

Méthode de prédiction des effets de blocs dans les standards de compression

Aladine Chetouani, Ghilés Mostafaoui, Azeddine Beghdadi

L2TI, Institut Galilée – Université Paris 13, France

aladine.chetouani@l2ti.univ-paris13.fr, ghiles.mostafaoui@l2ti.univ-paris13.fr,
azeddine.beghdadi@l2ti.univ-paris13.fr

Résumé

Nous proposons une nouvelle méthode de prédiction des effets de blocs dans le domaine spatiale. Cet algorithme a pour objectif la prédiction des effets de blocs dans l'image originale avant compression pour une méthode et un taux de compression donnés. L'idée principale est de mesurer la visibilité des effets de blocs à partir de fonctions de poids qui dérivent d'une phase d'apprentissage réalisée sur une base d'images réelles. La méthode a été évaluée objectivement et subjectivement sur différents types d'images. Les résultats obtenus confirment l'efficacité de l'approche proposée.

Mots clefs

Effets de blocs, compression, dégradation, prédiction, apprentissage, tests subjectifs.

1 Introduction

Le caractère non stationnaire du signal image et les contraintes liées à la taille de l'information ainsi que la capacité stockage et de transmission on conduit au développement de méthodes de traitement par bloc. Cependant, ces approches par blocs sont sujettes à des artefacts, connus sous le nom d'effets de blocs, qui dégradent fortement la qualité visuelle des images. Par conséquent, l'efficacité de certaines méthodes de compression telles que BTC (Block Truncation Coding) [1] ou VQ (Vector Quantization) [2] sont fortement limitées par cette dégradation.

Pour un bas débit de compression, ces méthodes font apparaître des effets de blocs visibles dans l'image reconstruite. Ces dégradations sont principalement dues au fait que chaque bloc est transformé et quantifié de manière indépendante. Ces artefacts se manifestent, généralement, au niveau des frontières entre blocs. Ils apparaissent comme des contours verticaux et horizontaux dont la

visibilité dépend fortement de la distribution spatiale des intensités dans l'image. De plus, le système visuel humain (SVH) accroît la perception des contrastes entre deux régions adjacentes. Ce phénomène est appelé effet de Mach [3]. La visibilité des effets de blocs est de ce fait amplifiée par une sensibilité horizontale et verticale accrue du SVH.

Les effets de blocs ont été largement étudiés dans la littérature, donnant ainsi naissance à plusieurs méthodes ad hoc dont le but est d'estimer et de réduire cet artefact. On distinguera alors les approches avec ou sans référence. Il nous semble nécessaire de signaler que les méthodes sans référence sont plus attrayantes car dans un cadre applicatif l'image originale est le plus souvent indisponible.

Dans [4], une méthode sans référence est proposée pour l'estimation des effets de blocs dans le domaine fréquentiel. Les valeurs absolues des différences de chaque ligne sont calculées et vectorisées donnant ainsi une représentation sous la forme d'un signal 1-D. Une mesure de visibilité globale des effets de blocs est alors obtenue en calculant la différence absolue entre le spectre de puissance filtré du signal 1-D (filtre médian) et le spectre non filtré.

Dans [5,6], les effets de bloc sont modélisés dans le domaine TCD comme étant un signal 2-D. Le contraste local au niveau de la frontière entre 2 blocs adjacents est utilisé comme estimateur des effets de blocs en tenant compte de certaines propriétés du Système Visuel Humain (SVH). Dans [5], la mesure de visibilité est exprimée en termes de sommes et de différences à partir de certaines propriétés du SVH.

Dans [7], un filtre itératif minimise l'erreur quadratique moyenne, dans le domaine des ondelettes et réduit les effets de blocs. Une approche similaire est proposée dans [8], Le processus itératif est contrôlé par une mesure de visibilité basée sur le contraste locale.

Dans [9], une nouvelle technique de détection des effets de blocs, basée sur une analyse fréquentielle est

proposée. Les artefacts sont modélisés par une fonction 2-D représentant le lien entre deux blocs voisins. L'activité du signal basée sur le SVH et les mesures statistiques permettent de détecter la présence de la distorsion.

De nombreuses autres méthodes intéressantes traitant les effets de blocs ont été développées [10-12]. Cependant, ces études ont essentiellement pour objectif la détection ou la réduction des effets de blocs dans l'image compressée.

Nous proposons, ici, une approche différente qui aborde la problématique de la prédiction de l'apparition des effets de blocs avant compression. L'objectif principal de cette méthode est de prévenir les dégradations dues à la compression durant les échanges, le partage ou la visualisation des images (streaming vidéo, VOD).

Plus précisément, pour une méthode et un taux de compression donnés, nous associons à chaque région dans l'image originale (avant compression), un poids représentant la visibilité, probable, des effets de blocs après compression. Autrement dit, ce poids peut être interprété comme étant une probabilité d'apparition des effets de blocs.

Dans le cadre de cette étude, nous nous focalisons sur les méthodes de compression par bloc et particulièrement sur celles basées sur la TCD (Transformée en Cosinus Discret), telles que JPEG et MPEG2.

Cet article est organisé comme suit. La section 2 décrit les motivations ainsi que la procédure d'obtention des poids de visibilité des effets de blocs. La section 3 est dédiée aux résultats expérimentaux et à l'évaluation objective et subjective de notre méthode. Nous terminons par une conclusion et des perspectives.

2 Motivation et description de la méthode

Le développement continu de systèmes d'acquisition d'image haute définition on conduit à un besoin croissant de méthode de compression d'images efficaces permettant de ne pas altérer la qualité visuelle de l'image.

Cependant, l'un des principaux problèmes relatifs à la compression d'image est le contrôle de qualité. Une solution envisageable, permettant de contrôler cette dégradation, est de prédire la distorsion structurée afin de la réduire par la suite.

En s'inspirant de la capacité visuelle de l'homme à détecter et reconnaître les effets de blocs en l'absence de toute référence, nous proposons une nouvelle approche basée sur un processus d'apprentissage. En effet, nous pensons que cette capacité du SVH est sans doute liée à certaines connaissances a priori enregistrées dans le cerveau et acquises à partir d'observations visuelles.

Partant de cette hypothèse, l'idée principale développée ici, est d'étudier la relation entre l'apparition des effets de blocs et les voisinages des pixels dans l'image non compressée. On en déduira alors une fonction de poids permettant d'affecter à chaque pixel de l'image non compressée, un poids qui peut être interprété comme une prédiction de la probabilité (locale) d'apparition d'effets de blocs. Pour ce faire, nous effectuons un apprentissage offline sur une base d'images en niveau de gris et en couleur. Des échantillons de la base sont présentées figure 1. Le processus général est résumé figure 2.

2.1 Apprentissage



Figure 1: Echantillons de la base d'images utilisée pour l'apprentissage (CCN image database).

L'apprentissage est réalisé sur une base de 211 images naturelles (F. C. Donders Centre for Cognitive Neuroimaging database, voir figure 1). Ces images sont de contenus variés représentant différents types de textures, de distributions spatiales et de contrastes.

Avant d'extraire certaines caractéristiques locales des images de la base d'apprentissage, nous analysons, dans un premier temps, la distribution spatiale des pixels. En effet, l'apparition des effets de blocs dans l'image dépend fortement de descripteurs locaux comme la couleur, l'homogénéité, le gradient etc. Ces caractéristiques locales sont souvent exprimées dans l'espace des fréquences spatiales par transformées telles que la transformée en ondelettes ou la TCD. Cependant, afin de rester indépendant de la méthode de compression, nous choisissons comme descripteur local la variance qui est

une mesure statistique simple, décrivant l'homogénéité et l'activité locale du signal.

Ainsi, pour chaque image f de la base d'apprentissage, on calcule l'image correspondante des variances locales notée V correspondante (voir figure 3.b).

On analyse alors statistiquement la relation entre ces variances locales et l'apparition des effets de bloc dans les images de la base d'images compressées à différents taux de compression. Introduisons les notations suivantes :

- g_q : L'image compressée de l'image originale f de la base de données, avec q représentant les différents facteurs de qualité ($q \in [1,100]$ pour JPEG).
- g'_q : L'image des gradients correspondant à g_q

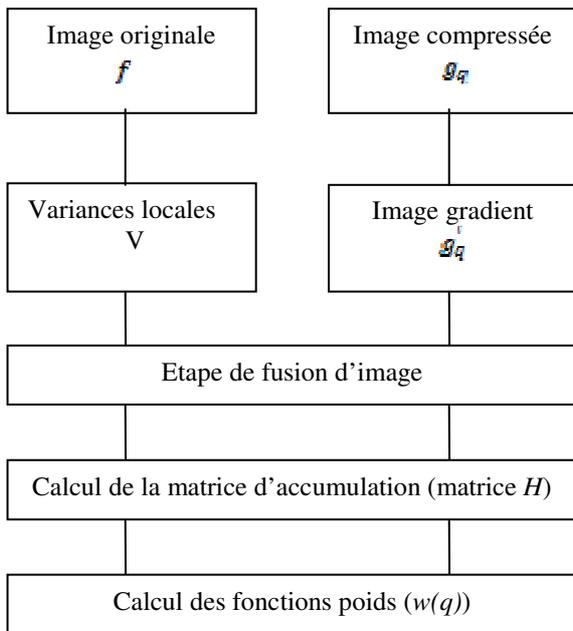


Figure 2: Synoptique.

L'effet de quantification génère de larges zones uniformes que l'on peut identifier et détecter en analysant g'_q (gradient faible ou nul).

Ce premier processus ne permet d'obtenir qu'une détection simple et grossière des effets de blocs (voir figure 3.c). On montre, par la suite, que les erreurs induites par cette détection restent négligeables et sans effet sur le processus d'apprentissage.

On utilise ici une méthode d'apprentissage cumulative basée sur un processus de vote. On définit

alors une table d'accumulation qui représente les statistiques des apparitions des effets de blocs dans les images compressées pour différents facteurs de qualité. Cette table de vote est une matrice 2-D notée $H(v,q)$ où v correspond à la valeur de la variance ($v \in [0,255]$) et q représente le facteur de qualité ($q \in [1,100]$).

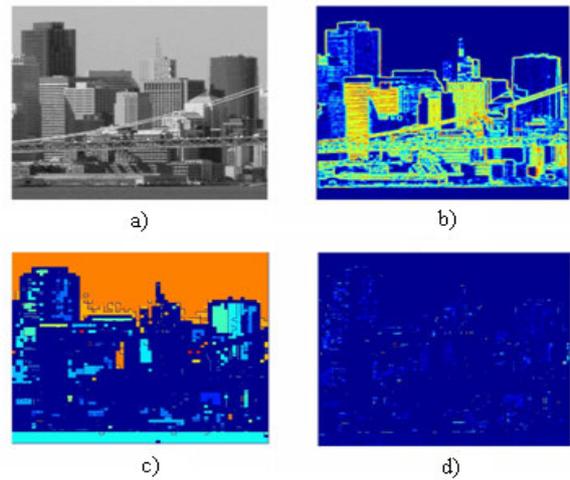


Figure 3: a) Image originale, b) Image variance locale, c) Image labélisée des régions à gradients nuls de l'image compressée, d) Variances locales des pixels ayant un gradient nul dans l'image compressée.

Notons $\{f^i, i \in [1, N]\}$ l'ensemble des images de la base d'apprentissage et V^i , g_q^i et g'_q^i ($q \in [1,100]$) les images de variances, compressées et de gradients respectivement.

Soit (x^i, y^i) un pixel de l'image f^i . Pour chaque couple (v,q) , on définit la fonction d'influence du pixel (x^i, y^i) par :

$$\varphi^i(v,q) = \begin{cases} 1 & \text{si } v = V^i(x^i, y^i) \text{ et } g'_q{}^i(x^i, y^i) = 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (1)$$

L'équation (1) signifie qu'un pixel (x^i, y^i) va avoir une influence dans la cellule (v,q) de $H(v,q)$ si, sa variance locale correspond à v et que la valeur absolue de son gradient ($g'_q{}^i(x^i, y^i)$) dans l'image compressée est nulle (le pixel est probablement touché par la dégradation).

Après avoir calculé les fonctions d'influence pour les pixels $((x^i, y^i))$ des images f^i de la base d'apprentissage, on définit les valeurs d'une cellule (v,q) de la table d'accumulation H comme suit :

$$H(v, q) = \sum_i \varphi^i(v, q) \quad (2)$$

La figure 4 montre un exemple de table d'accumulation. Pour une meilleure visibilité, uniquement les variances entre 0 et 16 sont représentées.

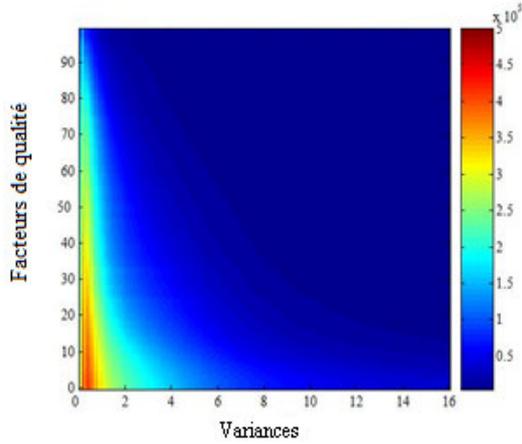


Figure 4: Matrice d'accumulation des votes

La figure 4 montre clairement la cohérence des données relevées. En effet, on peut constater que plus la variance et le facteur qualité sont faibles, plus la probabilité d'apparition des effets de blocs est élevée. Les erreurs dues à l'approximation de la détection des effets de bloc ont donc complètement disparu grâce à la masse de données correctement accumulées.

2.2 Processus d'affectation des poids

La matrice de vote est utilisée pour l'obtention de la fonction de poids, représentant la probabilité locale d'apparition des effets de blocs (après compression) selon les voisinages des pixels (caractérisés par leurs variances) dans l'image non compressée. Pour un facteur de qualité donné, la fonction poids peut être simplement obtenue en exploitant la matrice H , comme suit :

$$w_q(v) = H(v, q) \quad v \in [0, 255] \quad (3)$$

La matrice H a été obtenue à partir de la base d'apprentissage contenant des images réelles. Il est donc important de souligner que toutes les valeurs possibles de variances locales ne seront pas forcément représentées. De plus, les régions homogènes sont prédominantes dans les images naturelles (les valeurs de variances faibles sont plus représentées que les variances élevées). Ceci conduit

à une sous représentation de certaines cellules de la table de vote. Pour palier ce problème, on utilise une interpolation polynomiale de la fonction de poids (équation 3). Après normalisation, on obtient les fonctions poids illustrée par la figure 5 (pour $q = 80, 25, 15$ et 10).

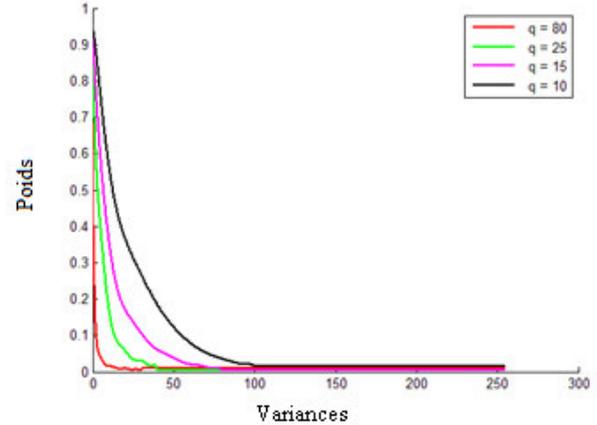


Figure 5: Fonction poids pour différents facteurs de qualité.

On peut là aussi noter la cohérence des résultats obtenus. En effet, pour une variance donnée v , plus le facteur de qualité diminue (bas débit de compression), plus le poids est élevé (la probabilité d'apparition des effets de blocs augmente).

3 Résultats expérimentaux

Afin d'évaluer l'efficacité de la méthode de prédiction des effets de blocs proposée, des tests subjectifs et objectifs ont été mis en place. Les deux procédures sont détaillées dans cette section. L'évaluation subjective des mesures de distorsions perceptuelles étant l'approche la plus acceptée, nous évaluons la mesure objective en termes de corrélation avec le MOS (Mean Opinion Score), obtenu lors des tests subjectifs.

3.1 Tests objectifs

Afin de tester l'efficacité de la méthode proposée, des tests expérimentaux sont réalisés avec différents taux de compression, sur une base de plus de 200 images naturelles, différentes de celles utilisées durant l'apprentissage. La procédure expérimentale est très simple et ne requiert que l'image originale. Etant donné une image test f à analyser, la probabilité pour d'un pixel (x, y) appartienne à une région affectée par les effets de blocs, pour un facteur de qualité q de compression (JPEG) est :

$$w_q(v) \text{ avec } v = V(x,y) \quad (4)$$

où w_q représente la fonction poids obtenue par apprentissage et V la variance locale en (x,y) . Cette définition nous permet d'avoir une prédiction très rapide. En effet, les fonctions de poids (obtenues durant l'apprentissage offline) peuvent être vues comme de simples tables de correspondance (LUT). La procédure de prédiction est donc réduite à un simple calcul de variances locales.

La figure 6 représente un exemple de prédiction des effets de blocs à différents facteur de qualité. Où les régions rouge et bleue correspondent respectivement aux fortes et faibles probabilités.

A travers ces résultats, on peut noter une augmentation des poids lorsque le facteur de qualité diminue. De plus, il apparaît que les régions homogènes sont plus rapidement altérées par les effets de blocs (avec la diminution de q) que les zones texturées. Les mêmes constatations ont été faites pour différentes images test.

Un autre exemple est illustré par la figure 8. L'image test, compressée ainsi que la carte de prédiction y sont présentées. On constate que les poids forts correspondent bien aux régions les plus dégradées par les artefacts de compression.

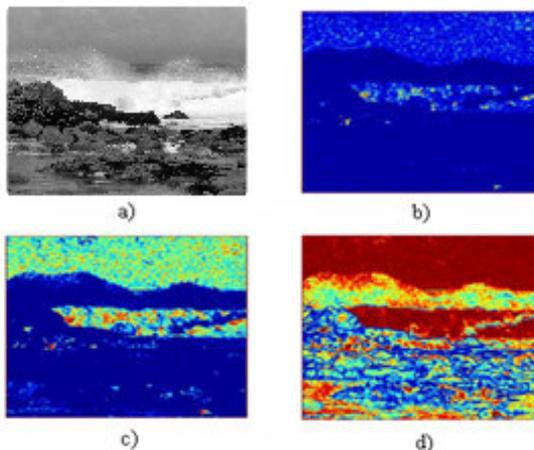


Figure 6: Prédiction des effets de blocs: a) Image originale, b)-d) Respectivement, images de visibilité des effets de blocs pour un facteur de qualité $q=49$, $q=17$ et $q=4$.

3.2 Tests subjectifs

L'évaluation subjective de la qualité d'image est l'approche la plus acceptée. Malheureusement, elle nécessite de suivre plusieurs procédures qui ont été formalisées par l'UIT [13]. Ces procédures sont complexes et non déterministes. Il est aussi à noter qu'une corrélation parfaite avec le SVH n'est jamais obtenue notamment à cause de la variabilité naturelle de la qualité des évaluations subjectives et des difficultés de maîtrise de l'environnement de mesure.

Le nombre d'observateurs qui ont participé aux tests s'élève à 10. On présente, à chaque observateur, différentes images compressées à différents facteurs de qualité q . Il lui est demandé d'identifier, pour chaque taux de compression (facteur de qualité) et pour chaque image de la base, l'apparition des effets blocs.

Le MOS obtenu pour chaque image est illustré par la figure 7 (ligne blanche). Il correspond au facteur de qualité pour lequel les effets de blocs commencent à être visibles (selon l'observateur moyen). Pour chaque facteur de qualité ($q \in [1,100]$) et chaque image de test, on calcule les poids correspondant. Les résultats sont représentés figure 7. Les résultats obtenus montrent que l'observateur moyen commence à percevoir les effets de blocs (dans les images compressées) pour une probabilité (prédite par notre système) supérieure à 0.4.

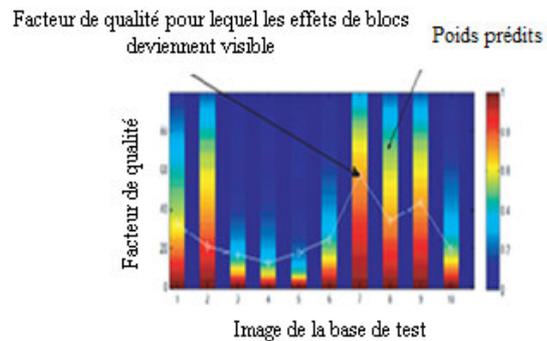


Figure 7: Mesure subjective et objective des effets de blocs.

4 Conclusion and perspectives

Une méthode simple et efficace permettant de prédire l'apparition des effets de blocs dans l'image originale non compressée est proposée dans cet article. Elle est basée sur une analyse locale de l'image et un apprentissage. Les résultats obtenus, en corrélation avec les tests subjectifs,

montrent l'efficacité de l'approche proposée. Cette méthode de prédiction peut être utilisée comme un outil de contrôle de qualité avant compression, afin de fixer le taux de compression en fonction de la qualité d'image désirée.

Comme perspective, nous envisageons d'ajouter un modèle de masquage afin que la méthode soit plus adaptée à l'activité du signal image et aux limitations du SVH. Cette méthode de prédiction peut aussi être étendue à d'autres techniques de compression par bloc.

REFERENCES

- [1] Delp, E.J., Mitchel, O.R., 1979. "Image compression using block truncation coding". *IEEE transactions on Communications*, N°27 pp 1135-1142.
- [2] Gray, R. M., 1984. "Vector Quantization". *IEEE ASSP Magazine*, 1, N°2, pp.4-29.
- [3] Welford, W.T., 1968. "The visual Mach effect". *Physics Education*, vol. 3, Issue 2, pp. 83-84.
- [4] Wang, Z., Bovik, A.C., Evans, B.L., September 2000. "Blind measurement of blocking artefacts in images". *IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 3, pp. 981-984.
- [5] Bovik, A.C., Liu, S., May 2001. "DCT-domain blind measurement of blocking artefacts in DCT-coded images". *Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*.
- [6] Coudoux, F.X., Gazalet, M.G., Corlay, P., January 1998. "Reduction of blocking effect in DCT-coded images based on a visual perception criterion". *Signal Processing: Image Communication*, vol. 11, Issue 3, pp. 179-186.
- [7] Jang, I.H., Kim, N.C., So, H.J., 2003. "Iterative blocking artefact reduction using a minimum mean square error filters in wavelet domain". *Signal Processing* 83(12), pp. 2607-2619.
- [8] Luong, M., Beghdadi, A., Souidene, W., Le Négrate, A., 2005. "Coding artefact reduction using adaptive post-treatment". *IEEE ISSPA*, vol. 1, pp. 347-350.
- [9] Singh, S., Kumar, V., Verma, H.K., January 2007. "Reduction of blocking artefacts in JPEG compressed images". *Digital Signal Processing*, vol. 17, Issue 1, pp. 225-243.
- [10] Castagno, R., Marsi, S., Ramponi, G., August 1998. "A simple algorithm for the reduction of blocking artifacts in images and its implementation". *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 44, N° 3.
- [11] Lee, Y.L., Lim, H.C., Park, H.W., February 1998. "Blocking effect reduction of JPEG images by signal

adaptative filtering". *Image Processing, IEEE Transactions on* vol. 7, Issue 2, pp. 229 - 234.

- [12] Zeng, B., December 1999. "Reduction of blocking effect in DCT-coded images using zero-masking techniques". *Signal Processing*, vol. 79, Issue 2, pp. 205-211.

- [13] CCIR, 1990-1994. "Method for subjectives assessment of the quality of television pictures", *Recommendation. 500-4*.

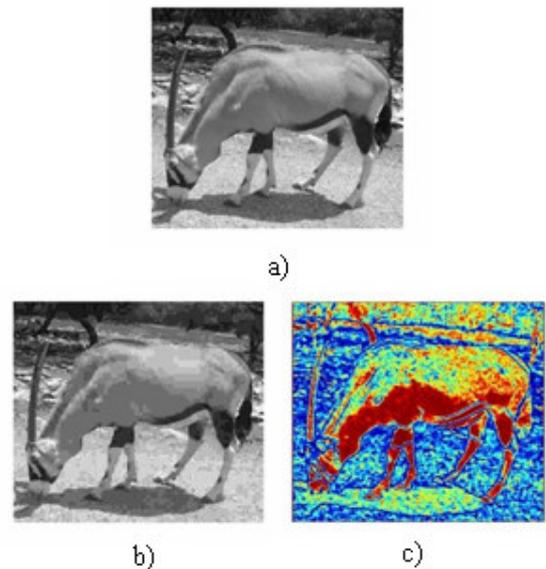


Figure 8: Prédiction des effets de bloc : a) Image originale, b) Image compressée, c) Image de visibilité des effets de blocs pour un facteur de qualité $q = 10$.