



PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA COMPRESSION DE DONNEES DEVANT ETRE  
TRANSMISES AVEC UN DEBIT CONSTANT

L'invention est relative à un procédé et à un dispositif pour la compression de données, notamment d'images, devant être transmises avec un débit constant.

Elle concerne plus particulièrement, mais non  
5 exclusivement, un tel dispositif qui est destiné à transmettre des données d'images à partir d'un satellite.

On sait qu'un satellite d'observation de la terre comporte une pluralité de capteurs transmettant en continu des images de zones terrestres. En général, le nombre de capteurs et  
10 la résolution d'une image sont tels que les données à transmettre dépassent les capacités du canal de transmission. Il est donc nécessaire de faire appel à un procédé de compression des données d'images qui ne dégrade pas leur qualité visuelle.

Pour cette compression, on utilise, par exemple, une  
15 transformée en cosinus discrète (DCT) ou une transformée en ondelettes (TO); de façon générale, on peut faire appel à une transformation orthogonale ou bi-orthogonale qui vise à décorréler au mieux les signaux d'entrée.

Mais le débit de sortie du compresseur est fonction de  
20 l'entropie du signal d'entrée. Par "entropie" on entend la quantité d'informations contenues dans le signal d'entrée.

L'entropie d'un paysage urbain est, par exemple, supérieure à l'entropie d'un paysage uniforme. Etant donné que les capteurs balaient des paysages qui varient constamment, l'entropie du signal d'entrée varie et il en est donc de même du débit de  
5 sortie. Mais cette variation n'est pas favorable à une utilisation optimale du canal de transmission du satellite vers la terre. Pour cette optimisation, il est préférable que le débit soit constant. Il faut donc minimiser les fluctuations en sortie grâce à une régulation de débit.

10 La figure 1 représente un dispositif connu de compression comportant une régulation.

Dans ce dispositif connu, des images acquises à bord d'un satellite terrestre sont traitées par blocs de lignes, chaque bloc comprenant par exemple huit lignes. Sur la figure 1,  
15 les blocs sont représentés par des rectangles allongés repérés par les indices  $n+1$ ,  $n+2$ ,  $n+3$ , .... Le bloc courant, d'indice  $n$ , subit tout d'abord une transformation 12 qui est une transformation du type orthogonal ou bi-orthogonal effectuant une décorrélation des données et qui fournit un ensemble  $T(n)$  de  
20 coefficients transformés. Ces coefficients sont quantifiés grâce à un bloc 14 utilisant un pas de quantification  $Q(n)$  qui est fonction, notamment, du débit désiré et de l'entropie des données  $T(n)$ . De façon plus précise, chaque coefficient produit par la transformation 12 est codé sur un certain nombre de bits  
25 et le quantificateur a pour but de réduire ce nombre de bits de façon à satisfaire la contrainte de débit de sortie comme expliqué plus loin. Pour satisfaire ladite contrainte de débit on fait dépendre le pas de quantification  $Q(n)$  d'une opération de régulation 16.

30 Les données quantifiées sont transmises à l'entrée d'une mémoire de régulation, ou mémoire tampon 18, par l'intermédiaire d'un codeur 20. Ce codeur 20 effectue un codage dit entropique ou à longueur variable, par exemple de Huffman, qui affecte le plus petit nombre de bits aux valeurs des données  
35 qui apparaissent le plus souvent et le plus grand nombre de bits

aux valeurs qui apparaissent le moins souvent. A la sortie de la mémoire 18, les données ainsi comprimées sont transmises avec un débit constant  $R_c$ .

Pour effectuer la régulation, le bloc 16 comporte une  
5 entrée 22 de consigne sur laquelle on applique le débit  $R_c$   
imposé aux données en sortie de la mémoire 18. Ce bloc 16  
fournit en sortie la valeur du pas de quantification  $Q(n)$   
appliquée sur l'entrée de commande  $14_1$  du bloc 14 de  
quantification. Pour atteindre ce résultat, le bloc 16 comporte  
10 un élément d'asservissement 26 recevant, sur une entrée 22, le  
débit de consigne  $R_c$  ainsi que, sur une entrée  $26_1$ , une donnée  
représentant le débit produit par le codeur 20. Ce débit de  
sortie du codeur 20 est noté  $P(n)$ .  $P(n)$  n'est pas le débit  
produit par le bloc de ligne d'indice  $n$  mais la plus récente  
15 valeur mesurable du débit produit par le codeur au moment de  
l'allocation du bloc de ligne d'indice  $n$ . En effet, au moment du  
calcul de  $Q(n)$  (c'est-à-dire de l'allocation de débit du bloc  
 $n$ ), le bloc  $n$  n'est pas encore codé, donc  $P(n)$  n'est pas encore  
connu. C'est donc avec un retard  $r$ , appelé retard de régulation,  
20 que l'on prend en compte l'état de la mémoire tampon 18. Le  
retard  $r$  est au minimum égal à un bloc de lignes.

Le débit de sortie du codeur 20 est également appliqué  
à l'entrée d'un élément correcteur d'erreurs 28 qui comporte une  
autre entrée recevant la sortie de l'élément 26  
25 d'asservissement.

L'élément 28 correcteur d'erreurs tient compte, du  
débit alloué par l'asservissement 26 et du débit produit  $P(n)$ ,  
par les blocs de lignes précédents et renvoie sur sa sortie le  
débit  $R_c'(n)$  alloué au bloc de lignes courant.

30 La sortie de l'élément 28 est appliquée à l'entrée  $30_1$   
d'un élément de calcul 30 du pas de quantification  $Q(n)$ .  
L'élément de calcul 30 comporte également une entrée  $30_2$   
recevant les données  $T(n)$  de sortie de l'élément 12 de  
transformation. Pour réaliser le calcul du pas de  
35 quantification, l'élément 30 classe les modules (valeurs

absolues) des coefficients  $T(n)$  par ordre de valeurs décroissantes, les coefficients de modules les plus élevés ayant ainsi les rangs les plus faibles et les coefficients nuls occupant les derniers rangs. Ce classement est représenté sur le diagramme de la figure 1a.

L'élément de calcul 30 divise par un paramètre fixe  $\beta$ , le débit  $Rc'(n)$  appliqué sur son entrée  $30_1$ . Le paramètre  $\beta$  (exprimé en bits par coefficient) est proche de 5,5 dans le cas d'une transformée en cosinus et proche de 6,5 dans le cas d'une transformée en ondelettes.

Le plus proche entier de ce quotient est noté  $M$  et constitue un rang en abscisses de la figure 1a. A ce rang correspond un des coefficients  $T(n)$  par l'intermédiaire de la courbe des coefficients ordonnés et c'est ce coefficient qui sert de base à la détermination du pas de quantification appliqué sur l'entrée  $14_1$  du bloc 14.

Cette méthode de calcul du pas de quantification est fondée sur une étude effectuée par Stéphane MALLAT et Frédéric FALZON, décrite dans l'Article intitulé "Analysis of low bit rate image transform coding", et publié dans "IEEE transactions on signal processing, vol.46, n°4, pp 1027-1041" de avril 1998. En bref, cette étude montre que le pas de quantification ainsi déterminé à partir du coefficient de rang  $M$  fournit la distorsion la plus faible après quantification des coefficients  $T(n)$ .

Ce dispositif de compression et de régulation de débit permet une régulation très précise et peu onéreuse en temps de calcul. Le modèle d'allocation utilisé dans cette méthode connue de régulation a été obtenu en émettant une hypothèse de régularité sur les signaux à comprimer. Il s'en suit que les signaux n'appartenant pas à la classe de ceux satisfaisant à cette hypothèse ne sont naturellement pas traités avec la même précision. Ceci concerne les signaux constants ou faiblement variables, c'est-à-dire porteurs de peu d'information.

Sachant que, dans les images, la variabilité (zones de grande régularité mêlées à des zones de faible régularité) du paysage est généralement importante il faudrait, en toute rigueur, que le modèle d'allocation s'adapte à cette variabilité de sorte que l'image comprimée ne souffre pas de déficit de qualité dans certaines zones.

Partant de cette constatation, les inventeurs proposent de rendre variable le paramètre  $\beta$  de la règle d'allocation utilisée pour la détermination du pas de quantification.

Ainsi, le procédé de compression de données numériques dans lequel le débit des données de sortie est constant, comprend, selon l'invention, pour chaque bloc de lignes à traiter, un asservissement qui tient compte du débit mesuré pour au moins le bloc précédent et, de préférence, du débit mesuré pour une pluralité de blocs successifs précédant ce bloc courant.

L'invention est basée sur l'observation que le paramètre  $\beta$  varie peu entre deux blocs de lignes adjacents et, qu'ainsi, la valeur de  $\beta$  du bloc précédent, ou d'une suite de blocs précédents, constitue un bon estimateur de la valeur courante de  $\beta$ .

Ainsi, par rapport à la technique connue, on fait varier  $\beta$  en fonction des valeurs de  $\beta$  mesurées sur les blocs de lignes déjà codés.

L'invention concerne ainsi, de façon générale, un procédé pour la compression et la transmission de données numériques, notamment d'images, à débit constant comprenant les étapes suivantes :

- séparation des données d'entrée en blocs de données,
- transformation de chaque bloc par une transformation orthogonale ou bi-orthogonale,
- quantification des coefficients obtenus par la transformation,
- codage entropique des coefficients quantifiés,

- sauvegarde temporaire des données résultant du codage dans une mémoire tampon,
- évacuation d'un nombre déterminé de bits de la mémoire pour chaque bloc de données numériques, et
- 5 - réglage, par asservissement, du pas de quantification pour obtenir, après codage, un nombre de bits proche du nombre de bits évacués par la mémoire pour chaque bloc de données, cet asservissement étant effectué à partir d'une mesure
- 10 du débit produit par le codage entropique,

qui est caractérisé en ce que l'asservissement tient compte du débit de données mesurées pour au moins le bloc précédent.

De préférence, l'asservissement tient compte du débit mesuré pour une pluralité de blocs successifs précédant le bloc courant.

Pour l'asservissement, les coefficients obtenus après la transformation orthogonale ou bi-orthogonale sont, dans une réalisation préférée, ordonnés par modules décroissants et le pas de quantification est obtenu à partir du module du coefficient dont le rang est égal au plus proche entier du rapport entre le débit visé et un paramètre  $\beta_e(m)$ , ce paramètre  $\beta_e(m)$  étant estimé pour chaque bloc en fonction du paramètre  $\beta_m(n)$  mesuré pour au moins un bloc précédent.

25 Dans ce cas, il est avantageux que le paramètre  $\beta_e(n)$  soit estimé d'après les valeurs  $\beta_m(m)$  mesurées pour une pluralité  $b$  de blocs de données précédents, ce paramètre  $\beta_e(n)$  étant calculé par la formule suivante :

$$30 \quad \beta_e(n) = \sum_{i=0}^{b-1} \alpha(i) \beta_m(n-r-i),$$

formule dans laquelle

-  $\beta_e(n)$  est l'estimation du paramètre  $\beta$  pour le bloc de données courant,

- $\beta_m(n)$  est la valeur de  $\beta$  mesurée pour le bloc d'indice  $n$ ,
- $r$  est le retard de régulation ( $r \geq 1$ ),
- $\alpha(i)$  est un coefficient de pondération tel que :

5

$$\sum_{i=0}^{b-1} \alpha(i) = 1.$$

Dans une réalisation, les valeurs  $\beta_m(n)$  sont calculées à partir de la relation suivante :

10

$$\beta_m = \frac{8P(n)}{M(n)},$$

formule dans laquelle  $P(n)$  est le nombre d'octets  
 15 obtenus après codage entropique du bloc de données d'indice  $n$ ,  
 et  $M(n)$  est le rang du coefficient dont est déduit le pas de quantification dans l'ensemble des coefficients ordonnés fournis par la transformation orthogonale ou bi-orthogonale et cela pour le bloc d'indice  $n$ , ce rang  $M(n)$  étant obtenu par la  
 20 relation suivante :

$$M(n) = NINT \left( \frac{8Rc'(n)}{\beta_e(n)} \right)$$

$Rc'(n)$  étant le nombre d'octets alloué par  
 25 l'asservissement au bloc d'indice  $n$  et  $NINT$  la fonction d'arrondi au plus proche entier.

Le débit  $Rc'(n)$  alloué au bloc d'indice  $n$  peut être calculé en fonction du dernier niveau mesurable dans la mémoire tampon.

30 Dans ce cas, le débit  $Rc'(n)$  peut être déterminé par la formule suivante :

$$Rc'(n) = Rc + \frac{N_0 - Nb(n-r)}{T},$$

$N_b(n)$  étant le niveau de la mémoire tampon après codage du bloc de données d'indice  $n$ ,

5  $R_c$  est le nombre d'octets de la mémoire qui doit être évacué pour chaque bloc,

$N_0$  est le niveau de consigne et le niveau initial de la mémoire tampon,

$T$  est une constante de temps , et

10  $r$  est un nombre entier strictement positif correspondant à un retard de régulation.

La constante  $T$  est par exemple comprise entre 1 et 10.

Le nombre  $b$  et/ou les valeurs  $\alpha(i)$  sont par exemple fixes d'un bloc à un autre.

15 En variante, le nombre  $b$  et/ou les valeurs  $\alpha(i)$  sont variables d'un bloc à un autre en fonction de propriétés statistiques calculées sur des valeurs de  $\beta_m$  connues. Dans ce cas, le nombre  $b$  et/ou les coefficients  $\alpha(i)$  peuvent varier en fonction du coefficient de corrélation entre valeurs de  $\beta_m$  connues.

20 Dans une réalisation, les données numériques sont des données d'images, et chaque bloc de données correspond à une image entière ou à un nombre déterminé de lignes de cette image, par exemple 8. Ce procédé peut s'appliquer à la transmission d'images de zones terrestres acquises de façon continue par des  
25 capteurs à bord d'un satellite d'observation de la terre.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

30 la figure 1 et la figure 1a, déjà décrites, représentent respectivement un dispositif connu de compression de données numériques et un diagramme qui illustre comment, dans un tel dispositif, on calcule le pas de quantification  $Q(n)$  à partir des coefficients ordonnés  $T(n)$  et du débit  $R_c'(n)$  alloué  
35 au bloc courant,

la figure 2 est un schéma d'un dispositif conforme à l'invention, et

la figure 3 est un organigramme illustrant le fonctionnement du dispositif d'asservissement représenté sur la figure 2.

Le dispositif représenté sur la figure 2 comprend, comme celui de la figure 1, un organe de compression 40 comportant un décorrélateur 12 qui est, de façon en soi connue, un organe de transformation orthogonale ou bi-orthogonale, telle qu'une transformée cosinus ou une transformée à ondelettes. Cet organe 40 présente aussi un quantificateur 14 relié à la sortie du décorrélateur 12 et un codeur à débit variable 20.

Comme également connu par le dispositif de la figure 1, on prévoit une mémoire tampon de régulation 18.

Ce dispositif se distingue de celui représenté sur la figure 1, principalement par la réalisation de la régulation 50.

Dans cet exemple, comme dans celui indiqué ci-dessus en relation avec la figure 1, le décorrélateur 12 reçoit les données à comprimer qui sont fournies par un capteur d'images optiques (non montré), effectuant une acquisition d'images lues ligne par ligne et, dans le dispositif, les données sont traitées par blocs de lignes, chaque bloc comprenant, dans cet exemple, huit lignes. Le codeur 20 à débit variable remplit la mémoire tampon 18 et c'est la sortie 18<sub>1</sub> de la mémoire 18 qui est reliée à un canal de transmission dont le débit doit être constant. Ce débit constant est noté R<sub>c</sub>. Autrement dit, pour chaque bloc de lignes le codeur 20 doit délivrer un débit R<sub>c</sub> égal à celui débité par la mémoire 18.

Le pas de quantification Q(n) est, pour chaque bloc de lignes d'indice n, choisi par la fonction de régulation 50 pour obtenir un débit R<sub>c</sub> à la sortie du codeur 20. Cependant, en pratique, la régulation ne permet pas d'obtenir qu'à chaque bloc de lignes, la mémoire 18 soit chargée d'un nombre d'octets

strictement égal à  $R_c$ . La mémoire 18 permet d'absorber les variations de débit en sortie de l'organe de compression 40.

Toutefois, pour minimiser la taille de la mémoire 18, il est préférable que le débit en sortie de l'organe 40, soit  
5 aussi proche que possible de la cible  $R_c$ . On rappelle ici qu'à bord d'un satellite les tailles de tous les composants doivent être minimisées.

Dans ces conditions, il est important que la qualité de la régulation 50 soit optimisée.

10 Cette régulation 50 est constituée d'une fonction (ou élément) de calcul du pas de quantification 56 semblable à celle présentée figure 1a et d'une fonction (ou élément) d'asservissement 54 objet de l'invention. Cet élément d'asservissement 54 comporte une entrée  $54_1$  sur laquelle est  
15 appliqué la consigne  $R_c$  et une entrée  $54_2$  recevant de la sortie de l'organe 40, la valeur  $P(n)$  du débit produit par le codeur 20 pour chaque bloc de lignes  $n$ .

A partir du débit produit  $P(n)$  et de la consigne  $R_c$  l'élément d'asservissement 54 calcule le rang  $M$  qui est  
20 appliquée sur l'entrée  $56_1$  de l'élément 56 de calcul du pas de quantification  $Q$ . Le calcul du pas est effectué, comme sur la figure 1a, en fonction des données  $T(n)$  obtenues à la sortie du décorrélateur 12.

La sortie de l'élément 56 de calcul du pas de  
25 quantification est connectée à l'entrée de commande  $14_1$  du quantificateur 14.

Afin de bien comprendre le rôle de l'élément 56 de détermination du pas de quantification  $Q$ , on rappelle que, dans le dispositif connu, représenté sur la figure 1, la régulation  
30 est basée sur un modèle permettant de prédire le pas  $Q(n)$  en fonction du débit alloué par le module d'asservissement, ce modèle faisant intervenir le paramètre fixe  $\beta$ . Pour tenir compte des erreurs de prédiction, dans ce dispositif connu, le débit  $R_c'(n)$  alloué au bloc de lignes courant est calculé de façon à  
35 corriger a posteriori l'erreur de prédiction constatée sur les

blocs de lignes précédemment comprimés. On appelle "erreur de prédiction" la différence entre le nombre d'octets alloués à un bloc de lignes et le nombre d'octets réellement produits par ce même bloc de lignes. L'élément d'asservissement, dont les entrées sont  $Rc$  et  $P(n)$ , fournit donc une mesure des variations du taux de remplissage de la mémoire tampon (à chaque bloc de lignes, la mémoire se remplit de  $P(n)$  octets et se vide de  $Rc$  octets) qui résulte de cette erreur de prédiction et alloue un débit  $Rc'(n)$  à chaque bloc de lignes de façon à maintenir le contenu de la mémoire tampon à un niveau aussi proche que possible d'un niveau fixe  $N_0$ , c'est-à-dire de façon que le taux de remplissage varie le moins possible. A partir de ce débit  $Rc'(n)$ , l'élément d'asservissement calcule pour chaque bloc de lignes d'indice  $n$  un rang  $M(n)$  qui est le plus proche entier du rapport  $\frac{Rc'(n)}{\beta}$  soit :

$$M(n) = NINT\left(\frac{Rc'(n)}{\beta}\right)$$

On rappelle que  $NINT$  est la fonction d'arrondi à l'entier le plus proche. L'élément 56 calcule alors le pas de quantification  $Q(n)$  qui est égal au module du coefficient ayant ce rang  $M(n)$  dans la suite des coefficients ordonnés  $T(n)$ .

La présente invention s'écarte du dispositif connu par le fait, qu'au lieu de corriger une erreur de prédiction, on évalue dynamiquement la valeur du paramètre  $\beta$  pour chaque bloc de lignes d'indice  $n$ . Autrement dit, l'asservissement conforme à l'invention repose sur la constatation que l'erreur de prédiction observée est la conséquence d'une erreur sur la valeur du paramètre  $\beta$  utilisée pour déterminer le pas de quantification.

On part donc de l'hypothèse qu'il existe une valeur idéale (notée  $\beta_m(n)$ ), à déterminer, du paramètre  $\beta$  pour laquelle le bloc de lignes courant d'indice  $n$  fournit exactement le débit  $Rc'(n)$  désiré. L'asservissement conforme à l'invention permet de

fournir pour chaque bloc de lignes une estimation a priori (notée  $\beta_e(n)$ ) de cette valeur  $\beta_m(n)$ .

$\beta_e(n)$  est calculé à partir des valeurs  $\beta_m(n)$  mesurées pour un nombre  $b$  de blocs de lignes précédents. A cet effet, on utilise, dans l'exemple une équation linéaire de la forme :

$$\beta_e(n) = \sum_{i=0}^{b-1} \alpha(i) \beta_m(n-r-i) \quad (1)$$

10

Dans cette équation :

-  $\beta_e(n)$  est l'estimation a priori de  $\beta$  pour le bloc de lignes courant,

15

-  $\beta_m(n)$  est la valeur de  $\beta$  mesurée pour le bloc de lignes d'indice  $n$ ,

-  $r$  est le retard de régulation ( $r \geq 1$ ),

20

-  $b$  est le nombre de blocs de lignes pris en compte dans l'estimation de  $\beta_e(n)$ . Ce nombre  $b$  peut-être fixe ou variable d'un bloc de lignes à l'autre en fonction de propriétés statistiques (coefficient de corrélation par exemple) calculées sur les valeurs de  $\beta_m$  connues.

-  $\alpha(i)$  est un coefficient de pondération tel que :

25

$$\sum_{i=0}^{b-1} \alpha(i) = 1.$$

Comme pour le coefficient  $b$ , les valeurs  $\alpha(i)$  peuvent être fixes ou variables d'un bloc de lignes à l'autre en fonction de propriétés statistiques (coefficient de corrélation par exemple) calculées sur les valeurs de  $\beta_m$  connues.

30

Le coefficient  $\beta_m(n)$  a pour valeur :

35

$$\beta_m(n) = \frac{8P(n)}{M(n)} \quad (2)$$

Dans cette formule,  $P(n)$  est le débit produit en sortie du codeur 20 par le bloc de lignes d'indice  $n$ , le coefficient multiplicateur 8 tenant compte du fait que la valeur de  $\beta$  s'exprime généralement en nombre de bits par coefficient et le débit produit en octets par bloc de lignes.  $M(n)$  est le rang du coefficient qui permet d'obtenir le pas de quantification  $Q(n)$  dans l'ensemble des coefficients  $T(n)$  ordonnés fourni par l'élément de transformation 12 pour le bloc de lignes d'indice  $n$ . Ce rang  $M(n)$  est obtenu par la relation suivante :

10

$$M(n) = \text{NINT} \left( \frac{8Rc'(n)}{\beta_e(n)} \right) \quad (3)$$

Dans cette relation,  $\beta_e(n)$  est l'estimation de  $\beta$  fournie par l'équation (1) ci-dessus et  $Rc'(n)$  est le débit alloué au bloc de lignes d'indice  $n$ .

Le débit  $Rc'(n)$  est calculé en fonction du dernier niveau connu dans la mémoire 18 par la formule :

$$Rc'(n) = Rc + \frac{N_0 - Nb(n-r)}{T} \quad (4)$$

20

où :

- $Nb(n)$  est le niveau dans la mémoire 18 après le codage du bloc de lignes d'indice  $n$ ,
- $Rc$  est le débit cible,
- $N_0$  est le niveau initial de la mémoire (c'est aussi le niveau de consigne qu'il faut maintenir dans cette mémoire),
- $T$  est une constante de temps déterminant le temps de retour à l'équilibre du niveau dans la mémoire après une perturbation, cette constante est par exemple comprise entre 1 et 10.

30

- r est un nombre entier positif correspondant à un retard de régulation, avec  $r \geq 1$ .

D'après les formules (2) et (3), on peut écrire :

$$5 \quad \frac{8P(n)}{\beta m(n)} = NINT \left( \frac{8Rc'(n)}{\beta e(n)} \right) \quad (5)$$

Etant donné qu'à chaque traitement de bloc de lignes d'indice n, la mémoire se remplit de P(n) octets et se vide de Rc octets, le niveau Nb(n) de cette mémoire après l'écriture du bloc n a pour valeur :

$$10 \quad Nb(n) = Nb(n-1) + P(n) - Rc \quad (6)$$

On obtient ainsi, en tenant compte des relations (3), (4) et (5) :

$$20 \quad Nb(n) = Nb(n-1) + \frac{\beta m(n)}{8} NINT \left[ \left( \frac{N_0 - Nb(n-r)}{T} + Rc \right) \frac{8}{\beta e(n)} \right] - Rc \quad (7)$$

Il s'agit là de l'équation de l'asservissement. Dans cet asservissement :

- la grandeur réglée est le niveau Nb de la mémoire tampon,

25 - la consigne est le niveau  $N_0$ ,

- l'entrée (c'est-à-dire la perturbation) est  $\beta m$ , et

- la grandeur de réglage est  $\beta e$ .

Le schéma de la figure 3 (qui fait partie intégrante de la présente description) illustre les opérations à effectuer pour réaliser l'asservissement du bloc de lignes d'indice n avec le procédé selon l'invention.

La régulation du débit réalisée avec le procédé conforme à l'invention est extrêmement précise.

Par rapport au procédé connu, dans lequel le coefficient  $\beta$  est constant, l'invention permet un accroissement  
5 sensible de la qualité de l'image. En effet, la valeur de  $\beta$  étant plus proche de la valeur optimale, il en résulte que l'on obtient un pas de quantification qui fournit les distorsions les plus faibles. En outre, la régulation est de meilleure qualité et la réduction des variations des débits entraîne une  
10 possibilité de réduire la taille de la mémoire 18. De plus, il n'est pas nécessaire de connaître au préalable le paramètre  $\beta$  puisque celui-ci est calculé automatiquement. Autrement dit, les coûts de développement de ce dispositif sont moins importants que pour le dispositif antérieurement connu.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la compression et la transmission de données numériques, notamment d'images, à débit constant comprenant les étapes suivantes :

- 5 - séparation des données d'entrée en blocs de données,
- transformation (12) de chaque bloc par une transformation orthogonale ou bi-orthogonale,
- quantification (14) des coefficients obtenus par la transformation,
- 10 - codage entropique (20) des coefficients quantifiés,
- sauvegarde temporaire des données résultant du codage dans une mémoire tampon (18),
- évacuation d'un nombre déterminé de bits de la mémoire pour chaque bloc de données numériques, et
- 15 - réglage, par asservissement (50), du pas de quantification pour obtenir, après codage, un nombre de bits proche du nombre de bits évacués par la mémoire pour chaque bloc de données, cet asservissement étant effectué à partir d'une mesure du débit produit par le codage entropique (20),
- 20 caractérisé en ce que l'asservissement (54) tient compte du débit de données mesurées pour au moins le bloc précédent.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'asservissement tient compte du débit mesuré pour une pluralité de blocs successifs précédant le bloc courant.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que pour l'asservissement, les coefficients obtenus après la transformation orthogonale ou bi-orthogonale sont ordonnés par modules décroissants et le pas de quantification est obtenu à partir du module du coefficient dont le rang est égal au plus proche entier du rapport entre le débit visé et un paramètre  $\beta_e(m)$ , ce paramètre  $\beta_e(m)$  étant estimé pour chaque bloc en fonction du paramètre  $\beta_m(n)$  mesuré pour au moins un bloc précédent.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le paramètre  $\beta_e(n)$  est estimé d'après les valeurs  $\beta_m(m)$  mesurées pour une pluralité  $b$  de blocs de données précédents, ce paramètre  $\beta_e(n)$  étant calculé par la formule suivante :

5

$$\beta_e(n) = \sum_{i=0}^{b-1} \alpha(i) \beta_m(n-r-i),$$

formule dans laquelle

-  $\beta_e(n)$  est l'estimation du paramètre  $\beta$  pour le bloc  
10 de données courant,

-  $\beta_m(n)$  est la valeur de  $\beta$  mesurée pour le bloc d'indice  $n$ ,

-  $r$  est le retard de régulation ( $r \geq 1$ ),

-  $\alpha(i)$  est un coefficient de pondération tel que :

15

$$\sum_{i=0}^{b-1} \alpha(i) = 1.$$

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les valeurs  $\beta_m(n)$  sont calculées à partir de la relation  
20 suivante :

$$\beta_m = \frac{8P(n)}{M(n)},$$

25 formule dans laquelle  $P(n)$  est le nombre d'octets obtenus après codage entropique du bloc de données d'indice  $n$ ,

et  $M(n)$  est le rang du coefficient dont est déduit le pas de quantification dans l'ensemble des coefficients ordonnés fournis par la transformation orthogonale ou bi-orthogonale et  
30 cela pour le bloc d'indice  $n$ , ce rang  $M(n)$  étant obtenu par la relation suivante :

$$M(n) = NINT \left( \frac{8Rc'(n)}{\beta_e(n)} \right)$$

Rc'(n) étant le nombre d'octets alloué par l'asservissement au bloc d'indice n et NINT la fonction d'arrondi au plus proche entier.

5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le débit Rc'(n) alloué au bloc d'indice n est calculé en fonction du dernier niveau mesurable dans la mémoire tampon.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le débit Rc'(n) est déterminé par la formule suivante :

10

$$Rc'(n) = Rc + \frac{N_0 - Nb(n-r)}{T},$$

Nb(n) étant le niveau de la mémoire tampon après codage du bloc de données d'indice n,

15

Rc est le nombre d'octets de la mémoire qui doit être évacué pour chaque bloc,

N<sub>0</sub> est le niveau de consigne et le niveau initial de la mémoire tampon,

T est une constante de temps, et

20

r est un nombre entier strictement positif correspondant à un retard de régulation.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la constante T est comprise entre 1 et 10.

25

9. Procédé selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que le nombre b et/ou les valeurs α(i) sont fixes d'un bloc à un autre.

30

10. Procédé selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que le nombre b et/ou les valeurs α(i) sont variables d'un bloc à un autre en fonction de propriétés statistiques calculées sur des valeurs de β<sub>m</sub> connues.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le nombre b et/ou les coefficients α(i) varient en fonction du coefficient de corrélation entre valeurs de β<sub>m</sub> connues.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les données numériques étant des données d'images, chaque bloc de données correspond à une image entière ou à un nombre déterminé de lignes de cette image, par exemple 8.

13. Application du procédé selon la revendication 12 à la transmission d'images de zones terrestres acquises de façon continue par des capteurs à bord d'un satellite d'observation de la terre.

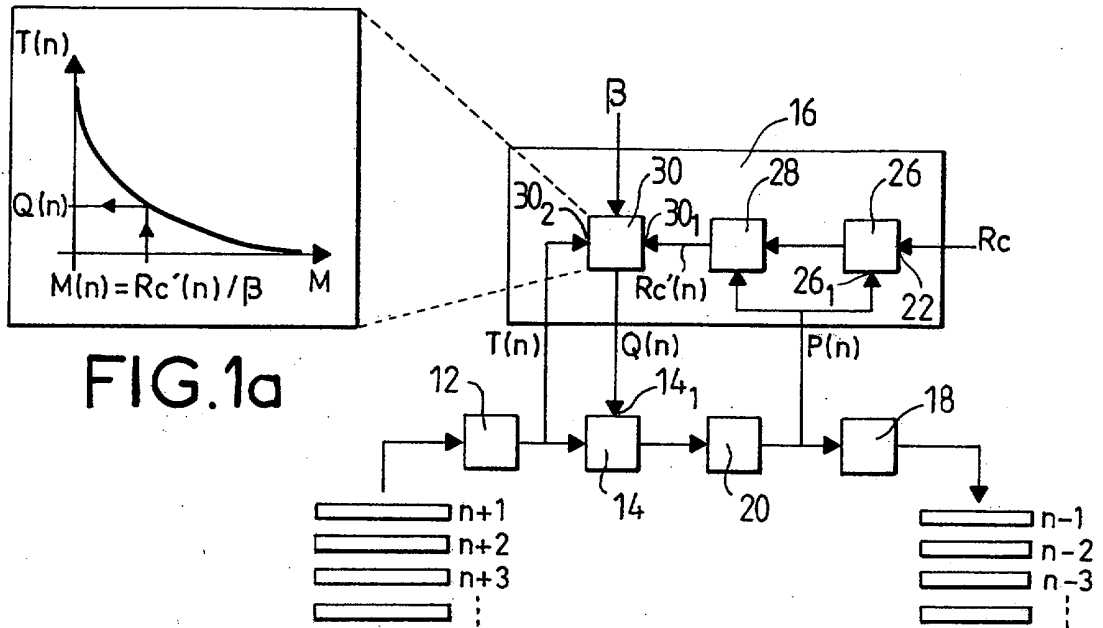


FIG. 1a

FIG. 1

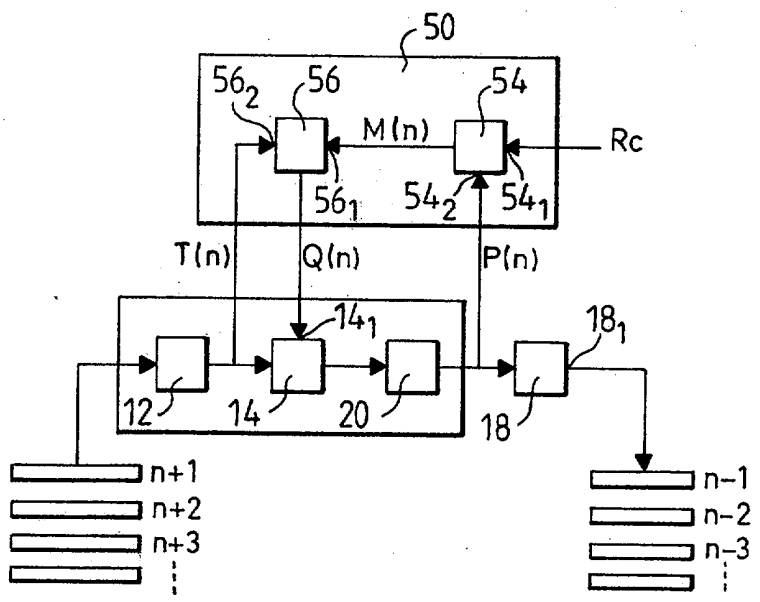


FIG. 2

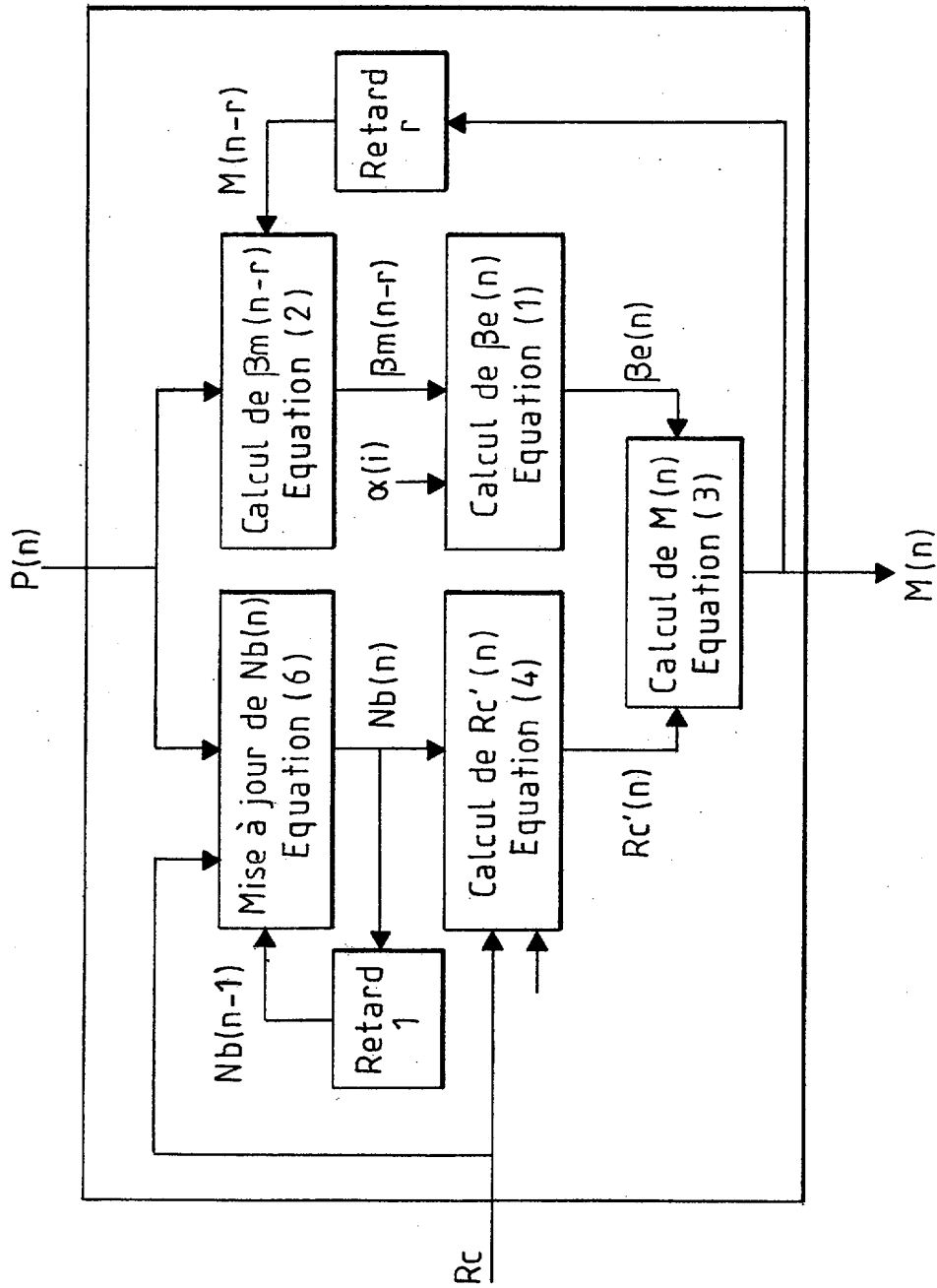


FIG.3

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
**PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 609976  
FR 0111851

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 037 470 A (CIT ALCATEL) 20 septembre 2000 (2000-09-20) * alinéa '0036! - alinéa '0056! *	1,12,13	H04B7/185
Y A		3 2,4-11	
X	LEDUC J-P: "BIT-RATE CONTROL FOR DIGITAL TV AND HDTV CODECS" SIGNAL PROCESSING. IMAGE COMMUNICATION, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 6, no. 1, 1 mars 1994 (1994-03-01), pages 25-45, XP000429149 ISSN: 0923-5965 * abrégé * * page 25 - page 27, alinéa 1 * * page 31, alinéa 2.4 * * page 36, alinéa 3.2.1 * * page 37, alinéa 3.2.2 * * page 38 - page 39, alinéa 4.1 * * figures 2,6,9 *	1,2,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H04N
Y A		3 4-11	
X	EP 0 778 708 A (TEKTRONIX INC) 11 juin 1997 (1997-06-11) * page 3, ligne 41 - page 5, ligne 3 *	1,12	
A		2-11,13	
X	EP 1 096 803 A (SHARP KK) 2 mai 2001 (2001-05-02) * alinéa '0006! *	1,2,12	
A		3-11,13	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 juillet 2002		Lombardi, G	
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0111851 FA 609976**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 08-07-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1037470	A	20-09-2000	FR 2791211 A1	22-09-2000
			CA 2300503 A1	18-09-2000
			CN 1268004 A	27-09-2000
			EP 1037470 A1	20-09-2000
			JP 2000308061 A	02-11-2000
EP 0778708	A	11-06-1997	US 5686964 A	11-11-1997
			EP 0778708 A2	11-06-1997
			US 5995151 A	30-11-1999
EP 1096803	A	02-05-2001	EP 1096803 A2	02-05-2001
			JP 2001169284 A	22-06-2001