

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université des Sciences et de la Technologie
HOUARI BOUMEDIENE

B. P. 32, El-Alia, 16111 Bab-Ezzouar, ALGER

Téléphone/Fax: +213 21 24 76 07



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي

**جامعة هواري بومدين
للعلوم والتكنولوجيا**

ص. بـ 32، العاليا، 16111، باب الزوار، الجزائر

الهاتف / الفاكس : +213 21 24 76 07

Cours: COMMUNICATION MULTIMEDIA

Master MIV, 2020/2021

Prof. Slimane Larabi

Chapitre 3. Compression de données avec perte

Sommaire

3.1 Introduction

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.3 Codage

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.1 Introduction

La norme de compression JPEG (Joint Photographic Experts Group) représente actuellement le standard de compression avec perte le plus utilisé pour les images naturelles.

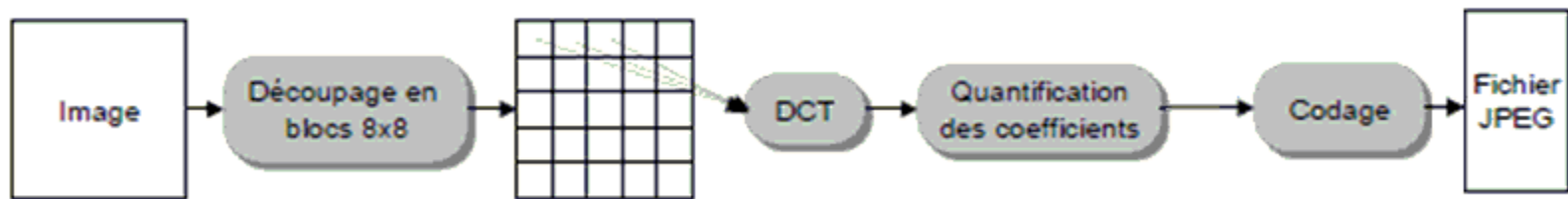
Cette norme de compression mondiale d'images fixes est apparue à la fin des années 80.

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

- L'image est décomposée en blocs de tailles 8x8 pixels.
- Chacun de ces bloc est transformé en une matrice contenant une représentation fréquentielle du signal intensité.

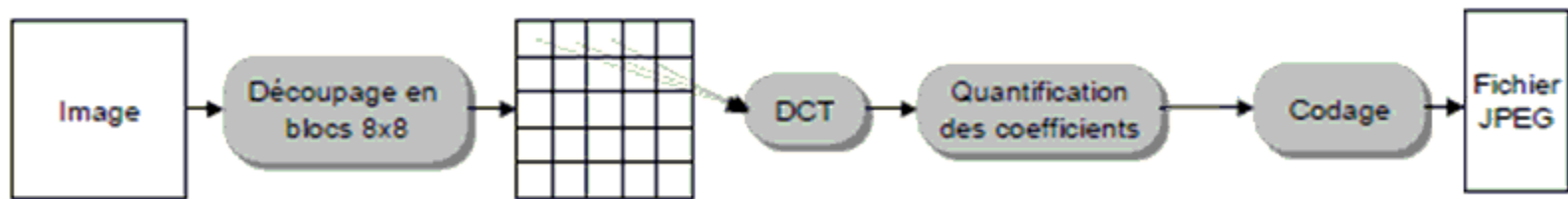
Pour cela la DCT (transformation en cosinus discrète) est utilisée. La matrice obtenue est caractérisée par le fait que les valeurs de haut gauche représentent l'information de basse fréquence, et plus on se déplace en bas à droite, elle code l'information de haute fréquence.



Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

- La matrice DCT (transformation en cosinus discrète) obtenue est ensuite quantifiée. Chaque élément de la DCT est divisé par un entier. Les entiers diviseurs utilisés sont calculés et rangés dans une matrice appelée matrice de quantification.
- La matrice résultat est ensuite quantifiée en utilisant Huffman ou RLE en Zigzag



Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

Le but des transformations opérés sur le bloc image est de compacter au mieux l'information contenue dans l'image et d'avoir un nombre de coefficients représentatifs aussi faible de possible.

Soit $F(x, y)$ les coefficients de la matrice où est stockée la partie de l'image à traiter, avec $(x,y)=(0,0) \dots (7,7)$

Soit $C(u, v)$ les coefficients de la matrice obtenue après la transformation D.C.T., avec $(u,v)=(0,0) \dots (7,7)$.

La formule de la D.C.T. est donnée par l'équation suivante:

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

$$C(u, v) = \frac{2}{N} \alpha(u) \alpha(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right]$$

$$\alpha(u) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ si } u = 0, \text{ sinon égal à } 1$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

Etudions d'abord le calcul de la DCT à une dimension pour comprendre que représentent les coefficients obtenus.

Le coefficient $C(u)$ $u=0..7$ est évalué moyennant $f(x)$ et le cosinus de l'expression

$$\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \text{ pour } x=0..7, (N=8).$$

$$C(u) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{N}} \alpha(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right]$$

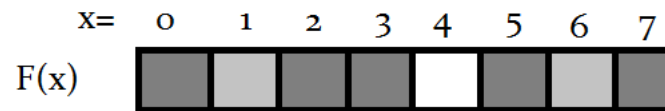
Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

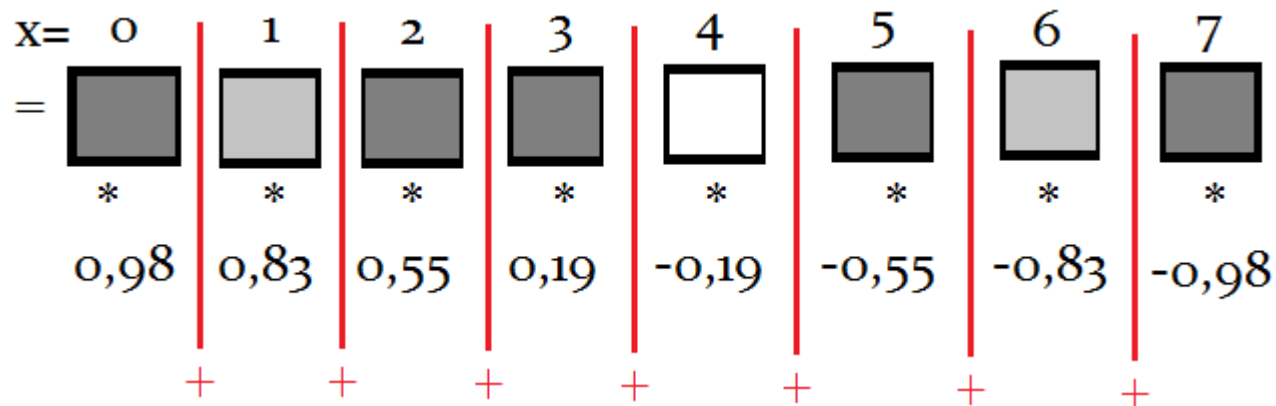
3.2.1 Calcul de la matrice DCT

$$\cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] =$$

x=	0	1	2	3	4	5	6	7
	0,98	0,83	0,55	0,19	-0,19	-0,55	-0,83	-0,98



$$u=1, \text{DCT}(u)=\text{DCT}(1)= \text{Coeff} * \sum_{x=0}^7 F(x) \cos \left[\frac{(2x+1)\pi}{16} \right]$$



Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

Que sera la valeur de $DCT(1)$ en fonction des l'information contenue dans la ligne d'image de 8 pixels?

1^{er} cas: Information de basse fréquence

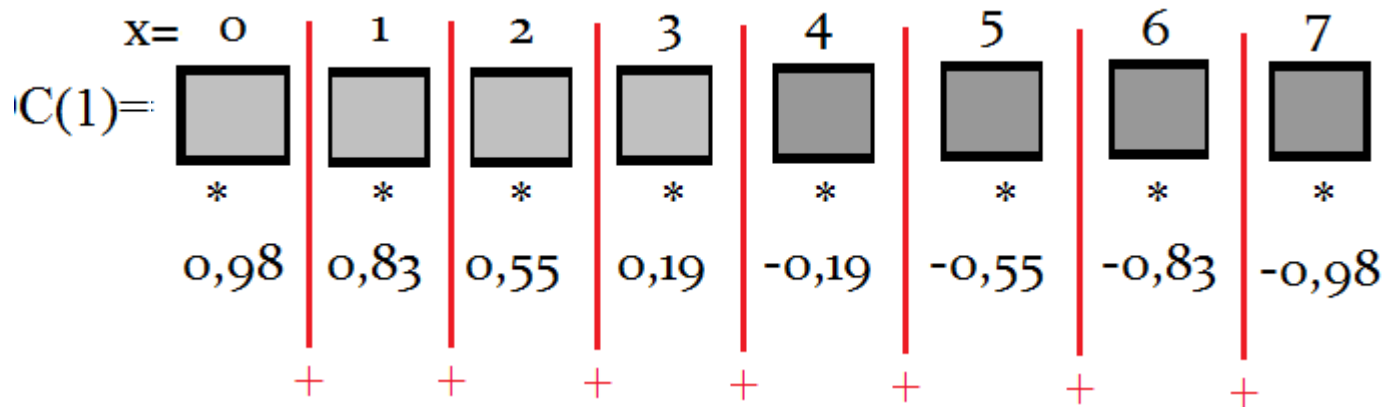
Les pixels ont une même valeur, exemple la valeur d'intensité d'un pixel est égale à $Val=192$.

$$DCT(1) = \begin{matrix} x= & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \begin{matrix} \square \\ * \\ 0,98 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ 0,83 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ 0,55 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ 0,19 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0,19 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0,55 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0,83 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0,98 \end{matrix} & = 0 \\ & + & + & + & + & + & + & + & \end{matrix}$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT



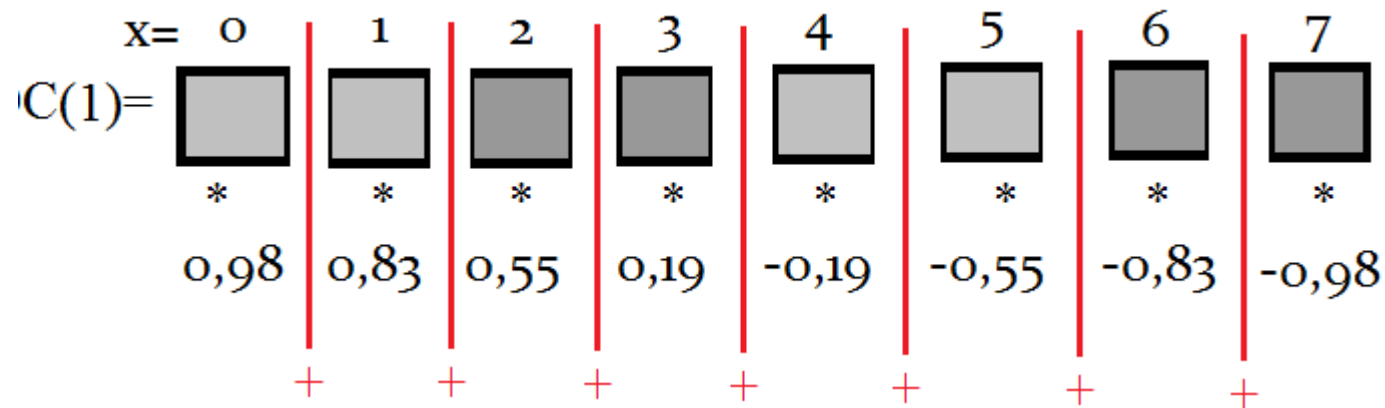
$$\begin{aligned} C(1) &= (0.98+0.83+0.55+0.19)*192+(-0.19-0.55-0.83-0.98)*152 \\ &= 40(0.98+0.83+0.55+0.19)=40*2.55=102 \end{aligned}$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

2ème cas: Information de moyenne et haute fréquence



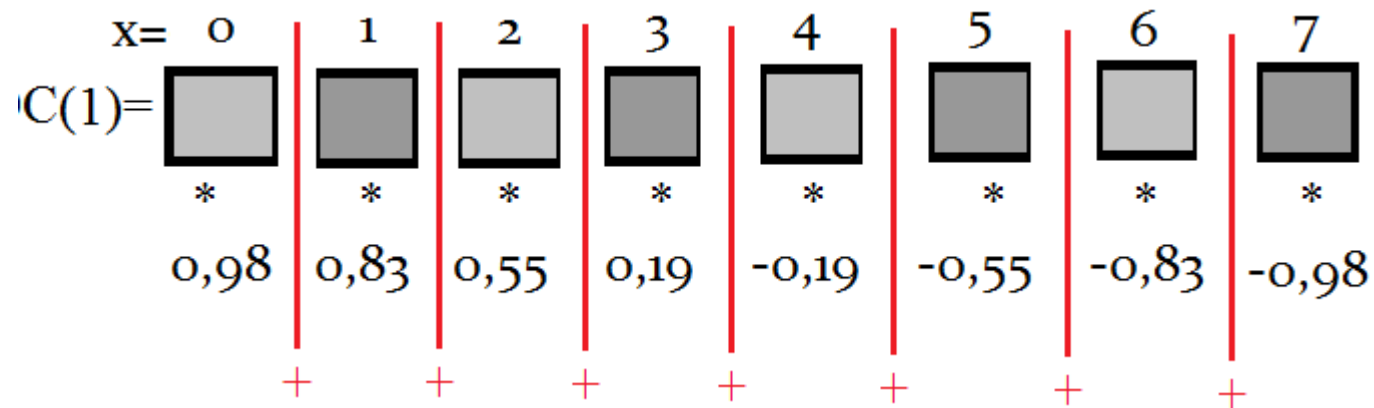
$C(1) =$

$$\begin{aligned} & (0.98+0.83)*192 + (0.55+0.19)*152 + (-0.19-0.55)*192 + (-0.83-0.98)*152 \\ & (0.98+0.83)(192-152) + (0.55+0.19)(152-192) \\ & = 72.4 - 29.6 = 42.8 \end{aligned}$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

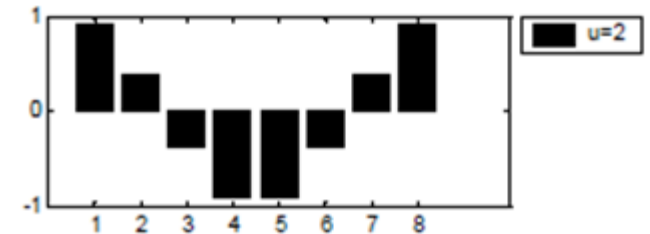


$$\begin{aligned} C(1) &= 0.98(192-152) + 0.83(152-192) + 0.55(192-152) + 0.19(152-192) \\ &= 40(0.98 - 0.83 + 0.55 - 0.19) = 20.4 \end{aligned}$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT



$$\text{Cos} \left[\frac{(2x+1)^2 \pi}{16} \right] = \begin{matrix} x= & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ & 0.92 & 0.38 & -0.38 & -0.92 & -0.92 & -0.38 & 0.38 & 0.92 \end{matrix}$$

$$u=2, C(2) = \text{Coeff} * \sum_{x=0}^7 F(x) \text{Cos} \left[\frac{(2x+1)^2 \pi}{16} \right]$$

$$= \begin{matrix} x= & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ 0.92 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ 0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ -0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ -0.92 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ -0.92 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ -0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ 0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{} \\ * \\ 0.92 \end{matrix} & =0 \end{matrix}$$

+ + + + + + + +

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

$$C(2) = \begin{matrix} x= & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \begin{matrix} \square \\ * \\ 0.92 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ 0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0.92 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0.92 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ -0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ 0.38 \end{matrix} & \begin{matrix} \square \\ * \\ 0.92 \end{matrix} \\ & + & + & + & + & + & + & + \end{matrix}$$

$$C(2) = 192(0.92+0.38-0.38-0.92)+152(-0.92-0.38+0.38+0.92)=0$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

$$C(2) = \begin{matrix} x= & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \begin{matrix} \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ * & * & * & * & * & * & * & * \end{matrix} \\ 0.92 & 0.38 & -0.38 & -0.92 & -0.92 & -0.38 & 0.38 & 0.92 \end{matrix}$$

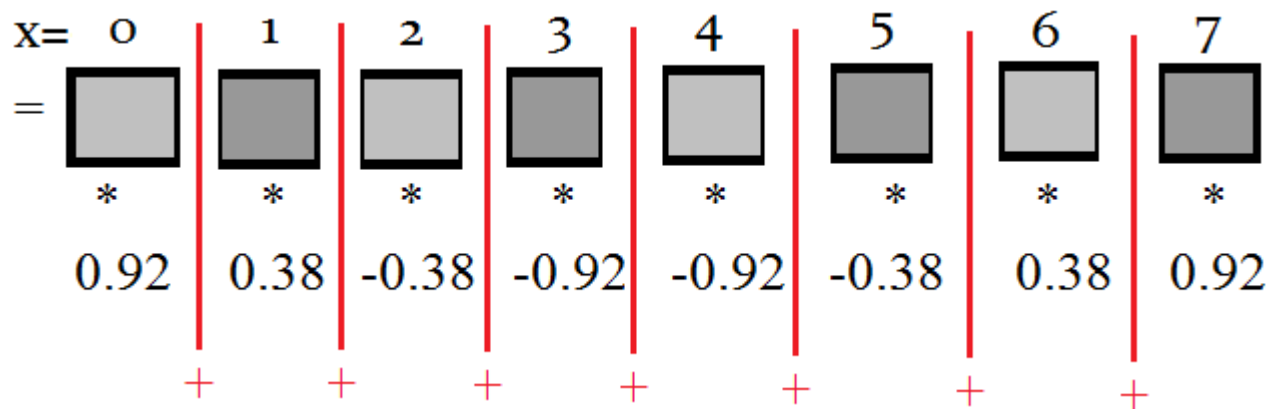
+ + + + + + + +

$$C(2) = (0.92+0.38)(192+152)+(-0.38-0.92)(152+192)=0$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT



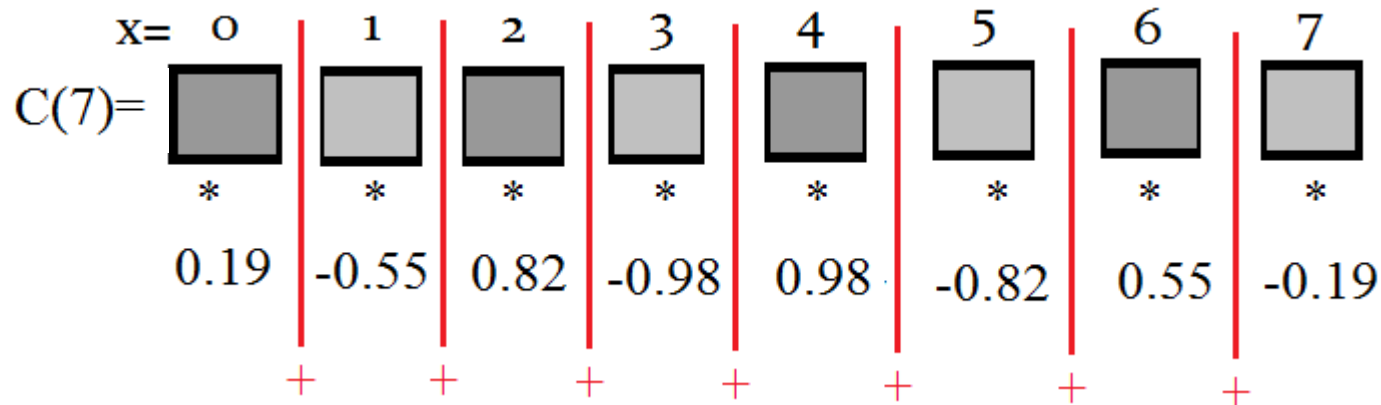
$$C(2) = (0.92 - 0.38 - 0.92 + 0.38)192 + (0.38 - 0.92 - 0.38 + 0.92)152 = 0$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

$$C(7) = \text{Coeff} * \sum_{x=0}^7 F(x) \cos \left[\frac{(2x+1)7\pi}{16} \right]$$



$$\begin{aligned} C(7) &= 152(0.19+0.82+0.98+0.55) - 192(0.55+0.98+0.82+0.19) \\ &= -101.6 \end{aligned}$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT

Valeurs de cosinus pour

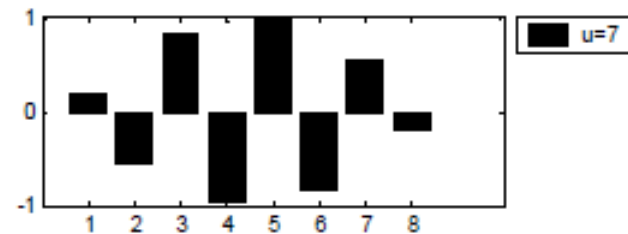
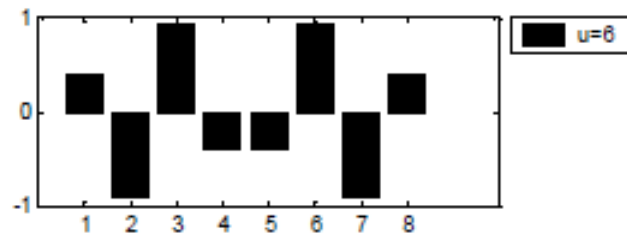
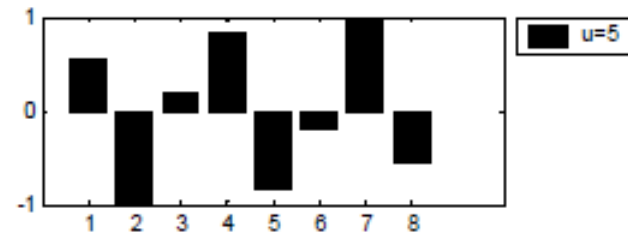
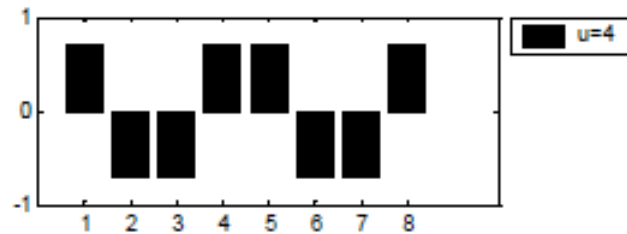
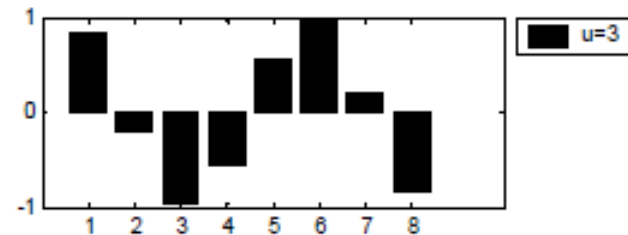
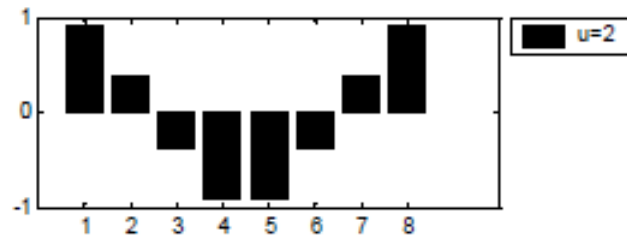
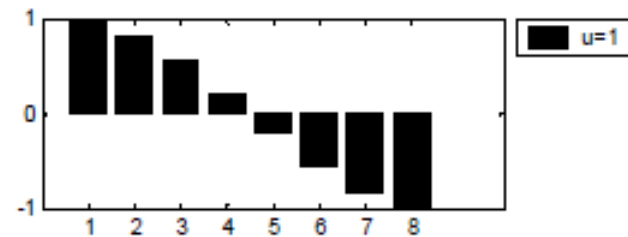
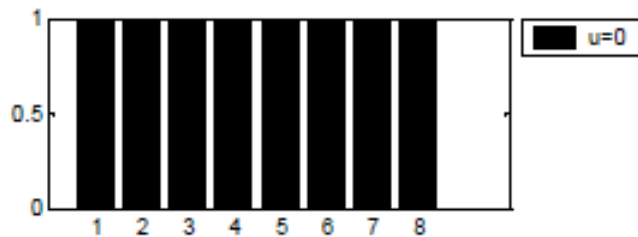
$u=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ et pour $x= 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

$x \backslash u$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	0.98	0.92	0.83	0.7	0.55	0.38	0.19
1	1	0.83	0.38	-0.19	-0.7	-0.98	-0.92	-0.55
2	1	0.55	-0.38	-0.98	-0.7	0.19	0.92	0.82
3	1	0.19	-0.92	-0.55	0.7	0.82	-0.38	-0.98
4	1	-0.19	-0.92	0.55	0.7	-0.83	-0.37	0.98
5	1	-0.55	-0.38	0.98	-0.7	-0.19	0.92	-0.83
6	1	-0.83	0.38	0.19	-0.7	0.97	-0.92	0.56
7	1	-0.98	0.92	-0.83	0.7	-0.56	0.38	-0.20

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.1 Calcul de la matrice DCT



Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.2- Quantification des coefficients transformés

→ Coder au mieux des coefficients souvent réels ou complexes en introduisant une erreur de quantification.

- Phase qui provoque une dégradation dans l'image reconstruite
- Opération qui permet d'obtenir des taux de compression beaucoup plus importants que dans le cas d'une compression sans perte.

La quantification

Soit $F(u,v)$ les coefficients de la matrice obtenue après la D.C.T.
et $Q(i,j)$ les coefficients de la matrice de quantification, avec $(u,v,i,j)=0,7$.
Soit $C_q(k,l)$ les coefficients de la matrice obtenue après quantification,
avec $(k,l)=0,7$.

Alors $C_q(k,l)=E(F(k,l)/a(k,l))$, avec $E(x)$ la partie entière de x .

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.2- Quantification des coefficients transformées

La quantification

Après la D.C.T. , les fréquences élevées sont dans le coin droit du bas de la matrice. Or l'œil humain discerne mal ces fréquences.

Ainsi la manière la plus astucieuse de créer la matrice de quantification est de mettre des valeurs faibles dans le coin gauche du haut et des valeurs fortes dans le coin droit du bas.

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.2- Quantification des coefficients transformées

La quantification

Cette opération consiste à diviser chaque coefficient $a_{i,j}$ de la matrice DCT par le coefficient de la matrice de quantification associé $q_{i,j}$.

Les coefficients de la matrice de quantification ont été choisis de sorte que le coefficient par lequel on va diviser le coefficient associé dans la matrice DCT, soit d'autant plus grand que la fréquence est élevée.

Une fois qu'on a appliquée la DCT on peut négliger les hautes fréquences.

Afin de contrôler la perte de qualité de l'image, un facteur de qualité Fq est défini: Avec ce coefficient on va créer une matrice de quantification $Q = q(i,j)$ définie par la relation suivante :

$$Q(i,j) = 1 + (1+i + j) * Fq.$$

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.2- Quantification des coefficients transformées

Exemple de quantification

Matrice de quantification pour $Fq = 5$, $q(i;j) = 1 + (1+i + j) * Fq$.

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

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.2- Quantification des coefficients transformés

Exemple de Matrice DCT

1758	54	6	-1	-13	-5	23	-11
9	-15	-9	-16	27	31	-32	1
-8	7	8	-15	-16	3	-67	-40
-30	4	44	-36	14	-73	20	-4
20	2	-23	-10	-16	-16	-8	7
2	8	-12	17	-16	-21	-40	36
-14	45	-49	-20	-31	29	41	51
-1	-66	1	20	-4	-31	-2	-31

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.2- Quantification des coefficients transformés

Résultat de la quantification

Division de Matrice DCT par la matrice de quantification

293	4	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	1	-1	0	-1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	-1	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	0	0	0

Cette opération a éliminé les hautes fréquences non primordiales dans l'image d'où l'apparition de nombreux zéros en bas à droite.

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.3- Codage

D'autre part, afin de faciliter le codage par place des coefficients DCT, il est important de choisir un sens de parcours des coefficients qui permette d'aller des coefficients les plus importants vers les coefficients faibles et souvent nulles.

Méthodes de codage des coefficients

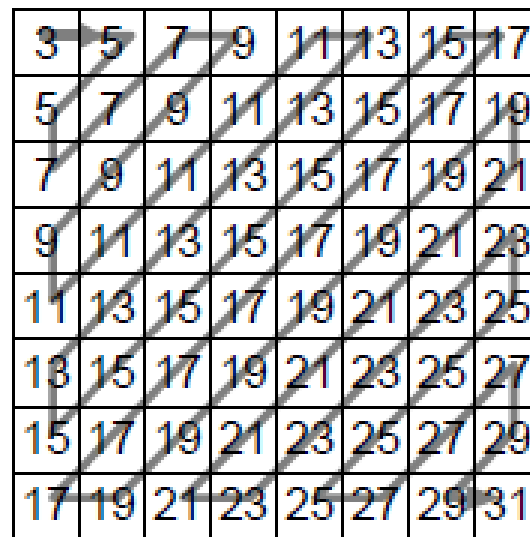
Codage de Huffman

Le codage de Huffman est ensuite utilisé pour coder résultat du codage par plage ainsi que le codage différentiel des coefficients. Le fichier ainsi créé est le fichier compressé jpg.

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.2 Principe de base de la compression JPEG

3.2.3- Codage



3	5	7	9	11	13	15	17
5	7	9	11	13	15	17	19
7	9	11	13	15	17	19	21
9	11	13	15	17	19	21	23
11	13	15	17	19	21	23	25
13	15	17	19	21	23	25	27
15	17	19	21	23	25	27	29
17	19	21	23	25	27	29	31

exemple de table de quantification
et sens de parcours

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.3 Exemple d'application

Soit le bloc d'image suivant

[illegible]

[illegible]

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.3 Exemple d'application

Matrice de quantification

Facteur de qualite : 5							
Matrice de qualite :							
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

Chapitre 3. Compression de données avec perte

3.3 Exemple d'application

Résultat de DCT quantifiée

[illegible]