

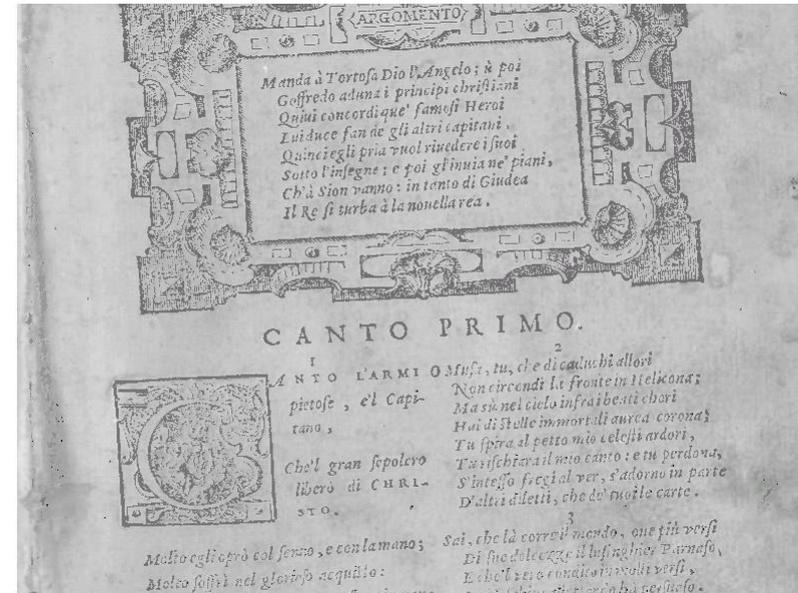
Cours 2

Analyse d'image

A.Belaïd – LORIA - Nancy

Introduction

- Une image = plusieurs domaines de représentation
 - Dans le domaine spatial : matrice
 - Exemple
 - Matrice des niveaux de gris
 - Dans le domaine fréquentiel : Une nouvelle matrice
 - Issue d'une transformation
 - Exemples :
 - Amélioration d'images : modification du contraste, réduction du bruit, étude des textures de l'image (analyse texturale)



162	162	162	161	162	...	169	171	170	155	128
162	128
162			128
162						128
162							128
:					...					:
54							90
46				96
43		98
44	108
44	44	55	66	54	...	104	100	104	105	108

Méthodes d'analyse

- Analyse d'images dans le domaine spatial
 - Méthodes statistiques du premier ordre
 - L'histogramme
 - Les indices statistiques de tendance centrale
 - Les indices statistiques de dispersion
 - Méthodes statistiques du second ordre
 - La matrice de co-occurrence
- Analyse d'images dans le domaine fréquentiel
 - Transformée en cosinus discrète
 - Transformée en ondelettes discrète

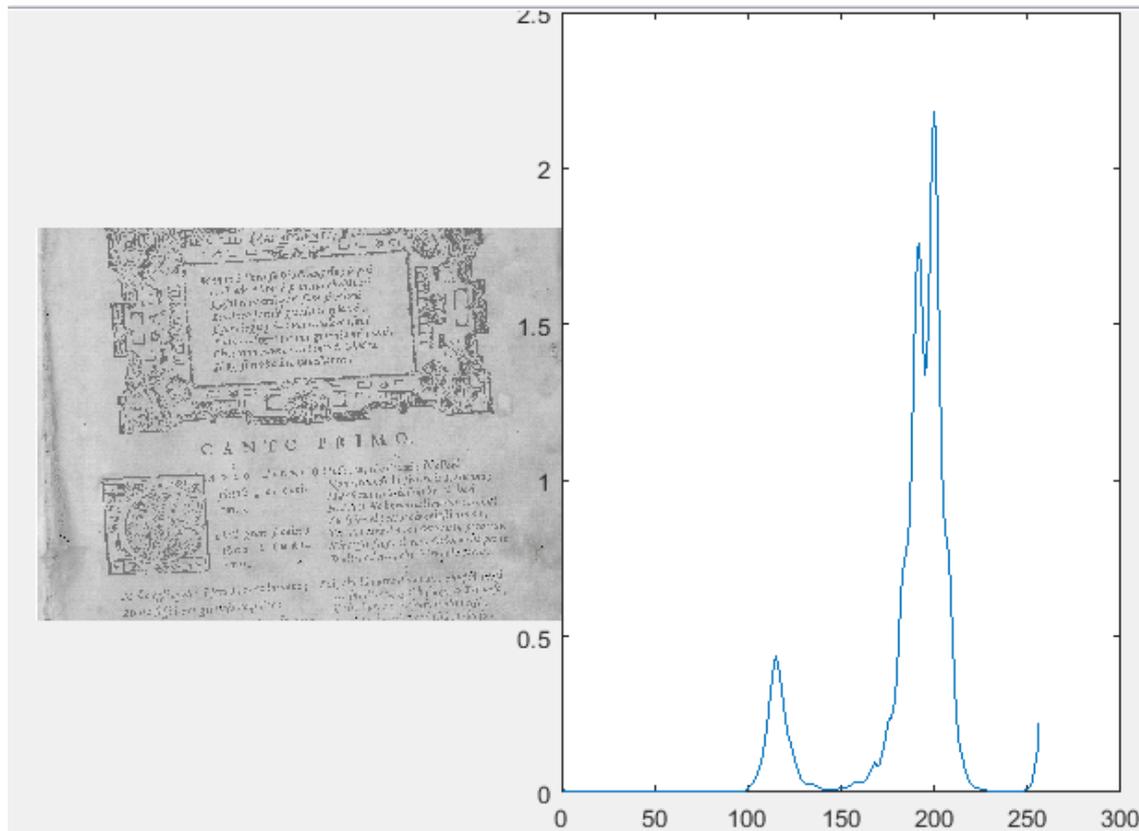
Analyse d'images dans le domaine spatial

Méthodes statistiques du premier ordre

L'histogramme

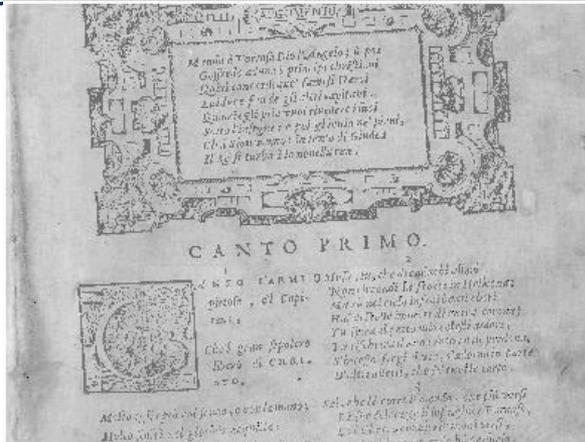
- Définition

- Fréquences d'apparition des niveaux de gris dans l'image
- L'histogramme est également appelé spectre de l'image
- **InterfaceMatlab1/CalcHistogramme**

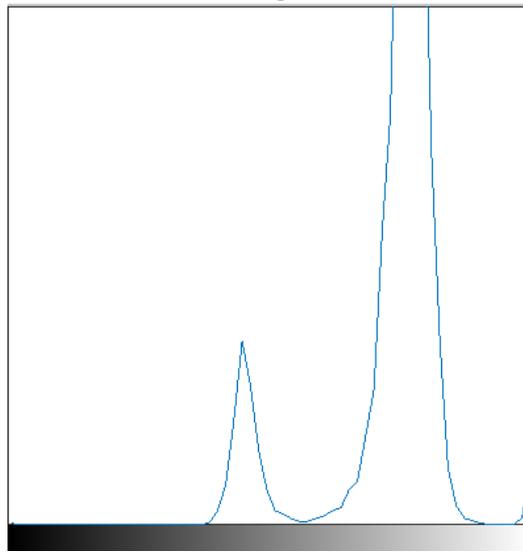


- **Modification de l'histogramme = filtrage spectral**

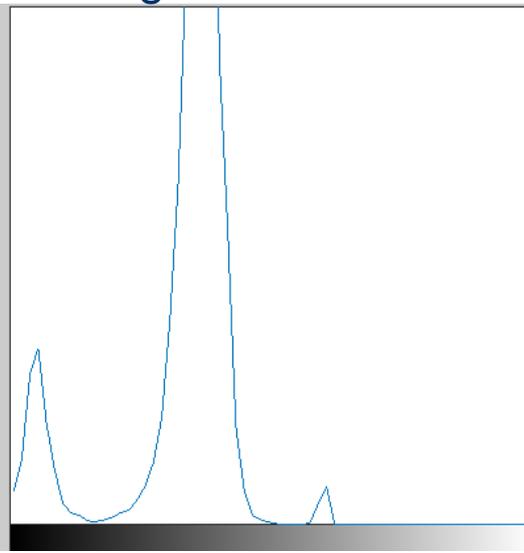
- Appliquer une fonction de filtrage sur chaque pixel de l'image pour modifier son histogramme
- Exemple : Assombrissement de l'image : l'histogramme a été décalé à gauche



Histogramme

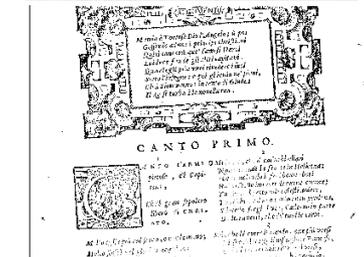
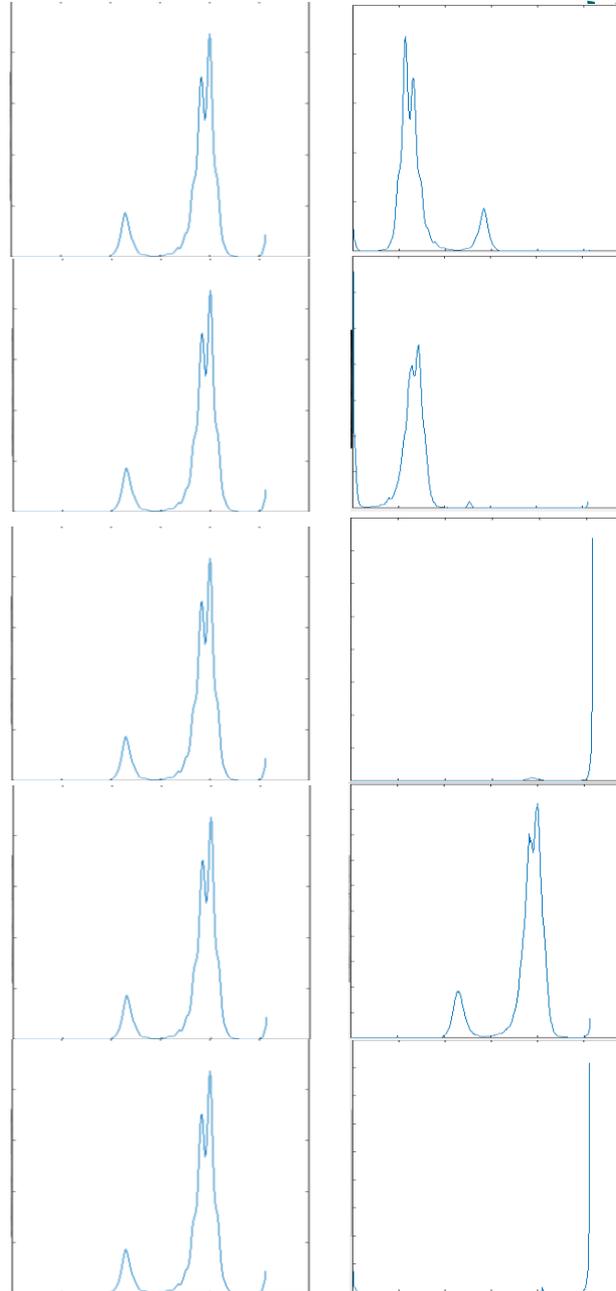


Histogramme modifié



Application : Modification de l'histogramme

- Méthodes de filtrage spectral classiques :
 - Négation :
 - inversion du spectre
 - Assombrissement :
 - tassement du spectre vers la gauche
 - Éclaircissement :
 - tassement du spectre vers la droite
 - Diminution du contraste :
 - tassement du spectre vers le centre
 - Augmentation du contraste :
 - tassement du spectre vers les bords

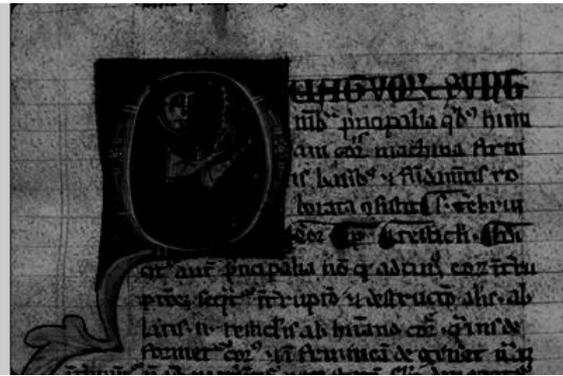


Autre exemple

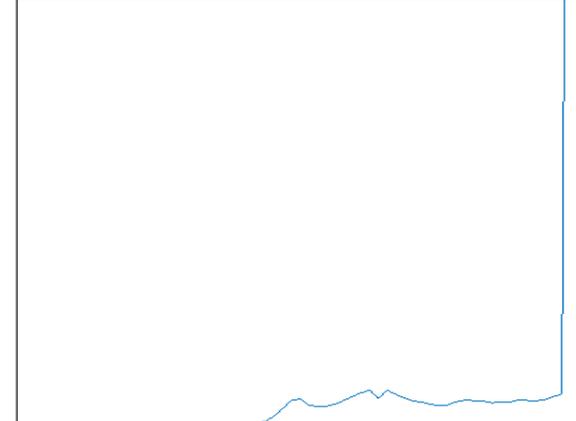
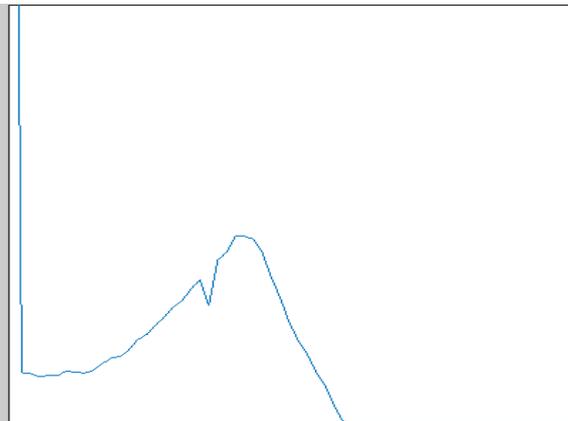
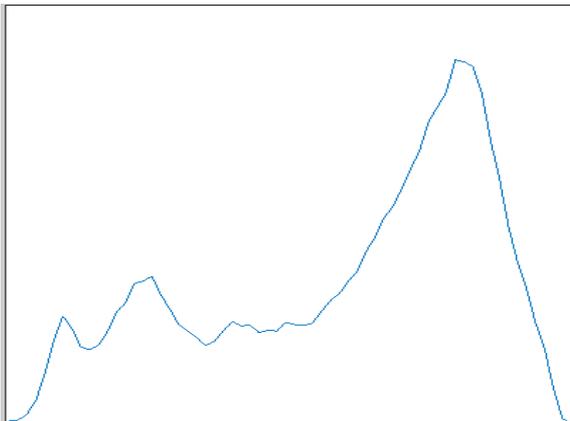
Original



Assombrissement



Eclaircissement



ImageProcessing

- Utiliser cette interface pour modifier la brillance, le contraste et modifier l'image

Les indices statistiques de tendance centrale

- Caractérisent une tendance générale des valeurs des pixels de l'image
 - **La moyenne** est la valeur moyenne des pixels de l'image

$$m_1 = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I(x, y)$$

- Une image claire possède une moyenne plus élevée qu'une image foncée



58.89



225.74

Les indices statistiques de tendance centrale

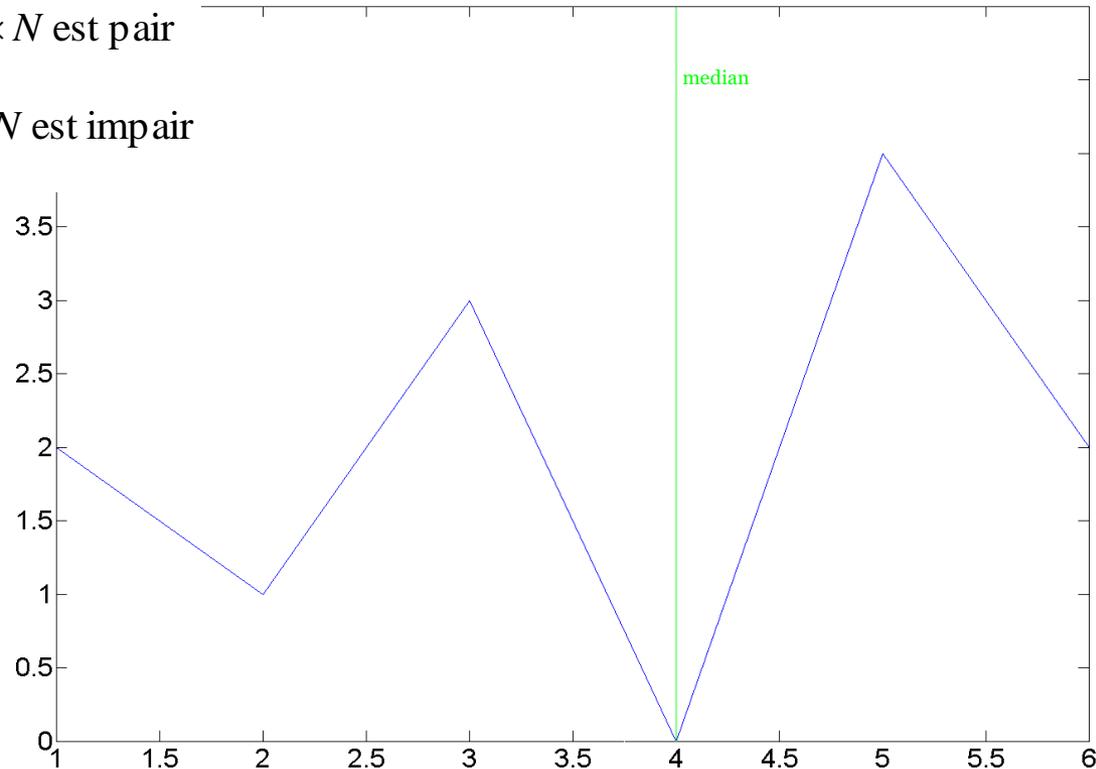
- **La médiane** est la valeur qui divise exactement en deux la distribution des pixels de l'image

$$median = \begin{cases} \frac{\tilde{I}\left(\frac{M \times N}{2}\right) + \tilde{I}\left(\frac{M \times N}{2} + 1\right)}{2} & \text{si } M \times N \text{ est pair} \\ \tilde{I}\left(\frac{M \times N}{2}\right) + 1 & \text{si } M \times N \text{ est impair} \end{cases}$$

où I est le vecteur trié de toutes les valeurs des pixels de l'image

Exemple :

$$I = \begin{bmatrix} 3 & 5 & 5 \\ 1 & 3 & 2 \\ 6 & 5 & 1 \\ 5 & 3 & 6 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{I} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 5 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 \end{bmatrix}$$


Les indices statistiques de tendance centrale



médiane = 193

Les indices statistiques de tendance centrale

- **Le mode** est la valeur des pixels de l'image dont la fréquence est la plus élevée = maximum local

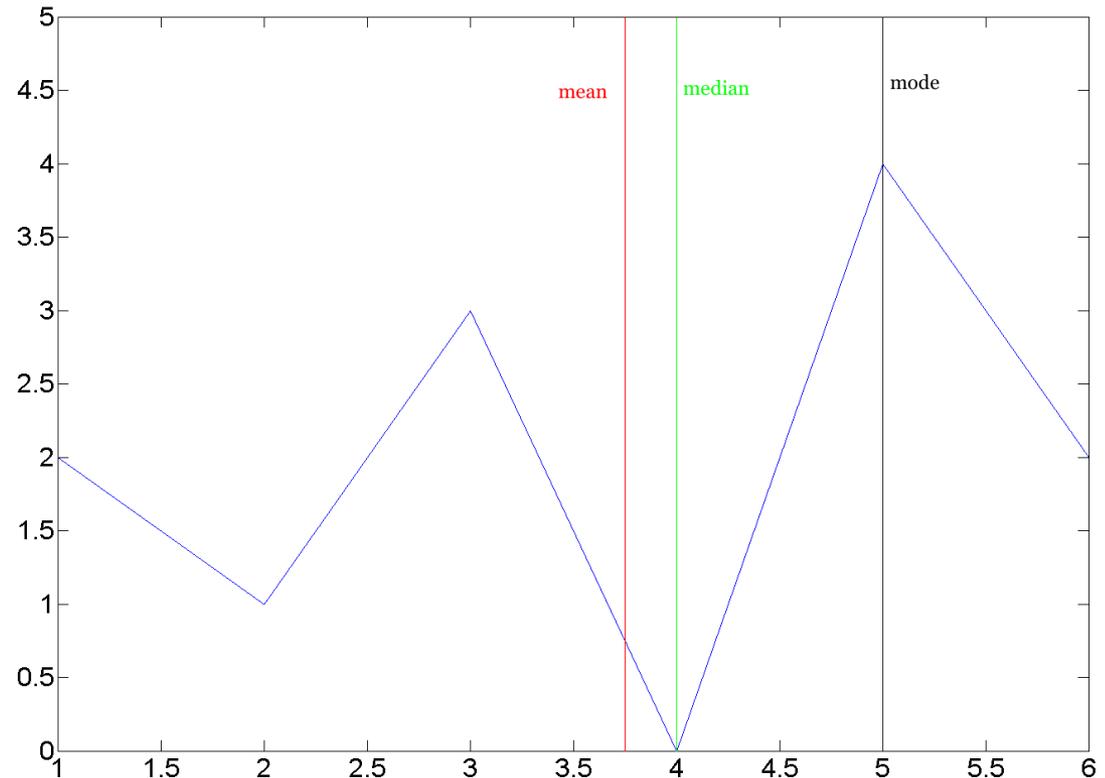
$$\text{mode} = \arg \max_{i=0,\dots,255} (H_I(i))$$

où H_I est l'histogramme de l'image

Exemple :

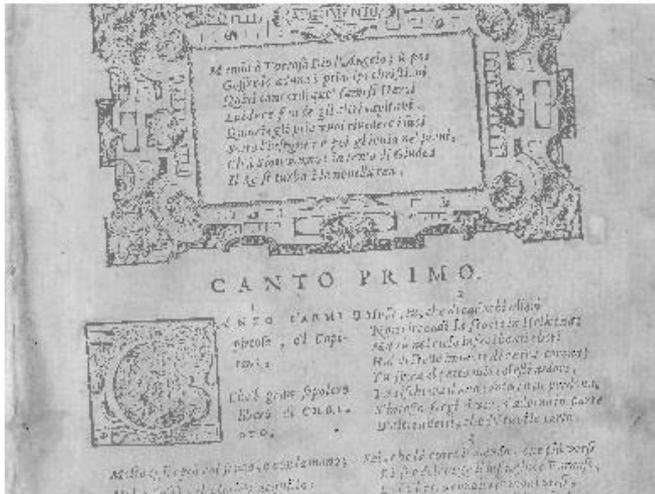
$I =$

3	5	5
1	3	2
6	5	1
5	3	6

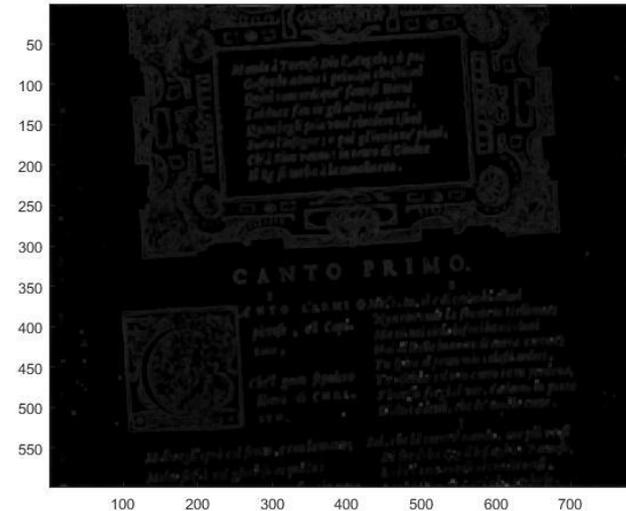


Les indices statistiques de dispersion

- Donnent des informations sur la dispersion et la variabilité des valeurs des niveaux de gris de l'image
 - **La variance**
 - caractérise les variations des niveaux de gris (luminosité) par rapport à la valeur moyenne des niveaux de gris de l'image
 - on utilise plus souvent l'écart type σ , plus aisé à manipuler



Original



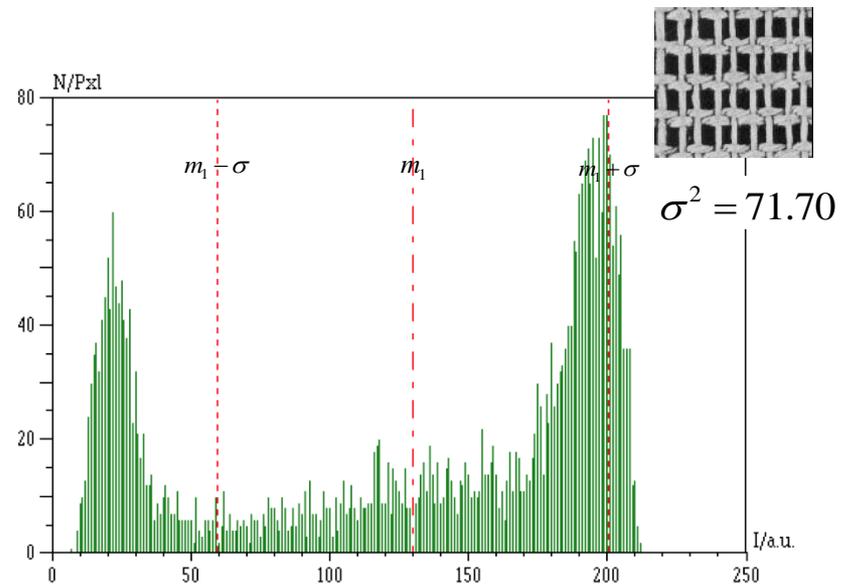
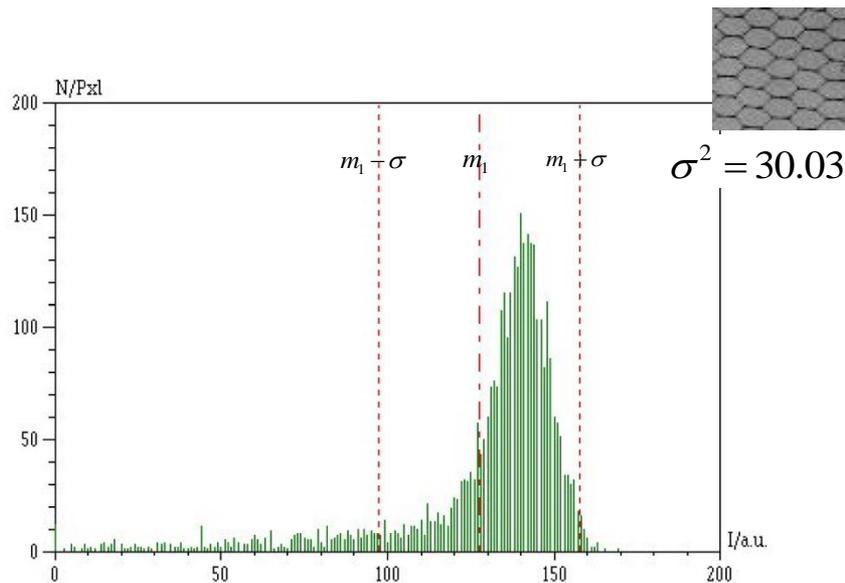
Variance

Les indices statistiques de dispersion

- On utilise plus souvent l'écart type σ , plus aisé à manipuler

$$\sigma^2 = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (I(x, y) - m_1)^2$$

- Exemple : deux images de même moyenne mais de variance différente

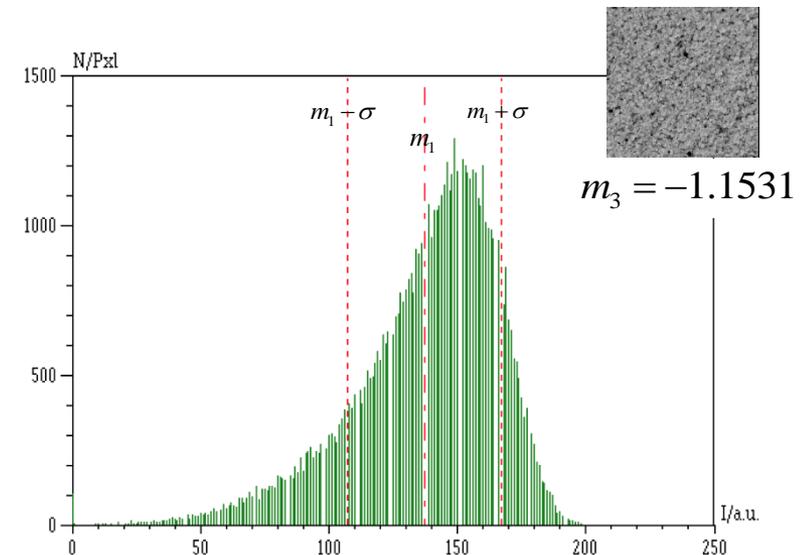
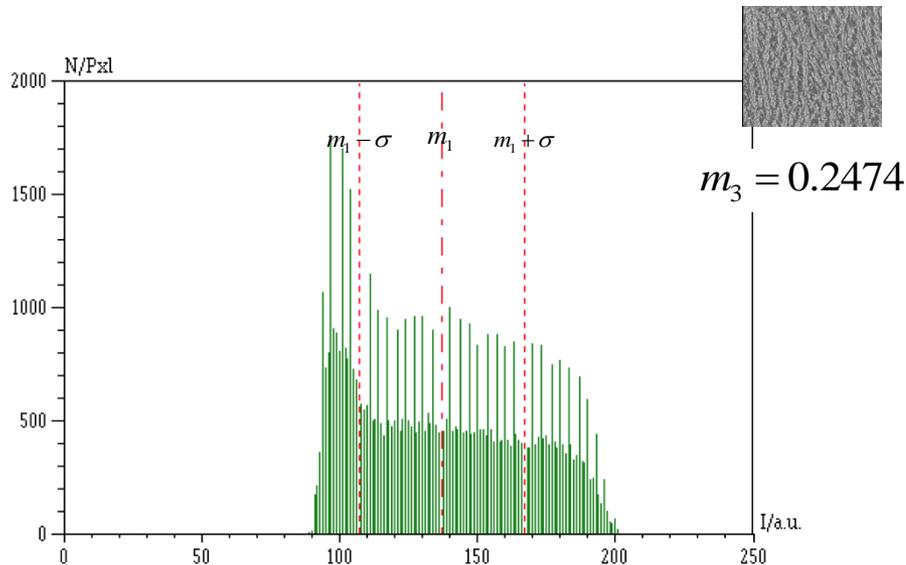


Les indices statistiques de dispersion

- **Le moment centré d'ordre 3** mesure la déviation de la distribution des niveaux de gris par rapport à une distribution symétrique

$$m_3 = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (I(x, y) - m_1)^3$$

- Si l'histogramme de l'image est décalé vers la droite de la moyenne, le moment centré d'ordre 3 est négatif
- Si l'histogramme de l'image est décalé vers la gauche de la moyenne, le moment centré d'ordre 3 est positif
- Si l'histogramme est centré autour de la moyenne, le moment centré d'ordre 3 est proche de 0

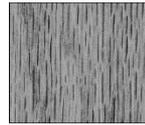


Les indices statistiques de dispersion

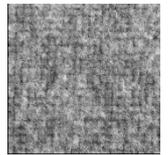
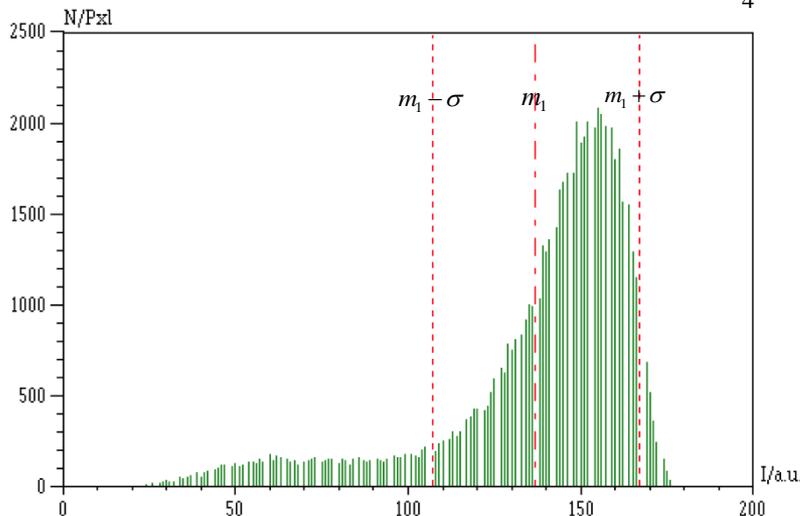
- **Le moment centré d'ordre 4** caractérise la forme du sommet de l'histogramme

$$m_4 = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (I(x, y) - m_1)^4$$

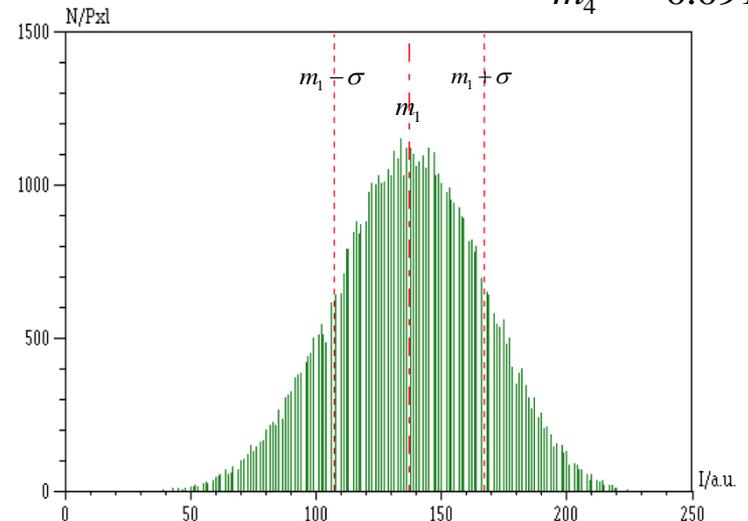
- Plus le moment centré d'ordre 4 est faible, plus le sommet de l'histogramme est arrondi



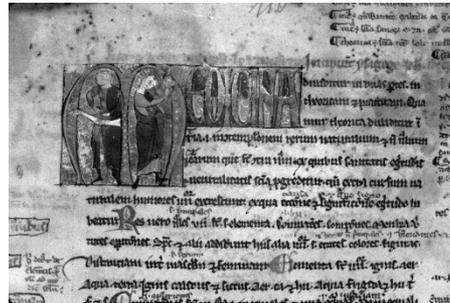
$$m_4 = 2.3106$$



$$m_4 = -0.0916$$



Application : analyse de document



moyenne	74,68	155,63	148,92	66,396	153,16	91,305
moment d'ordre 3	87257	-96391	-223240	163070	-223030	39353

- Exemple de segmentation lettres/texte :

- Il est possible de distinguer les lettres des zones de texte
 - Lettrines : moment d'ordre 3 positif
 - Zones de texte : moment d'ordre 3 négatif

Analyse d'images dans le domaine spatial

Méthodes statistiques du second ordre

Méthodes statistiques du second ordre

- Les méthodes statistiques du premier ordre permettent
 - Une analyse basée sur la description de l'histogramme
 - ➔ pas d'information sur la localisation du pixel
- Pour une analyse plus précise ➔ méthodes d'ordre supérieur
 - Ordre des méthodes donné par le nombre de pixels mis en jeu dans le calcul des paramètres
 - Une méthode principale :
 - Étude de la matrice de co-occurrence

La matrice de co-occurrence

- Permet de
 - déterminer la fréquence d'apparition d'un "motif" formé par 2 pixels
- 2 paramètres :
 - d : la distance entre les 2 pixels
 - θ : l'angle de la droite reliant ces 2 pixels par rapport à l'horizontale
- Valeurs généralement utilisées :
 - $d=1$
 - $\theta=0^\circ, \theta=45^\circ, \theta=90^\circ, \theta=135^\circ$
- La matrice est de taille $N_g \times N_g$
 - où N_g est le nombre de niveaux de gris de l'image
- On la note $\phi(d, \theta)$

La matrice de co-occurrence

- On commence par calculer la matrice de co-occurrence dans une direction donnée :
- Exemple :

– pour $\theta=0^\circ$ et $d=1$

$$I = \begin{bmatrix} 3 & 5 & 5 \\ 1 & 3 & 2 \\ 6 & 5 & 1 \\ 5 & 3 & 6 \end{bmatrix}$$

$$\Phi(1,0) = \begin{array}{c|cccccc} 0^\circ & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

– et pour les autres valeurs de θ

$$\phi(1,45) = \begin{array}{c|cccccc} 45^\circ & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 6 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

$$\phi(1,90) = \begin{array}{c|cccccc} 90^\circ & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

$$\phi(1,135) = \begin{array}{c|cccccc} 135^\circ & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

La matrice de co-occurrence

- On construit alors la matrice de co-occurrence symétrique (direction opposée) :
 - $\phi(1,180^\circ) = \phi^t(1,0^\circ)$
 - $\phi(1,225^\circ) = \phi^t(1,45^\circ)$
 - $\phi(1,270^\circ) = \phi^t(1,90^\circ)$
 - $\phi(1,315^\circ) = \phi^t(1,135^\circ)$
- On construit enfin la matrice de co-occurrence (pour $\theta=0^\circ$, $\theta=45^\circ$, $\theta=90^\circ$, $\theta=135^\circ$) :

$$S_0(1) = \frac{1}{2} [\phi(1,0^\circ) + \phi(1,180^\circ)]$$

$$S_{45}(1) = \frac{1}{2} [\phi(1,45^\circ) + \phi(1,225^\circ)]$$

La matrice de co-occurrence

- Finalement on normalise les coefficients de la matrice de manière à ce que la somme des coefficients de la matrice vaille 1 :

$S_0(1) =$

0°	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1/16	0	1/16	0
2	0	0	1/16	0	0	0
3	1/16	1/16	0	0	1/8	1/16
4	0	0	0	0	0	0
5	1/16	0	1/8	0	1/8	1/16
6	0	0	1/16	0	1/16	0

- On calcule alors sur cette matrice les indices statistiques classiques :
 - La moyenne
 - La variance
 - Les moments d'ordre supérieur
- Ainsi que d'autres indices encore :
 - L'entropie
 - La corrélation...
- Application : caractériser l'image
 - De la même manière qu'avec les méthodes du premier ordre
 - En tenant compte des relations spatiales entre un pixel et son voisinage

Filtrage

rapport_benhamadi.pdf



Analyse d'images dans le domaine fréquentiel

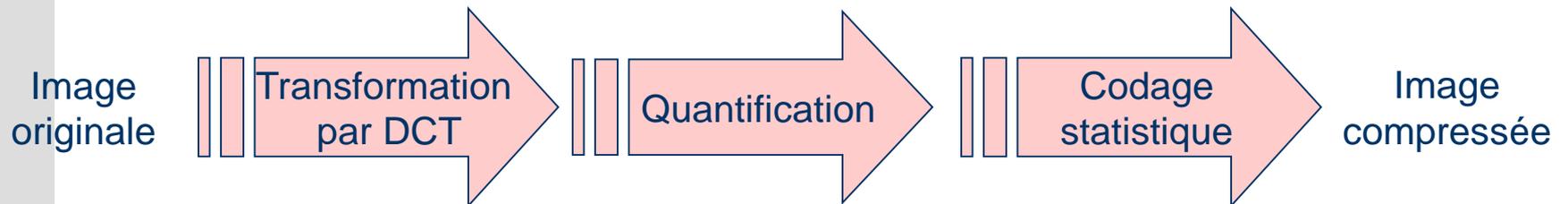
La DCT: Discrete Cosinus Transform

- Définition

- Très utilisée en traitement du signal et de l'image pour la compression
- Possède en effet une excellente propriété de « regroupement » de l'énergie : l'information est essentiellement portée par les coefficients basses fréquences
- Les coefficients hautes fréquences synonymes de changements brusques, sont écartés
- Utilisée pour la compression dans JPEG

La norme JPEG

- Principe de l'algorithme JPEG

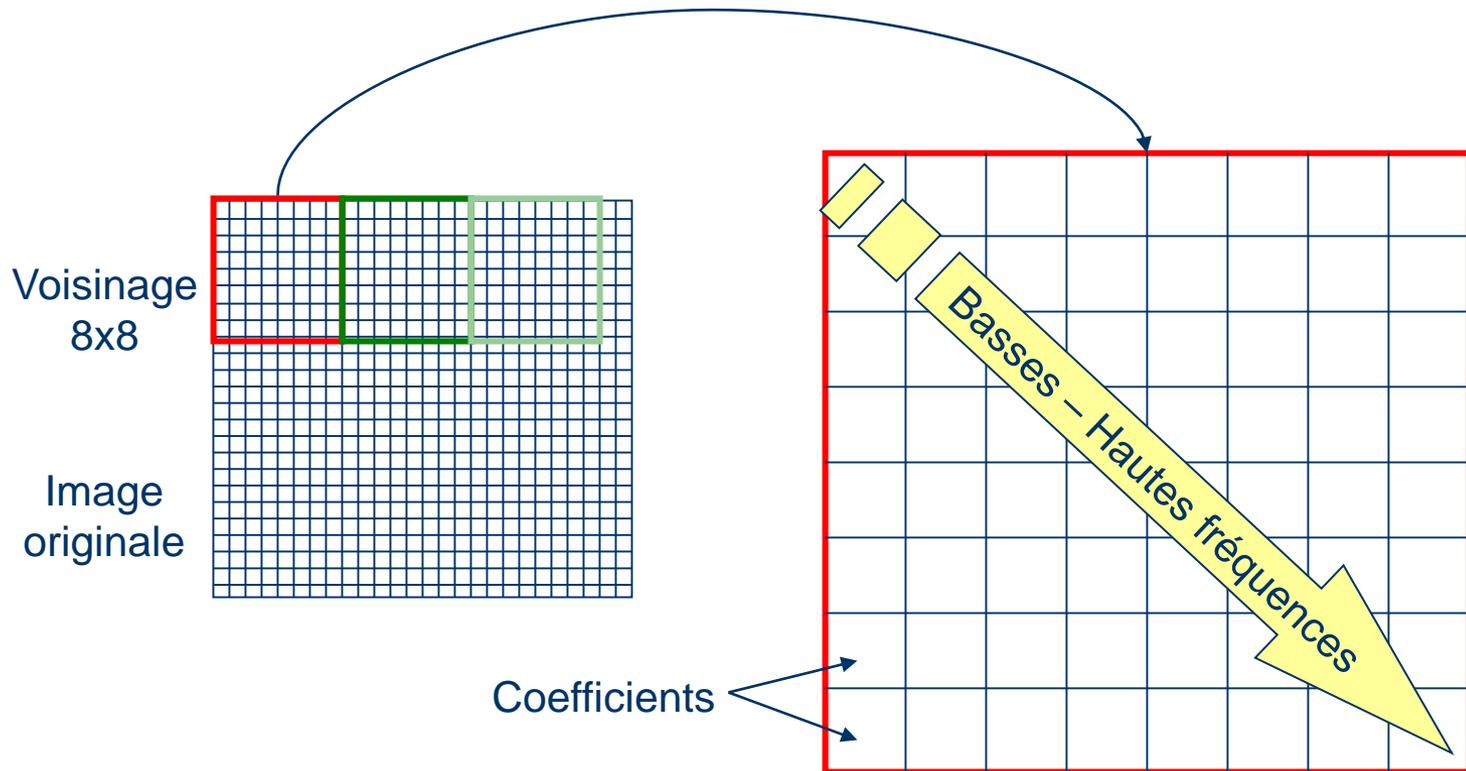


La DCT

- Principe

- S'applique sur des voisinages distincts 8x8 de l'image
 - Produit des matrices de coefficients de mêmes tailles 8x8
- Pour chaque voisinage :
 - Opère un changement de repère :
 - Fait passer l'info du domaine spatial au domaine fréquentiel
 - S'arrange pour placer les HF (coefficients) en bas à droite du carré et les BF (coefficients) en haut à gauche du carré

La norme JPEG



Les basses fréquences sont en haut : elles sont représentées par les plus grosses valeurs qui traduisent une plus grande quantité d'information, alors que les hautes fréquences présentent les valeurs les plus faibles traduisant le bruit

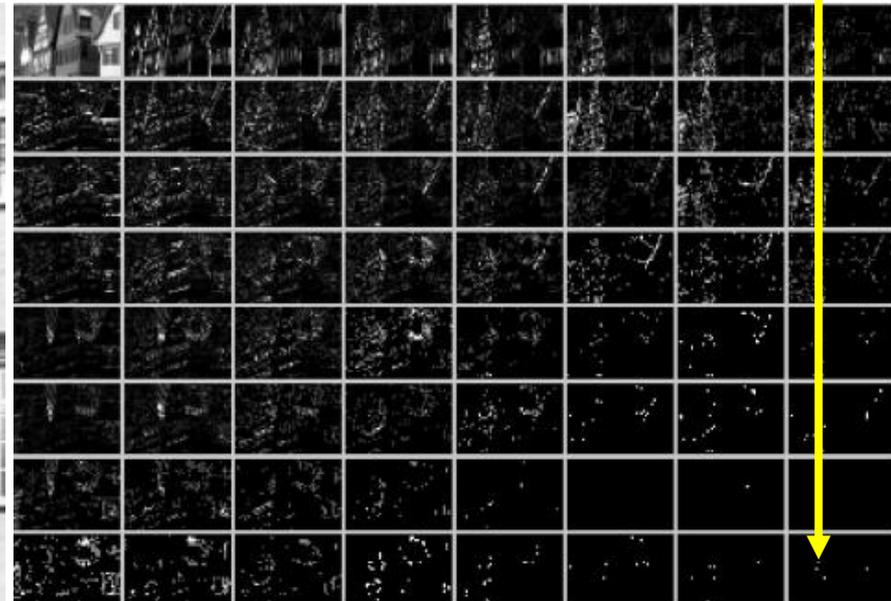
La norme JPEG

- Exemple :

On voit la haute énergie ici



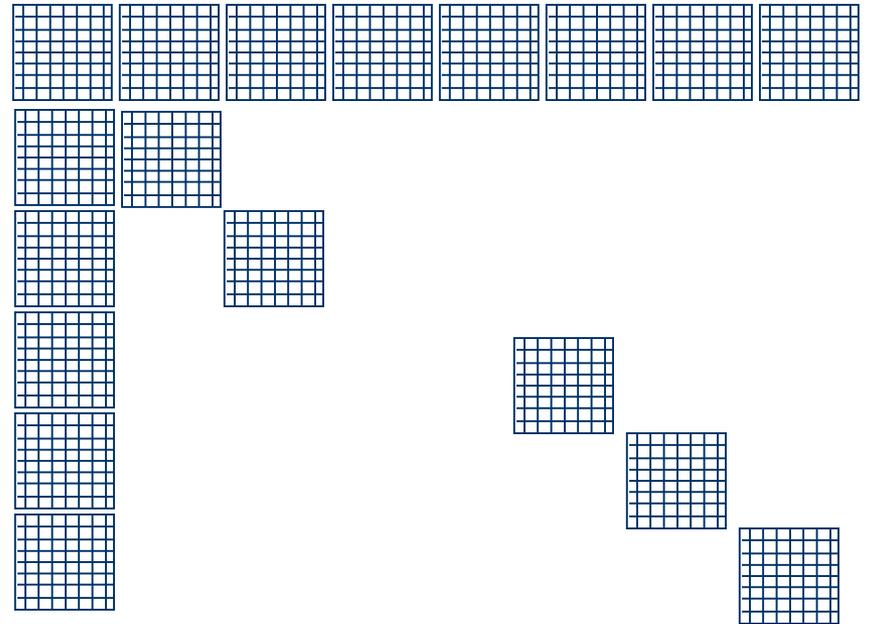
On voit la faible énergie ici



La norme JPEG

- Exemple : comment on l'a obtenue ?

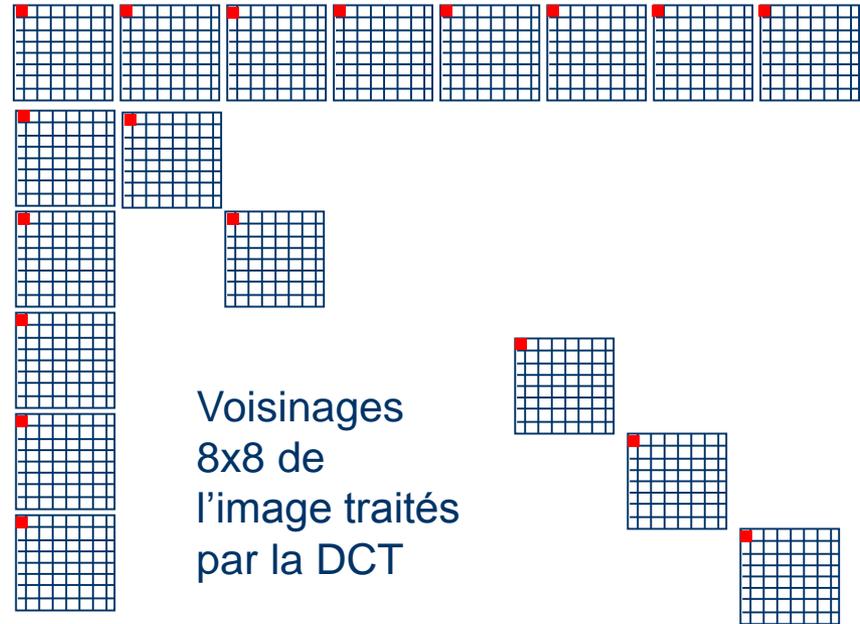
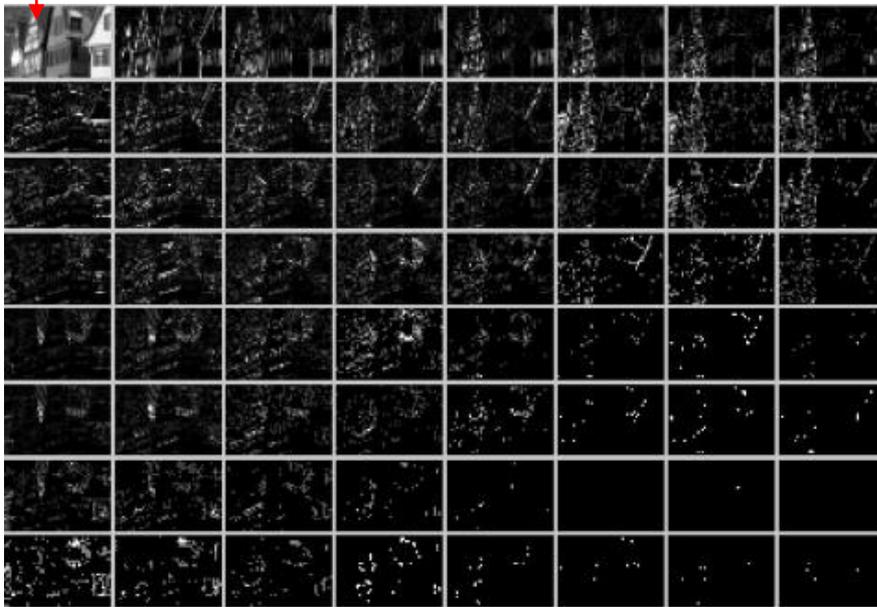
1) On décompose l'image en des voisinages de 8×8



La norme JPEG

- 2) On applique la DCT sur chaque voisinage
- 3) On met dans l'image C00, les C00 de chaque voisinage, dans l'image C01, les C01 de chaque voisinage...

Cette image est obtenue à partir de tous les points haut-gauche de tous les voisinages (=points rouges)



La norme JPEG

- Principe de la DCT

- Idée 1 de la compression (et origine de la perte)
 - Se débarrasser des HF assimilables à du bruit
- Idée 2 de la compression (et origine de la perte)
 - Remplacer les fréquences par des valeurs approximatives : en les divisant (en compression) ou en les multipliant (en décompression) par des pas de quantification
 - Les pas de quantification seront donnés dans une matrice 8x8
 - Les pas seront petits pour les grands coefficients et grands pour les petits
 - Cela permettra d'éliminer de manière drastique les HF et d'atténuer légèrement les BF

La norme JPEG

- **Obtention de la matrice des coefficients**
 - Les coefficients correspondent aux coefficients du polynôme d'approximations successives du signal par une fonction de base (ici cosinus)
 - L'idée :
 - **En compression**
 - Arriver à décrire (représenter) le signal par une suite de valeurs approchant sa forme. Simplifier ces valeurs pour réaliser effectivement la compression
 - **En décompression**
 - Utiliser ces valeurs en sens inverse pour retrouver une valeur approchée du signal d'origine

La norme JPEG

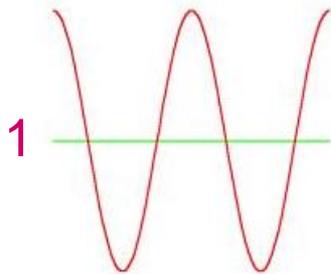
- **Algorithme d'obtention des coefficients**

- Démarrer en (0,0) en plaçant la valeur moyenne du signal total (meilleur représentant du signal au début)
- Ensuite, on ajoute ou retranche des valeurs à cette valeur moyenne qui affinent la représentation de la courbe
 - C'est comme si on ajoute ou on retranche des fonctions Cosinus de périodes de plus en plus courtes
- Ces valeurs sont placées sur les diagonales négatives du carré
- Au fur et à mesure qu'on s'approche du signal, elles deviennent de plus en plus petites

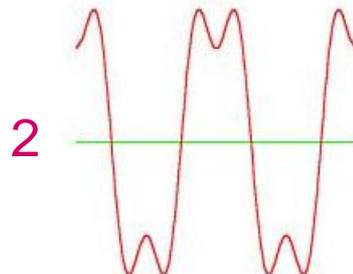
La norme JPEG

- Exemple de fonction

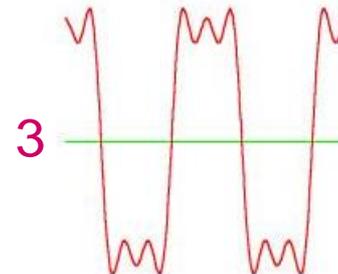
- = Valeur de la composante rouge de la ligne d'une image (fig. 4)
- Fonction de base utilisée pour l'approximation : Cos (fig. 1) : f. sinusoïdale
- A chaque fois, on ajoute ou on retranche une fonction d'une période plus courte : Cos (nx) pour arriver à approcher le signal



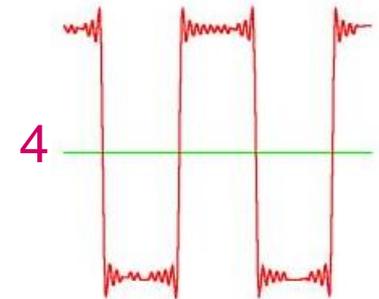
$\text{Cos}(x)$



$\text{Cos}(x) - \frac{1}{3}\text{cos}(3x)$



$\text{Cos}(x) - \frac{1}{3}\text{cos}(3x) + \frac{1}{5}\text{cos}(5x)$



$\text{Cos}(x) - \frac{1}{3}\text{cos}(3x) + \frac{1}{5}\text{cos}(5x) - \dots + \frac{1}{19}\text{cos}(19x) + \frac{1}{20}\text{cos}(20x)$

La norme JPEG

- La valeur moyenne du signal à approcher est égale 0, car c'est un signal carré (autant en haut qu'en bas)
- Les coefficients sont : 0, 1, -1/3, 1/5, ..., -1/19, +1/21 :
 - C'est comme si on avait : $0 \cos(0X) + 1 \cos(x) - 1/3 \cos(3x) \dots$
- On voit que les coefficients décroissent
 - Il faut choisir le nombre suffisant en fonction de la qualité désirée
- La ligne (car on a transformé juste une ligne) de coefficients obtenue est :

0	1	-1/3	1/5	...	-1/19	1/21
---	---	------	-----	-----	-------	------

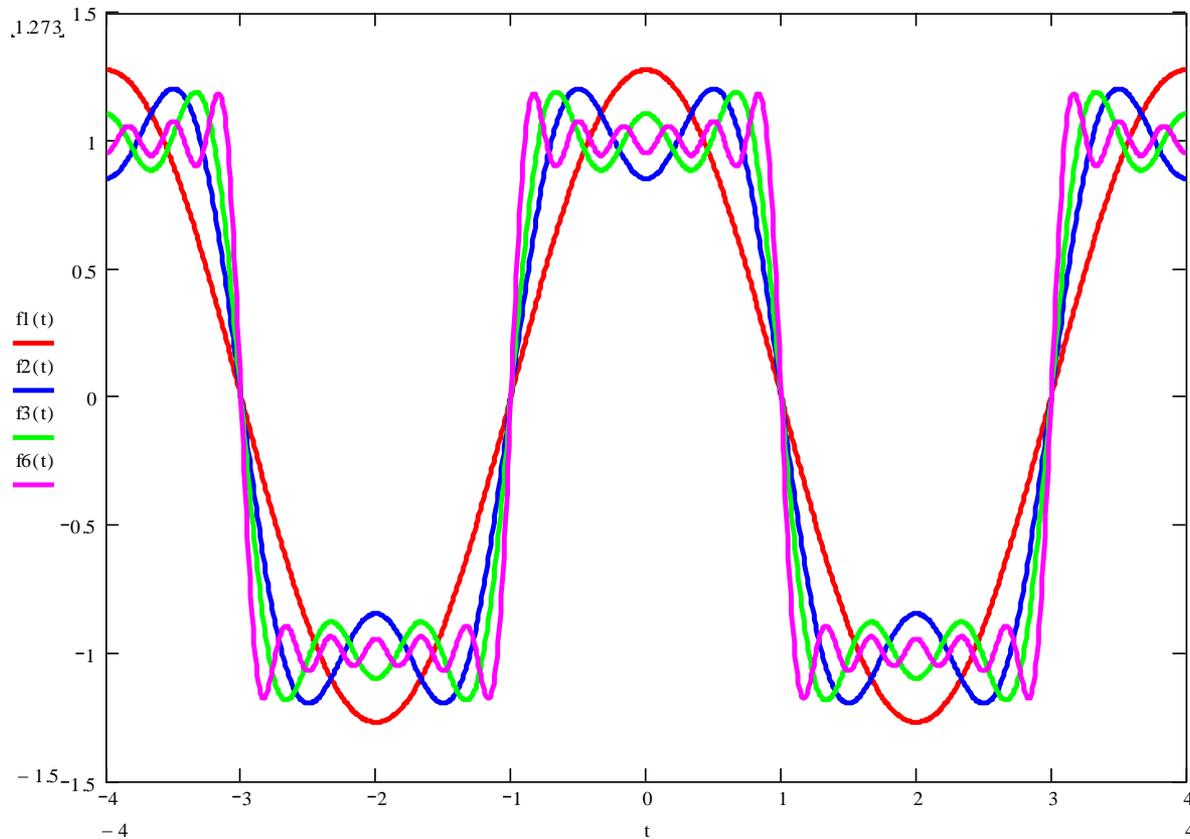
La norme JPEG

Synthèse d'un signal avec des cosinus

$$\lambda := 4$$

$$\omega := \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$f_6(t) := \frac{4}{\pi} \left(\cos(\omega \cdot t) + \frac{\cos(3 \cdot \omega \cdot t - \pi)}{3} + \frac{\cos(5 \cdot \omega \cdot t)}{5} + \frac{\cos(7 \cdot \omega \cdot t - \pi)}{7} + \frac{\cos(9 \cdot \omega \cdot t)}{9} + \frac{\cos(11 \cdot \omega \cdot t - \pi)}{11} \right)$$



La norme JPEG

- Exemple :

- Pour mieux comprendre ce principe, prenons comme exemple la matrice suivante représentant la composante rouge d'une image codée en 16 millions de couleurs (soit 256 nuances de rouge)

255	255	255	0	0	0	0	0
36	255	100	100	36	36	36	36
73	255	100	73	100	73	73	73
109	255	100	100	100	100	100	109
146	146	100	146	100	146	146	146
182	182	100	182	100	100	100	182
218	218	218	218	100	218	218	218
255	255	255	255	100	100	100	255

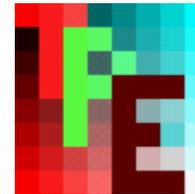


Image originale

La norme JPEG

- Première étape : centrage

- Soustraire 128 (pour centrer sur 0) à chaque valeur puis appliquer la DCT.
Nous obtenons le résultat suivant :

50	258	135	-120	-73	-76	-57	-103
-319	148	-9	28	-124	-101	-55	63
68	170	52	-89	-15	31	80	35
-21	25	40	44	16	68	60	30
22	81	46	-9	14	14	55	47
66	33	39	33	-54	4	29	38
-31	68	30	-10	54	-29	13	33
41	-30	0	34	-31	37	36	29

On remarquera que les coefficients possédant les valeurs absolues les plus fortes se trouvent en haut à gauche de la matrice

La norme JPEG

- **Deuxième étape : coefficients de quantification**
 - On remplace chaque valeur par le quotient de la division euclidienne de cette valeur par le pas de quantification. Ainsi, si l'on choisit un pas de quantification de 4, on remplacera les valeurs 0, 1, 2 et 3 par 0 ; les valeurs 4, 5, 6 et 7 par 1 et ainsi de suite...

6	11	16	21	26	31	36	41
11	16	21	26	31	36	41	46
16	21	26	31	36	41	46	51
21	26	31	36	41	46	51	56
26	31	36	41	46	51	56	61
31	36	41	46	51	56	61	66
36	41	46	51	56	61	66	71
41	46	51	56	61	66	71	76

La norme JPEG

- Deuxième étape : quantification

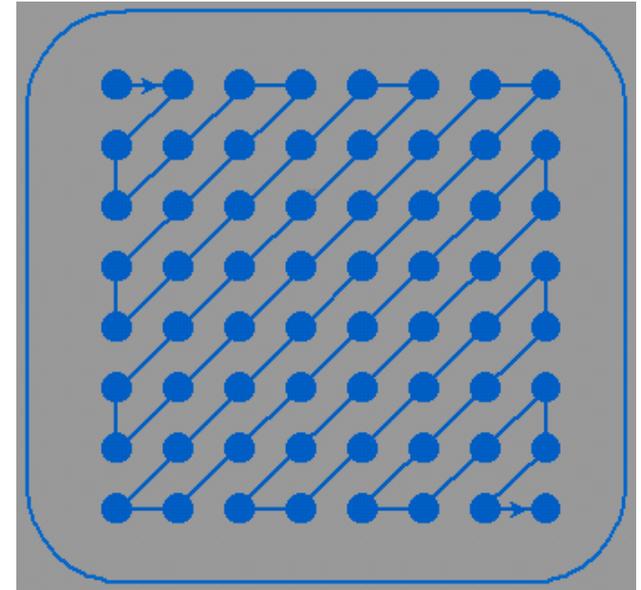
- Divisons maintenant les valeurs de la matrice de données par notre matrice de quantification. Le résultat est le suivant :

8	23	8	-5	-2	-2	-1	-2
-29	9	0	1	-4	-2	-1	1
4	8	2	-2	0	0	1	0
-1	0	1	1	0	1	1	0
0	2	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	-1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0

Vous serez sans doute étonnés par le nombre de zéros

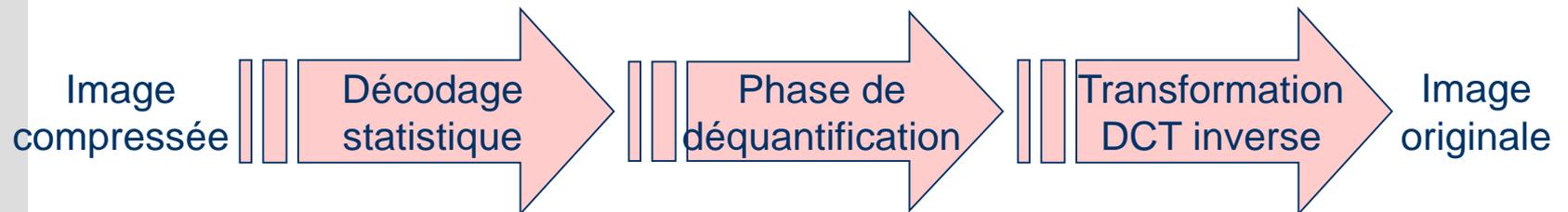
La norme JPEG

- Dernière étape :
quantification
 - La dernière étape consiste à compresser (sans perte) la matrice obtenue. La norme JPEG traite les 0, en raison de leur nombre important, d'une manière particulière. On va d'abord balayer la matrice de la façon suivante pour obtenir les suites de 0 les plus importantes possibles
 - On utilise ensuite une méthode de compression statistique tel que celle de Huffman



La norme JPEG

- La décompression



La norme JPEG

- La décompression

- Après décodage statistique, nous retrouvons notre matrice compressée

8	23	8	-5	-2	-2	-1	-2
-29	9	0	1	-4	-2	-1	1
4	8	2	-2	0	0	1	0
-1	0	1	1	0	1	1	0
0	2	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	-1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0

La norme JPEG

- La décompression

- Il faut maintenant déquantifier en multipliant chaque valeur par son coefficient de quantification. Nous obtenons ceci :

48	253	128	-105	-52	162	-36	-82
-319	144	0	26	-124	-72	-41	46
64	168	52	-62	0	0	46	0
-21	0	31	36	0	46	51	0
0	62	36	0	0	0	0	0
62	0	0	0	-51	0	0	0
0	41	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0

La norme JPEG

- La décompression

- Appliquons ensuite la DCT inverse, enfin ajoutons 128 à chaque valeur. Voici la matrice décompressée :

210	275	199	39	-9	27	5	3
110	205	124	55	42	24	20	40
94	237	133	98	98	72	80	71
100	209	111	100	94	102	119	102
153	156	100	136	103	121	126	150
179	150	137	170	102	145	133	174
212	218	210	224	131	181	175	241
265	263	224	243	121	107	107	232

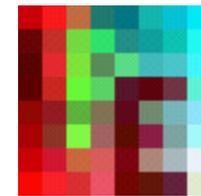


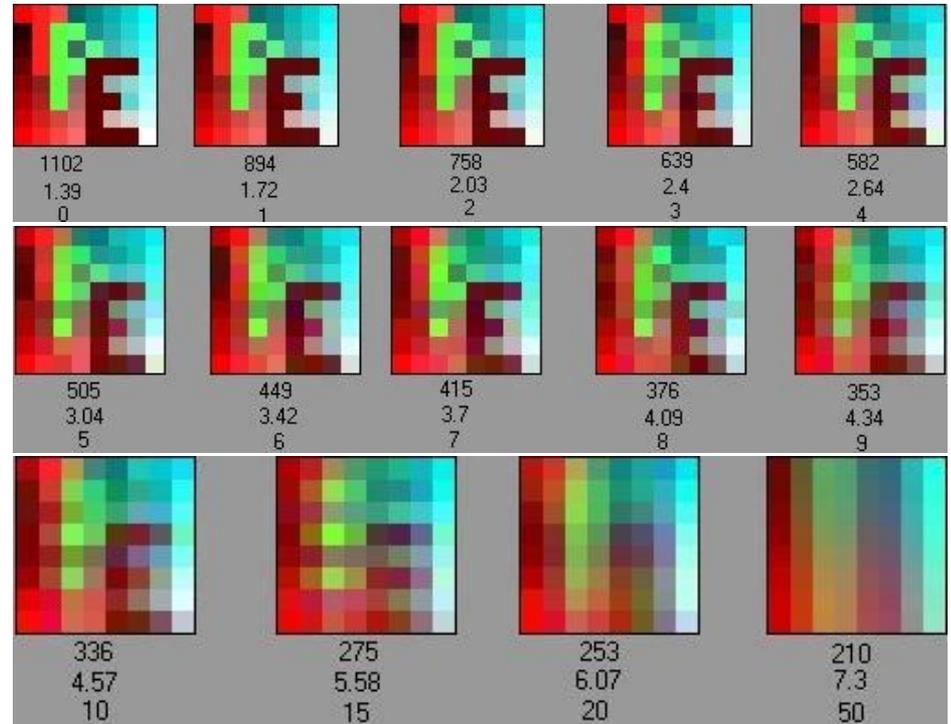
Image décompressée

Remarque : les valeurs négatives seront remplacées par des 0 et les valeurs supérieures à 255 par 255.

La norme JPEG

● Résultat

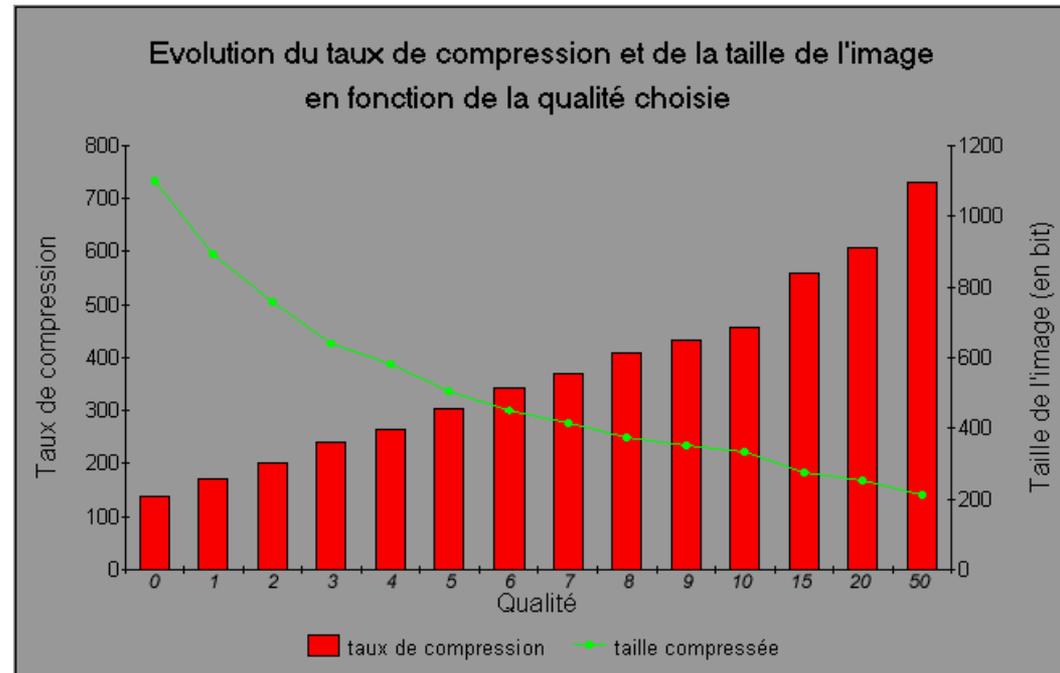
- Voyons maintenant, l'évolution du taux de compression et de la taille de l'image (taille du fichier en octet) compressée en fonction de la qualité (plus le chiffre est petit plus la qualité est bonne)
- Le premier nombre est le nombre de bits de l'image compressée,
- le second est le taux de compression obtenu
- et le dernier indique la qualité choisie



La norme JPEG

- **Résultat**

- On peut remarquer que la qualité se dégrade rapidement (courbe rouge qui monte très vite) alors que l'augmentation du gain en place est de moins en moins importante (courbe verte qui baisse doucement)
- i.e. à partir d'un certain gain, il faut tellement diminuer la taille que ce n'est plus intéressant de le faire



Algorithme JPEG

- Exemple de compression JPEG



Algorithme JPEG

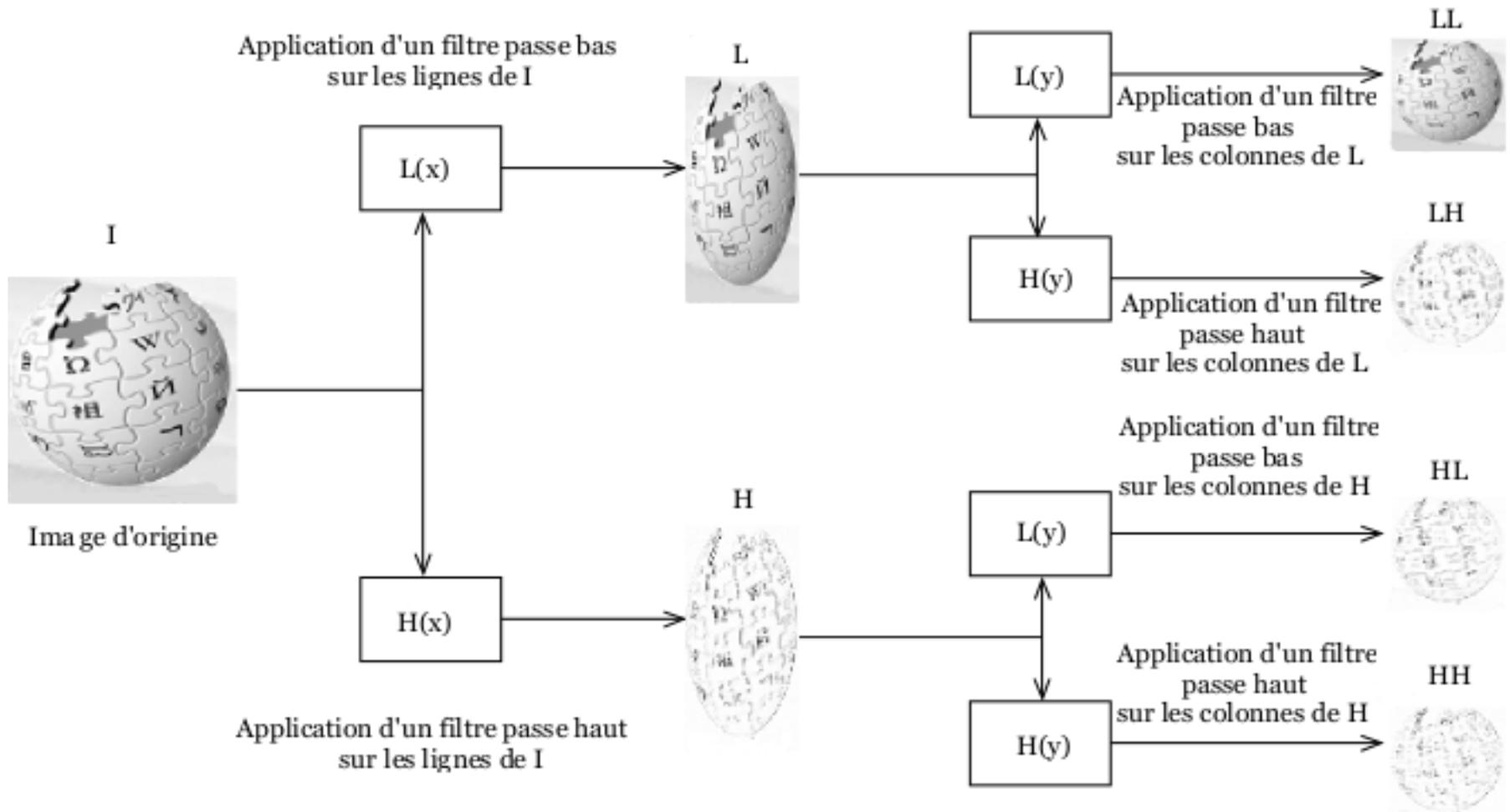
Exemple

- 1 correspond à un facteur de qualité donnant le moins de perte (full quality), et 99 à la moins bonne qualité



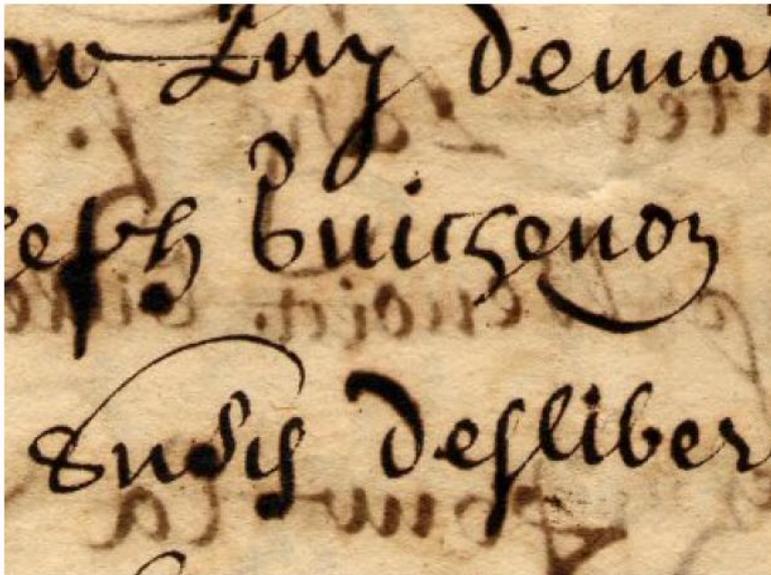
Transformée en ondelettes discrète

- En pratique :
 - Application de 2 filtres :
 - 1 filtre passe-haut (noté H)
 - 1 filtre passe-bas (noté L)
 - Application des ces filtres de 4 manières différentes :



Transformée en ondelettes discrète

- A partir d'une image
 - 4 images de taille 4 fois plus petite
 - Cela correspond à 1 niveau de décomposition



LL :
Approximation
de l'image d'origine

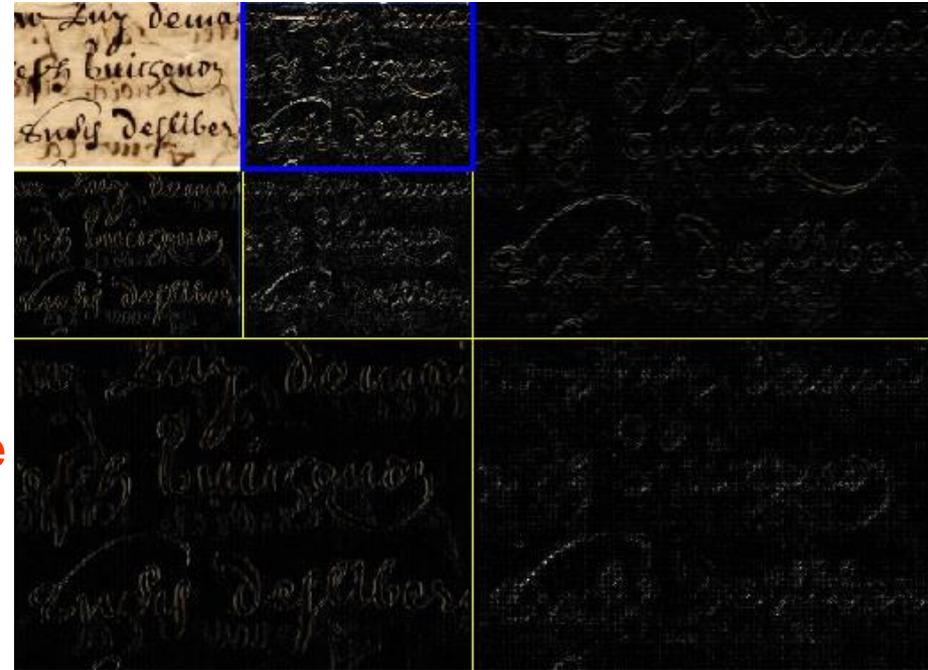
LH :
Détails horizontaux
de l'image d'origine

HL :
Détails verticaux
de l'image d'origine

HH :
Détails diagonaux
de l'image d'origine

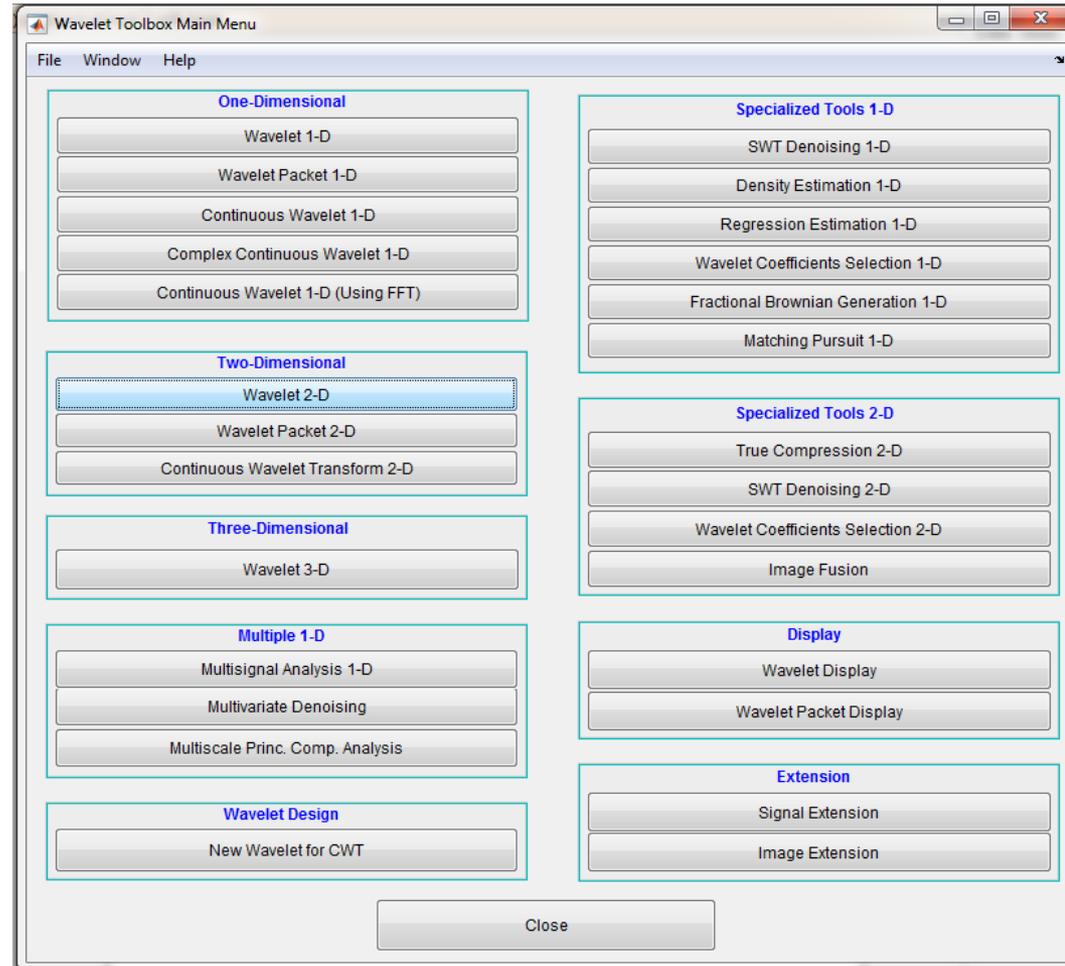
Transformée en ondelettes discrète

- On peut renouveler l'opération sur l'approximation à chaque niveau de décomposition
- Application de la transformée en ondelettes discrète :
 - Compression (JPEG 2000)
 - Analyse de texture



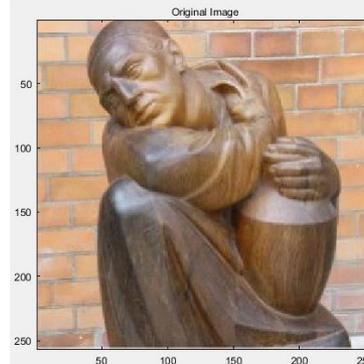
Toolbox : toolbox_wavelets

- **Commande :**
 - Taper wavemenu, directement dans Matlab
- **Rapport :**
 - ondelettes_matlab.pdf



Toolbox : toolbox_wavelets

- **Commande :**
 - Cliquer sur Wavelet-2D
 - File : Example Analysis >> Truecolor Images >> Wood sculpture
 - Cliquer sur un carré puis sur Visualize
 - Cliquer sur statistics : toutes les statistiques sur l'image sont affichées



dwt

idwt

