

# Sur une approche visuelle de protection inégale des images codées DCT

Pasteur PODA<sup>(1)(2)</sup>, Ahmed TAMTAOUI<sup>(2)</sup>

(1) Fac. des Sciences de Rabat, 4 Avenue Ibn Battouta B.P. 1014 RP, Rabat, Maroc.  
Tél. 212 37 77 18 34/35/38 – Fax. 212 37 77 42 61

(2) Laboratoire de Traitement des Images, Institut National des Postes et Télécommunications, Avenue Allal Al Fassi, Madinat Al Irfane 10100, Rabat, Maroc ; Tél. 212 37 77 36 41 - Fax. 212 37 77 30 44

[poda@inpt.ac.ma](mailto:poda@inpt.ac.ma), [tamtaoui@inpt.ac.ma](mailto:tamtaoui@inpt.ac.ma)

**Résumé** – La protection inégale (UEP) peut être une bonne solution pour coder et transmettre de façon efficace et fiable des sources d'information telles la vidéo ou l'image; pourvu que ces sources présentent dans leur structure intrinsèque des propriétés permettant un critère de hiérarchisation de leurs composantes en plus importantes d'une part et moins importantes d'autre part avec probablement des niveaux d'importance intermédiaires. S'ingénier à élaborer une telle hiérarchie revient à concevoir ce qui est connu sous les termes anglais Source Significance Information (SSI). Dans cet article, des images codées DCT sont soumises à une conception de SSI basée sur une approche visuelle. Une analyse comparative de performances est faite en simulant l'UEP sur différentes SSI d'images DCT.

**Abstract** – Unequal error protection (UEP) can be a good solution to efficiently and reliably code and transmit some information sources including video and images; provide these sources present in their intrinsic structure some properties to enable a criterion of considering some of their components more important or sensitive than others. Making such a distinction between the components of a same source of information is referred to the task of designing source significance information (SSI). In this proposal, DCT coded images are subjected to a SSI design based on a visual approach. A comparative analysis of performances is done by running UEP over different SSI of DCT images.

## 1. Introduction

Le problème de l'évaluation de la qualité des images a conduit à une riche littérature sur les méthodes d'appréciation de la distorsion engendrée par leur compression ou leur transmission. Des résultats de la recherche sur les mécanismes du système visuel humain (SVH) ont abouti à des applications aussi bien en codage [1-3] qu'en mesure de la qualité [4,5] des images. Il est de nos jours reconnu que les mesures de la qualité d'images basées sur des approches de SVH sont en meilleure corrélation avec les scores d'observateurs humains que ne le sont les mesures classiques telles l'erreur quadratique moyenne.

La question spécifique que nous traitons ici est de préserver la qualité visuelle des images lorsqu'on les transmet sur un canal bruité. Nous nous préoccupons aussi d'obtenir un système global qui soit efficace et fiable comme généralement visé en Codage Conjoint Source-Canal (CCSC). Ainsi, nous utilisons la protection inégale (en anglais UEP: Unequal Error Protection) comme méthode de CCSC [6-8] et pour sa mise en œuvre effective nous nous focalisons sur la conception d'une hiérarchie de la source d'information (en anglais SSI [9] pour Source Significance Information) qui exploite des propriétés de SVH que nous présentons dans la section à suivre. De cette façon nous espérons, au-delà d'une transmission efficace et fiable, une meilleure protection des composantes de

l'image contribuant plus significativement à sa reconstruction avec une bonne qualité visuelle.

Des chercheurs ont rapporté leurs travaux sur la transmission d'images codées DCT avec la technique de la protection inégale. C'est le cas de Wei Xiang et al. [10] qui ont exploité comme SSI la hiérarchie naturelle des composantes DCT tenant les (composantes) DC pour plus significatives que les AC. C'est aussi le cas dans [11] où d'autres auteurs ont extrait une SSI de l'espace de représentation de l'image en niveaux de gris.

Dans la suite, nous articulons le développement de notre contribution autour de trois sections. La première présente des bases théoriques, la seconde traite de la conception des niveaux d'importance dans la SSI tandis que la dernière s'intéresse aux applications.

## 2. Approche SVH du Codage DCT

L'incorporation en codage d'images du système visuel humain pourrait commencer avec les travaux de Mannos et Sakrison [1] qui ont modélisé le SVH par une fonction de sensibilité au contraste donnée en (1).

$$H(f) = a(b + cf) \exp(-c(f)^d), \quad (1)$$

où  $f$  est la fréquence radiale en cycles/degré et  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , et  $d$  sont des constantes.

Par la suite, Daly [2] proposait un modèle de SVH décrit par la fonction  $H$  de (2).

$$H(p) = \begin{cases} 2.2(0.192 + 0.114\tilde{f}(p))\exp\left((0.114\tilde{f}(p))^{1.1}\right) & \text{si } f(p) > f_{\max}, \\ 1.0 & \text{ailleurs,} \end{cases} \quad (2)$$

$\tilde{f}(p)$  est la fréquence spatiale radiale en cycles/degré,  $p$  le point de coordonnées  $(u, v)$  et  $f_{\max}$  la fréquence maximale correspondant à un angle d'observation de huit cycles/degré.

Visant à concevoir une table de quantification basée sur le SVH pour le codage JPEG, Ching-Yang Wang et al. [3] ont valorisé le modèle de Daly pour aboutir à une version matricielle de la fonction  $H$  en (3) et partant la table de quantification (de pas  $q$ ) par bloc  $8 \times 8$  formulée en (4).

$$H(p) = \begin{bmatrix} 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9599 & 0.8746 & 0.7684 & 0.6571 \\ 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9283 & 0.8404 & 0.7371 & 0.6306 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.9571 & 0.8898 & 0.8192 & 0.7371 & 0.6471 & 0.5558 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.8898 & 0.7617 & 0.6669 & 0.5912 & 0.5196 & 0.4495 \\ 0.9599 & 0.9283 & 0.8192 & 0.6669 & 0.5419 & 0.4564 & 0.3930 & 0.3393 \\ 0.8746 & 0.8404 & 0.7371 & 0.5912 & 0.4564 & 0.3598 & 0.2948 & 0.2480 \\ 0.7684 & 0.7371 & 0.6471 & 0.5196 & 0.3930 & 0.2948 & 0.2278 & 0.1828 \\ 0.6571 & 0.6306 & 0.5558 & 0.4495 & 0.3393 & 0.2480 & 0.1828 & 0.1391 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$Q_{SVH}(u, v) = \frac{q}{H(u, v)}, \text{ pour } 0 \leq u, v \leq 8 \quad (4)$$

La matrice  $H$  est utilisée pour la mesure de la qualité visuelle d'images dans [4]. Aussi, puisqu'elle indique l'importance visuelle des coefficients DCT [3], elle est le support de conception de la SSI basée SVH que nous proposons comme alternative pour la communication d'images codées DCT au moyen de la méthode UEP.

### 3. Conception basée SVH de la SSI

Nous organisons la source DCT en des schémas de SSI à deux, trois et quatre niveaux d'importance de façon à exhiber l'hypothèse de l'existence d'un schéma optimal.

Pour concevoir ces schémas de SSI nous utilisons une méthode consistant d'abord à soumettre l'image entière à la transformation DCT. Ensuite, l'image DCT est quantifiée par bloc de  $8 \times 8$  sur la base de la table de quantification de (4). Pour chaque bloc, un parcours en zigzag est effectué pour extraire la SSI conformément à l'un des schémas (SSI2, SSI3 et SSI4) que nous décrivons ci-après.

Dans le schéma à deux niveaux (SSI2), le parcours en zigzag du bloc  $I_q$  de l'image DCT quantifiée permet de définir le premier niveau d'importance  $\eta_2^1$  en balayant toutes les composantes de l'image correspondant aux coordonnées  $(u, v)$  dans  $H$  pour lesquelles  $H(u, v) = 1.0$  (y compris les  $H(u, v)$  supérieures ou égales à la plus petite  $H(u, v)$  rencontrée avant que toutes les  $H(u, v) = 1.0$  ne soient balayées) et le reste est classé dans le deuxième niveau  $\eta_2^2$ , d'où l'expression (5).

$$SSI2 \equiv \begin{cases} \eta_2^1 = \{I_q(u, v) / H(u, v) \geq 0.9571\} \\ \eta_2^2 = \{I_q(u, v) / H(u, v) < 0.9571\} \end{cases} \quad (5)$$

Dans le schéma à trois niveaux (SSI3) le premier niveau de SSI2 est préservé en  $\eta_3^1$ , premier niveau de SSI3, et le second niveau de SSI3  $\eta_3^2$  est élaboré sur le critère de couvrir par le balayage zigzag tout le reste des composantes dans  $I_q$  correspondant aux composantes  $H(u, v)$  exprimant une importance visuelle minimale de 70% (y compris les  $H(u, v)$  supérieures ou égales à la plus petite  $H(u, v)$  rencontrée avant que toutes les  $H(u, v)$  d'importance visuelle minimale de 70% ne soient balayées). La multiplication de  $H$  par 100 donne une lecture en pourcentage de la pondération SVH portée par chacune de ses composantes. Le troisième niveau  $\eta_3^3$  est constitué des composantes non encore balayées après détermination de  $\eta_3^1$  et  $\eta_3^2$ . Les niveaux d'importance respectifs sont alors décrits en (6).

$$SSI3 \equiv \begin{cases} \eta_3^1 = \{I_q(u, v) / H(u, v) \geq 0.9571\} \\ \eta_3^2 = \{I_q(u, v) / 0.6571 \leq H(u, v) < 0.9571\} \\ \eta_3^3 = \{I_q(u, v) / H(u, v) < 0.6571\} \end{cases} \quad (6)$$

Dans le schéma à quatre niveaux (SSI4), ses premier et deuxième niveaux (respectivement  $\eta_4^1$  et  $\eta_4^2$ ) sont exactement les niveaux  $\eta_3^1$  et  $\eta_3^2$  de SSI3. Le troisième niveau  $\eta_4^3$  est obtenu en poursuivant le balayage zigzag jusqu'à ce que toutes les composantes de  $I_q$  correspondant aux composantes  $H(u, v)$  exprimant une importance SVH minimale de 50% soient couvertes (y compris les  $H(u, v)$  supérieures ou égales à la plus petite  $H(u, v)$  rencontrée avant que toutes les  $H(u, v)$  d'importance visuelle minimale de 50% ne soient balayées). Le quatrième niveau  $\eta_4^4$  est donc composé des composantes non encore balayées jusque là. Les niveaux  $\eta_4^1$ ,  $\eta_4^2$ ,  $\eta_4^3$  et  $\eta_4^4$  de SSI4 sont alors décrits selon (7).

$$SSI4 \equiv \begin{cases} \eta_4^1 = \{I_q(u, v) / H(u, v) \geq 0.9571\} \\ \eta_4^2 = \{I_q(u, v) / 0.6571 \leq H(u, v) < 0.9571\} \\ \eta_4^3 = \{I_q(u, v) / 0.4564 \leq H(u, v) < 0.6571\} \\ \eta_4^4 = \{I_q(u, v) / H(u, v) < 0.4564\} \end{cases} \quad (7)$$

La conception de ces schémas de SSI permettra d'illustrer en 4.2 des résultats à même de poser le problème de la recherche pour une méthode algorithmique, s'il en existe une, afin de définir un schéma optimal.

## 4. Application en codage d'images

### 4.1. Chaîne de codage et transmission

La chaîne de codage et transmission proposée est illustrée en FIG. 1. On y procède par bloc pour extraire les niveaux de SSI désirés après transformation DCT et quantification SVH. On construit ainsi pour chaque bloc autant de trames d'information que de niveaux d'importance. Dans chacune des trames de  $\eta_s^1$  le seul élément DC suit le schéma de codage JPEG (MICD suivi d'un codage entropique par l'algorithme de Huffman) propre aux DC et le reste étant des AC subit les traitements JPEG (Balayage zigzag, puis codage par plages et Huffman) ad hoc. En pratique toutes les composantes DC de l'image entière constituent une trame, à part, de niveau  $\eta_s^1$  codée et transmise comme les AC par paquets de petite taille ; d'où un gain en simplicité pour le système global qui pourra alors se passer d'entrelaceurs. Le codeur RCPC (Rate Compatible Punctured Convolutional Code) [9] est supposé connaître l'information sur l'importance d'une trame quelconque pour procéder au choix adéquat du code canal. Autrement, chaque trame pourrait porter des bits de gestion pour le choix du code RCPC. La suite de la chaîne est une modulation/démodulation de phase à deux états (MDP2). Le canal simulé est à bruit additif blanc gaussien.

### 4.2. Analyse des résultats de simulations

Partant de la chaîne décrite en 4.1 nous avons simulé le codage et la transmission d'images bien connues que sont « Lena » et « Barbara » toutes de taille 512×512.

Les simulations faites sont dans un premier temps orientées vers l'illustration, de performances concurrentes des différents schémas de SSI conçus, à partir d'un jeu de codes canal fourni par la famille de codes RCPC de code parent 1/2 (mémoire  $M=6$ , générateur  $G=[133\ 171]$  et période de poinçonnage  $P=4$ ). Selon le schéma (SSI2, SSI3 ou SSI4), différentes configurations (SSI2-a, SSI2-b, SSI2-c, etc.) de mise en œuvre de l'UEP sont possibles en fonction de l'allocation de redondance faite. Les figures 2 et 3 montrent les courbes débit total-distorsion obtenues pour « Lena » et « Barbara » respectivement. Elles font ressortir que la SSI4 n'est pas optimale et posent le problème de chercher le schéma optimal.

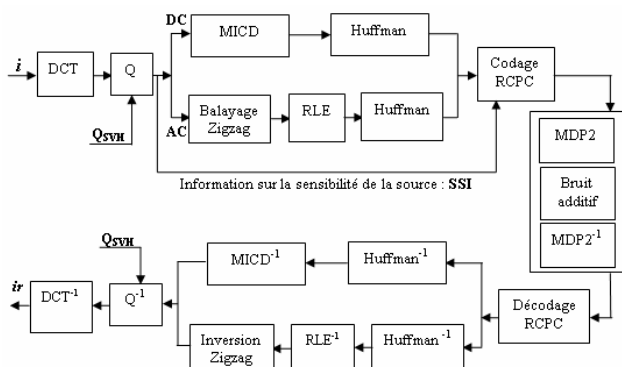


FIG. 1: Chaîne de codage et transmission d'un bloc d'image  $i$ .

Dans un second temps les simulations sont orientées vers la comparaison, pour des SNR identiques (cf. seuils de SNR sur les figures), de performances débit total-distorsion de l'UEP (UEP visuel) reposant sur le schéma SSI2 ici proposé contre celles de l'UEP (UEP\_Wei) exécutant une SSI rapportée par Wei Xiang et al. dans [10]. Cette dernière approche de SSI comporte deux niveaux d'importance des composantes de la DCT :  $\eta_2^1$  pour les DC et  $\eta_2^2$  pour les AC. Des codes RCPC de code parent 1/N étant choisis, l'UEP est une allocation de redondance du type  $(\eta_2^1, R_{lc}^1)$  et  $(\eta_2^2, R_{lc}^2)$  astreinte à la contrainte  $R_{lc}^1 < R_{lc}^2$  d'une part et au compromis d'un équilibre entre gain en débit et perte en qualité ou inversement.  $R_{lc}^j = P/(P + lc)$  est le rendement d'un code RCPC où  $P$  est la période de poinçonnage et  $lc$  vérifie la relation  $1 \leq lc \leq (N - 1)P$ . La famille de codes RCPC de code parent 1/3 ( $P = 8$ ,  $G = [133\ 171\ 145]$  et  $M = 6$ ) est donc choisie pour produire des performances (FIG. 4 et FIG. 5) aux débits voisins pour les deux approches de SSI (UEP visuel avec  $R_{lc}^1 = 8/24$ ,  $R_{lc}^2 = 8/18$  et UEP\_Wei1 avec  $R_{lc}^1 = 8/24$ ,  $R_{lc}^2 = 8/12$ ). Par ailleurs une implémentation de l'UEP\_Wei, UEP\_Wei2, extrait les niveaux de SSI une bonne fois (plutôt que de procéder par bloc) pour l'image entière avant de procéder au codage et transmission avec  $R_{lc}^1 = 8/24$  et  $R_{lc}^2 = 8/22$ .

L'analyse des performances est guidée par le débit total-distorsion qui représente le coût total<sup>1</sup> de la transmission en bits par pixels (bpp), et par le  $PSNR_p$  (PSNR pondéré) [4], mesure au sens visuel du PSNR entre l'image originale  $x$  et sa version reconstruite  $\hat{x}$  et calculé suivant les formules (8) et (9) où  $EQM_p$  est la version SVH de l' $EQM$ .

$$PSNR_p = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{EQM_p} \right) \quad (8)$$

$$EQM_p = \frac{1}{N^2} \sum_{u=1}^N \sum_{v=1}^N (H^2(u, v)(x(u, v) - \hat{x}(u, v))^2) \quad (9)$$

## 5. Conclusion

Cet article propose une alternative aux solutions de codage et transmission d'images JPEG par l'UEP. Une SSI en trois schémas est conçue en s'inspirant de mécanismes de SVH. Les simulations faites ont donné des résultats intéressants : l'hypothèse de l'existence d'un schéma de SSI optimal est révélée; et pour des SNR identiques, de meilleures performances sont obtenues par rapport à une autre approche de l'UEP pour la communication d'images JPEG.

<sup>1</sup> Ici, les bits de gestion de la transmission ne sont pas comptabilisés

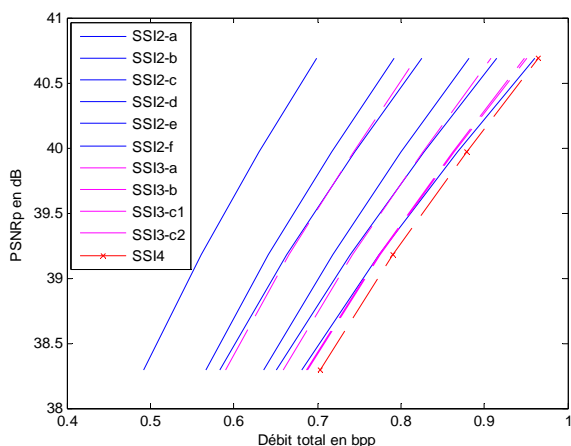


FIG. 2 : Performances débit total - distorsion des différents schémas de SSI: Lena 512×512, codé et transmis. SNR > 7dB.

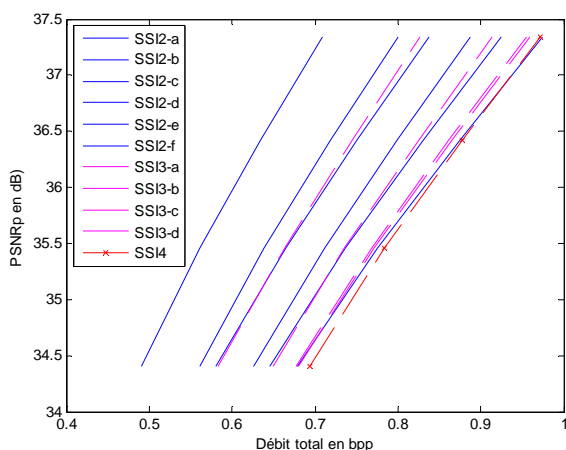


FIG. 3 : Performances débit total-distorsion des différents schémas de SSI: Barbara 512×512, codé et transmis. SNR > 7dB.

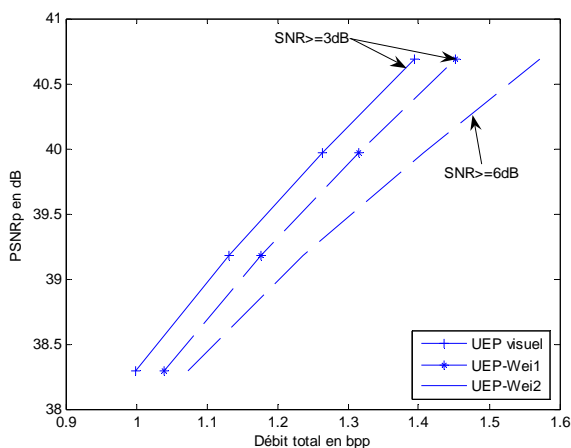


FIG. 4 : Courbes débit total - distorsion comparatives pour le codage et transmission de Lena 512×512.

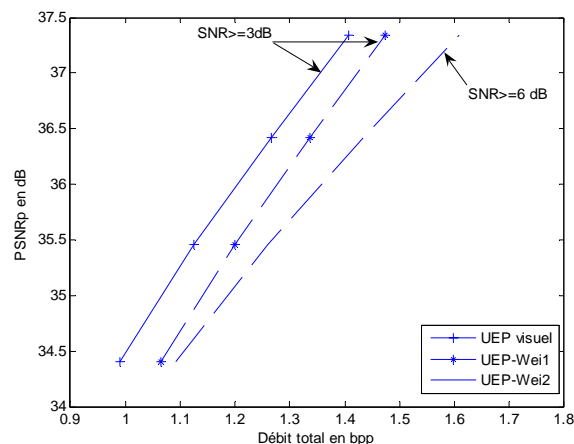


FIG. 5 : Courbes débit total - distorsion comparatives pour le codage et transmission de Barbara 512×512.

## Références

- [1] J.L. Mannon and D.J. Sakrison, "The effects of a visual fidelity criterion on the encoding of images", IEEE Trans. on Inf. Theory, vol. 20(4), pp. 525-536, 1974.
- [2] S. Daly, "Subroutine for the generation of a two dimensional human contrast sensitivity function," Technical report, Eastman Kodak, 1987.
- [3] Ching-Yang Wang, Shiuh-Ming Lee, Long-Wen Chang, "Designing JPEG quantization tables based on human visual system," Signal processing: Image Communication, vol.16, pp.502-504, 2001.
- [4] Ahmed Tamtaoui, Driss Aboutajdine, "Mesure de la qualité visuelle des images compressées," traitement de signal, vol. 1, pp. 43-53, 2003.
- [5] Beghdadi A., "Design of an image distortion measure using spatial/spatial-frequency analysis," First International Symposium on Control, Comm. and Signal Processing, 2004, pp. 29-32.
- [6] Seyed Barham Zahir Azami, Pierre Duhamel and Olivier Rioul, "Joint Source-Channel Coding: Panorama of methods," dans les Actes de CNES Workshop on data compression, Toulouse, France, Novembre 1996.
- [7] Pierre DUHAMEL & Olivier RIOUL, "Codage Conjoint Source/Canal: Enjeux et Approches," dans les Actes du 16è colloque GRETSI, 1997, Grenoble, 5-19 Sept., pp. 699-704.
- [8] Chung-Lin Huang & Sling Liang, "Unequal error protection for MPEG-2 video transmission over wireless channels," Signal Processing: Image Communication., 19, pp. 67-79, 2004.
- [9] J. Hagenauer, "Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes (RCPC Codes) and their applications," IEEE Transaction on Communication, vol. 36, n° 4, pp 389-400. Avril 1988.
- [10] Wei Xiang, S. Adrian Barbulescu, and Steven S. Pietrobon, "Unequal error protection applied to JPEG image transmission using turbo Codes," IEEE Information Theory Workshop, Cairns, Australia, 2-7 Septembre 2001, pp. 64-66.
- [11] Yingjun Su, Jianhua Lu, Jing Wang, and Jun Gu, "Joint Source-Channel Coding for images transmission over noisy channels," dans les Actes de WCC-ICCT 2000, vol. 1, pp. 136-139.