

TELECOM
ParisTech



Institut
Mines-Telecom

Compression d'images par la norme JPEG

F. Dufaux, M. Cagnazzo

SIGMA207





Plan

Principes

Exemples

Extensions



Plan

Principes

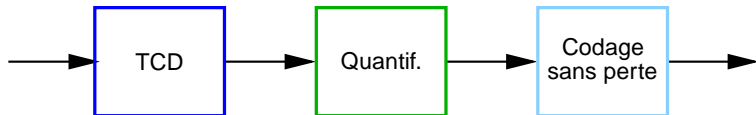
Exemples

Extensions

Norme de codage JPEG

- ▶ Norme de compression d'images basée sur la TCD
- ▶ Spécifiée en 1991, adoptée en 1992
- ▶ Normalise l'algorithme et le format de *décodage*
- ▶ On va parler de un codeur à niveaux de gris, qui produise un train binaire conforme

Norme JPEG : Schéma



- ▶ L'image est préalablement découpée en blocs 8×8
- ▶ On soustrait 128 aux valeurs de luminance
- ▶ Les blocs sont codés indépendamment

Norme JPEG : Découpage par blocs

Exemple de bloc 8x8

173	171	171	143	109	100	91	96
171	169	150	137	112	101	94	96
184	158	139	120	110	107	94	100
170	156	134	119	117	104	98	99
157	147	125	127	103	109	90	98
149	146	132	120	113	107	101	93
147	141	119	119	111	101	100	92
160	122	117	116	115	116	102	95

Norme JPEG : Transformée

- ▶ La taille de la TCD est 8×8
- ▶ Petits blocs \rightarrow signal stationnaire
- ▶ Grands blocs \rightarrow exploit de la corrélation
- ▶ Taille choisie après des expériences
- ▶ Coefficients TCD : impact SVH

Norme JPEG : Transformée

Coefficients TCD du bloc considérée

985.3	186.2	34.1	11.6	7.3	1.6	4.9	-8.2
40.3	47.8	5.7	-26.0	-5.3	-3.5	4.0	-1.0
6.3	4.0	-9.3	-6.7	-1.2	8.1	3.4	4.1
-0.0	4.9	-13.3	-20.8	-10.4	-1.0	-4.5	-5.1
2.1	-1.3	-1.6	0.6	3.6	3.3	8.1	-1.7
1.3	3.7	2.4	-2.7	-2.2	-3.0	-4.1	7.8
5.1	0.4	3.1	4.8	-1.4	2.5	9.8	5.3
-5.6	1.6	4.4	0.1	3.3	2.3	4.3	-8.4

Norme JPEG : Transformée

Écart-type des coefficients TCD d'une image naturelle

396.64	100.99	49.26	31.15	19.74	14.57	8.76	7.33
100.23	55.78	37.40	24.77	16.44	11.70	8.44	6.25
49.42	36.39	28.01	20.40	14.64	10.46	7.64	5.88
30.82	24.05	19.73	15.47	11.99	8.88	6.83	5.45
21.09	16.79	14.79	11.54	9.19	7.30	5.90	4.68
15.32	11.91	10.31	8.71	7.15	5.78	4.61	3.91
11.22	8.58	7.66	6.78	5.69	4.64	3.82	3.24
8.21	6.65	5.93	5.52	4.45	3.75	3.15	2.80

Norme JPEG : Quantification

- ▶ Quantification uniforme à zone morte
- ▶ $\tilde{c}_{i,j} = \left\lfloor \frac{c_{i,j}}{q_{i,j}} \right\rfloor$
- ▶ Le compromis débit distorsion est complètement géré par le tableau de quantification q
- ▶ Le standard ne spécifie pas q , qui doit être transmis
- ▶ Facteur de qualité Q

Norme JPEG : Quantification

Exemple de table de quantification

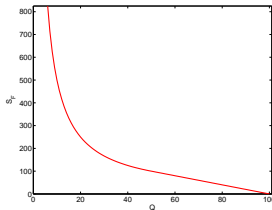
$q^* =$

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	81	61
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	111	90
49	63	78	87	101	121	120	100
72	92	95	98	112	100	103	99

Norme JPEG : Facteur de qualité

- ▶ Outil **non** normatif
- ▶ “Facteur de qualité” Q variable entre 1 et 100
- ▶ Définit un facteur d'échelle S_F pour la matrice de quantification

$$S_F = \begin{cases} \frac{5000}{Q} & 1 \leq Q \leq 50 \\ 200 - 2Q & 50 < Q \leq 99 \\ 1 & Q = 100 \end{cases}$$



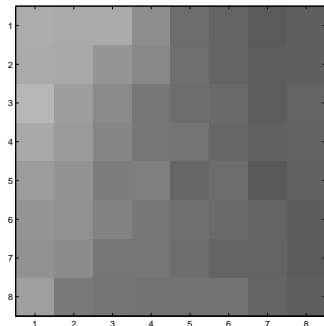
$$q \leftarrow \frac{S_F q^* - 50}{100}$$

Norme JPEG : Quantification

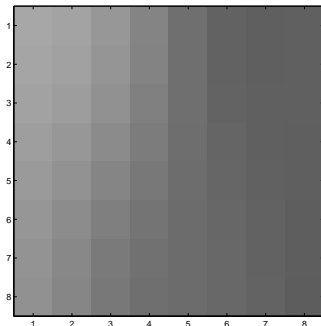
Coefficients quantifiés avec la table précédente

61	16	3	0	0	0	0	0
3	3	0	-1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Norme JPEG : Exemple

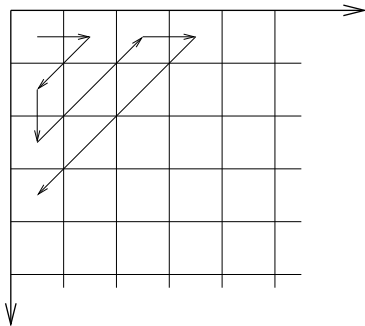


Original



$\text{TCD} \rightarrow Q \rightarrow Q^{-1} \rightarrow \text{TCD}^{-1}$

Norme JPEG : Codage sans perte



- Zig-zag scan : concentre les coefficients nuls à la fin du balayage

Norme JPEG : Codage sans perte

- ▶ Coefficient DC : codage prédictif + Huffman
- ▶ Coefficients AC : codage “run-lenght” + Huffman

coeff \neq 0	n. de 0	coeff \neq 0	n. de 0	...	EOB	...
----------------	---------	----------------	---------	-----	-----	-----

Norme JPEG : Codage sans perte

Coefficients quantifiés et codés

61	16	3	0	0	0	0	0
3	3	0	-1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

61- dc_{k-1}	0,16	0,3	1,3	0,3	7,-1	EOB
----------------	------	-----	-----	-----	------	-----

Norme JPEG : Codage sans perte

Coefficients DC :

- ▶ représentés par la couple catégorie, amplitude.
- ▶ Il y a 12 catégories, nommées 0, ..., 11, codée sur 4 bit
- ▶ La catégorie k contient 2^k valeurs : $\{\pm 2^{k-1}, \dots, \pm 2^k - 1\}$; chaque valeur est codée sur k bits

Coefficients AC :

- ▶ représentés par run-length, catégorie, amplitude.
- ▶ Les catégories et les run-lengths sont codée sur 4 bit chacune : 8 bits pour le symbole (R,C)
 - ▶ Symbole spécial 1: (15,0) signifie "au moins 15 zéros avant le prochain coefficient non nul"
 - ▶ Symbole spécial 2: (0,0) signifie "fin du bloc"
- ▶ Comme dans le cas DC, la catégorie k contient 2^k valeurs, chacune codée sur k



Plan

Principes

Exemples

Extensions

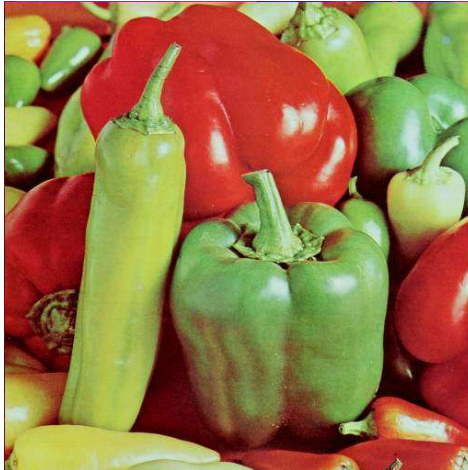
Norme JPEG : Exemple de codage

Image Originale, 24 bpp



Norme JPEG : Exemple de codage

Débit 1.0198674.2 bpp PSNR 33.92 dB TC 23.532



Norme JPEG : Exemple de codage

Débit 0.7481384.2 bpp PSNR 33.45 dB TC 32.080



Norme JPEG : Exemple de codage

Débit 0.5017404.2 bpp PSNR 32.70 dB TC 47.834



Norme JPEG : Exemple de codage

Débit 0.3081364.2 bpp PSNR 31.31 dB TC 77.888



Norme JPEG : Exemple de codage

Débit 0.2069704.2 bpp PSNR 29.50 dB TC 115.959





Plan

Principes

Exemples

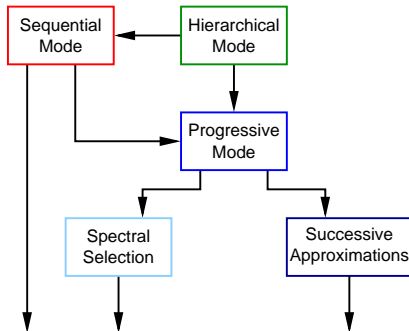
Extensions

Norme JPEG : Parties

- ▶ JPEG baseline (sequential DCT mode)
- ▶ JPEG progressif
- ▶ JPEG hiérarchique
- ▶ JPEG sequential lossless mode
- ▶ JPEG partie 3
 - ▶ Variable quantization
 - ▶ Tiling
- ▶ Standard JPEG-LS
- ▶ Motion JPEG

Modalités de JPEG

Les modalités de JPEG peuvent être utilisées conjointement



JPEG progressif

- ▶ Représentation progressive des images
- ▶ Application : Web, bases de données, ...
- ▶ Deux sous-modalités : *Spectral selection* et *Successive approximations*

JPEG progressif

Spectral selection

Exemple avec quatre couches de qualité :

1. Le coefficient DC de tout bloc
2. Le premiers trois coefficient AC de chaque bloc (ordre du zig-zag scan)
3. Le coefficient AC de 4 à 7 de chaque bloc
4. Le coefficient AC restants

Codage Run-length suivi de Huffman, comme dans le Baseline

En effet la syntaxe JPEG permet de définir des couches arbitraires, avec la seule contrainte de avoir coefficients consécutifs en chaque couche

Qualité identique à JPEG baseline

Débit faiblement augmenté

JPEG progressif

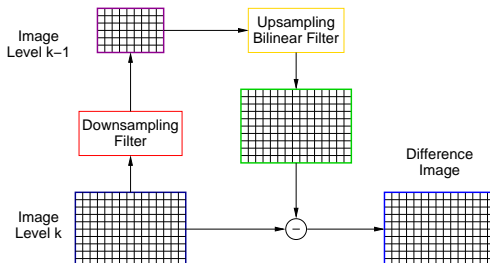
Successive approximation

- ▶ Première couche : coefficient DC de chaque bloc (comme en JPEG-SS)
- ▶ Couches successives : codage par bit-plane des coefficients
 - ▶ Matrice de 8×8 coefficients représentés sur 16 bits \Rightarrow 16 Matrices de 8×8 bits
 - ▶ Codage entropique des plans de bit
- ▶ Complexité augmentée
- ▶ Performance débit-distorsion faiblement améliorée

Il est possible de coder en mode SA les groupes de coefficients définis en mode SS

JPEG hiérarchique

On définit une hiérarchie d'images à résolutions décroissantes (schéma pyramidale)



Chaque image peut être codée en JPEG baseline ou progressif.