

Sensibilité de JPEG2000 aux erreurs

C. Poulliat^{1 2}

D. Nicholson¹

P. Vila¹

¹ THALES Communications

66 rue du Fossé Blanc, BP 156, 92231 Gennevilliers Cedex

² Equipe de Traitement des Images et du Signal

Univ. Cergy Pontoise-ENSEA, UPRES-A 8051, 6 av. du Ponceau, 95014 Cergy Cedex

{charly.poulliat, didier.nicholson, pierre.vila}@fr.thalesgroup.com

Résumé

Une étude de la sensibilité aux erreurs de JPEG2000 dans différentes configurations et pour différentes options à l'encodage est réalisée. Ceci nous permet de proposer une classification des données. Cela constitue un premier pas vers un codage canal hiérarchique adapté aux données JPEG2000.

Mots Clef

compression, JPEG2000, sensibilité aux erreurs, classification.

1 Introduction.

Parmi les caractéristiques principales de JPEG2000, nouveau standard ISO pour la compression d'images [1], on peut citer le codage hiérarchique utilisant la progression par qualité ou résolution, les régions d'intérêt, les mécanismes de détection d'erreurs. La syntaxe JPEG2000 est composée d'un en-tête principal pour toute l'image et de différentes parties appelées tile-parts. Un tile-part est organisé en paquets, regroupés en une ou plusieurs couches qui correspondent à des incréments du niveau de qualité.

Dans le contexte de transmission d'images avec perte (canal radio, IP...), il est utile d'évaluer la sensibilité des données aux erreurs de transmission et de déterminer quels sont les mécanismes inhérents à la norme permettant une meilleure résistance à ces erreurs.

Dans des contributions récentes [4, 3, 6], l'étude sur la sensibilité des données aux erreurs de transmission est réalisée dans le cas mono-couche pour un certains jeux d'options à l'encodage pour divers types de canaux. Cette étude se limite à deux classes de bits : les données (en-têtes de paquets et données images), les en-têtes principaux (en-tête principal et en-têtes de tile-parts).

Après quelques brefs rappels sur JPEG2000 (section 2), nous évaluons la sensibilité des différents types de

bits aux erreurs selon les différentes options de l'encodage concernant les mécanismes de détection d'erreurs pour une seule couche (section 3). Nous étendons ensuite l'étude au cas multicouches (section 4) afin de déterminer la sensibilité aux erreurs des différents tile-parts dans l'optique d'une classification complète des différentes données en fonction de leur sensibilité aux erreurs de transmission.

2 JPEG2000 :Rappels.

2.1 Schéma de compression général.

La figure 1 donne le schéma global de compression utilisé par JPEG2000.

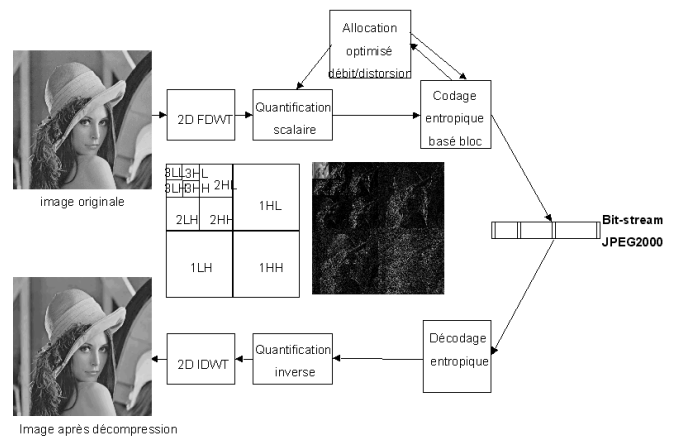


FIG. 1 – Constituants JPEG2000.

Les principaux constituants sont [2] : Transformée en ondelettes, Quantification, Modélisation des coefficients, Codage entropique.

Après séparation des composantes, on subdivise ces dernières en tuiles (par défaut : une composante=une tuile). C'est sur ces dernières que l'on effectue la transformée en Ondelettes.

Les coefficients issus de la transformée en ondelettes

sont quantifiés et regroupés en code-blocs, puis en precincts comme indiqué figure 2. Par défaut un precinct comprend tous les coefficients d'un niveau de résolution.

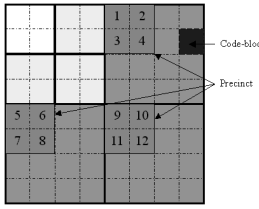


FIG. 2 – Code-blocs et Precincts pour la transformée d'une tuile sur 3 niveaux de résolution.

Après regroupement des coefficients, chaque code-bloc est codé arithmétiquement de manière indépendante. Chaque plan de bits d'un code-bloc est codé en 3 passes. Une procédure d'allocation Débit/distorsion permet pour un taux de compression final donné d'avoir une distorsion finale minimale.

Les données sont ordonnées par couche de qualité. Chaque couche accroît la qualité de l'image reconstituée en terme de PSNR (Peak Signal to Noise Ratio). Elle contient les données des codes-blocs qui permettent d'atteindre un taux de compression donné en bits par pixel (bpp) pour une distorsion minimale.

Un paquet est l'élément modulaire minimal dans JPEG2000. Il contient toutes les données appartenant à un precinct donné, une résolution donnée et une couche donnée d'une composante donnée. C'est donc pour l'image une unité en terme de localisation, qualité et résolution.

L'ensemble des paquets concernant une tuile peut être segmenté en parties appelées Tile-parts. Par défaut, une tuile est associée à un Tile-part.

2.2 Syntaxe JPEG2000.

On donne figures 3 et 4 la syntaxe des données dans un cadre mono et multicouches

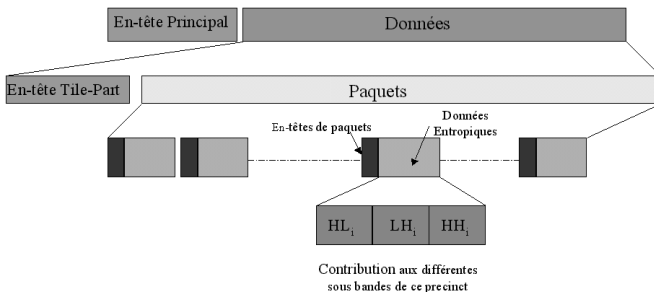


FIG. 3 – Syntaxe JPEG2000 dans le cas monocouche.

Une trame se décompose en : un en-tête principal contenant les caractéristiques de l'image, un en-tête de Tile-part contenant les spécificités de la tuile, et les

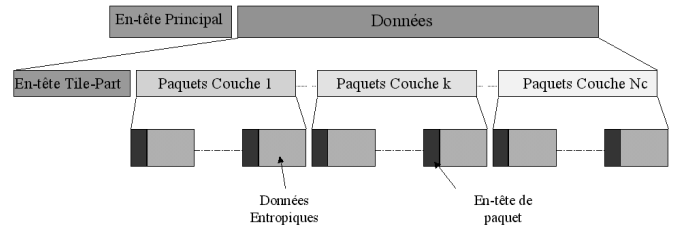


FIG. 4 – Syntaxe JPEG2000 dans le cas multicouches. Progression par qualité croissante.

données constituées des paquets (un en-tête + données entropiques).

2.3 Mécanismes optionnels de détection d'erreurs.

La sensibilité des données JPEG2000 vient du codeur entropique. L'idée de ces mécanismes est de permettre une resynchronisation des données avec le décodeur et un partitionnement plus fin des données pour détecter les erreurs plus tôt et rendre les données moins dépendantes [4].

Marqueurs de début de paquet (SOP). Pour accéder à un paquet il faut parcourir les données séquentiellement. En cas d'erreurs, on peut ne plus retrouver le début de certains paquets. Ce type de marqueurs permet de pallier à cet inconvénient.

Marqueurs de segmentation. Motifs prédéfinis insérés à chaque fin de plan de bits et codés arithmétiquement. Si un motif n'est pas décodé, une erreur est détectée dans le plan de bits courant. Ses données et les suivantes sont alors écartées.

Marqueurs de terminaison. Ils forcent la fin du codage arithmétique à la fin de chaque passe. En cas d'erreur, les passes erronées sont écartées. Les contextes ne sont pas réinitialisés, rendant les passes interdépendantes.

Parallélisation. Elle permet la réinitialisation des contextes à chaque passe : les passes deviennent complètement indépendantes. De plus, cela permet d'envisager une parallélisation de l'encodage et du décodage.

Partition en precincts. Définir des precincts plus petits permet de limiter spatialement l'erreur en cas de perte de paquets.

3 Comportement monocouche.

On montre ici que les en-têtes principal et de Tile-part sont primordiaux et nécessitent d'être sans erreur. Partant de cette dernière hypothèse, on s'intéressera aux performances des différents mécanismes en présence de bruit. On analysera également l'influence d'une protection des en-têtes de paquet.

T.E.B.	Sans bruit	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Test 1	33.66	23.12	14.35	9.71
Test 2	33.54	27.64	18.70	13.28
Test 3	33.52	26.82	18.42	13.33
Test 4	33.48	27.46	18.56	13.25
Test 5	33.43	27.81	18.80	13.28

TAB. 1 – Influence des mécanismes optionnels pour Woman à 0,5 bpp. (Test 1) :SOP, (Test 2) :(Test 1)+marqueurs de Terminaison, (Test 3) :(Test 2)+marqueurs de Segmentation, (Test 4) :(Test 3)+Parallélisation, (Test 5) :(Test 4)+Partition en precincts

3.1 Influences d’erreurs sur les en-têtes.

On ne considère tout d’abord que les en-têtes principal et de Tile-part.

Dans le cas mono-Tile-part (i.e. un Tile-part par tuile), ne pas protéger ces en-têtes peut bloquer le décodeur. Par exemple, pour l’image woman compressée avec un taux de 0.5 bpp, transmission sur canal binaire symétrique avec un Taux d’erreur binaire de 10^{-3} , pour 100 réalisations indépendantes et toutes les données bruitées, il y a dans 35% des cas échec du décodeur (i.e. il reste bloqué). Ceci est à comparer au cas où les deux en-têtes sont protégés : il n’y a jamais d’échec constaté.

La segmentation multi-Tile-parts n’est à utiliser que pour un changement d’ordre de progression des données (Cas où elle est obligatoire) : une simple erreur sur un en-tête de Tile-part issu de cette segmentation peut provoquer la perte des données de ce Tile-part et des suivants.

Les en-têtes principal et de Tile-part apparaissent donc comme des données très sensibles indispensables. On se place pour la suite dans le cas mono-Tile-part.

3.2 Influence des mécanismes optionnels.

Les en-têtes principal et de Tile-part sont considérés sans erreur. Lors des tests, l’image compressée avec un taux donné et transmise sur canal binaire symétrique. Pour chaque test, la distorsion est calculée sur 100 réalisations indépendantes.

On recherche la contribution de chaque mécanisme de détection d’erreurs. On part d’une configuration minimale contenant les marqueurs SOP, puis on ajoute un à un les mécanismes optionnels. Les en-têtes de paquets ne sont pas protégés. Les tableaux 1 et 2 présentent des résultats de simulation. Des résultats complémentaires sont fournis par [5].

Quand il n’y a pas de bruit, pour un taux de compression donné, la dégradation engendrée par l’utilisation de ces options en terme de qualité n’est pas signifi-

T.E.B.	Sans bruit	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Test 1	26.84	19.40	11.62	7.72
Test 2	26.73	21.27	14.38	10.97
Test 3	26.71	21.70	14.46	10.97
Test 4	26.66	21.69	14.48	10.96
Test 5	26.60	21.76	14.71	11.06

TAB. 2 – Influence des mécanismes optionnels pour Café à 0,5 bpp. Conditions de test du tableau

T.E.B.	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Gain du PSNR en dB	0.5-5	0.5-3.3	0.3-1.7

TAB. 3 – Influence de la protection des en-têtes.

tive.

Le test 2 met en évidence le rôle primordial des marqueurs de Terminaison.

Pour les autres tests, l’ajout de mécanismes donne des performances du même ordre.

3.3 Protection des en-têtes de paquets.

On protège les en-têtes de paquets en les plaçant dans l’en-tête principal. Les conditions de tests sont identiques aux précédentes. La figure 5 donne les résultats pour woman compressée à 0,5 bpp.

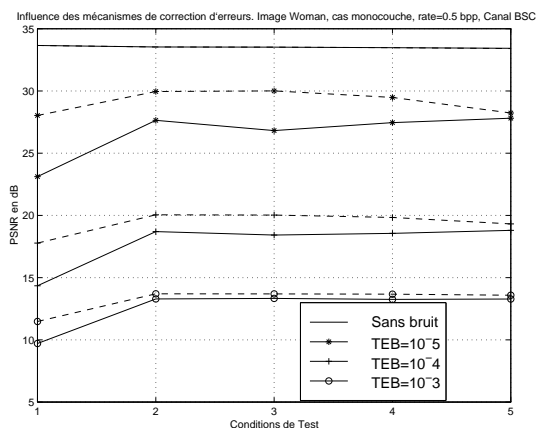


FIG. 5 – Influence de la protection des en-têtes de paquets pour woman à 0,5 bpp. Conditions de test figure 5. Pointillés : En-têtes protégés, Continu : En-têtes non protégés.

L’efficacité diminue quand le nombre de mécanismes de correction d’erreur augmente. Le tableau 3 donne les plages de gains constatées pour les images Woman et Café pour 0,125 bpp et 0,5 bpp pour l’ensemble des conditions de tests.

Quand tous les mécanismes sont présents, la protection des en-têtes de paquets n’apporte qu’un gain faible.

T.E.B.	Sans bruit	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Test 1	33.63	26.53	14.79	9.21
Test 2	33.54	27.91	18.92	13.43
Test 3	33.52	27.67	18.86	13.43
Test 4	33.48	27.56	18.65	13.40
Test 5	33.32	27.25	18.62	13.62

TAB. 4 – Influences des mécanismes optionnels dans le cas multicouches pour Woman. Conditions de test du tableau 1.

Couche bruitée	1	2	3
PSNR pour T.E.B. 10^{-4}	18,74	28,58	30,93
PSNR pour T.E.B. 10^{-3}	13,39	27,22	29,75

TAB. 5 – Sensibilité relative de chaque couche pour une progression multicouches (0.125 bpp, 0.250 bpp, 0.500 bpp) pour l'image woman (PSNR sans bruit : 33,32 dB).

4 Comportement multicouches.

On désire montrer l'importance relative des données d'une transmission par qualité croissante dans le cadre multicouches.

On peut vérifier que les en-têtes principal et de Tile-part restent primordiaux. On retrouve le même comportement des divers mécanismes qu'en monocouche (tableau 4 pour une progression (0,125 bpp ; 0,250 bpp ; 0,500 bpp)). On note une augmentation du PSNR moyen, pour le test 1, par rapport au cas monocouche, liée en fait à l'augmentation du nombre de paquets et donc de marqueurs de début de paquets.

Quand tous les mécanismes sont retenus, on peut généraliser les résultats du monocouche et ne pas protéger les en-têtes de paquets. On ne bruite qu'une couche à la fois. Les résultats sont fournis tableau 5. Les tests sont effectués sur 100 réalisations de bruit indépendantes et sur canal binaire symétrique.

Les premières couches sont donc prépondérantes en terme de distorsion : en effet, dans les paquets des premières couches, sont contenus les bits significatifs des plans de bits de poids forts des coefficients à un fort impact visuel. La figure 6 donne les résultats pour l'image woman sur canal binaire symétrique.

On peut observer ce phénomène différemment : le cas multicouches peut s'interpréter comme une réorganisation des données monocouche. Chaque paquet monocouche est scindé en N_c paquets où N_c est le nombre de couches du multicouches. On peut, sur ce modèle, regarder l'impact du bruit sur la syntaxe monocouche munie des mécanismes de protection précédemment cités. On trace alors les courbes Débit/distorsion paramétrées par le bruit.

Quand le bruit est important, les données participant à un taux de compression élevé imposent une qualité minimale assez faible.

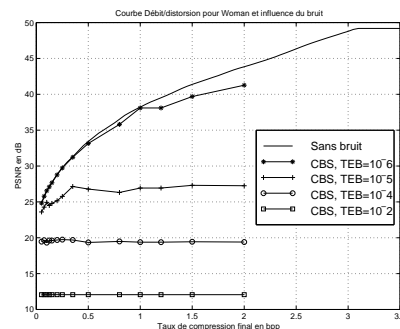


FIG. 6 – Courbes Débit/Distorsion en présence de bruit pour l'image Woman dans le cas monocouche.

5 Conclusion.

L'ensemble des tests effectués nous permet de proposer une classification des données.

1. Les en-têtes : On distingue En-têtes principal et de Tile-part, très sensibles, qui ne tolèrent aucune erreur, et les en-têtes de paquets, dont la protection n'est utile que si les mécanismes de détection d'erreurs ne sont pas utilisés.
2. Les données entropiques : dans le cadre d'une structure multicouches, on peut alors avoir autant de classes que de couches. Ce type de résultats doit pouvoir s'adapter à une progression par résolution.

Ceci est la première étape pour la réalisation d'un codage canal hiérarchique adapté au codeur JPEG2000.

Références

- [1] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 JPEG 2000 Part I Final Draft International Standard Version 1.0, N1855, 18 août 2000.
- [2] Christopoulos C., Skodras A., Ebrahimi T., The JPEG2000 still image coding system : an overview, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 46, No. 4, pp. 1103-1127, Novembre 2000.
- [3] Liang L., Luc B., Lie A., Wus J., Kossentini F., Error resilience Ad-hoc Sub-Group Report for the Tokyo Meeting , *ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1*, N1606, Tokyo, Japon, 7 mars 2000.
- [4] I. Moccagatta, S. Soudagar, J. Liang, and H. Chen., Error-Resilient Coding in JPEG-2000 and MPEG-4, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* , Vol. 18, No. 6, pp. 899-914, June 2000.
- [5] Poulliat C., Nicholson D., Impact and efficiency of error resilience tools for mobile applications, *ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1*, N 2176, juin 2001.
- [6] Sodagar I. , Chai B. -B., Wus J., "A new error resilience technique for image compression using arithmetic coding", *Proceedings of ICASPP 2000*, Vol. IV, pp. 2127-2131, Istanbul, juin 2000.