

Techniques de Traitement d'images

Département Sciences et Technologies Avancées

**2ème année Ingénieur en
Technologies Avancées**

Souhaila Feki

Maître Assistant à L'ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES ET
TECHNOLOGIES AVANCEES BORJ CEDRIA-ENSTAB



Le traitement d'images:

- est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un développement important depuis quelques dizaines d'années.
- est né de l'idée et la nécessité de remplacer l'observateur humain par la machine en vue de traiter et analyser finement les phénomènes enregistrés, les archiver et les illustrer
- est l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique afin de l'améliorer ou d'en extraire des informations.
- est souvent synonyme d'amélioration des images avec pour but l'obtention d'une plus grande lisibilité,
- Ne crée pas d'informations, mais met en évidence de l'information pertinente déjà présente,
- il facilite les traitements ultérieurs.

Objectifs

- Avoir une bonne vue d'ensemble des problématiques de l'image numérique
- Savoir faire des traitements élémentaires
 - Définir les étapes nécessaires pour améliorer la qualité d'une image
 - Écrire des algorithmes qui traduisent ces étapes (filtrage linéaire, non linéaire, rehaussement)
 - Appliquer des critères subjectifs et objectifs pour choisir le meilleur des filtres, et optimiser le choix de ses paramètres
- Avoir une idée des enjeux actuels sur le domaine

Plan du cours

- Chapitre I : Introduction générale
- Chapitre II : Traitement de base d'une image
- Chapitre III : Restauration d'images
- Chapitre IV : Rehaussement d'images
- Chapitre V : Segmentation d'images

Chapitre I : Introduction générale

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Historique
3. Applications
4. Qu'est ce qu'une image?
5. Eléments de Colorimétrie
6. Formats d'image
7. Acquisition des images

Chapitre I : Introduction générale

1. Introduction

- Pour l'être humain, l'image constitue l'une des principales sources d'informations.
- Une scène contient une quantité importante d'informations qu'il est utile parfois de traiter et d'analyser dans le but de prendre des décisions.
- Il est important de minimiser les difficultés à décrire les objets qui se trouvent dans une scène,



Chapitre I : Introduction générale

2. Historique

▪ Des premières images à leur traitement (1950 – 1970)

L'existence d'images de mauvaises qualités et volumineuses a conduit les chercheurs à s'intéresser à :

- ✓ La restauration (corriger les défauts liés à l'acquisition)



- ✓ L'amélioration (rendre l'image "belle" pour l'affichage)



- ✓ La compression (réduire le volume de l'image)



Chapitre I : Introduction générale

2. Historique

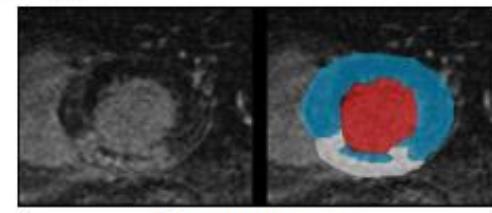
- **Du traitement à l'interprétation d'images (1970 – 1980) :**

L'évolution naturelle vers l'extraction automatique d'informations a conduit à l'apparition de nouvelles notions telles que :

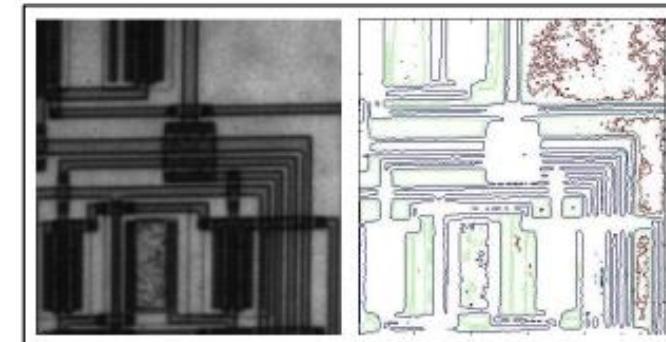
- ✓ L'analyse d'images en vue de l'extraction automatique d'information d'où les thèmes : seuillage, segmentation, extraction de contours, morphologie mathématique (pour les images binaires), ...
- ✓ L'interprétation d'images et les systèmes experts



Seuillage



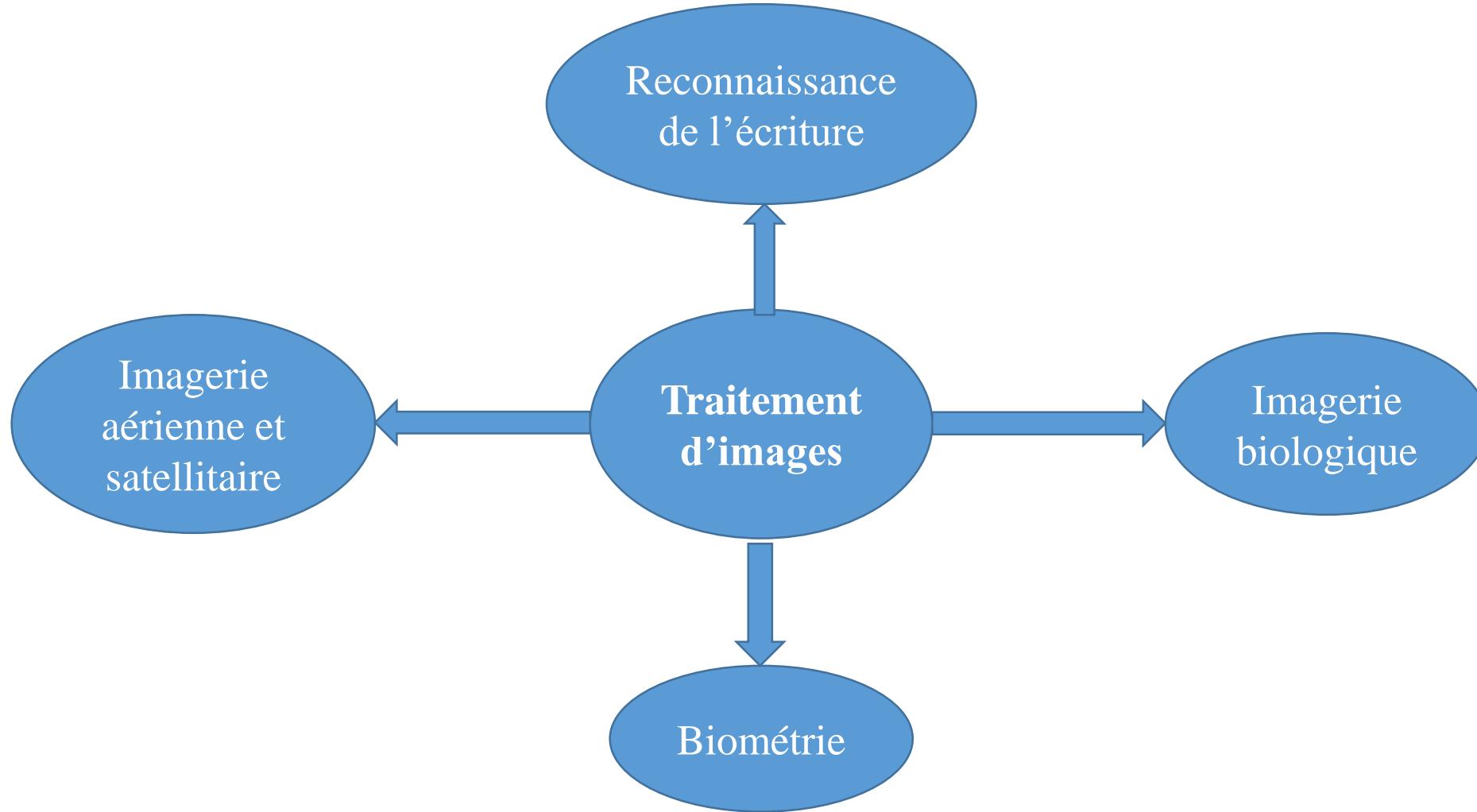
Segmentation



Extraction de contours

Chapitre I : Introduction générale

3. Applications



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications



Les attaques terroristes augmentent les 10 dernières années



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

Sur une scène de crime, la police scientifique peut trouver de nombreux indices qui mènent aux terroristes.



Développement des systèmes d'identification uni modaux basés sur les indices trouvés.



Certains indices sont dégradés et ne sont pas très performants

Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

La fusion bimodale est bien adaptée aux applications des secteurs publics et privés

Développement d'une plateforme biométrique basé sur la fusion de l'iris et le visage

Fusion iris et visage



L'identification par le visage et l'empreinte digitale est très utilisée dans les documents d'identité

Fusion empreinte digitale et visage



L'identification par l'empreinte digitale et l'iris sont très utilisée dans les smart phones et les documents d'identité

Fusion empreinte digitale et iris



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

Reconnaissance de l'écriture (OCR : Optical Character Reader)

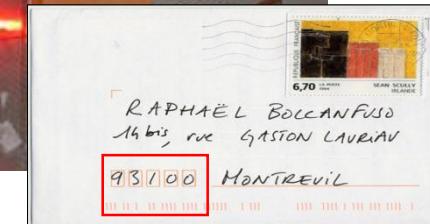
Vérification des chèques



Numérisation des documents anciens



Tri postal



Suivi de l'occupation des postes de stationnement des avions

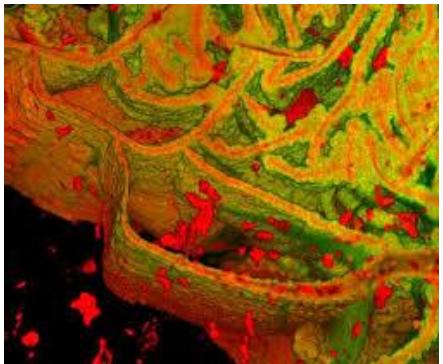


Chapitre I : Introduction générale

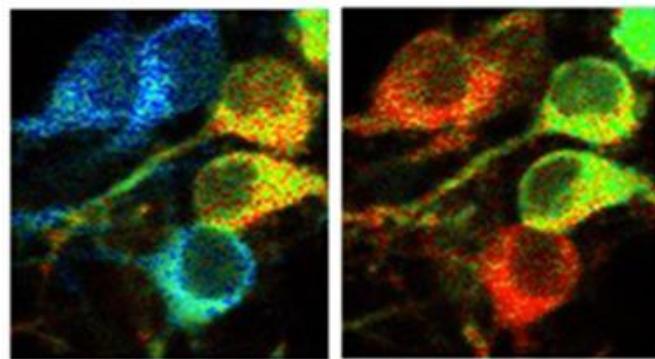
3. Applications

Imagerie biologique :

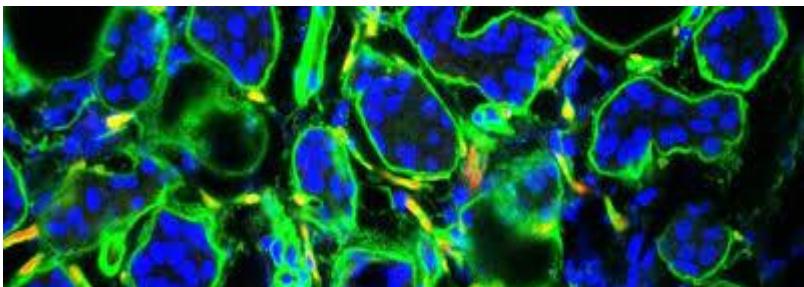
Identification des cellules, bactéries, virus



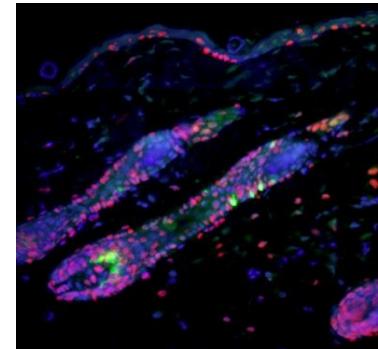
Mesure des dynamiques des molécules dans les cellules



Segmentation des cellules



Comptage des cellules



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

Imagerie médicale :

Reconstruction 3D des images



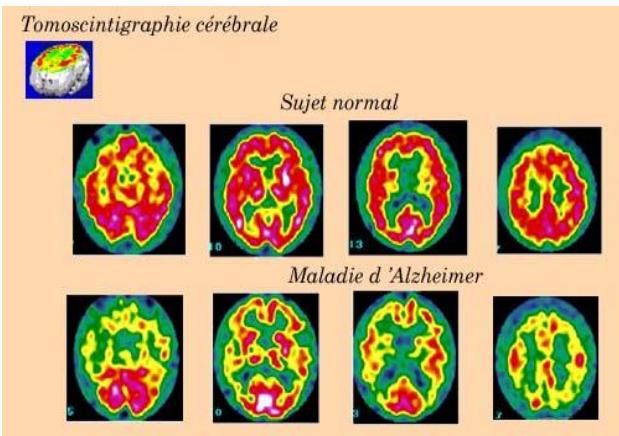
Radiographie



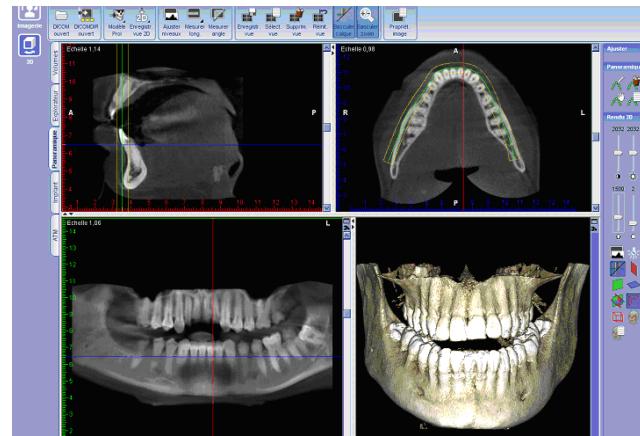
Échographie



Scintigraphie



Tomographie



Imagerie par Résonance Magnétique



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

Imagerie aérienne et satellitaire:

Météo



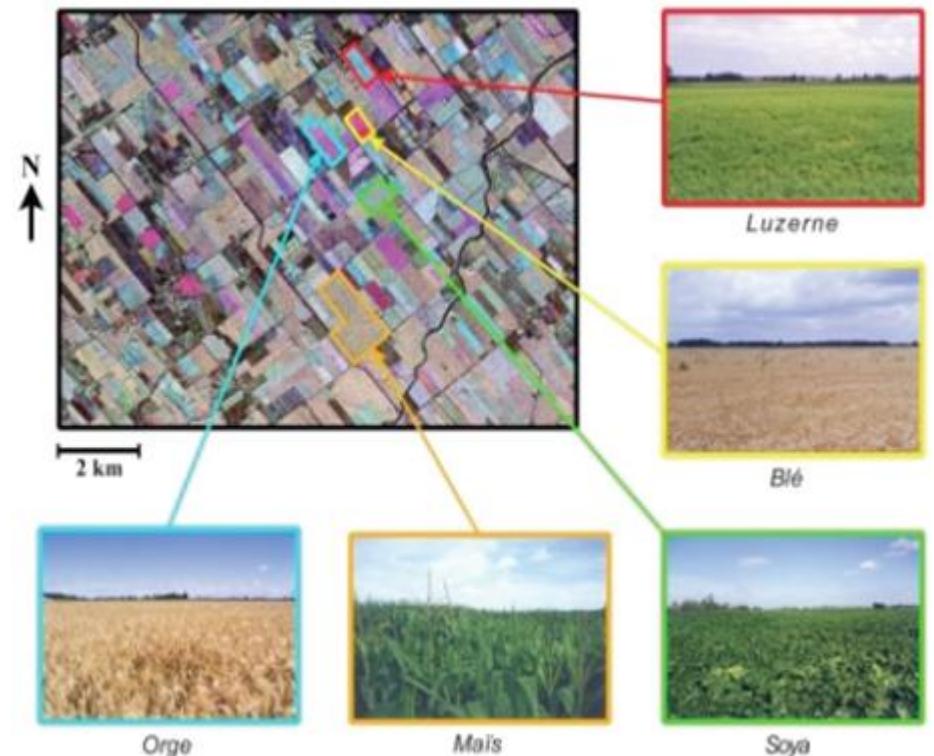
Cartographie



Astronomie



Analyse des ressources terrestres



http://ccrs.nrcan.gc.ca/radaragni/crop_id/details_f.php

Chapitre I : Introduction générale

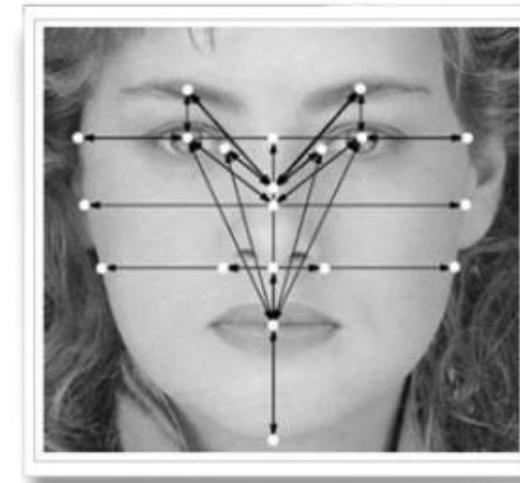
3. Applications

Biométrie:

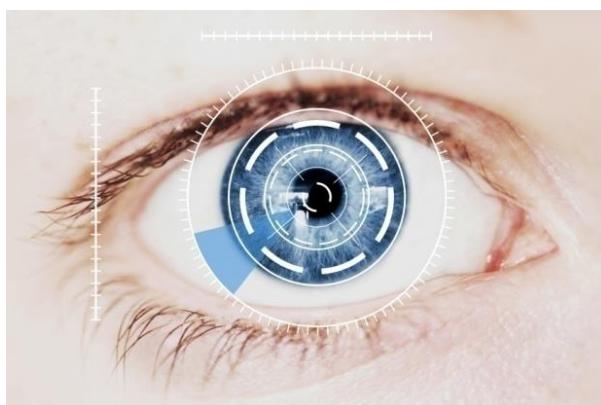
Reconnaissance d'empreintes digitales



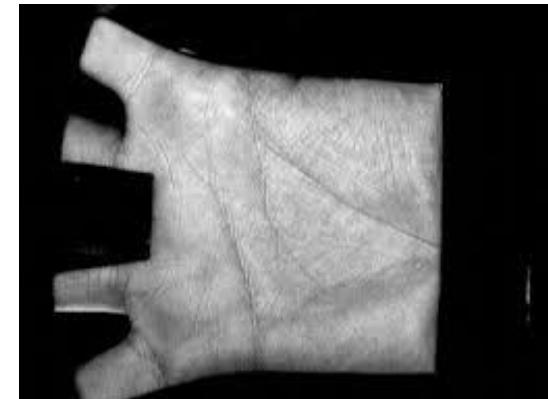
Reconnaissance de visage



Reconnaissance d'iris



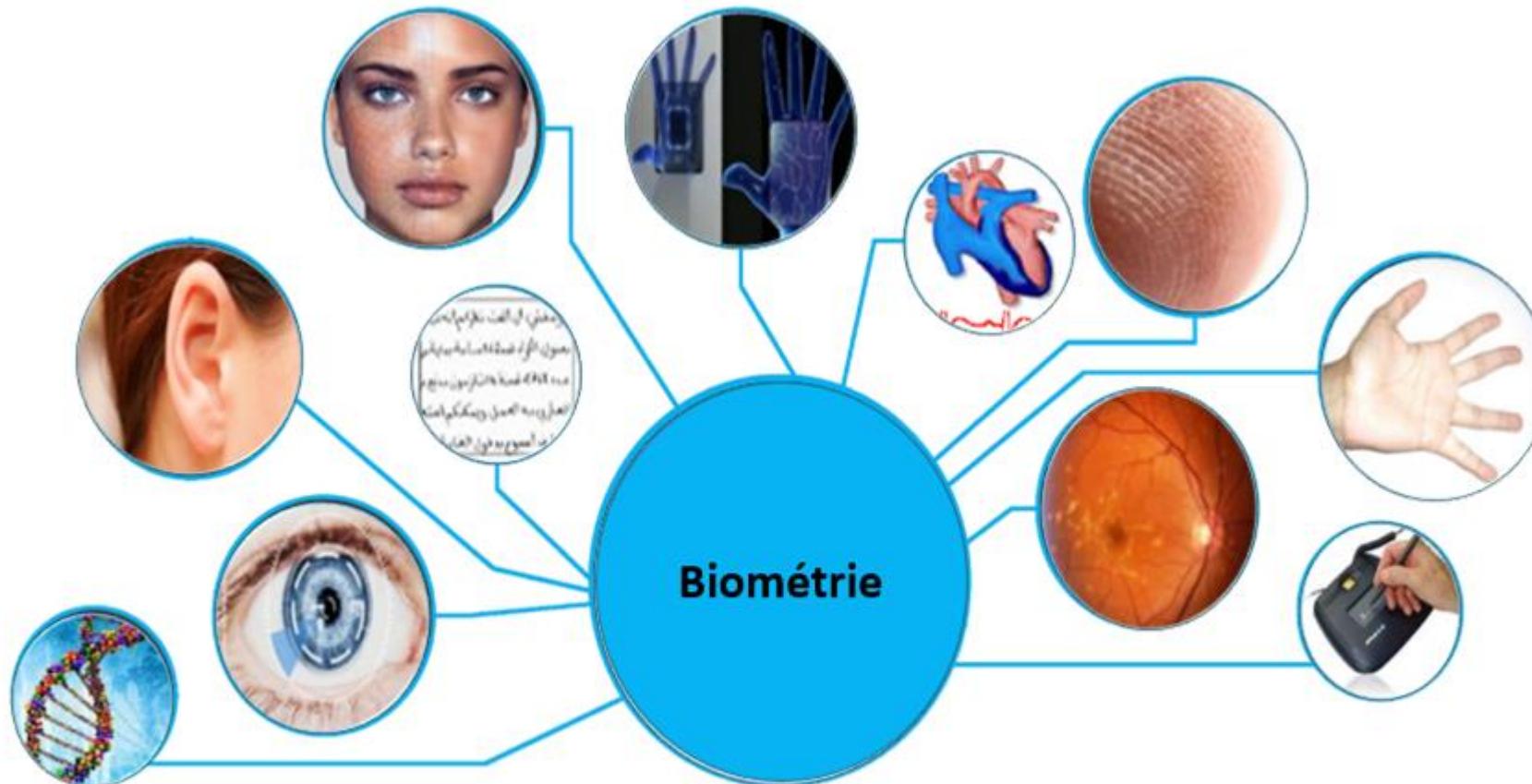
Reconnaissance de l'empreinte palmaire



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

Biométrie:



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

Robotique:

Robotique chirurgicale



Robotique humanoïde



Robotique domotique



Robotique : Sonde d'exploration



Militaire



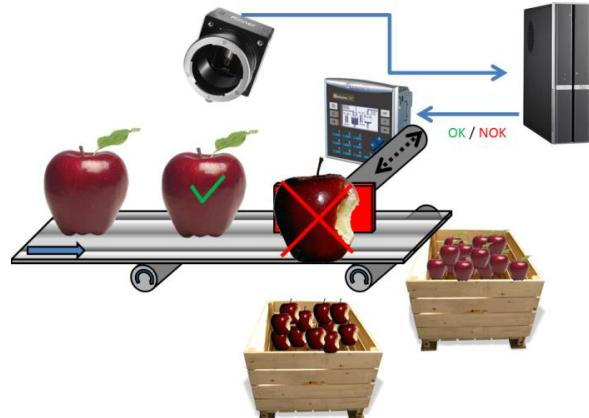
Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

- **Vision Industrielle:**

- Les industries concernées sont nombreuses : Automobile, textile, agro-alimentaire, métallurgie, nucléaire, industrie pétrolière et chimique, centre de tri de déchets...
- Les applications multiples: Développement, optimisation de processus industriels, surveillance de lignes de production, sécurité de sites industriels à risque, détection de départ de feux...

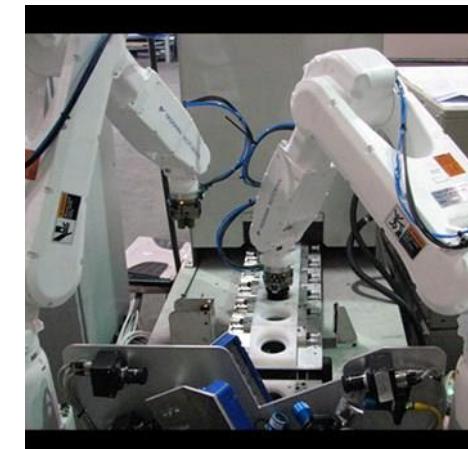
Contrôle qualité



Assemblage



Inspection de pièces automobiles



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

- **Vidéosurveillance:**

Smart Home



Vidéo surveillance des espaces



Vidéo surveillance routière



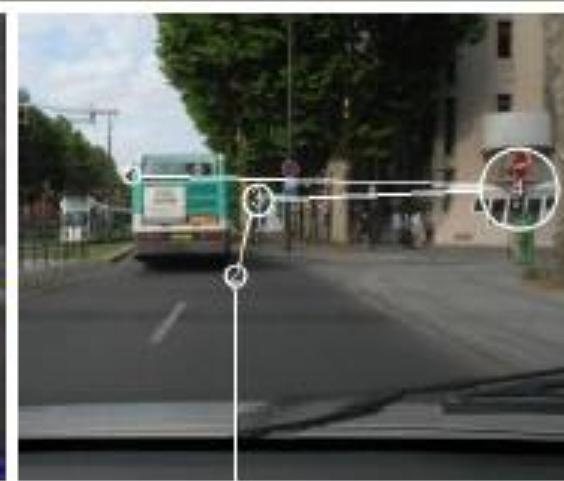
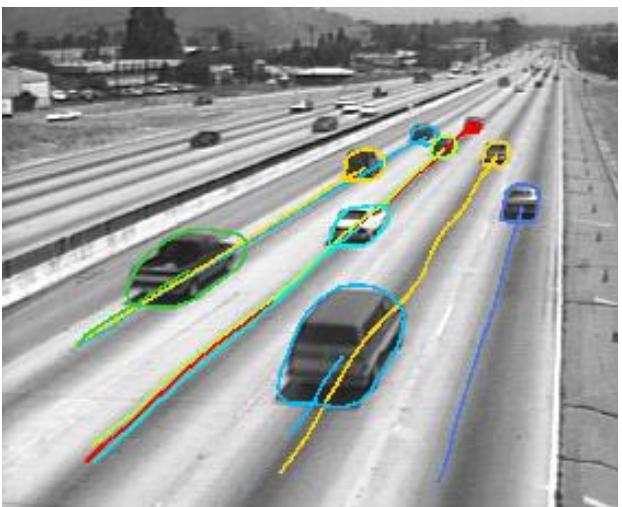
La fatigue au volant



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

- **Reconnaissance d'objets routiers :**



Chapitre I : Introduction générale

3. Applications

- **Eye Tracking:**

Ensemble de techniques permettant de mesurer le regard d'une personne en vue d'interagir avec un système. Les applications possibles sont :

- Etude de l'impact d'une publicité, d'un packaging, d'un linéaire de supermarché(domaine du l'aide à la marketing)
- Aide à la communication aux personnes handicapées moteur.
- Les nouveaux jeux vidéos impliquant différents modes d'interaction, dont le regard du joueur.
- La commande à distance d'objets dits "intelligents" ou interactifs.



Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

- L'image se définit comme la représentation analogique d'un être, d'une chose, d'une scène ou d'objets présents à la surface du sol.
- D'un point de vue thématique, l'image ne contient qu'une mesure relative de luminance exprimée par un ton de gris, dans le cas d'une image analogique, et par un nombre généralement compris entre 0 et 255, dans celui d'une image numérique.
- A ce contenu thématique de luminance s'ajoute son positionnement dans la dimension spatiale.

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Image numérique: Toute image acquise, créée, traitée ou stockée sous forme binaire

Acquise par des convertisseurs analogiques numériques (scanners, appareils photos, caméscopes numériques, cartes d'acquisition numérisant directement une source comme la télévision).

Créée directement par des programmes informatiques, via la souris, les tablettes graphiques, ou par la modélisation 3D (images de synthèse).

Traitée grâce à des outils informatiques (peut être transformée, nous pouvons appliquer dessus des filtres variés,...).

Stockée sur un support informatique (magnétique, magnéto-optique, ...).

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Représentation formelle

- Suivant les méthodes employées pour la traiter, l'image numérique peut être considérée comme un signal bidimensionnel à support et à valeurs bornés noté $A[i,j]$ avec $[i,j] \in NxM$ et $0 \leq i \leq N-1$; $0 \leq j \leq M-1$.
- On désigne par $s=[i,j]$ un site de coordonnées $[i,j]$ dont la valeur notée $A[s]$ ou $A[i,j]$. On appelle pixel le couple($s, A[s]$).

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Types d'images

A l'échelle mathématique, une image est une matrice dont les coefficients sont des nombres qui décrivent le signal.



Image binaire

$$I(a,b) \in \{0, 1\}$$



Image en niveaux de gris

Si l'image est codée sur huit bits, on a

$$I(a,b) \in [0, 255]$$

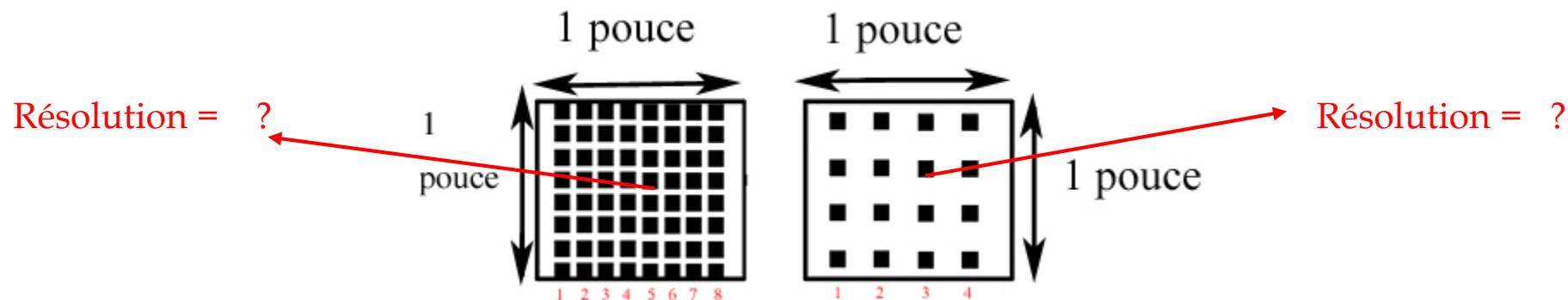
- 0 correspond à la couleur noire
- 255 correspond à la couleur blanche

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Résolution spatiale

- La résolution est le nombre de pixels par unité de longueur :
 - En points par pouce (ppp) ou en dots per inches (dpi). Un pouce = 2,54 cm
- La résolution est un nombre défini pendant la numérisation :
 - Plus ce nombre est important, plus la qualité de l'image est meilleure.
- Exemple :
 - Une image de dimension 1×1 pouce ($2,54 \text{ cm} \times 2,54 \text{ cm}$) acquise à 100 ppp est de taille de 100×100 pixels.



Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

- Les pixels sont les plus petits éléments constitutifs d'une image numérique.
- Un pixel est généralement rectangulaire ou presque carré et présente une taille comprise entre 0,18 mm et 0,66 mm de côté.
- **Le poids des pixels en informatique**

En informatique, les pixels sont codés sur un ou plusieurs bits selon le nombre de couleurs affichables :

- ✓ en noir et blanc : un pixel correspond à un bit
- ✓ en 16 couleurs (standard VGA) : un pixel correspond à 4 bits
- ✓ en 256 couleurs : un pixel correspond à 8 bits (soit 1 octet)
- ✓ en 65.536 couleurs : un pixel correspond à 16 bits
- ✓ en mode 16 millions de couleurs : un pixel correspond à 24 bits.

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?



512x512



256x256



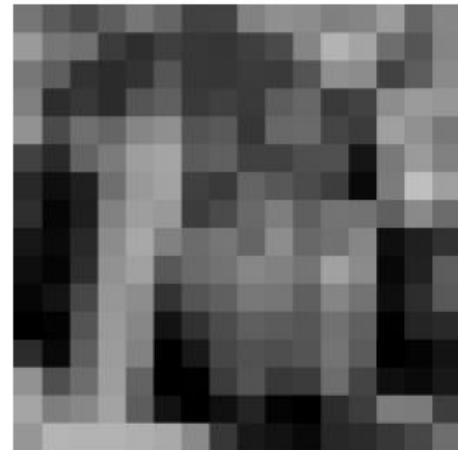
128x128



64x64



32x32



16x16

Chapitre I : Introduction générale

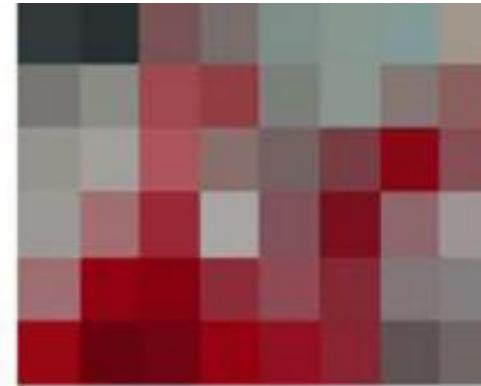
4. Qu'est ce qu'une image?



300x260 pixels
4096 couleurs



20x17 pixels
4096 couleurs



8x6 pixels
4096 couleurs



300x260 pixels
4096 couleurs



300x260 pixels
64 couleurs



300x260 pixels
8 couleurs

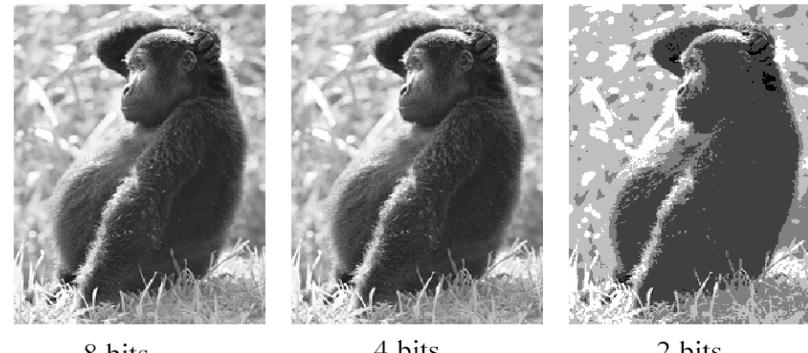
Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Résolution de niveaux de gris (ou bien résolution tonale de gris) :

La résolution de niveaux de gris est liée à la quantification, elle représente le plus petit écart de ton (de niveau) discernable dans l'image, ce qui permet des dégradés fins.

- si un pixel est codé sur 8 bits $\Rightarrow 2^8=256$ couleurs ou niveau de gris
- si sur 16 bits $\Rightarrow 2^{16}=65\,536$ couleurs
- 24 bits $\Rightarrow 2^{24}=16\,777\,216$ couleurs



Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Une image:

- **SD** : de plus en plus rare, il s'agit de la définition standard, de **720 x 576 pixels**. C'est celle que proposent les DVD.
- **720p** : un format intermédiaire faisant partie intégrante de la HD (Haute Définition). Avec ses **1280 x 720 pixels**, elle est encore beaucoup utilisée par les petits vidéoprojecteurs portables, les "pico-projecteurs", ou les services de VOD (vidéo à la demande) et SVOD quand les utilisateurs ne disposent pas d'une bande passante suffisante pour afficher une meilleure définition.
- **1080p ou Full HD** : avec ses **1920 x 1080 pixels**, c'est l'autre définition de la HD. La vrai, la pleine, la totale. Bien qu'elle se fasse de plus en plus rare sur TV, elle reste très utilisée par les modèles de "petite taille", les moniteurs PC, ainsi que par une bonne partie des smartphones de milieu de gamme (et même certains haut de gamme).

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

Une image:

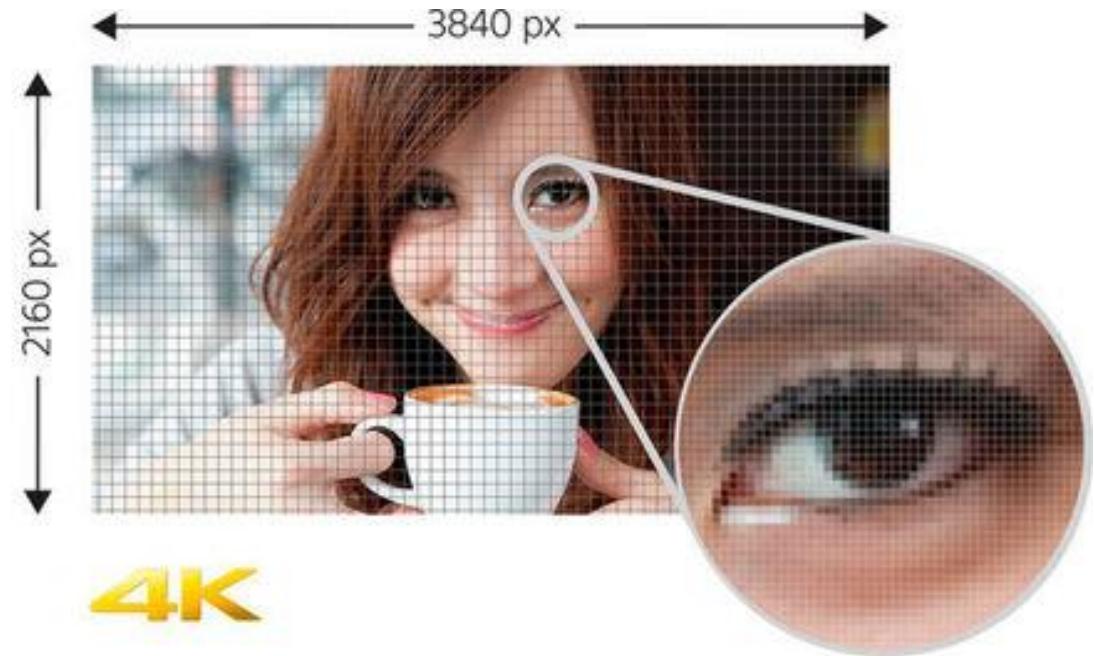
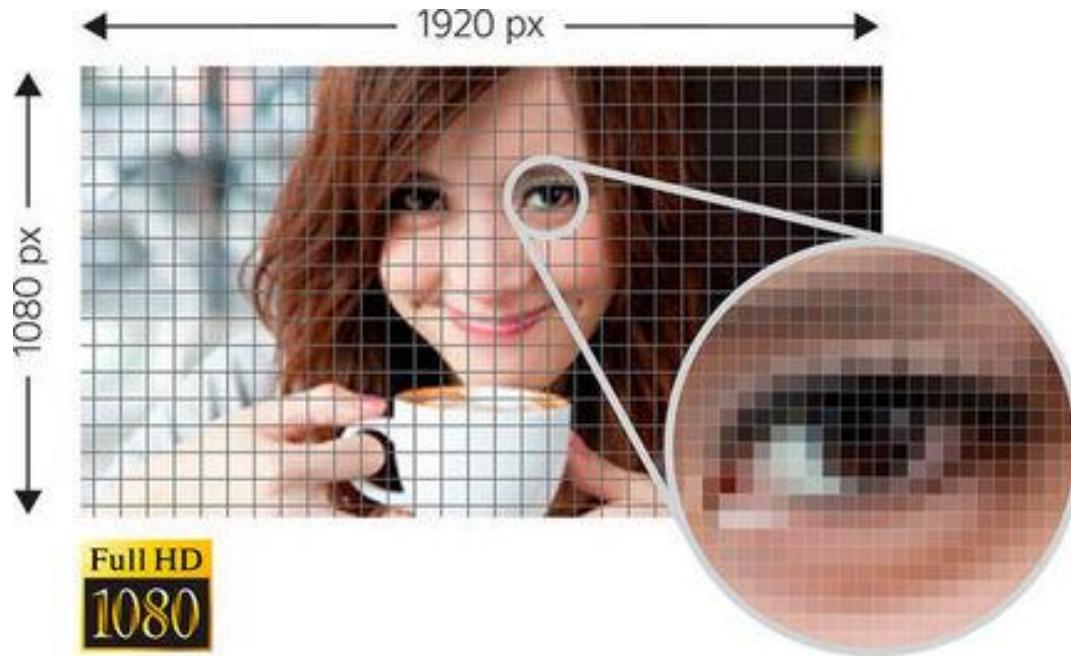
- **Quad HD** : le terme Quad HD s'agit en fait d'une définition intermédiaire située entre la Full HD et l'Ultra HD, de **2560 x 1440 pixels**. Vous la rencontrerez principalement sur des écrans pour PC ou sur des smartphones. Notez que, comme pour la Full HD d'ailleurs, il existe une variante de ce format, généralement nommée QHD+ (ou FHD+ pour la Full HD, ces écrans affichent alors une définition de **2040x1440 pixels**, c'est le cas du Samsung [Galaxy S10](#) ou du [S10+](#).
- **Ultra HD et 4K** : l'Ultra HD, c'est le standard que vous trouverez actuellement en magasin sur la plupart des téléviseurs à partir de 43 pouces, et sur les disques Blu-ray Ultra HD. Affichant une image de **3840 x 2160 pixels**, cette définition est parfois appelée à tort 4K. Pourtant, la 4K est un format de l'industrie du cinéma proposant un ratio un peu plus allongé et donnant ainsi une image de **4096 x 2160 pixels**. Aujourd'hui, malgré [la décision du CEA](#), les deux termes sont souvent confondus, de sorte que la "véritable" 4K est parfois appelée 4K Cinéma pour la distinguer.

Chapitre I : Introduction générale

4. Qu'est ce qu'une image?

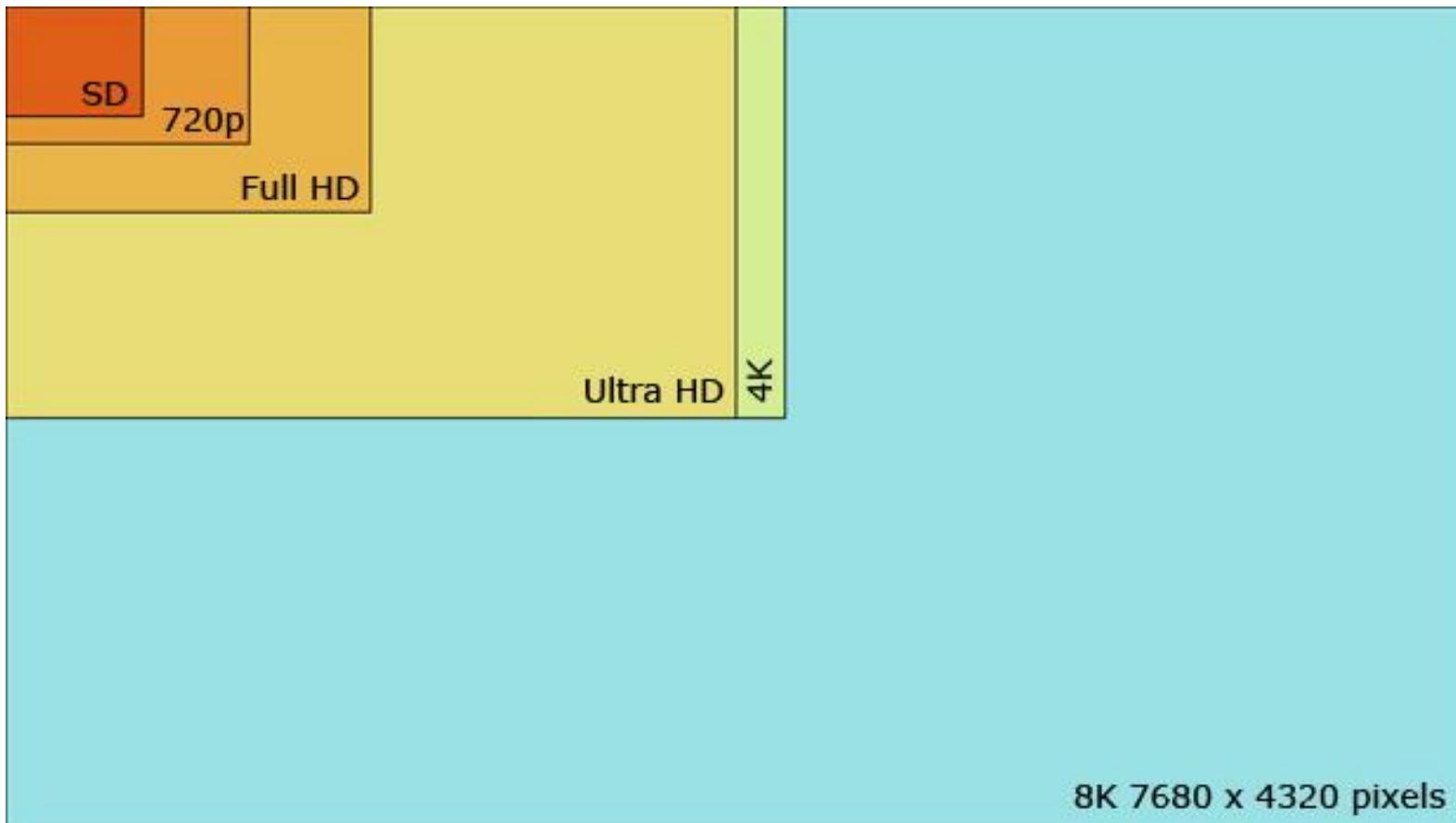
Une image:

- **8K** : l'Ultra HD ne s'est pas encore complètement démocratisée, et pourtant la relève commence déjà à faire son arrivée sur le marché. Promettant une définition de **7680 x 4320 pixels**, la 8K, surtout utile sur les très grandes tailles d'écran, se trouve déjà chez Samsung qui commercialise le [Q900R](#), mais LG et Sony notamment sortiront cette année leurs premiers modèles.



Chapitre I : Introduction générale

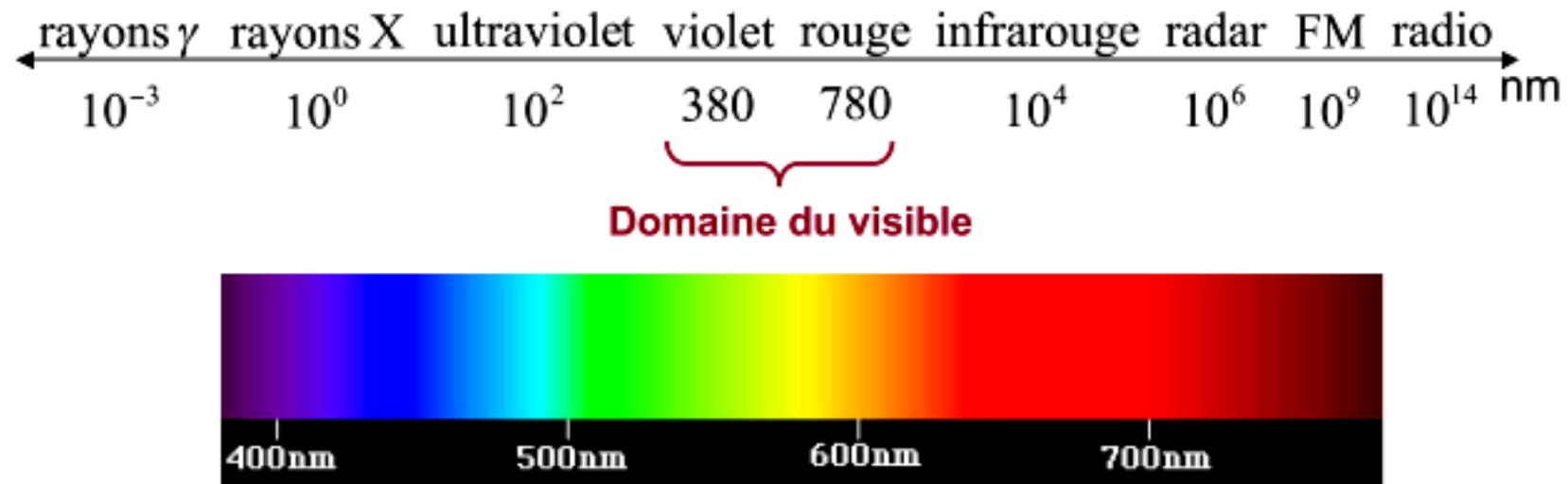
4. Qu'est ce qu'une image?



Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

La lumière couvre une partie du spectre d'énergie électromagnétique. Les longueurs d'ondes du spectre visible s'étendent approximativement entre 380 et 780 nm.



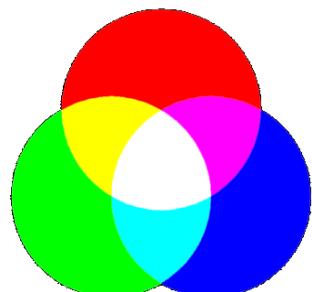
Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

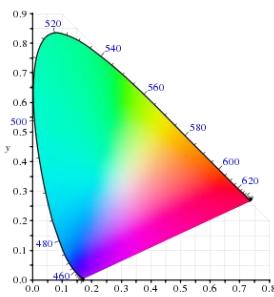
Les systèmes de représentation des couleurs :

- ❑ Toutes les couleurs peuvent être obtenues par la combinaison de trois principales longueurs d'ondes appelés « les couleurs ou les longueurs d'ondes primaires ».
- ❑ Nous pouvons présenter une couleur donnée dans un espace à trois dimensions. Les principales systèmes de représentation des couleurs sont :

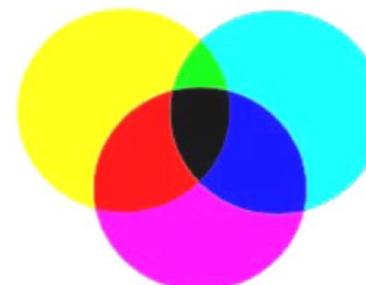
- ✓ Le système Red Green Blue (RGB)



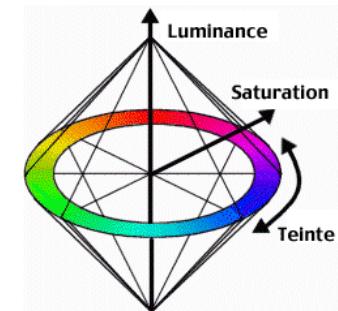
- ✓ Le système XYZ



- ✓ Le système Cyan Magenta Yellow (CMY)



- ✓ Le système Hue Luminance Saturation (HLS)

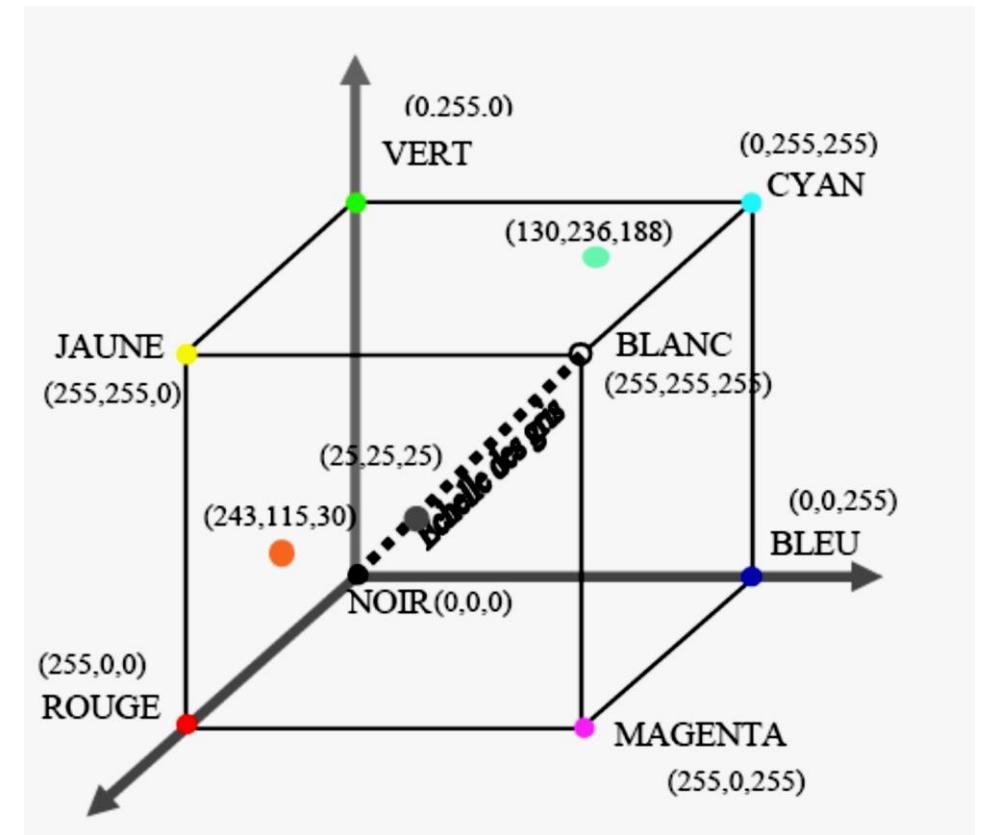


Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Système RGB (Red Green Blue)

- L'espace chromatique RGB est le système colorimétrique standard utilisé dans la plupart des systèmes vidéo pour coder une couleur.
- Dans le système RGB, une couleur est définie par trois coordonnées (r,g,b).
- L'origine correspond à la couleur noire.
- Le blanc est obtenu lorsque r=g=b=valeur maximale.
- Sur la droite reliant l'origine au sommet du cube, on trouve tous les points de l'espace vérifiant r=g=b et donc les couleurs grises.

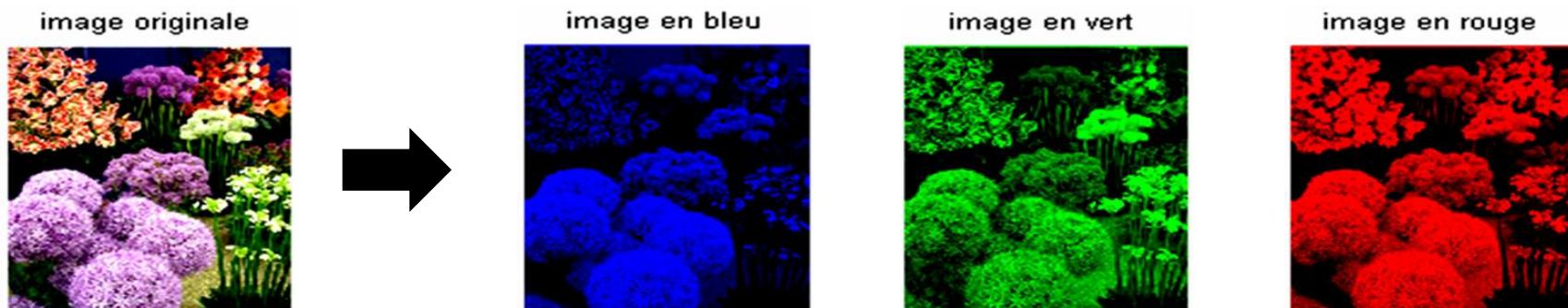


Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Systèmes RGB (Red, Green, Blue):

Red	Green	Blue	Couleur	
0	0	0	noir	
...
0	0	255	bleu	
...
0	255	0	vert	
...
255	0	0	rouge	
...
128	128	128	Un niveau de gris	
255	255	255	blanc	



Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Un système RGB n'est pas adéquat pour traiter l'impression sur la feuille blanche.

- Définition d'autre systèmes de couleurs, complémentaires au système RGB.
- La lumière est absorbée par l'encre.
- La lumière observée est celle réfléchie et (qui n'a pas été absorbée)



Système soustractif CMY (Cyan Magenta Yellow) :

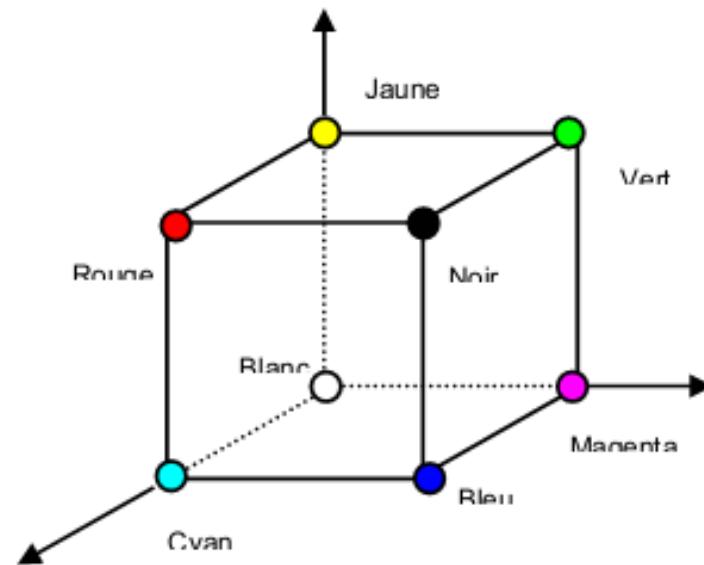
Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Système CMY (Cyan Magenta Yellow) :

Le système de représentation des couleurs Cyan-Magenta-Yellow (CMY) est le complément du système RGB. En effet, dans le système RGB, à l'origine on trouve la couleur noire et au sommet opposé on trouve la couleur blanche, alors que dans le système CMY, c'est la couleur blanche qui constitue l'origine et au sommet opposé on trouve la couleur noire.

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = 1 - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}.$$



Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Système HLS (Hue : Teinte, Ligtness : Luminance, Saturation : Saturation) :

Plus intuitif et plus proche de la perception naturelle des couleurs, le modèle HSL (TSL, en français) permet de spécifier chacune des couleurs en termes de Teinte (Hue), de Saturation, et de Luminance.

Le système HLS est caractérisé par :

- Teinte (Hue) : déterminée par la longueur d'onde dominante, violet ou bleu ou vert ou jaune ou orange ou rouge ou autre,
- Saturation : distance de la saturation de la couleur par rapport au gris, saturée c'est-a-dire la couleur pure, non saturée c'est-a-dire elle s'approche du gris,
- Luminance (Lightness) ou Intensite : intensité et brillance de la lumière ; intense c'est-a-dire couleur claire et vive, non intense c'est-a-dire sombre et manque de luminosité et s'approche du noir,

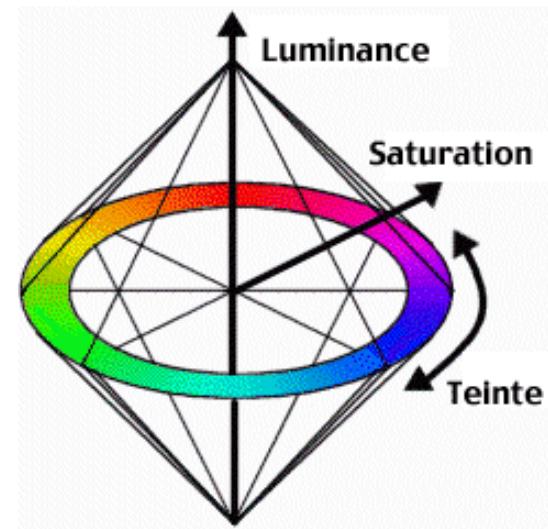


Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Système HLS (Hue : Teinte, Ligtness : Luminance, Saturation : Saturation) :

- Ce modèle peut être vu comme étant formé de deux cônes joints à leur base dont l'axe vertical représente la luminance ou l'intensité de la couleur (sombre vers le bas, clair vers le haut).
- La base commune des cônes représente les différentes teintes. Elles sont habituellement repérées sur ce cercle de base par une valeur angulaire (de 0 degré à 360 degré).
- Les teintes fondamentales sont le rouge (0 degré), le jaune (60 degré), le vert (120 degré), le cyan (180 degré), le bleu (240 degré) et le magenta (300 degré). En reliant celles-ci, on obtient un hexagone régulier.



Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Système HLS (Hue : Teinte, Ligtness : Luminance, Saturation : Saturation) :

Pour passer de la représentation initiale (RVB) au système HLS :

$$A = k_1 * (a \log(R) + b \log(V) + c \log(B))$$

$$C_1 = k_2 * (\log(R) - \log(V))$$

$$C_2 = k_3 * (\log(B) - 0.5 \log(R) - 0.5 \log(V))$$

Avec : **k₁, k₂ et k₃** sont des coefficients de normalisation

Les valeurs des coefficients (a,b,c) =(0.612, 0.369, 0.019)

$$\text{Luminance} = A$$

$$\text{Saturation} = (C_1^2 + C_2^2)^{1/2}$$

$$\text{Teinte} = \arccos(C_1 / S)$$

Chapitre I : Introduction générale

5. Eléments de Colorimétrie

Système XYZ :

- Utilise un paramètre d'intensité: la luminance et deux paramètres de chrominance : la couleur. Spécialement dédié pour les différences entre couleurs perçues par l'oeil humain.

Les composantes du système XYZ sont liées à celles de RGB par la relation :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 2,7690 & 1,7518 & 1,13 \\ 1 & 4,5907 & 0,0601 \\ 0 & 0,0565 & 5,5943 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- En normalisant les composantes XYZ par rapport à X+Y+Z, on obtient le système xyz défini par :

$$\begin{cases} x = \frac{X}{X+Y+Z} \\ y = \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z = \frac{Z}{X+Y+Z} \end{cases}$$

Chapitre I : Introduction générale

6. Formats d'image

Images vectorielles Vs. Images matricielles :

- Si l'image est constituée de lignes et de régions homogènes, il est plus intéressant de la représenter autrement que sous la forme d'une matrice de pixels. Dans ce cas, elle est dite image vectorielle.

- Une image vectorielle est formée par un ou plusieurs objets de géométrie connue tels que les cercles, les triangles, les rectangles, les polygones... Chaque objet est présenté par un ensemble de caractéristiques comme la couleur, la position, les coordonnées de certains points clés...

Chapitre I : Introduction générale

6. Formats d'image

Les images vectorielles sont essentiellement utilisées pour réaliser des schémas. Les logiciels de dessin industriel et Les outils de 3D fonctionnent suivant ce principe (CAOIllustrator, Indesign, Autocad, 3DSMax ...).

a

Images vectorielles		Images matricielles	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Peu de place en mémoire.	Peut devenir gros pour une image complexe.	Aucun calcul pour l'affichage.	Peuvent occuper beaucoup d'espace mémoire.
Redimensionnement sans perte d'informations.	Beaucoup de calculs pour l'affichage.	La complexité de l'image n'influe pas sur sa taille.	Effet d'escalier en manipulant l'image
Aucun effet d'escalier si on manipule l'objet graphique.			

a

Chapitre I : Introduction générale

6. Formats d'image

- Une image numérique est généralement stockée dans un fichier selon un arrangement particulier des pixels. Cet arrangement est connu sous : « format d'image ».
- Il existe différents formats d'images :
 - **Le format BMP** (plate-forme WINDOWS),
 - **Le format GIF**, compression par la méthode LZW, codage sur 8 bits donc limité à 256 niveaux
 - **Le format JPEG** (transfert d'image à travers le Web), bon rapport qualité/ espace
 - **Le format PSD**, natif au logiciel Adobe Photoshop. Codage sur 8, 16, 24 ou 32 bits
 - **Le format TIFF** (Tagged-Image File Format) ,le plus universel).
- Certains formats utilisent des méthodes de compression d'image pour réduire la taille mémoire nécessaire. La méthode de compression peut être avec perte (comme c'est le cas du JPEG) ou sans perte (comme c'est le cas du TIFF).

Chapitre I : Introduction générale

7. Acquisition

Les capteurs



□ L'acquisition des images se fait à l'aide d'un capteur :

Parmi les capteurs, on peut distinguer:

- Les capteurs thermiques
- Les capteurs photoélectriques (photodiodes, CCD, CMOS,...)

□ Le signal obtenu est caractérisé par :

- Sa dimension : 1D, 2D ou 3D
- Sa nature (analogique ou numérique)



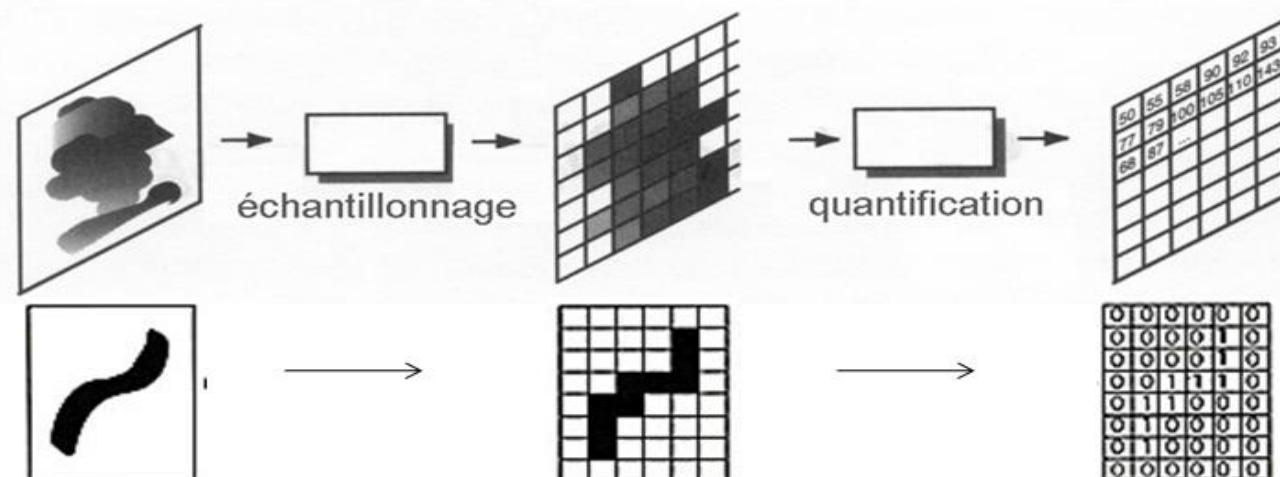
Chapitre I : Introduction générale

7. Acquisition

Numérisation

- La représentation informatique d'une image est nécessairement discrète alors qu'une image est de nature continue.
- La transformation d'un signal analogique 2D nécessite :
 - Une discréttisation de l'espace : c'est l'échantillonnage.
 - Une discréttisation des couleurs: c'est la quantification.
- L'image est composée de petits points appelés pixels et chaque pixel est défini par son abscisse et son ordonnée.

Numérisation
=
Échantillonnage
+
Quantification



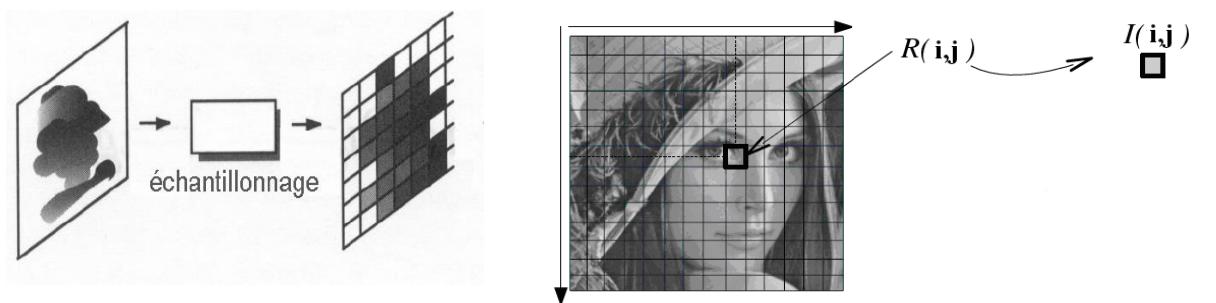
Chapitre I : Introduction générale

7. Acquisition

Numérisation d'une image

1- Etape1 : Echantillonnage d'une image (résolution spatiale)

- C'est le procédé de discréétisation spatiale d'une image, qui consiste à associer à chaque zone rectangulaire ou carrée $R(i,j)$ d'une image continue une valeur $I(i,j)$ unique.
- La résolution se mesure principalement en :
 - dpi (ppi) : dot (pixel) per inch (2.54 cm)
 - ppm :pixel par millimètre
- L'échantillonnage est limité par la capacité du capteur (nombre de pixels disponible).
- On parle de sous-échantillonnage lorsque l'image est déjà discréétisée et qu'on diminue le nombre d'échantillons.

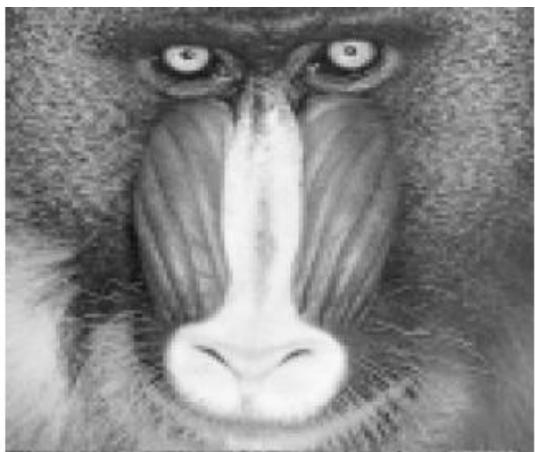


Chapitre I : Introduction générale

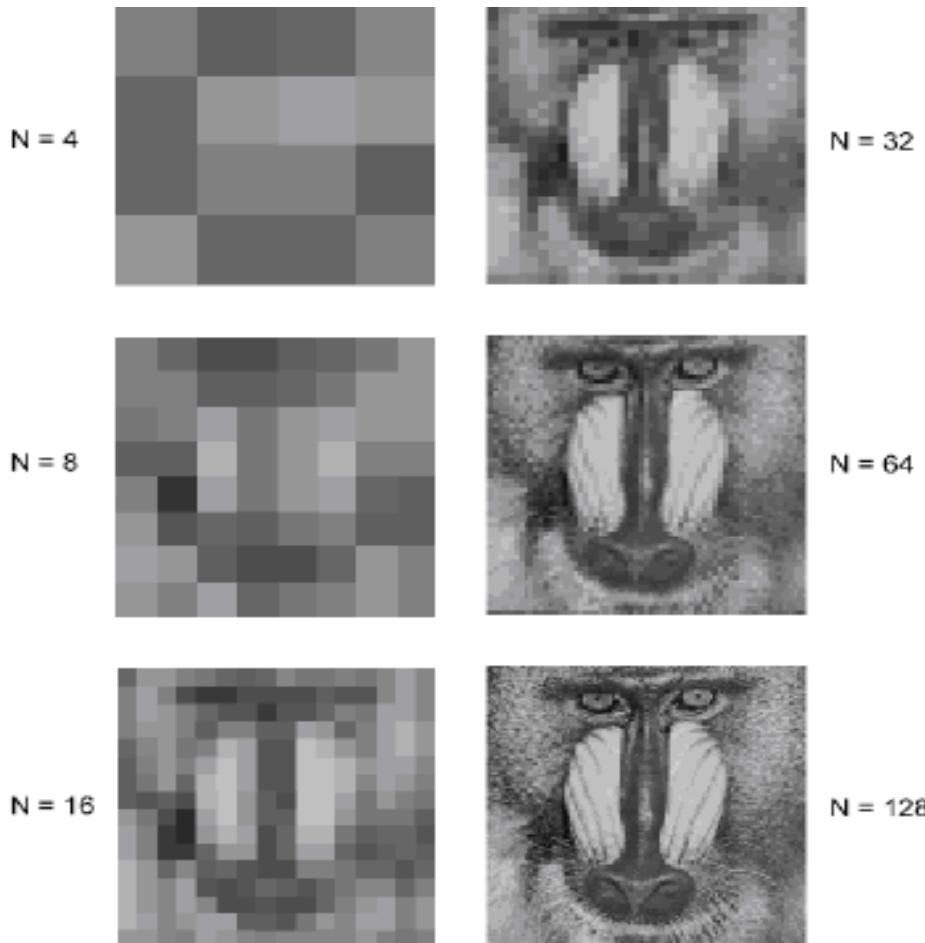
7. Acquisition

Numérisation d'une image

- Plus le nombre de pixels par inch (pouce) est grand, plus la résolution est élevée



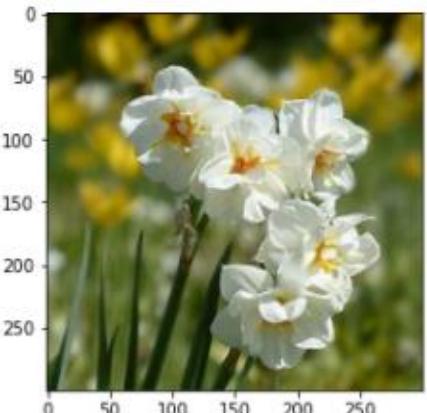
**Illustrations de
l'échantillonnage**



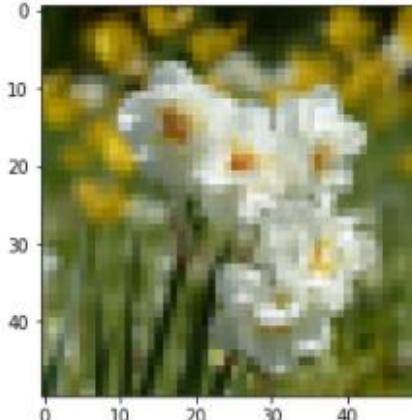
Chapitre I : Introduction générale

7. Acquisition

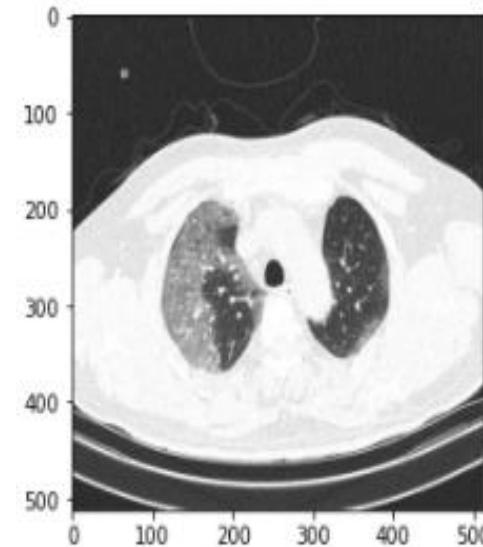
Numérisation d'une image



512 * 512



50 * 50



512 * 512



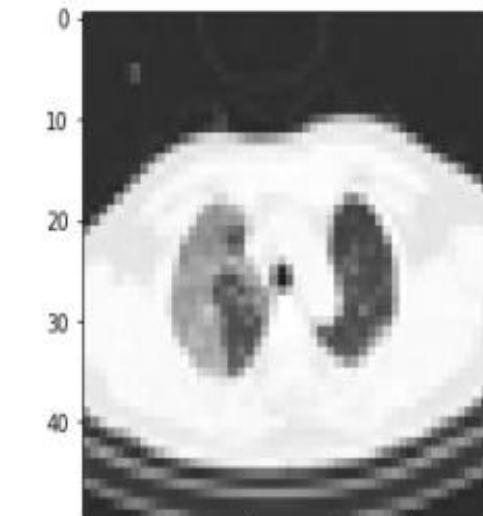
200 X 278



50 X 70



12 X 18



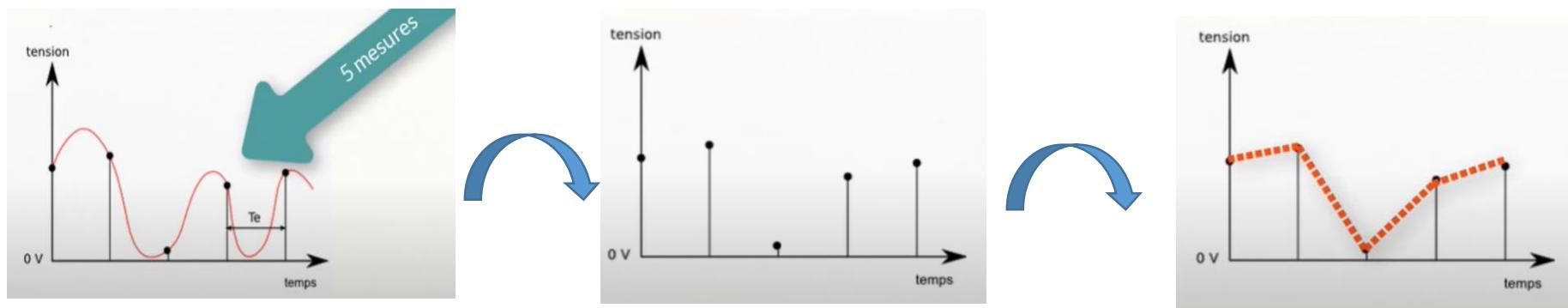
50 * 50

Chapitre I : Introduction générale

7. Acquisition

Numérisation d'une image

- Pour stocker numériquement un signal (1D), l'échantillonnage va le réduire à une suite de points discrets. Par la suite :
 - seule l'information présente sur le point de capture est enregistrée,
 - tout le reste est perdu.
- Si la fréquence d'échantillonnage est très faible, les acquisitions seront très espacées et, de ce fait si le signal original comporte des détails entre deux positions de capture, ils ne seront pas enregistrés.



Le signal reconstruit ressemble très peu au signal analogique

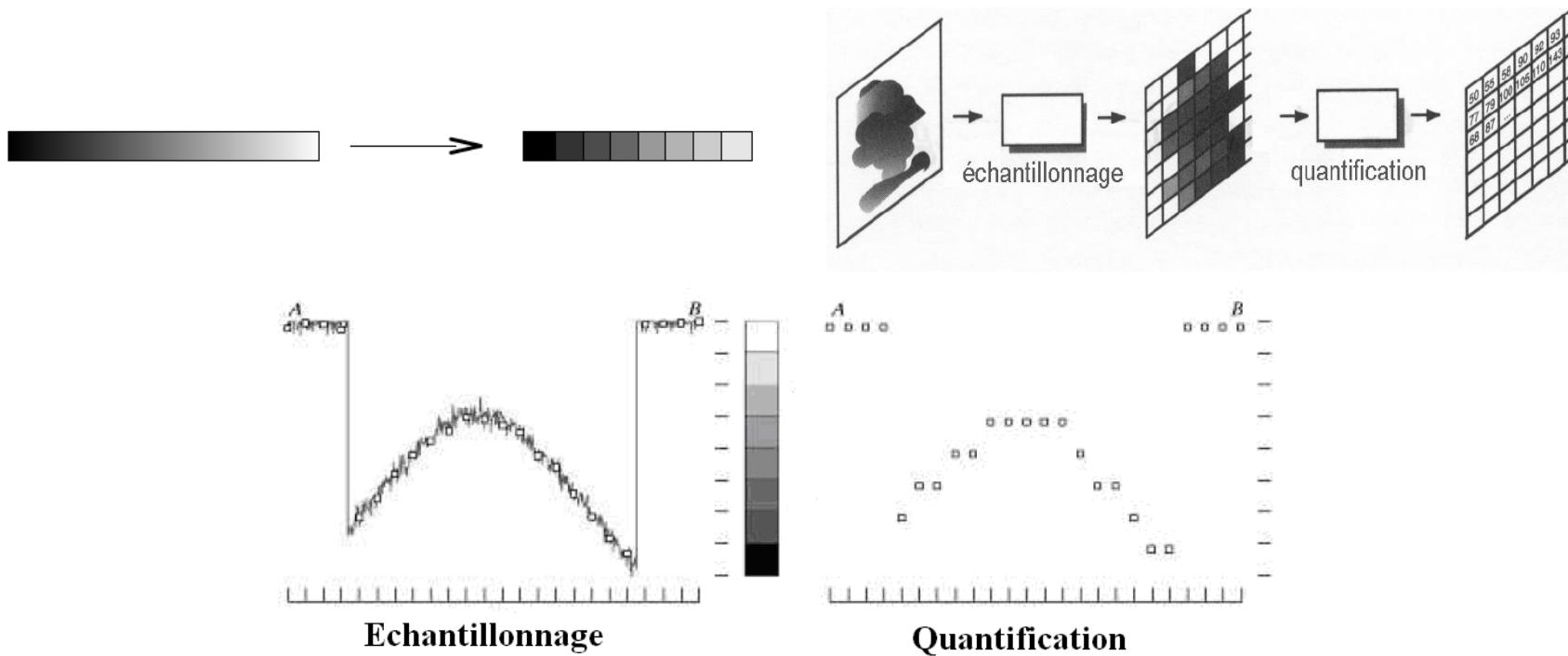
Chapitre I : Introduction générale

7. Acquisition

Numérisation d'une image

2- Etape2 : La quantification

- La quantification désigne le nombre de valeurs différentes disponible que peut prendre $I(i,j)$.

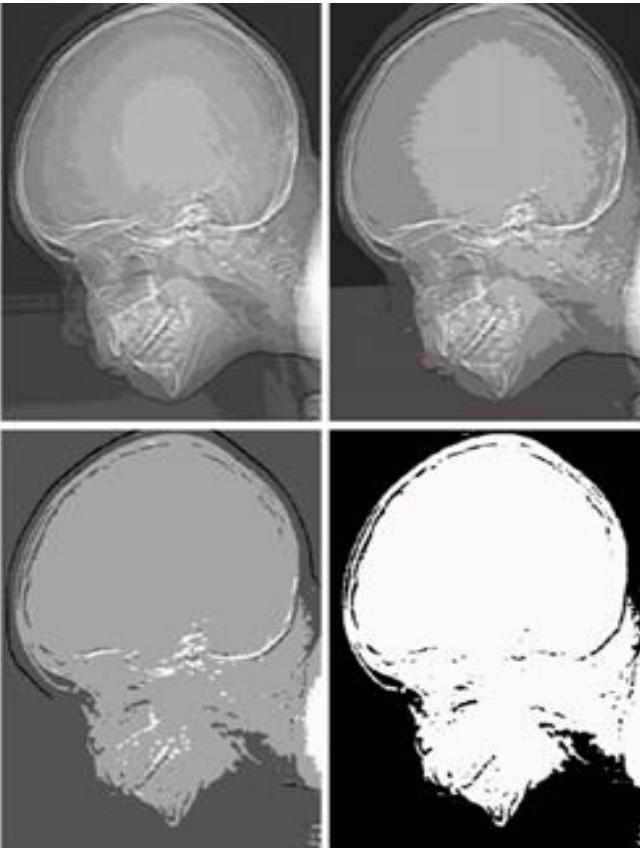


Chapitre I : Introduction générale

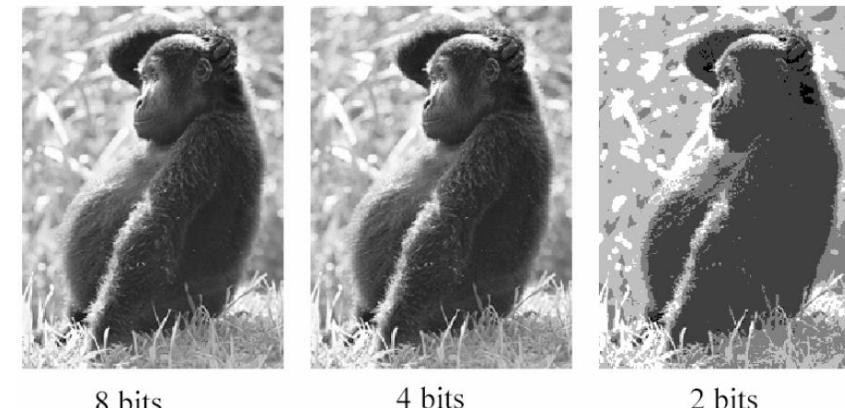
7. Acquisition

Numérisation d'une image

Figure 1
(Continued)
(c)-(h) Image displayed in 16, 8, 4, and 2 gray levels. (Original courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)



Illustrations de la quantification



8 bits

4 bits

2 bits

Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

□ Poids ou taille mémoire

- C'est l'espace mémoire qu'occupe une image sur un support de stockage numérique (disque dur, CD...).
- Poids = nombre de bits par pixel x nombre total de pixels
- Exemple: Taille de l'image : 200 x 300 pixels, chaque pixel est codé sur 8 bits,
Poids = $200 \times 300 \times 1 \text{ octet} = 60 \text{ ko}$

□ Dimension: C'est la taille de l'image = n(lignes) x m(col =nombre total de pixels dans une image..

□ Histogramme :

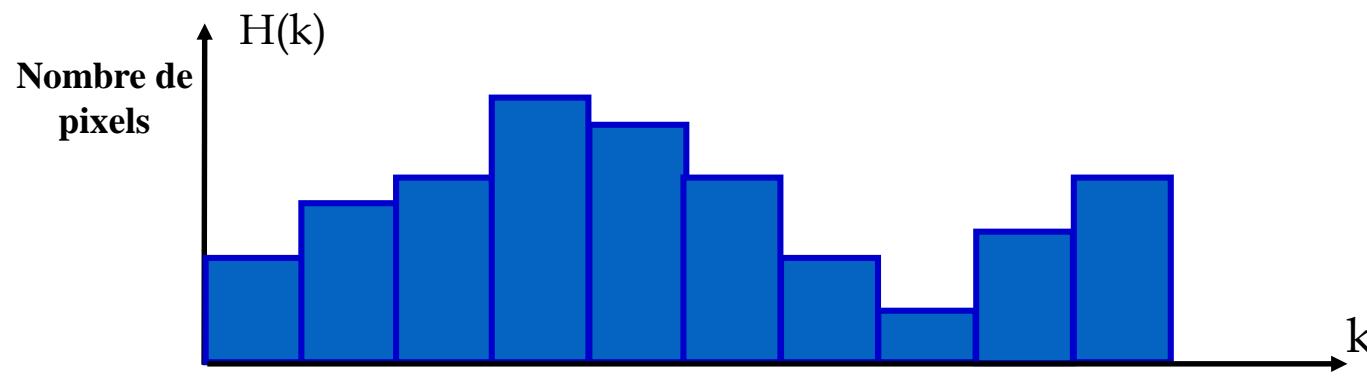
- une fonction qui donne la fréquence d'appartenance de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image.
- Il donne des informations sur la distribution des niveaux de gris (couleur)
- Il donne une idée sur la concentration des niveaux de gris (image trop claire ou une image trop foncée)

Chapitre I : Introduction générale

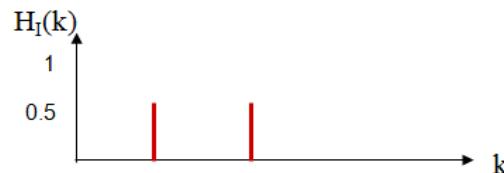
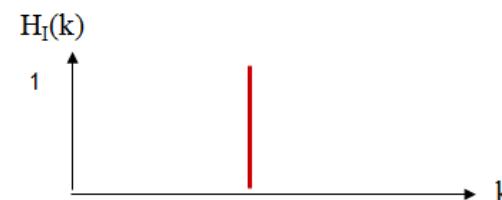
7. Les caractéristiques d'une image numérique

Histogramme pour une image en niveaux de gris

L'histogramme donne une information sur la répartition des niveaux de gris dans cette image.
 $H(k)$ présente le nombre de pixels de valeur k dans l'image.



Exemple :

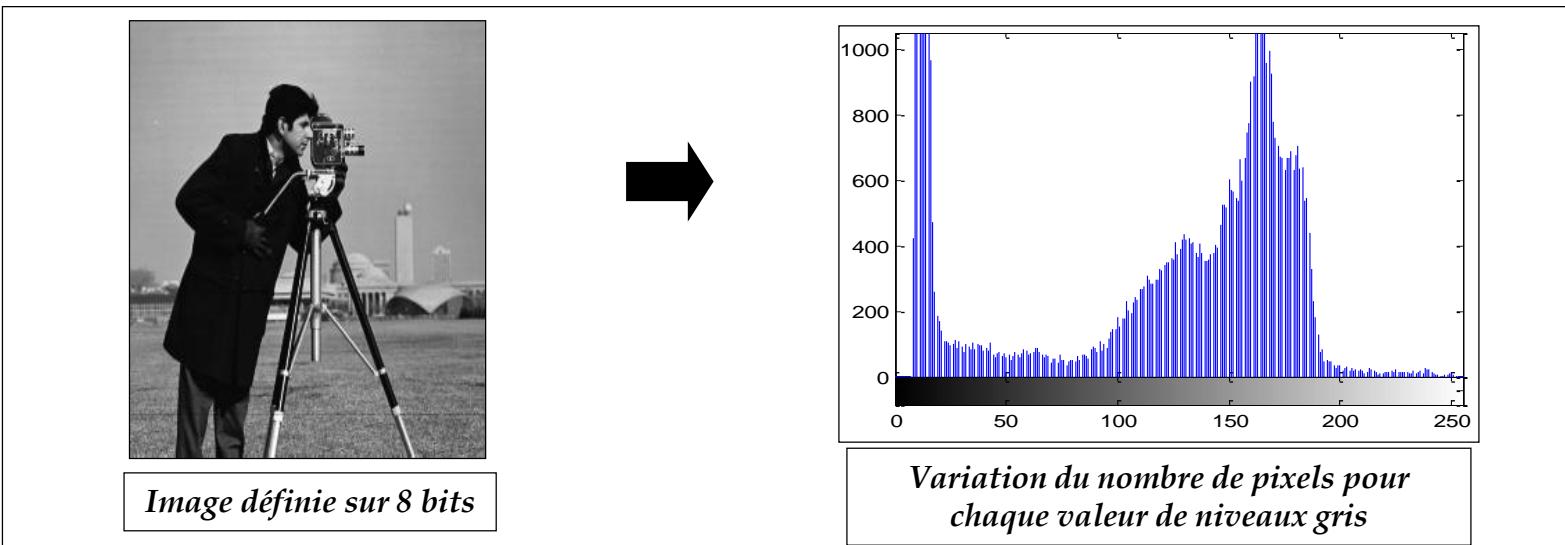
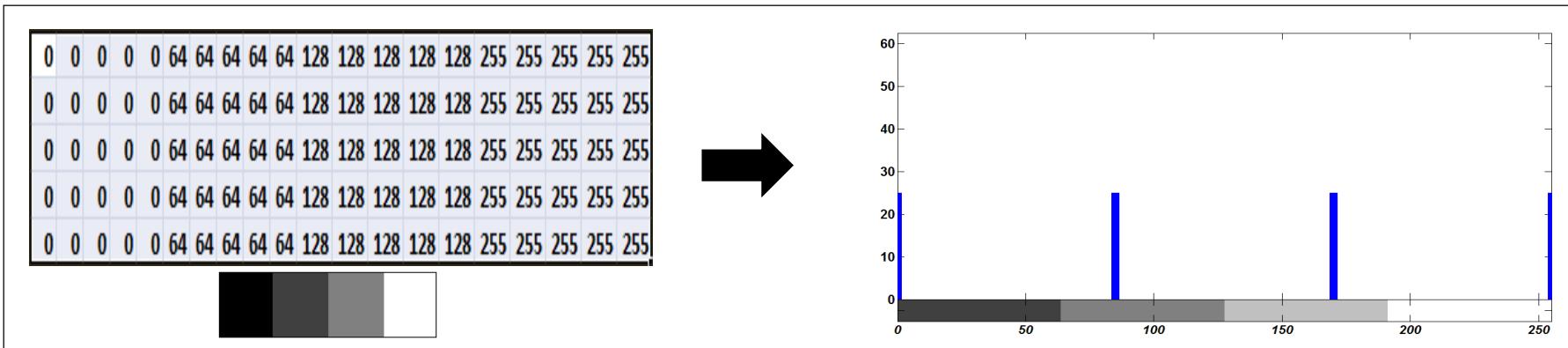


Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

Exemple de calcul d'histogramme pour une image

Nous calculons le nombre d'apparition de chaque niveaux de gris dans l'image comme le montre le graphe des deux exemples ci-dessous.

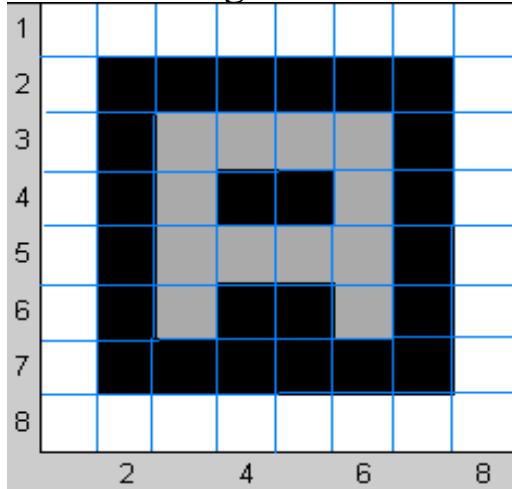


Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

Application : calcul de l'histogramme d'une image

L'image I en niveaux de gris



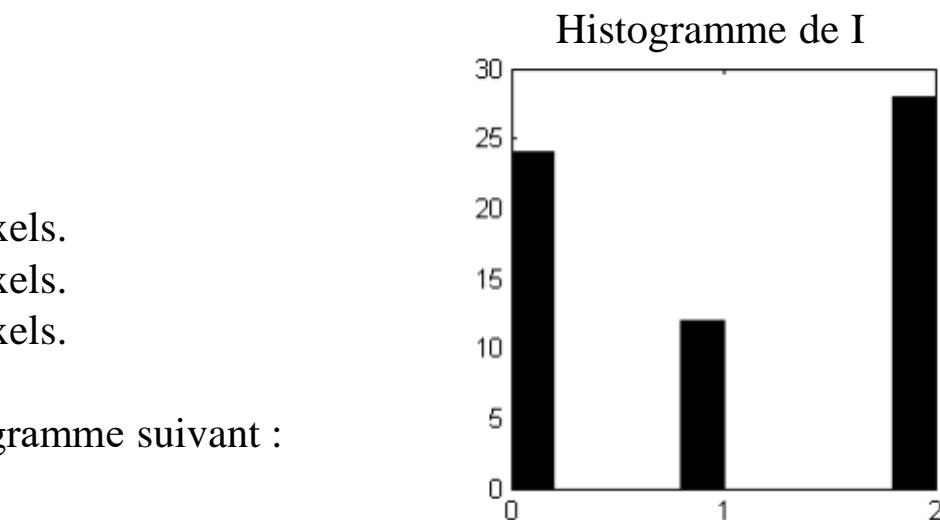
Matrice des valeurs de niveaux de gris relative à l'image I.

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



- La valeur 0 est donnée par 24 pixels.
- La valeur 1 est donnée par 12 pixels.
- La valeur 2 est donnée par 28 pixels.

D'où l'histogramme suivant :



Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

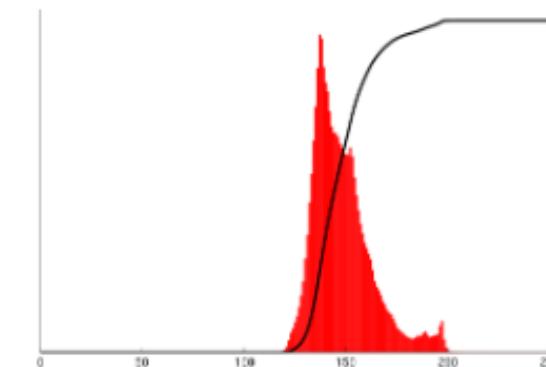
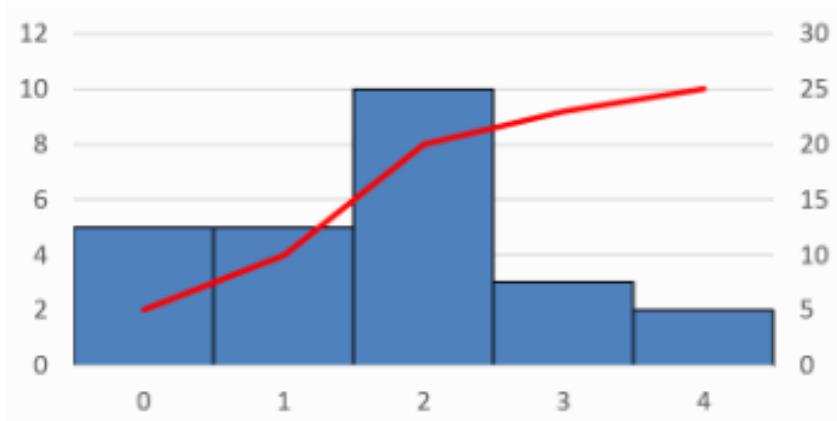
Histogramme cumulé d'une image

Pour un niveau de gris x , l'histogramme cumulé permet de connaître la probabilité de tomber sur un pixel de valeur inférieure ou égale à x en tirant un pixel au hasard dans l'image.

L'histogramme cumulé d'une image f :

$f : E \rightarrow [0..n] \subset \mathbb{N}$, noté C_f est finalement donné par :

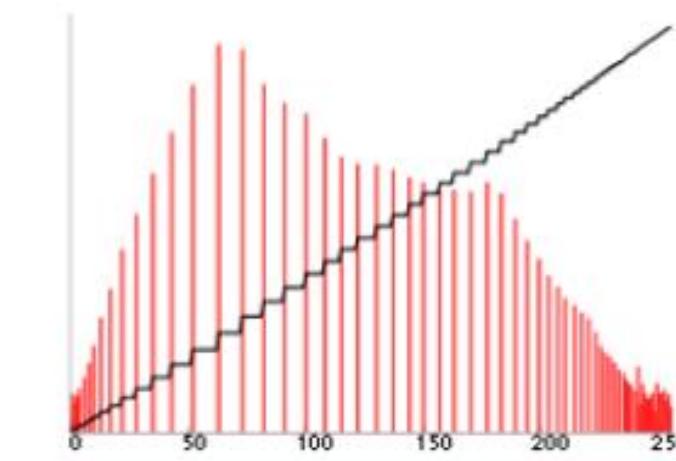
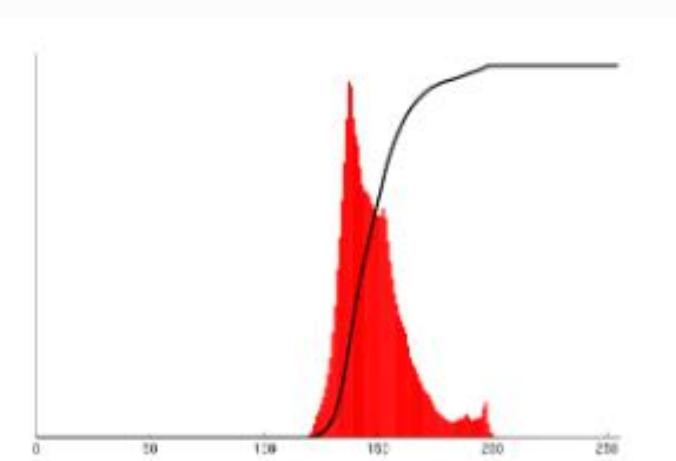
$$\begin{aligned}\forall v \in [0, n], C_f(v) &= |\{p \in E | f(p) \leq v\}| \\ &= \sum_{i=0}^v T_f(i)\end{aligned}$$



Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

Histogramme cumulé d'une image



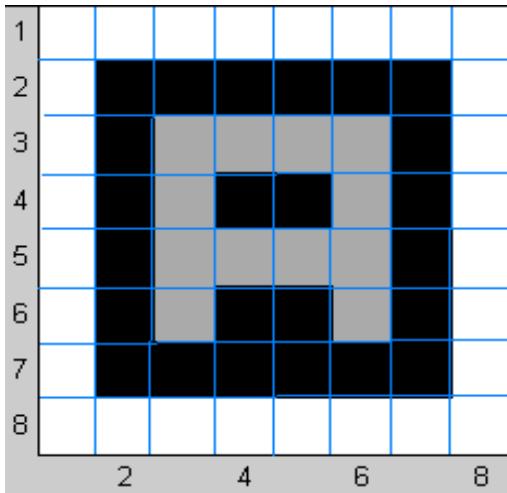
Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

Histogramme cumulé d'une image

Histogramme cumulé d'une image : $Hist_Cumulé(l) = \sum_{k=0}^{k=l} Hist(k)$

L'image I en niveaux de gris



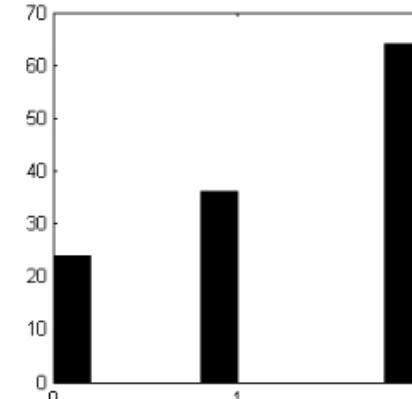
Matrice des valeurs de niveaux de gris relative à l'image I.

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

l'histogramme cumulé est calculé ainsi :

- 0 est donnée par 24 pixels.
- La valeur leur 1 est donnée par $24+12=36$ pixels.
- La valeur 2 est donnée par $36+28=64$ pixels.

D'où l'histogramme suivant :



- Cette image contient trois nuances : 0, 1 et 2.
- Cet histogramme cumule dans un ordre croissant les différents niveaux de gris dans l'image.

Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique



Image colorée correspondant à des histogrammes différents pour chaque composante

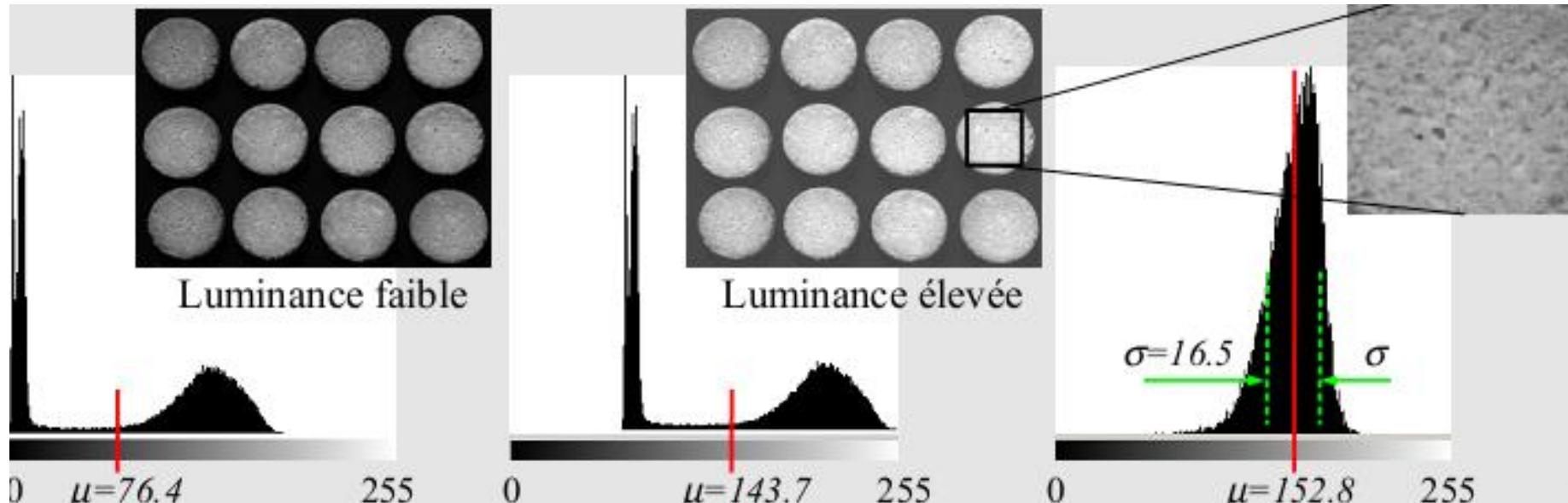
Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

- Luminance de l'image = moyenne μ des niveaux de gris.
- Ecart-type σ = amplitude moyenne de la variation des niveaux de part et d'autre de la moyenne.

$$\mu = \frac{1}{N_x \times N_y} \sum_{i=0}^{255} h(i) \times i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N_x \times N_y} \sum_{i=0}^{255} h(i) \times (i - \mu)^2$$

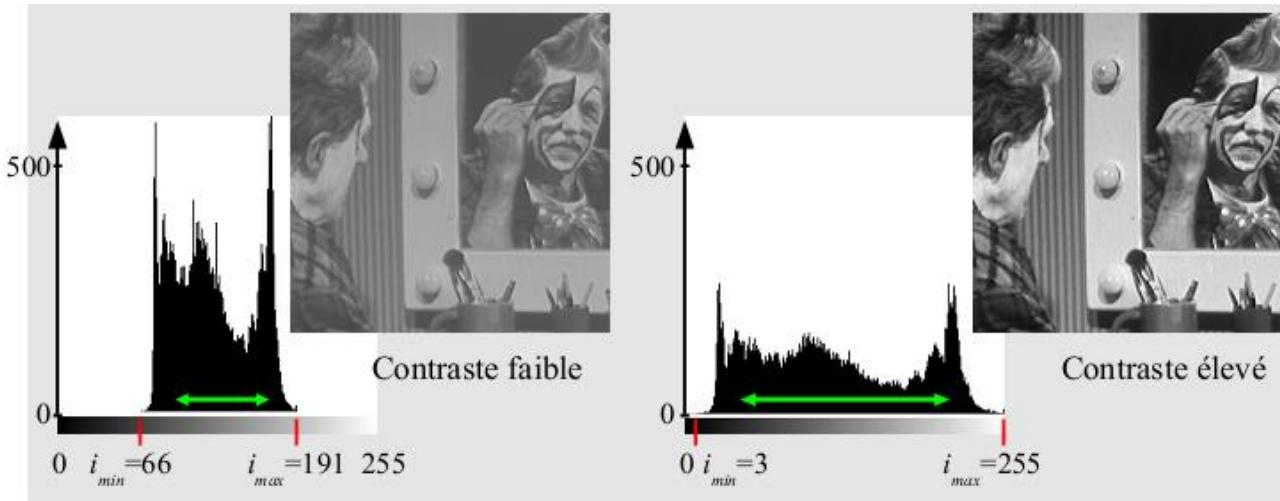


Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

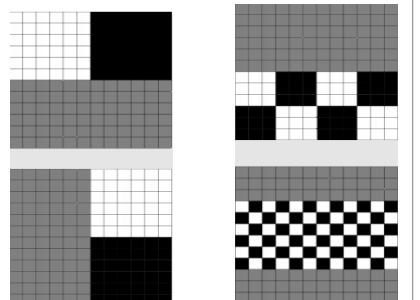
Informations issues de l'histogramme

- Dynamique de l'image : nombre de niveaux $[i_{\min}, i_{\max}]$ réellement présents
- Contraste de l'image: Il est d'autant plus élevé que l'histogramme est «étalé» horizontalement. Il peut être estimé par l'écart-type σ .



Remarque : L'histogramme donne une information sur les fréquences d'apparition des niveaux de gris des pixels de l'image, mais ne donne aucune indication sur la répartition de ces niveaux de gris au sein de l'image.

Exemple :



Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

Histogramme et amélioration du contraste :

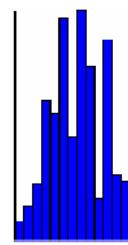
- Dans de nombreux domaines, imagerie satellitaire, astronomie, imagerie médicale, archivage, il est courant de manipuler des images de mauvaises qualités.
- L'histogramme est utilisé pour améliorer le contraste d'une image :



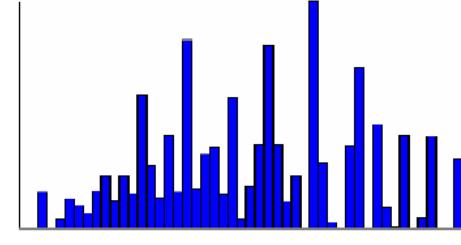
Image originale



Image restaurée



Histogramme de l'image originale



Histogramme de l'image restaurée

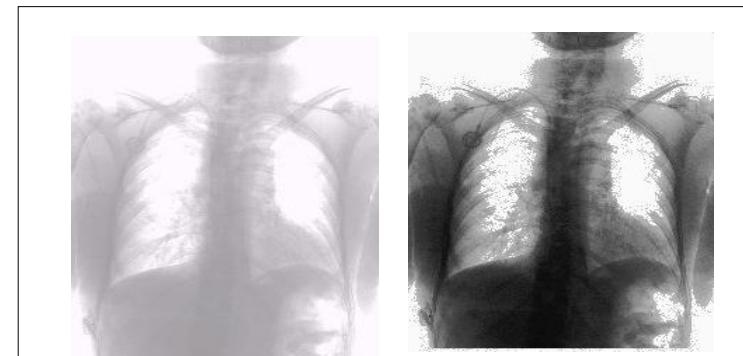
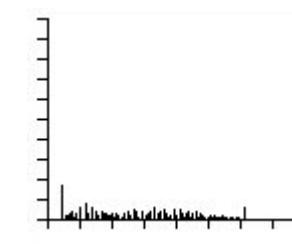
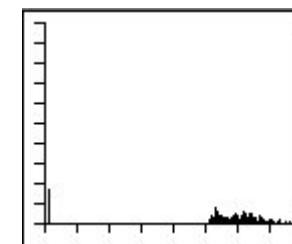


Image restaurée



Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

Transformation linéaire simple : Expansion de la dynamique

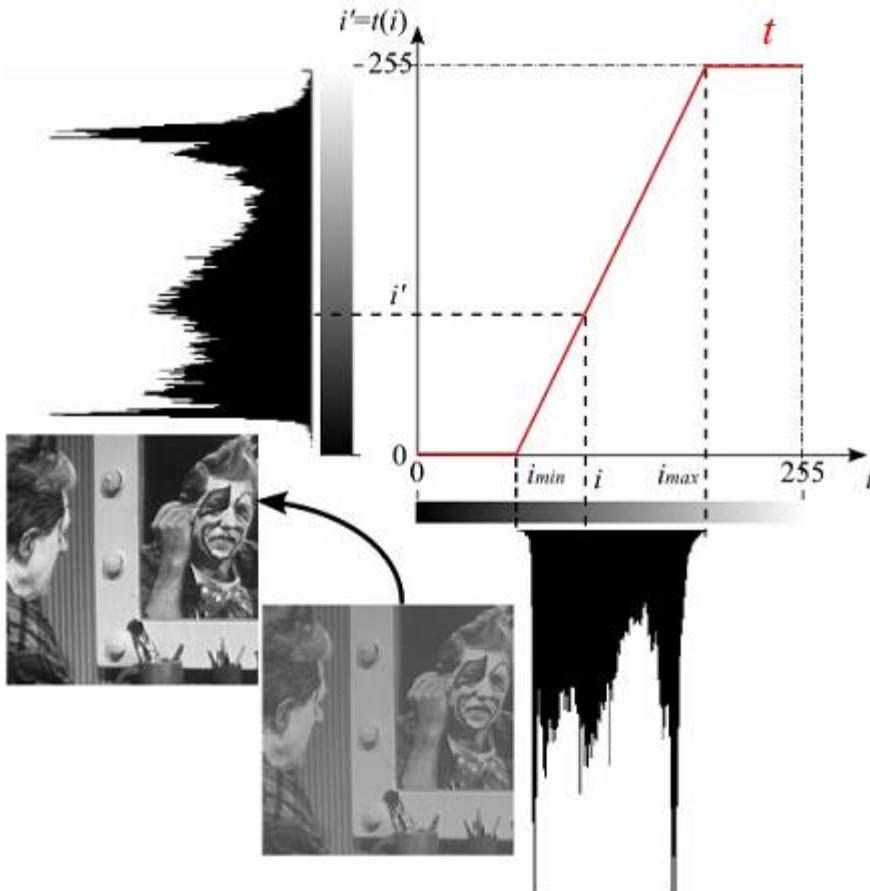
Soit $[i_{\min}, i_{\max}]$ la dynamique de l'image initiale.

La fonction de transformation est :

$$i' = \frac{255}{i_{\max} - i_{\min}}(i - i_{\min})$$

Avec :

$$\frac{i - i_{\min}}{i_{\max} - i_{\min}} \in [0,1]$$



Effet : rehaussement du contraste
par expansion de la dynamique

Chapitre I : Introduction générale

7. Les caractéristiques d'une image numérique

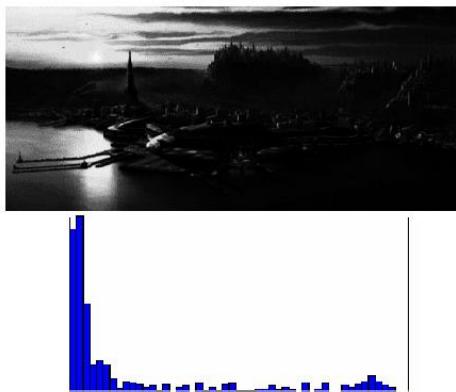
Histogramme et amélioration du contraste :

Égalisation de l'histogramme

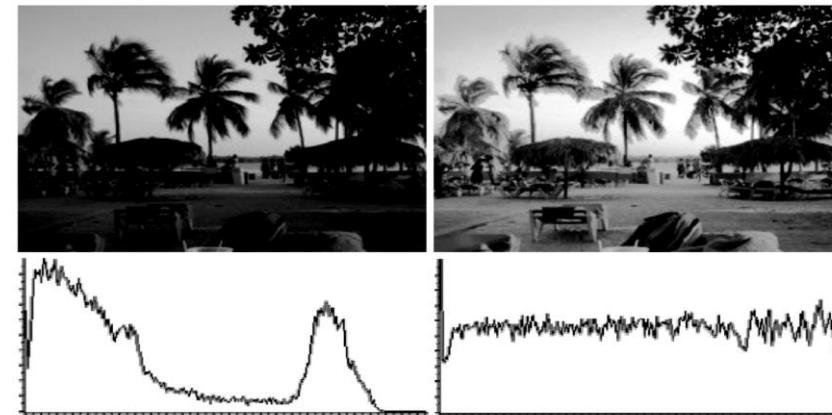
L'égalisation de l'histogramme est une opération très courante en traitement d'images permettant l'amélioration de la qualité de l'image.

Cette amélioration est obtenue en effectuant une meilleure répartition des niveaux de gris afin d'obtenir une distribution uniforme de ces niveaux de gris.

Exemple 1:



Exemple 2:



Application

Soit l'image de la figure 1 et la matrice qui lui est associée

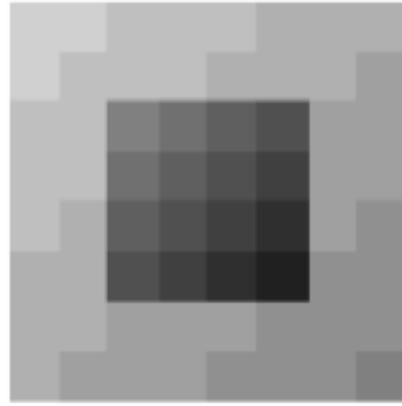


Figure 1-a

13	13	12	12	12	11	11	11
13	12	12	12	11	11	11	10
12	12	8	7	6	5	10	10
12	12	7	6	5	4	10	10
12	11	6	5	4	3	10	9
11	11	5	4	3	2	9	9
11	11	10	10	10	9	9	9
11	10	10	10	9	9	9	8

Figure 1-b

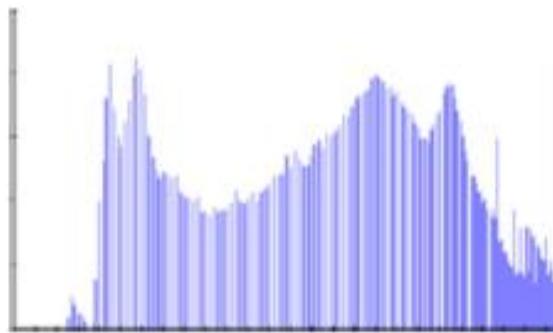
- 1) Donner la résolution de l'image
- 2) Donner la valeur de la quantification de cette image en justifiant la réponse
- 3) Donner la taille de l'image
- 4) Représenter l'histogramme de cette image et son histogramme cumulé
- 5) Déterminer la dynamique de l'image, est ce qu'elle est maximale?

Application

7) Relier chaque image avec l'histogramme correspondant



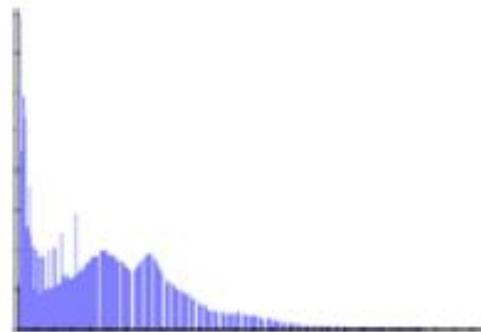
Figure A



Histogramme A



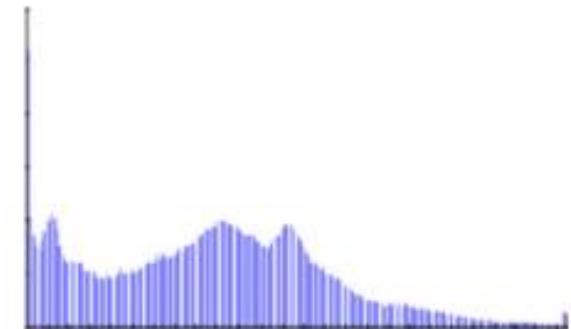
Figure B



Histogramme B



Figure C



Histogramme C