

Évaluation de méthodes de Compression en IRM cardiaque

Christine CAVARO-MÉNARD¹, Alain LE DUFF², Philippe BALZER¹,
Benoît DENIZOT¹, Olivier MOREL¹, Pierre JALLET¹

¹ Unité traitement d'Images, Université d'Angers, Laboratoire de Biophysique,
1 rue Haute de Reculée, 49033 Angers, France

² École Supérieure d'Électronique de l'Ouest,
4 rue Merlet de la Boulaye, 49100 Angers, France

christine.menard@esthua.univ-angers.fr, le_duff@lra.eseo.fr
Denizot@univ-angers.fr, PiJallet@chu_angers.fr

Résumé – Avec l'expansion des modalités d'imagerie médicale, comprimer des images digitales médicales peut faciliter leur transmission et leur archivage. Cet article évalue et compare deux méthodes de compression irréversible, JPEG et le codage par ondelettes, appliqués à des séquences multicoupes d'IRM cardiaque en diastole. Les méthodes sont évaluées qualitativement selon des critères d'interprétation clinique des images, par des radiologistes. La qualité des images reconstruites n'est alors pas jugée satisfaisante (pour une interprétation clinique correcte) pour des taux de compression supérieurs à 27:1 pour JPEG et 35:1 pour le codage par ondelettes. Ensuite, nous avons évalué l'effet de ces méthodes de compression irréversibles sur le calcul de paramètres cliniques tels que la masse du cœur et le volume ventriculaire diastolique, obtenus par une segmentation automatique des contours du ventricule gauche. Le codage par ondelettes permet d'accepter des taux de compression de l'ordre de 67:1, alors que JPEG sera limité à 43:1. En terme de qualité des images reconstruites, le codage par ondelettes apparaît supérieur au codage JPEG aussi bien à faibles qu'à forts taux de compression. Nous concluons, qu'en IRM cardiaque, se limiter aux taux de compression définis par l'évaluation psychovisuelle permet d'assurer la validité des paramètres cliniques calculés automatiquement.

Abstract – With the increasing number of medical imaging modalities, compressing the digital medical images can facilitate their transmission and storage. This paper evaluates and compares two lossy compression methods : JPEG and wavelet, applied to the end diastolic phase slices of a cardiac MRI multislice and multiphase acquisition. First, the qualitative image quality was evaluated with clinical criteria and was performed by radiologists. The compression image quality was then not judged satisfactory (for a correct interpretation) over 27:1 for JPEG and 35:1 for wavelets. Secondly, we evaluated the effect of these lossy compression methods on physiological parameters, such as left ventricular mass and end-diastolic volume, calculated by an automated segmentation algorithm. The wavelet coding allows to accept a compression ratio of 67:1, while JPEG is limited to 43:1. Wavelet compression performed superior to JPEG at high and low compression ratios. We conclude that limiting the compression ratios to those defined by the psychovisual assessment secures the validity of automatically calculated physiological parameters in cardiac MRI.

1. Introduction

Avec l'expansion des modalités d'imagerie médicale, le développement des PACS (Picture Archiving and Communication Systems) et de la télémédecine, la compression s'avère être complémentaire à l'augmentation de la capacité des systèmes d'archivage et des lignes de transmission. Pour des raisons éthiques, les méthodes de compression réversibles sont préférables. Mais les taux de compression obtenus par ces méthodes sont faibles, de l'ordre de 2:1 à 5:1, fonctions de l'image et de la méthode utilisée [1][2]. Pour obtenir des taux de compression supérieurs, quelques distorsions doivent être admises dans l'image reconstruite. Mais ces distorsions ne doivent pas modifier l'interprétation qualitative des images et/ou la valeur de paramètres anatomiques ou fonctionnels qui en dérivent. Pour un codage irréversible, la difficulté réside dans l'évaluation de ces distorsions.

En imagerie médicale, les mesures de distorsion globale telles que le rapport signal sur bruit et l'erreur quadratique moyenne, ne peuvent pas réaliser cette évaluation, l'erreur pouvant se situer uniquement sur la région nécessaire au diagnostic [3]. Très souvent cette évaluation est donc réalisée par une étude psychovisuelle, courbe ROC (Receiver Operating Characteristics) [3][4]. La réalisation de ce type d'évaluation clinique soulève un certain nombre de problèmes tels que : les conditions d'exécution qui doivent être reproductibles et proches des conditions habituelles de travail des experts (éclairage, confort, durée...) et la corrélation des résultats avec l'expérience et la motivation des observateurs.

Ce papier évalue et compare deux méthodes de compression irréversibles, JPEG et le codage par ondelettes, appliqués à des séquences multicoupes d'IRM cardiaque en diastole. Ces méthodes de codage sont évaluées de deux

façons : la première détermine la qualité visuelle des images et est réalisée par des médecins, la deuxième se base sur le calcul de la masse et du volume ventriculaire diastolique, obtenu par un algorithme automatique de détection des contours endocardique et épicaudique du ventricule gauche.

2. Méthodes

2.1 Population et acquisition des images

La population d'étude est constituée de 10 sujets volontaires sains d'âge moyen de 28 ± 7 ans. Les IRM cardiaques sont réalisées sur un imageur 1,5 Tesla (Signa Horizon, GE Medical Systems). Chaque acquisition est constituée de 8 à 10 coupes jointives, obtenues en orientation petit-axe avec entre autre une synchronisation à l'ECG et une épaisseur de coupe de 10 mm.

2.2 Codage des images

Chaque séquence a été codée puis décodée, d'une part par un codage JPEG-8 bits, d'autre part par transformation en ondelettes, à différents taux de compression (6:1, 8:1, 12:1, 16:1, 20:1, 40:1, 60:1, 80:1).

L'ondelette retenue pour la décomposition est l'ondelette biorthogonale *bior3.9* offrant le meilleur compromis entre taux de compression et erreur quadratique moyenne de l'image reconstruite. Le processus de décomposition itératif est appliqué sur quatre niveaux, le choix d'un niveau de décomposition d'ordre supérieur n'améliorant pas de manière sensible le taux de compression [5][6]. La quantification des coefficients seuillés est obtenue par la mise en œuvre d'un algorithme d'allocation de bits qui minimise l'erreur de quantification pour le taux de compression visé [5]. Cette étape fixe alors la qualité de l'image reconstruite. La première étape du codage consiste à lire les coefficients quantifiés de façon à constituer des séquences comportant des plages de zéros de longueurs importantes. Dans le cas d'une décomposition à trois niveaux cette méthode prend la forme de la figure 1.

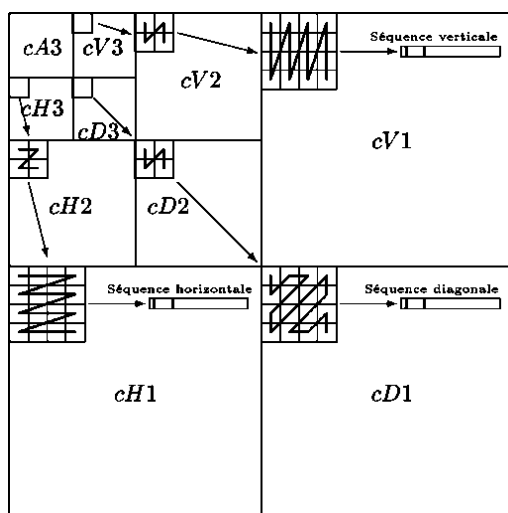


FIG. 1 : Principe de la scrutation des coefficients pour une décomposition en ondelettes de niveau trois.

Afin de profiter au maximum de la corrélation spatiale de l'image les coefficients verticaux cVx , diagonaux cDx et horizontaux cHx sont respectivement scrutés verticalement, en diagonal et horizontalement. Cette stratégie de scrutation, que nous proposons, s'inspire de celle proposée par Shapiro [6]. Les coefficients de la décomposition regroupés selon cette technique sont alors soumis au codage proprement dit. Celui-ci s'effectue sans perte d'information et en deux phases : codage par plage ou RLE (Run Length Encoding) permettant d'exploiter la présence fréquente de zéros, suivi de la méthode de compression statistique de Huffman.

2.3 Évaluation qualitative

Pour chaque examen, 17 séquences (1 originale + 8 compressées JPEG + 8 compressées ondelettes) ont été présentées, dans un ordre aléatoire, à deux médecins. Chaque médecin a évalué la qualité visuelle des images selon 4 critères : la netteté des contours du myocarde, la visibilité des détails (vaisseaux du foie...), la non déformation géométrique de l'organe et la texture des structures (compatible avec l'anatomie des organes et une acquisition normale), notés de 1 à 5 (1=très bon ; 2=bon ; 3=limite d'une interprétation correcte de l'image ; 4=mauvais ; 5=très mauvais (non reconnaissance des structures)). Pour une image notée 4 ou 5, le médecin refuse de porter un diagnostic. Pour étudier la variation intra-utilisateur, un des médecins a réévalué, une semaine plus tard, 5 examens.

2.4 Évaluation quantitative

Pour chaque séquence, le logiciel de segmentation détermine automatiquement les contours endocardique et épicaudique du ventricule gauche (en diastole) sur chacune des images et calcule :

- la masse du cœur :

$$M = \sum_{i \leq n} S m_i . e p . \partial$$

où $e p$ est l'épaisseur des n coupes petit-axe jointives, $S m_i$ la surface du myocarde sur la coupe i et ∂ la densité du tissu myocardique égale à $1,05 \text{ g/cm}^3$.

- le volume télédiastolique :

$$VTD = \sum_{i \leq n} STD_i . e p$$

Le volume télédiastolique VTD est déterminé par intégration des surfaces délimitées par l'endocarde sur toutes les coupes petit-axe explorant le ventricule gauche.

La méthode de segmentation automatique a été précédemment validée sur modèle animal [7] et est basée sur une intégration des techniques de croissance de régions, seuillage adaptatif et détection de gradients d'intensité.

Chacune des valeurs des paramètres calculés est comparée à la valeur obtenue sur la séquence non compressée correspondante.

3. Résultats

3.1 Évaluation de la qualité visuelle des images

Les variations inter et intra utilisateurs sont quasi-identiques. Pour 48% des images, elles sont nulles, sinon elles sont égales à 1. La figure 2 présente la qualité visuelle de l'ensemble des images, tous critères confondus, en fonction du taux de compression (pour chacun des critères, les courbes ont même allure). La qualité visuelle des images compressées n'est pas jugée satisfaisante, au-dessus de 27:1 pour JPEG et de 35:1 pour un codage par ondelettes.

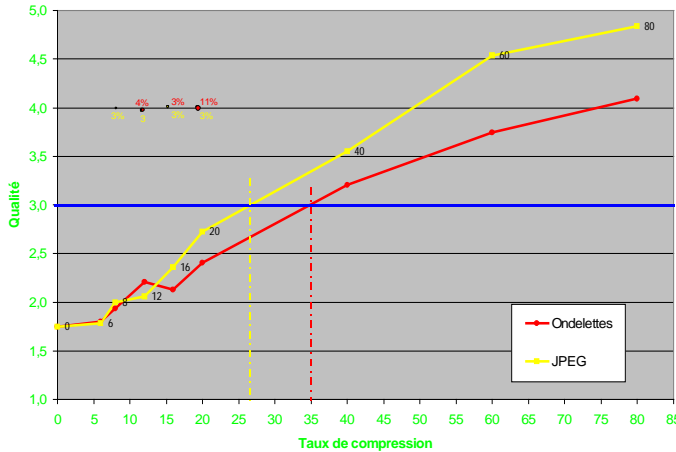


FIG. 2 : Évaluation de la qualité visuelle des images. La qualité visuelle n'est pas considérée interprétable au-dessus de 3.

3.2 Évaluation de la compression par le logiciel de segmentation automatique

La figure 3 présente le pourcentage d'erreur sur la masse en fonction du taux de compression.

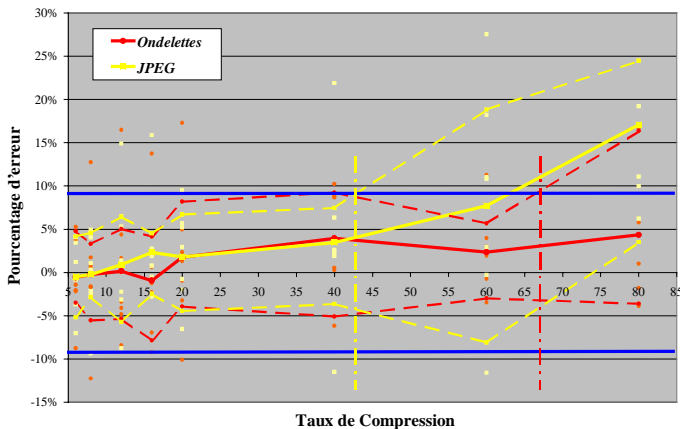


FIG. 3 : Pourcentage d'erreur sur la masse du cœur = (Masse calculée - Masse initiale) / Masse initiale. La masse initiale correspond à la masse calculée sur la séquence originale. Les courbes pleines représentent la moyenne des pourcentages d'erreur. 80% des pourcentages d'erreur sont compris entre les courbes en pointillées. Les droites bleues (à ±8%) correspondent à la variabilité inter-observateur lors d'une détection manuelle des contours.

Ce pourcentage ne dépasse pas 8% pour un codage par ondelettes inférieur à 67:1 et pour un codage JPEG inférieur à 43:1. La même remarque peut être faite pour le volume télédiastolique (courbes homogènes).

4. Discussion

L'évaluation de la qualité visuelle des images reconstruites après codage, limite le taux de compression à 27:1 pour le codage JPEG et à 35:1 pour le codage par ondelettes. A forts taux de compression, le codage JPEG crée un effet de bloc et le codage par ondelettes lisse les contours, le contraste entre le sang et le myocarde devient plus faible (figure 4).

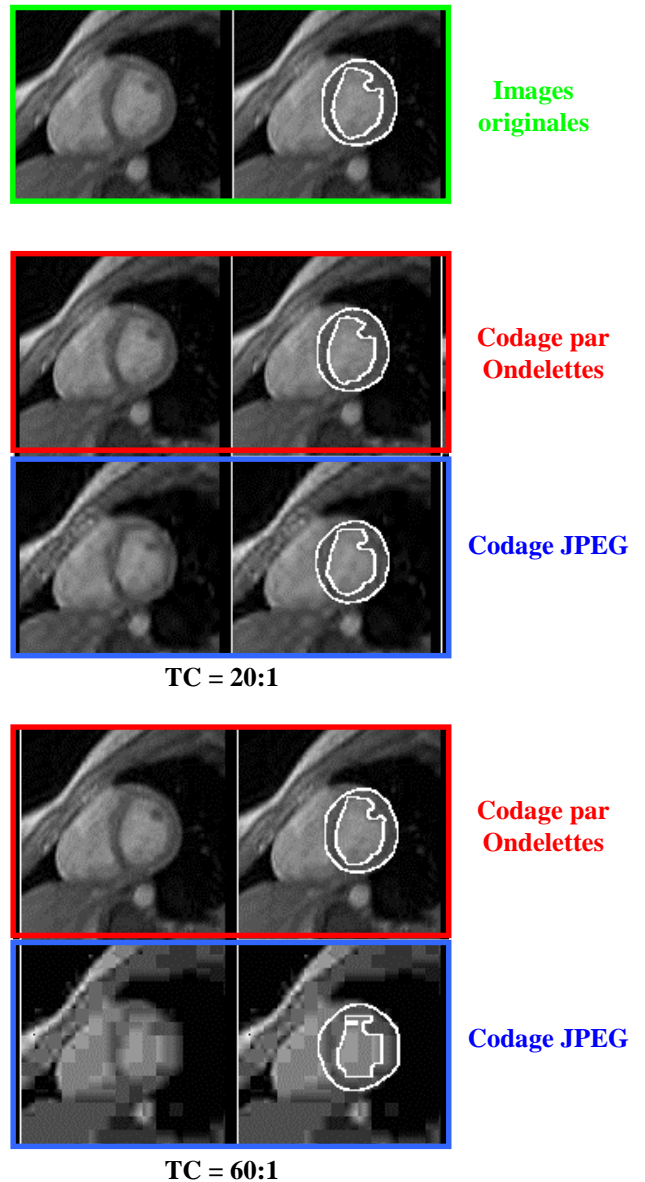


FIG. 4 : Effet des codages JPEG et Ondelettes sur des coupes d'IRM cardiaques. Les contours endocardique et épicaudique sont obtenus par détection automatique.

Ces deux effets sont gênants lors de la visualisation et de l'interprétation des images. Lors du calcul de la masse myocardique, ces effets sont moins perturbants et permettent d'accepter un taux de 43:1 pour le codage JPEG et de 67:1 pour le codage par ondelettes. Le pourcentage d'erreur sur la masse est alors inférieur à 8% ce qui correspond à la variabilité inter-observateur. Lors d'une détection manuelle des contours du ventricule gauche [7]. En fait, l'effet de bloc ou de lissage n'est pas suffisant à 30:1 pour créer des gradients supérieurs aux gradients des contours. Par contre, au-dessus de 40:1, l'effet de lissage dû au codage par ondelettes est acceptable, alors que l'effet de bloc modifie de façon considérable les valeurs des surfaces (40% du volume télédiastolique à 60:1)

5. Conclusion

En imagerie médicale, l'évaluation d'une compression irréversible est toujours délicate. Notre étude montre que bien que difficile à mettre en place, l'évaluation psychovisuelle reste la référence. En effet, en IRM cardiaque, se limiter aux taux de compression définis par l'évaluation psychovisuelle permet d'assurer la validité des paramètres cliniques calculés automatiquement.

Le codage par ondelettes apparaît adapté à la compression de séquences d'images IRM cardiaques et permet des taux de 35:1 (pour JPEG, le taux sera limité à 25:1). Le principe de codage par ondelettes mis en œuvre dans cette étude repose sur une méthode qui n'est pas optimisée et qui dispose d'une marge d'évolution certaine permettant d'espérer une amélioration des taux de compression.

Références

- [1] Kivijarvi, Ojala, Kaukoranta, Kuba, Nyul, Nevalainen. *A comparison of lossless compression methods for medical images*. Comput. Med. Imaging Graph, 22[4], 323-339, 1998.
- [2] C. Cavaro-Ménard, P. Jallet. *A coding system based on a contour-texture model for medical image compression*. Innov. Tech. Biol. Med., 17[5], 359-371, 1996.
- [3] Chan, Lo, Niklason, Ikeda, Lam. *Image compression in digital mammography : Effects on computerized detection of subtle microcalcifications*. Med. Phys., 23[8], 1325-1336, 1996.
- [4] Persons, Palison, Manduca, Erickson, Savcenko. *An analytical look at the effects of compression on medical images*. J. Digital Imaging, 10[3-1], 60-66, 1997.
- [5] Strang, Nguyen. *Wavelets and filter banks*. Wellesley - Cambridge Press, 1996.
- [6] Shapiro. *Embedded Image coding using zerotrees of wavelet Coefficients*. IEEE transactions on signal processing, 41[12], 1993.
- [7] P. Balzer, A. Furber, C. Cavaro-Ménard. *Automated location and segmentation of the heart on small-axis MR images : validation of a simultaneous detection of endocardial borders for the measurement of left ventricular mass*. Book of abstracts, ed. International Society for Magnetic Resonance in Medicine, Barkeley, Calif, 2031, 1997.