



## Traitement, Synthèse, Technologie et Applications

BIARRITZ - Mai 1984 -

METHODE DE REDUCTION DE DEBIT, ROBUSTE AUX ERREURS, POUR  
LA TRANSMISSION D'IMAGES TV COULEUR DE BONNE QUALITE  
AN ERROR-ROBUST FLOW REDUCTION METHOD FOR THE TRANSMISSION OF HIGH-  
QUALITY COLOR TV IMAGES

C A T R O S Jean-Yves

THOMSON-CSF - LABORATOIRES ELECTRONIQUES RENNES - Avenue de Belle Fontaine  
35510 CESSON SEVIGNE

**RESUME**

On présente une méthode de réduction de débit adaptée à la transmission d'images de télévision couleur sur un canal à 34 Mb/s. La méthode est basée sur un codage différentiel intra-image, avec des mots de longueur fixe (3 eb), ce qui permet une réalisation en matériel simple (pas de mémoire d'image ni de dispositif de régulation de mémoire tampon).

L'amélioration obtenue par rapport à un codage différentiel classique provient de l'utilisation d'une échelle de quantification aléatoire, adaptative avec la prédiction et d'un post-filtrage non linéaire de l'image décodée au récepteur.

La qualité d'image obtenue est bonne et les erreurs de transmission ne se propagent pratiquement pas.

**SUMMARY**

A coding system is proposed that allows digital transmission of a video signal at a bit rate of 34 Mbits/s. The basis of the method is an intra-field DPCM with fixed word length (3 bits), which allows a plain hardware implementation (neither picture memory nor buffer regulation).

The improvement from classical DPCM comes from the use of a random, adaptive with prediction quantization scale and from a non linear post filtering of the decoded picture at the receiver.

The resulting picture quality is good and the transmission errors do not propagate.



## 1. INTRODUCTION

La transmission numérique d'un signal de télévision couleur présente un grand intérêt, que ce soit pour la distribution de programmes TV ou pour la transmission point à point, notamment sur les futurs réseaux optiques.

Cependant, la transmission d'un signal de télévision couleur, codé en PCM suivant les recommandations internationales (1) demande un débit de 216 Meb/s, trop élevé pour être économiquement viable. On voit donc l'intérêt d'étudier des méthodes de codage permettant - sans perte sensible de qualité - de compresser le débit. L'objectif est d'atteindre 34 Meb/s, qui correspond au troisième niveau de la hiérarchie de transmission numérique normalisée en Europe.

Pour cela, le moyen le plus simple consiste à réduire les fréquences d'échantillonnage. C'est possible, dans une certaine mesure, car les fréquences normalisées au niveau international l'ont été pour des applications studio - où le signal doit subir de nombreux traitements - et non en vue de la transmission.

On choisit donc d'échantillonner la luminance à 10,125 MHz et les signaux différence de couleur à 3,375 MHz. Ces derniers sont ensuite sous-échantillonnés par 2 (séquentiel ligne) après avoir subi un filtrage numérique dans la direction verticale.

On peut remarquer que le rapport simple entre les fréquences choisies et les fréquences internationales (3/4, 1/4) autorise une conversion aisée par filtrage numérique entre les deux systèmes.

La réduction des fréquences d'échantillonnage ramène le débit brut à 108 Meb/s. On opère ensuite une réduction supplémentaire en ne transmettant pas les intervalles de suppression ligne et trame. Le gain obtenu est d'environ 25%, ce qui mène à 81 Meb/s. L'étape suivante consiste à éliminer une partie des informations redondantes du signal image pour arriver au débit voulu. Les méthodes de compression existantes peuvent être classées en deux grandes classes : les méthodes par transformées et les méthodes différentielles. Pour le débit envisagé, leurs performances sont proches mais par contre les méthodes différentielles ont un net avantage du point de vue de la facilité de réalisation. Un système de codage différentiel est caractérisé par 3 organes principaux : le prédicteur, le quantificateur et l'allocateur de codes. Différentes variantes sont possibles suivant que le prédicteur est fixe ou adaptatif, inter ou intra image. De même, la loi de quantification peut être unique ou adaptée aux statistiques locales de l'image. Enfin, les codes transmis peuvent être à longueur fixe ou variable. Le résultat final dépendra, non seulement de la qualité de l'image décodée, mais encore de la susceptibilité du système aux erreurs de transmission qui peuvent, notamment dans les systèmes adaptatifs, provoquer une dégradation inacceptable de l'image reçue.

On s'est attaché dans cette étude à avoir un matériel simple et robuste aux erreurs de transmission. La méthode de compression décrite dans cet article est donc basée sur le codage différentiel intra-image à mot de longueur fixe (3 eb/échantillon). Le débit obtenu est alors de 30 Meb/s pour la vidéo, ce qui laisse environ 4 Meb/s pour transmettre le son, les signaux de synchronisation et différents signaux annexes.

## 2. METHODE DE CODAGE

On s'intéresse surtout au signal de luminance qui est le plus difficile à coder. En effet, si un prédicteur fixe et un quantificateur fixe à 8 niveaux suffisent pour coder les signaux différence de couleur, ce n'est pas vrai pour la luminance. Il faut donc envisager pour ce signal d'améliorer soit la prédiction, soit la quantification.

### \* PREDICTION

Les algorithmes de prédiction adaptative sont basés sur le fait que les erreurs de prédiction importantes se situent au niveau des contours. L'idée consiste alors à détecter les contours et à estimer leur direction afin d'effectuer la prédiction dans la direction estimée. La variance de l'erreur de prédiction est alors effectivement réduite, mais des problèmes subsistent en certains points (début et fin de contours). De plus, la réalisation en matériel devient lourde. On choisit donc une prédiction fixe intra-image (demi-somme du point précédent dans la ligne et du point homologue dans la ligne précédente).

### \* QUANTIFICATION

Généralement, on considère que l'erreur de prédiction à quantifier a une dynamique de 8 eb. En fait, si on remarque qu'en chaque point on connaît à l'émetteur comme au récepteur, la valeur de la prédiction, cette dynamique peut être ramenée à 8 eb. C'est ce qui est représenté sur la Fig. 1 où toutes les valeurs possibles du couple prédiction - erreur de prédiction sont situées à l'intérieur du parallélogramme. (2).

On affecte donc une caractéristique de quantification particulière pour chaque zone de prédiction, ce qui permet, avec le même nombre d'eb d'augmenter le nombre de niveaux du quantificateur.

### - Influence des erreurs de transmission

Une autre particularité intéressante de ce système est que, si on affecte les codes dans le même ordre à chaque caractéristique partielle, un tel système permet d'éviter la propagation des erreurs de transmission.

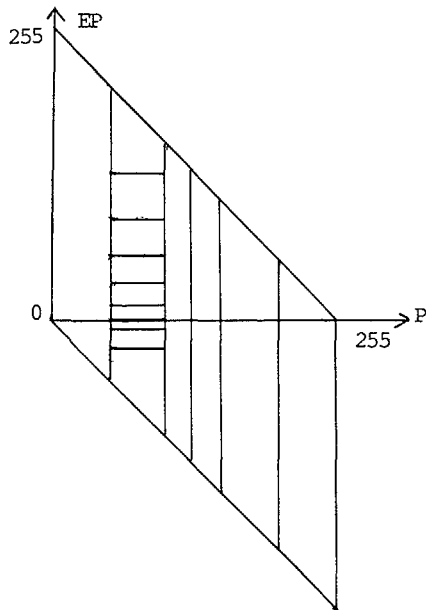


Fig.1 - Variation de l'erreur de prédiction EP avec la prédiction P. On a représenté six zones de prédiction. A chacune est associée une échelle de quantification à 8 niveaux.

Considérons qu'à l'instant t il y ait eu une erreur de transmission. Les prédictions différentes  $P_i$  et  $P_j$  sont élaborées à l'émetteur et au récepteur. A l'instant t+1, il n'y a plus d'erreur. Le code n est transmis. La différence entre les points reconstruits à l'émetteur et au récepteur est alors :

$$E(t+1) = P_i - P_j + d(n, P_i) - d(n, P_j)$$

avec  $d(n, P_i)$  = valeur de reconstruction correspondant au code k et à la prédiction  $P_i$ .

Dans le cas d'une caractéristique classique, on aurait eu :

$$E(t+1) = P_i - P_j = E(t)$$

Avec les hypothèses suivantes sur la forme des caractéristiques

$$d(n, P_i) < d(n, P_j) \text{ pour } P_i > P_j$$

et

$$|d(n, P_i) - d(n, P_j)| < 2 |P_i - P_j|$$

$E(t+1)$  est alors inférieur à  $E(t)$  en valeur absolue.

En choisissant des caractéristiques  $d(n, p)$  de la forme  $d(n, p) = -kp + b$ , on obtient alors

$$E(t+1) = (P_i - P_j) (1-k)$$

Dans le cas particulier de la prédiction par le point précédent, on peut calculer la décroissance exacte de l'erreur

$$E(t+n) = E(t) (1-k)^n$$

avec  $k=1$ , on retrouve le cas du PCM où l'erreur ne se propage pas. Pour des valeurs inférieures, la décroissance est quand même très rapide, par exemple  $n=0,4$  :

$$E(t+1) = E(t) \times \frac{6}{100}$$

#### \* QUANTIFICATION ALEATOIRE DE FILTRAGE

Cette méthode de quantification est intéressante pour deux raisons : augmentation du nombre de niveaux disponibles et bonne résistance aux erreurs de transmission. Cependant, notamment dans les zones de prédiction intermédiaire, huit niveaux ne suffisent pas pour avoir une bonne qualité.

L'idée pour augmenter le nombre de niveaux consiste à faire osciller le quantificateur d'un point à l'autre. Le niveau de gris d'un point sera alors rendu par la moyenne des niveaux de gris des points voisins. Cette moyenne sera estimée en filtrant l'image reçue au récepteur.

#### - Choix des caractéristiques $d(n, p)$

On choisit  $d(n, p)$  linéaire avec des niveaux équidistants pour les raisons suivantes :

- . on réalise de manière simple un nombre maximal d'intervalles de prédiction
- . les erreurs de codage sont équiréparties sur l'intervalle entre niveaux de reconstruction
- . le comportement en présence d'erreurs est bon

L'allure de la caractéristique est donnée Fig.2.

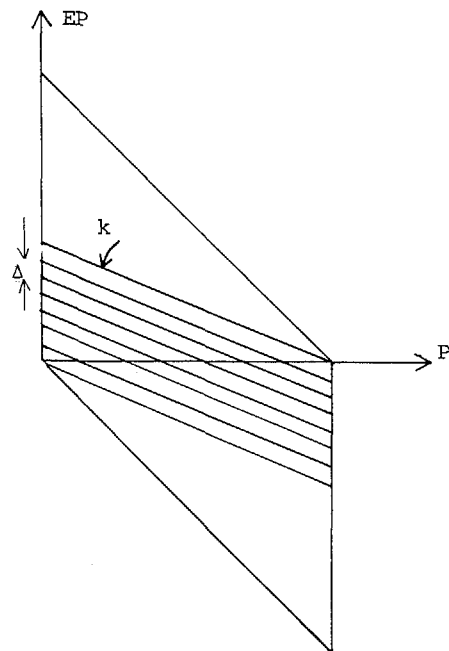


Fig.2 - Caractéristique de quantification

$$d(n, p) = kp + b(n)$$

$$b(n) = \Delta \times n$$

$$n = \text{code transmis } (0 \dots 7)$$

Le choix de la pente k résulte d'un compromis : k doit être élevé pour éviter le trainage et la propagation des erreurs de transmission. D'autre part, l'écart entre niveaux au voisinage de l'erreur de prédiction nulle sera d'autant plus faible que k est petit. On choisit donc pour k la valeur minimale qui permet d'éviter le trainage.



### - Elimination des faux contours

Une image ainsi codée présente des contours nets ; par contre, de faux contours apparaissent dans les zones uniformes de l'image (l'écart entre niveaux au voisinage de l'erreur de prédiction nulle est trop important). On fait alors osciller toute la caractéristique de quantification de  $+\Delta/2$ . C'est facilement réalisable en rajoutant à l'image à coder un signal d'excitation aléatoire uniformément réparti sur cet intervalle.

L'image codée a maintenant des contours nets, les faux contours sont remplacés par du bruit granulaire. L'intérêt réside dans le fait que l'information de niveau de gris n'est pas perdue mais est diluée sur les points voisins.

### - Filtrage du bruit granulaire

Pour estimer la moyenne locale en chaque point, on réalise un filtre moyenneur mais uniquement dans les zones uniformes, ceci afin d'éviter de rendre les contours flous. Il reste donc du bruit dans les contours ; mais il n'est pas visible du fait du masquage important existant dans ces zones. Le filtre est utilisé à l'extérieur de la boucle de codage, uniquement au récepteur. Il est réalisé en combinant un filtre horizontal sur une fenêtre avec un filtre vertical travaillant sur les valeurs précédemment filtrées en horizontal.

#### . Filtre horizontal

$$\begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \\ |X & X & X & |X & |X & X| \end{array}$$

On a noté d'un barreau vertical la présence d'une différence inter-point supérieur à un seuil S.

Avec une fenêtre de taille 3 par exemple :

$$x_1^f = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$x_2^f = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

$$x_3^f = \frac{x_2 + x_3}{2}$$

$$x_4^f = x_4$$

$$x_5^f = \frac{x_5 + x_6}{2}$$

$$x_6^f = \frac{x_6 + x_5}{2}$$

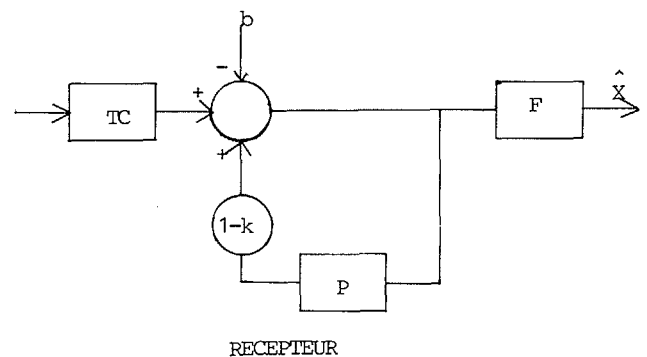
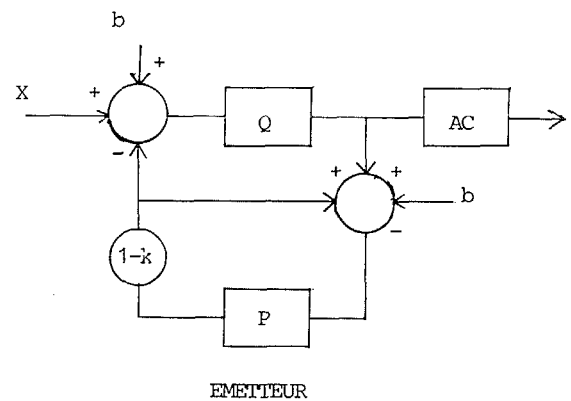
etc...

#### . Filtre vertical

On utilise en vertical un filtrage analogue au filtrage horizontal en utilisant les valeurs déjà filtrées en horizontal.

### 3. IMPLÉMENTATION

Les schémas bloc du codec est donné Fig. 3. La réalisation de la caractéristique de quantification est très simple puisqu'elle revient à multiplier le prédicteur par  $(1-k)$  et à quantifier l'erreur de prédiction avec une caractéristique uniforme ayant tous ses niveaux de reconstruction positifs.



X : valeur à coder ; X : valeur décodée ; b : bruit d'excitation ; Q : quantificateur ; P : prédicteur ; AC : allocation de code ; TC : transcodeur ; F : filtre

### 4. RÉSULTATS

Les résultats de simulation présentés correspondent à un signal échantillonné à 8,875 MHz ; chaque échantillon étant codé sur 3 eb.

Les Fig.1 à 4 montrent l'influence des différents traitements

Fig.1 : Original

Fig.2 : Codage sans bruit d'excitation. Les contours sont bien rendus mais il y a des faux contours dans les zones uniformes

Fig.3 : Codage avec bruit d'excitation sans filtrage

Les faux contours disparaissent mais l'image est affectée de bruit granulaire

Fig.4 : Image décodée finale : le bruit granulaire est filtré dans les zones uniformes, sans ramollir les contours.

Fig.5 : Elle représente l'effet d'un taux d'erreur  $10^{-4}$  sur l'image finale. Les erreurs ne se propagent pratiquement pas.

5. CONCLUSION

Un système de codage pour la transmission à 34 Meb/s d'images TV couleur de bonne qualité a été décrit. Le système proposé est simple et très robuste aux erreurs de transmission. Il est basé sur un codage différentiel à prédiction fixe, à mot de longueur fixe 3 eb/échantillon. Il utilise une quantification aléatoire et un post filtrage du signal reçu au récepteur.



Fig.3



Fig.4



Fig. 1



Fig.2



Fig.5



#### BIBLIOGRAPHIE

- (1) CCIR  
Rec. AA(11 Mod F)  
Encoding parameters of digital television for studios - Oct. 81
- (2) KRETZ  
BOUDEVILLE  
Brevet : Compression et expansion de signaux numériques de télévision à codage différentiel  
TDF - France - 26.08.1977
- (3) NETRAVELI  
LIMB  
Picture coding : a review  
Proc. of the IEEE - Vol.62, n°3, March 80
- (4) PIRSH  
Design of DPCM quantizations for video signals using subjective tests  
IEE Trans. on COM.  
Vol. COM-29, July 81
- (5) SAWADA-KOTERA  
A 32 Mbits/s component separation DPCM coding system for NTSC color TV  
IEEE Trans. on COM.  
Vol. COM 26, April 78
- (6) ROBERTS  
Picture coding using pseudo random noise  
IRE. Trans. on Inf. Theory - 1962
- (7) THOMSON  
A 36 Mbits/s television codec employing pseudo-random quantization  
IEEE. Trans. on COM  
Vol. COM 19 - Dec. 1971