

## EFFECT OF BANDELITATION OF IMAGES ON COMPRESSION BY ALGORITHM SPECK

M. Hettiri<sup>\*1</sup>, Z. E. Baarir<sup>1</sup>, A. Ouafi<sup>1</sup>, A. Taleb-ahmed<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Recherche LESIA, Université de Biskra

<sup>2</sup>Laboratoire LAMIH FRE CNRS 3304 UVHC, Université de Valenciennes, France

Received: 26 March 2019 / Accepted: 06 July 2019 / Published online: 01 September 2019

### ABSTRACT

The bandelets representation (the bandelitation) effectively gives the contours of the images thanks to the orthogonal bases of bandelets as well as the zones of homogeneous regularity in the form of a residue decomposed in wavelets. The orthonormal framework makes it possible to obtain theoretical results on the approximation capabilities of this representation showing their interest with respect to the two-dimensional separable wavelet bases. However, it remains to confirm these elements by numerical results of compression.

We propose in this work a new approach based on the bandelitation effect on the SPECK algorithm "Set Partitioning Embedded bloCK". The proposed approach manipulates the coefficients less because it is characterized by additional decorrelations in the exploitation of the geometry of the image.

**Keywords:** bandelets; contours; geometry of the image.

---

Author Correspondence, e-mail : [hettiri.docteur@gmail.com](mailto:hettiri.docteur@gmail.com)

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v11i3.7>

### 1. INTRODUCTION

Les méthodes de compression d'images les plus performantes à l'heure actuelle, sont basées sur la transformée en ondelettes qui permet de décorréler spatialement les images. Les méthodes utilisées jusqu'à présent sont en effet des méthodes génériques, c'est-à-dire qu'elles ne tiennent pas compte du contenu des images étudiées. Or, pour pouvoir être plus performant et dépasser les taux de compression limites atteints avec les transformations (décorrélations



spatiales) actuelles (DCT, Ondelettes,...), il est nécessaire de mettre au point des compresseurs (intelligents) qui s'intéressent au contenu de l'image avant la compression. L'objectif de cette thèse est de mettre en place une nouvelle méthode de compression applicable aux images 2D appelée transformée en bandelettes de façon à exploiter la géométrie de l'image (le contenu de l'image) afin d'améliorer le rapport qualité/ compression. L'article est organisé comme suit: au début dans la section 1, nous présentons les différentes étapes de la transformée en bandelettes. Ensuite à la section 2, nous détaillons les étapes de notre algorithme. Enfin dans la section 3, nous présentons les résultats obtenus avec différentes images de test. Nous comparons aussi le SPECK original avec notre codeur SPECK avec bandelettes. On fait aussi dans la section 4 une analyse des résultats obtenus ainsi qu'une étude comparative en se basant sur la métrique suivante : le taux de compression et le PSNR.

## 2. APPROCHE PROPOSEE

Au début, nous appliquons la transformation en bandelettes sur l'image d'entrée. Ensuite, nous calculons le seuil de compression " $T_n$ " afin de tester la signifiante des blocs et des coefficients de bandelettes par rapport à ce seuil; le codage se fait par '0' si les coefficients ou les blocs désignés sont insignifiants et par '1' s'ils sont signifiants par rapport au seuil calculé.

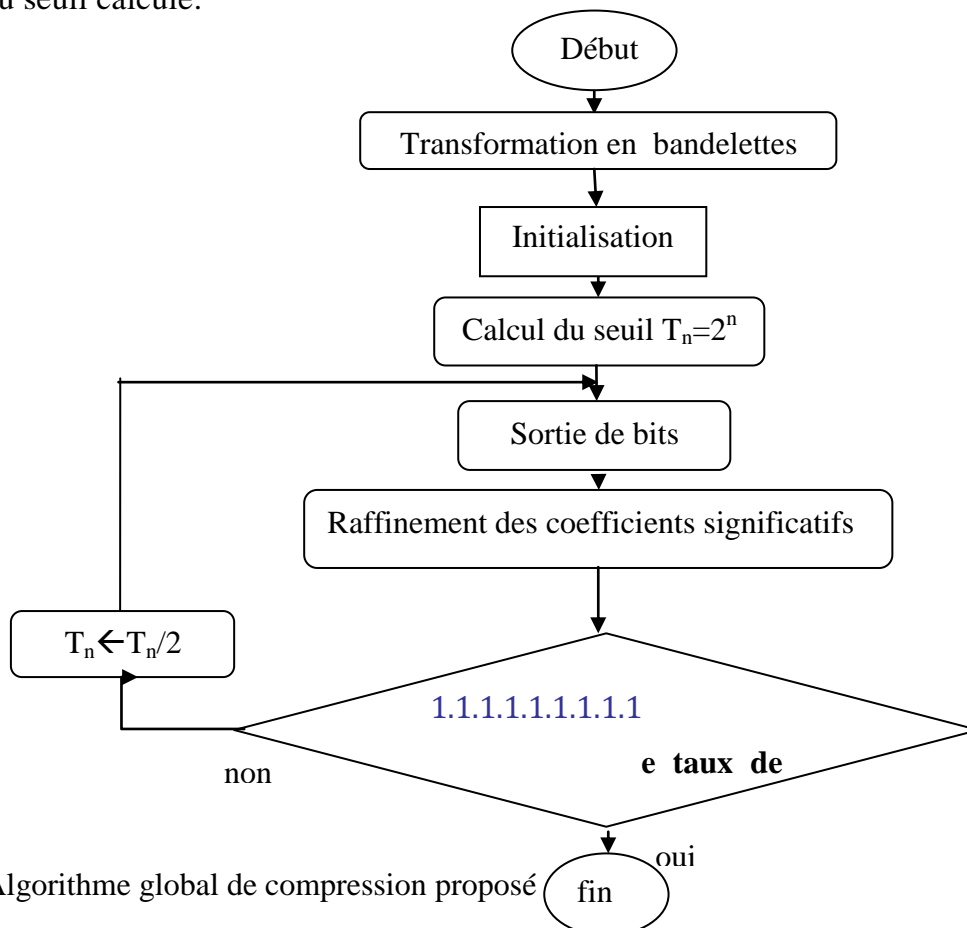


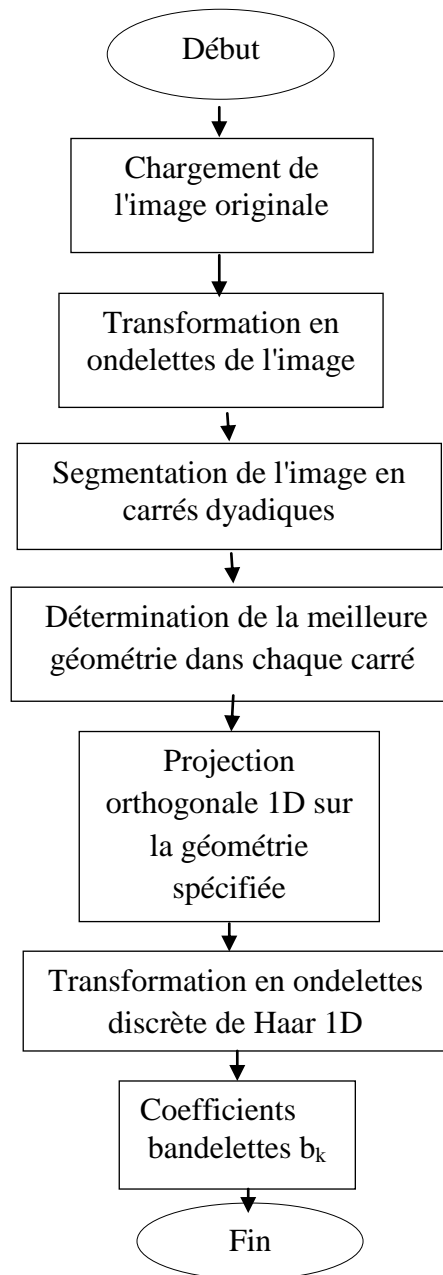
Fig.1. Algorithme global de compression proposé

Enfin, nous terminons par une étape de raffinement des coefficients significatifs. Après la décrémentation du seuil " $T_n$ ", le programme se déroule jusqu'à l'obtention du taux de compression désiré (figure 1).

### 3. ETAPES DETAILLEES DE L'ALGORITHME

#### 3.1 Transformation en bandelettes

La transformée en bandelettes s'effectue en Cinq étapes principales (figure 2):



**Fig.2.** Etapes détaillées de la transformation en bandelettes

**a-** Transformation en ondelettes  $TO_M$  de l'image  $M$ .

- b-** Segmentation de chaque sous-bande en carrés dyadiques.
- c-** Détermination de la meilleure géométrie qui définit la direction de la régularité géométrique dans chaque carré dyadique. La meilleure géométrie est celle qui minimise le lagrangien L comme suit :

$$L = \|T O_M - A_M\|^2 + m T_g^2 \quad (1)$$

Tel que:

$T_g$  : seuil de la géométrie.

$A_M$  : Approximation de  $T O_M$  avec une base orthogonale (ondelette de Haar ).

$m$  : Nombre de coefficients de l'approximation de  $T O_M$  supérieurs au seuil  $T_g$ .

- d-** Une projection orthogonale 1D est effectuée à la géométrie spécifiée de chaque carré pour définir un signal discret 1D  $S_d$ .
- e-** Une transformation en ondelettes discrète de Haar 1D est appliquée au signal  $1D S_d$  donnant les coefficients de bandelettes  $b_k$ .

### 3.1.1 Transformation en ondelettes de l'image:

Nous avons chargé l'image originale parmi des différentes images de tailles : 128x128 pixels, 256x256 pixels et 512x512 pixels. Ensuite Nous avons appliqué sur cette image la transformée en ondelettes afin d'obtenir des sous-bandes corrélées entre elles.

### 3.1.2 Segmentation de chaque sous-bande en carrés dyadiques

Nous segmentons l'image transformée en ondelettes  $T O_M$  en carrés dyadiques selon les étapes suivantes:

- ✓ Calcul de la taille "N" de l'image originale transformée en ondelettes.
- ✓ Choix du rang "r" qui détermine la taille du carré ( $2^r$ ).
- ✓ Segmentation de  $T O_M$  en  $(N/2^r)$  carrés.
- ✓ Recherche de la direction optimale pour chaque carré par rapport au seuil  $T_g$ .

### 3.1.3 Détermination de la direction optimale pour chaque carré

Nous cherchons la valeur de Theta qui représente l'angle optimal pour chaque carré (on met Inf pour aucune géométrie dans le carré). La direction optimale ( $\Theta_{(optimal)}$ ) est celle qui minimise le Lagrangien "L".

La détermination de la meilleure géométrie comprend les étapes suivantes [1-4]:

- a) Choix du facteur "s" de super résolution pour la géométrie par défaut ( $s=2$ ).
- b) Nombre de directions testés est :  $2 * (2^r) * s$
- c) Le pas de test est:

$$t = \pi / (2 * (2^r) * s) \quad (2)$$

- d) Calcul des angles de direction Theta qui prend les valeurs de l'intervalle  $[t/2 \pi-t/2]$  avec un pas de  $t$  et en ajoutant la valeur de Theta d'aucune géométrie (Inf).
- e) Initialement "L" le vecteur pour stocker les valeurs de lagrangien est vide.
- f) Calcul  $W_{\text{carré}}(\text{Theta})$  la transformée warpée de Haar des coefficients de transformée d'ondelettes pour chaque Theta comme suit:
- ✓ Echantillonnage en deux dimensions (X,Y) d'ordre  $(2^r \times 2^r)$ .
  - ✓ Projection sur la direction orthogonale sur le repère (-sin et cos) selon la relation suivante:

$$P_{\text{Theta}} = -\sin(\text{Theta}) * X + \cos(\text{Theta}) * Y \quad (3)$$

- ✓ Mettre les valeurs de "  $P_{\text{Theta}}$  " selon l'ordre croissant.
  - ✓ Application de la transformée de Haar sur les coefficients d'ondelettes selon l'ordre croissant des valeurs de "  $P_{\text{Theta}}$  ".
- g) Calcul l'erreur entre la transformée warpée de Haar ( $W_{\text{carré}}(\text{Theta})$ ) et la transformée d'ondelettes ( $TO_{\text{carré}}$ ) pour chaque Theta.
- h) Calcul de la valeur de "m" qui représente le nombre de coefficients de la transformée ( $W_{\text{carré}}(\text{Theta})$ ) supérieurs à  $T_g$  pour chaque Theta.
- i) Calcul du nouveau lagrangien L pour chaque theta comme suit :
- $$L = \sum_{i=1}^{2^r} \sum_{j=1}^{2^r} |W_{\text{carré}}(\text{Theta}) - TO_{\text{carré}}|^2 + m * T_g^2 \quad (4)$$
- j) Mettre la valeur du nouveau lagrangien pour chaque Theta au vecteur des lagrangiens.
- k) Recherche de la valeur minimale du Lagrangien parmi le vecteur des lagrangiens.
- l) L'angle optimal  $\text{Theta}_{(\text{optimal})}$  pour chaque carré est l'angle qui correspond à la valeur minimale du Lagrangien.

### 3.1.4 Projection orthogonale 1D sur la géométrie spécifiée pour chaque carré

La projection orthogonale sur la géométrie spécifiée du carré dyadique est obtenue comme suit [12].:

- ✓ Aucune projection orthogonale sur la géométrie spécifiée si la valeur de Theta est Inf.
- ✓ La taille du carré est toujours  $(2^r)$ .
- ✓ Echantillonnage en deux dimensions (X,Y) d'ordre  $(2^r \times 2^r)$ .
- ✓ Projection sur la direction orthogonale sur le repère (-sin et cos) selon la relation suivante:

$$P_{\text{Theta}(\text{optimal})} = -\sin(\text{Theta}(\text{optimal})) * X + \cos(\text{Theta}(\text{optimal})) * Y \quad (5)$$

- ✓ Mettre les valeurs de "  $P_{\text{Theta}(\text{optimal})}$  " selon l'ordre croissant.

- ✓ Obtenir les coefficients de bandelettes  $b_k$  par l'application de la transformée de Haar sur les coefficients d'ondelettes selon l'ordre croissant des valeurs de " $P_{\text{Theta}(\text{optimal})}$ ".

### 3.2 Calcul du seuil

L'algorithme SPECK consiste à effectuer des répartitions successives de l'image transformée en blocs. Lorsque tous les coefficients de bandelettes ont des valeurs inférieures à un seuil donné, on obtient un bloc de zéros (bloc insignifiant) [2-7].

Pour une image de taille " $N \times M$ ", on calcule le seuil " $n$ " comme suit :

$$n = \log_2 (\max (C_{i,j})) \text{ avec } i \in [1: N] \text{ et } j \in [1, M] \quad (6)$$

On dit qu'un coefficient de bandelettes  $C_{i,j}$  est significatif par rapport à un seuil " $n$ " s'il vérifie la relation suivante :

$$\mathcal{S}_{C_{i,j}} = 1 \implies 2^n \leq |C_{i,j}| < 2^{n+1} \quad (7)$$

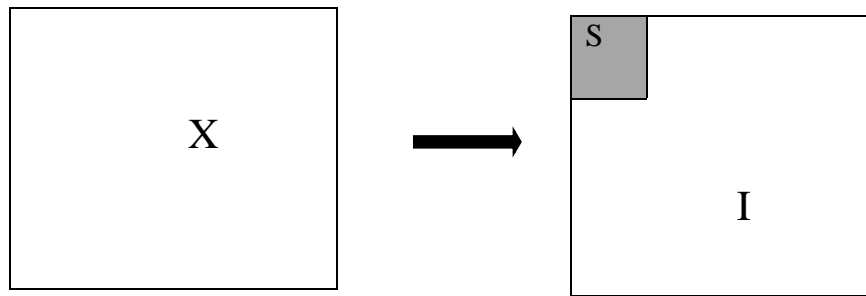
On définit la signifiante d'un ensemble " $S$ " de coefficients de bandelettes  $C_{i,j}$  par rapport à un seuil " $n$ " [11]. :

$$\mathcal{S}_n(S) = \begin{cases} 1 & \text{si } 2^n \leq (\max_{(i,j) \in S} |C_{i,j}|) < 2^{n+1} \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad (8)$$

Quand le résultat de test est "1", on dit que cet ensemble est significatif par rapport au seuil " $n$ "; autrement dit, un bloc est insignifiant si tous ses coefficients sont insignifiants. Par contre, le bloc est significatif si on trouve au moins un coefficient significatif dans le bloc.

### 3-3 Initialisation

Dans l'étape de l'initialisation, l'image " $X$ " est partitionnée en deux ensembles, un ensemble " $S$ " qui prend les coefficients de la sous-bande la plus basse et un ensemble " $I$ " qui prend le reste de l'image tel que :  $I = X - S$ . La liste des pixels significatifs est initialisée vide ( $LSP$ ) =  $\emptyset$  [6-9].



**Fig.3.** Partition de l'image X en deux ensembles S et I

### 3.4 Sortie de bits

Pour l'algorithme SPECK, on détermine deux listes [3-10] :

- La liste des ensembles insignifiants (LIS): qui contient des blocs de type S de tailles variables qui n'ont pas encore été trouvés significants par rapport au seuil courant  $T_n$ .
- La liste des pixels significants (LSP): qui contient les pixels ayant été examinés significants par rapport au même seuil.

La sortie de bits dans l'algorithme SPECK est effectuée comme suit :

✓ Pour chaque ensemble  $S \in LIS$  :

- Process  $\mathcal{S}(S)$
- Process I ()

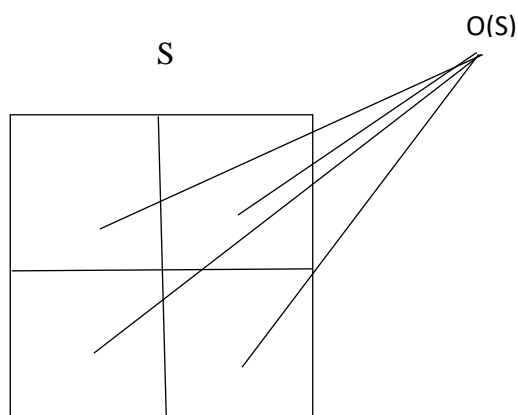
#### Process $\mathcal{S}(S)$

```
{
  • Sortie de  $\mathcal{S}_n(S)$ 
  • if  $\mathcal{S}_n(S) = 1$ 
    - if S est un coefficient, on code son signe et on le met à la sortie , puis, on
      ajoute S à LSP.
    - else Code S(S).
    - if  $S \in LIS$  , on enlève S de LIS.
  • else
    - if  $S \notin LIS$ , on ajoute S à LIS.
}
```

#### Code $\mathcal{S}(S)$

```
{
```

- Partition S en quatre sous-ensembles égaux O(S) (voir figure 4)
- Pour chaque O(S)
  - Sortie de  $\mathcal{S}_n(O(S))$
  - if  $\mathcal{S}_n(O(S)) = 1$ 
    - if S est un coefficient, on code son signe et on le met à la sortie , puis, on ajoute O(S) à LSP.
    - else Code S(O(S))
  - else
    - on ajoute O(S) à LIS.



**Fig.4.** Partition de l'ensemble S

#### Process I()

- ```
{
  • Sortie de  $\mathcal{S}_n(I)$ 
  • if  $\mathcal{S}_n(I) = 1$ 
  - Code I().
}
```

#### Code I()

- ```
{
  • Partition I en quatre sous-ensembles trois S et un seul I (figure 5)
  • Pour chacun des trois ensembles S
  - Process S(S)
  • Process I()
}
```



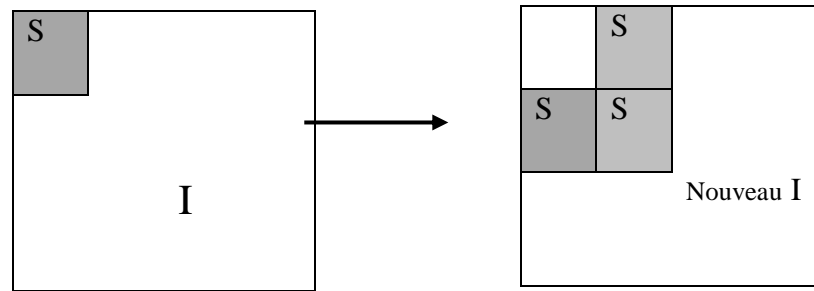


Fig.5. Partition de l'ensemble I

**3.5 Raffinement des coefficients significatifs:**

Pour tous les coefficients signifiants déterminés dans l'étape précédente, on émet le bit d'ordre (n) pour augmenter la précision des valeurs significatives transmises, l'algorithme correspondant est le suivant [8]:

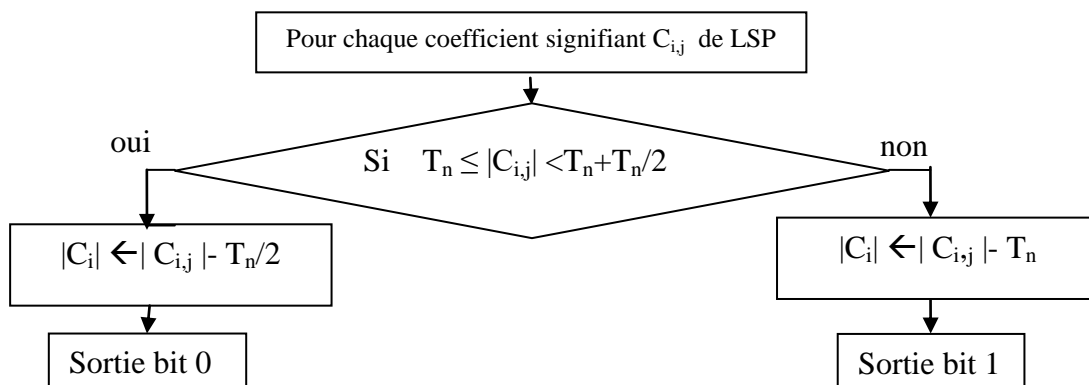


Fig.6. Algorithme de l'étape de raffinement des coefficients significatifs

Le principe de l'algorithme de raffinement est l'utilisation d'un quantificateur scalaire uniforme défini par rapport au seuil  $T_n$ . Globalement les coefficients significatifs sont compris dans l'intervalle  $[T_n, 2T_n[$ . Le bit d'ordre (n) du coefficient prend "0" si le coefficient se trouve dans l'intervalle  $[T_n, 3T_n/2[$  tandis que ce bit prend "1" si le coefficient se trouve dans l'intervalle  $[3T_n/2, 2T_n[$ .

A chaque nouveau seuil, nous réalisons un raffinement des intervalles d'incertitude en les divisant par deux. Ainsi, l'indice de quantification est mis à "0" pour les coefficients

appartenant à la première moitié de l'intervalle alors que l'indice de quantification "1" est utilisé pour la seconde moitié.

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons appliqué le SPECK sur différentes images transformées en ondelettes puis en bandelettes. Ce codeur utilisant les bandelettes donne des meilleurs résultats par rapport à SPECK original car il exploite plus les corrélations entre les coefficients de bandelettes (voir Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3).

**Tableau 1.** Variation du PSNR en fonction du TC pour SPECK et SPECK avec bandelettes appliqués sur l'image Penny de taille 128x128 pixels

TC (%)	Débit (bpp)	Nombre de bits	PSNR (dB)	
			SPECK	SPECK avec bandelettes
90	0.8	13107	39.62	39.82
91	0.72	11796	38.79	39.01
92	0.64	10485	37.98	38.17
93	0.56	9175	37.08	37.29
94	0.48	7864	35.73	35.92
95	0.40	6553	34.77	34.84

**Tableau 2.** Variation du PSNR en fonction du TC pour SPECK et SPECK avec bandelettes appliqués sur l'image Woman de taille 256x256 pixels

TC (%)	Débit (bpp)	Nombre de bits	PSNR (dB)	
			SPECK	SPECK avec bandelettes
90	0.8	52428	34.97	35.29
91	0.72	47185	34.60	34.90
92	0.64	41943	34.20	34.40
93	0.56	36700	33.52	33.61
94	0.48	31457	32.81	32.92
95	0.40	26214	32.00	32.14

**Tableau 3.** Variation du PSNR en fonction du TC pour SPECK et SPECK avec bandelettes appliqués sur l'image Peppers de taille 512x512 pixels

TC (%)	Débit (bpp)	Nombre de bits	PSNR (dB)	
			SPECK	SPECK avec bandelettes
90	0.8	209715	36.80	37.02
91	0.72	188743	36.38	36.63
92	0.64	167772	36.01	36.25
93	0.56	146800	35.64	35.88
94	0.48	125829	35.21	35.43
95	0.40	104857	34.46	34.57

## 5. CONCLUSION

Le codeur SPECK avec bandelettes donne des meilleurs résultats par rapport à SPECK original car il exploite plus les corrélations entre coefficients de bandelettes. Les images obtenues avec les bandelettes restent régulière le long de la géométrie utilisée tandis que celle obtenues avec les ondelettes présentent des effets oscillants.

Les résultats de nos tests montrent un gain perceptuel important des bandelettes par rapport aux ondelettes, car la géométrie des images est mieux respectée et les phénomènes d'oscillations près des contours sont diminués.

## 6. REFERENCES

- [1] Rehna V J , JeyaKumar M K, Wavelet based image coding schemes: A recent survey, International Journal on Soft Computing (IJSC) , 2012 , Vol 3, No 3, , 101-118.
- [2] Naimur R K, Alam M, Ekram K and Rizwan B, A Efficient Memory No List Set Partitioned Embedded Block (NLSK) Wavelet Image Coding Algorithm for Low Memory Devices, International Journal of Signal Processing. Image Processing and Pattern Recognition, 2012, Vol 5, No 4, 93-106.

- 
- [3] Ritu C , Ajit S, A study of image compression based transmission algorithm using SPIHT for low bit rate application, *Advanced Computing: An International Journal ( ACIJ )*, 2012, Vol.3, No 6, 47-54.
- [4] Ping L, Guanfeng L, An Image Compression in Low Bit Rate, *Communications and Network.* ,2013, 3, 5, 245-248.
- [5] Lakkundi R R, Latte M V, Deshpande D K, Reduced memory listless speck image, *International Conference on Intelligent Signal Processing and Robotics, Allahabad, INDIA*, 2013.
- [6] BENYAHIA M, Compression des Images en Couleurs Fixes en Utilisant la DWT, thèse de doctorat, Université Badjimokhtar Annaba , 2013.
- [7] ZITOUNI A, Ondelettes et techniques de compression d'images numérique, thèse de doctorat en électronique, Université Mohamed khider Biskra, 2013
- [8] Maryam K, Habibollah D , Sadegh S, Progressive SAR Image Compression Using Low Complexity Bandlet Transform and Modified EZBC, *Journal of Electrical Systems and Signals*, 2014, Vol 2, No 1, 9-14.
- [9] REHNA V J , JEYA KUMAR M K, An improved algorithm for image compression using geometric image approximation , *International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication*, ISSN: 2320-2084, 2014, Vol 2, N 6, 18-23.
- [10] Pragya T, Mohd A, Kerhalkarm S G, Transmission of Images Using SPECK, *International Journal of Computer Science and Network Security*, 2014, Vol 14 ,No 11, 97-101.
- [11] BOUCHEMHA A. Etude et Application des transformées géométriques à la Compression des images hautes résolutions et à la Biométrie (Authentification/Vérification de l'empreinte palmaire, Thèse de doctorat en électronique, Université d'Annaba, 2016.

## 7. LISTE DES NOTATIONS

notation	signification
$C_{i,j}$	Coefficient de bandelettes de ligne i et de colonne j
DCT	Transformée de cosinus discrète
LSP	Liste de bits signifiants.
SPECK	Partition imbriqué d'un groupe de blocs
PSNR	rapport du signal sur bruit crête
TC	Taux de Compression
$T_n$	Seuil d'ordre n

### How to cite this article:

Hettiri M, Baarir ZE, Ouafi A, Taleb-ahmed A. Effect of bandelitation of images on compression by algorithm speck. J. Fundam. Appl. Sci., 2019, 11(3), 1151-1163.