

Computer Vision

Cours 1

Pr: Hamid TAIRI
Laboratoire: LISAC

Faculté des Sciences Dhar El Mahraz Fès
E-mail: hamid.tairi@usmba.ac.ma

Fonctionnement du cours

- Chaque séance de 3 heures
- Travaux pratiques:
 - Programmation en C/C++, Matlab ou Java
 - Complétés par des périodes de **pratiques libres**
- Evaluation
 - Examens théorique%
● Travaux pratiques.....%
● Projet appliqué.....%
● Préparation, Présence et Participation en classe

Attention : beaucoup de TPs

- Ne surtout pas commencer à la dernière minute
 - Se laisser du temps pour réfléchir aux problèmes
- C'est un cours de traitement d'images !
 - Programmez en C/C++, Matlab et Java
 - Ecrivez votre rapport à rendre avec résultats de simulation
 - Mais expliquez et démontrez le traitement d'images !
- Montrez des résultats sur les images
 - Choisissez les images et expliquez vos résultats
 - Faites le lien avec ce qui est vu en cours

Avant de continuer ...

- N'hésitez pas à poser des questions
 - pendant ou après le cours

Objectif du cours

- **Formation de base en analyse d'images**

- Les images numériques (*théorie de l'information*)
- Leur représentation (*structures discrètes*)
- et leur exploitation (*filtrage et amélioration*)
-

- **Analyse automatique des images**

- Au travers d'un problème phare : *segmentation d'images*
- Initiation à la *compression d'images*
-

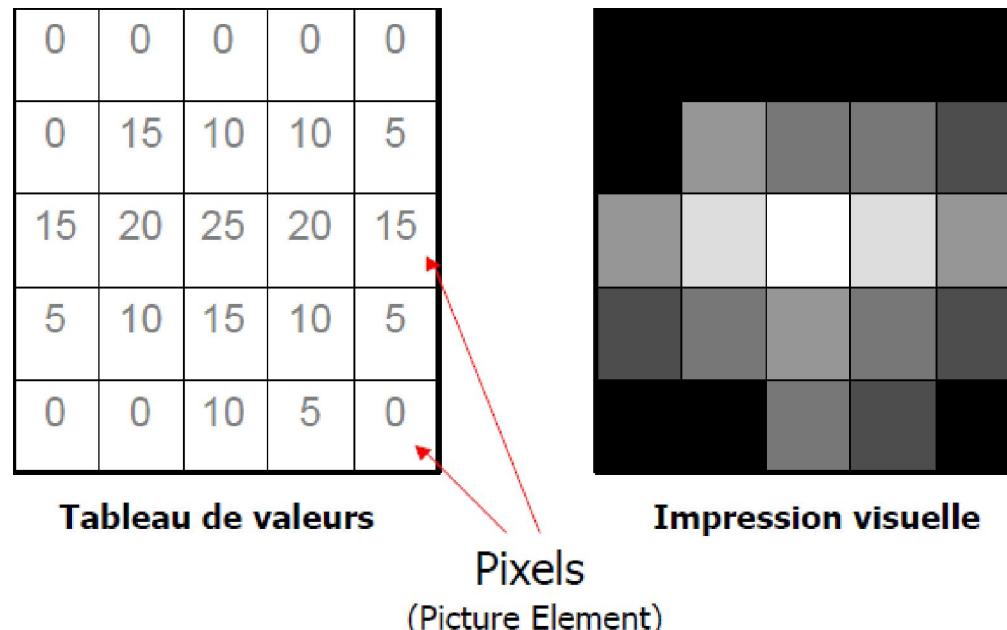
- **Traitements avancés des images**

Programme du cours

- Introduction
- Qu'est-ce qu'une image ?
- Acquisition d'une image
- Représentation et codage d'une image
- Traitements de base d'une image
- Binarisation et dynamique d'une image
- Convolution Numérique (1D & 2D)
- Réduction du bruit
- Traitements fréquentiels
- Détection des contours
- Contours actifs
- Segmentation en régions
- Compression d'images
- Détection de points d'intérêt
- Transformée de Hough: Recherche de formes particulières
- Morphologie mathématique
- Chaîne complète de traitement d'images
- Indexation et recherche d'images par le contenu visuel
- ...

Image et traitement d'images (TI)

- **Image** = information issue d'un **capteur de vision** (œil, caméra)



- **TI** = ensemble **des opérations** sur les images numériques, qui transforment une image en une autre image, ou en une autre primitive formelle.

traitement d'images (TI)

- Coder
- Améliorer
- Simplifier
- Extraire des informations
- Analyser
- Aider à comprendre

1. Introduction

1. 1. Historique :

❖ Discipline qui existe depuis ~35 ans :

- Application : Rayons X,...
- Des images de mauvaise qualité et très volumineuses (déjà 700 x 500 pixels sur 8 bits par image)
- Trois domaines dominants :
 - ✓ Restauration (corriger les défauts liés à l'acquisition)
 - ✓ Amélioration (rendre l'image "belle" pour l'affichage)
 - ✓ Compression (réduire le volume de l'image)

❖ Du traitement à l'interprétation d'images (~ 1980) :

- Une évolution naturelle vers **l'extraction automatique d'informations**
- Apparition de la notion de **description structurelle** (ensemble des informations contenues dans une image et que l'on peut extraire sans aucune connaissance a priori de l'application).
- Des **nouveaux thèmes** : seuillage, segmentation, extraction de contours, morphologie mathématique (pour les images binaires), ...
- Interprétation d'images
 - ✓ l'apparition des systèmes experts
 - ✓ Les raisons de l'échec
 - o Il n'y a pas d'expert
 - o le savoir est trop complexe pour être modélisé

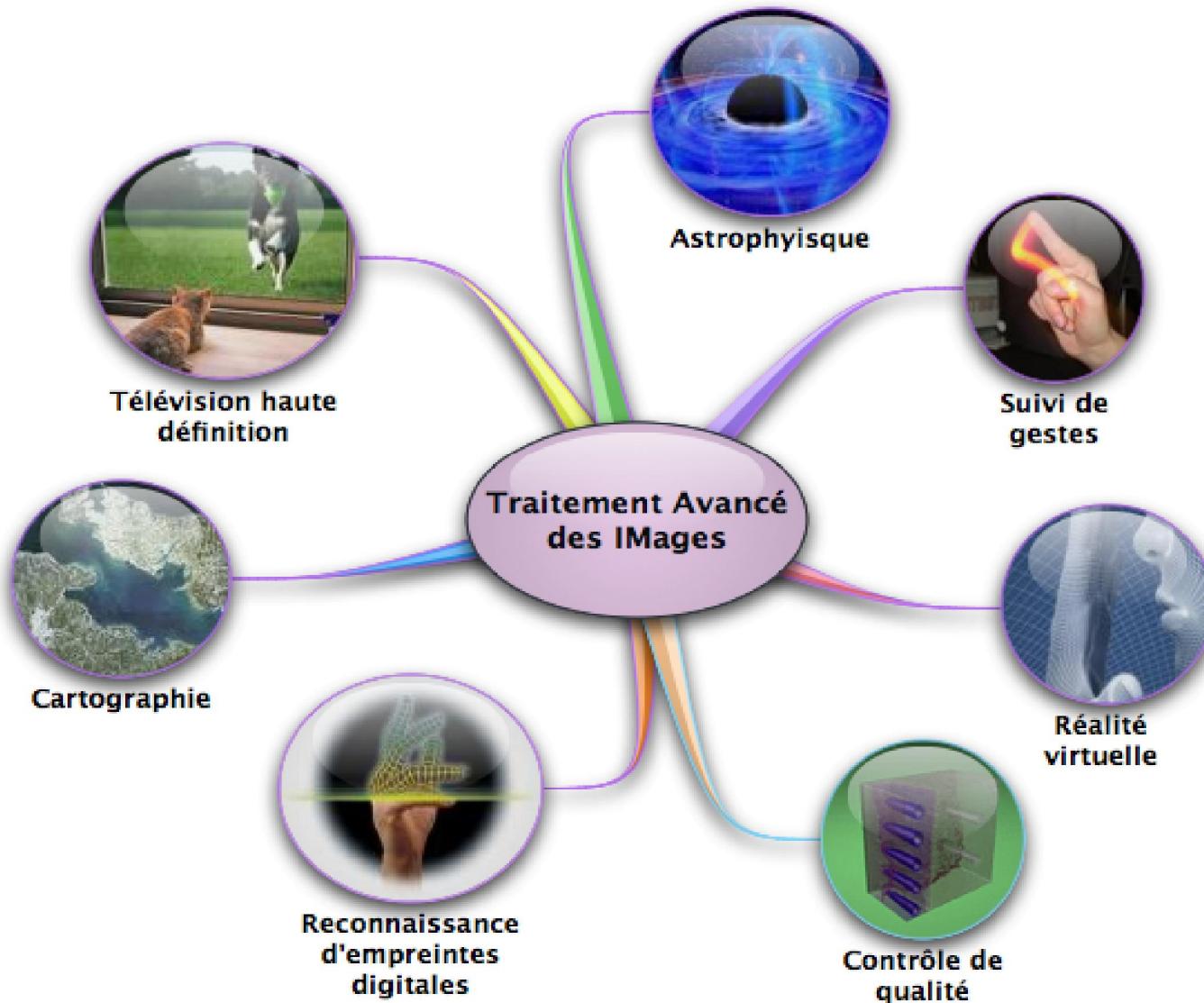
❖ La vision par ordinateur (1980 -) :

- De l'image 2D aux modèles tri-dimensionnels 3D
- Analyse du mouvement
- Vision pour la robotique (mouvement, 3D, détection d'obstacle, trajectoire)
- Guidage de véhicule
- Un bilan très mitigé (peu de problèmes résolus, le 3D complet est-il possible ?)
- De la vision passive à la vision active (prise en compte de l'observateur dans l'analyse de la scène - **il n'y a pas de scènes, il n'y a que des scènes observées**)

❖ Et maintenant...

- On ne sait pas faire grand chose (mais au moins maintenant, on le sait!!)
- les bibliothèques numériques
 - ✓ Acquisition (du papier ou de la vidéo vers le numérique)
 - ✓ Représentation (quel codage ?)
 - ✓ Transmission (codage et réseaux)
 - ✗ Accès (**Indexation/Recherche**)
 - ✗ Multimédia, web
- Une nouvelle tentative pour l'interprétation (il ne s'agit plus d'interpréter pour interpréter mais d'interpréter pour rechercher)
- Le problème de l'analyse d'image n'est toujours pas résolu!

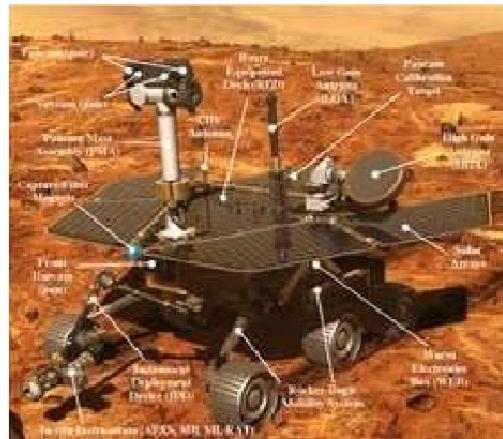
1.2 Agencement Traitement avancé des images



1.2 Domaines d'applications

- Robotique – industrie

- Assemblage, Reconnaissance de pièces
- Contrôle de qualité
- Véhicule autonome
- Etc.



Segment horizontal

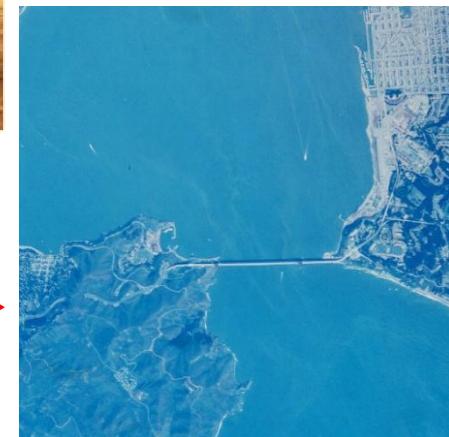


Segment oblique



- Télédétection

- Météo
- Cartographie
- Analyse des ressources terrestres
- Restauration
- Etc.

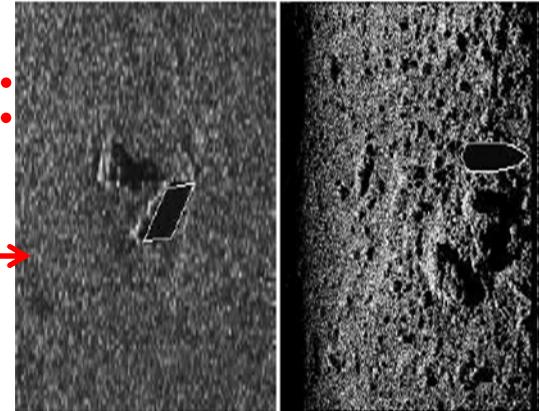
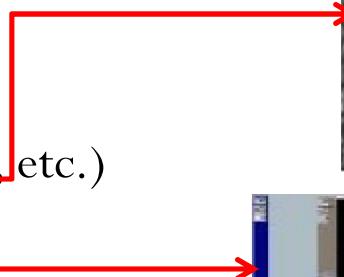


Pr: H. Tairi

1.2 Domaines d'applications:

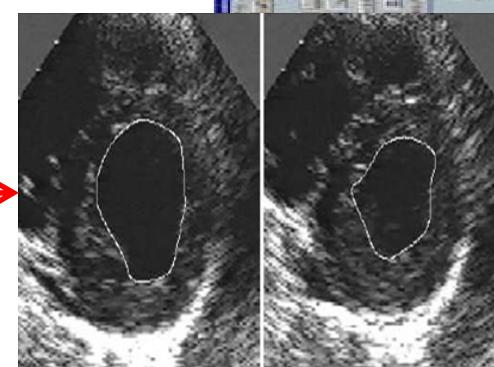
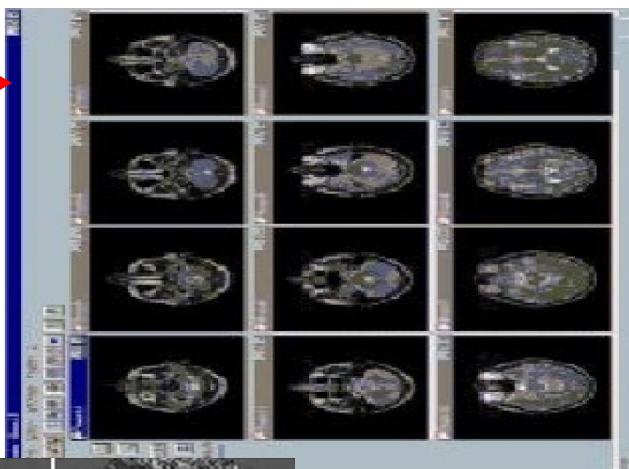
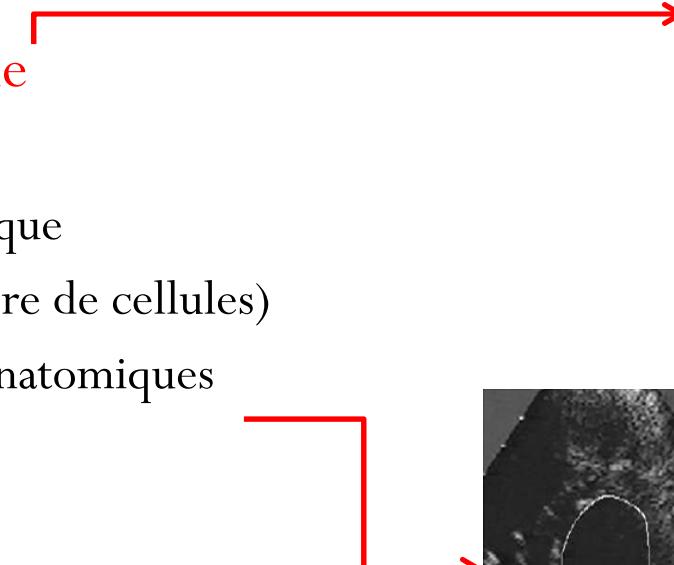
- Application militaire

- Guidage de missile
- Reconnaissance (aérienne, Sous-marine, etc.)
- Etc.



- Imagerie médicale

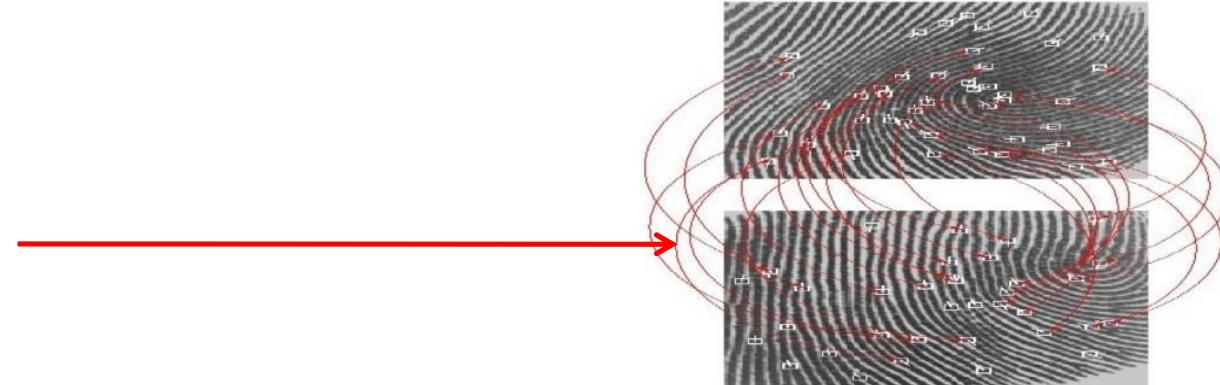
- Tomographie
- Aide au diagnostic
- Comptage (nombre de cellules)
- Suivi de formes anatomiques
- Restauration
- Etc.



1.2 Domaines d'applications:

- Sécurité

- Reconnaissance
 - Empreintes
 - Iris
 - Signatures



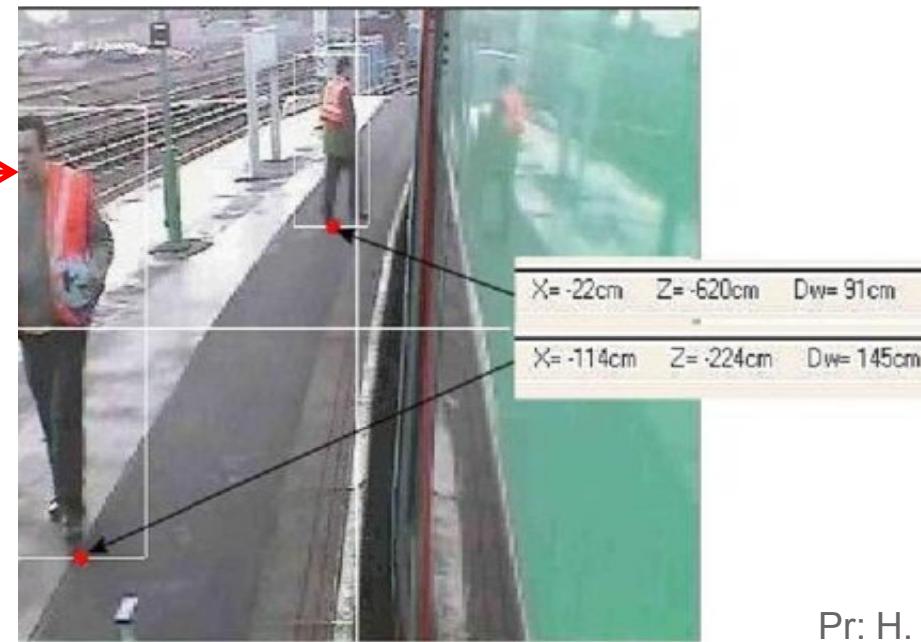
- Détection de mouvement

- Vidéosurveillance



16

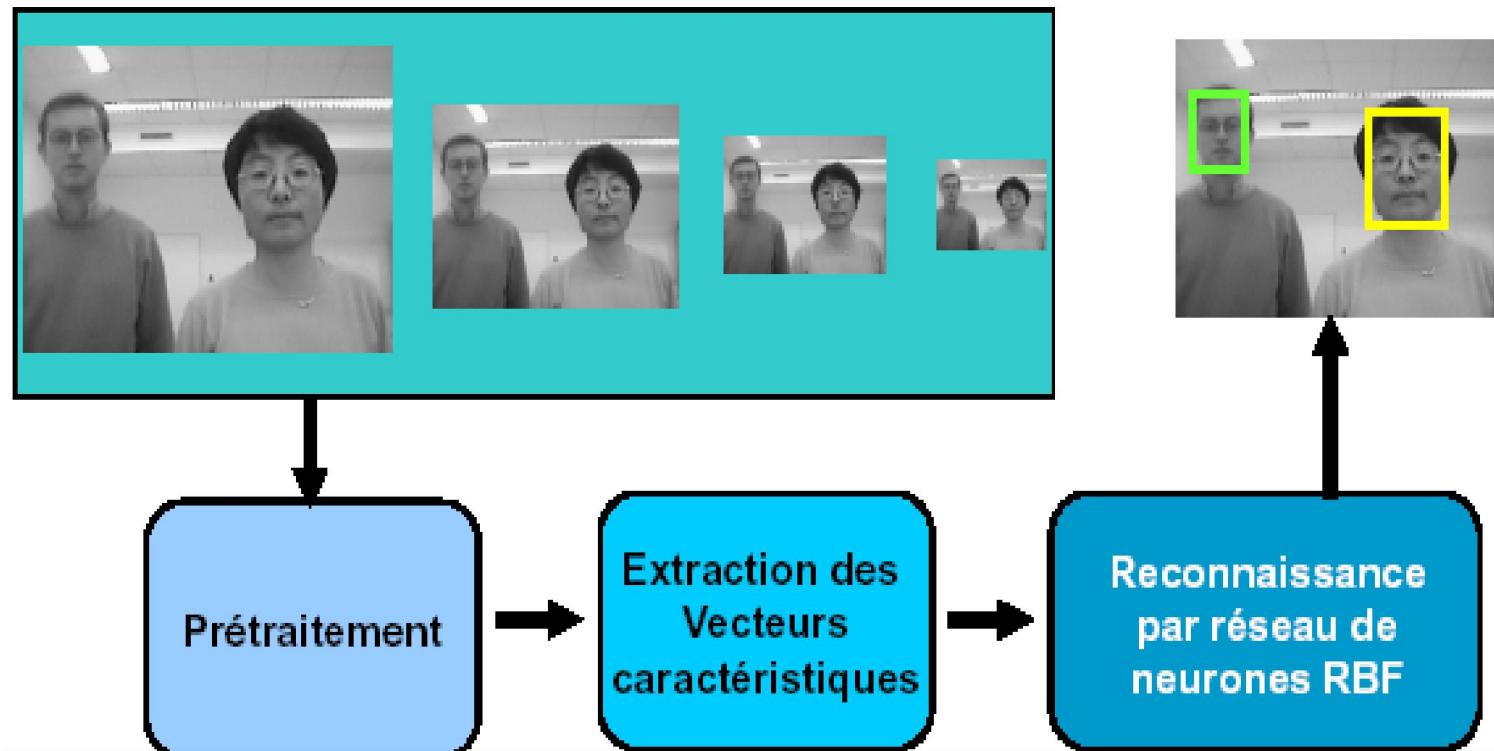
détection de changements, poursuites



Pr: H. Tairi

1.2 Domaines d'applications:

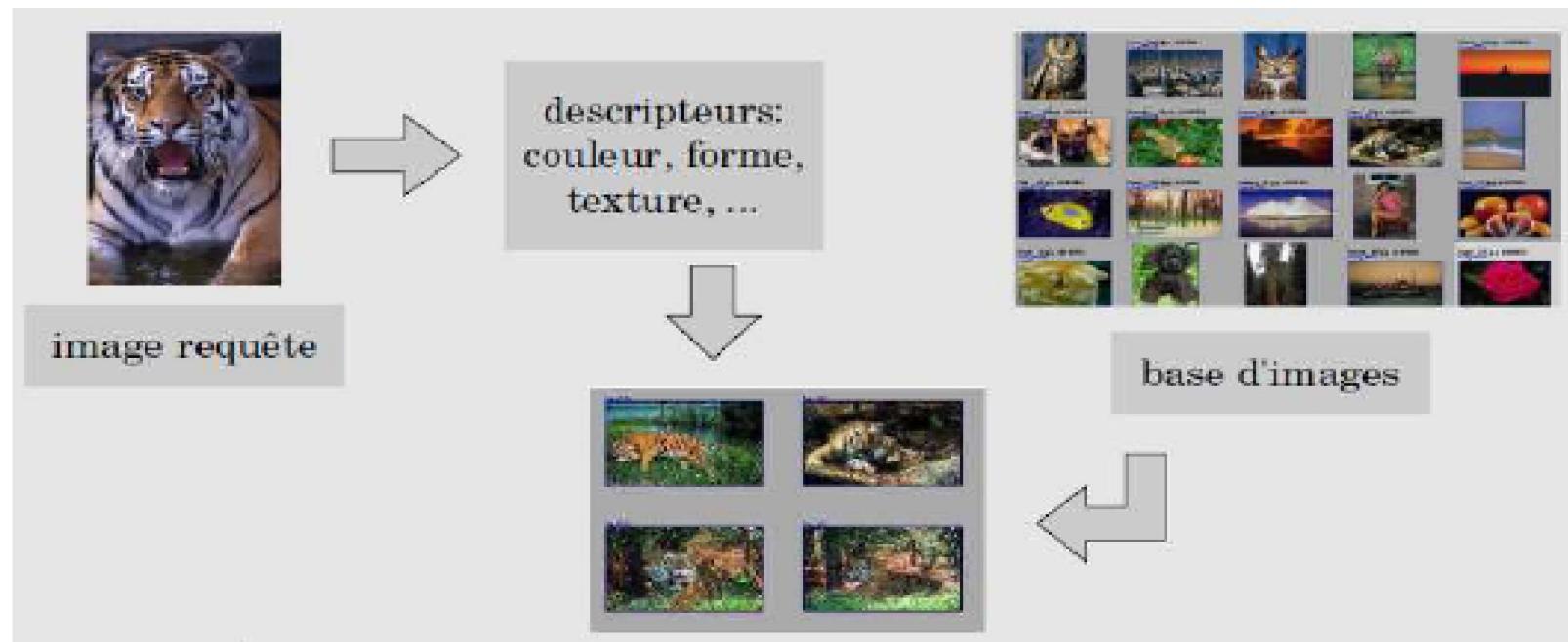
- Reconnaissance de visages :
 - Contrôle d'accès, vérification d'identité
 - Recherche dans une base de données
 - Identification (avec déclaration d'identité : nom, carte)



1.2 Domaines d'applications:

- **Multimédia**

- Indexation, restauration d'images, fouille (descripteurs) :
- *Reconnaissance d'action dans un match de tennis pour l'indexation vidéo (INRIA)*
- *Recherche d'images dans une base de données à partir d'une requête visuelle*



1.3 Exemples de traitement d'images (Restauration)



Image floue (bruitée)



Image restaurée (filtrée)

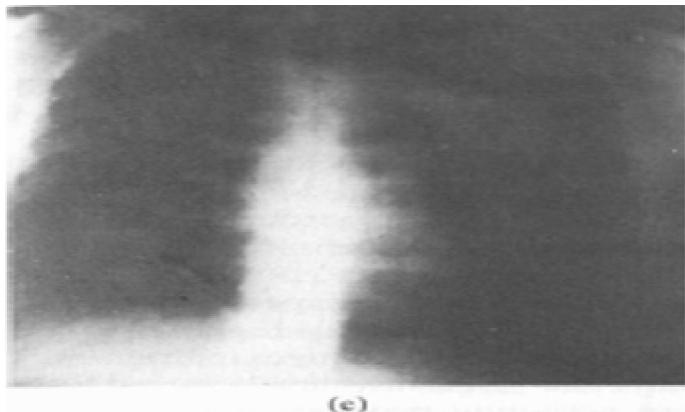
1.3 Exemples de traitement d'images (Compression)



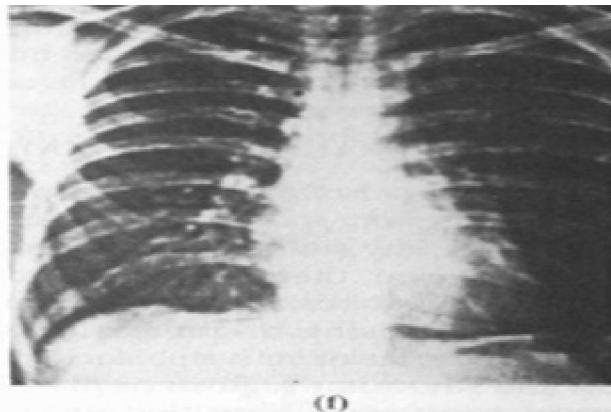
Image originale

Image Compressée

1.3 Exemples de traitement d'images (Rehaussement et Déconvolution)



(e)



(f)



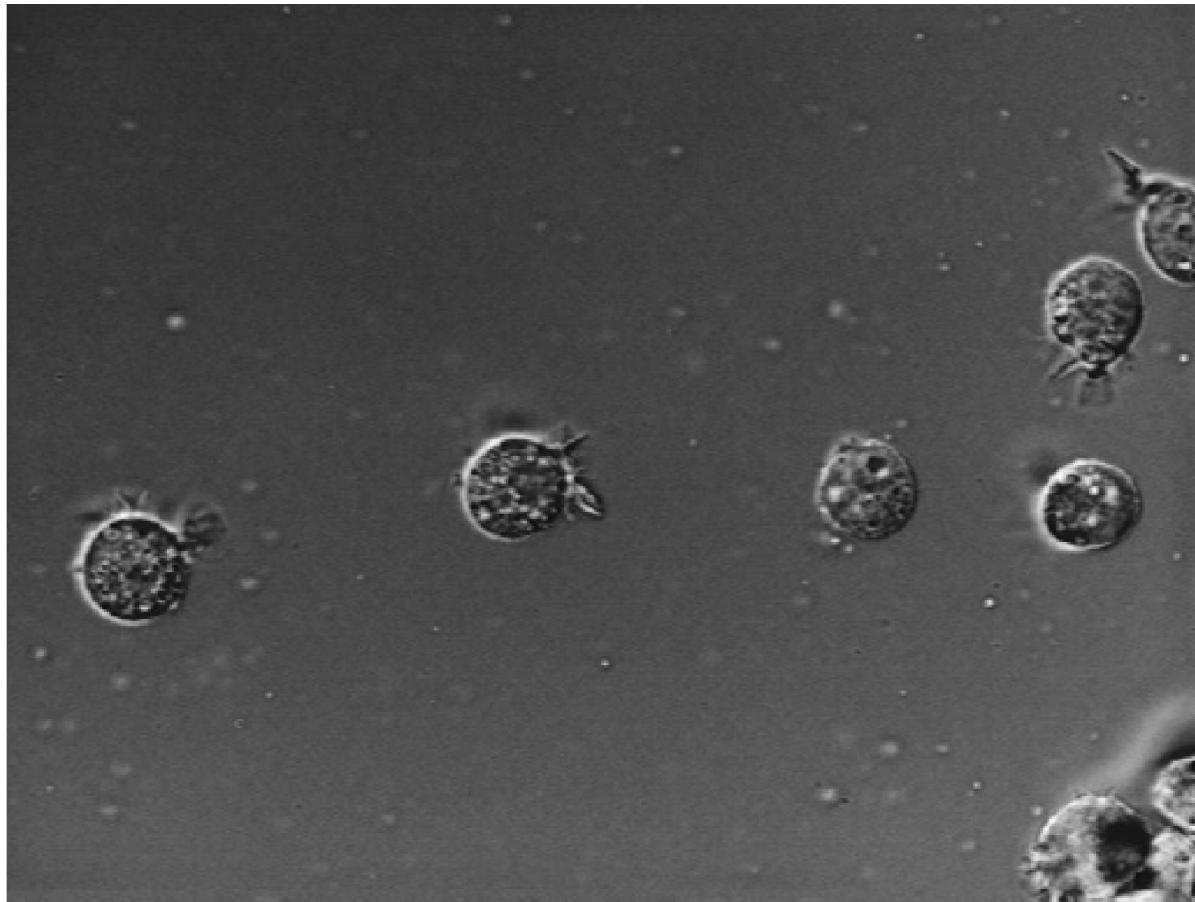
Image initiale



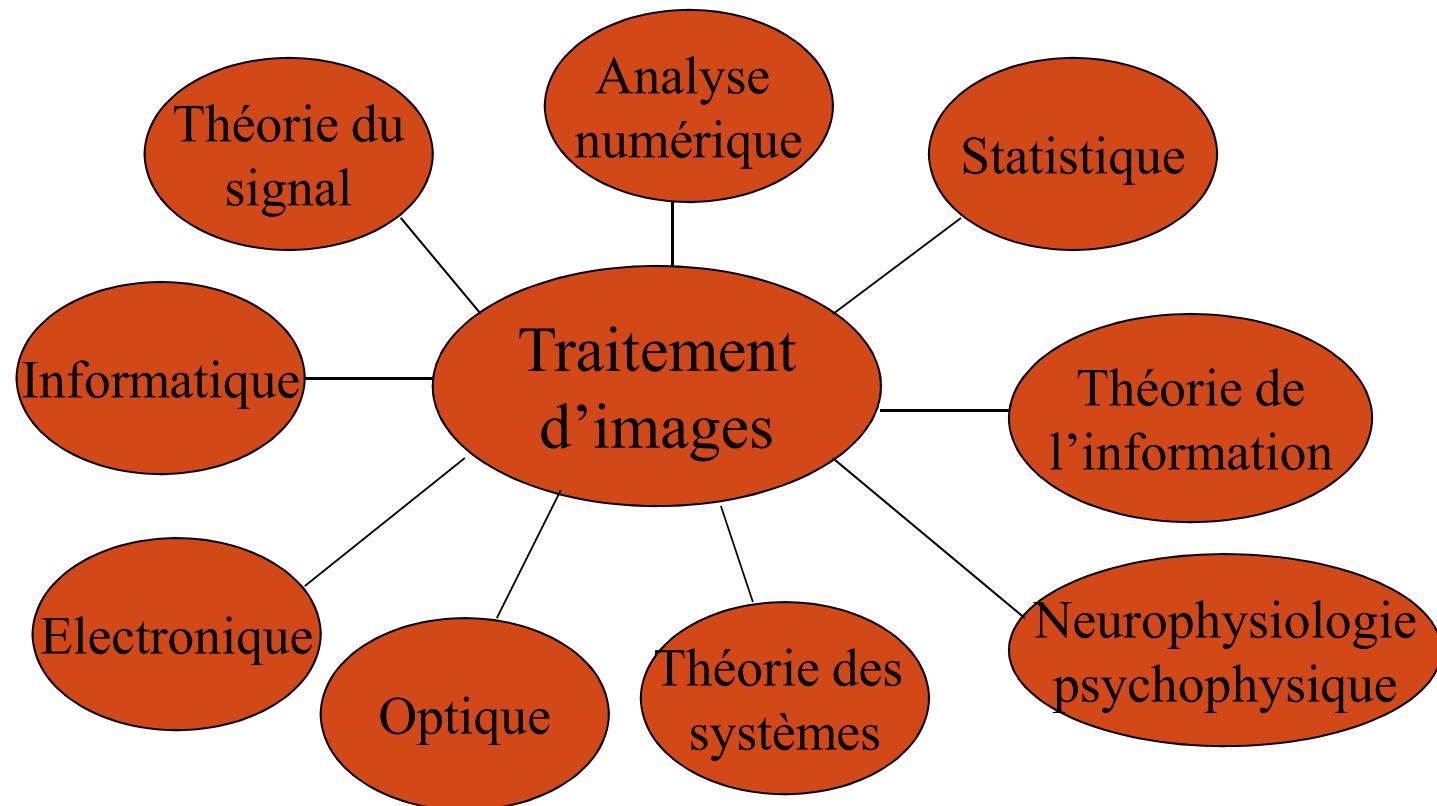
Images traitée (améliorée)

1.3 Exemples de traitement d'images

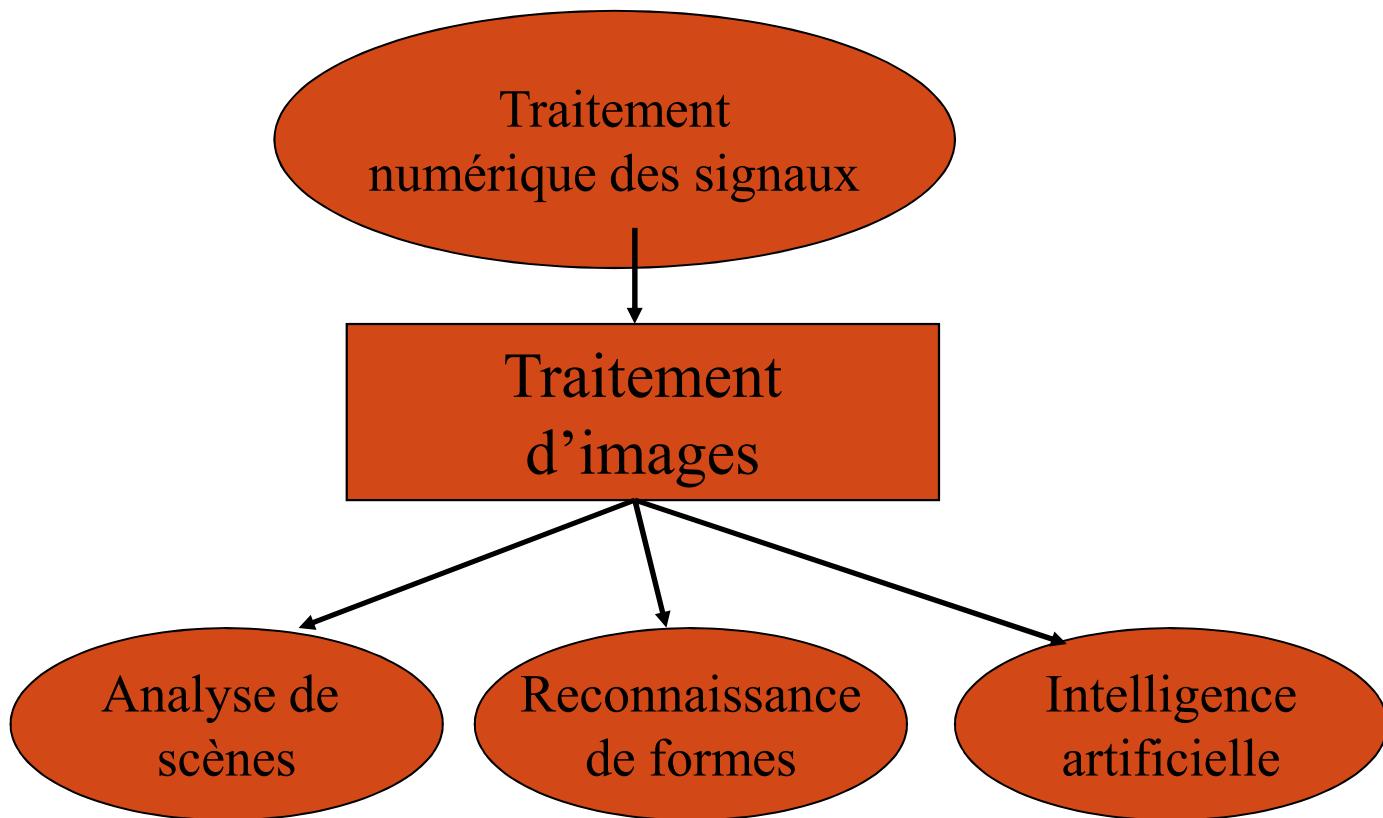
(Reconnaître et compter des bactéries)



1.4 Le traitement d'images et les autres disciplines :



1.4 Position du traitement d'images :



1.5 Vision

❖ **La vision artificielle** est la dernière née des approches de la recherche sur le mécanisme de la perception visuelle. Elle rejoint ainsi les écoles suivantes

- **La Neurophysiologie**

Le neurophysiologue tente de comprendre le fonctionnement de l'acquisition et des mécanismes neuronaux des systèmes biologiques.

- **La Psychologie Perceptive (ou psychophysique)**

Le psychophysiologiste tente de comprendre les mécanismes sous-jacent à la perception visuelle, incluant les mécanismes intelligents. Son outil est **l'analyse de la réaction à des situations particulières**.

- **La Vision par Ordinateur**

Le chercheur en vision par ordinateur conçoit et analyse les aspects calculatoires et algorithmiques des processus d'acquisition, de traitement et d'interprétation des images numériques. Son outil est la **modélisation mathématique et algorithmique**.

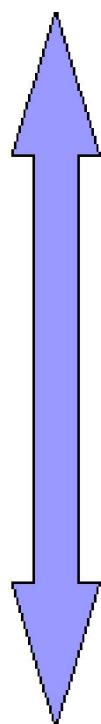
- **La vision Industrielle**

Le concepteur d'applications de vision industrielle construit des machines aptes à traiter un ensemble connu de tâches visuelles. Son outil est la **méthodologie de conception de systèmes industriels et l'intégration**.

1.5 Vision

Vision Artificielle

Haut niveau



Compréhension de l'image
Reconnaissance de formes
Stéréovision

} Analyse d'images

Suivi de forme
Détection de contours, segmentation
Super résolution
Rehaussement, restauration, manipulation
Transmission, compression
Acquisition

} Traitement d'images

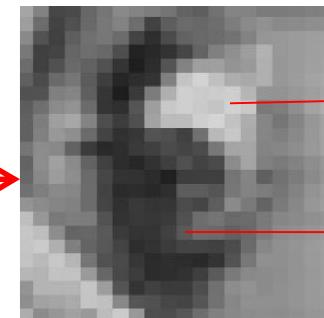
Bas niveau

2. Qu'est-ce qu'une image

- **Image :**



Discrétisation



Représentation numérique

31

196

Une image est une forme discrète d'un phénomène continu obtenue après discrétisation. Le plus souvent, cette forme est bidimensionnelle. L'information dont elle est le support est caractéristique de l'intensité lumineuse (couleur ou niveaux de gris).

$$I : [0, L - 1] \times [0, C - 1] \rightarrow [0, M]^p$$

définit une image de L lignes et C colonnes dont l'information portée est définie dans un espace à p dimensions.

1 Image = 1 Ensemble de pixels
1 valeur (ou plusieurs) par pixel

- Si **I** est une **image binaire**, alors $(p, M) = (1, 1)$
- Si **I** est une **image en niveaux** de gris, alors $p = 1$ et le plus souvent $M = 255$
- Si **I** est une **image couleur**, alors $p = 3$ et le plus souvent $M = 255$

2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

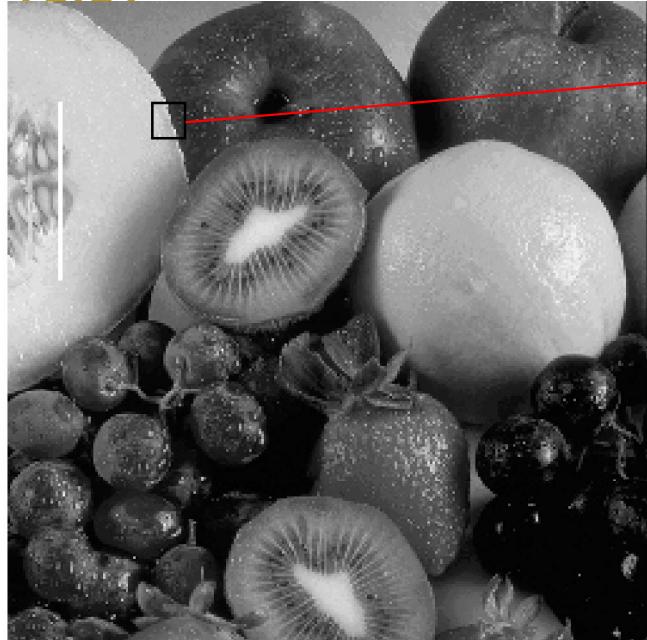
- **Pixel :**

Un pixel (contraction de "picture element") est le nom associé à une unité de base de l'image qui correspond à un pas de discréétisation. Un pixel est caractérisé par sa position et sa valeur (*i.e.* son niveaux de gris). Le plus souvent, ce vocable est utilisé pour représenter indifféremment l'un ou l'autre de ces attributs.

Ces séquences vidéo illustrent ce qu'est un pixel.

2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

(0,0)



x

y

x =	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
y =	210	209	204	202	197	247	143	71	64	80	84	54	54	57	58
41	206	196	203	197	195	210	207	56	63	58	53	53	61	62	51
42	201	207	192	201	198	213	156	69	65	57	55	52	53	60	50
43	216	206	211	193	202	207	208	57	69	60	55	77	49	62	61
44	221	206	211	194	196	197	220	56	63	60	55	46	97	58	106
45	209	214	224	199	194	193	204	173	64	60	59	51	62	56	48
46	204	212	213	208	191	190	191	214	60	62	66	76	51	49	55
47	214	215	215	207	208	180	172	188	69	72	55	49	56	52	56
48	209	205	214	205	204	196	187	196	86	62	66	87	57	60	48
49	208	209	205	203	202	186	174	185	149	71	63	55	55	45	56
50	207	210	211	199	217	194	183	177	209	90	62	64	52	93	52
51	208	205	209	209	197	194	183	187	187	239	58	68	61	51	56
52	204	206	203	209	195	203	188	185	183	221	75	61	58	60	60
53	200	203	199	236	188	197	183	190	183	196	122	63	58	64	66
54	205	210	202	203	199	197	196	181	173	186	105	62	57	64	63

2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

- Une image est avant tout un **signal 2D (x,y)**
- Souvent, cette image représente une **réalité 3D (x,y,z)**
- D'un point de vue **mathématique** :
 - Une image est une 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

2. Qu'est-ce qu'une image: Images naturelles et artificielles

- **Image naturelle** – Plusieurs moyens d'acquisition
caméra, microscope, tomographie, infra-rouge, satellite, ...
- **Image artificielle** – Plusieurs outils de représentation
synthèse d'images, réalité virtuelle, visualisation scientifique, ...



Image naturelle



Image artificielle

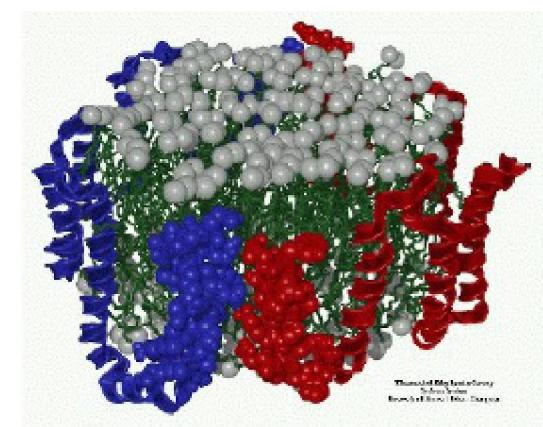
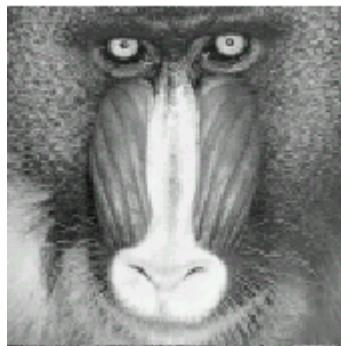


Image artificielle

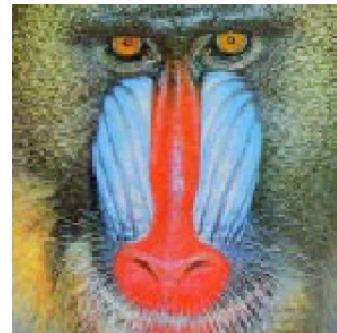
2. Qu'est-ce qu'une image: Trois principaux types d'images



- Image binaire $I(x,y) \in \{0, 1\}$

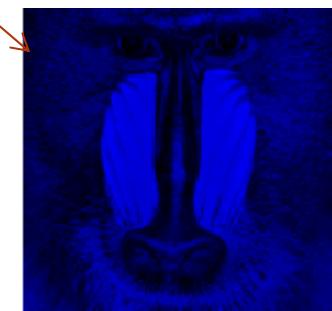
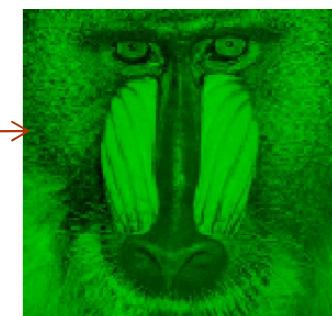


- Image en niveaux de gris $I(x,y) \in [0, 255]$



- Image en couleurs (**3 valeurs par pixel**)
 $I_R(X,y), I_V(X,y), I_B(X,y)$

$$I(x,y) = I_R(x,y) + I_V(x,y) + I_B(x,y)$$

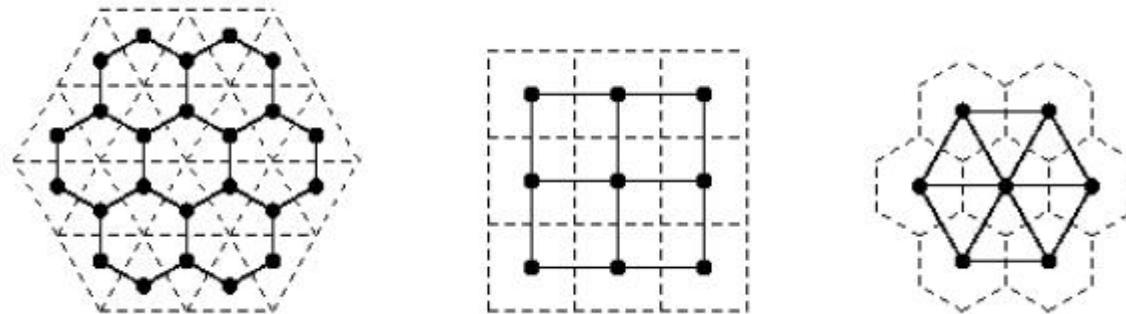


... et plus encore (image 3D, image réelle, ...)

2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

- **Maillage :**

Le maillage est l'arrangement géométrique des pixels dans l'image. On utilise généralement un des trois types qui résultent de différentes tessellations du plan par des figures géométriques. Tout d'abord, le maillage **carré** qui correspond à la réalité physique du capteur CCD. On peut également utiliser un maillage **hexagonal** (maillage de référence pour le domaine de la morphologie mathématique). Le maillage **triangulaire** est plus confidentiel.

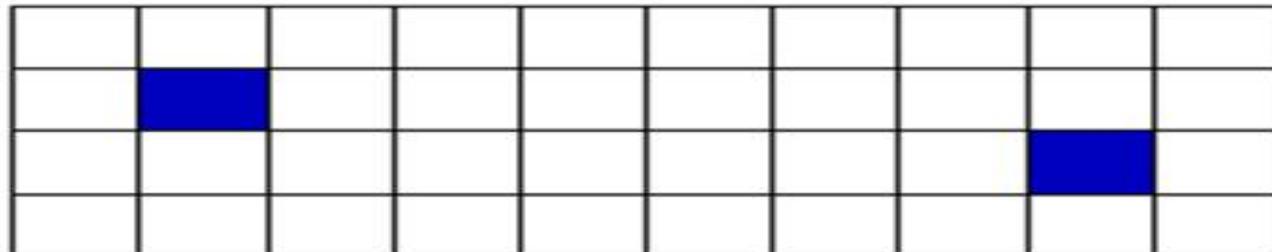


2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

- **Distance** : Tout pixel d'une image est caractérisé par un couple de coordonnées (x, y) . On peut donc calculer des distances entre pixels. Les distances les plus courantes sont (pour deux pixels $P(x_p, y_p)$ et $Q(x_q, y_q)$):

- distance de Manathan : $d_1(P, Q) = |x_p - x_q| + |y_p - y_q|$
- distance euclidienne : $d_2(P, Q) = [(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2]^{1/2}$
- distance de l'échiquier : $d_{\text{inf}}(P, Q) = \text{Max}(|x_p - x_q|, |y_p - y_q|)$
- Ces distances sont reliées par la propriété :

$$d_{\text{inf}}(P, Q) \leq d_2(P, Q) \leq d_1(P, Q)$$



Soit $P = (x, y)$ et $Q = (u, v)$

$$d_e = \sqrt{(x - u)^2 + (y - v)^2} \approx 7.07$$

$$d_1 = |x - u| + |y - v| = 8$$

$$d_{\text{inf}} = \max(|x - u|, |y - v|) = 7$$

2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

- **Voisinage :**

On appelle voisinage d'ordre k du pixel P et l'on note $V_k(P)$ l'ensemble des pixels Q définis par:

$$V_k(P) = \{ Q : 0 < d(P, Q) \leq k \}$$

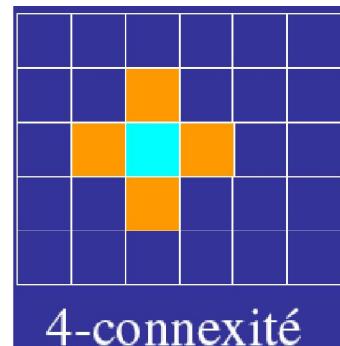
- **Ordre de connexité :**

Il existe principalement deux ordres de connexité :

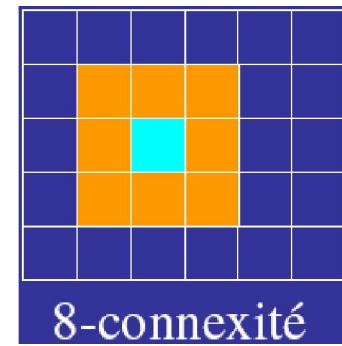
4 et 8. Ce nombre correspond à la taille du plus petit voisinage non vide d'un pixel. Un pixel a 4 voisins directs si l'on choisit la distance d_1 , il en a 8 avec la distance d_{inf} .

2. Qu'est-ce qu'une image: Définitions principales :

- Ordre de connexité :
 - En 2-D , maille carrée:

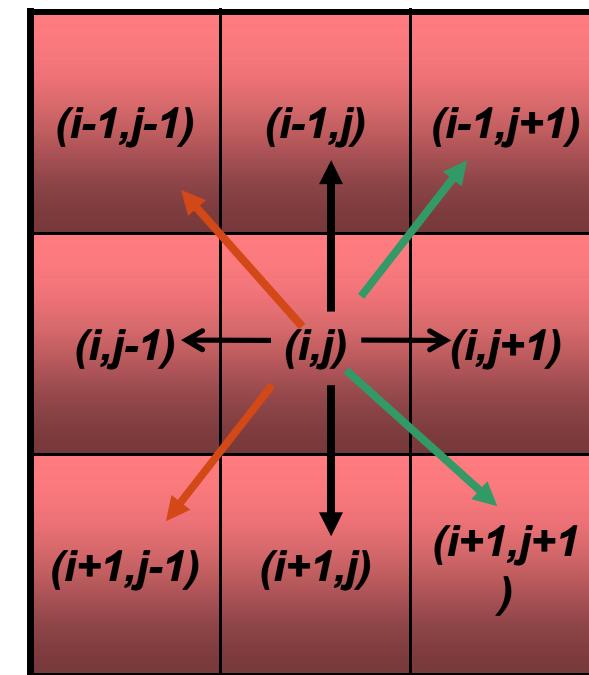


4-connexité



8-connexité

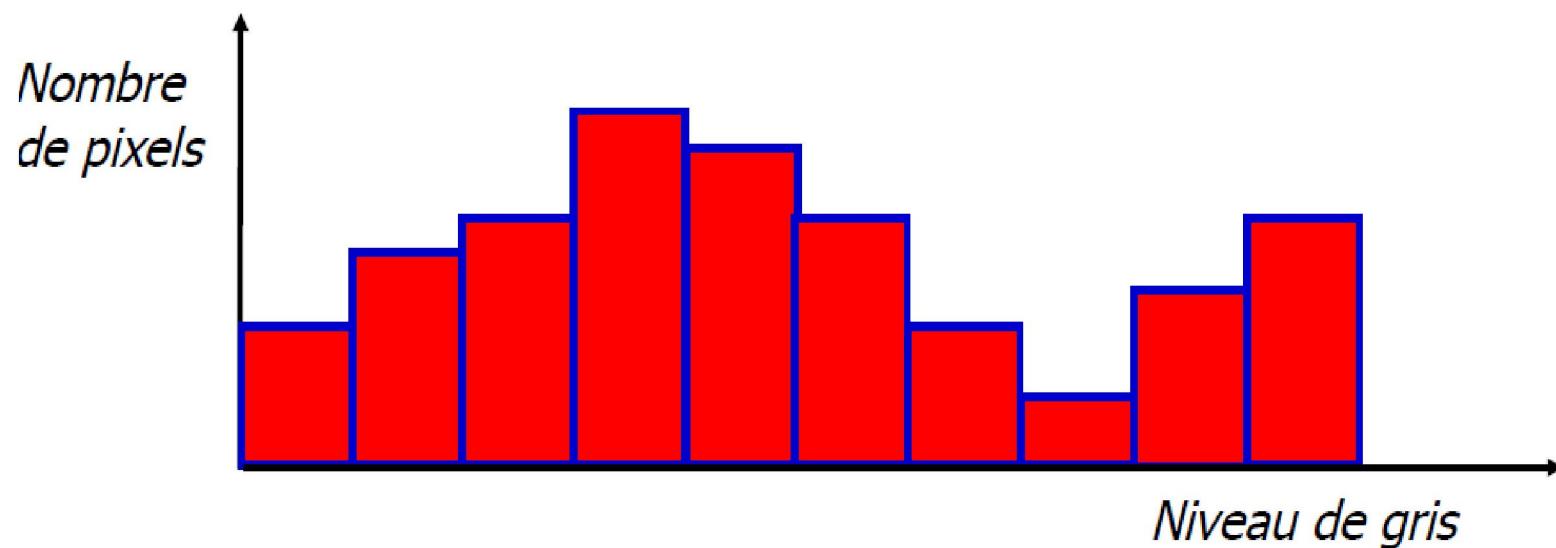
- En 3-D
 - 6-connexité
 - 18-connexité
 - 26-connexité



2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme

- **Histogramme :**

- L'histogramme représente la distribution des niveaux de gris (ou de couleurs) dans une image
- $H(k)$ = nombre de pixels de l'image ayant la valeur k .



2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme

- **Histogramme :**

On appelle histogramme de l'image I , la fonction \mathbf{H} définie sur l'ensemble des entiers naturels par:

$$H(k) = \text{Card} \{P : I(P) = k\}$$

C'est à dire que $H(k)$ traduit le nombre d'apparitions du niveau de gris k dans l'image I . Cette définition se généralise aux images multi-bandes, l'histogramme est alors une fonction de p variables où p désigne le nombre de canaux. L'histogramme est un outil privilégié en analyse d'images car il représente un résumé simple, mais souvent suffisant du contenu de l'image..

2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme

- Densité de probabilité de la fonction image

$$H_I(k) = \sum_{i=1}^n (P_I(i) = k)$$

avec:

- k le niveau de gris
- $H_I(k)$ la valeur de l'histogramme pour l'indice k
- $P_I(i)$ la valeur du pixel i dans l'image I
- n le nombre de pixels de l'image I

2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme

Algorithme

Soit H un tableau de taille égale au nombre de niveaux de gris de l'image (n)

Pour tout i de 0 à $n-1$, on initialise $H[i]$ à 0

Pour tout pixel (x, y) de l'image I , $H[I[x, y]] = H[I[x, y]] + 1$

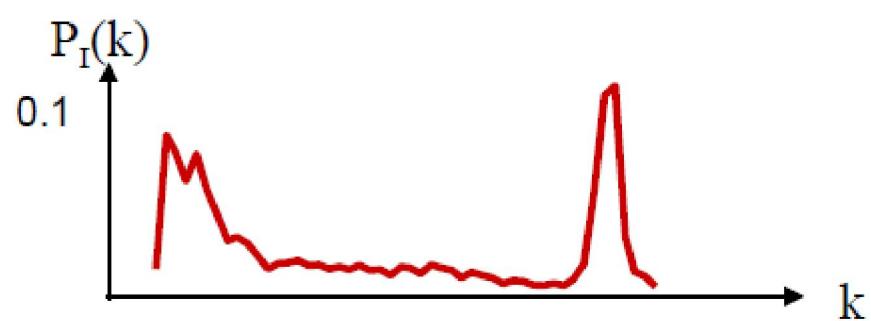
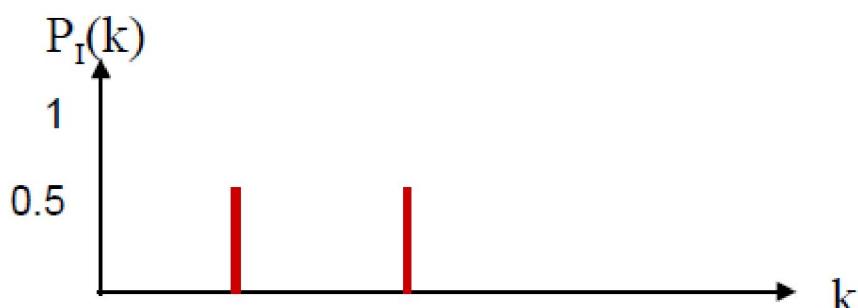
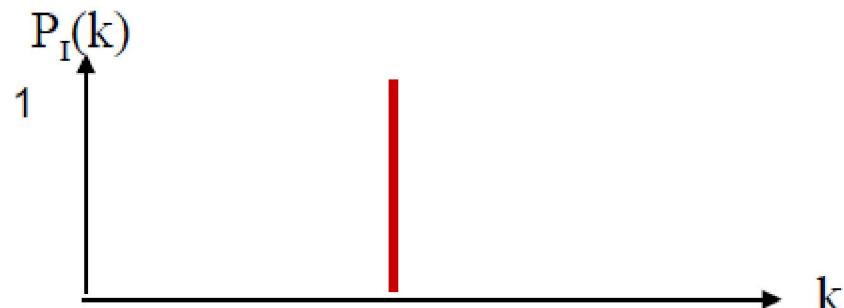
1	1	2	2	3	1	4	12	10	1	3
3	2	2	2	4	11	10	9	9	8	3
5	2	2	6	9	0	0	15	1	7	7
9	2	6	1	5	5	11	10	7	7	7
3	3	11	8	9	10	10	5	9	7	7
8	1	1	3	4	8	9	9	8	7	3
8	9	0	0	1	1	0	6	6	7	8
6	8	5	1	3	5	3	6	1	7	9

Le pixel de valeur 2 apparaît 8 fois

Le pixel de valeur 7 apparaît 10 fois

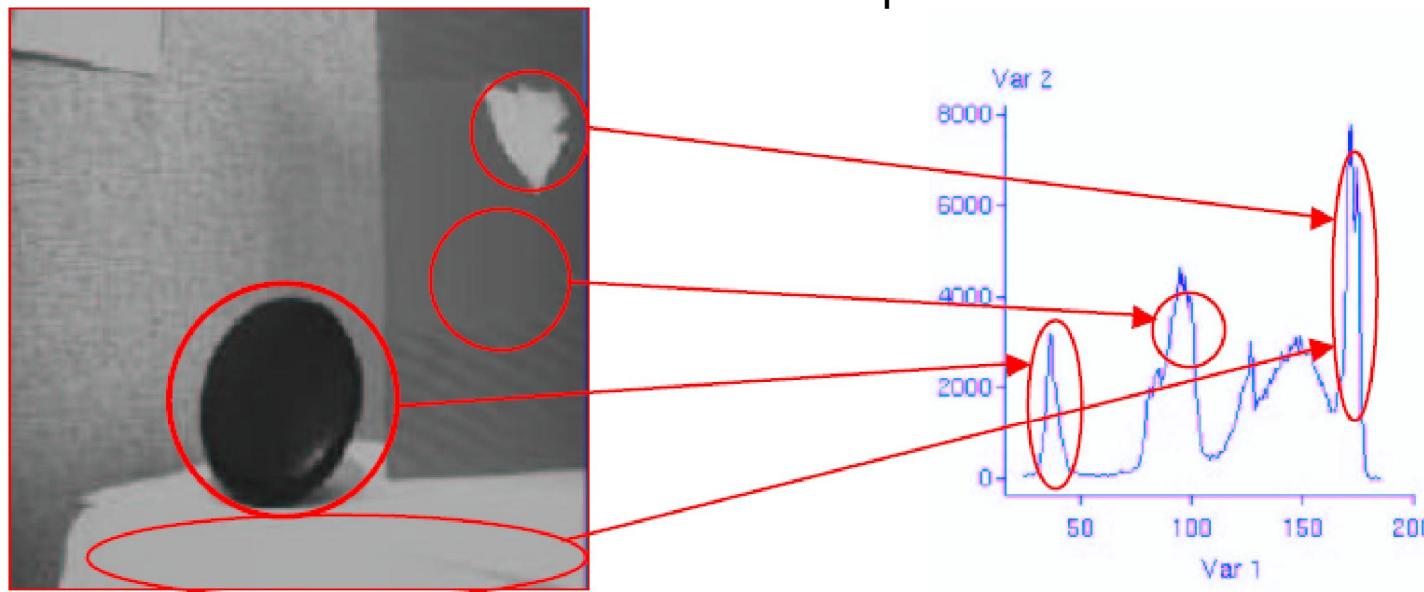


2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme



Dynamique d'une image = [valeur_min, valeur_max]

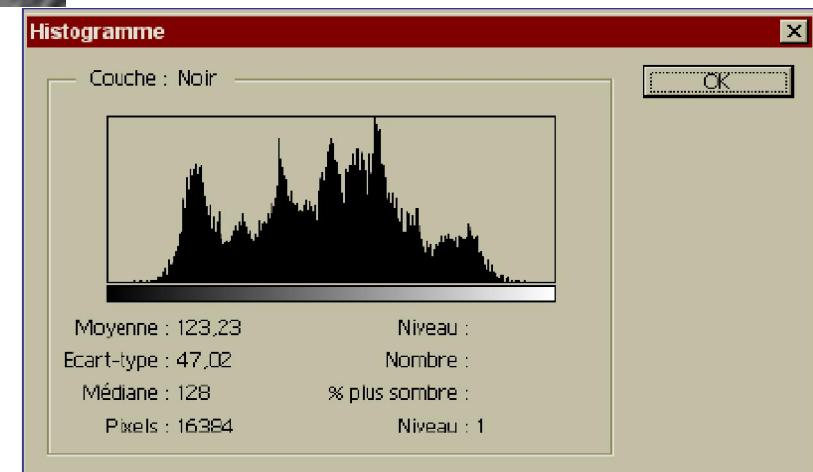
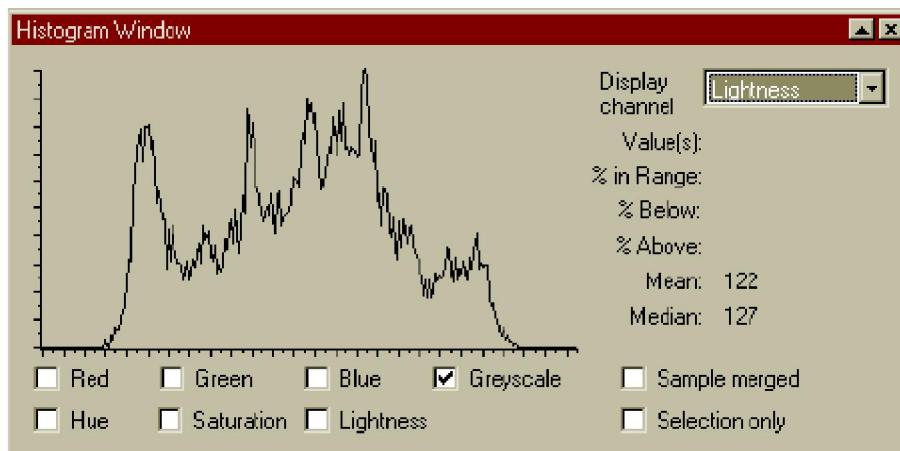
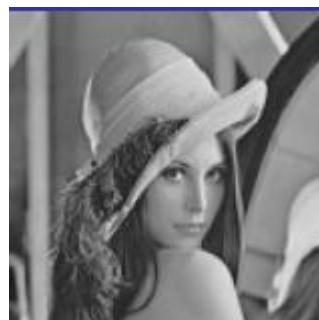
2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme



!!! Dans 99,9% des cas, l'intensité ne suffit pas, le contexte est essentiel

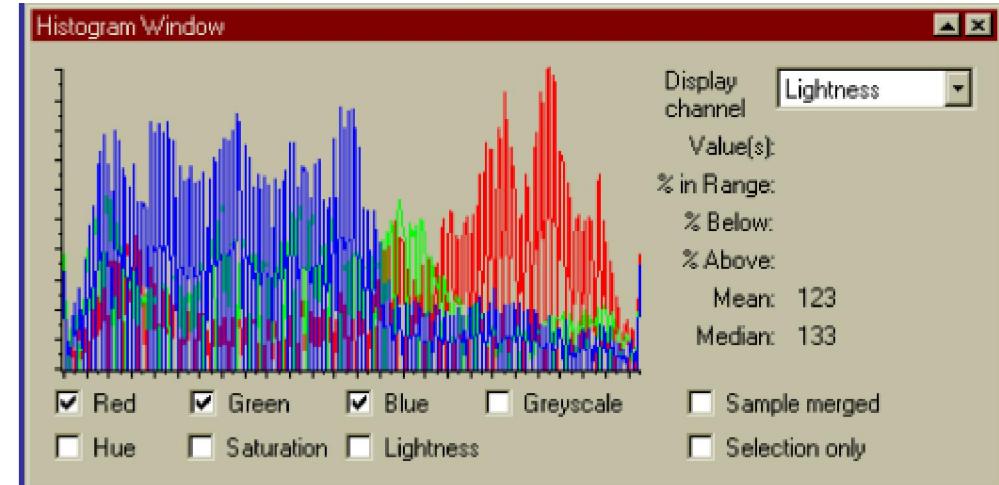
2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme

- Exemple

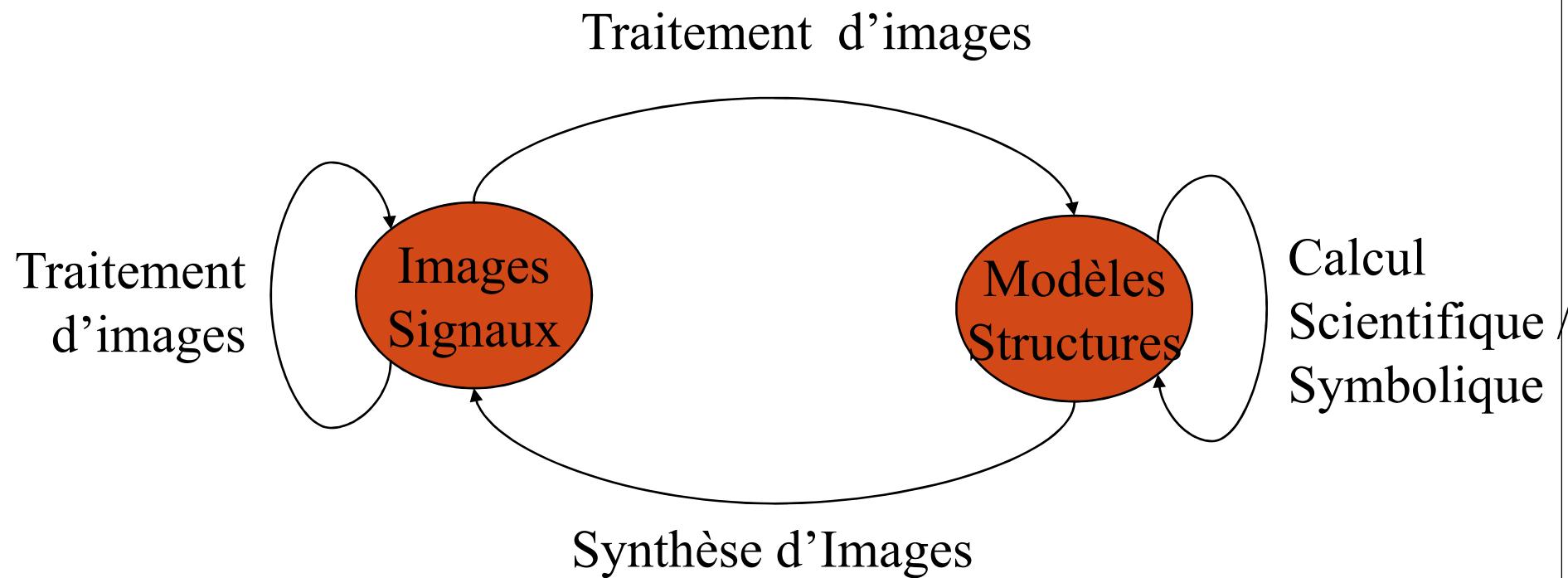


2. Qu'est-ce qu'une image: Histogramme Couleur

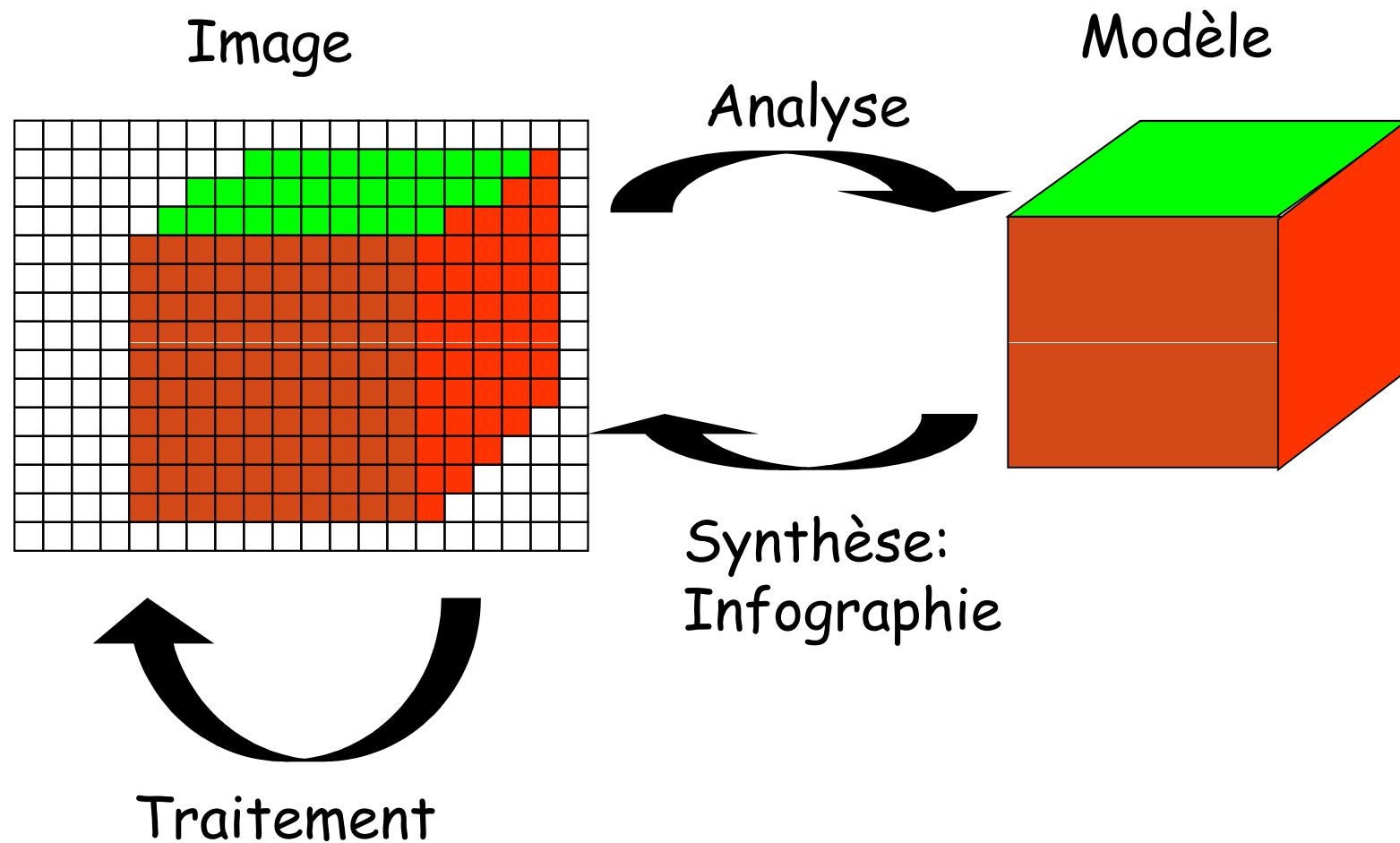
- 2 possibilités :
 - 1 Histogramme 3-D
 - 3 Histogrammes 1-D



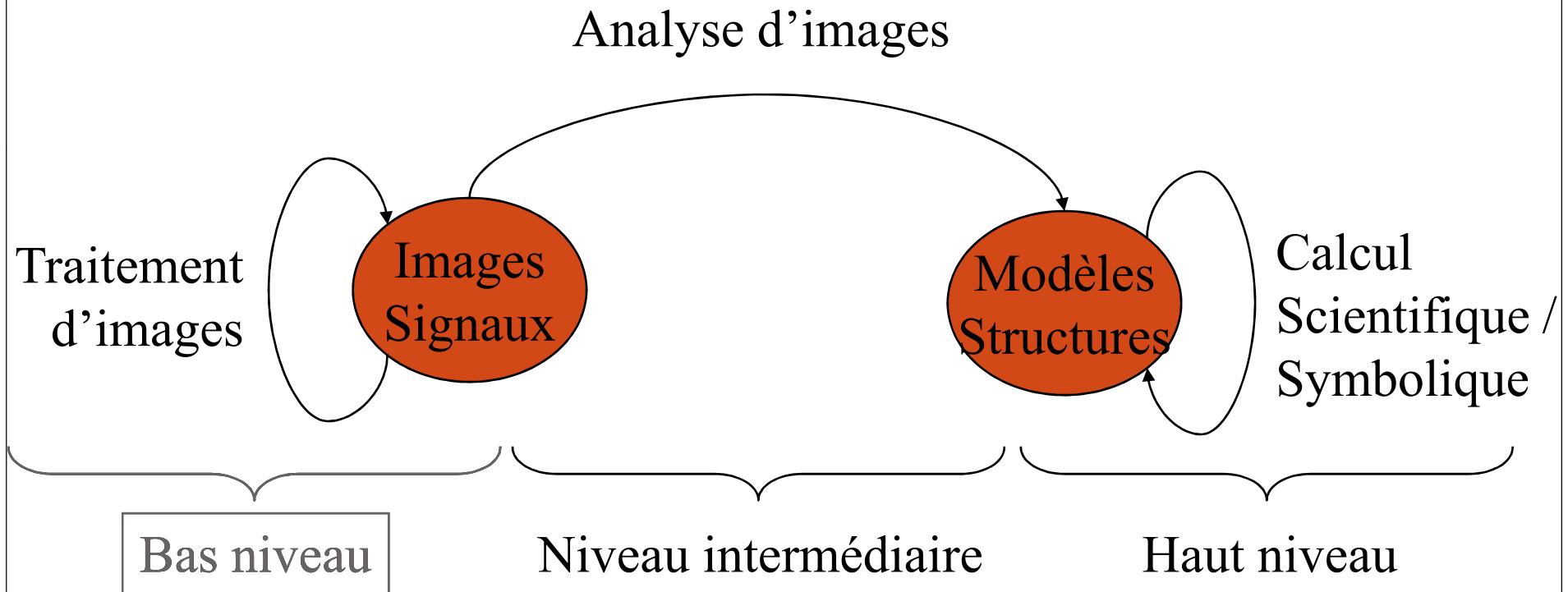
3.Relation Images-Signaux et Modèles- Structures



3.Relation Image et Modèle

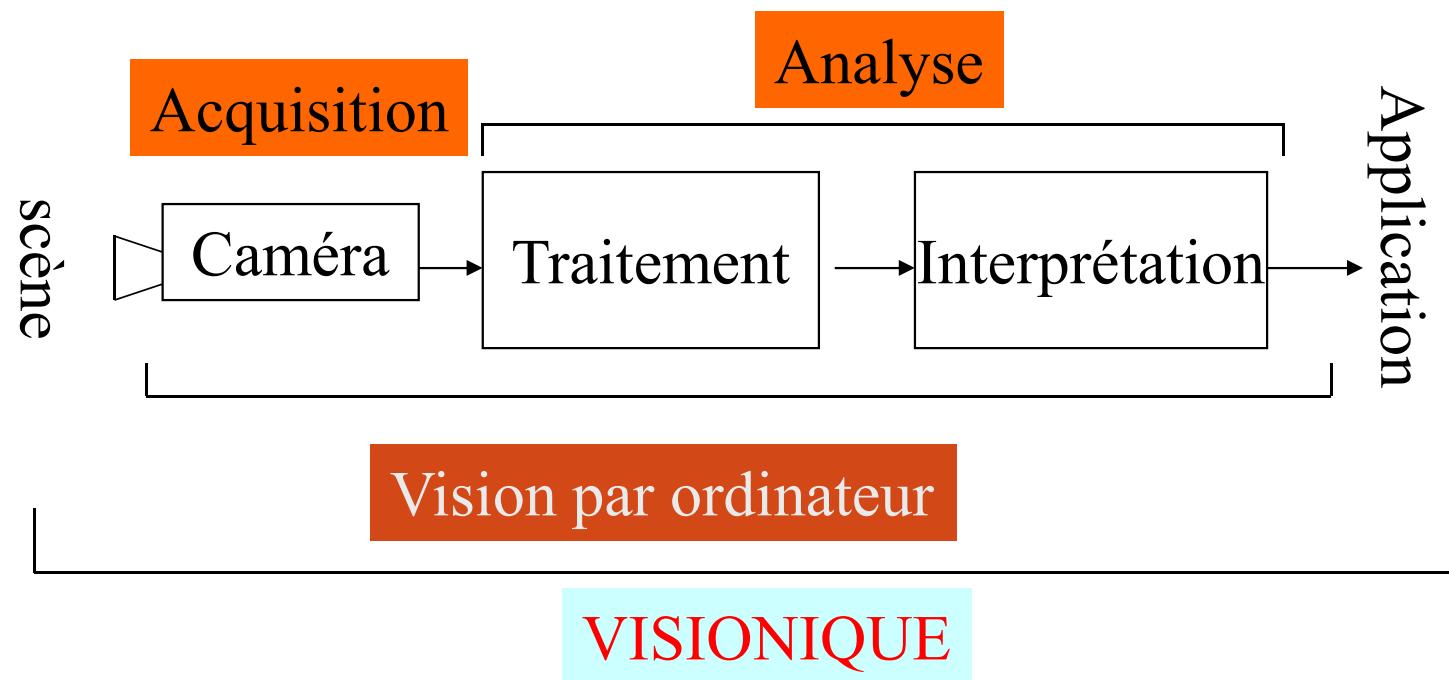


3.Relation Images-Signaux et Modèles- Structures

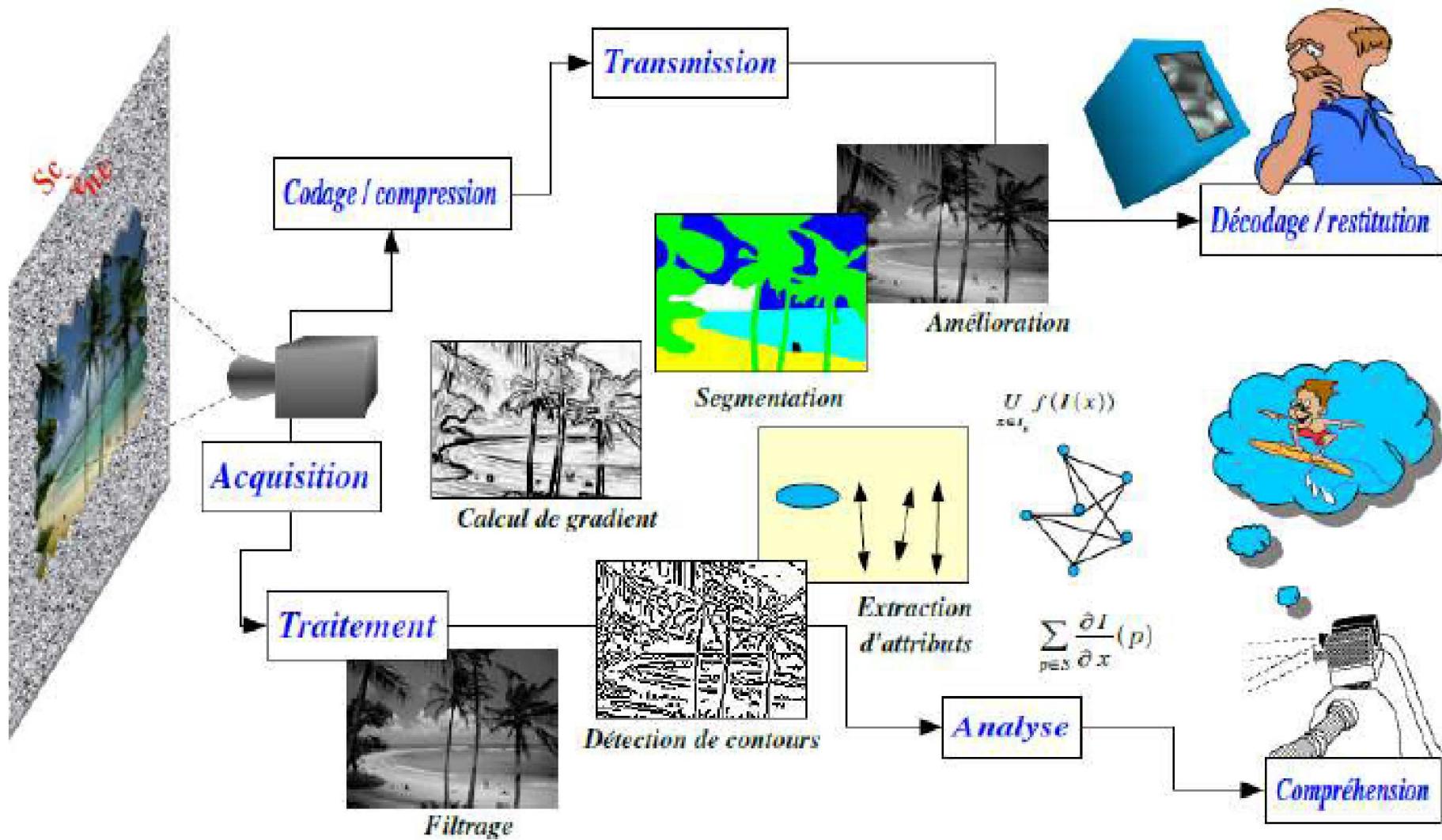


4. Constitution d'un système de vision

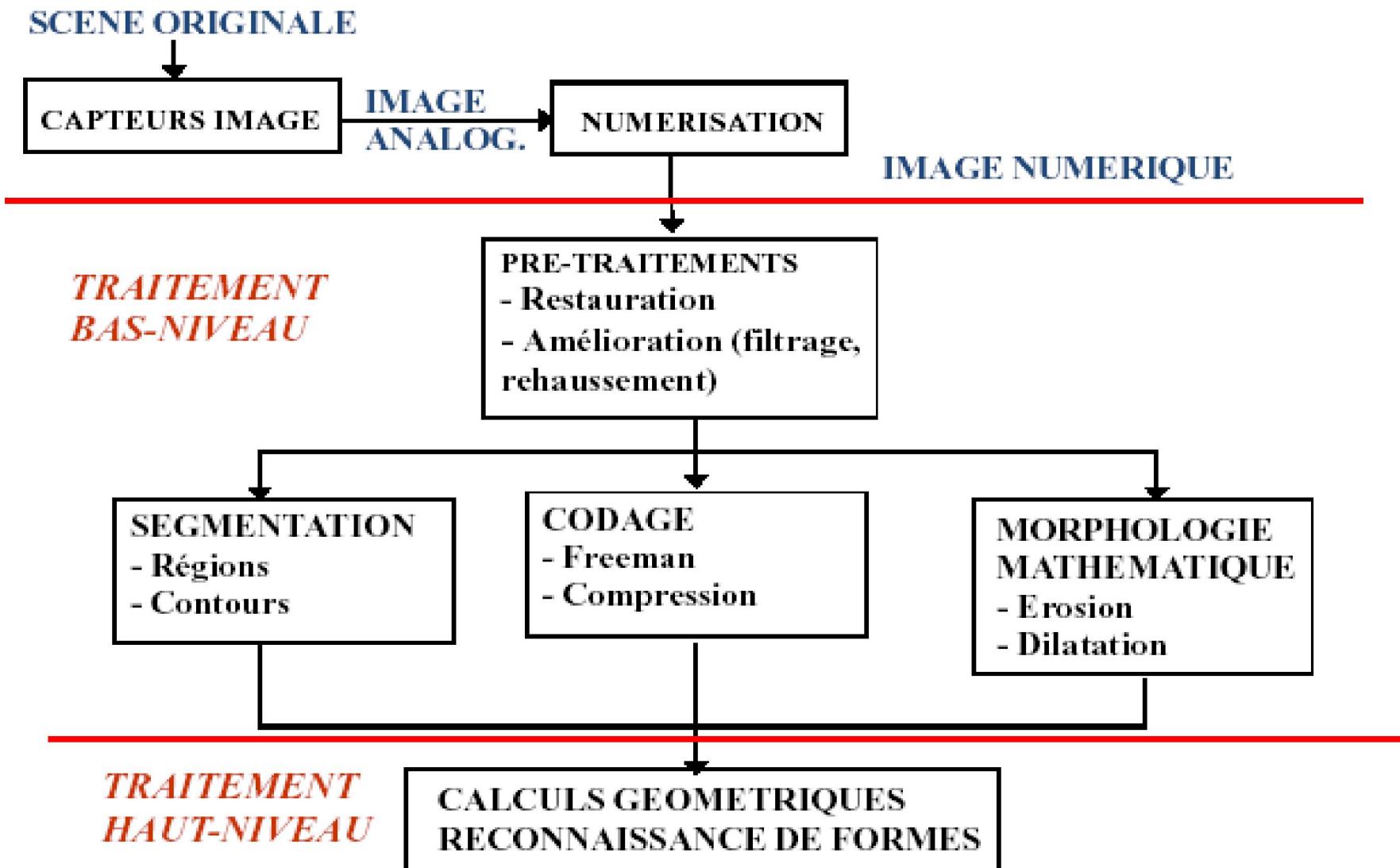
Principe :



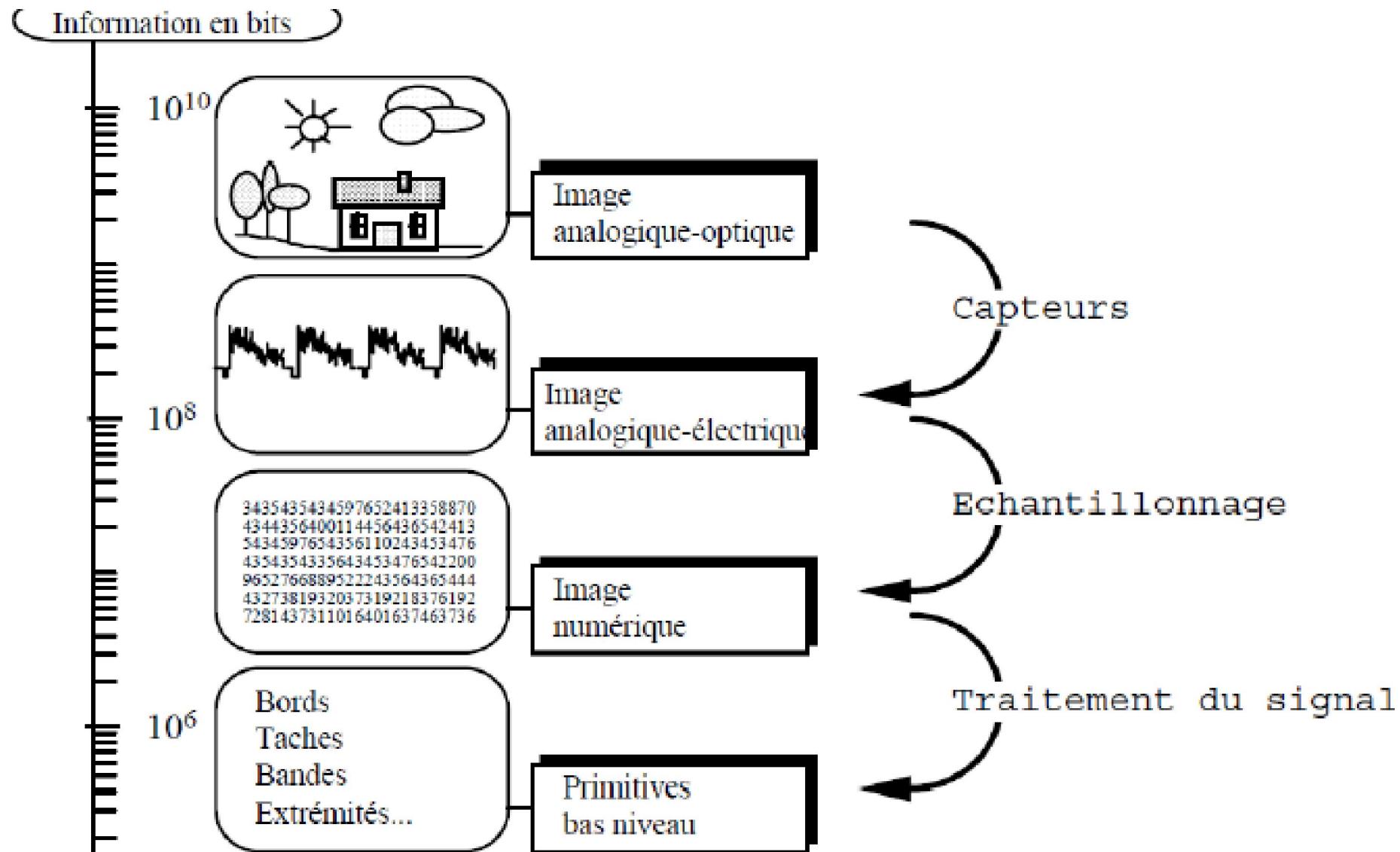
4. Un système à base de traitement d'images



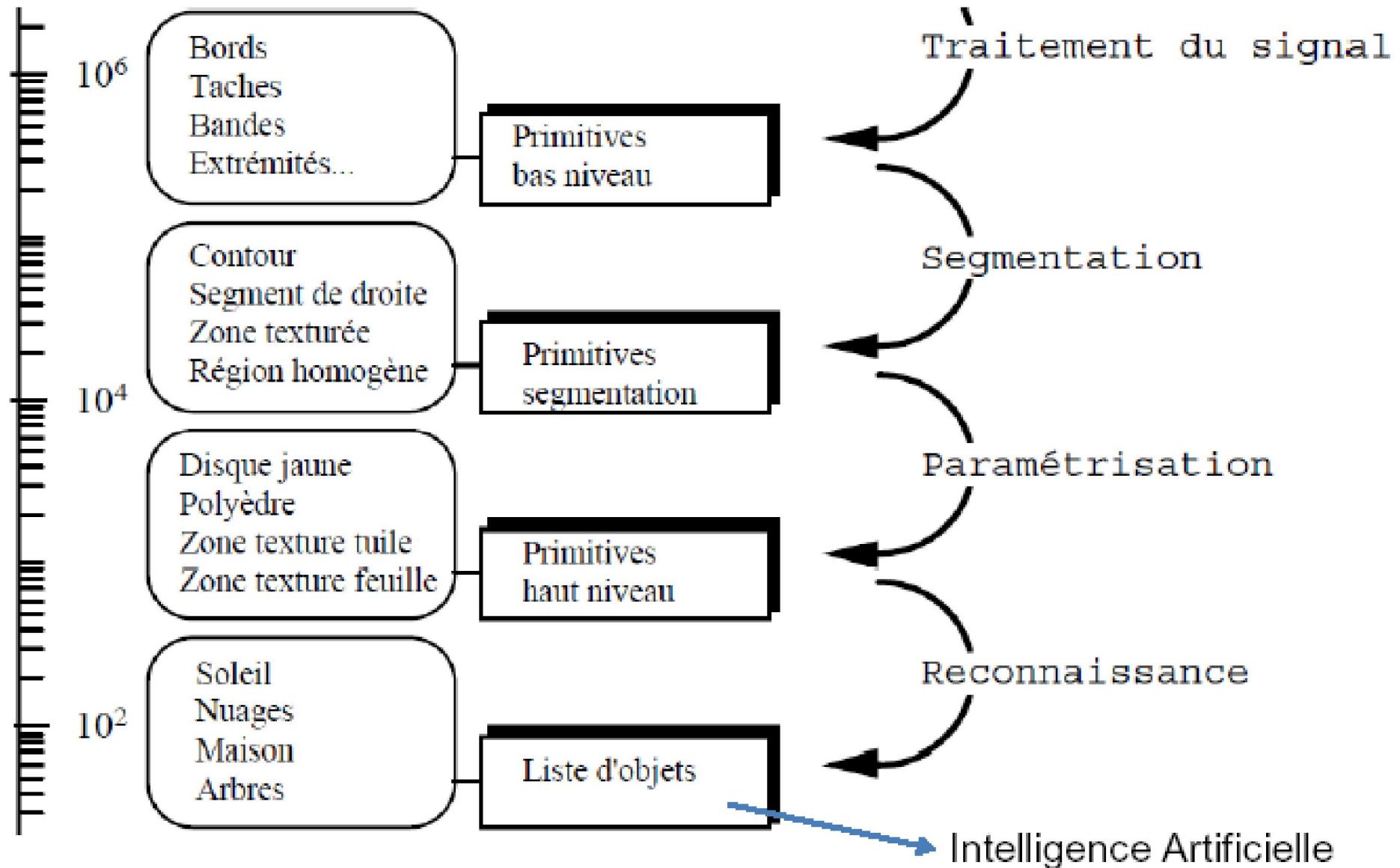
4. Différents traitement



4. Différents niveaux de représentation des images



4. Différents niveaux de représentation des images



4. Constitution d'un système de vision: Chaîne de la vision par ordinateur

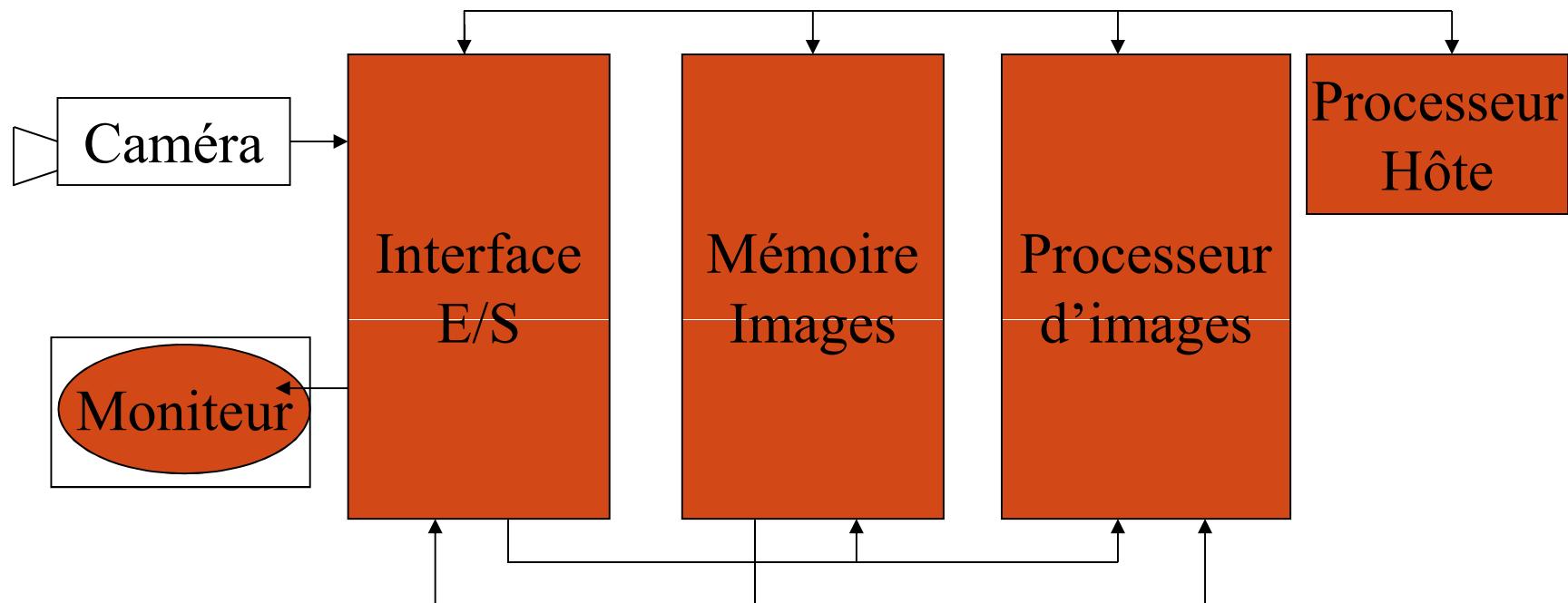
- les techniques d'**acquisition**, de **traitement**, d'**analyse** et d'**interprétation** des images numériques dans l'objectif de construire un système de vision artificielle.
- D'une façon plus abrupte nous pouvons dire qu'un système de vision est un ensemble capable de
 - 1- Saisir une image ou une représentation spatiale d'une scène
 - 2- Extraire les informations intéressantes (relativement aux objectifs)
 - 3- Interpréter ces informations pour décider d'une action à engager

D'où les trois étapes et 4 mots classiques que nous allons expliciter dans ce cours:

- Acquisition
- Traitement
- Analyse

4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- Matériel

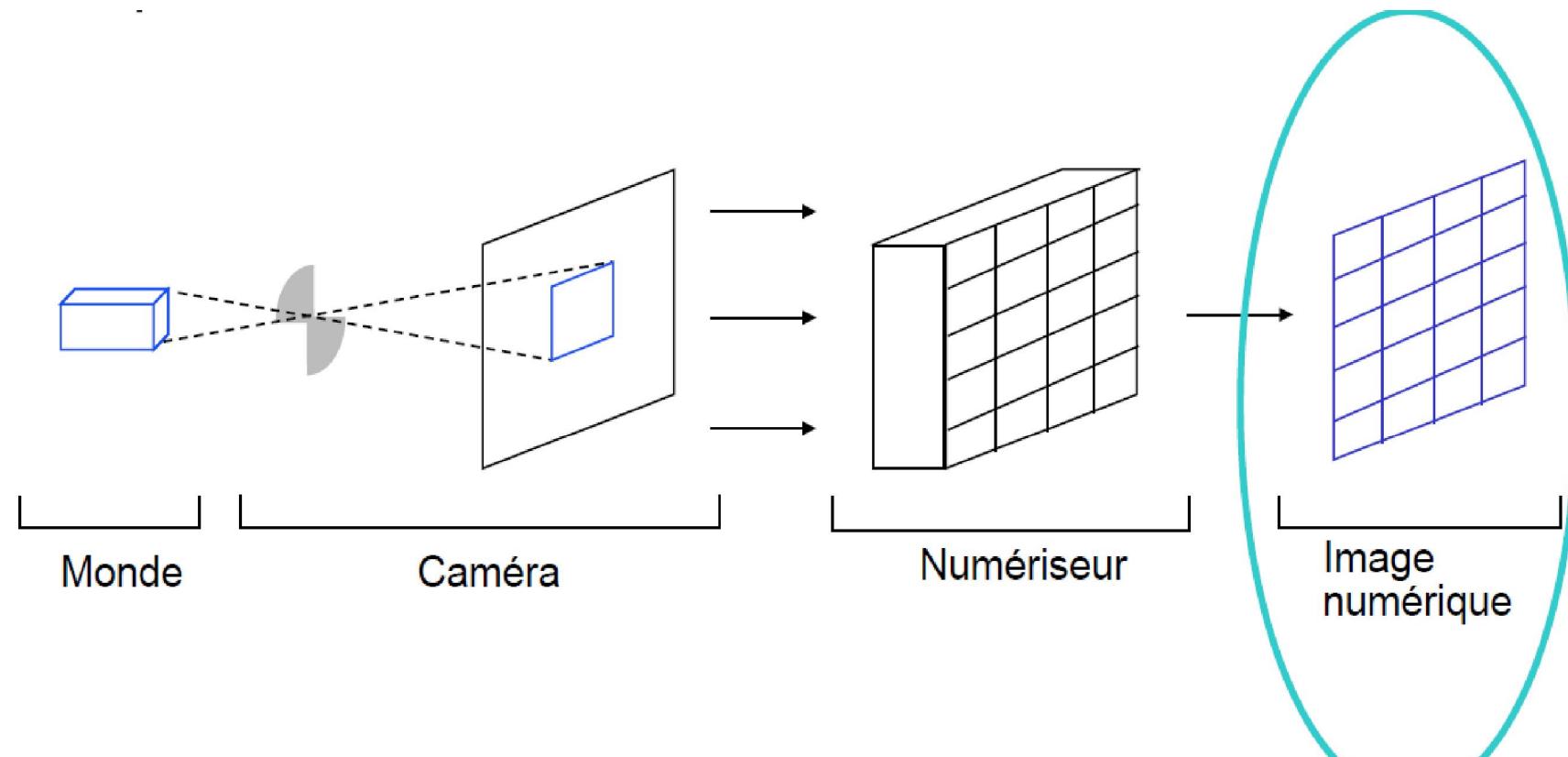


4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- Interface E/S: Processeur Analogique
 - Sélection : de camera active et écran d'affichage
 - Numérisation des images
 - Visualisation N/B et Couleurs
- Mémoire Image
 - Mémoire images sources
 - Mémoire images traitées
 - différents formats : 256x256 ; 512x512 ; 1024 x 1024 .
- Processeur d'images

Terminologie n'est pas consacrée: compréhension regroupe des processeurs : **Convoluteur** ; **Morphologie mathématique**; **Histogramme**
- Processeur hôte
 - 3 rôles :
 - Commande le processeur d'images
 - Archivage des images
 - Traitements complémentaires de ceux du processeur d'images

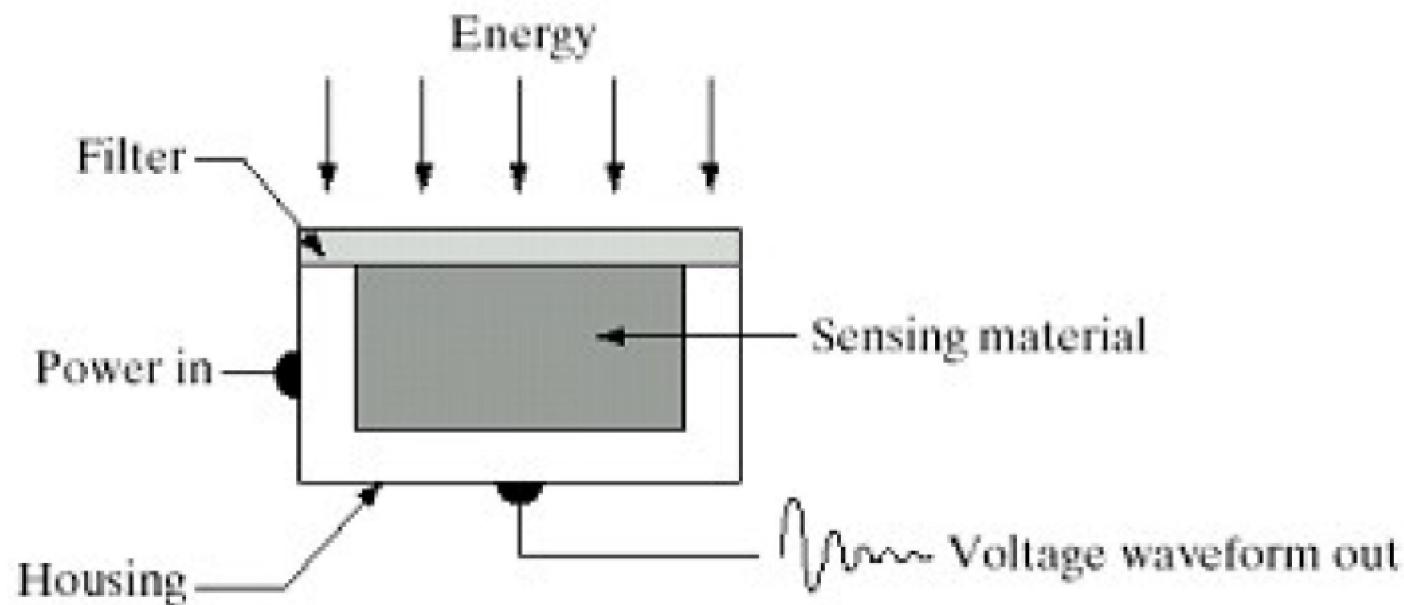
4. Constitution d'un système de vision: Acquisition



Acquisition : scène physique \Rightarrow représentation numérique

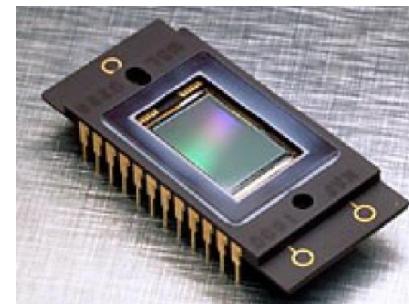
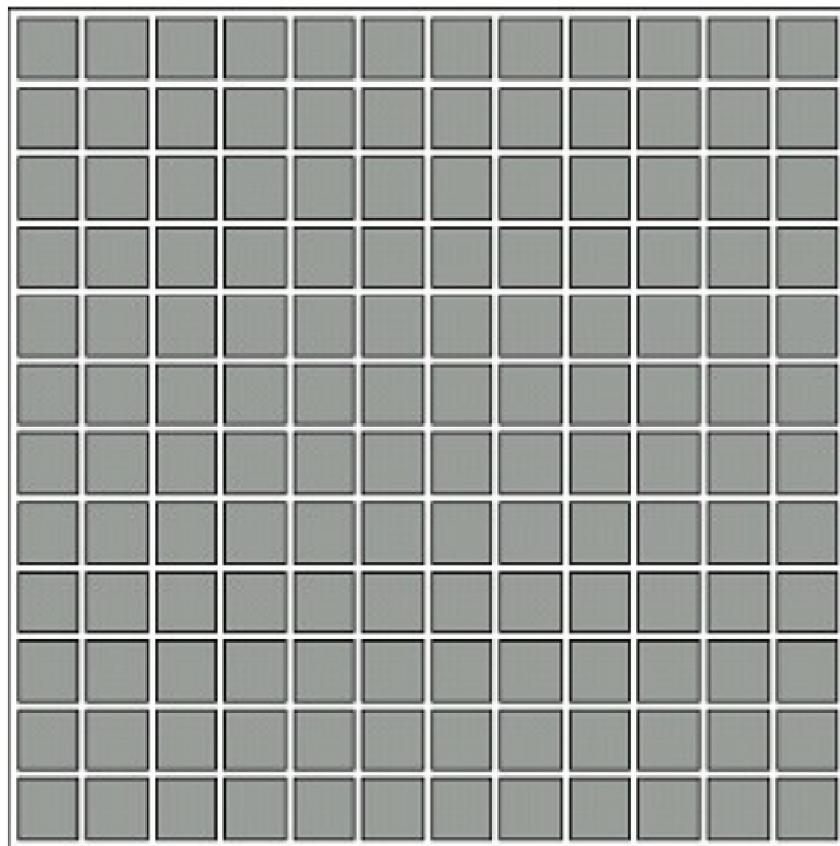
4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- Capteur – Principe général: (ex: photodiode)
 - L'énergie incidente est convertie en signal électrique
 - Sortie est proportionnelle à la lumière
 - Filtre pour augmenter la sélectivité



4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- Capteur – Matrice 2D



KAF-1600 - Kodak.

4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

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

4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- Caractéristiques d'un capteur image

Un capteur image est caractérisé par :

- ▶ Son **Rapport Signal sur Bruit**, sa **Sensibilité** et sa **Sensibilité spectrale**.
- ▶ Une **Fonction de transfert** qui tient compte de la **Correction Gamma** nécessaire.
- ▶ Une **Résolution** maximale.
- ▶ Un **Temps d'intégration**
- ▶ Un seuil de **Saturation**.
- ▶ Sa **Rémanence**.

4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- Caractéristiques d'un capteur image: **Rapport Signal sur Bruit**

C'est le rapport entre l'amplitude du **signal** et l'amplitude du **Bruit**. Il caractérise le nombre de niveaux de gris effectivement discriminable par une caméra sans correction du bruit

Qu'est ce que le bruit

- Perturbation du signal
 - Dégradation de la qualité de l'image
 - Le plus souvent, lié au capteur
-
- **Image=Réalité + Bruit**



4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

- SNR Les sources de dégradations : Détails

➤ bruit lié au contexte de l'acquisition :

Dans cette première catégorie, on retrouve tous les événements inattendus, modifiant les conditions de l'acquisition du signal.

L'exemple le plus simple est le **bougé**. On peut aussi imaginer une modification ponctuelle des conditions **d'éclairage**, conduisant à une sous (sur) illumination de l'objet observé.

4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

Bruit lié au capteur

La capteur, s'il est de **mauvaise qualité** ou s'il est **mal utilisé**, peut introduire toute sorte de bruits. On peut ainsi obtenir une distorsion de la gamme des niveaux de gris, provoquant une saturation ou bien une distorsion géométrique de l'image.

Une mauvaise mise au point peut provoquer un flou.

4. Constitution d'un système de vision: Acquisition

➤ bruit lié à la nature de la scène :

L'environnement dans lequel se situe l'acquisition n'est pas toujours maîtrisable.

Exemple

- En télédétection, la **couverture nuageuse** dégrade la qualité des images satellites.
- De même, la **poussière** dans un atelier de production peut être difficile à éliminer.

4. Constitution d'un système de vision: Traitement

► **Traitement** : Extraction de l'information pertinente par segmentation \Rightarrow description structurelle de l'image.

Le traitement (souvent appelé **prétraitement**) regroupe toutes les opérations de manipulation de l'image qui permettent d'en améliorer la qualité.

Ces manipulations produisent une nouvelle image. On y retrouve différentes techniques:

- ✓ la compression : réduction du volume de l'image
- ✓ la restauration : correction des défauts dus à une source de dégradation
- ✓ l'amélioration : modification de l'image dans le but de la rendre plus agréable à l'oeil

4. Constitution d'un système de vision: Analyse

► Analyse :

L'analyse est une **suite d'opérations** permettant l'extraction de l'information essentielle contenue dans une image. En ce sens, l'analyse est une généralisation des techniques de compression. Elle est essentiellement composée par la phase de segmentation qui fournit une partition de l'image. A partir de cette segmentation, des techniques de description / modélisation permettent d'obtenir la description structurelle de l'image.

4. Constitution d'un système de vision: Interprétation/ Décision

Interprétation/ Décision : description structurelle \Rightarrow description sémantique.

interprétation a pour but le passage de la description structurelle à la description sémantique en regard à certains objectifs.

Cet objectif peut être très simple (**mesure de certains paramètres sur des formes**) ou beaucoup plus complexe (**description du contenu de la scène en termes de concepts non mathématiques**).

Dans le cadre de la vision industrielle pour un objectif de qualité, les objectifs sont le plus souvent (en ordre croissant de complexité) :

- - contrôle dimensionnel (**mesures simples**)
- - contrôle d'aspect (**mesure de texture**)
- - contrôle structurel (**analyse des composants d'un objet**)
- - tri (**reconnaissance**)

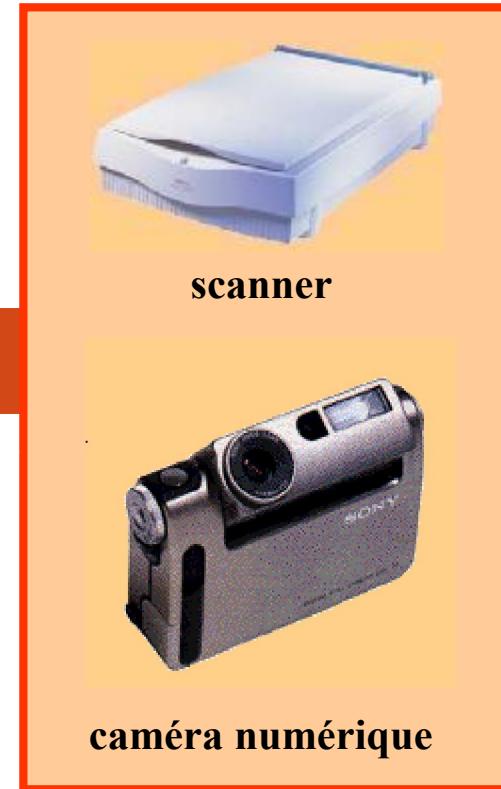
5. Image numérique

- Les valeurs de $f(x,y)$ sont la réponse du capteur au phénomène observé
- Les valeurs de $f(x,y)$ sont des valeurs de « voltage » continu
- Les valeurs de $f(x,y)$ doivent être converties vers le domaine numérique
 - Conversion Analogique/Numérique (A/N)
- Deux procédés sont impliqués pour numériser une image :
Numérisation = Échantillonnage + Quantification

5. Image numérique



image réelle

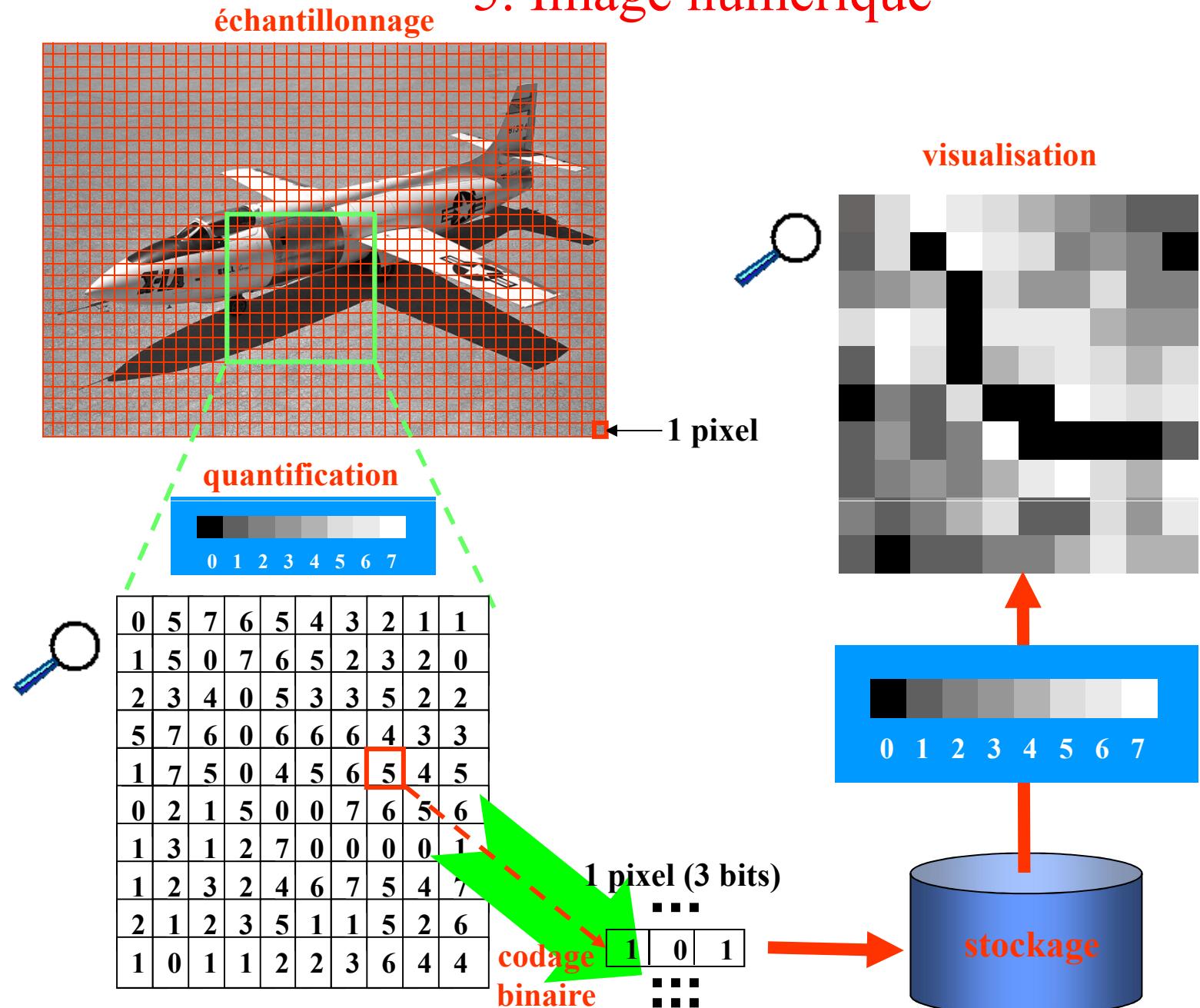


numérisateurs

Numérisation = Échantillonnage + Quantification

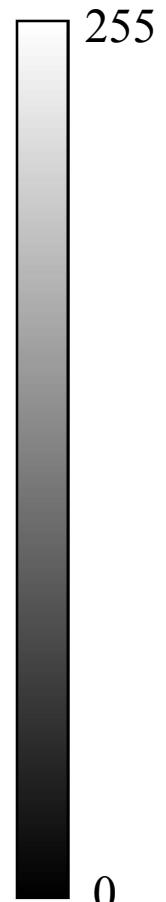
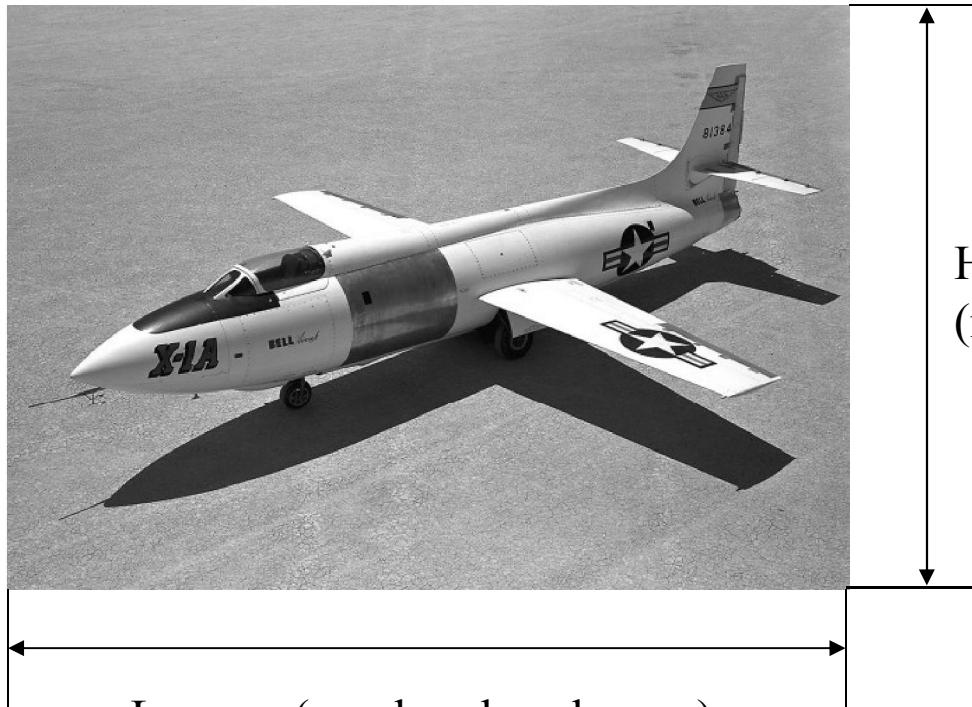
Pr: H. Tairi

5. Image numérique



5. Image numérique

Résolution



niveaux de gris

Taille de l 'image
= Largeur × Hauteur (octets)

$$640 \times 480 \text{ octets} = 307.200 \text{ octets} = 8 \times 307.200 \text{ bits} = 2.457.600 \text{ bits}$$

5. Image numérique: Echantillonnage et quantification

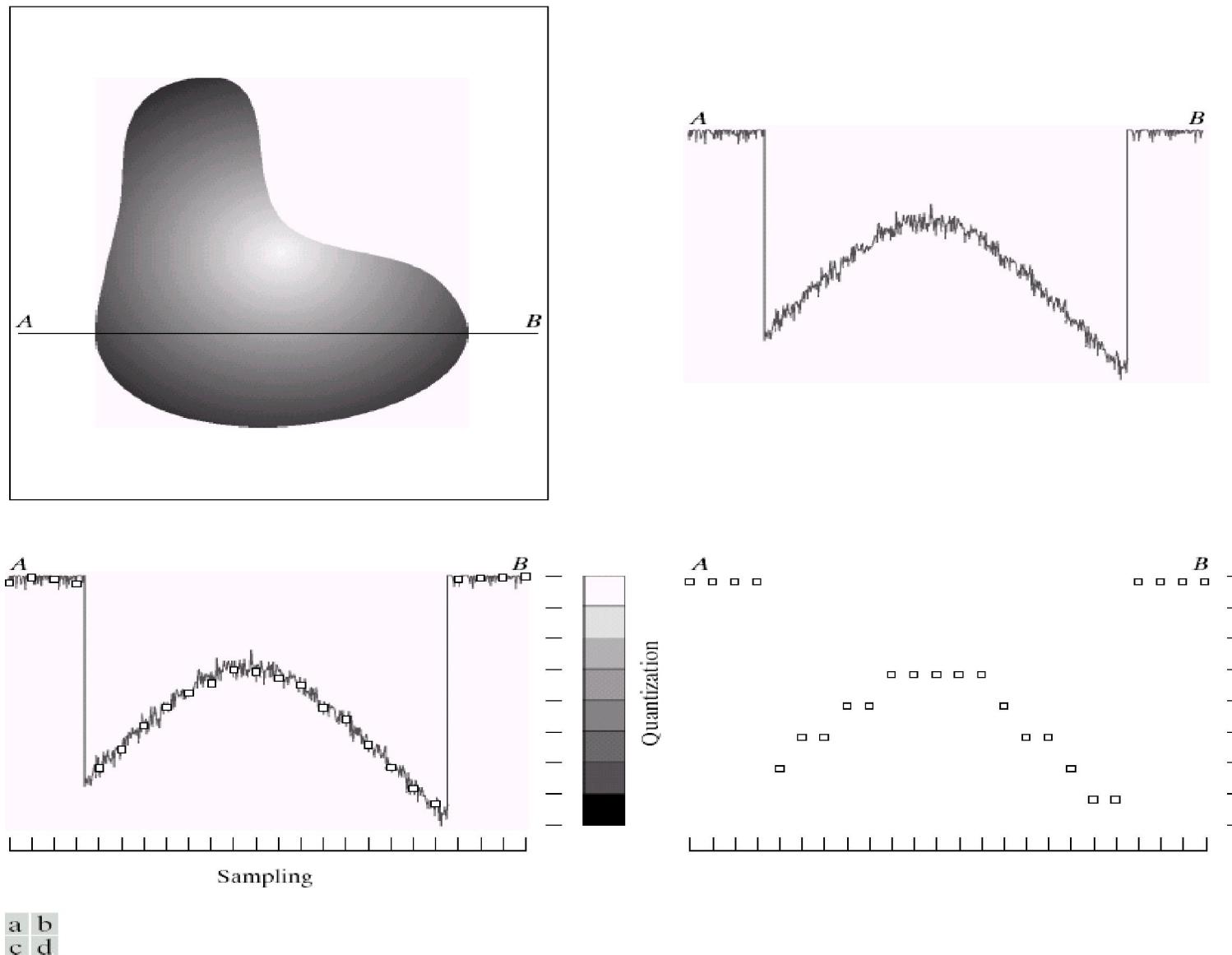
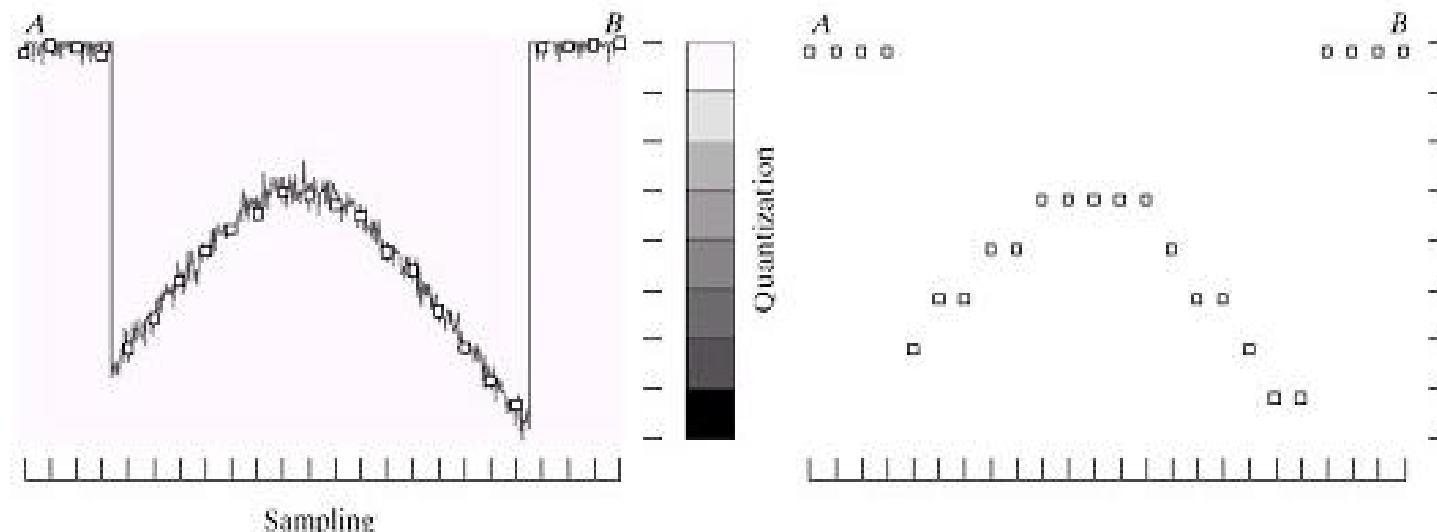


FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from *A* to *B* in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

5. Image numérique: Echantillonnage et quantification

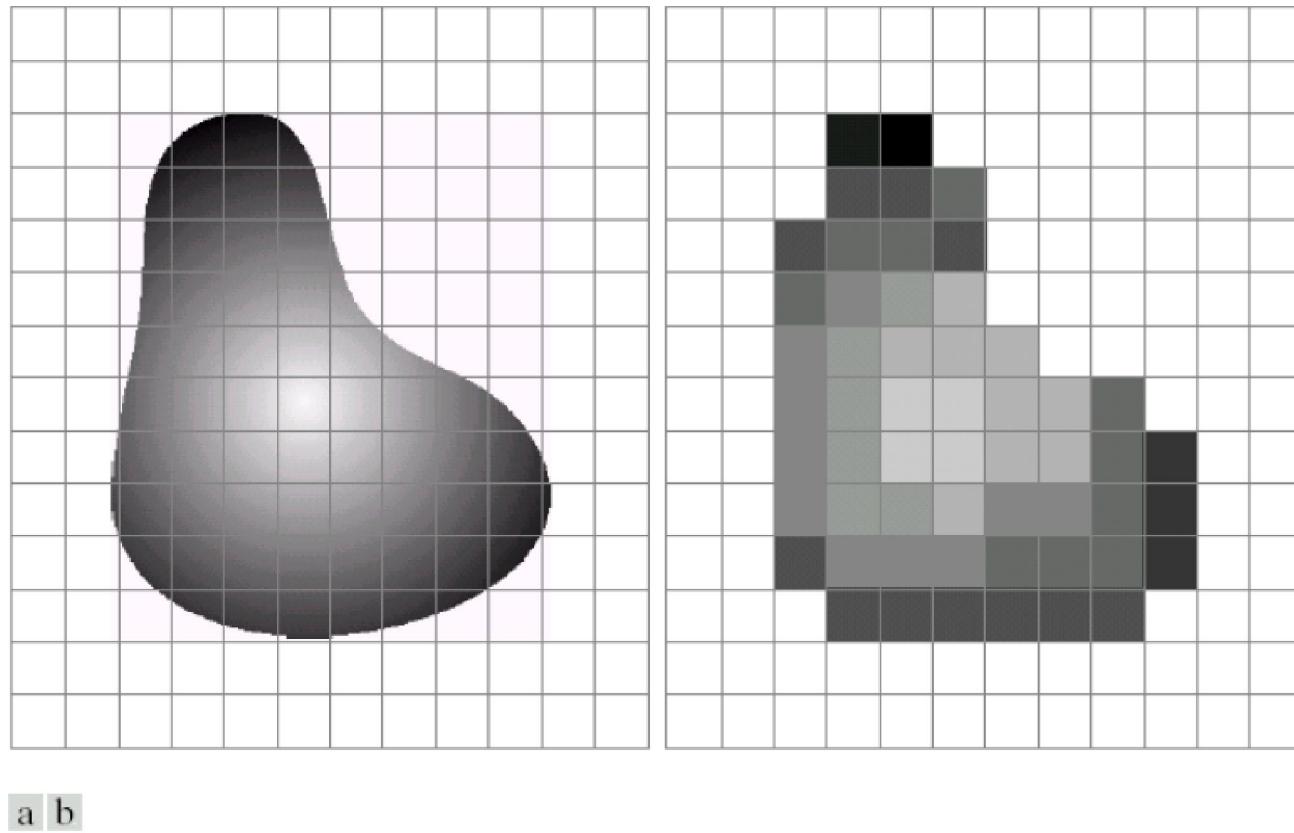
- L'**échantillonnage** (Nombre de pixels par unité de longueur) **est limité par la capacité du capteur**, donc le nombre de pixels disponible (ou autre limite imposée)
- La **quantification** est limitée par la **quantité de tons** (de gris) définie dans l'intervalle



Source : Gonzalez and Woods. *Digital Image Processing*. Prentice-Hall, 2002.

5. Image numérique: Echantillonnage et quantification

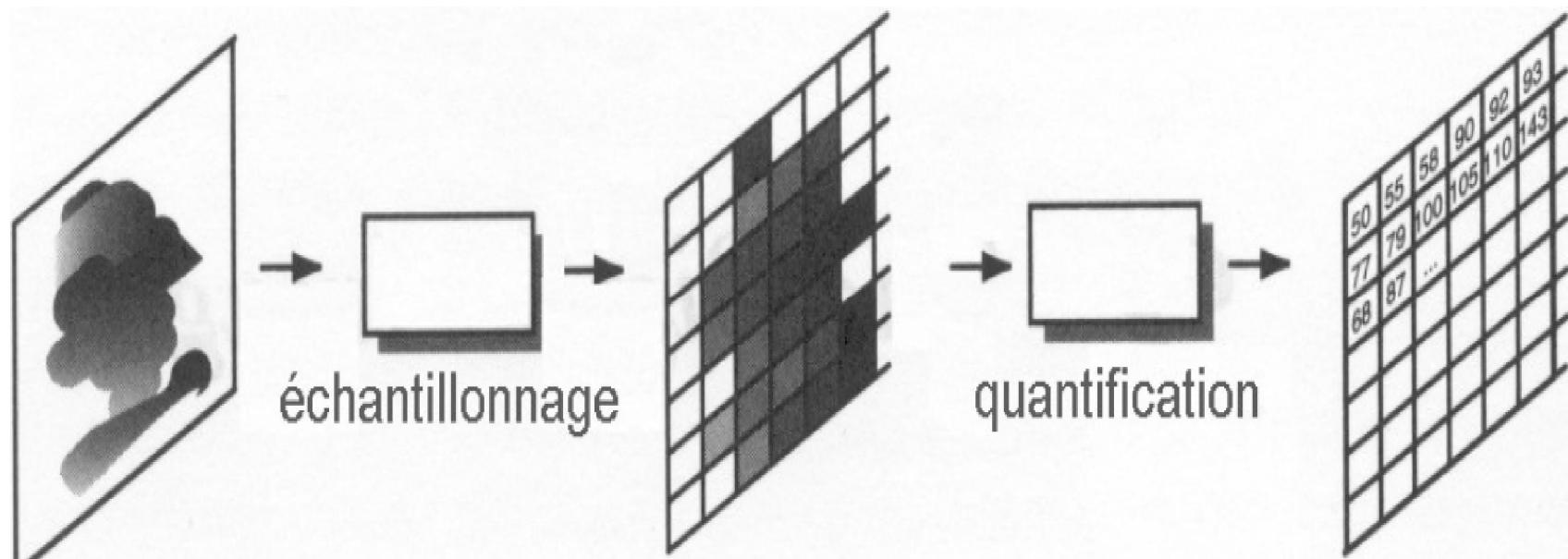
- Avec un capteur à matrice :



a b

FIGURE 2.17 (a) Continuos image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

5. Image numérique: Echantillonnage et quantification



Echantillonnage (Résolution spatiale)



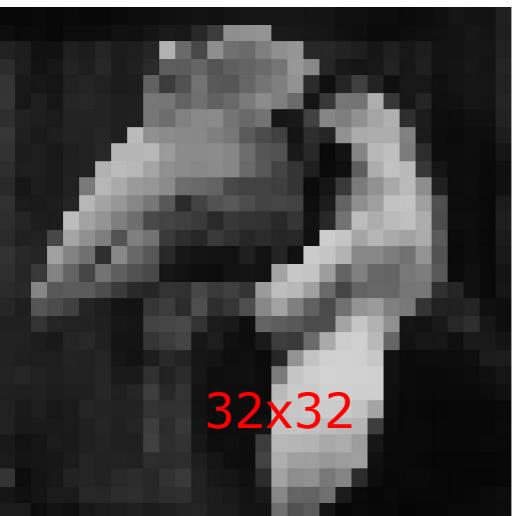
256x256



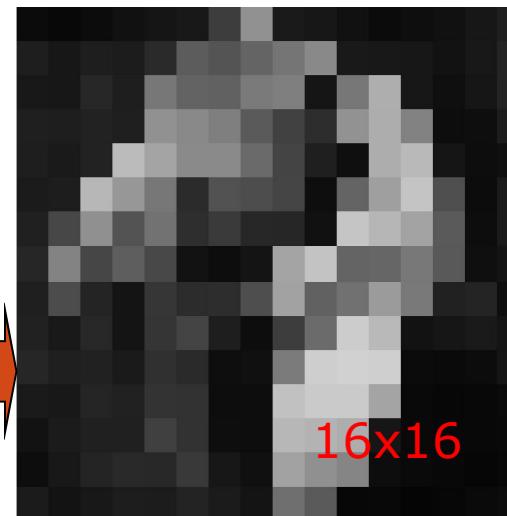
128x128



64x64



32x32



16x16



8x8

Une résolution trop faible peut causer des problèmes d'aliasing

5. Image numérique: Caractéristiques de base

- Matrice de dimension $M \times N$
- Chaque élément à une valeur entière dans l'intervalle $[L_{min}, L_{max}]$
- Le nombre de « bits » requis pour représenter les niveaux de gris dans l'intervalle « L » est « K »
- La relation entre « K » et « L » est : $L = 2^k$
- Le nombre de bit pour entreposer une image est donc :

$$b = M \times N \times K$$

5. Image numérique: Caractéristiques de base

- **Résolution spatiale**

Le plus petit détail discernable

- **Résolution tonale (de tons de gris)**

Le plus petit changement discernable

- Une image a donc une résolution spatiale de $M \times N$ pixel et une résolution de tons de gris de K bits

5. Image numérique: Caractéristiques de base

- Quantification (**Nombre de niveaux de gris**)
 - En puissance 2^n (quantification informatique ou bien codage)
 - Type
 - 1 bit - 2 niveaux de gris (images binaires)
 - 8 bits – 256 niveaux (images en niveau de gris)
 - 12 bits – 4096 niveaux (radiographies)
 - 16 bits – 65536 niveaux (radiographies + images)
 - 24 bits – 3 x 8 bits (images couleurs RGB, CMY, HSI)
 - 32, 64 bits...



Image binaire
(1 bits)

5. Image numérique: Caractéristiques de base



images en niveau de gris
(8 bits)

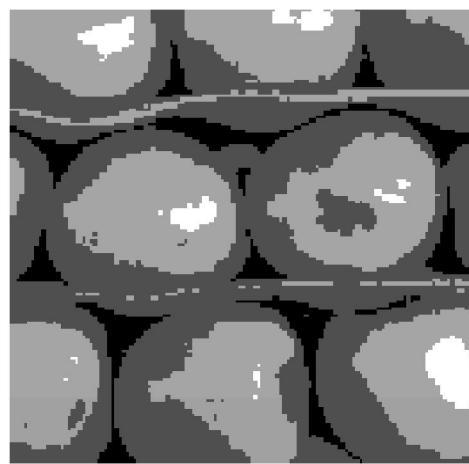


Image RGB
(24 bits) Pr: H. Tairi

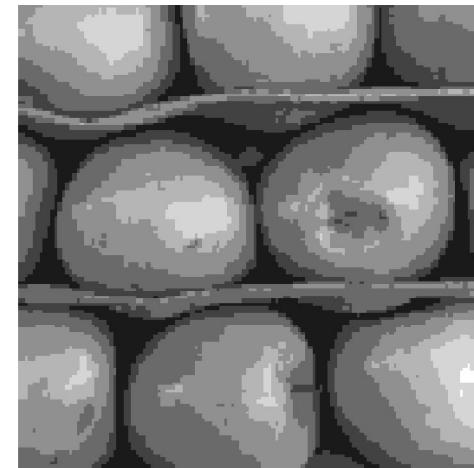
5. Image numérique: Quantification (Résolution tonale)



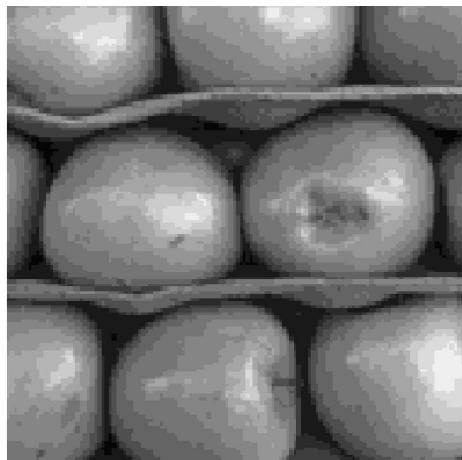
Bits=1



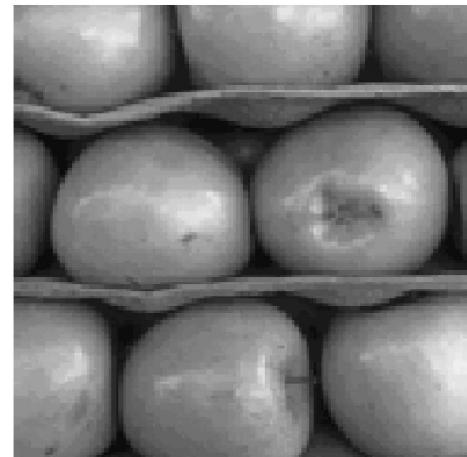
Bits=2



Bits=3



Bits=4



Bits=8

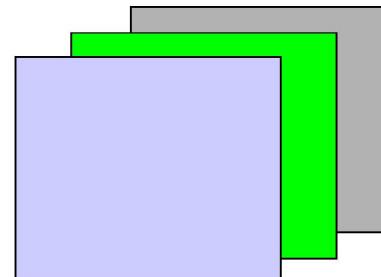
- Typiquement **8 bits** pour une image en niveau de gris
- Une quantification **trop faible** peut causer des problèmes de **faux contours**

5. Image numérique: Types d'images

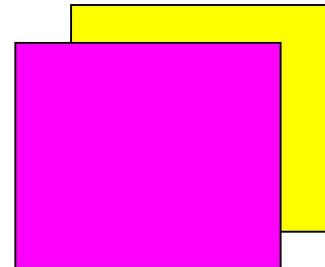
Différents types d'images



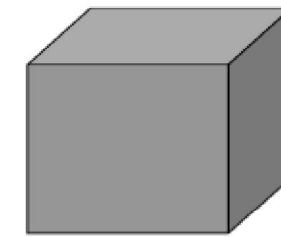
Images en niveaux de gris



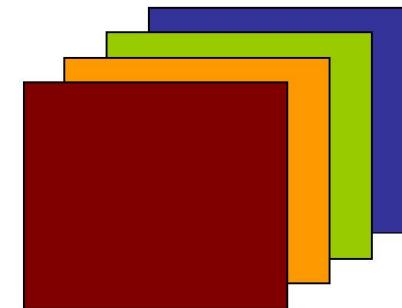
Images couleur



Images de natures différentes
(scanner X et IRM)



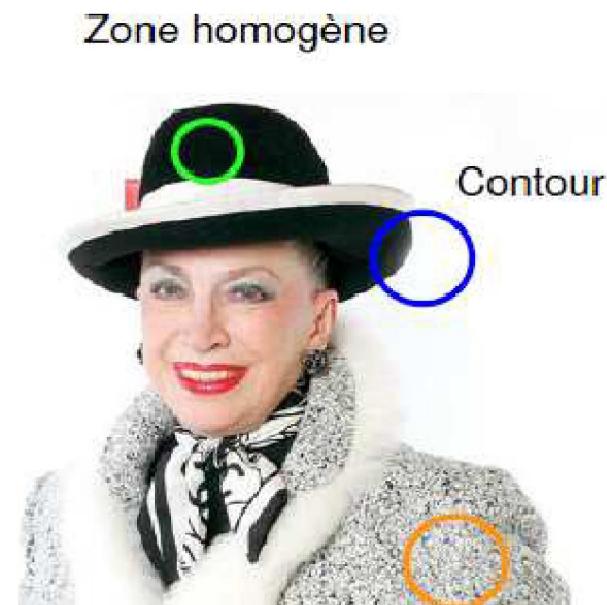
Volume numérique
(Imagerie Médicale)



Ensemble d'images
(Télédétection)

5. Image numérique: Caractéristiques

- Largeur
- Hauteur
- Nombre de Bits
- Couleur
- Compression
- Interprétation photométrique (noir = 0 ou blanc = 255)
- Résolution en X
- Résolution en Y
- Unité de résolution: pouce, cm, etc.
- Valeur maximale (ex: 255)
- Valeur minimale (ex: 0)



5. Formats d'images numériques :(il existe une centaine)

- **Formats de fichiers d'images**

- Il existe beaucoup de format de fichiers pour sauvegarder les images
TIF, GIF, JPEG, PNG, PPM, PGM, BMP, ...
- Chaque format a ses particularités et nous ne les étudierons pas dans ce cours
 - ❖ Entête contenant les informations de l'image
 - ❖ Pixels de l'image codés de différentes façons
- Quelques notions seulement sur les principaux formats que nous utiliserons

5. Formats d'images numériques

- Formats sans compression

- Les formats les plus simples sont les images sans Compression
Les pixels sont codés directement, les uns à la suite des autres
- Nous utiliserons ici principalement :
 - ✓ **PGM : images en niveaux de gris 8 bits**
 - ✓ **PPM : images en couleurs Rouge-Verte-Bleu 24 bits**

5. Formats d'images numériques

• Formats avec compression

- Les pixels sont compressés pour que le fichier soit plus petit sur le disque
 - Compression sans perte : Fichier compressé sans modification de la valeur des pixels

Exemple : PNG

- Compression avec perte : Valeurs des pixels modifiées pour prendre encore moins de place après la compression

Exemple : JPEG

- **JPEG est très bien pour visualiser les images (vision humaine)** mais **très mauvais** pour le traitement d'images, car on perd beaucoup d'informations
 - ❖ Images d'entrée peuvent être en JPEG
 - ❖ Eviter autant que possible de sauvegarder les résultats en JPEG

5. Formats d'images numériques

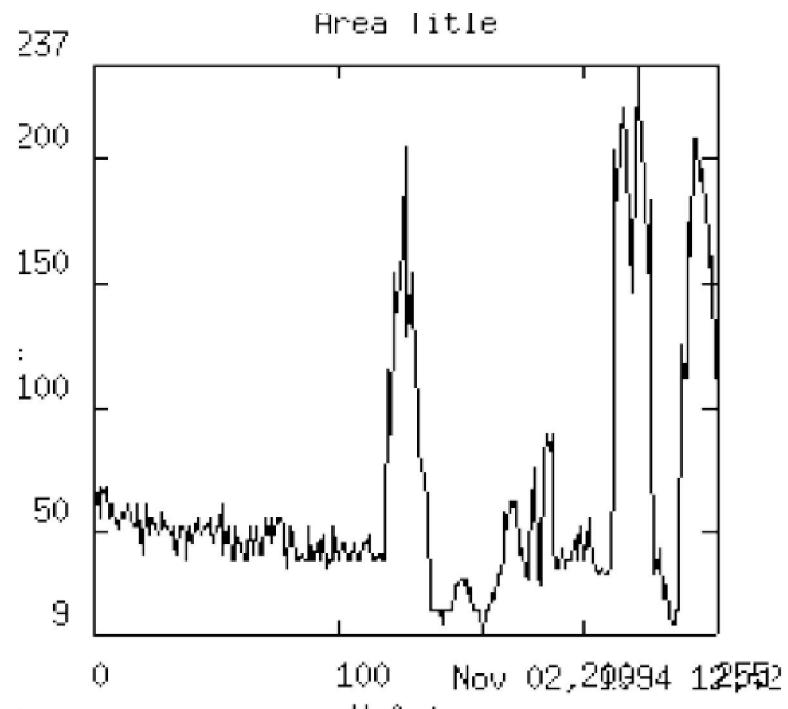
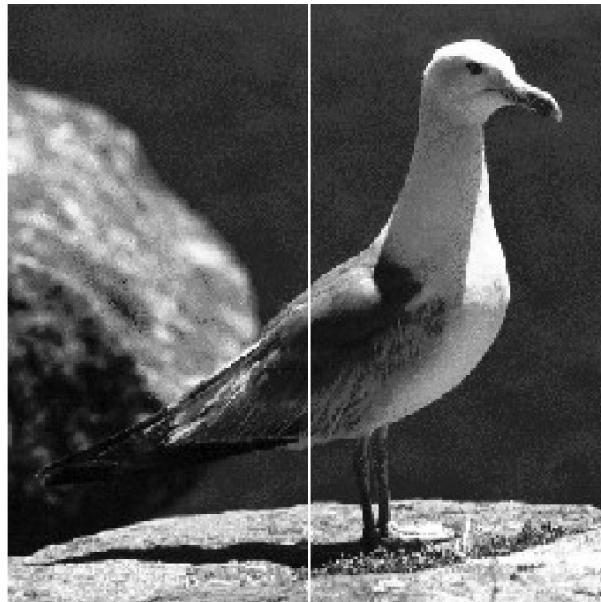
- ❖ **TIF** : format multi-usage **avec/sans** compression
- ❖ Autres :
 - ✓ **BMP** : format couleurs 24 bits sans compression
 - ✓ **GIF** : format couleurs 8 bits avec compression
- ❖ Encore beaucoup d'autres formats...

5. Formats d'images numériques

- ❖ **TIFF** : format multi-usage **avec/sans** compression
- ❖ Autres :
 - ✓ **BMP** : format couleurs 24 bits sans compression
 - ✓ **GIF** : format couleurs 8 bits avec compression
- ❖ Encore beaucoup d'autres formats...

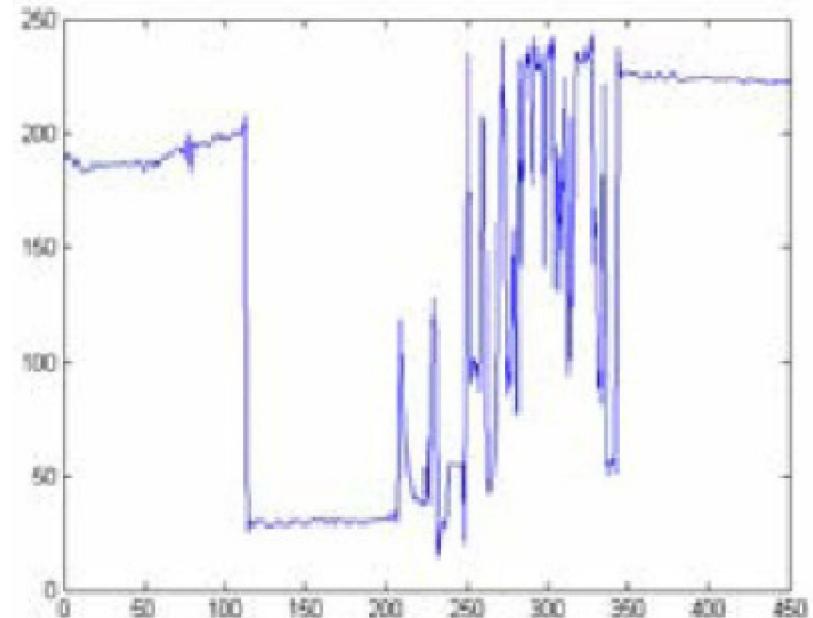
6. Profil d'intensité d'une image

- Un profil d'intensité d'une ligne dans une image est représenté par des signaux 1D.



Ensemble des niveaux de gris le long d'un segment
(Permet d'appréhender la "structure" des niveaux de gris d'une image avant d'effectuer des traitements dessus)

6. Profil d'intensité d'une image



Pour une image couleur (RGB)

3 profils (un pour chaque composante)