

ANALYSE D'IMAGES PAR UTILISATION DE SPECTRES LOCAUX

A. BASKURT, F. PEYRIN, ZHU YUE MIN, R. GOUTTE

LTSU - URA CNRS 1216 - Bât 502 INSA-Lyon
69621 Villeurbanne Cedex

RÉSUMÉ

Résumé: Dans ce papier, nous présentons et comparons quelques caractéristiques de différents outils d'analyse spectrale locale. Les deux premiers consistent en une version évolutive des transformations orthogonales classiques Fourier et Cosinus, et le dernier utilise la transformation de Wigner-Ville 2D. Les comparaisons sont effectuées sur la base de paramètres extraits des spectres locaux fournis par les trois méthodes.

1 - INTRODUCTION

Les transformations orthogonales qui sont largement utilisées en traitement des images reposent implicitement sur une hypothèse de stationnarité. Afin de prendre en compte la nature non stationnaire de la plupart des images naturelles, on peut utiliser des versions évolutives de ces transformations appliquées à l'aide d'une fenêtre glissante. La taille de la fenêtre doit être telle que l'image reste stationnaire à l'intérieur de cette fenêtre. En effectuant ce calcul en tous les points de l'image, on obtient une collection de spectres locaux en chaque point. Ces transformations évolutives fournissent donc une décomposition de l'image dans un domaine mixte espace-fréquence spatiales [JAC 88]. De telles représentations sont une extension au bidimensionnel des représentations temps-fréquence.

La transformation de Wigner-Ville, s'est révélée être un outil intéressant pour l'analyse des signaux 1D [FLA 85]. Son extension aux images qui a été considérée par différents auteurs, est également potentiellement intéressante pour l'analyse des images [JAC 84] [ZHU 87] [CRI 89] [CRI 91]. Toutefois son interprétation peut soulever des difficultés en raisons de la présence possible de termes d'interférence.

Nous présentons ici une application des ces trois méthodes : transformation de Fourier glissante, transformation Cosinus glissante, et transformation de Wigner Ville 2D à une image texturée. Afin de condenser l'information obtenue avec chacune de ces méthodes, nous proposons de travailler sur des images

ABSTRACT

Abstract: In this paper, we present and compare the characteristics of some spectral analysis methods. The two first consist of evolutive version of the conventional orthogonal Fourier and Cosine Transform, and the last use the 2D Wigner distribution. The comparisons are done on the basis of parameters extracted from the local spectrum provided by the three technics.

de paramètres extraits de chacun des spectres locaux. Les premières conclusions quand à la comparaison de ces techniques sont présentées.

2 - TRANSFORMATIONS ORTHOGONALES GLISSANTES

Soit $f(x,y)$ une image continue et $w(x,y)$ une fenêtre bidimensionnelle. Nous notons respectivement $\mathcal{F} f(u,v)$ et $\mathcal{C} f(u,v)$ les transformations de Fourier (TF) et Cosinus (TC) continues de l'image f au point de fréquences spatiales (u,v) . Les versions évolutives de ces transformations sont respectivement définies par :

$$F_{x_0,y_0}(u,v) = \mathcal{F} f_{x_0,y_0}(u,v) \quad (1)$$

et :

$$C_{x_0,y_0}(u,v) = \mathcal{C} f_{x_0,y_0}(u,v) \quad (2)$$

où f_{x_0,y_0} est la portion d'image centrée autour de x_0,y_0 découpée par la fenêtre :

$$f_{x_0,y_0}(x,y) = f(x,y) w(x-x_0, y-y_0) \quad (3)$$

Quand (x_0,y_0) décrit l'image, on obtient un ensemble de spectres 2D locaux (F_{x_0,y_0} ou C_{x_0,y_0}) (figure 1).

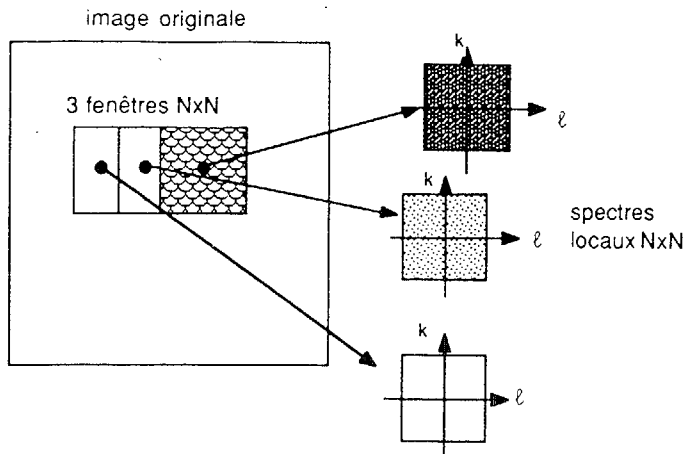


Figure 1 : Spectres 2D locaux

3 - DISTRIBUTION DE WIGNER VILLE 2D

La distribution de Wigner Ville 2D (DWV) est une extension de la distribution originale proposée initialement par Ville et Wigner dans des contextes différents. La DWV de l'image $f(x,y)$ est la fonction 4D notée $W_f(x,y,u,v)$ définie par :

$$W_f(x, y, u, v) = \iint f\left(x + \frac{\alpha}{2}, y + \frac{\beta}{2}\right) f^*\left(x - \frac{\alpha}{2}, y - \frac{\beta}{2}\right) \exp(-2i\pi(\alpha u + \beta v)) d\alpha d\beta \quad (4)$$

$W_f(x_0, y_0, u, v)$ représente alors le spectre local obtenu au point (x_0, y_0) .

Les propriétés de la DWV 1D se généralisent quasiment toutes au cas 2D. La DWV est réelle avec éventuellement des valeurs négatives, elle est réversible, conserve les supports temporels et fréquentiels, et possède de bonnes propriétés opératoires. Elle est souvent considérée comme une "quasi" distribution d'énergie.

La DWV est une transformation bilinéaire par rapport à f . La bilinéarité entraîne systématiquement des termes d'interférence entre les différentes composantes de l'image, qui bien que porteurs d'information, brouillent la lisibilité de la représentation [FLA 84]. En particulier, on observe des termes d'interférences entre les fréquences positives et négatives. Afin de les réduire, nous avons proposé l'utilisation d'une image analytique, extension à 2D du signal analytique. [PEY 86] [ZHU 89]. D'autre part, pour réduire les autres termes d'interférences, il est souvent nécessaire d'effectuer un lissage sur le résultat. En pratique, on utilisera donc la Distribution de Pseudo Wigner Ville Lissée.

4 - RESULTATS

Nous avons utilisé une image réelle 128 x 128 composée de quatre textures différentes, représentée sur la figure 2. Chacune de ces textures présente des caractéristiques spectrales différentes, comme on peut l'observer sur la figure 3.

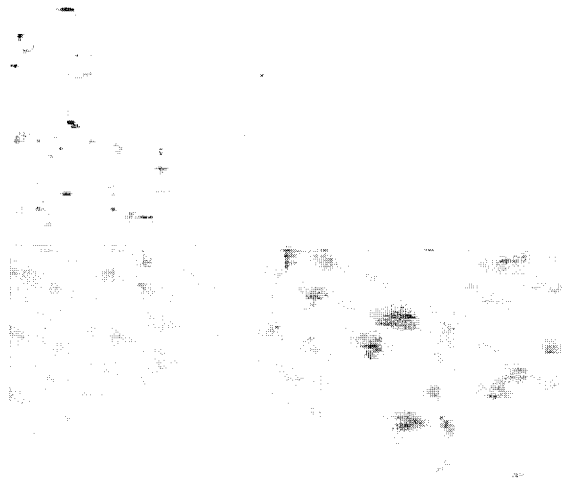


Figure 2 : Image 128 x 128 composée de quatre textures différentes

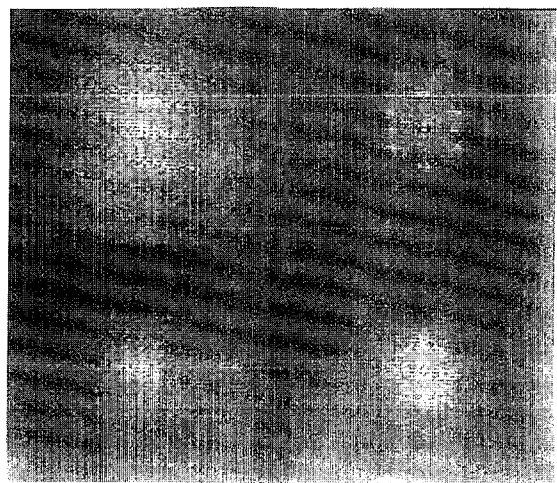


Figure 3 : Spectre de Fourier de l'image de texture.

Les versions évolutives des TF et TC ont été calculées à partir de leur versions discrètes : la TFD et la TCD. Pour le calcul de la DWV, nous avons utilisé l'extension au 2D de la version discrète donnée dans [ZHU 91].

Afin de "résumer" l'information apportée par ces représentations, nous calculons quelques paramètres extraits de chacun des spectres locaux. On obtient ainsi de nouvelles images dites "paramétriques". nous avons retenu les paramètres suivants :

- distance au pic le plus élevé P1
- orientation du pic le plus élevé P2
- moment d'inertie du spectre local P3
- isotropie du spectre local P4 (défini dans [LIU 90])

Les deux premiers paramètres apportent des informations locales, alors que les deux seconds apportent une information moyennée. Les paramètres P1 et P2 n'ont pas donné de résultats satisfaisants du fait que ces paramètres soient calculés sur un seul pic, ce qui ne suffit pas à caractériser les spectres de chaque texture. L'isotropie (paramètre P4) permet de quantifier la forme du spectre local. Les résultats obtenus avec ce paramètre calculé sur la TF et la TC sont présentés respectivement sur les figures 4 et 5, en utilisant une fenêtre 16 x 16. Les régions correspondant aux différentes textures n'apparaissent pas de façon nette. Les figures 6, 7 et 8 présentent les images paramétriques obtenus avec le moment d'inertie des spectres locaux (paramètre P3) respectivement avec la TF la TC et la DWV. Sur ces trois images, nous voyons apparaître des zones relativement homogènes, chaque zone correspondant à une seule texture de l'image. Les images obtenues par TF et TC (Figure 6 et 7) sont similaires. L'image calculée grâce à la DWV (Figure 8) se distingue par la finesse des bordures séparant les différentes textures. On obtient ainsi une meilleure localisation avec la DWV ce qui est en accord avec la théorie.

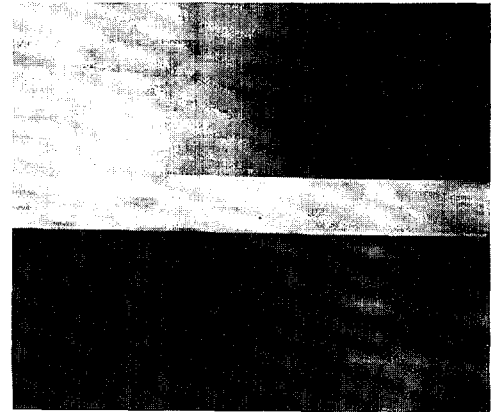


Figure 6 : Image paramétrique : TF ; Fenêtres 16 x 16 ; Moment d'inertie.

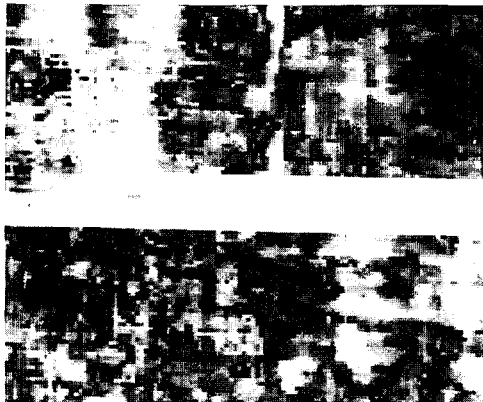


Figure 4 : Image paramétrique TF ; Fenêtre 16 x 16 ; isotropie.

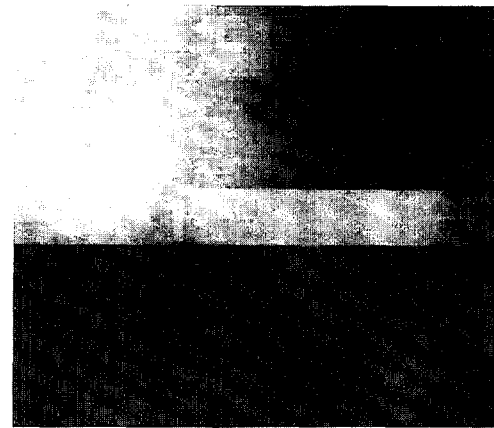


Figure 7 : Image paramétrique : TC ; Fenêtres 16 x 16 ; Moment d'inertie.

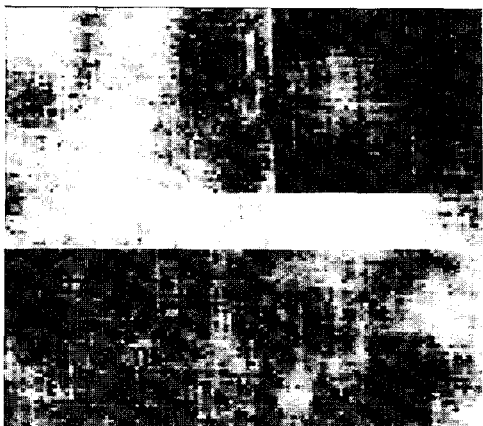


Figure 5 : Image paramétrique TC ; Fenêtre 16 x 16 ; isotropie.



Figure 8 : Image paramétrique : DWV ; Fenêtres 16 x 16 ; Moment d'inertie.



5 - CONCLUSION

Dans cet article, nous avons proposé l'utilisation de paramètres extraits de spectres locaux basés sur l'utilisation soit de la Transformée Fourier ou Cosinus Glissante, soit sur la Transformation de Wigner Ville 2D. L'analyse a été appliquée à une image naturelle de texture. Les premiers résultats obtenus avec le paramètre P3 (moment d'inertie) sont encourageants dans la mesure où les différentes régions peuvent être séparées. De plus, l'analyse fondée sur la DWV se révèle plus précise pour la localisation du bord de chaque région. Nous envisageons d'affiner la méthode et de tester l'apport d'autres paramètres caractéristiques.

REFERENCES

- [CRI 89] G. Cristobal, J. Bescos, J. Santamaria, "Image analysis through the Wigner Distribution Function", *Appl. Opt.*, vol. 24, p. 262-271, 1989.
- [CRI 91] G. Cristobal, C. Gonzalo, J. Bescos, "Image filtering and analysis through the Wigner Distribution", to appear on *advances in Electronics and Electron Devices*, Academic Press.
- [FLA 84] P. Flandrin, "An interpretation of the pseudo Wigner Ville distribution", *Signal Proc.*, vol. 6, n° 1, p. 27-36, 1984.
- [FLA 85] P. Flandrin, B. Escudié, "Analyse temps fréquence par transformation de Wigner Ville", *Traitement du Signal*, vol. 2, n° 2, p. 144-151, 1985.
- [LIU 90] S.S. Liu, M.E. Jemigan, "Texture analysis and discrimination in Additive noise", *Computer vision, graphics and image processing*, vol. 49, p. 52-67, 1990.
- [JAC 85] L. Jacobson, H. Wechsler, "A theory for invariant object recognition in the frontoparallel," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-6, n° 3, pp. 325-331, Mai 1984.
- [JAC 88] L.D. Jacobson, H. Wechsler, "Joint spatial/spatial frequency representations", *Signal processing*, vol. 14, pp. 37-68, 1988.
- [PEY 86] F. Peyrin, Y.M. Zhu, R. Goutte, "Extension of the notion of analytic signal for multidimensional signals," *Application to images in Signal processing III : Theories and Applications* (I.T. Young et al., eds), North-Holland, Amsterdam, pp. 677-680, 1986.
- [ZHU 87] Y.M. Zhu, F. Peyrin, R. Goutte, "Transformation de Wigner-Ville : description d'un nouvel outil de traitement et des images," *Annales des Télécommunications*, vol. 42, n° 3, pp. 105-118, 1987.
- [ZHU 89] Y.M. Zhu, F. Peyrin, R. Goutte, "Equivalence between two-dimensional analytic and real signal Wigner Distribution," *IEEE ASSP*, vol. 37, n° 10, pp. 1631-1634, Oct. 1989.
- [ZHU 91] ZHU Y.M., PEYRIN F., GOUTTE R., Sur la transformation de pseudo-Wigner-Ville discrète en temps et en fréquence, *Annales des Télécommunications*, 1991, v. 46, n° 5-6.