

# NEUVIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

635



NICE du 16 au 20 MAI 1983

---

## UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C, ADAPTATIF REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

*J. RONSIN, J. DEWITTE\**

LABORATOIRE D'AUTOMATIQUE, I.N.S.A. 20, Ave des Buttes de Coësmes 35043 RENNES CEDEX  
\*C.C.E.T.T., Rue du Clos Courtel 35510 CESSON-SEVIGNE

---

### RESUME

B.T.C. (Block Truncation Coding) est une technique simple pour le codage des images T.V. et peut permettre leur transmission avec moins de 2 bits/point. B.T.C. divise l'image en blocs de taille fixe de 4x4 points. Pour chacun de ces blocs le codeur construit une représentation à deux niveaux répartis autour de la luminance moyenne de bloc. Le principal défaut de ce codage se manifeste par une restitution déchiquetée des contours à forte transition. Le remède que nous proposons est fondé sur les propriétés statistiques des contours mais ne nécessite plus un algorithme de détection et suivi de contours comme nous l'avions proposé [1]. Nous avons substitué à l'algorithme précédent de simples masques logiques opérant sur des plans de bits déjà calculés lors du codage ou du décodage. Cette solution simplifie la mise en oeuvre du B.T.C. adaptatif. L'algorithme permet au codeur suivant le contour environnant le bloc d'affecter certains des points du bloc à un 3ème niveau correspondant à la luminance moyenne du bloc. La solution adoptée nécessite peu de bits additionnels (0.18 bits/point) et permet ainsi de se maintenir à un débit de 2 bits/point.

### SUMMARY

B.T.C. (Block Truncation Coding) is a simple coding scheme for T.V. pictures producing compressed images with less than 2 bits/pixel. B.T.C. divides a picture into small blocks of fixed size : 4x4 pixels. The transmitter computes a two level representation of each block, preserving its local sample moments. Its essential artifact is that edges have tendency to be ragged. We thus propose a modified coding scheme based on statistical edge properties, but without the need of an edge following algorithm as we did previously [1]. We substitute to the previous algorithm, simple logical masks working on plane bits computed when coding or decoding. This solution is a simplification of implementation complexity of our adaptive B.T.C. New algorithm, according to the position of edges in adjacent blocks to the transmitted one, allows for a class of its pixels reconstructing by a third level issued from the mean of the block. Our solution needs only few additional bits (0.18 bits/pixel) achieving a fixed data rate of 2 bits/pixel.



UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C. ADAPTATIF  
REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

### INTRODUCTION

Les travaux précédents sur le B.T.C. [1], [2] ont montré qu'une restitution à trois niveaux dans chaque bloc, permettait d'améliorer le B.T.C. classique et permettait même d'obtenir la qualité subjective d'une restitution à 4 niveaux obtenue par 2 itérations sur le B.T.C.

Nous proposons dans ce qui va suivre un B.T.C. à 3 niveaux. Le troisième niveau introduit correspond à la luminance moyenne du bloc, valeur déjà transmise avec le B.T.C. "classique". De cette façon nous pénaliserons peu le débit, à condition d'avoir une solution peu coûteuse permettant de transmettre la position des points candidats à ce troisième niveau. Des études statistiques sur ces points mieux reconstruits par la valeur moyenne ont été faites. Il a été constaté que ces points forment un sous-ensemble dans un bloc et que leur position dans le bloc est très corrélée avec le contour traversant le bloc. La position des contours environnant le bloc à coder va donc nous définir un sous-ensemble de candidats à une restitution par la valeur moyenne. Il ne restera plus qu'à transmettre la position de ces points dans le sous-ensemble ainsi défini. Le sous-ensemble variera suivant la position des contours environnant le bloc. La position des contours sera obtenue par un filtrage logique sur la partie déjà codée environnant le bloc à coder. Après un bref rappel sur le principe du B.T.C. les différents points suivants seront exposés : filtrage logique et résultats statistiques sur les contours, algorithme B.T.C. adaptatif, résultats du codage.

### I - PRESENTATION DU B.T.C.

#### Principe

Le codage B.T.C. opère par divisions de l'image en blocs de taille fixe de  $n \times n$  points. Les blocs sont alors codés individuellement. Dans un premier temps, on calcule la luminance moyenne des points  $x_{ij}$  du bloc :

$$\bar{X} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

Le codage du bloc va conduire à une binarisation des luminances par rapport à  $\bar{X}$ . Les deux valeurs de restitution sont choisies de façon à conserver la luminance moyenne  $\bar{X}$  et l'écart moyen (positif et négatif) des points du bloc par rapport à  $\bar{X}$ . Pour ce faire on calcule un bloc correspondant aux écarts de la luminance des points par rapport à  $\bar{X}$  :

$$R = X - \bar{X}$$

et l'on forme un bloc S représentant pour chaque point

le signe de ces écarts et ainsi défini :

$$s_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } r_{ij} \geq 0 \text{ (écart positif nul)} \\ 0 & \text{si } r_{ij} < 0 \text{ (écart négatif)} \end{cases}$$

Le nombre d'éléments possédant un écart positif est donné par :

$$c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ij}$$

et la somme des écarts positifs :

$$d = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ij} r_{ij}$$

Comme R est centré, la somme des écarts négatifs est égale à d en valeur absolue.

Par bloc, on transmet  $\bar{X}$ , S, d. A la réception, après re-calcul de c, on obtient les écarts moyens positif et négatif :

$$\Delta_+ = \frac{d}{c} \quad \Delta_- = \frac{d}{n^2 - c}$$

et l'on restitue chaque luminance  $\hat{x}_{ij}$  du bloc, en fonction de l'élément correspondant de la matrice de signe, à l'un des deux niveaux suivants :

$$\hat{x}_{ij} = \begin{cases} X_1 = \bar{X} + \Delta_+ & (\text{si } s_{ij} = 1) \\ X_2 = \bar{X} - \Delta_- & (\text{si } s_{ij} = 0) \end{cases}$$

Les approximations des écarts par rapport à la luminance moyenne peuvent être affinées par d'autres approximations. Ainsi on peut transmettre une seconde valeur des écarts positifs et un second plan de bits S'. Cette seconde itération des calculs conduit à une restitution du bloc par 4 niveaux au lieu de 2 niveaux.

Dans le cas d'un bloc de  $4 \times 4$  points la transmission du bloc nécessite respectivement :

- 7 bits pour la luminance moyenne :  $\bar{X}$
- 16 bits pour les signes des écarts : S
- 5 bits pour l'écart positif moyen : d

d'où un débit de 1.75 bits/point.

#### Défaut

Le principal défaut de ce type de codage réside dans la restitution déchetée de certains contours à forte transition. Dans un bloc, les points situés sur les transitions du signal de luminance se trouvent, du fait de leur binarisation, forcés à la luminance du haut ou du bas du contour. Nous avons montré, dans des travaux précédents [2], qu'une restitution à 4 niveaux était mal appropriée et coûteuse en débit. Nous avons proposé une restitution mieux appropriée à 3 niveaux mais le débit résultant se situait à 3 bits/point. Nous allons développer, ci-après, une autre solution à 3 niveaux de restitution nettement moins coûteuse pour la transmission.

UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C. ADAPTATIF  
REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

II - ETUDE STATISTIQUE

Nous avons précédemment signalé que les défauts se produisaient principalement sur les contours et que la position des points candidats à une restitution par  $\bar{X}$  était très corrélée avec celle de ces mêmes contours.

Comme dans le cas d'autres systèmes de codage [3], la qualité de l'image reconstruite peut être grandement améliorée en adaptant la stratégie de codage aux propriétés des contours. Dans ce but, une étude plus précise des propriétés utilisables dans le cas du B.T.C. a été menée (figure 1).

Les points considérés comme appartenant à des contours sont détectés sur une couronne environnant le bloc à coder et ne faisant intervenir que les points connus du récepteur. Une première étude utilisait dans ce but une détection de gradient sur l'image reconstruite [1]. Cependant, des expérimentations ultérieures ont montré que, dans le cas qui nous intéresse, un simple filtrage se ramenant à la détection de transitions dans la matrice de bits, assorti de tests sur la valeur de la différence positive  $d$  donnait des résultats comparables.

Les points considérés comme contours sont obtenus en 2 étapes :

- les points pour lesquels il existe une transition horizontale ou verticale dans la matrice de bit sont considérés "candidats contours". Afin cependant de ne pas considérer de contours dans les blocs de dynamique faible, les "candidats contours" ne sont soumis à la deuxième étape qui si la dynamique du bloc est supérieure à un seuil soit :

$$2d > S_0$$

- sur les "candidats contours", on applique ensuite un filtrage logique dont le but est de réduire les fausses détections, comme par exemple dans le cas de textures. Le filtrage logique utilisé varie selon que le point où on l'applique se trouve au-dessus ou sur le côté du bloc à coder. Le but est de ne retenir que les points qui se trouvent sur un contour traversant le bloc à coder. Ainsi, un point appartenant à un contour horizontal doit être éliminé s'il se trouve au-dessus du bloc et conservé s'il est sur le côté.

Sur la figure 2 on montre les contours obtenus par l'application des deux stratégies de filtrage sur les candidats contours, en 2a, chaque point est considéré au-dessus d'un bloc à transmettre, et en 2b à côté d'un bloc à transmettre.



2a

2b

FIGURE 2

Le résultat de ces traitements est une information binaire indiquant si le point est considéré comme appartenant à un contour traversant le bloc à transmettre ou non. Les informations concernant les points connexes au bloc à transmettre sont réunies pour former un vecteur. Le vecteur ainsi obtenu est utilisé dans le

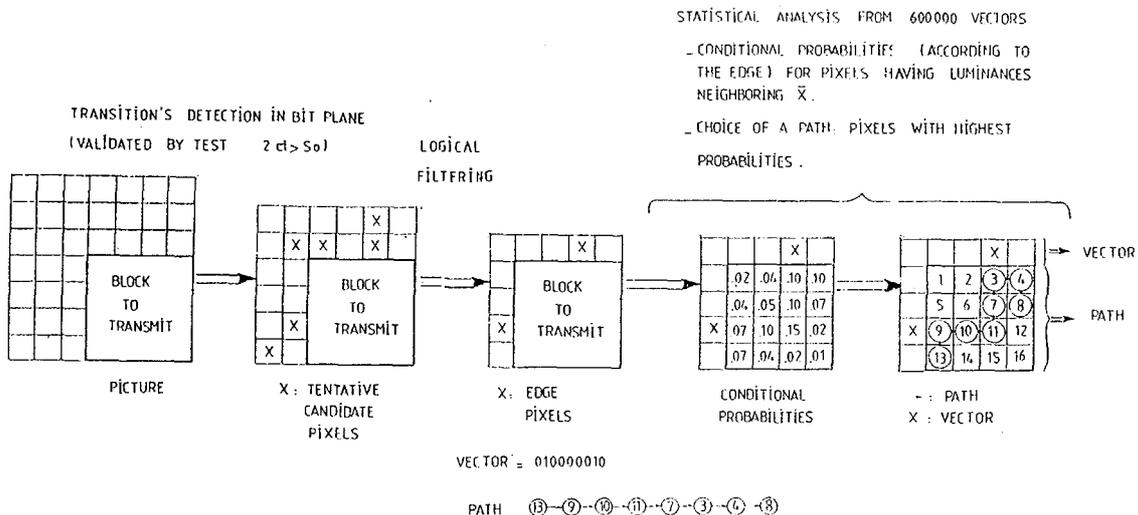


FIGURE 1 - ANALYSE STATISTIQUE



UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C. ADAPTATIF  
REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

cadre d'une étude statistique sur les contours et sur la corrélation existant entre les contours et les points candidats à une restitution par  $\bar{X}$ . Cette étude statistique a été faite sur un ensemble de 11 images télévision, correspondant à plus de 600 000 vecteurs.

Nous avons constaté que le vecteur contour a des propriétés statistiques intéressantes. Si nous appelons conglomérat un ensemble de points connexes considérés comme contours, la probabilité d'avoir un conglomérat est particulièrement importante (de l'ordre de 55 %), tandis que la probabilité d'avoir trois conglomérats ou plus est faible (moins de 9 %).

La deuxième partie de cette étude statistique concerne l'analyse de la corrélation entre contours et candidats à  $\bar{X}$ . Pour chaque vecteur possible a été calculée la probabilité de chaque point du bloc à transmettre d'être candidat à  $\bar{X}$ . La figure 3 montre quelques exemples de ces probabilités conditionnelles

(111111000)				
X	X			
X	.06	.11	.05	.03
X	.03	.14	.06	.03
X	.03	.15	.05	.02
X	.03	.12	.06	.03

(101101110)				
	X	X	X	
X	.04	.05	.00	.02
X	.05	.16	.07	.04
	.14	.16	.02	.05
X	.05	.00	.09	.07

(000000000)				
	.04	.06	.06	.05
	.05	.09	.09	.06
	.05	.09	.09	.05
	.05	.06	.06	.04

Probabilité conditionnelle pour les points du bloc d'être candidats à la valeur moyenne, suivant le vecteur contour

FIGURE 3

Le résultat particulièrement intéressant est la forte concentration des points candidats à  $\bar{X}$  : la loi de probabilité, pour un vecteur donné, est non uniforme et concentrée sur 6 à 10 points du bloc. De manière typique, un quart du bloc concentre la moitié des candidats, et à la moitié du bloc les 3/4 des candidats. L'analyse de la position de ces points montre qu'ils correspondent aux positions où l'on a la probabilité la plus forte de trouver une transition. Le vecteur nul (pas de point classé contour) est un cas particulier. Dans ce cas, la probabilité d'être candidat à  $\bar{X}$  est plus marquée pour les 4 points centraux.

A partir de ces résultats, pour chaque vecteur possible, on a isolé la partie du bloc contenant les points de probabilité maximale de restitution à  $\bar{X}$ . Ce sous bloc est organisé comme un chemin dans le bloc (figure 1). Ainsi à chaque bloc est associé un chemin

de 8 points qui regroupe en moyenne 75 % des candidats à  $\bar{X}$ . La probabilité de ne pas avoir de candidats à  $\bar{X}$  à l'intérieur du chemin est toujours inférieure à 5 %, excepté le cas du vecteur nul.

### III - ALGORITHME B.T.C. ADAPTATIF

Ce paragraphe développe l'algorithme utilisé lors du codage des blocs de l'image. Les opérations à effectuer peuvent se ramener aux 4 étapes successives suivantes :

- op. 1) Recherche du vecteur contour :  $V$
- op. 2) Codage B.T.C. classique du bloc :  $\bar{X}$ ,  $\Delta_+$ ,  $\Delta_-$
- op. 3) Recherche dans le chemin  $P(V)$  de chaînes de points candidats :  $C$  (points de luminances proches de  $\bar{X}$ )
- op. 4) Codage du bloc suivant l'algorithme B.T.C. en affectant la chaîne de candidats  $C_i$  la plus longue à  $\bar{X}$ .

Nous allons insister, plus particulièrement, sur la recherche des contours et des candidats et nous verrons comment il serait possible de réaliser un tel codage de blocs en vue de sa transmission. Enfin nous présenterons, comparativement au B.T.C. classique, les résultats obtenus par notre algorithme adaptatif.

#### La recherche des contours (op. 1)

Le codage de tout bloc va nécessiter la détermination d'un vecteur contour. Ce vecteur contour ne sera pas transmis au décodeur. Le décodeur devra donc lui-même reconstruire ce vecteur à partir de la position des contours dans les blocs adjacents déjà reconstitués. Pour stabiliser l'algorithme nous ferons opérer, lors du codage du bloc, les calculs du vecteur contour à partir de plans de bits environnants tels qu'ils seront obtenus après passage dans le codeur-décodeur. L'algorithme d'extraction du vecteur contour sera celui exposé au paragraphe II. Il utilisera les mêmes définitions et principes, que ci-dessus. Une fois obtenu, le vecteur contour servira alors d'adresse pour la lecture d'une mémoire dans laquelle auront été préalablement stockés les chemins de candidats identifiés par les études statistiques précédentes. La donnée lue dans la mémoire, nous fournira un chemin  $P$  de 8 points éventuellement candidats à travers le bloc à coder. La détermination des candidats ne se fera que le long de ce chemin.

#### La recherche des candidats (op. 3)

Le chemin  $P$  ainsi déterminé, correspondra donc à une fenêtre d'observation dans laquelle nous testerons la luminance originelle des points du bloc pour savoir si leur restitution par la valeur moyenne  $\bar{X}$  du bloc est appropriée ou non. Ce test se résumera à savoir si la

UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C. ADAPTATIF  
REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

Luminance  $x_{ij}$  des points candidats éventuels est plus proche de la luminance moyenne du bloc  $\bar{X}$  que des deux niveaux possibles de restitution en B.T.C. classique :  $\hat{X}_1, \hat{X}_2$ . Nous déterminerons ainsi des chaînes  $C'$  de sous-ensemble de points candidats appartenant au chemin  $P$  et tels que :

$$C' = \{C_1, \dots, C_m\}$$

$$C' = \{x_{ij} \in P \mid \bar{X} - \alpha \Delta_- \leq x_{ij} \leq \bar{X} + \alpha \Delta_+\}$$
 avec  $\alpha = .5$

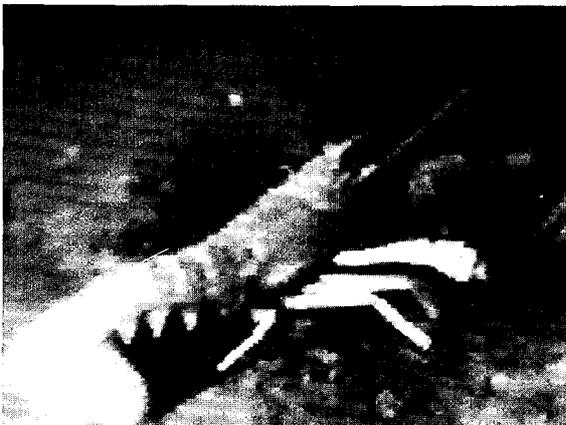
$C'$  résultera de l'intersection de  $C$  (points mieux reconstruits par la moyenne) et de  $P$  (sous-ensemble de candidats acceptables).

Le codage du bloc (op. 4)

Le bloc codé va comprendre le codage classique B.T.C. et la plus longue chaîne de candidats à la valeur moyenne. Les opérations de reconstruction n'auront pas à être effectuées par l'émetteur.



Original 8 bits/point



B.T.C. Adaptatif reconstruit 2 bits/point

IMAGES DE 220x220 POINTS

Méthode de transmission

Nous allons maintenant rapidement aborder la façon dont peuvent être codés de tels blocs dans une image. Les 31 bits d'information correspondant à un bloc de 16 points se répartiront ainsi :

- Luminance moyenne  $\bar{X}$  : 7 bits
- écart positif  $d$  : 5 bits
- matrice de signe  $S$  : 16 bits
- position candidat initial  $I$  : 3 bits

(xxx numéro du candidat initial parmi les 8 du chemin)

Suivant  $I$  le bit  $s_{ij}$  de la matrice de signe  $S$ , correspondant au candidat initial sera alors récupéré et permettra de savoir si la chaîne de candidats se prolonge d'un élément ou non. L'on pourra ainsi récursivement sur la matrice  $S$  chaîner tous les points de la chaîne la plus longue. Il faut noter que pour mieux nous adapter à notre algorithme nous avons choisi de transmettre :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad \text{et} \quad \Delta X = \frac{\Delta_+ + \Delta_-}{2}$$

Cette valeur  $\bar{X}$  correspond en effet au milieu de la transition.

Résultats

Pour mieux faire ressortir la qualité des résultats obtenus sur des photographies nous présentons ici des détails de photographies correspondant respectivement à l'image originale, et à des restitutions après codage et décodage par un B.T.C. à une itération, un B.T.C. à deux itérations et enfin notre B.T.C. adaptatif. On notera la réduction des défauts. L'augmentation du débit que nous introduisons (.18 bit/point) conduit à une qualité quasi-équivalente à celle d'une seconde itération qui elle requiert une augmentation de débit de 1.3 bit/point.

Les résultats présentés en simulant des erreurs de transmission entre le codeur et le décodeur montrent le peu de sensibilité du B.T.C. adaptatif.

CONCLUSION

Le codage B.T.C. est une technique particulièrement intéressante. Sa réalisation est simple, son débit peu élevé et il est peu sensible aux erreurs de transmission. La qualité des images restituées n'est toutefois pas très bonne du fait de la visibilité de la structure de bloc dans certaines configurations critiques.

La solution proposée d'un B.T.C. adaptatif remédie au principal défaut de restitution du B.T.C. Cette solution lui conserve ses atouts : la réalisation matérielle n'augmente pas sensiblement en complexité et la

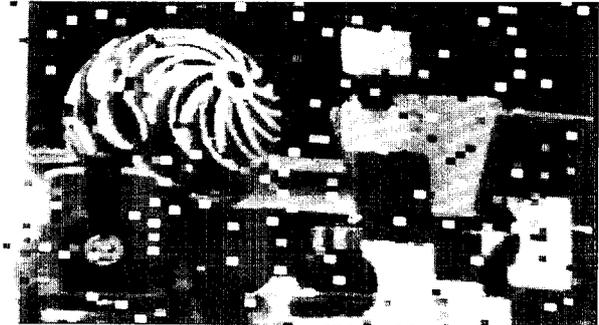


UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C. ADAPTATIF  
REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

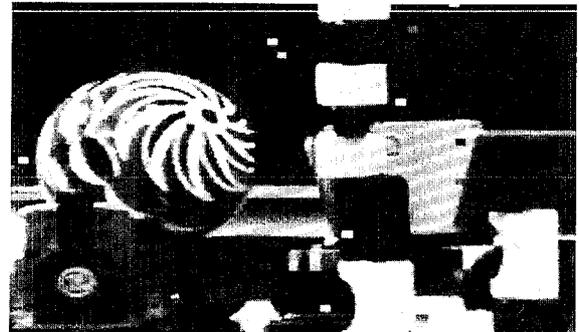
résistance du système aux erreurs de transmission est préservée.

BIBLIOGRAPHIE

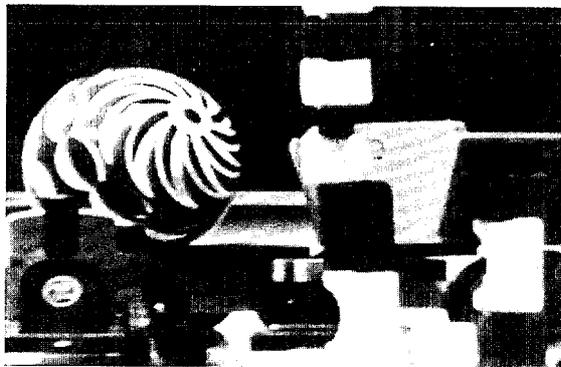
- [1] J. RONSIN, J. DEWITTE "Adaptive block truncation coding scheme using an edge following algorithm". I.F.E.F. International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Paris, mai 1982, pp. 1235-1239.
- [2] J. RONSIN "Codage d'images par bloc opérant par moments, Amélioration du codage des contours". GRETSI, Nice, juin 1981, pp. 727-732.
- [3] J. DEWITTE, D. BARBA "Détection et suivi de contours en codage M.I.C.D.". International Workshop on Image Processing. Rennes, septembre 1979.



B.T.C. Adaptatif reconstruit 2 bits/point  
avec bruit de transmission  $\tau = 10^{-2}$  bits/ point



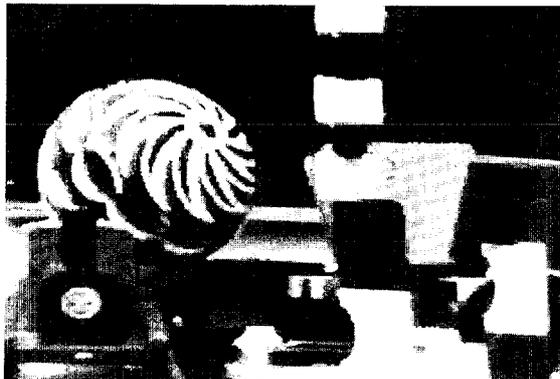
B.T.C. Adaptatif reconstruit 2 bits/point  
avec bruit de transmission  $\tau = 10^{-3}$  bits/point



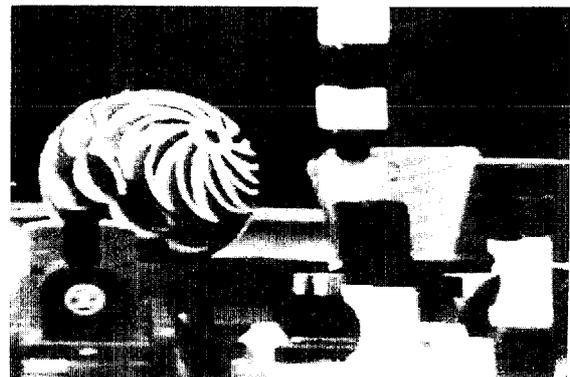
Original 8 bits/point



B.T.C. Adaptatif reconstruit 2 bits/point



B.T.C. 1 Itération  
reconstruit 1.75 bits/point



B.T.C. 2 Itérations  
reconstruit 3 bits/point

UN SYSTEME DE CODAGE B.T.C. ADAPTATIF  
REPOSANT SUR UNE ANALYSE LOCALE DE L'IMAGE

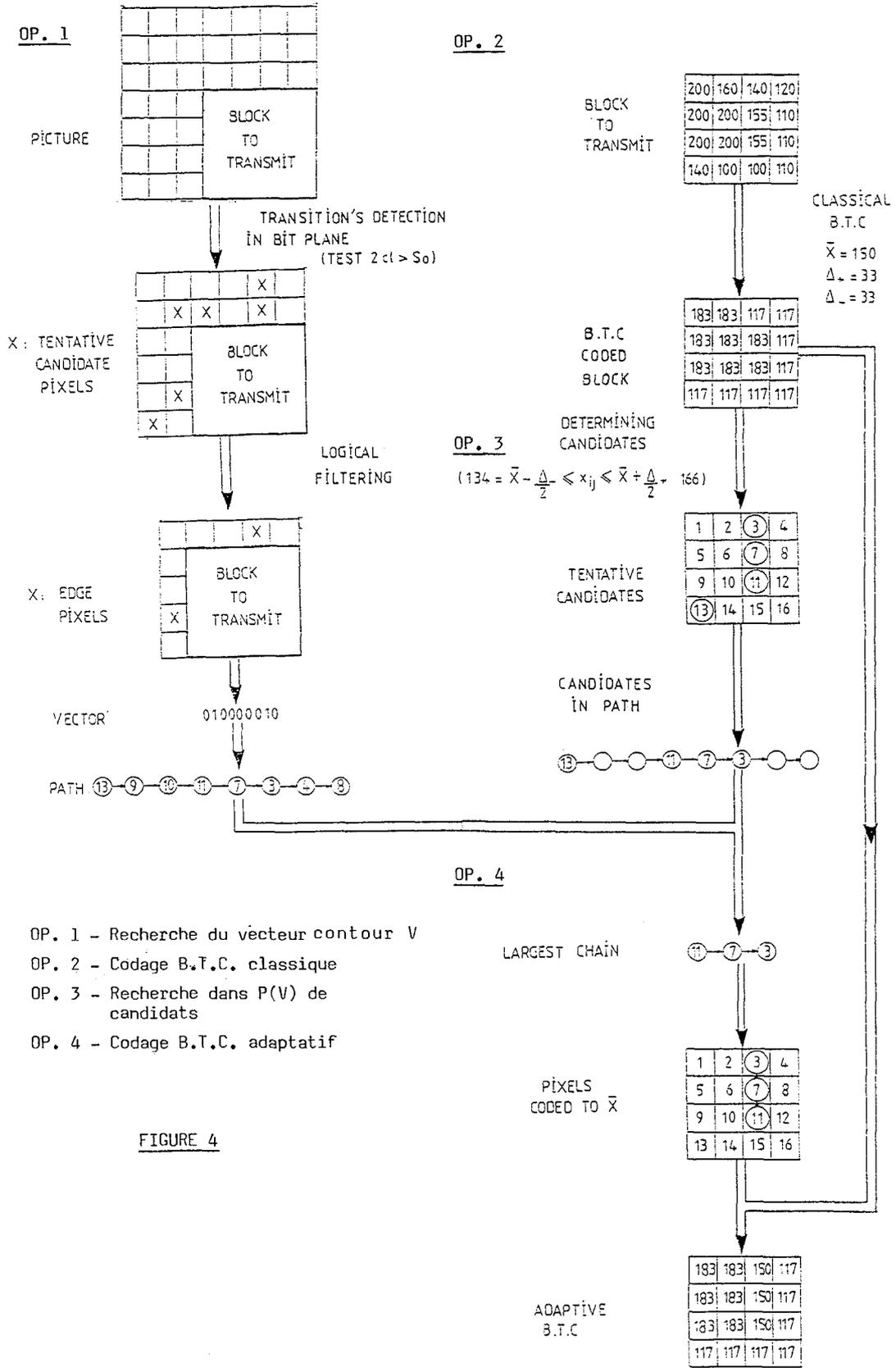


FIGURE 4

- OP. 1 - Recherche du vecteur contour V
- OP. 2 - Codage B.T.C. classique
- OP. 3 - Recherche dans P(V) de candidats
- OP. 4 - Codage B.T.C. adaptatif

