



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



# La vision par ordinateur

## *Chapitre 4 : La texture en vision par ordinateur*

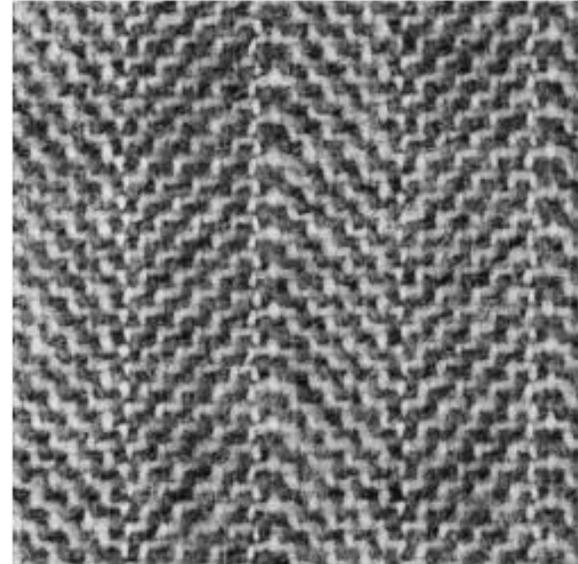
Master 2 : Systèmes Informatique Intelligents  
Lyes\_sii@yahoo.fr lyes\_abada@yahoo.fr

# Définition de la texture

---

## Définition de la texture :

- Une texture peut être définie comme **une variation** de l'intensité lumineuse dans le voisinage,
- qui peut refléter **des propriétés de l'objet** (grossière, fine, lisse, tachetée, régulière, irrégulière...)
- Ces propriétés sont **reconnues** facilement par l'être humain **mais** elles restent **difficiles** à définir précisément et à analyser de façon **numérique**.



## Définition de la texture

### Définition du dictionnaire:

« **Répétition** spatiale d'un même motif dans différentes directions de l'espace. »

### En vision par ordinateur :

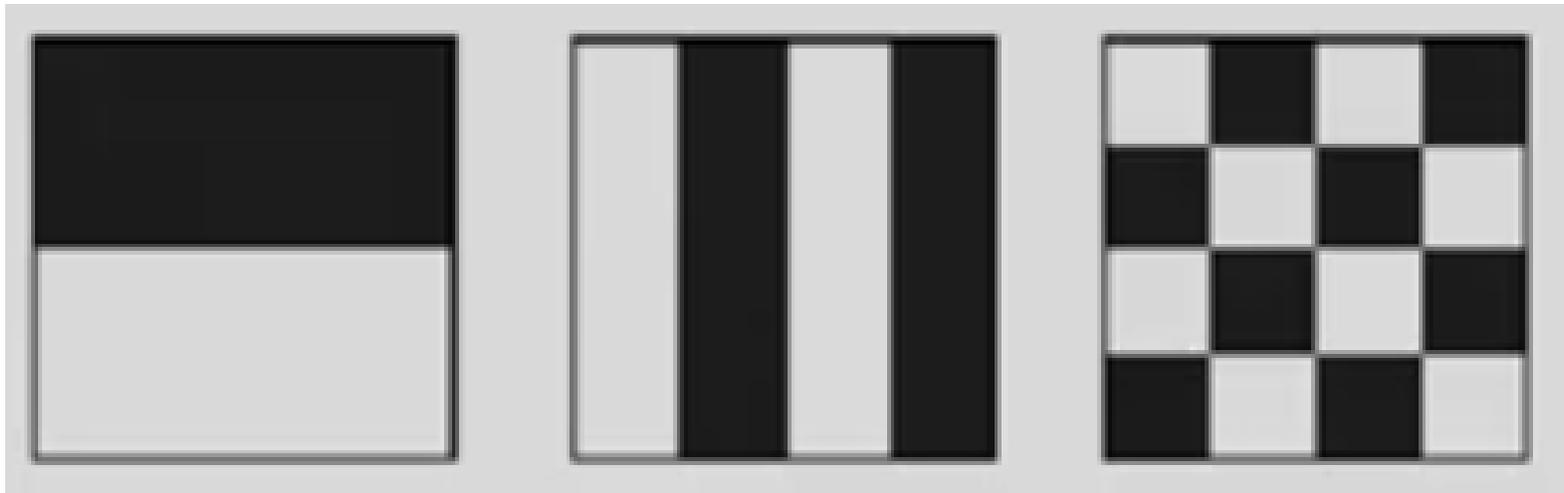
un phénomène a deux dimensions

- la description d'éléments de **base ou primitive**
- la description de **l'organisation spatiale** de ces primitives.

## Définition de la texture

Exemple:

Trois images avec **la même distribution de l'intensité** 50% blanc et 50% noir (même histogramme), mais avec **des textures différentes**.

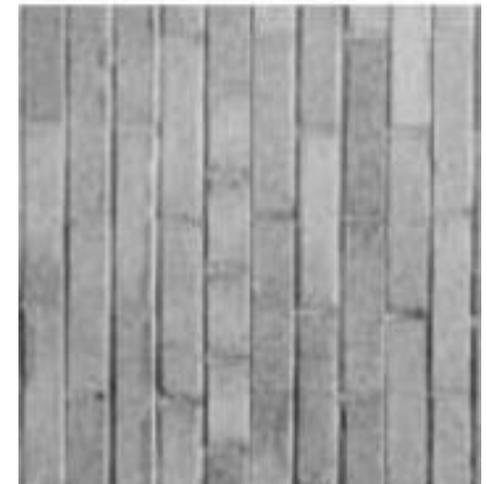
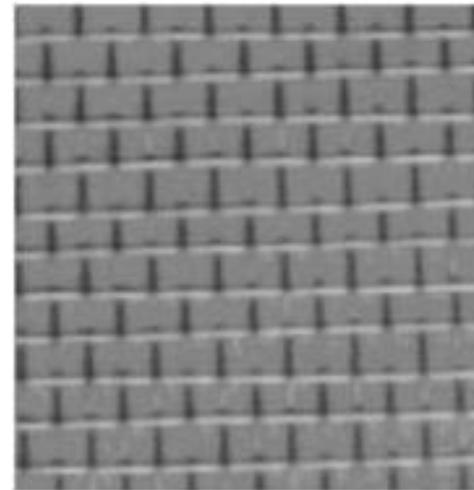


# Définition de la texture

---

## Texture périodique :

- Un aspect régulier, sous une forme de motifs répétitifs
- Un arrangement spatial défini.
- Cette approche structurelle correspond à une vision macroscopique des textures (grilles, murs, tissus, etc). Ainsi Julesz a considéré la texture comme l'agencement d'un motif de base qu'il l'appelle « **texton** (texels en anglais)»
- Texton : groupe de pixels ayant des propriétés homogènes,

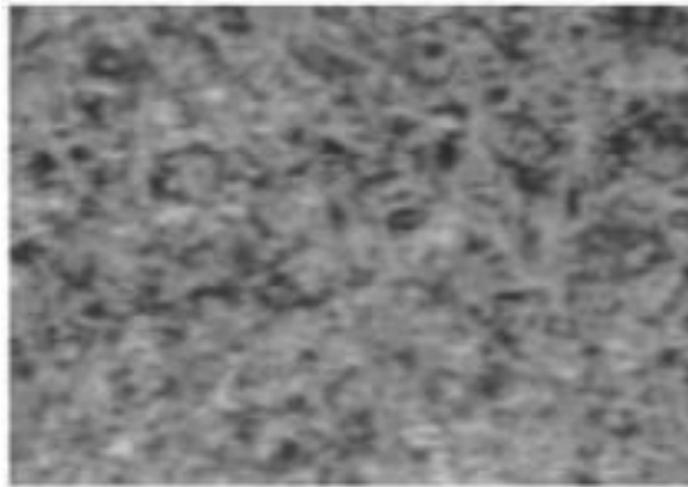
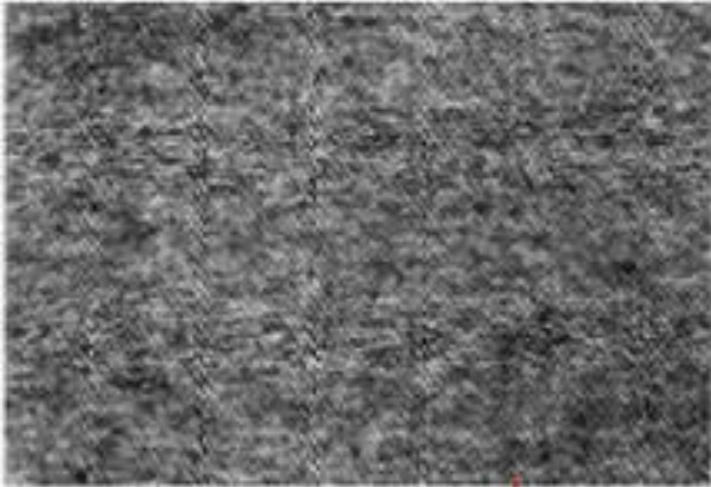


# Définition de la texture

---

## Texture aléatoire :

Ce type de textures présente des primitives microscopiques distribuées d'une manière anarchique



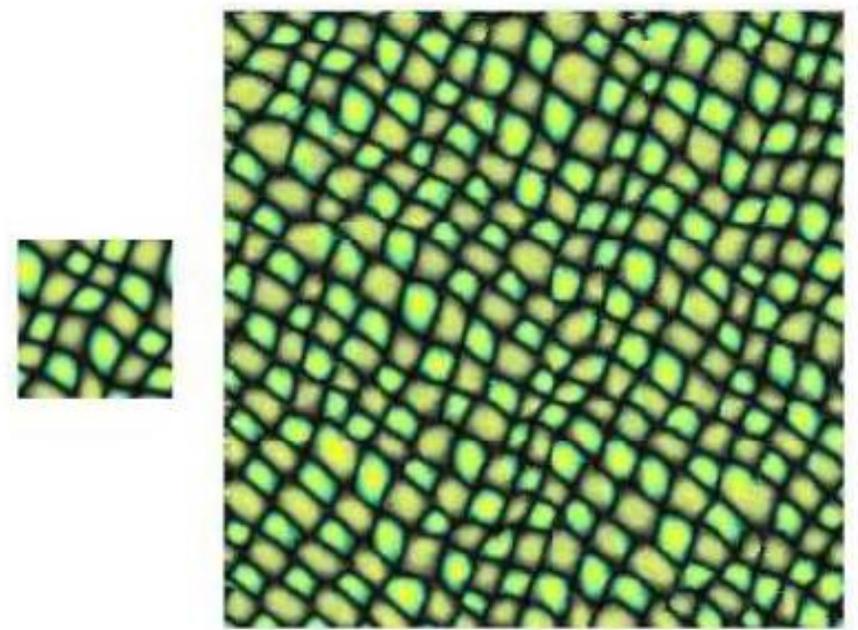
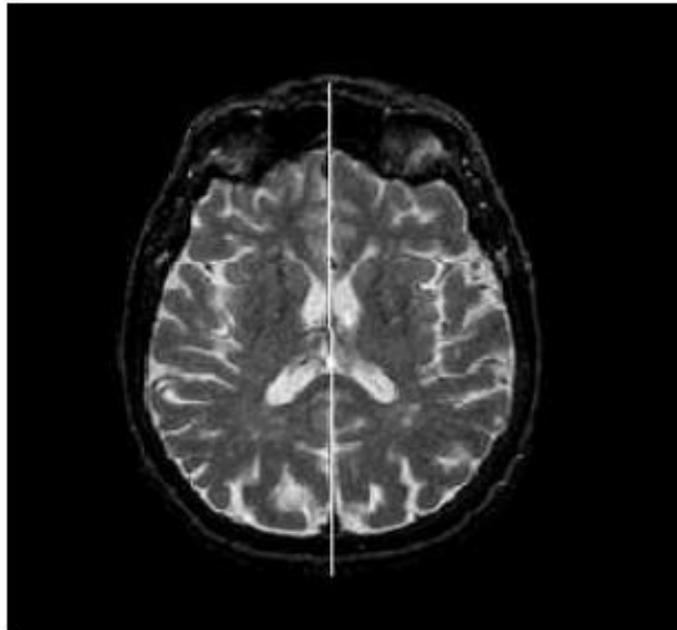
## Pourquoi s'intéresser à la texture ?

- L'étude de la distribution des niveaux de gris est insuffisante pour **caractériser les zones homogènes**.
- Les images naturelles sont composées principalement **de régions texturées**.
- La majorité des images sont des images naturelles.

# Définition de la texture

## Domaines d'application de la texture

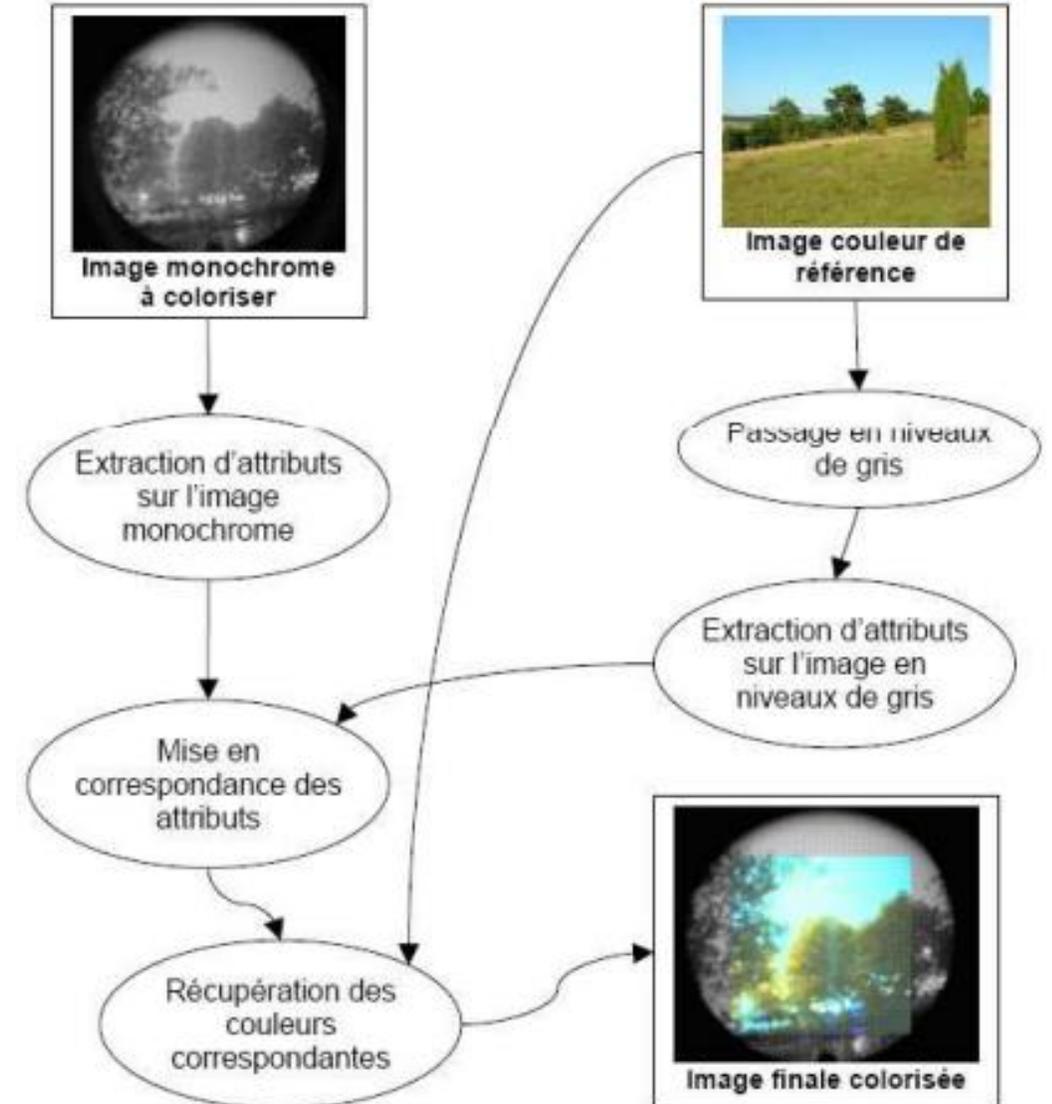
- La télédétection
- L'imagerie médicale
- La synthèse d'image, etc ...
- Détection faciale
- Reconnaissance faciale
- Identification par : empreinte, iris.....



# Définition de la texture

## Domaines d'application de la texture

- colorisation d'image monochrome:
- utilisé dans le domaine militaire
- lever les ambiguïtés de la vision nocturne.
- la méthode montrait ses limites en présence de formes géométriques complexes.



Analyse de la texture :

les principaux **problèmes** dans l'analyse de la texture :

- **classification de la texture** : identification d'une texture donnée à partir d'un ensemble de classes de textures,
- **Segmentation de la texture** : Consiste à déterminer les limites entre plusieurs textures dans une image. Partition au plusieurs régions homogènes.
- **La synthèse de la texture** : construire une grande image numérique à partir d'une petite image en utilisant les caractéristiques de la texture.
- **Shape from texture** : estimation de la surface 3D (objet 3D) à partir de la variation des primitives de la texture.

# Analyse de la texture

Analyse de la texture :

les principaux problèmes dans l'analyse de la texture :

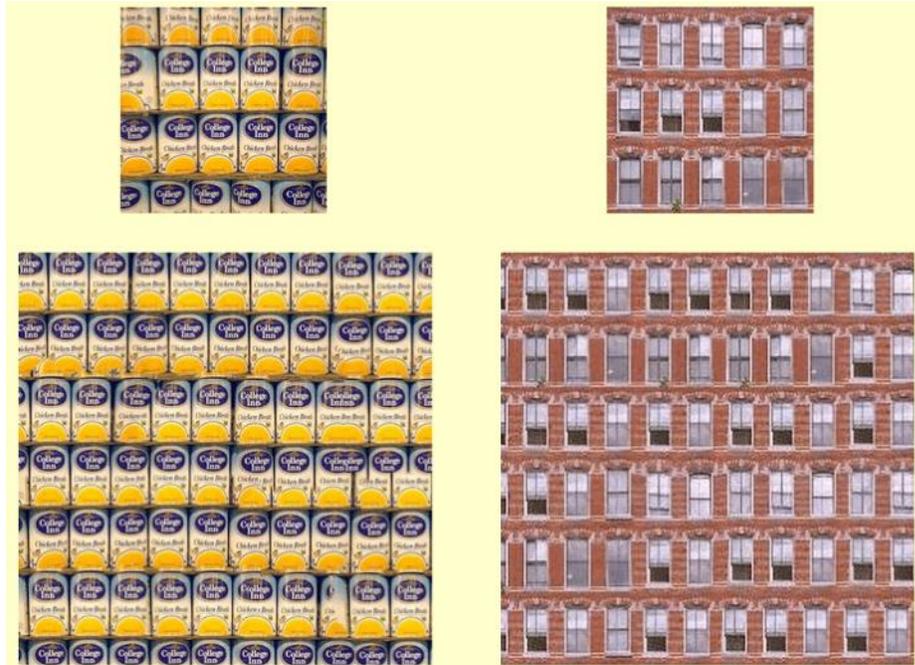
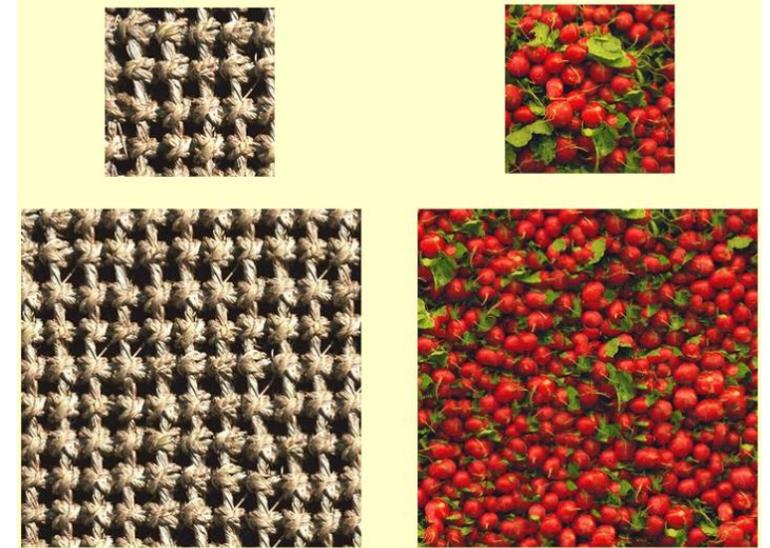
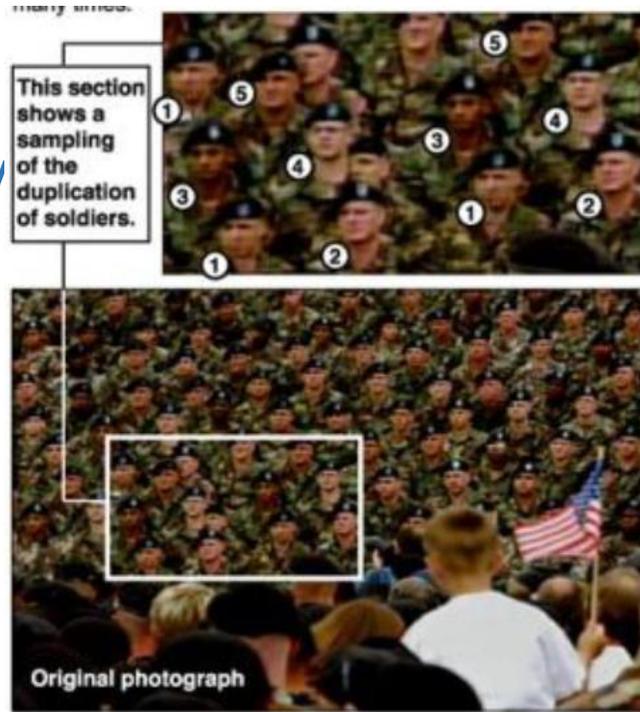
➤ **Segmentation de la texture**



# Analyse de la texture

Analyse de la texture :  
les principaux problèmes dans l'analyse

➤ **La synthèse de la texture**

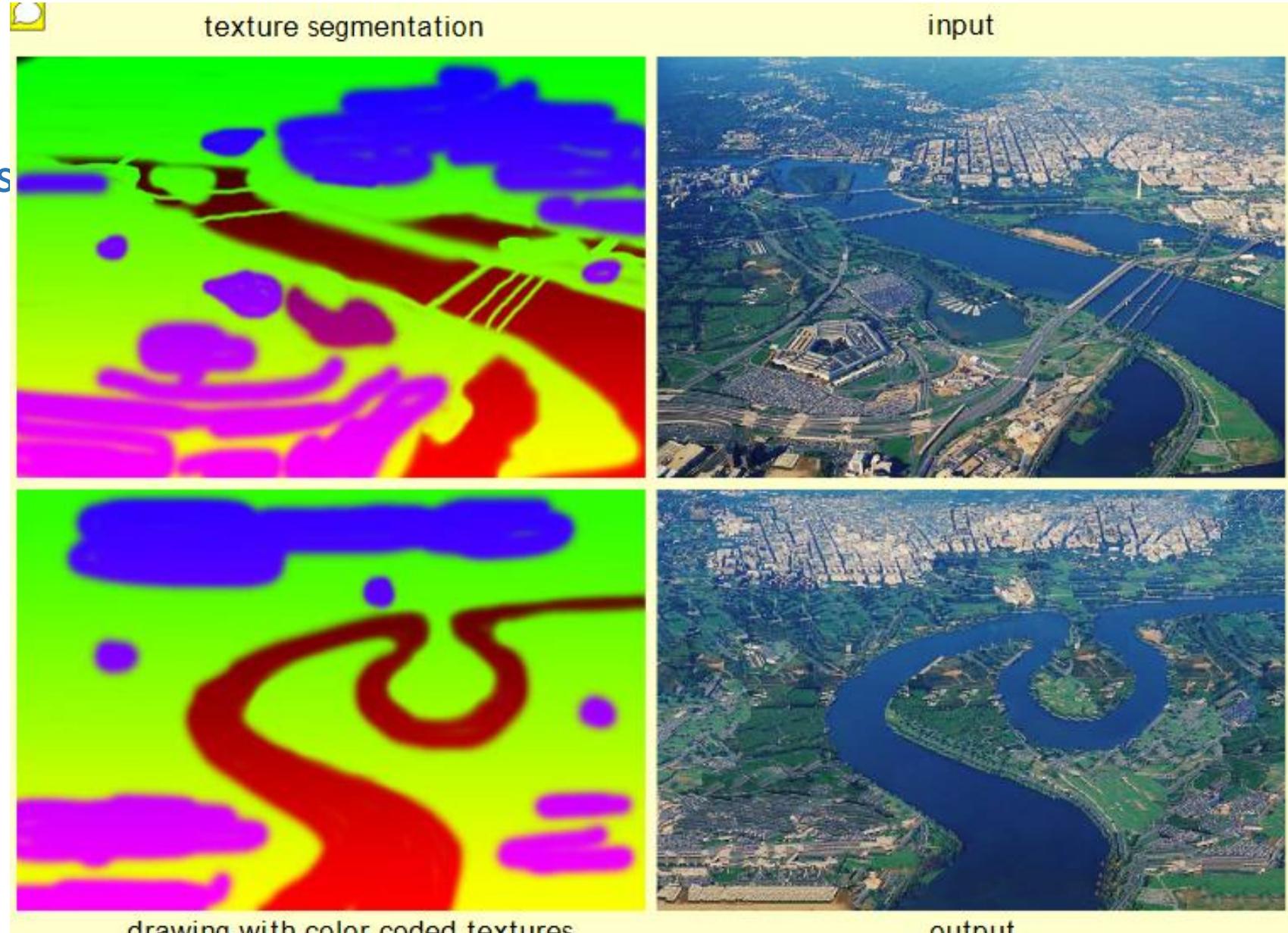


# Analyse de la texture

Analyse de la texture :

les principaux problèmes dans

➤ **La synthèse de la texture**

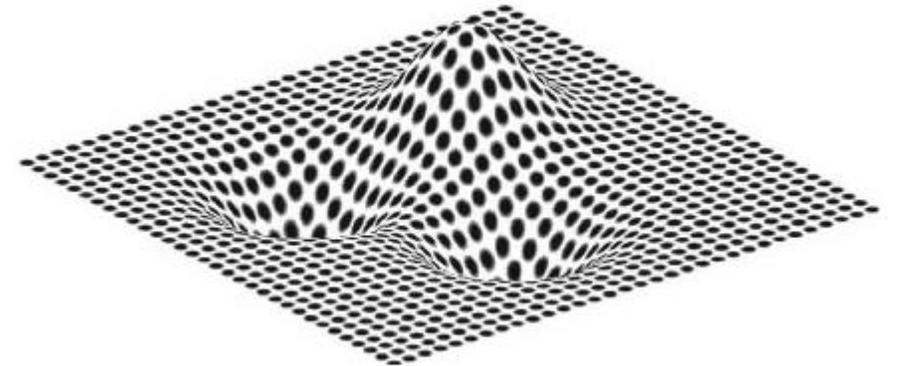
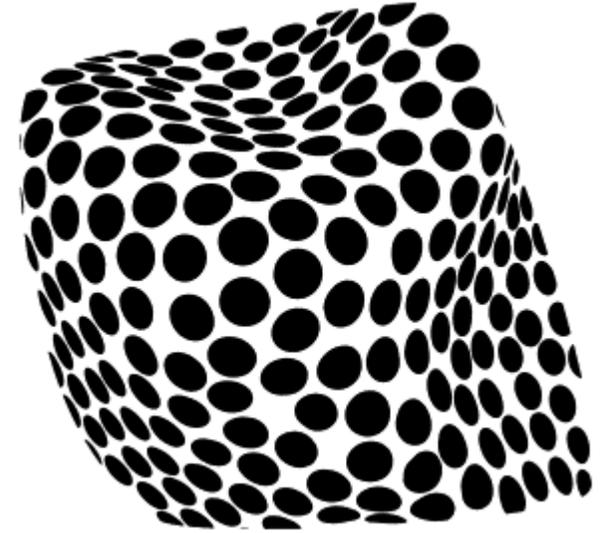


# Analyse de la texture

Analyse de la texture :

les principaux problèmes dans l'analyse de la texture :

➤ **Shape from texture**



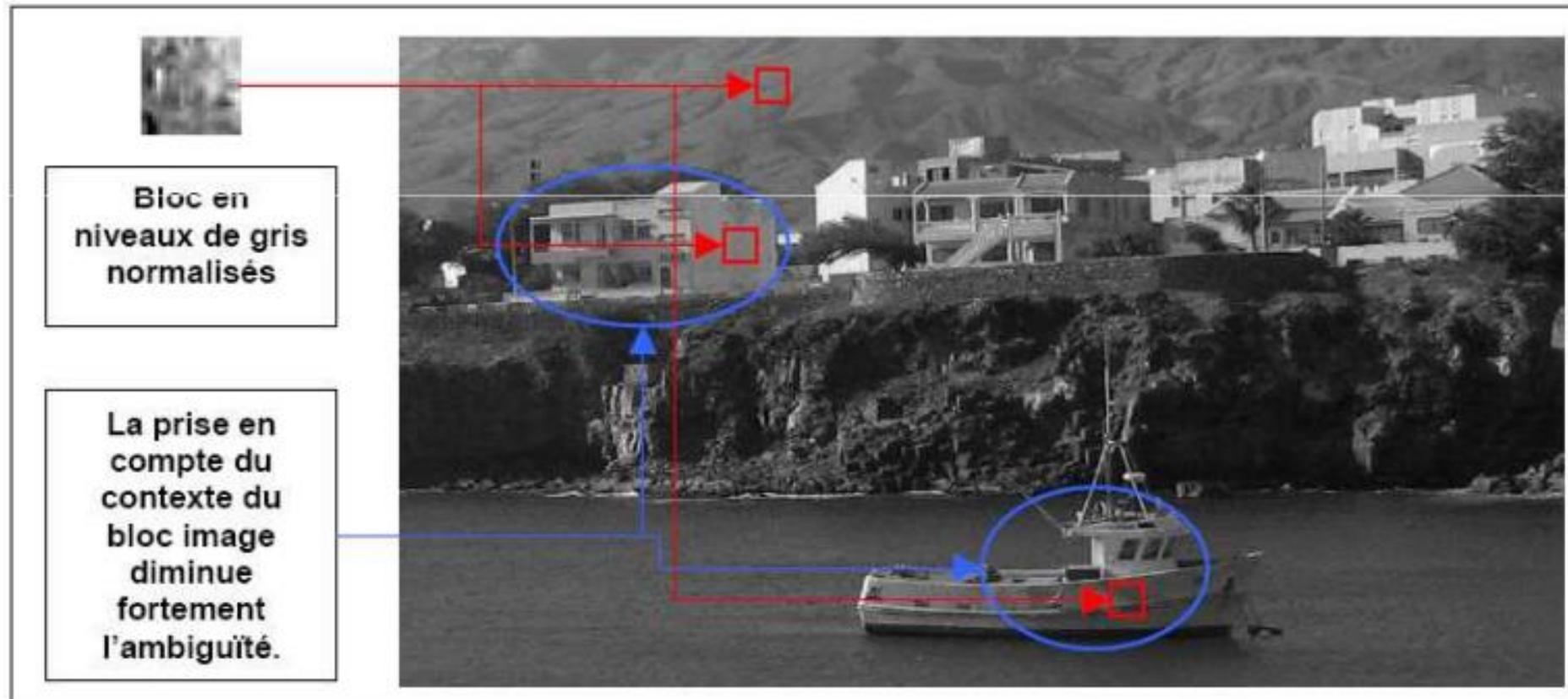
## Analyse de la texture

- Le but de l'analyse de la texture est de formaliser les descriptifs de la texture par des paramètres mathématiques qui serviraient à l'identifier.
- Dans ce sens, les critères visuels qui ont été retenus pour la texture sont: **le contraste, la granularité, l'orientation, la forme, la finesse, la régularité et la rugosité.**
- Une multitude de méthodes, de variantes et de combinaisons de méthodes ont déjà été proposées dans la littérature et éprouvées en pratique

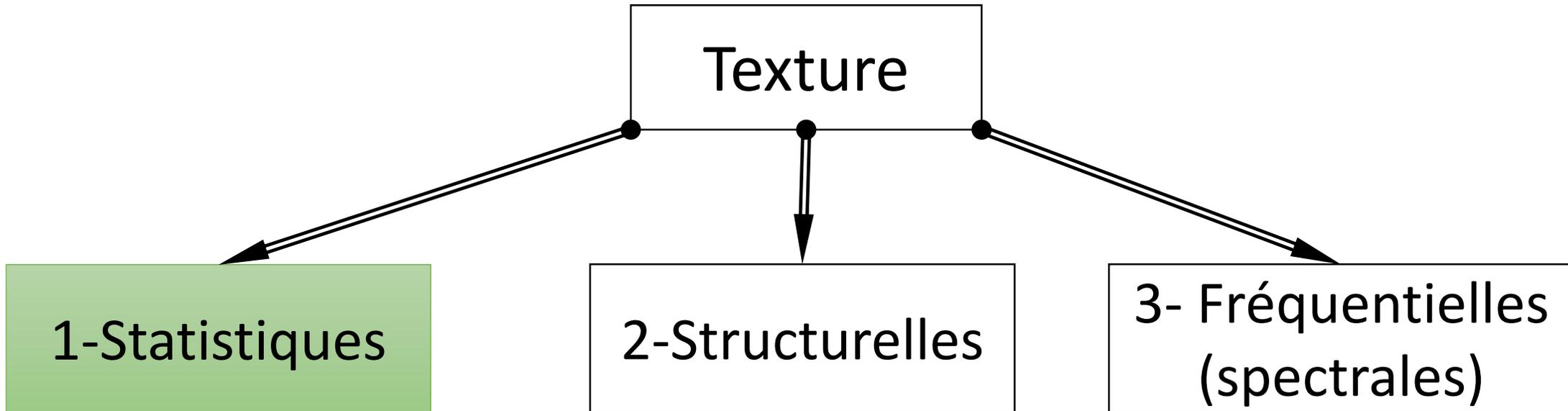
# Analyse de la texture

## Analyse de la texture

L'interprétation d'une texture, vue localement, peut varier en fonction de son contexte / voisinage immédiat dans l'image



## Les méthodes d'analyse de la texture



## Les méthodes d'analyse de la texture

### Les méthodes statistiques

- Dans l'approche statistique, la texture est vue comme la réalisation d'un **processus stochastique**.
- Le but est d'en extraire des **attributs statistiques**.
- Les données sources de ces attributs peuvent être **les pixels** eux-mêmes (cas le Les méthodes d'analyse de la texture plus classique, *premier ordre*) ou **les couples de pixels**, comme c'est le cas pour **la matrice de cooccurrence** (*mesure du second ordre*).
- Les mesures du second ordre **ont montré leur efficacité** dans le domaine de la discrimination de texture dans la perception humaine

## Les méthodes d'analyse de la texture

### Les méthodes structurelles

- Permettent de modéliser les relations spatiales entre les éléments **primitifs** constituant l'image
- **Les règles de placement** ou **d'agencement spatial** déterminent l'existence et la nature de la texture.
- Les étapes d'analyse de ces méthodes sont d'abord **l'identification des éléments constitutifs**, puis la définition **des règles de placement**.
- peut se montrer efficace pour une tâche de synthèse de textures
- permet d'avoir une bonne vision symbolique de la texture étudiée

## Les méthodes d'analyse de la texture

### Les méthodes fréquentielles

- On cherche à représenter la texture dans **une autre base** que le domaine **spatial de l'image**.
- Permettent d'étudier les textures dans le **domaine spectral** en passant de la représentation **spatiale** à la représentation **fréquentielle**.
- la texture est représentée par **différents signaux de fréquences d'amplitude et de directions**.
- Ces méthodes permettent de caractériser la texture à différentes échelles (les textures sont des signaux quasi périodiques qui ont une énergie fréquentielle localisée).
- On retrouve notamment dans cette catégorie les méthodes s'appuyant sur **la transformée de Fourier, les filtres de Gabor et les ondelettes**.

## Les méthodes statistiques

Ce type d'approche se fonde sur le calcul de paramètres statistiques d'ordre 1 (moyenne, variance) ou supérieur (Skewness Kurtosis...) sur l'histogramme de l'image

## Les méthodes statistiques d'ordre 1

- Ces méthodes s'appuient sur la distribution des niveaux de gris des pixels dont est composée la texture.
- Le calcul statistique d'ordre 1 des paramètres de cette distribution (à l'aide de l'histogramme de niveaux de gris) permet de caractériser les textures entre elles.

$n$  : Le niveau de gris  $i$ .

$P(n)$  : La probabilité du niveau de gris  $n$  dans l'image.

$\mu$  : La moyenne des niveaux de gris de l'image.

## Les méthodes statistiques d'ordre 1

- les caractéristiques calculés sont:
- **la moyenne** des niveaux de gris dans une image
- **La variance** : représente l'écart moyen des niveaux de gris par rapport à la moyenne
- **L'énergie** : nous permet de mesurer l'uniformité de la texture, il atteint **des fortes valeurs** lorsque la texture est **périodiques** et **des faible valeurs** lorsque la texture est **aléatoire**.
- **L'entropie** : permet de mesurer **la pureté** des niveaux de gris dans l'image elle atteint **des fortes valeurs** lorsque la texture est **aléatoire** et **de faible valeurs** dans le **cas contraire**.
- **le contraste** : mesure le niveau de contraste d'une image. Il atteint **des valeurs élevées** lorsque le **contraste** de l'image est **fort**
- **Le coefficient de variation** : permet de mesurer **l'hétérogénéité** de la texture
- **Le coefficient d'aplatissement (Skewness)** : permet de faire apparaître si **une faible variation** des **pixels** entraîne ou non **une forte variation des fréquences relatives**

## Les méthodes statistiques d'ordre 1

Moyenne:

$$u = \sum_{i=1}^L n \times p(n)$$

Variance

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^L (n - \mu)^2 \times p(n)$$

L'énergie

$$\bar{w} = \sum_{i=1}^L i p(n) i^2$$

L'entropie

$$E = - \sum_{i=1}^L p(n) \times \log p(n)$$

Le contraste

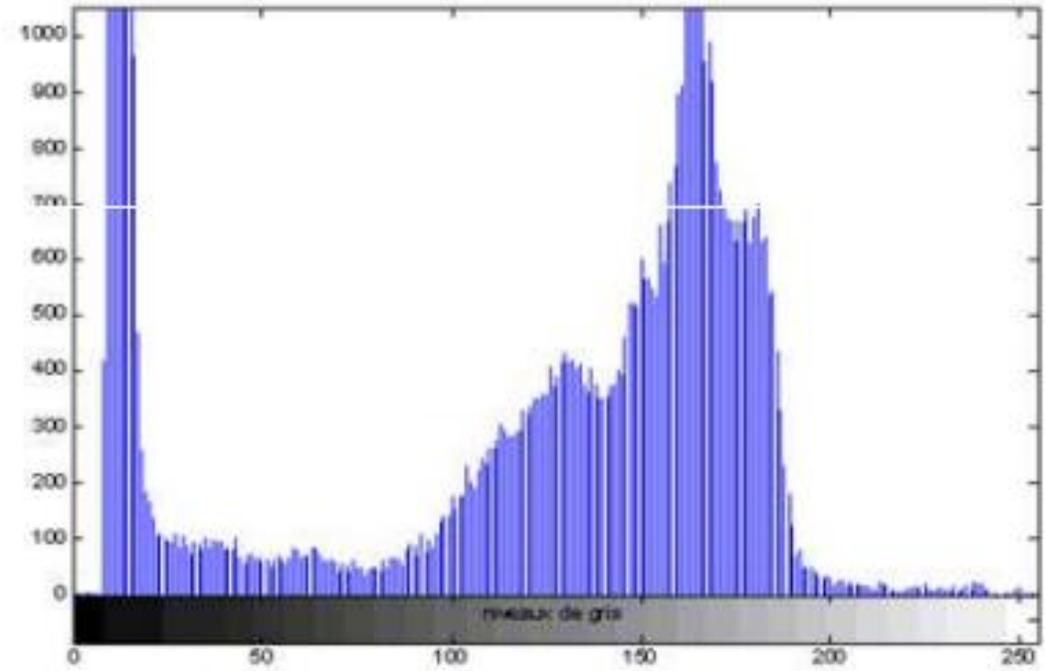
$$C = \frac{\max(n) - \min(n)}{\max(n) + \min(n)}$$

Le coefficient de variation

$$v = \frac{\mu}{\sigma}$$

Le coefficient d'aplatissement

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^L (n - \mu)^2 \times p(n)}{\sigma^4}$$

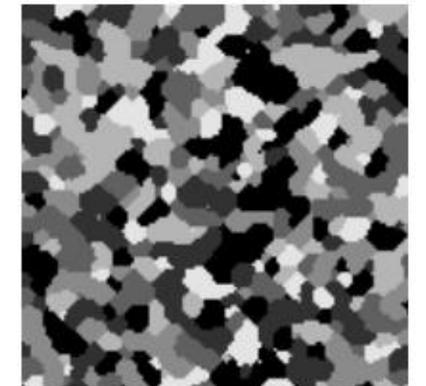
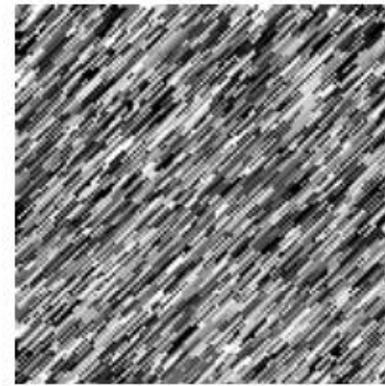
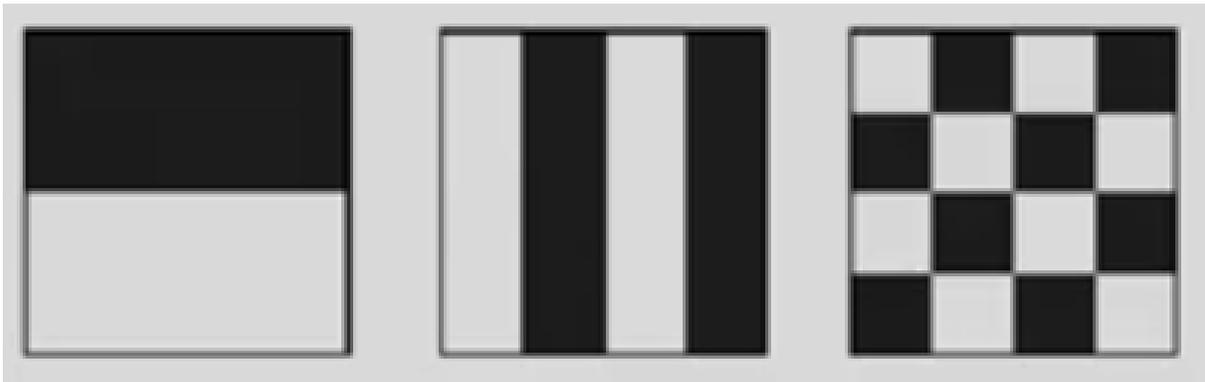


Histogramme de niveau de gris

# Etude de quelques méthodes

## Les méthodes statistiques d'ordre 1

- Utiliser une méthode statistique d'ordre 1 qui se base sur la distribution des niveaux de gris des textures présente **un inconvénient important** car cette dernière ne prend pas en considération la **distribution spatiale des niveaux de gris**.
- Or, cette distribution spatiale est **une caractéristique importance** de la texture.
- on peut trouver deux textures qui ont une distribution de niveaux de gris identique mais qui sont visuellement distinctes.



# Etude de quelques méthodes

Les méthodes statistiques d'ordre 2 :

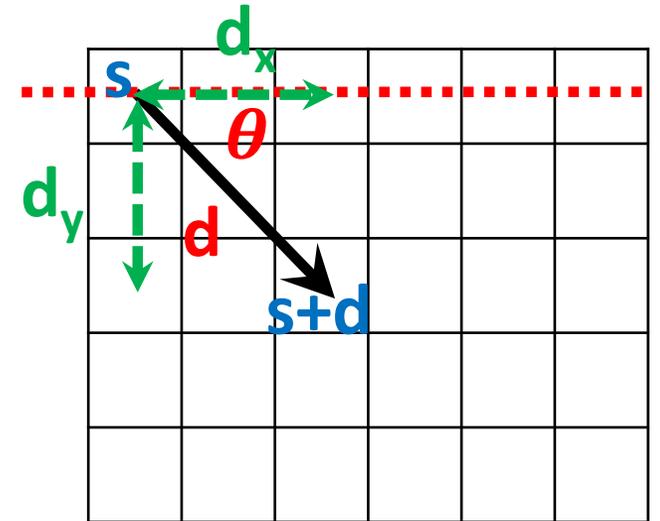
La matrice de co-occurrence (gray-level co-occurrence matrix GLCM)

Contient les information sur **les positions** des pixels qui ont **le même niveau de gris**

2 paramètres :

GLCM est défini par  $\begin{cases} d : \text{distance entre deux pixels} \\ \theta : \text{angle formé entre les deux pixels} \end{cases}$

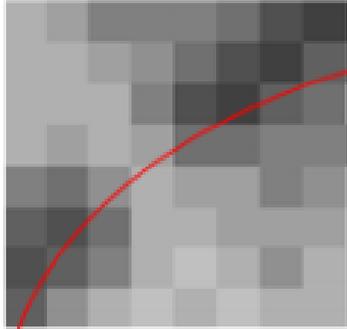
ou par  $\begin{cases} dx : \text{distance par rapport à } x \\ dy : \text{distance par rapport à } y \end{cases}$



$$MCO(i, j) = \text{card}\{(s, s + d) \in R^2 \mid I(s) = i, I(s + d) = j\}$$

# Etude de quelques méthodes

## Les méthodes statistiques d'ordre 2 : La matrice de cooccurrence



2	3	5	5	5	6	8	8
2	2	3	4	6	8	8	7
2	2	2	5	8	8	7	6
2	3	2	3	6	6	5	5
5	6	4	2	3	3	5	4
7	8	6	2	2	3	3	3
8	7	5	2	1	2	4	2
7	4	2	1	2	1	2	2

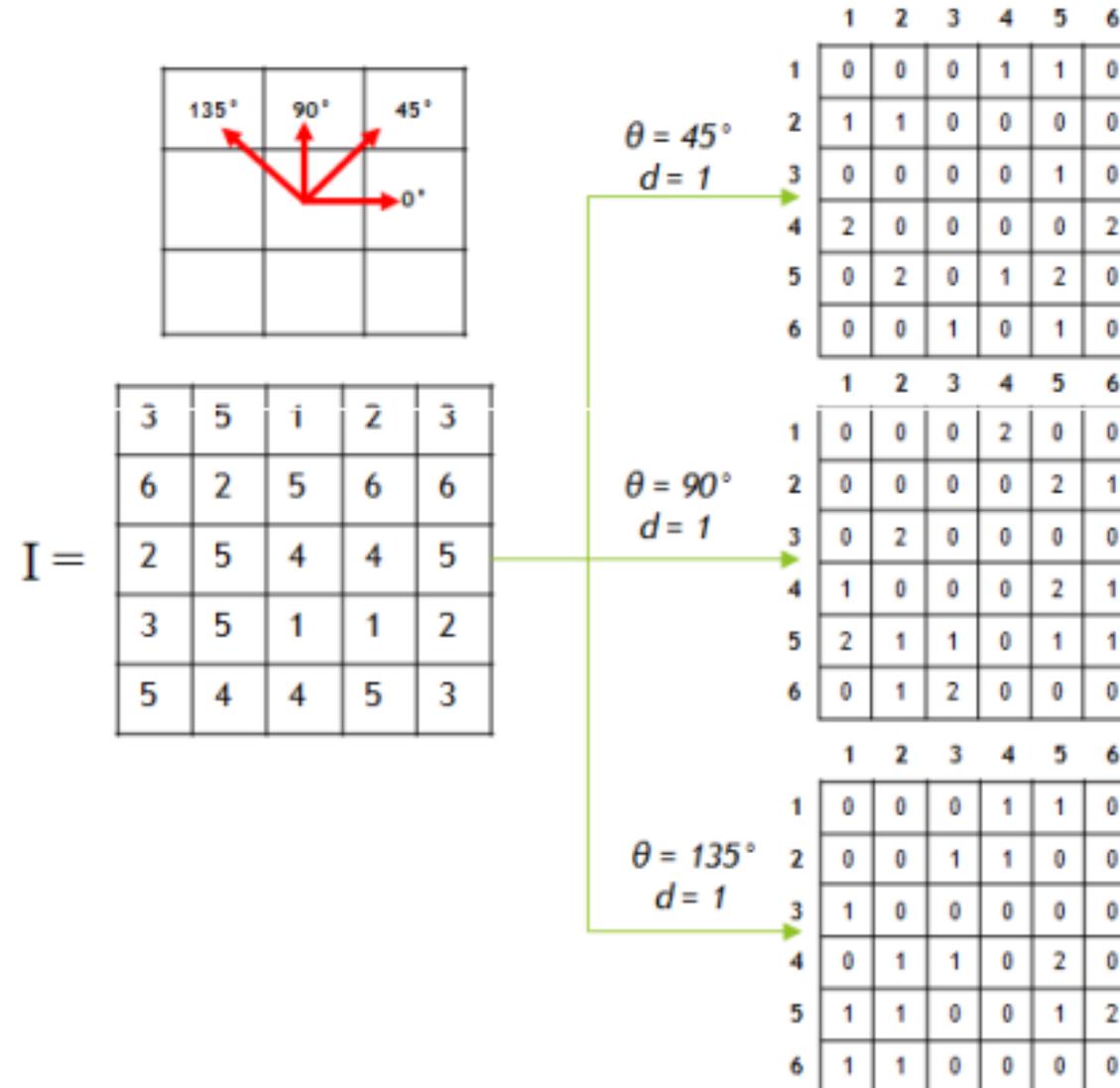
Image texture

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	3	0	0	0	0	0	0
2	3	5	6	1	1	0	0	0
3	0	1	3	1	2	1	0	0
4	0	3	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	3	2	0	1
6	0	1	0	1	1	1	0	2
7	0	0	0	1	1	1	0	1
8	0	0	0	0	0	1	3	3

GLCM ( $d=1, \theta = 0^\circ$ ) ou ( $dx = 1, dy = 0$ )

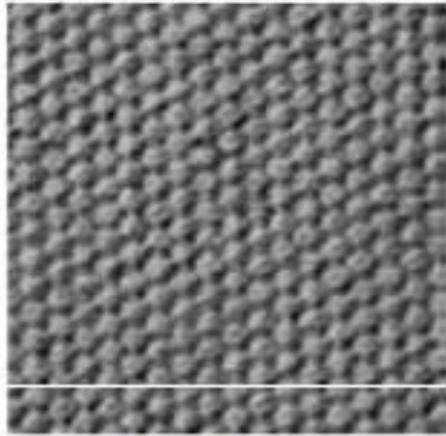
# Etude de quelques méthodes

## Les méthodes statistiques d'ordre 2 : La matrice de cooccurrence

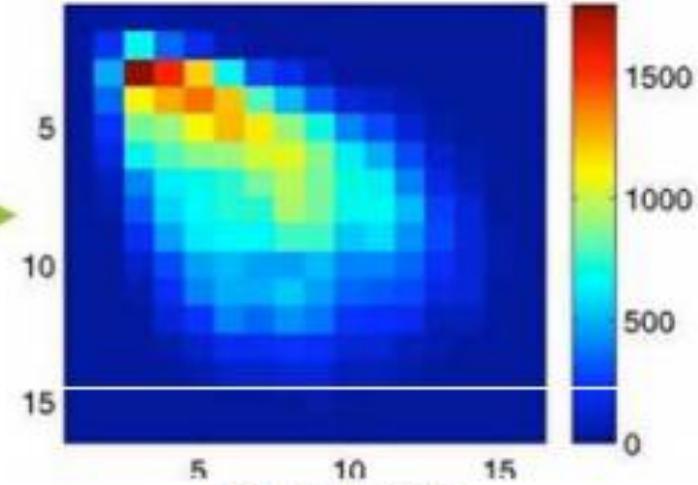


# Etude de quelques méthodes

## Les méthodes statistiques d'ordre 2 : La matrice de cooccurrence



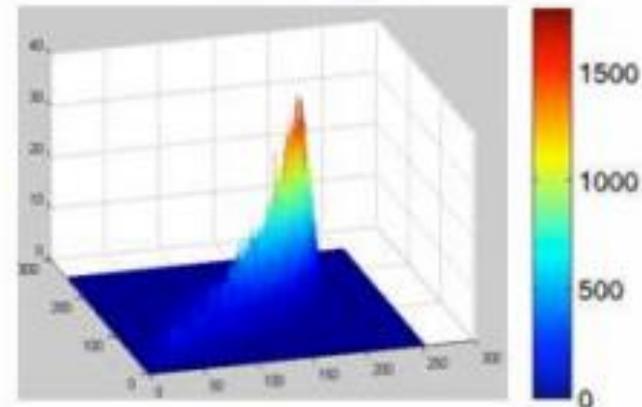
Texture



GLCM 2D



Texture



GLCM 3D

# Etude de quelques méthodes

---

## Les méthodes statistiques d'ordre 2 : La matrice de co-occurrence

La masse d'informations contenues dans la matrice de cooccurrence est trop importante et ne nous permet pas de tirer directement des connaissances utiles pour l'analyse de texture.

Pour remédier à cela Haralick proposa Quatorze indices intermédiaires. Les plus importants sont:

### Énergie:

Également nommé Second moment angulaire il permet de mesurer **l'uniformité de la texture** plus on retrouve **le même couple de pixels**, plus **cet indice est élevé**, par exemple image uniforme, ou texture périodique.

### Contraste:

Le contraste (ou inertie) mesure **les variations locales des niveaux de gris**. Si ces variations sont **importantes**, alors le contraste **sera élevé**. Ce paramètre permet aussi de caractériser **la dispersion des valeurs** de la matrice de cooccurrences par rapport à sa diagonale principale.

## Les méthodes statistiques d'ordre 2 : La matrice de cooccurrence

- Moment des différences inverses :

Ce paramètre a un comportement **inverse** de celui du **contraste**. En effet, plus la texture possède de régions **homogènes** et plus le moment différentiel **inverse est élevé**.

- La variance :

La variance mesure **la répartition** des niveaux de gris autour de la valeur moyenne. Plus ce paramètre **est élevé** et plus importants sont **les écarts entre les valeurs et la moyenne**.

# Etude de quelques méthodes

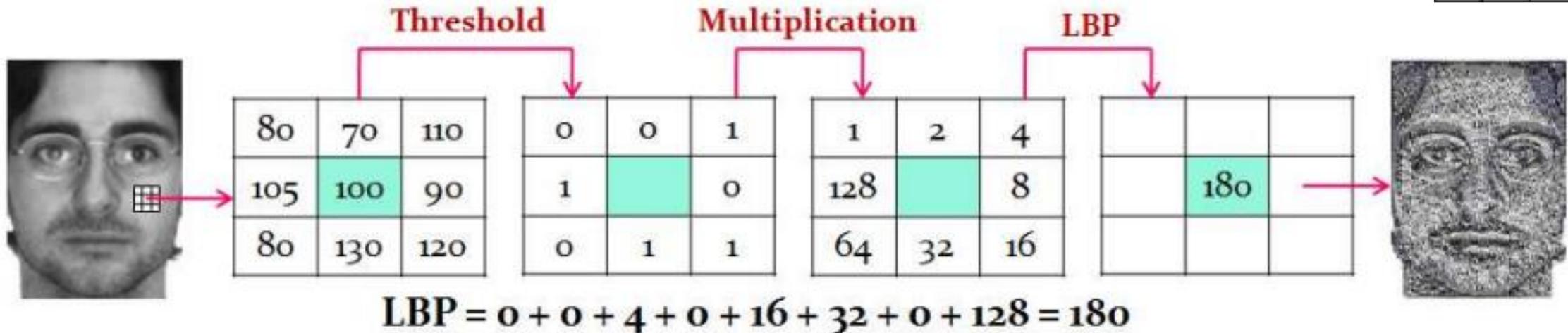
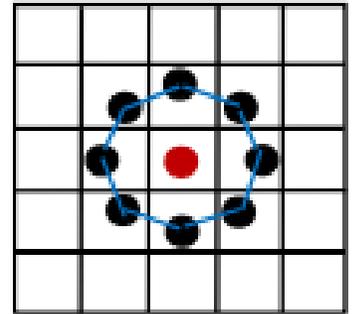
Les méthodes statistiques d'ordre 2 : La matrice de cooccurrence

Énergie	$f1 = \sum_i \sum_j p(i, j)^2$
Contraste	$f2 = \sum_i \sum_j (i - j)^2 p(i, j)$
Homogénéité	$f3 = \sum_i \sum_j \frac{p(i, j)}{1 + (i - j)^2}$
Corrélation	$f4 = \frac{\sum_i \sum_j (ij) p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$

# Etude de quelques méthodes

## La méthode LBP (Local Binary Pattern: motifs binaires locaux)

- Introduite par Ojala et Al en 1996.
- simple et efficace pour la description de la texture.
- Considérer le voisinage 3x3 et seuiller relativement à la valeur centrale (centre de la fenêtre) puis calculer le code binaire:
- Donner la valeur 1 si la valeur est supérieure au pixel central, zéro sinon.

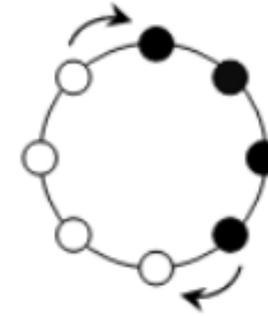


# Etude de quelques méthodes

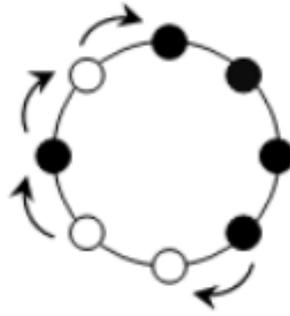
## La méthode LBP (Local Binary Pattern: motifs binaires locaux)

Uniform pattern  $U$  (motifs uniformes):

- $U$  représente le nombre de transitions (de 1 à 0 ou de 0 à 1).
- Les patterns uniformes possèdent un nombre de transition  $U=2$  or  $U=0$
- **58 Uniform LBP** : assigner des indexes de **0 à 57**.
- **198 non-Uniform** : assigner la valeur **58**
- Exemple :



$U=2$



$U=4$

Bit Sequence	# Transition	Uniform?
0000 0000	0	Yes
0000 0001	1	Yes
0000 0101	3	No

LBP	Uniform?	Bin Index
0000 0000	Yes	0
0000 0001	Yes	1
0000 0010	Yes	2
0000 0011	Yes	3
0000 0100	Yes	4
0000 0101	No	58
0000 0110	Yes	5
0000 0111	Yes	6

LBP	Uniform?	Bin Index
0000 1000	Yes	7
0000 1001	No	58
0000 1010	No	58
0000 1011	No	58
0000 1100	Yes	8
0000 1101	No	58
0000 1110	Yes	9
0000 1111	Yes	10

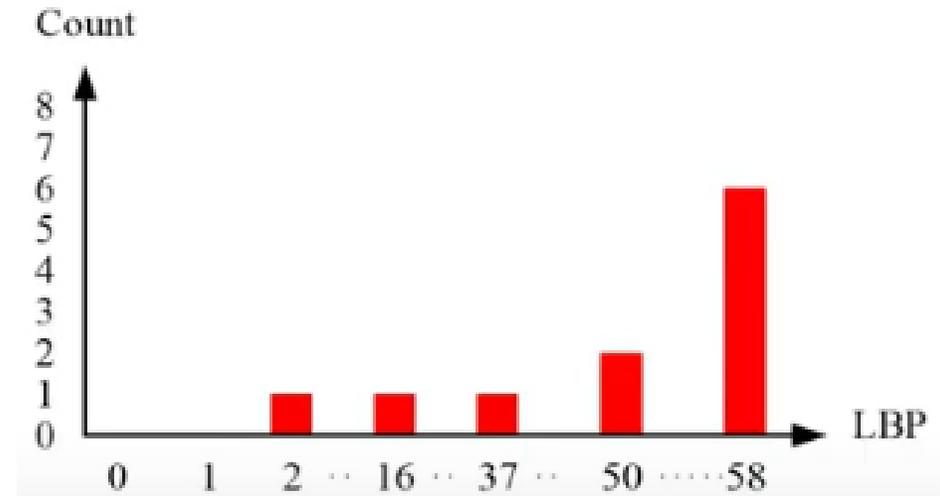
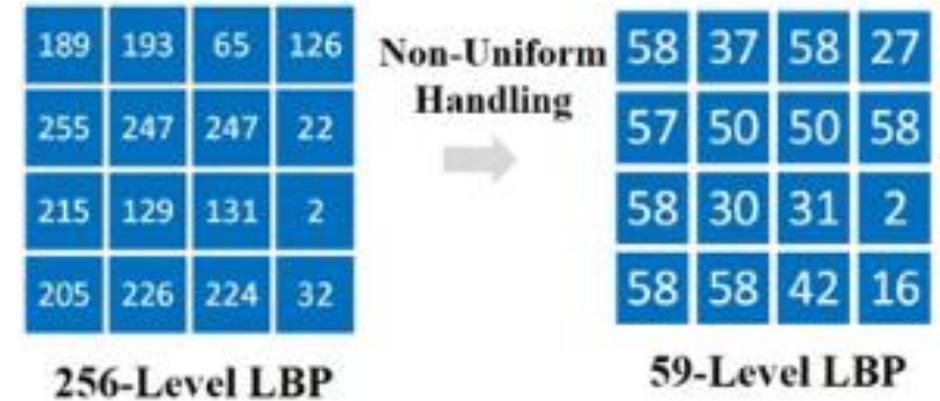
LBP	Uniform?	Bin Index
1111 1000	Yes	51
1111 1001	Yes	52
1111 1010	No	58
1111 1011	Yes	53
1111 1100	Yes	54
1111 1101	Yes	55
1111 1110	Yes	56
1111 1111	Yes	57

# Etude de quelques méthodes

## La méthode LBP (Local Binary Pattern: motifs binaires locaux)

Un histogramme composé de 59 bins (bin est une barre d'histogramme) est calculé puis normalisé.

les Uniforms patterns sont suffisants selon les recherches pour représenter la texture sur les 256 autres patterns possibles.



## La méthode LBP (Local Binary Pattern: motifs binaires locaux)

- L'histogramme de l'image résultante constitue un descripteur de texture.
- Très bons résultats pour les micro textures (détails fins)
- Méthode d'extraction simple et efficace.
- Facilité de calcul

# Etude de quelques méthodes

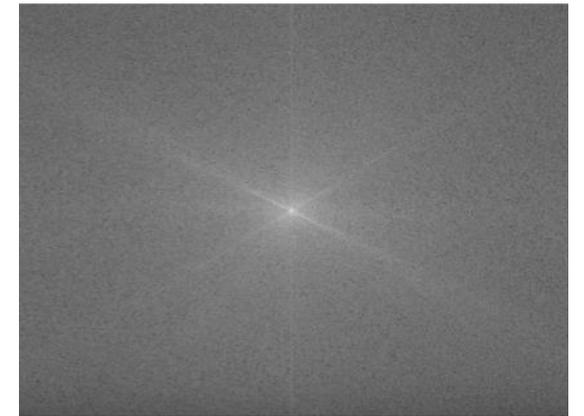
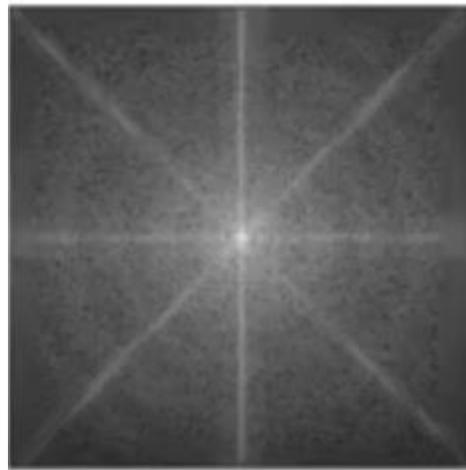
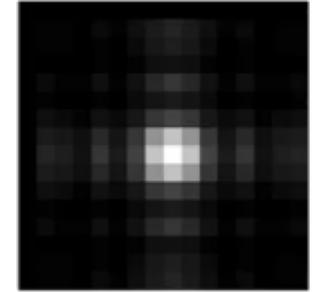
## Les méthodes d'analyse de la texture

Les méthodes fréquentielles : transformé de Fourier discrète à 2D (Discrete Fourier Transform DFT)

$$X[m, n] = \frac{1}{NM} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} x(k, l) e^{-j\pi\left(\frac{km}{M} + \frac{ln}{N}\right)}$$

$x[m, n]$ : image résultat

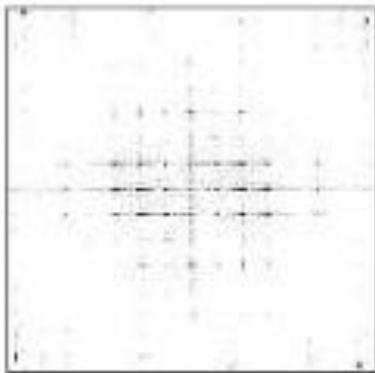
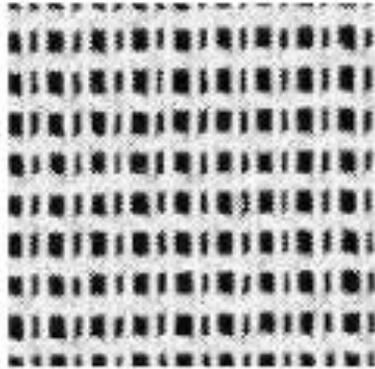
$X[m, n]$ : image initiale



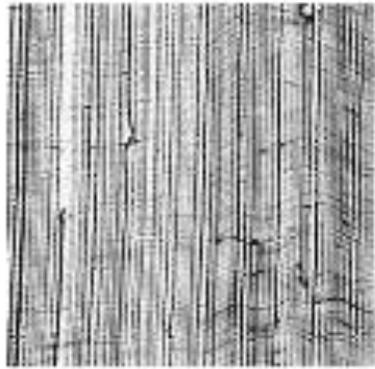
# Etude de quelques méthodes

Les méthodes d'analyse de la texture

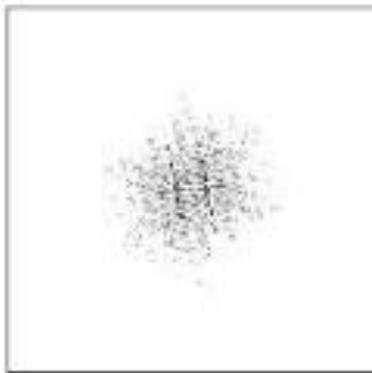
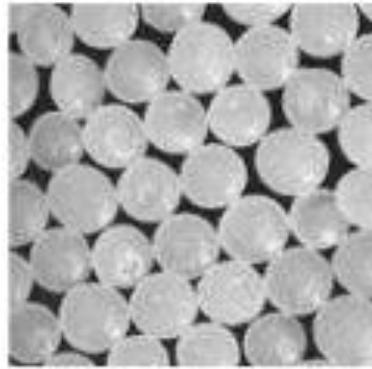
Les méthodes fréquentielles : transformé de Fourier discrète à 2D (Discrete Fourier Transform DFT)



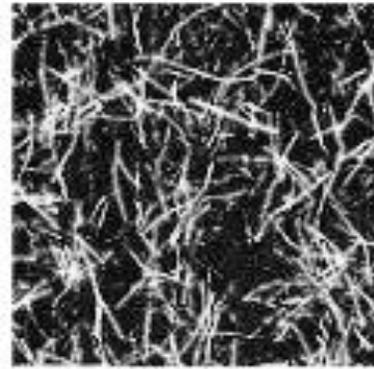
(a) structured



(b) oriented



(c) granular



(d) random

# Etude de quelques méthodes

Les méthodes d'analyse de la texture

Les méthodes fréquentielles : transformé de Fourier discrète à 2D (Discrete Fourier Transform DFT)

