



# Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ – Mai 1984 –

CODAGE B.T.C D'IMAGES FIXES COULEUR A 2 BITS/POINT.  
B.T.C CODING OF FIXED COLOR IMAGE WITH 2 BITS/PIXEL

\* J. DEWITTE, J. RONJIN

\* CCETT, Département RTI Rue du Clos Courtel, BP 59 35510 CESSON/SEVIGNE  
I.N.S.A. Laboratoire d'Automatique, 20 avenue des Buttes de Coësmes 35043 RENNES CEDEX

## RESUME

Cette communication se rapporte à la conception d'un système de codage simple destiné à la transmission à faible débit d'images fixes. Le système doit opérer à débit fixe pour des raisons de simplicité de mise en oeuvre. Il doit également permettre une éventuelle étape de visualisation intermédiaire avant réception complète de l'information correspondant à l'image compressée, pour réduire l'attente de l'observateur en cas d'utilisation d'un canal à faible débit, et d'autre part posséder une forte résistance aux erreurs de transmission. Enfin, l'algorithme employé doit permettre une implantation sur microprocesseur standard.

Notre étude reprend un système original de codage que nous avons précédemment développé et appliqué avec succès sur des images demi-teinte de type surveillance ou robotique [1]. L'image y est divisée en blocs de taille fixe (5X5 points). Chaque bloc est analysé et classé dans l'une des 3 classes suivantes :

- pas de contour (texture ou zone uniforme);
- un contour (à travers le bloc) ;
- deux contours (à travers le bloc).

A chacune de ces classes correspond un modèle adapté à la transmission à débit fixe. Afin d'améliorer ce codage notre étude s'est portée sur une analyse plus fine des blocs prenant mieux en compte les propriétés locales des images et de la vision. De plus nous avons affiné la modélisation des 3 classes pour pouvoir étendre l'application de ce système à des images type télévision. L'amélioration des performances se traduit par une certaine augmentation du débit. Le débit passe ainsi de 1 bit/point à 1.3 bit/point en noir et blanc. Cependant nous conservons toutes les propriétés intéressantes du système initial et notamment la facilité de mise en oeuvre sur un microprocesseur standard et la robustesse vis à vis des erreurs de transmission. Cette étude présente également les premiers résultats obtenus dans le cas de la transmission d'une image couleur (Y, DR, DB).

## SUMMARY

This paper is all related to the design of a simple coding scheme for low bit rate transmission of still pictures. The proposed system must work with a fixed bit rate for simple hardware and insensitivity to noise transmission. Given system must have possibility for an intermediate visualization step before complete receiving of the whole information corresponding to the compressed picture allowing a reduced waiting time between displays on a channel with a low transmission rate. Algorithm must keep possibility to be implemented on a standard microprocessor.

This study is a follow up to the one first presented on gray level pictures for remote control plant surveillance, automation [1]. Original picture is divided into blocks of fixed size (5X5 pixels). Each block is analyzed and classified under one of three headings viz. :

- no edge (texture or near uniform area) ;
- one edge crossing the block ;
- two edges crossing the block.

For each previously defined class we have chosen a model adapted to fixed bit rate transmission. In order to improve this coding algorithm we have tried to introduce a better analysis of local structure taking into account, in a better way, local visibility. Our three classes modeling is fitted to applications for T.V pictures. The quality improvement results in an increased bit rate. Bit rate shifts from 1 bit/pixel to 1.3 bit/pixel for black and white pictures. But the system maintains all the interesting properties of initial one (easy implementation and robustness to transmission errors.) Results will be presented for both black and white and colour pictures (Y, DR, DB).



## INTRODUCTION

L'apparition du principe de codage B.T.C (Block truncation Coding) est relativement récente : 1977. Les premiers travaux sur ce système de codage montrent qu'il possède des propriétés intéressantes. Sa caractéristique essentielle réside dans une grande facilité de mise en oeuvre en raison des opérations simples et facilement parallélisables sur lesquelles il s'appuie. D'autre part, comme tout système de codage par bloc de taille fixe, il possède une très bonne résistance aux erreurs de transmission. Il a fait l'objet d'applications directement ou à partir d'algorithmes dérivés, sur des documents à peu de niveaux de gris [2]. Par contre dans le cas d'images plus complexes, le système B.T.C produit un certain nombre de défauts se situant principalement sur les contours présents dans l'image. Aussi avons nous par le passé, proposé un certain nombre de modifications pour en améliorer la qualité ou en réduire le débit à qualité donnée [3] [4] [1]. Cette communication présente la suite de nos travaux dans le cas de l'application à des documents couleur.

## GENERALITES

Le codage par bloc consiste à diviser l'image à transmettre en blocs de taille fixe. Les différents blocs sont alors encodés séparément. Cependant, contrairement au codage par transformation, on va transmettre une information décrivant le contenu spatial de l'image.

Dans un premier temps, on calcule la valeur moyenne des éléments du bloc :

$$\bar{X} = \frac{1}{n.m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}$$

On approche alors chacun des points du bloc par cette valeur moyenne. Ensuite les points sont classés selon leurs valeurs réelles, par rapport à la valeur approchée, selon que l'écart est positif ou négatif. On procède alors à une approche plus fine où chaque écart est remplacé par la valeur moyenne des écarts du bloc. Si la qualité de l'approximation résultante n'est pas suffisante, on peut réitérer le processus en classant à nouveau les points en écart positif ou négatif par rapport à l'approximation précédente.

Les informations à transmettre sont alors :

- la valeur moyenne :  $\bar{X}$
- l'écart moyen  $\sigma$  et le signe de cet écart, ce dernier pour chaque point du bloc.

Pour un bloc de dimension (4X4), on aboutit ainsi à un débit de 1.75 bit/échantillon pour une seule itération, à environ 3 bit/échantillon pour 2 itérations.

Cependant, des études antérieures ont montré qu'il était possible d'améliorer significativement la qualité du BTC à une itération sans recourir à une deuxième itération, mais simplement en prenant en compte la structure des contours dans l'image. [4] Ces constatations nous ont amenés à proposer une version bas débit du BTC à 1 bit/échantillon [1] où chaque bloc est analysé, classifié puis modélisé. Ce sont alors les paramètres du modèle qui sont transmis. Cependant, ce premier algorithme présentait une perte de résolution au niveau de certains contours.

Le but de la présente communication est de proposer une solution à ce problème ainsi que d'étendre les résultats au traitement d'image couleur.

## PRINCIPE

Le principe général de ce système de codage repose sur une adaptativité locale aux statistiques de l'image et aux propriétés de la vision. Les contraintes fixées dans sa mise en oeuvre sont un découpage de l'image en blocs de taille fixe, un débit fixe d'informations pour chaque bloc, une possibilité de visualisation globale intermédiaire avant réception complète de l'information correspondant à l'image compressée, le tout étant fondé sur un algorithme simple permettant une implantation sur microprocesseur standard. Le principe adopté est celui du codage à 1 bit par point présenté précédemment [1]. L'algorithme est dérivé du codage B.T.C à 3 niveaux [3], [4] dans lequel la matrice ou plan de bits décrivant la structure locale du signal point par point est remplacée par un modèle paramétré moins coûteux en débit. Nous considérons l'image initiale couleur formée de 3 composantes :

- la luminance : Y
- les deux composantes du signal de différence de couleur : DR et DB.

Notre système peut très bien n'opérer que sur des images de luminance. En effet, l'analyse et la modélisation des blocs s'effectuent seulement à partir de la composante de luminance.

L'image est divisée en blocs de 5 lignes de 5 points et chaque bloc est analysé et modélisé parmi 3 classes possibles. Les différences par rapport au système précédemment développé résident dans une meilleure prise en compte de la structure locale de l'image et de sa visibilité. Les 3 modèles utilisés dans la classification réalisent un compromis entre l'adaptation à la structure du signal d'image, la visibilité de cette structure et enfin la transmission de l'information. Le schéma de principe de ce système de codage est représenté sur la figure I. Les 2 premières étapes correspondent à l'analyse et à la classification du bloc. La troisième étape correspond à l'extraction des paramètres du modèle correspondant à la classe choisie.

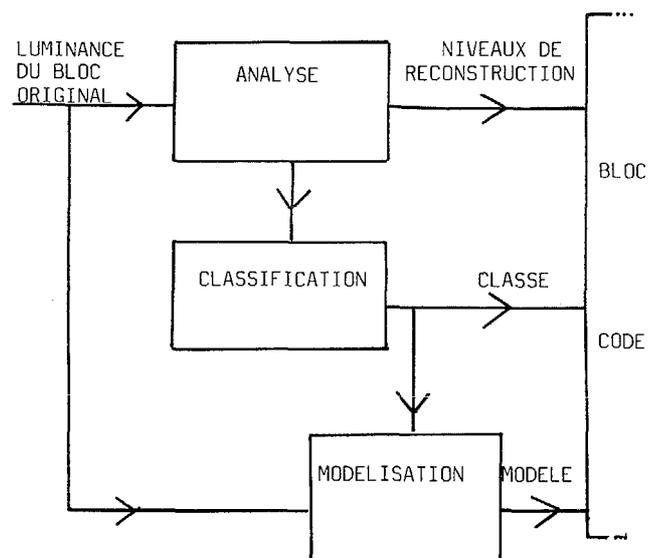


Figure I

- Schéma de principe du codage -

ANALYSE ET CLASSIFICATION

L'analyse de chaque bloc s'effectue par binarisation ou ternarisation du bloc par rapport à sa dynamique. Le résultat de ces opérations conduit à une classification du bloc dans l'une des trois classes suivantes :

- (1) - "pas de contour" (zone quasi-uniforme en texture) ;
- (2) - "un contour" à travers le bloc ;
- (3) - "deux contours" à travers le bloc.

Les opérations de binarisation et de ternarisation permettent de rechercher la présence de contours traversant le bloc à coder. Le modèle de contour recherché correspond à une rupture du signal de luminance entre deux plateaux ou plages à luminance constante.

La binarisation du bloc teste la découpe du bloc en deux plages de luminances différentes traduisant la présence d'un contour à travers le bloc. La ternarisation teste la découpe du bloc en trois plages de luminance traduisant la présence de deux contours traversant le bloc sans se rencontrer. L'adéquation des différents modèles est testée par l'analyse de la couronne binaire ou ternaire (c.f Figure II)

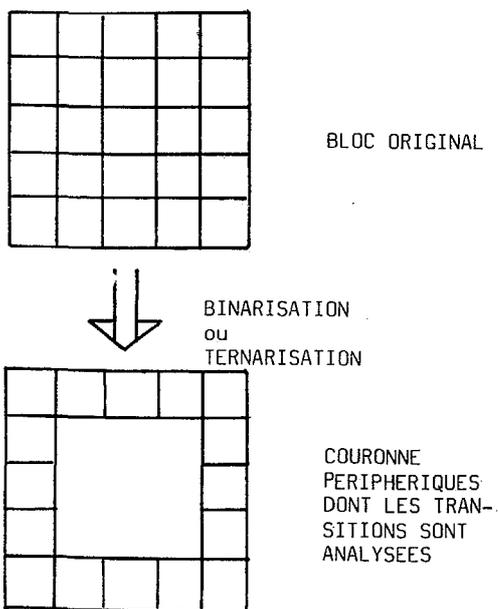


Figure II

- Zone d'analyse pour la classification -

L'analyse se fait en comptant les transitions : tout contour traversant le bloc entraîne la présence de deux transitions périphériques de sens opposé.

Il est à noter que lors de l'étape de l'analyse et classification, la position des transitions est mémorisée en vue de la paramétrisation future du modèle.

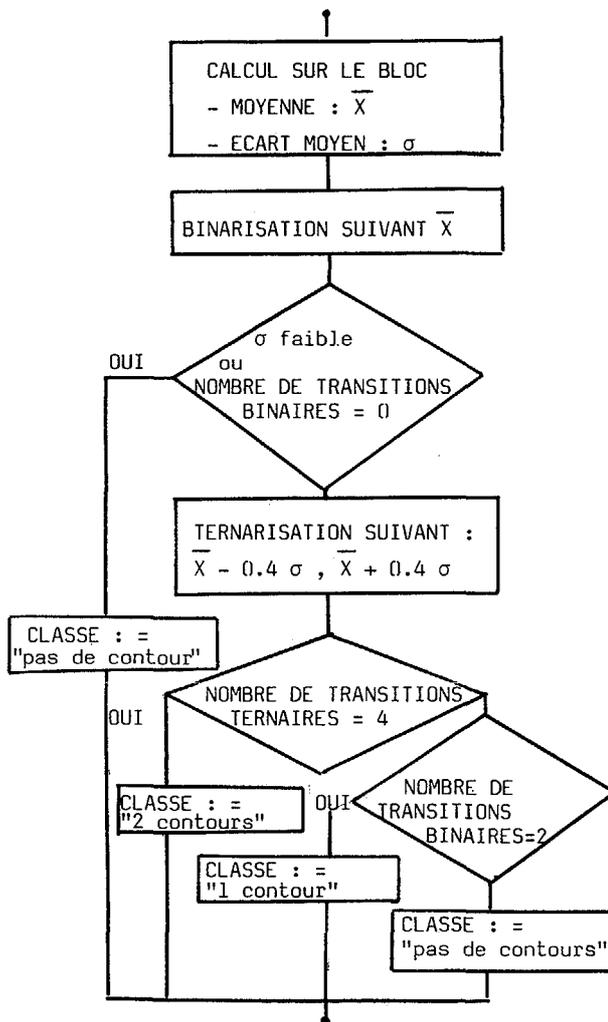


Figure III

- Analyse et classification -

CLASSES ADOPTEES

Les trois classes adoptées sont issues de considérations simultanées sur la structure locale du signal d'image, sa perception et les contraintes imposées par une classification et modélisation simples à mettre en oeuvre. Les trois classes vont définir trois modèles de transmission de la structure du bloc dans lesquels on va s'astreindre à respecter en priorité la position des transitions les plus importantes de luminance dans le bloc. Ces transitions vont introduire un effet de masquage sur la visibilité des erreurs de reconstruction des plages du bloc.

- pas de contour

Un bloc peut être affecté à cette classe pour trois raisons :

- dynamique faible du signal : bloc correspondant à une zone quasi-uniforme ou de textures peu contrastées.
- la binarisation des luminances des points du bloc par rapport à leur valeur moyenne ne fait pas apparaître un contour traversant le bloc : nombre de transitions périphériques égal à zéro.



CODAGE B.T.C D'IMAGES FIXES COULEUR A 2 BITS/POINT.

B.T.C CODING OF FIXED COLOR IMAGE WITH 2 BITS/PIXEL  
J. DEWITTE, J. RONJIN

- la ternarisation des points du bloc en trois niveaux définis autour de sa valeur moyenne ne fait pas apparaître deux contours à travers le bloc : nombre de transitions ternaires périphériques différent de 4, le nombre de transitions binaires n'ayant pas fait non plus apparaître un contour à travers le bloc. Dans ce cas nous sommes en présence d'un bloc traversé par plus de deux contours. Il n'est pas prévu de modèle pour une configuration du signal aussi complexe. Le codeur forcera la classe du bloc correspondant à "pas de contours". Le bloc se trouvera ainsi modélisé par de la texture, ce qui semble le mieux approprié dans le cas d'une trop grande activité du signal dans le bloc.

La stratégie de modélisation du bloc "pas de contour" va correspondre à celle d'un codage B.T.C à deux itérations. Les plans de bits sont sous échantillonnés avec un facteur fixe de 3/5 dans chacune des directions horizontale et verticale. La loi de quantification est celle du B.T.C à deux itérations et conduit à 4 niveaux de reconstruction autour de la valeur moyenne :

$$\bar{X} - \sigma, \bar{X} - \alpha.\sigma, \bar{X} + \alpha.\sigma, \bar{X} + \sigma$$

- un contour

Les blocs appartenant à cette classe seront ceux pour lesquels :

- la recherche de 2 contours n'a pas abouti
- la binarisation a conduit à la présence de deux transitions périphériques.

Le modèle du signal pour un tel bloc équivaut à celui d'un contour de forme quelconque traversant le bloc et le séparant en deux plateaux à luminance constante. Tous les points situés le long du contour marquant la rupture entre les deux plateaux peuvent être affectés à la valeur moyenne de la luminance du bloc.

Après comptabilisation d'un nombre de transitions binaires périphériques égal à deux, on analyse le plan binaire pour extraire le modèle correspondant à un contour à travers le bloc. L'extraction des paramètres du modèle se fait perpendiculairement au premier côté du bloc ne possédant pas de transitions binaires. On recherche sur chaque ligne perpendiculaire au côté trouvé précédemment la position de la transition du signal. La transition peut être en n'importe quel point de la ligne sauf à son départ (4 possibilités). De plus, on observe la "raideur" de la transition (transition en un ou deux points : 2 possibilités). La loi de quantification des niveaux du bloc est fondée sur le B.T.C à 3 niveaux [3].

- haut du plateau :  $\bar{X} + \sigma$
- bas du plateau :  $\bar{X} - \sigma$
- transitions douces :  $\bar{X}$

- deux contours

Une telle classification vient de ce qu'après mesure d'une certaine activité dans le bloc lors de la binarisation (nombre de transitions binaires différent de 0), l'étape de ternarisation et analyse des transitions périphériques correspondantes font ressortir quatre transitions périphériques. Notre modèle correspond cette fois à la présence de deux contours traversant le bloc et le séparant en trois plateaux de luminance. Les transitions de chaque contour vont être regroupées par paires. Chaque paire va définir les extrémités d'un contour qui sera approché par un segment de droite joignant ses deux transitions périphériques. Les trois niveaux de luminance des plateaux seront transmis après quantification.

TRAITEMENT DE LA COULEUR

Le traitement de la couleur se fait de façon identique sur chacune des composantes de différence de couleur DR et DB. Il consiste après filtrage et sous échantillonnage avec un facteur 1/2 en horizontal et vertical de ces composantes en un codage B.T.C à une itération de chacune d'elles. Dans l'image originale on ne prend qu'une ligne sur deux et pour chaque ligne on ne prend qu'un point sur deux. Chaque signal couleur est donc découpé en blocs 10 X 10 ramenés après filtrage et sous échantillonnage à des blocs 5 X 5 sur lequel est appliqué un codage B.T.C.

FORMAT DE TRANSMISSION

Le format de transmission et l'affectation de l'information sont résumés sur la figure.

Bloc de luminance 5 X 5			Niveaux de reconstruction
Classe	paramètres du modèle		
pas de contour	2 bits	2 plans de bits 3X3 18 bits	$\bar{X}, \sigma$ 13 bits
1 contour	2 bits	1 côté d'analyse et 5 transitions 16 bits	$\bar{X}, \sigma$ 13 bits
2 contours	1 bit	2 paires de transition 14 bits	3 niveaux 18 bits

Blocs de différence de chrominance 10 X 10

DR ou DB	1 plan de bits 5 X 5 25 bits	$\bar{X}, \sigma$ 9 bits

- Le débit global résultant va donc être
- pour la luminance : 33 bits par bloc de 5 X 5 points (1.32 bit/point).
  - pour la différence de chrominance DR : 34 bits par bloc de 10 X 10 (. 34 bit/point)
  - pour la différence de chrominance DB: idem que pour D.R .

Le débit global par point sera donc de 2 bits par point. Dans le cas d'une image demi-teinte il se réduirait à 1.3 bit par point. La possibilité d'une étape de visualisation globale intermédiaire de l'image avant réception complète de l'information correspondant à l'image compressée peut se réaliser de deux façons.

- obtention d'une image intermédiaire formée de blocs 5 X 5 égaux à leur valeur moyenne dans le cas d'une restitution à partir seulement des niveaux de reconstruction.

- obtention d'une image type fil de fer ne comportant que ses contours reconstruits à partir de la transmission des classes et paramètres des modèles de chaque bloc.

Ces deux possibilités pourraient se faire approximativement au bout d'un délai correspondant à la moitié du temps de transmission d'une image complétée.

RESULTATS

Pour mieux faire ressortir les caractéristiques de notre système de codage, nous présentons ici des résultats correspondant aux diverses étapes du codage de blocs ayant conduit à l'application des trois modèles adoptés. Dans chaque cas on trouvera l'image du bloc, les luminances correspondantes, le bloc après binarisation ou ternarisation, le modèle adopté et transmis, les luminances reconstruites et l'image du bloc correspondant. Des images noir et blanc et des images couleur seront présentées lors du colloque.

CODAGE B.T.C D'IMAGES FIXES COULEUR A 2 BITS/POINT.  
 B.T.C CODING OF FIXED COLOR IMAGE WITH 2 BITS/PIXEL  
 J. DEWITTE , J. RONIN

STRATEGIE  
 "pas de contour"



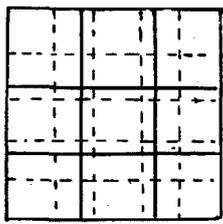
-IMAGE ORIGINALE-

217	142	125	183	202
222	191	127	143	194
203	215	174	115	168
203	216	201	132	125
161	226	210	175	124

- BLOC ORIGINAL -  
 $\bar{X} = 172$        $\sigma = 64$

1	↔	0	0	↔	1	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
0	↔	1	1	1	↔	0

- BLOC BINARISE -  
 suivant  $\bar{X}$       6 transitions



- MODELE TRANSMIS -  
 B.T.C à 2 itérations  
 sur bloc sous échantillonné 3 X 3

204	182	140	168	183
204	185	147	161	168
204	189	161	147	140
204	199	189	156	140
204	204	204	161	140

- BLOC RECONSTRUIT -



-IMAGE RECONSTRUITE-

STRATEGIE  
 "un contour"



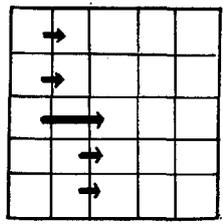
-IMAGE ORIGINALE-

87	255	230	222	218
44	233	240	226	225
35	165	255	224	224
51	94	255	228	221
62	55	235	232	218

- BLOC ORIGINAL -  
 $\bar{X} = 153$        $\sigma = 78$

0	↔	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1
0	0	↔	1	1	1

- BLOC BINARISE -  
 suivant  $\bar{X}$       2 transitions



- MODELE TRANSMIS -  
 (à partir du côté droit)  
 Transitions → dures → douces

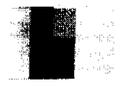
75	231	231	231	231
75	231	231	231	231
75	153	231	231	231
75	75	231	231	231
75	75	231	231	231

- BLOC RECONSTRUIT -



-IMAGE RECONSTRUITE-

STRATEGIE  
 "deux contours"



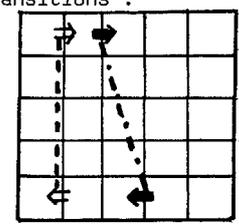
-IMAGE ORIGINALE-

176	126	163	218	202
166	126	164	220	205
175	137	143	222	201
170	129	140	218	204
180	123	121	214	208

- BLOC ORIGINAL -  
 $\bar{X} = 173$        $\sigma = 60$

0	↔	-1	↔	0	1	1
0	-1	0	1	1	1	1
0	-1	-1	1	1	1	1
0	-1	-1	1	1	1	1
0	↔	-1	-1	↔	1	1

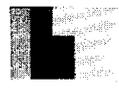
- BLOC TERNARISE -  
 suivant  $\bar{X} - 0.4 \sigma$  et  $\bar{X} + 0.4 \sigma$   
 4 transitions :



- MODELE TRANSMIS -  
 2 paires de transition : ⇒

170	125	200	200	200
170	125	200	200	200
170	125	125	200	200
170	125	125	200	200
170	125	125	200	200

- BLOC RECONSTRUIT -



- IMAGE RECONSTRUITE-



## CODAGE B.T.C D'IMAGES FIXES COULEUR A 2 BITS/POINT.

J. DEWITTE , J. RONSIN

## B.T.C CODING OF FIXED COLOR IMAGE WITH 2 BITS/PIXEL

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent la bonne adaptation du système de codage aux propriétés de la source et de la vision. La meilleure modélisation des textures et contours augmente sensiblement la qualité des images et ce bien que le système ne soit pas parfaitement optimisé. De même l'introduction de la couleur améliore la perception subjective, le débit restant relativement faible (2 bits par point).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. DEWITTE, J. RONSIN "Original Block Coding Scheme for low bit rate image transmission" EUSIPCO-83, 12-16 sept 83, Erlangen, RFA, pp B1.5.1 à B1.5.4.
- [2] E.J. DELP, O.R. MITCHELL "Image compression using block truncation coding" . IEEE trans. on Comm. vol Com-27, sept 79, pp.1335 - 1342.
- [3] J. RONSIN, "Codage d'images par bloc opérant par moments, Amélioration du codage des contours". GRETSI, Nice, juin 1981, pp. 727-732.
- [4] J. RONSIN, J. DEWITTE "Adaptive block truncation coding scheme using an edge following algorithm". IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Paris, mai 1982, pp. 1235-1239.