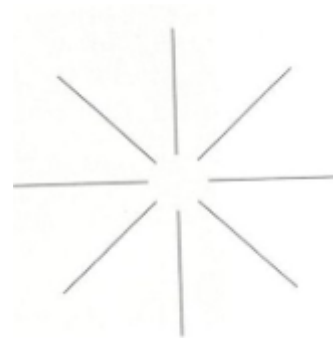
C'est un phénomène causé par la perception humaine des choses: l'œil voit des informations inexistantes dans la scène réelle ou perçoit mal les propriétés géométriques des objets.

- Exemples

Quelles sont les différentes formes que vous voyez sur ces deux images?



il n'y a pas de carré.



il n'y a pas de cercle.

Le Bruit dans une image

- Le bruit est l'ensemble des pixels de l'image qui ont des valeurs aberrantes (un point blanc au milieu des noirs ou vice versa.)
- Le bruit représente les parasites ou les interférences d'un signal, c'est-à-dire les parties du signal déformées localement, dont les origines sont diverses (capteur, acquisition, lumière, ...) . Le bruit $B(x,y)$ est souvent considéré comme **aléatoire**.

➤ Bruit lié au contexte de l'acquisition

- Mauvaises conditions d'éclairage,...

➤ Bruit lié au capteur

- Capteur de mauvaise qualité, mauvaise mise au point(mal réglé),

Le Bruit dans une image

➤ Bruit lié à la nature de la scène.

- Flou de bougé, présence de fumée ou brouillard pour les scènes routières, de nuage sur les images satellitaires , etc...

Principaux types de bruit

1. Le bruit additif
2. le bruit multiplicatif (impulsionnel)
3. le bruit de quantification
4. le bruit d'échantillonnage

Le Bruit dans une image

1- Bruit additif : $I_b(x,y) = I(x,y) + B(x,y)$

Bruits gaussiens

2- Bruit multiplicatif : $I_b(x,y) = I(x,y) * B(x,y)$.

Appelé aussi bruit impulsionnel, Il provoque l'apparition de valeurs isolées très différentes des valeurs aux pixels voisins.

Il est connu sous le nom Poivre et sel.

Exemple poussières sur un objectif ou scanner,

Autres types de bruits : flou (convolutif), grain (multiplicatif).

Le Bruit dans une image

3- Bruit de quantification

Ce type de bruit est causé par la résolution avec laquelle l'image est échantillonnée en chaque pixel:

Remarque :

la plupart des cartes d'échantillonnage utilisent une plage de quantification de 8 bits mais on peut aussi avoir des cartes (plus chères) offrant des plages d'échantillonnage de 10 ou 12 bits.

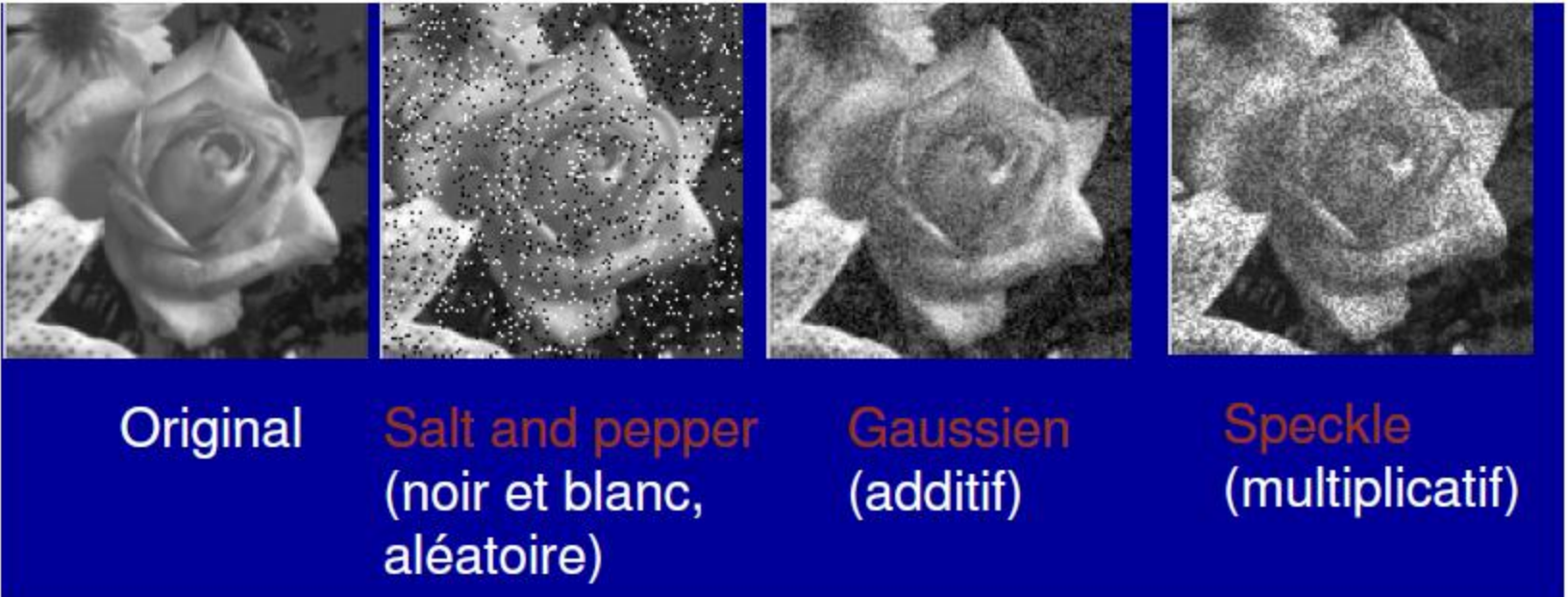
Le Bruit dans une image

4- Bruit lié à l'échantillonnage

- une mauvaise fréquence d'échantillonnage peut introduire dans l'image des effets de recouvrement spectral appelé (aliasing) lorsque le critère d'échantillonnage de Nyquist n'est pas respecté.

Le Bruit dans une image

Types de bruit



Le Bruit dans une image

- Il existe deux traitements destinés à faire apparaître des détails sur la plupart des images naturelles. Malheureusement Il n y a pas que les détails intéressants qui deviennent visibles, mais aussi beaucoup de bruit.

Remarque

Les images dérivées sont bruitées????

Soit I_m une image obtenue en rajoutant à l'image I un bruit

$$I_m = I + \alpha \sin(\omega x)$$

En appliquant la dérivée à l'image I_m on obtient:

$$I'_m = I' + \alpha \omega \cos(\omega x)$$

On voit bien que le bruit a été augmenté par un facteur ω

Le Bruit dans une image

- C'est pour cela que nous allons nous intéresser aux méthodes de « filtrage » permettant d'éliminer **au mieux** le bruit des images sans affecter trop le signal.
- Le filtrage consiste à appliquer une transformation(filtre) à toute ou une partie de l'image numérique.

Filtrage

- **Le lissage local** : il s'agit de supprimer le bruit ou les petites variations présents dans une image. L'intensité d'un pixel est transformée en fonction des intensités sur un petit voisinage du pixel.
- **L'amélioration d'images** consiste à modifier les caractéristiques visuelles de l'image (contraste, ...) pour faciliter son interprétation par l'œil humain.
- **La restauration d'images** a pour but de supprimer les dégradations subies par une image à l'aide de connaissances a priori sur ces dégradations.

Filtrage

Pourquoi filtrer une image ?

- Pour réduire le bruit dans l'image,
- Pour détecter les contours d'une image.

Deux types de filtres:

- Les filtres passe-bas ou de lissage,
- Les filtres passe-haut ou de contours:

Résumé

- **Problème :**

- Image initiale est généralement dégradée:
(bruit, faible contraste, illumination variable, ...)

Nécessite

- **Prétraitements** pour améliorer l'image initiale
- **Post-traitements** de l'image Résultat