



CARACTERISATION ET CLASSIFICATION DES IMAGES  
MEDICALES EN VUE D'UNE COMPRESSION OPTIMALE

R. Kanz\* \*\*, J.F. Lerallut\* ,J. Duchène\*

\* Laboratoire de Biomécanique et Instrumentation  
Médical / UA 858 CNRS  
Université de Technologie de Compiègne / France

\*\* Laboratoire de Microélectronique Appliquée  
Centre de Recherche Public - Henri Tudor  
Luxembourg

**RÉSUMÉ**

Cet article propose une nouvelle méthodologie dont le but est la détermination de l'algorithme de compression d'images optimal, par un système de décision basé sur une caractérisation et classification des images médicales en fonction de leurs propriétés texturales. Ce système de décision est réalisé grâce à une "pyramide discriminante", basée sur des analyses factorielles discriminantes successives.

**SUMMARY**

We suggest in this paper a new methodology which consists in choosing the optimal encoding algorithm by an expert system based on a characterization and classification of medical images by means of textural characteristics. This expert system is constructed by means of a "discriminant pyramid", which is based on successive discriminating Karhunen-Loeve classifications.



## 1. Introduction

Les images médicales sont issues de sources de plus en plus diversifiées, et les examens qui y correspondent sont de plus en plus nombreux et complexes.

Cette augmentation importante de la masse d'informations disponibles pose aux centres hospitaliers de nouveaux problèmes de transfert et d'archivage. Ces problèmes sont actuellement traités de façon ponctuelle, grâce à des algorithmes de compression qui sont à usage général et donc dans de nombreux cas inadaptés à l'imagerie médicale, en terme d'efficacité.

Indépendamment des supports qui vont se développer, il est important d'aborder l'archivage et le transfert des images médicales en développant non seulement des algorithmes de compression, mais également des méthodes de choix optimal de l'un ou l'autre d'entre eux en fonction de la caractéristique de l'image.

## 2. Les différents types d'algorithmes de compression d'images

Le but de ce chapitre est de faire un descriptif succinct des algorithmes de compression souvent utilisés.

Dans la classe des algorithmes de **codage exact** (c.à.d. sans erreur de compression), le *codage de Huffman* [10][8] représente une optimisation du code, de manière à ce que la longueur moyenne du code obtenu tende vers l'entropie de l'image.

D'autre part dans cette même catégorie d'algorithmes, le *codage par plages*, [10][8] sauvegarde les plages d'un même niveau de gris sous forme d'un couple de valeurs (nombre de pixels, niveau de gris).

Il faut aussi citer le *codage prédictif* [10][7], ou il s'agit de faire une prédiction aussi précise que possible sur un pixel en fonction d'un voisinage donné, et ne transmettre plus que "l'erreur de prédiction", qui représente normalement un faible nombre de bits.

Dans les algorithmes de **codage avec une erreur de reconstruction** se trouvent les *transformations orthogonales* [2] comme la transformation de Karhunen-Loeve, de Fourier, de Hadamard et en cosinus etc...

On fait en premier lieu une sous-division de l'image en matrices de taille 16 x 16 dans la majorité des cas.

Ensuite on effectue la transformation voulue sur chaque sous-matrice de l'image, en exploitant le fait de la décorrélation et de la représentation de l'énergie dans peu de coefficients, en ne retenant ainsi qu'un faible nombre des coefficients.

La transformation de Karhunen-Loeve est la référence pour les transformations orthogonales à cause de son optimisation en fonction de l'erreur quadratique moyenne, mais elle est très longue à calculer.

C'est la transformation en cosinus qui est la plus utilisée par le fait qu'elle s'approche le plus de la TKL.

Une autre catégorie d'algorithmes de compression,

comme la *transformation pyramidale Laplacienne* [6], le *codage des sous-bandes* [6] ou la *décomposition en ondelettes*, [6] est celle où on effectue en premier lieu des filtrages successifs en bandes fréquentielles et ensuite chacune de ces bandes est codée par un processus adapté.

Une autre famille d'algorithmes comme le *codage contour / texture* [1] ou le *filtrage directionnel* [1] correspondent davantage à des méthodes de modélisation d'images.

La *troncation par blocs* [6] est une méthode qui à partir de deux quantificateurs calculés en fonction de deux moments statistiques sur des petites sous-matrices 4 x 4 permet de conserver ces deux moments sur la sous-matrice et ainsi on reproduit plus ou moins la texture initiale de la sous-matrice.

Une autre méthode récente et intéressante est la *décomposition fractale* [11] des lignes d'une image par un segment de droite appelé "yardstick". Pour cette méthode on ne transmet que les projections et le signe de la pente du segment.

Le facteur de compression correspondant à cette méthode est une fonction de la longueur du segment.

Nous avons vu que la plupart des méthodes qu'on vient de citer succinctement dans ce chapitre sont sensibles à des caractéristiques bien précises de l'image (il faut qu'il y ait des zones uniformes pour pouvoir appliquer le codage par plages p.ex) et nous allons essayer dans le chapitre suivant de retrouver ces caractéristiques par des méthodes paramétriques.

## 3. Méthodes d'analyse de la texture

La méthode des *matrices de cooccurrence* [4] consiste à caractériser les images en fonction de la dépendance spatiale existante au niveau des valeurs de gris de différents pixels.

Les quatre matrices reflètent la dépendance dans les directions de 0°, 45°, 90° et 135° degrés et décrivent finalement les probabilités de transition. Ensuite on peut à partir de ces matrices calculer des paramètres reflétant le contraste, la corrélation, la variance et bien d'autres paramètres.

Une autre méthode intéressante est celle du *vecteur des différences de niveaux de gris*. [10]. Elle utilise des statistiques sur les propriétés locales différentielles d'ordre 1, en formant les différences absolues entre les niveaux de gris adjacents et selon de nouveau quatre directions.

À partir du vecteur des différences possibles, nous pouvons calculer des indices tel que le contraste, l'entropie,...

Les *histogrammes directionnels* [9], basés sur la caractéristique vectorielle du gradient permettent de voir s'il y a par exemple des directions privilégiées dans l'image.

Une autre méthode est basée sur le calcul des *plages* [4] d'un même niveau de gris dans les quatre directions.

Il existe même des techniques basées sur le calcul d'un modèle autoregressif pour décrire l'image [4].

**4. Méthodologie adoptée pour la construction du système de décision**

Se rendant compte que les méthodes de compression d'images sont sensibles à des propriétés spécifiques de l'image et impliquant en fonction de ces propriétés des résultats de codage variables, il est intéressant de mettre en évidence la relation existante entre les caractéristiques texturales de l'image et les résultats obtenus en fonction d'un type de compression.

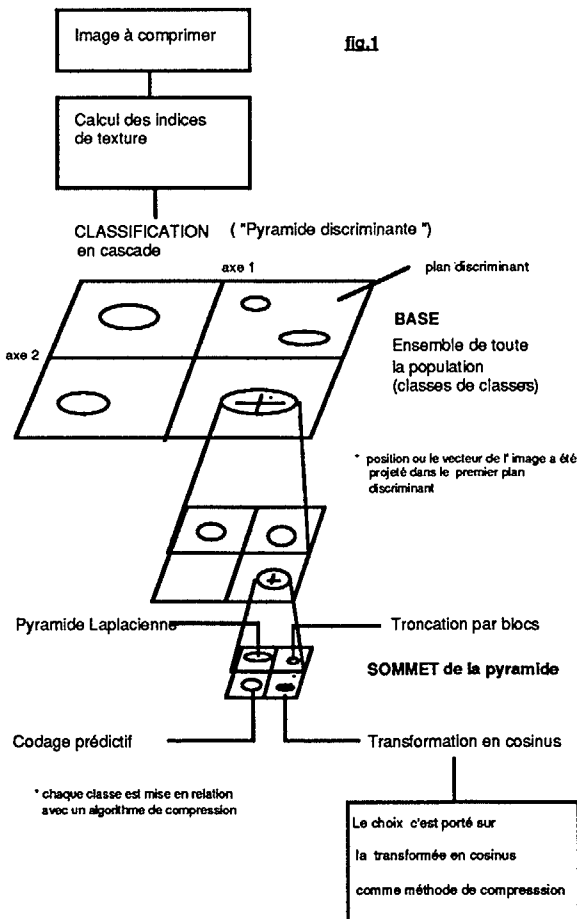
Dans un premier temps il est important de définir différentes classes d'images médicales par des méthodes d'analyse factorielle [3][5] et d'analyser les résultats de différents algorithmes sur les images compressées. De même il faut définir l'erreur relative maximale qui peut être induite par la compression en relation avec les experts concernés en particulier les radiologues.

Ceci représente la phase d'apprentissage du système.

Dans un deuxième temps sera créé une "pyramide discriminante" dont la base représente la totalité des classes d'images possibles. Les plans discriminants successifs de la pyramide décrivent des classes de plus en plus précises.

Ainsi en effectuant une classification en cascade de l'image dans la pyramide discriminante nous arrivons à un niveau (sommets) où chaque classe correspond à un algorithme de compression le mieux adapté (voir fig.1).

**5. Premiers résultats**



Dans une première étude de caractérisation d'images médicales a été utilisé un vecteur paramétrique se composant d'indices obtenus à partir de la méthode des différences de niveaux de gris et de l'histogramme directionnel.

Ensuite ont été calculés les indices de texture pour une population d'images médicales de types différents telque des échographies, des images scanner, des angiographies, images I.R.M.

Le vecteur final paramétrisant une image se compose des éléments suivants:

1. Contraste\*
2. Moment angulaire d'ordre 2\*
3. Entropie\*
4. Moyenne\*
5. Première direction privilégiée\*\*
6. Deuxième direction privilégiée\*\*

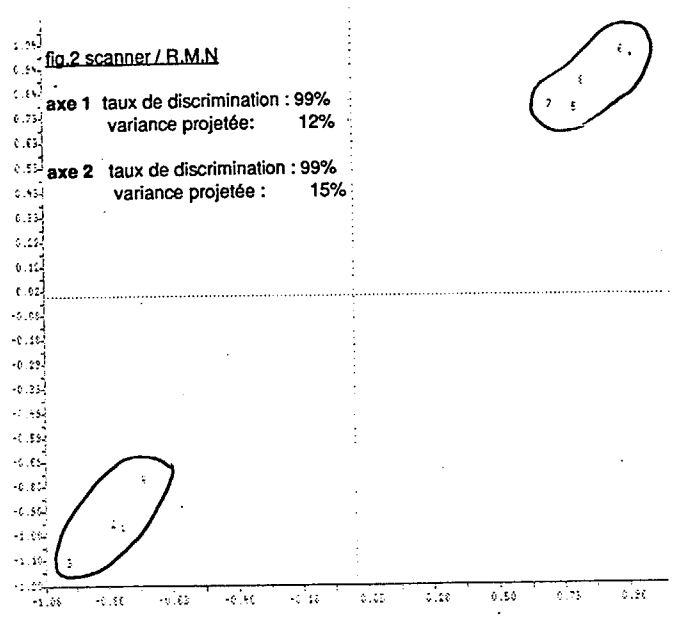
Nous avons effectué une analyse factorielle discriminante sur la population de tous les vecteurs paramétriques représentant nos images (calcul des deux premiers facteurs).

Dans la fig. 2 et fig.3 nous montrons les résultats obtenus pour la discrimination de classes entre des images de type :

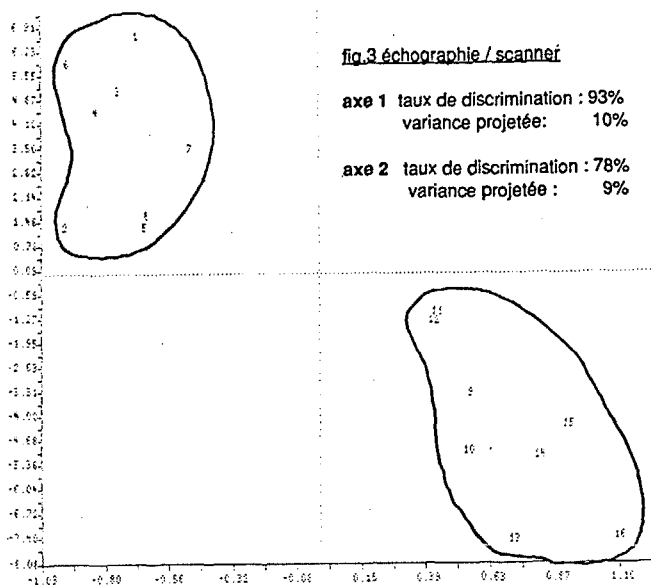
1. scanner / I.R.M.
2. échographie / scanner

On voit par les méthodes de paramétrisation et de classification choisies que l'on obtient des résultats intéressants (Taux de discrimination supérieur à 93%).

De même on a pu montrer une bonne stabilité des classes trouvées, par les méthodes des "nuées dynamiques" ou des "kppv".



\* méthode du vecteur de diff.de niveau de gris en prenant la moyenne et la variance sur les 4 directions  
 \*\* méthode de l'histogramme directionnel



## 6. Conclusion

Pour cette étude les images ont d'abord été caractérisées d'après leurs composantes texturales. Pour cela il a fallu définir un vecteur paramétrique composé d'indices de texture obtenus à partir des vecteurs de différence de gris et de l'histogramme directionnel. Ces vecteurs ont été calculés pour plusieurs types d'images médicales (I.R.M., échographies, scanner, etc...). Utilisée en référence de manière à valider la méthode de caractérisation, une analyse factorielle discriminante a permis de mettre en évidence la capacité de ce système de paramètres à séparer correctement les différentes classes d'images. A chaque classe correspond un algorithme de compression différent, choisi en fonction du taux et de l'erreur de compression obtenus. Les premiers résultats montrent qu'il est possible d'appliquer à une image donnée l'algorithme de compression le mieux adapté, en utilisant une combinaison des différents paramètres de texture.

## Références:

1. M.Bernard, M.Kunt, R.Leonardi, P.Volet  
"Analyse de scènes et compression d'images"  
BULL. SEV/VSE77  
- première partie Vol.11 n°7 juin 1986  
pp 621-631  
- deuxième partie Vol.21 n°8 novembre 1986  
pp 1373-1379

2. R.J.Clarke  
"Transform coding of images"  
Microelectronics and signal processing  
Academic Press  
1985
3. J.Duchène  
"Développement de méthodes de décision sur un ensemble de tableaux"  
Thèse de doctorat d'Etat  
Université de Technologie de Compiègne  
1983
4. L.van Gool, P.Dewaele, A.Oosterlink  
"Texture analysis anno 1983"  
Computer vision, graphics and image proc.  
Academic Press  
Vol.29 1985
5. L.Lebart, A.Morineau, J.P. Fenelon  
"Traitement des données statistiques"  
Dunod  
1982
6. A.N.Netravali, B.G.Haskell  
"Digital Pictures"  
Plenum Press  
1988
7. W.K.Pratt  
"Digital Image Processing"  
John Wiley and Sons New York  
1978
8. A.Rosenfeld, A.C.Kak  
"Digital Picture Processing"  
Vol.1  
Academic Press  
1982
9. H.Tamura, S.Mori, T.Yamawaki  
"Textural features corresponding to visual perception"  
IEEE Trans.on syst., man and cybernetics  
Vol.SMC-8, n°6 juin 1978  
pp 460-473
10. J.S.Weszka, C.R.Dyer, A.Rosenfeld  
"A comparative study of texture measures for terrain classification"  
IEEE Trans.on syst., man and cybernetics  
Vol. SMC-6, n° 4 avril 1976  
pp 269 - 285
11. E.Wallach, E.Karnin  
"A fractal based approach to image compression"  
IEEE On acoust., speech and sig.proc.  
Vol. 7-11 avril 1986  
pp 529-532