

# Compression adaptative d'images SAR par cartes topologiques de Kohonen

Arnaud CHAMPENOIS - Gilles COPPIN

Thomson CSF/RCM/CEB 10, Avenue de la 1ère D.F.L., 29283 BREST Cedex

RÉSUMÉ

ABSTRACT

Cet article décrit un algorithme de compression d'images SAR basé sur la quantification vectorielle.

Utilisant un taux de compression adaptatif qui combine des algorithmes mono et multi-dictionnaires, cette méthode assure un codage de grande qualité en un temps de traitement compatible avec une application temps réel.

En premier lieu, nous exposons brièvement la technique de compression par quantification vectorielle.

Nous décrivons ensuite les modifications apportées au système de codage mono-dictionnaire afin de l'adapter aux images SAR, puis son évolution multi-dictionnaire, indispensable pour une compression rapide à taux élevé.

Enfin, nous présentons un algorithme de codage adaptatif mettant en oeuvre les deux systèmes.

This paper describes a SAR images compression algorithm using vector quantization.

With its adaptive compression rate using single and multi-codebooks algorithms, it achieves a high coding quality with a short processing time which allows real-time applications.

First, we expose briefly image compression with vector quantization. Then we describe the adjustment of the single codebook algorithm to SAR images, and its evolution to a multi-codebook system, necessary to perform a fast compression with a high rate. Finally, we introduce our adaptive coding system, using the two algorithms.

## I. Introduction

La compression des images SAR pose de nombreux problèmes du fait du speckle important qu'elles contiennent. Les informations utiles sont très localisées et difficiles à séparer du bruit. Les méthodes habituelles de compression utilisées pour des images vidéo (DCT, transformée en ondelettes...) s'avèrent peu adaptées car elles sont basées sur un filtrage des hautes fréquences spatiales qui a tendance à filtrer les informations utiles ponctuelles ainsi que les informations de texture liées au speckle. Par contre, nos précédents travaux ont montré qu'une compression basée sur la quantification vectorielle utilisant comme dictionnaire une carte de Kohonen donne, dans le système de compression le plus simple, de bons résultats. Son inconvénient majeur réside dans les temps de calcul très long qu'elle impose, ce qui interdit à priori toute application de codage en temps réel avec ce système. Nous allons voir ici des modifications possibles du système afin de permettre le codage d'images SAR avec à la fois une bonne qualité de codage et un temps de calcul compatible avec une application temps réel.

## II. La quantification vectorielle

### A. Description

La première étape du codage d'une image par quantification vectorielle consiste à découper cette image en un ensemble de blocs et à en déduire un autre ensemble plus petit appelé dictionnaire.

La seconde étape consiste à remplacer chaque bloc de l'image par l'index de son bloc le plus proche dans le dictionnaire (au sens d'une distance vectorielle préalablement fixée, généralement l'écart quadratique moyen). L'image codée transmise comprend l'ensemble des index et le dictionnaire.

La phase de décodage consiste à remplacer chaque index par le mot correspondant du dictionnaire.

Le dictionnaire, dans le système retenu, est une carte topologique de Kohonen construite par apprentissage des blocs de l'image à coder. Cet algorithme a été retenu car il assure à la limite une convergence optimale du dictionnaire au sens de l'erreur quadratique moyenne de codage.



Le taux de compression obtenu dépend de la taille B des blocs (en octets), de la taille I de l'image (en octets également) et du nombre de mots D du dictionnaire:

$$T = \frac{I}{\frac{I}{B} \times \log_2(D) + D \times B}$$

### B. Paramètres

L'apprentissage du dictionnaire se fait normalement sur tous les blocs de l'image. Mais ceci sature la base d'apprentissage avec un grand nombre de blocs d'échos moyens similaires, ce qui produit un dictionnaire trop uniforme. Pour que l'ensemble d'apprentissage reste suffisamment représentatif et varié, on ne garde qu'une petite partie des blocs de l'image qu'on tire aléatoirement avec une loi de probabilité uniforme.

Les tailles de bloc jugées intéressantes lors des précédents travaux sont 2\*2 et 4\*4, la première car elle permet un codage très précis des images, la seconde car elle permet d'atteindre des taux de compression très élevés.

### C. Evolutions

La confection du dictionnaire demande plusieurs heures sur station de travail. Il est donc impossible d'envisager le codage en temps réel d'une image avec ce système. Pour pallier cet inconvénient, il est nécessaire de mettre au point un dispositif qui permette de coder plusieurs images avec le même dictionnaire. La méthode adoptée consiste à mettre au point un système de compression d'images qui assure, quelque soit l'image codée, une bonne reproduction de ses caractéristiques principales suivant les critères psychovisuels d'un expert.

Avec l'utilisation d'un dictionnaire fixe (donc non transmis), le taux de compression s'écrit:

$$T = \frac{B}{\log_2(D)}$$

On voit qu'il est indépendant de la taille de l'image, ce qui rendra les résultats valides quelque soient les images traitées. Ceci nous autorisera à tester le système sur des images de taille quelconque sans que la conclusion en soit affectée.

## III. Caractéristiques des images

Les informations importantes d'une image sont déterminées par leur niveau de gris. L'expert regarde en priorité les parties les plus claires de l'image, appelées échos forts. Il importe que ces échos gardent les mêmes dimensions, et que la dynamique (c'est à dire la valeur de ces échos forts et la différence avec les textures voisines) soit bien respectée. Leur taille est de 2 à 4 pixels de coté environ. En revanche, les détails de texture semblent avoir peu d'importance, seule l'impression globale importe.

## IV. Codage mono-dictionnaire

La première évolution du système de codage consiste à contrôler la nature des blocs formant la base d'apprentissage du dictionnaire afin d'assurer une bonne représentativité des blocs jugés importants.

### A. Décalage des blocs d'apprentissage

On remarque que toutes les images issues d'un même radar ont des histogrammes de formes très voisines, qu'on peut assez facilement superposer par décalage dans l'échelle des niveaux de gris. Cette caractéristique est utilisée dans la première évolution de la méthode. Elle consiste à former une base d'apprentissage en tirant aléatoirement des blocs de l'image d'apprentissage et en leur ajoutant différents offsets de sorte que l'histogramme de la base d'apprentissage recouvre tout l'intervalle [0,255]. En ajustant le nombre et les valeurs des offsets, ainsi que le nombre de blocs décalés par chaque offset, on aboutit, pour des blocs 2\*2, à un système très robuste.

En revanche, le codage à un plus fort taux (blocs 4\*4) lisse trop fortement certains petits échos forts. Ceci est dû d'une part à la faible proportion de blocs du dictionnaire contenant de forts contrastes. D'autre part l'influence d'un petit écho sur l'erreur de codage d'un bloc est faible et pour cela n'influe pas assez dans la recherche du bon mot de codage dans le dictionnaire.

### B. Contrôle de contraste et pondération de l'erreur

Pour s'affranchir de ces limites, on force l'apparition (avant décalage) d'un certain pourcentage de blocs contrastés dans la base d'apprentissage. Un bloc est dit contrasté si la différence entre son plus grand et son plus petit niveau de gris est supérieure à un seuil.

Enfin, pour assurer un bon codage des petits échos forts, on pondère plus fortement l'erreur quadratique de codage des pixels supérieurs à un certain seuil. La valeur de ce seuil, fixée de façon expérimentale dans nos essais, a peu d'influence sur le résultat.

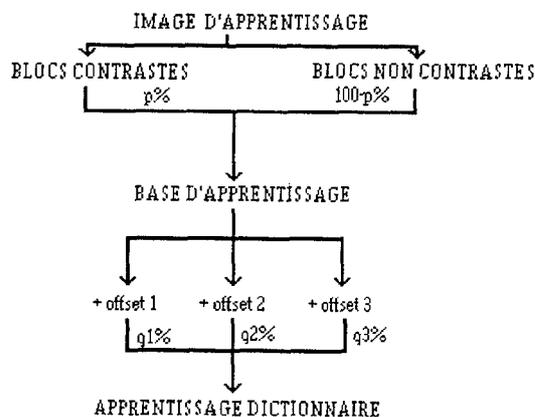


Figure 1 - Système d'apprentissage d'un dictionnaire adapté

**C. Résultats**

Le codage avec des blocs 2\*2 pour un taux de compression de 4.5 est très satisfaisant. La qualité est de même niveau quelque soit l'image codée.

Le codage en blocs 4\*4 pour un taux de 10 est lui aussi satisfaisant, mais beaucoup moins robuste, et on note encore une disparition presque totale de certains échos. En outre, le temps de codage dans ce cas est encore très long.

**V. Codage multi-dictionnaires**

**A. Apprentissage**

Afin d'assurer l'existence de blocs de codage spécifiques, on sépare le dictionnaire en sous-dictionnaires, construits à l'aide de bases d'apprentissage spécialisées.

**B. Codage**

Par classification préalable des blocs à coder, ce principe permet de restreindre l'espace de recherche du bloc le plus proche à une petite partie du dictionnaire, et donc d'accélérer considérablement le processus de codage.

**C. Application au codage d'image SAR**

On crée deux bases d'apprentissage à partir de l'image originale: une base contrastée et une non contrastée. On en déduit 2N bases d'apprentissage en ajoutant à chacune N offsets. On construit ainsi 2N sous-dictionnaires à partir de ces bases d'apprentissage, en ajustant le nombre de mots de façon à favoriser les échos forts et contrastés (fig. 2).

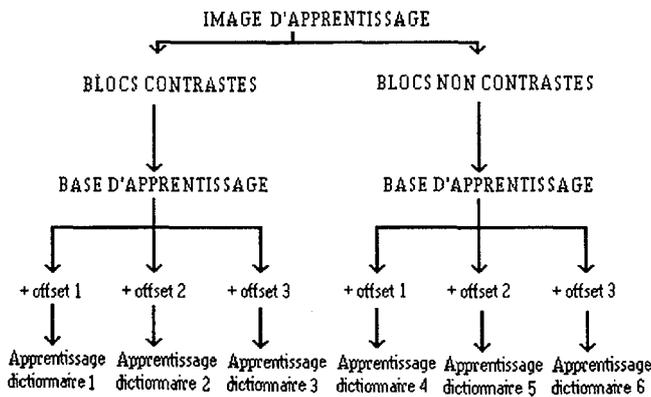


Figure 2 - Système d'apprentissage multi-dictionnaires

Le codage se fait en définissant si le bloc est contrasté ou non, puis en déterminant son dictionnaire de codage en comparant sa moyenne de niveau de gris à des seuils prédéfinis (fig. 3).

**D. Résultats**

Le système est testé avec 5 offsets, ce qui permet de construire 10 dictionnaires.

Le codage avec des blocs 4\*4 pour un taux de compression de 10 est sensiblement amélioré au niveau des échos forts, et, pour un même taux, le temps de codage est divisé par 60 par rapport au codage mono-dictionnaire.

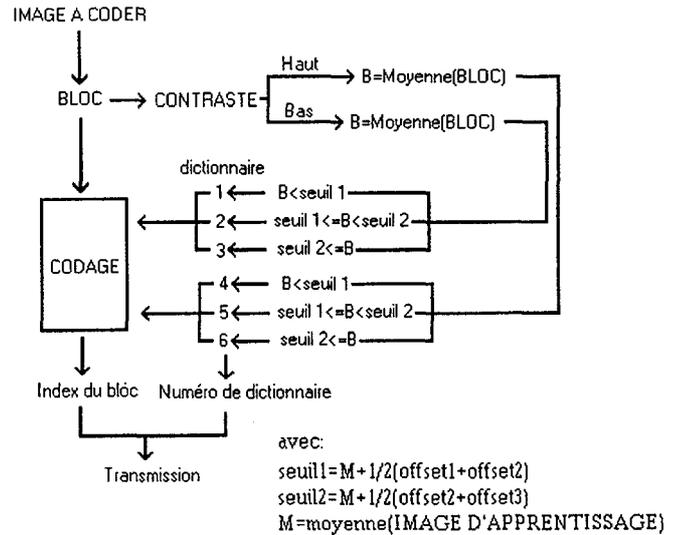


Figure 3 - Système de codage multi-dictionnaires

**VI. Codage adaptatif**

Le système final consiste à coder les blocs de l'image avec deux taux de compression différents selon l'importance de l'information à coder. Ce système est prévu pour coder des images en défilement, en codant une ligne de blocs 4\*4 à la fois.

**A. Principe**

L'algorithme de codage est le suivant (figure: 4):

1- On fixe le taux de compression total T, ainsi que les deux taux utilisés TMAX (blocs 4\*4) et TMIN (blocs 2\*2).

\* Le codage d'un bloc 4\*4 avec un taux TMAX se fait grâce au système multi-dictionnaires exposé au paragraphe précédent.

\* Le codage d'un bloc 4\*4 avec un taux TMIN se fait en codant chaque sous-bloc 2\*2 avec un système mono-dictionnaire.  
2- On calcule pour chaque ligne de blocs un seuil S d'écho fort. Ce seuil fixe le nombre p de blocs qui seront codés avec le taux TMIN.

a- Connaissant le nombre de pixels I de la ligne de blocs et du nombre N de bits par pixels, p est entièrement déterminé par les taux T, TMIN et TMAX.

b- Le seuil S à adopter pour qu'au plus p blocs d'une ligne soient codés avec un taux de TMIN est ensuite fixé grâce à un histogramme des niveaux de gris maximum des blocs.

3- Tous les blocs ayant un niveau de gris maximum supérieur à S sont codés avec un taux de TMIN, les autres avec un taux de TMAX.

De cette façon, on assure un taux de compression d'au moins T pour chaque ligne de blocs, tout en gardant la qualité de codage maximale pour les échos forts. De plus ce système permet un réglage quasi-continu du taux de compression (chose impossible avec un système traditionnel de quantification vectorielle), ce qui peut avoir un intérêt pour des applications opérationnelles.

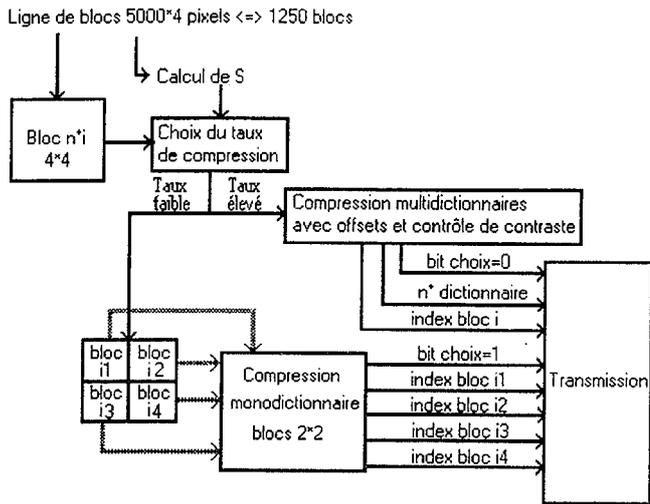


Figure 4 - Système de codage adaptatif

## B. Résultats

Pour les images SAR, une valeur de 4.5 pour TMIN et 14 pour TMAX ont donné des résultats satisfaisants. On peut ainsi coder une image avec un taux de plus de 8 sans dégradation visible par rapport au taux de 4,5. Enfin, le temps de codage pour un taux de 8 avec ce système est plus de 100 fois inférieur à celui nécessaire lorsqu'on utilise un seul dictionnaire; l'implémentation en temps réel est maintenant facilement envisageable.

## VII. Conclusion

Nous avons donc défini un système complet de compression d'images radar type SAR. Ce système, qui exploite toutes les informations a priori des images traitées, a des performances en rapport taux de compression/qualité de codage tout à fait comparables aux meilleurs résultats atteints dans le domaine de la vidéo.

De plus, son principe permet de coder des images de toutes tailles avec les mêmes performances, ce qui n'est pas le cas avec les systèmes courants transmettant le dictionnaire. Cette caractéristique ajoutée à la grande rapidité de traitement du système autorise le traitement des informations en temps réel au fur et à mesure de leur acquisition.

Enfin, la possibilité d'ajuster en permanence le taux de compression permet par exemple d'utiliser ce système comme régulateur de débit en fonction de la charge du canal de transmission.

## VIII. Tests

Des portions d'images grossies sont présentées ici afin de préserver leur caractère confidentiel. Les dictionnaires utilisés dans les tests ont été appris avec une image ayant des caractéristiques de contraste et d'histogramme sensiblement différentes de l'image codée.

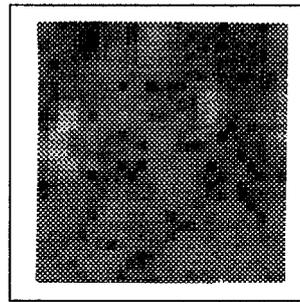


Figure 5 - Image originale

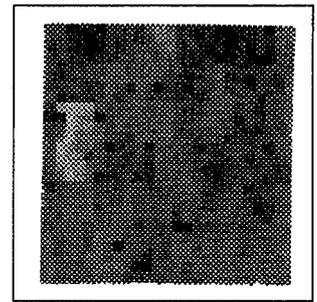


Figure 6 - Mono-dictionnaire

- Décalage des blocs d'apprentissage
- Contrôle du contraste et pondération de l'erreur
- Taux de compression 10

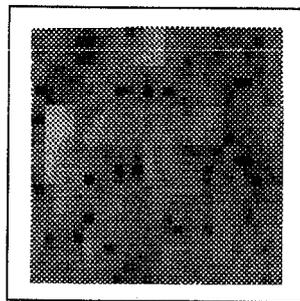


Figure 7 - Multi-dictionnaires

- 10 dictionnaires (5 offsets pour 2 types de contraste)
- Pondération de l'erreur
- Taux de compression 10

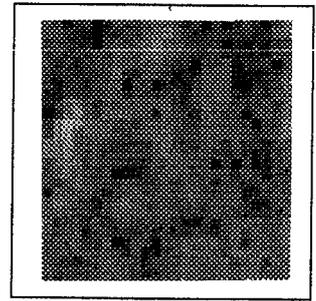


Figure 8 - Codage adaptatif

- 10 dictionnaires/taux 14
- 1 dictionnaire/taux 4,5
- Taux global de 10

## IX. Bibliographie

- 1] Stéphane Charron - Compression d'images et réseaux de neurones - Rapport de stage projet, ENST de Bretagne - 1992
- 2] Allen Gersho and Bhaskar Ramamurthi - Classified vector quantization of images - IEEE Trans. Commun. vol COM-34, Nov. 1986, pp. 1105-1115
- 3] Nasser M. Nasrabadi and Robert A. King - Image Coding Using Vector Quantization: A Review - IEEE Trans. Commun. vol COM-36, N°8, Aug. 1988, pp. 957-969