

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 21 décembre 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
 demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 27 juin 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
 rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, société  
 anonyme. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Alain Ferre et Yannick Villalon.

⑦3 Titulaire(s) :

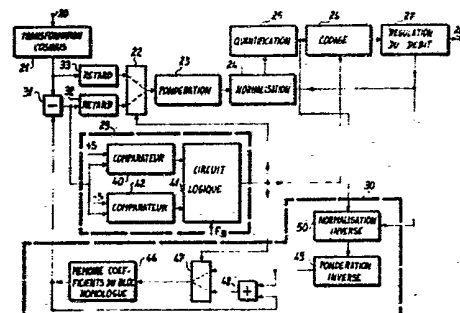
⑦4 Mandataire(s) : F. Thierri, SCPI.

⑤4 Procédé adaptatif de codage et de décodage d'une suite d'images par transformation, et dispositifs pour la mise en  
 œuvre de ce procédé.

⑤7 Ce procédé utilise une transformation bidirectionnelle par blocs pour les images représentant des scènes très animées et utilise en plus un codage différentiel des coefficients de transformation lorsque les images représentent des scènes peu animées.

Le dispositif de codage comporte principalement : un dispositif 21 de transformation cosinus; un soustracteur 31; un dispositif de décodage inter-images 30; un multiplexeur 22; et un dispositif 29 pour discriminer les blocs représentant une scène très animée et les blocs représentant une scène peu animée. Ce dernier dispositif 29 commande le multiplexeur 22. Le soustracteur 31 et le dispositif de décodage 30 permettent de calculer la différence entre chaque coefficient de transformation et le coefficient homologue du bloc homologue dans l'image précédente. En outre, un dispositif de pondération 23 permet de transmettre avec un plus grand nombre de bits les coefficients ou les différences de coefficient correspondant aux basses fréquences spatiales des images.

Application à la transmission et au stockage à débit réduit des images de télévision.



FR 2 575 351 - A1

Procédé adaptatif de codage et de décodage d'une suite d'images par transformation, et dispositifs pour la mise en oeuvre de ce procédé

L'invention concerne un procédé adaptatif de codage et de décodage d'une suite d'images par transformation, et un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé. Un tel procédé a pour but de réduire la quantité d'informations à transmettre, ou à stocker, lorsque des images vidéo ont été numérisées.

Il est connu de réaliser un codage et un décodage d'une image vidéo en mettant en oeuvre une transformation bidirectionnelle du type cosinus, Fourier, Hadamard, Haar, ou Karhunen-Loeve. Le codage consiste à : diviser chaque image en blocs carrés ; appliquer la transformation à chaque bloc pour obtenir une matrice de valeurs appelées coefficients de transformation du bloc ; et à transmettre ces coefficients sous une forme codée. Le décodage consiste à décoder les coefficients puis à restituer les valeurs numériques représentatives de chaque point d'un bloc en appliquant la transformation inverse à la matrice des coefficients de transformation de ce bloc. Les transformations utilisées en pratique sont des transformations pour lesquelles il existe des algorithmes rapides, par exemple les transformations de Fourier, d'Hadamard, de Haar, et la transformation cosinus.

L'article IEEE "Transaction on Communications", vol. COM-32, n° 3, mars 1984, décrit un procédé de codage adaptatif consistant à quantifier les coefficients de transformation d'une manière adaptative telle que les blocs de coefficients contenant beaucoup d'énergie sont quantifiés avec un plus grand nombre de niveaux de quantification et un plus grand nombre de bits de codes que les blocs contenant peu d'énergie. L'image est divisée en 16 x 16 blocs. Les valeurs numériques représentatives des points de chaque bloc sont transformées par la transformation cosinus puis les coefficients de transformation ainsi obtenus sont comparés à un seuil. Les coefficients supérieurs à ce seuil sont normalisés en les multipliant par un paramètre fourni par un dispositif de régulation du débit de transmission.

Les coefficients ainsi normalisés sont ensuite quantifiés puis codés par un code de Huffman, et sont stockés dans une mémoire tampon régulant le débit de la transmission. Cette mémoire tampon stocke à un rythme variable les informations à transmettre, rythme qui dépend de l'énergie instantanée de l'image, et elle restitue ces informations avec un débit constant. Le degré de remplissage de cette mémoire tampon et le débit à son entrée sont surveillés et déterminent la valeur du paramètre de normalisation.

Après la transmission, les informations arrivent avec un débit constant dans une mémoire tampon qui les restitue avec un débit variable à un décodeur de Huffman. Les coefficients de transformation sont alors normalisés par un paramètre de normalisation inverse de celui utilisé pour le codage, ce paramètre inverse étant calculé par un dispositif de régulation de débit qui surveille le degré de remplissage de la mémoire tampon. Les coefficients de transformation sont alors additionnés à la valeur du seuil utilisé pour le codage et sont transformés par la transformation inverse de la transformation cosinus pour restituer les valeurs numériques représentatives des points d'un bloc.

La qualité des images restituées est très bonne, comparativement aux autres méthodes connues, à condition que les images correspondent à des scènes très animées. La qualité visuelle des images restituées est nettement moins bonne lorsqu'elles représentent des scènes faiblement animées ou complètement fixes. Dans ce dernier cas, deux défauts apparaissent : on voit qu'il y a un filtrage des hautes et moyennes fréquences spatiales, ce filtrage correspondant à l'élimination des coefficients de faible énergie qui ont une valeur inférieure au seuil ; et on voit des démarcations entre les blocs dans les zones uniformes des images, car l'œil est sensible aux faibles différences de luminosité dans les zones uniformes.

L'objet de l'invention est un procédé de codage et de décodage qui ne présente pas cet inconvénient car il permet une excellente restitution des détails fins lorsque les images représentent des scènes faiblement animées ou complètement fixes, en tirant partie de la redondance d'informations existant alors dans la suite des images.

Selon l'invention, un procédé adaptatif de codage et de décodage d'une suite d'images par transformation, chaque point d'image étant représenté par une valeur numérique, le codage consistant à :

- diviser chaque image en blocs de points ;
- 5       - appliquer une transformation bi-dimensionnelle à chaque bloc pour obtenir une matrice de valeurs appelées coefficients de transformation du bloc ;
  - transmettre l'adresse et la valeur des coefficients de transformation des blocs ;
- 10 le décodage consistant à appliquer à la matrice des coefficients de transformation de chaque bloc une transformation inverse de la transformation appliquée pour son codage ;

est caractérisé en ce que le codage de chaque bloc consiste en outre à :
- 15       - discriminer si le bloc représente une scène très animée ou peu animée ;
  - transmettre la valeur des coefficients de transformation du bloc dans le premier cas, ou la différence de valeur de ces coefficients, par rapport à la valeur des coefficients homologues du bloc homologue dans
- 20 l'image précédente, dans le second cas ;
  - transmettre des informations indiquant si le bloc représente une scène peu animée ou très animée ;

et en ce que le décodage de chaque bloc consiste en outre, avant
- 25 d'appliquer la transformation inverse, à déterminer une valeur des coefficients de ce bloc, en additionnant la différence de valeur de chacun de ses coefficients respectivement à la valeur des coefficients homologues du bloc homologue dans l'image précédente, si le bloc représente une scène peu animée.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails apparaîtront à l'aide de la description ci-dessous et des figures l'accompagnant :

- la figure 1 représente le schéma synoptique d'un exemple de réalisation d'un système de codage et de décodage mettant en oeuvre le procédé connu décrit précédemment ;
  - les figures 2 à 5 représentent des graphes illustrant le procédé
- selon l'invention ;

- la figure 6 représente le schéma synoptique d'un exemple de réalisation d'un dispositif de codage selon l'invention ;

- la figure 7 représente le schéma synoptique d'un exemple de réalisation d'un dispositif de décodage selon l'invention.

- 5 Dans un exemple de réalisation le procédé selon l'invention met en oeuvre la transformation cosinus. Lorsque celle-ci est appliquée à une suite de valeurs numériques  $f(j,k)$  représentatives des points d'une image, pour  $j$  et  $k$  variant de 0 à  $N-1$  et désignant la ligne et la colonne contenant le point, les coefficients de transformation obtenus sont :

$$10 \quad F(u,v) = \frac{4C(u).C(v)}{N^2} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} f(j,k) \cdot \cos \frac{(2j+1)u\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2k+1)v\pi}{2N} \quad (1)$$

pour  $u, v = 0, 1, \dots, N-1$ , et désignant respectivement une ligne et une colonne de la matrice des coefficients de transformation, et où :

$$C(w) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ pour } w = 0$$

$$C(w) = 1 \text{ pour } w = 1, 2, \dots, N-1$$

- 15 La transformation cosinus inverse est définie par :

$$f(j,k) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u).C(v).F(u,v) \cdot \cos \frac{(2j+1)u\pi}{2N} \cdot \cos \frac{(2k+1)v\pi}{2N} \quad (2)$$

pour  $u, v = 0, 1, \dots, N-1$

- La figure 1 représente le schéma synoptique d'un système de codage et de décodage mettant en oeuvre le procédé décrit dans le document cité précédemment. Les images traitées sont des images vidéo monochromes constituées de deux trames entrelacées, chaque trame étant traitée comme une image indépendante. Cet exemple de réalisation comporte : un dispositif 1 de transformation cosinus ; un dispositif 2 de soustraction d'un seuil ; un dispositif 3 de normalisation ; un dispositif 4 de quantification et de codage ; un premier dispositif 5 de régulation de débit ; un second dispositif 6 de régulation de débit ; un dispositif de décodage 7 ; un dispositif 8 de normalisation inverse ; un dispositif 9 d'addition de la valeur du seuil ; et un dispositif 10 de transformation cosinus inverse.

Le dispositif 1 reçoit une suite de valeurs  $f(j,k)$  représentant la luminance des points d'une trame, par une borne d'entrée 13, et restitue une suite de valeurs  $F(u,v)$  qui sont les coefficients de transformation successivement pour chaque bloc constituant chaque trame. Les valeurs

5  $F(u,v)$  sont appliquées à une entrée du dispositif 2 qui calcule la différence entre cette valeur et une valeur de seuil fixe  $T$ . Il restitue une valeur  $F_T(u,v)$  telle que :

$$F_T(u,v) = F(u,v) - T \quad \text{si } F(u,v) \geq T$$

$$F_T(u,v) = 0 \quad \text{si } F(u,v) < T \quad (3)$$

10 La soustraction de ce seuil a pour effet de ramener la plupart des coefficients à la valeur zéro et ainsi limite le nombre de coefficients à quantifier et donc la quantité d'informations à transmettre.

La valeur  $F_T(u,v)$  est appliquée à une entrée du dispositif de normalisation 3 qui reçoit sur une autre entrée une valeur  $\frac{1}{D}$  appelée

15 paramètre de normalisation. Le dispositif 3 possède une sortie fournissant la valeur normalisée  $\frac{F_T(u,v)}{D}$ . La normalisation réalisée ainsi par le dispositif 3 permet d'ajuster la gamme de valeurs des coefficients pour pouvoir utiliser au mieux le nombre de bits fixés pour le codage ultérieur.

La valeur normalisée de chaque coefficient de transformation est

20 appliquée à une entrée du dispositif 4 de quantification et de codage. La quantification consiste simplement à convertir une valeur exprimée avec une virgule flottante en une valeur entière. Ainsi un certain nombre de valeurs comprises entre 0 et 1 sont remplacées par la valeur 0, ce qui diminue le nombre de coefficients significatifs à transmettre.

25 Le coefficient  $F(0,0)$  qui correspond au premier coefficient de la première ligne de la matrice des coefficients de transformation d'un bloc, est codé d'une manière particulière pour éviter que des différences de luminance d'un bloc à l'autre soient perçues par l'oeil. Ce coefficient est quantifié linéairement puis est codé par un code à neuf bits. Les autres

30 coefficients non nuls sont codés, en ce qui concerne leur valeur et leur adresse dans la matrice, en lisant respectivement dans deux tables des valeurs codées selon un code de Huffman.

Les valeurs codées d'un tel code ont une longueur variable mais

sont choisies de telle façon qu'elles sont identifiables sans nécessiter d'informations de séparation. En outre, les valeurs codées de longueurs les plus courtes sont attribuées aux coefficients, respectivement aux adresses, apparaissant le plus fréquemment lorsqu'une étude statistique  
5 des coefficients de transformation est effectuée.

L'adresse de chaque coefficient n'est pas codée par l'indice de sa ligne et l'indice de sa colonne dans la matrice du bloc mais par un codage par plages consistant à prendre comme adresse la longueur d'une plage où les coefficients ont une même valeur, la matrice des coefficients étant  
10 parcourue selon un ordre bien déterminé.

La figure 2 représente le coin supérieur gauche de la matrice des coefficients de transformation d'un bloc et représente le parcours en zigzag définissant l'ordre où les coefficients sont considérés pour ce codage par plages. Cet ordre est aussi l'ordre dans lequel les coefficients  
15  $F(u,v)$  sont fournis par la sortie du dispositif 1 de transformation cosinus. Un tel parcours a pour avantage qu'il rencontre de longues plages de valeurs nulles ce qui permet de réduire la quantité d'informations à transmettre.

Le premier dispositif 5 de régulation de débit reçoit les valeurs  
20 codées par le dispositif 4 avec un débit variable et restitue ces mêmes valeurs codées avec un débit constant sur une ligne de transmission 12. Le dispositif 5 comporte un registre à décalage utilisé comme tampon et comporte des moyens de commande pour surveiller le remplissage du registre et pour déterminer une valeur de normalisation  $D$  à fournir au  
25 dispositif 3.

Une entrée du second dispositif de régulation de débit 6 est reliée à la ligne de transmission 12 pour recevoir les valeurs codées et les stocker dans un registre à décalage utilisé comme tampon. Une sortie du dispositif 6 est reliée à une entrée du dispositif 7 de décodage. Une sortie  
30 du dispositif 7 est reliée à une entrée du dispositif 8 de normalisation inverse. Le dispositif de décodage 7 fournit des valeurs décodées à intervalles irréguliers à cause de la longueur variable des valeurs codées selon un code de Huffman. Le remplissage des registres tampons dans les dispositifs de régulation 5 et 6 est constamment symétrique. Des moyens  
35 de commande incorporés dans le dispositif 6 génèrent une même valeur  $D$

qui est fournie à une entrée du dispositif 8 de normalisation inverse. Le dispositif 8 reçoit sur une autre entrée une valeur fournie par le dispositif de décodage 7 et il multiplie cette valeur par D pour restituer une valeur d'un coefficient de transformation.

5 Une sortie du dispositif 8 est reliée à une entrée du dispositif 9 d'addition de la valeur du seuil et une sortie du dispositif 9 est reliée à une entrée du dispositif 10 de transformation cosinus inverse. Une sortie du dispositif 10 est reliée à une borne de sortie 11 et fournit une suite de valeurs de luminance décodée. Le dispositif 9 ajoute la valeur T du seuil  
10 aux valeurs des coefficients qui ont subi la soustraction d'une valeur T par le dispositif 2 au moment du codage. Enfin le dispositif 10 réalise la transformation cosinus inverse qui restitue les valeurs de luminance de chaque point de chaque bloc.

Le procédé selon l'invention diffère du procédé connu par l'utilisa-  
15 tion d'un codage inter-images pour les images représentant des scènes faiblement animées ou fixes, tout en conservant un codage intra-image, similaire à celui décrit précédemment, pour les images représentant des scènes fortement animées. L'utilisation d'un codage inter-images pour les images faiblement animées permet d'exploiter la corrélation existant  
20 entre deux images successives.

Les informations visuelles essentielles d'une image correspondent aux fréquences spatiales les plus basses et celles-ci correspondent aux premiers coefficients de la matrice des coefficients de transformation de cette image lorsque cette matrice est parcourue en zigzag selon le  
25 parcours défini à la figure 2. Ces premiers coefficients ont donc en général une grande énergie alors que les coefficients suivants ont une faible énergie. Pour obtenir une image décodée ayant une qualité minimale le codage et le décodage doivent donc transmettre en priorité les premiers coefficients de la matrice des coefficients de transformation.

30 Lorsqu'une suite d'images représente une scène faiblement animée ou fixe, il est inutile de transmettre les valeurs des premiers coefficients de la matrice pour chaque image puisque ces valeurs varient très peu d'une image à l'autre, par contre il est regrettable de ne pas transmettre les valeurs des coefficients suivants qui permettent de reconstituer les  
35 détails fins de chaque image, lesquels détails peuvent être perçus tout à loisir par l'oeil justement lorsque la scène est faiblement animée ou fixe.

Le procédé selon l'invention consiste donc à transmettre les valeurs des coefficients de transformation d'une image lorsque celle-ci représente une scène très animée, en pondérant avec un faible poids les coefficients correspondant aux fréquences spatiales moyennes et hautes ;  
5 et à transmettre les variations des coefficients de transformation d'une image par rapport à la précédente lorsque ces images représentent une scène peu animée ou fixe, la réduction de la quantité d'informations ainsi obtenues étant utilisée pour transmettre avec plus de bits les valeurs des coefficients correspondant aux fréquences spatiales moyennes et hautes.

10 L'animation des scènes représentées par la suite d'images peut être estimée en comparant les valeurs des coefficients de transformation des blocs homologues de chacune des images de la suite. Le procédé selon l'invention consiste à calculer la différence entre les premiers coefficients de transformation de chaque bloc et leurs homologues du bloc  
15 homologue dans l'image précédente et à comparer les valeurs absolues de ces différences par rapport à un seuil, et à passer du codage inter-images au codage intra-image lorsqu'au moins une des différences est supérieure au seuil fixé. Les valeurs de coefficients homologues utilisées pour calculer les différences ne sont pas les valeurs exactes calculées selon les  
20 formules théoriques (1) mais celles restituées par un codage puis un décodage, car ce sont ces dernières qui sont effectivement disponibles dans le dispositif de décodage.

Les figures 3 à 5 illustrent le procédé selon l'invention, appliqué au codage de trois images successives représentant une scène fixe, les  
25 informations codées étant transmises à débit constant. Chacune de ces figures représente un graphe ayant en ordonnée la quantité d'informations effectivement transmise et en abscisse le rang des coefficients de la matrice de transformation de chacune de ces images, ce rang étant déterminée sur le parcours en zigzag représenté à la figure 2. Les figures  
30 3 à 5 considèrent les quantités d'informations effectivement transmises après : un calcul de la différence entre les coefficients de transformation de l'image considérée et les coefficients de transformation de l'image qui la précède ; une pondération ; une normalisation ; et une quantification.

L'image correspondant à la figure 3 étant différente des images  
35 qui l'ont éventuellement précédée, les valeurs des coefficients de trans-

formation de cette image sont donc très différentes de celles des coefficients de transformation de l'image qui la précède. La répartition des quantités d'informations transmises est analogue à la répartition des quantités d'informations qui seraient à transmettre par un codage intra-  
5 image. C'est pourquoi les quantités d'informations transmises pour les coefficients de faible rang sont élevées et les quantités d'informations pour les coefficients de rang plus élevé décroissent en fonction de ce rang.

Les quantités d'informations transmises pour les coefficients de  
10 rang très élevé sont nulles car les valeurs des différences de coefficients de transformation subissent en outre une pondération favorisant les coefficients de faible rang par rapport aux coefficients de rang élevé, puis une normalisation commandée par un dispositif de régulation de débit, et enfin une quantification.

15 La figure 4 correspond à l'image suivante qui est identique par hypothèse à l'image précédente. Les coefficients de transformation de cette deuxième image sont donc théoriquement strictement identiques à ceux de l'image précédente. Cependant les opérations de calcul de pondération, de normalisation, et de quantification, provoquent des  
20 erreurs de codage qui se traduisent par une différence non nulle entre les coefficients de transformation avant codage et les coefficients de transformation après codage puis décodage. Il y a donc des différences non nulles entre les coefficients codés puis décodés pour la première image et les coefficients qui vont être codés pour la deuxième image.

25 La figure 4 représente la quantité d'informations correspondant à ces différences après que ces différences aient subi une pondération, une normalisation, et une quantification. La quantité d'informations constituée par ces différences est faible, le dispositif de régulation commande alors le dispositif de normalisation pour amplifier leurs valeurs. La figure  
30 4 représente donc la quantité d'informations résultant de cette amplification. La quantité d'informations est maximale pour les coefficients de rang moyen, car les erreurs de codage pour la première image sont importantes en ce qui concerne les coefficients de rang moyen et de rang élevé. Le codage des valeurs de différence des coefficients de rang élevé  
35 pour la deuxième image est, lui aussi, erroné car les coefficients de rang

élevé sont défavorisés par rapport aux coefficients de rang moyen, à cause de l'opération de pondération.

La figure 5 représente la quantité d'informations transmises pour une troisième image. Les différences entre les coefficients de la troisième image et les coefficients codés puis décodés de la seconde image sont faibles puisque les coefficients de faible rang puis les coefficients de rang moyen ont été codés précédemment avec une faible erreur de codage. Les valeurs de différences à transmettre pour les coefficients de rang faible et de rang moyen sont donc faibles et nécessitent peu de bits.

10 Le dispositif de régulation de débit modifie alors le paramètre de normalisation pour amplifier encore plus les valeurs des différences de coefficients, qui correspondent alors presque uniquement aux coefficients de rang élevé.

Ainsi la troisième image décodée comportera les informations correspondant aux coefficients de faible rang, aux coefficients de rang moyen, et aux coefficients de rang élevé, c'est-à-dire sera reproduite avec une grande finesse de détails. Ce processus converge pendant la durée de trois ou quatre images successives. Le procédé selon l'invention est décrit ci-dessus dans l'hypothèse d'un débit de transmission constant,

20 mais il peut être appliqué tout aussi bien dans l'hypothèse d'un débit de transmission variable.

La figure 6 représente le schéma synoptique d'un exemple de réalisation d'un dispositif de codage selon l'invention, destiné à traiter des images de télévision monochrome constituées de deux trames entrelacées.

25 Chaque paire de trames est considérée comme deux images successives. Il comporte : un dispositif de transformation cosinus 21 ; un soustracteur numérique 31 ; deux dispositifs à retard 32 et 33 ; un multiplexeur 22 à deux entrées et une sortie ; un dispositif de pondération 23 ; un dispositif de normalisation 24 ; un dispositif de quantification 25 ; un dispositif de

30 codage 26 ; un dispositif 27 de régulation de débit ; des moyens de commande 29 ; et des moyens 30 de décodage inter-images.

Le dispositif 21 de transformation cosinus possède une entrée reliée à une borne d'entrée 20 du dispositif de codage selon l'invention, pour recevoir une suite de valeurs numériques représentatives des points

35 d'image. Une sortie du dispositif 21 est reliée à une première entrée du

soustracteur 31 et à une entrée du dispositif à retard 33. Une sortie des moyens 30 est reliée à la seconde entrée du soustracteur 31 et la sortie de ce dernier est reliée à une entrée du dispositif 32 et à une entrée des moyens 29.

5 Une entrée et une sortie du dispositif de pondération 23 sont reliées respectivement à une sortie du multiplexeur 22 et à une entrée du dispositif de normalisation 24. Une sortie du dispositif 24 est reliée à une entrée du dispositif 25 de quantification. Une sortie du dispositif 25 est reliée à une entrée du dispositif 26 de codage et à une première entrée  
10 des moyens 30. Une sortie du dispositif 26 est reliée à une entrée du dispositif 27 de régulation de débit. Le dispositif 27 possède une première sortie reliée à une borne de sortie 28 du dispositif de codage selon l'invention et une seconde sortie reliée d'une part à une entrée de commande du dispositif 24 de normalisation et à une deuxième entrée des  
15 moyens 30. Une sortie des moyens 29 est reliée à une entrée de commande du multiplexeur 22, à une entrée de commande du dispositif 26 de codage, et à une troisième entrée des moyens 30.

Les moyens de commande 29 comportent : deux comparateurs, 40 et 42, et un circuit logique 41. L'entrée des moyens 29 est reliée à une  
20 première entrée du comparateur 40 et à une première entrée du comparateur 42. Ces comparateurs possèdent chacun une deuxième entrée recevant respectivement une valeur de seuil + S et une valeur de seuil - S. Ils possèdent chacun une sortie reliée respectivement à une entrée du circuit logique 41. Le circuit logique 41 possède une entrée d'horloge recevant un  
25 signal  $F_B$  à la fréquence de traitement des blocs, et une sortie constituant la sortie des moyens 29.

Les moyens de décodage inter-images 30 comportent : une mémoire 46 de stockage des coefficients de transformation du bloc homologue du bloc en cours de traitement ; un multiplexeur à deux  
30 entrées et une sortie, 47 ; un additionneur 48 ; un dispositif de pondération inverse, 49 ; et un dispositif de normalisation inverse, 50. La première entrée, la seconde entrée et la troisième entrée des moyens 30 de décodage sont reliées respectivement à une entrée de commande du multiplexeur 47, à une première et à une seconde entrée du dispositif 50.  
35 Une sortie du dispositif 50 est reliée à une entrée du dispositif 49. Une

sortie de celui-ci est reliée à une première entrée du multiplexeur 47 et à une première entrée de l'additionneur 48.

Une seconde entrée de l'additionneur 48 et une sortie sont reliées respectivement à une sortie de la mémoire 46, qui constitue la sortie des  
5 moyens 30, et à une seconde entrée du multiplexeur 47. Une sortie du multiplexeur 47 est reliée à une entrée de données de la mémoire 46. La mémoire 46 peut être constituée d'un registre à décalage commandé par un signal d'horloge à la fréquence d'analyse des points, fréquence qui  
10 correspond à la fréquence de traitement de chaque coefficient de transformation. Le nombre d'étage de ce registre est égal au nombre de points par trame d'image, moins dix points pour tenir compte du retard procuré par le dispositif 32.

Le dispositif 21 de transformation cosinus réalise le découpage de chaque image en blocs de  $16 \times 16$  points et calcule, pour chaque bloc, une  
15 matrice des coefficients de transformation par la transformation cosinus définie précédemment. Les valeurs des coefficients de chaque bloc sont fournies au dispositif 33 successivement, dans l'ordre défini par la figure 2, et sont appliquées d'une part et, d'autre part, à la première entrée du soustracteur 31 pour calculer la différence de chaque coefficient par  
20 rapport au coefficient homologue du bloc homologue dans la trame précédente, les moyens de décodage 30 fournissant la valeur de ce coefficient homologue à la seconde entrée du soustracteur 31. Les valeurs de différences fournies par la sortie du soustracteur 31 sont retardées par le dispositif 33 puis appliquées à la seconde entrée du multiplexeur 22.  
25 Celui-ci les transmet si le bloc représente une scène peu animée ou fixe. Sinon, il transmet les valeurs de coefficients fournies par le dispositif 33.

Le multiplexeur 22 est commandé par un signal logique fourni par la sortie des moyens de commande 29. L'entrée des moyens 29 reçoit la différence calculée par le soustracteur 31 et la compare d'une part à la  
30 valeur de seuil  $+ S$  et d'autre part à la valeur de seuil  $- S$  au moyen des comparateurs 40 et 42. Le seuil  $+ S$  correspond aux différences positives et le seuil  $- S$  correspond aux différences négatives. Quand la valeur absolue de la différence entre deux coefficients homologues est supérieure à la valeur de seuil, le comparateur 40 ou le comparateur 42 fournit  
35 un signal logique au circuit 41. Celui-ci fournit un signal logique corres-

pendant à un codage intra-image pendant toute la durée de codage d'un bloc si la différence est supérieure au seuil pour au moins l'un des dix premiers coefficients d'un bloc. L'élaboration du choix du type de codage nécessite de considérer les dix premiers coefficients de chaque bloc, c'est  
 5 pourquoi il est prévu des dispositifs à retard 33 et 32 pour retarder les valeurs fournies par le dispositif 21 et par le soustracteur 31, d'une durée correspondant à dix coefficients, c'est-à-dire correspondant à dix points d'image.

Les dispositifs à retard 33 et 32 peuvent être constitués chacun  
 10 d'un registre à décalage possédant dix étages et commandé par un signal d'horloge au rythme de l'analyse des points d'image. Le circuit logique 41 est un circuit séquentiel dont la réalisation est à la portée de l'homme de l'art. La réalisation du dispositif 21 de transformation cosinus est à la portée de l'homme de l'art car la transformation cosinus est une transfor-  
 15 mation utilisée très classiquement pour le codage des images.

Le dispositif de pondération 23 applique la même pondération quel que soit le type de codage en cours. Cette pondération consiste à multiplier la valeur appliquée à son entrée par un coefficient égal à :  

$$\exp \frac{-(u^2+v^2)}{15^2}$$
, u et v étant respectivement l'indice de ligne et l'indice de  
 20 colonne du coefficient en cours de codage, dans la matrice de transformation. Quand les indices u et v augmentent, le poids appliqué au coefficient diminue. Les coefficients ayant des indices élevés, c'est-à-dire correspondant aux fréquences spatiales élevées, sont donc multipliés par des valeurs proches de zéro. Les valeurs des indices u et v sont déterminées par des  
 25 moyens de synchronisation et de commande, non représentés, et dont la réalisation est à la portée de l'homme de l'art.

Le dispositif de normalisation 24 multiplie les valeurs qui sont appliquées à son entrée, par un coefficient variable fourni par le dispositif 27 de régulation de débit. Le dispositif de quantification 25 réalise la  
 30 transformation des valeurs appliquées à son entrée avec une virgule flottante, en des valeurs entières. Le dispositif de codage 26 code par deux codes de Huffman la valeur et l'adresse des coefficients ou des différences de coefficients qui sont appliqués à son entrée. Le codage de l'adresse est un codage par plages, les coefficients étant traités dans

l'ordre représenté sur la figure 2. Ce codage permet une forte réduction de la quantité d'informations à transmettre en tirant parti du fait qu'un grand nombre de coefficients de rang élevé ont une valeur nulle et qu'ils sont répartis en plages de longueurs importantes. Le dispositif 26 insère  
 5 dans la suite des informations codées un mot de code indiquant le changement de type de codage, sous l'action du signal logique fourni par la sortie des moyens 29.

Le dispositif 27 de régulation de débit comporte un registre à décalage utilisé comme mémoire tampon et des moyens de commande  
 10 surveillant le remplissage de ce registre et calculant une valeur de paramètre de normalisation en fonction de ce degré de remplissage, par exemple au moyen d'une table stockée en mémoire morte. Les moyens de décodage 30 permettent de restituer une suite de coefficients de transformation codés puis décodés et stockés pendant une durée correspondant à  
 15 une trame. Les moyens de décodage 30 sont reliés à la sortie du dispositif 25 de quantification pour prélever une suite de valeurs à décoder.

Cette suite de valeurs est appliquée au dispositif de normalisation inverse 50 qui reçoit la valeur du paramètre de normalisation fourni par le dispositif 27. Le dispositif 50 multiplie la valeur à décoder par l'inverse du  
 20 paramètre de normalisation, par exemple au moyen d'une table stockée en mémoire morte. Le dispositif 50 fournit une suite de valeurs au dispositif 49 de pondération inverse. Ce dernier multiplie chacune des valeurs par un poids égal à  $\exp \frac{u^2 + v^2}{15^2}$ .

Si le codage en cours est un codage intra-image, le multiplexeur  
 25 47, commandé par les moyens de commande 29, transmet la suite de valeurs fournie par le dispositif 49 de pondération inverse. Si le bloc en cours de codage subit un codage inter-images, le multiplexeur 47 transmet une suite de valeurs fournie par l'additionneur 48 qui réalise la restitution des valeurs de coefficients en additionnant la valeur du coefficient  
 30 homologue du bloc homologue dans l'image précédente à la valeur de différence qui est alors fournie par le dispositif 49.

Les valeurs de coefficients décodées fournies par la sortie du multiplexeur 47 sont stockées dans la mémoire 46 pendant une durée équivalente au traitement d'une trame moins dix points. La valeur

restituée par la mémoire 46 est utilisée d'une part pour calculer une valeur de différence de coefficient au moyen du soustracteur 31, et pour décoder simultanément cette même valeur de différence de coefficients au moyen de l'additionneur 48.

5 La figure 7 représente le schéma synoptique d'un exemple de réalisation d'un dispositif de décodage selon l'invention permettant de décoder les valeurs codées fournies par le dispositif de codage qui est décrit ci-dessus. Ce dispositif de décodage comporte : un dispositif 52 de régulation de débit ; un dispositif 53 de décodage ; un dispositif 54 de  
10 normalisation inverse ; un dispositif 55 de pondération inverse ; un multiplexeur 56 à deux entrées et une sortie ; un dispositif 57 de transformation cosinus inverse ; et un dispositif 62 de décodage inter-images.

Une entrée du dispositif 52 de régulation de débit est reliée à une borne d'entrée 51 recevant des valeurs codées. Le dispositif de régulation  
15 52 possède une première sortie reliée à une entrée du dispositif de décodage 53 et une seconde sortie reliée à une entrée de commande du dispositif de normalisation inverse 54. Le dispositif de décodage 53 possède une sortie reliée à une entrée du dispositif 54. Une sortie du  
20 dispositif de normalisation inverse 54 est reliée à une entrée du dispositif 55 de pondération inverse. Ce dernier possède une sortie reliée à une première entrée du multiplexeur 56 et à une première entrée des moyens 62. Les moyens 62 possèdent une sortie reliée à une seconde entrée du multiplexeur 56. Le multiplexeur 56 possède une sortie reliée à une  
25 seconde entrée des moyens 62 et à une entrée du dispositif 57. Une sortie du dispositif 57 est reliée à une borne de sortie 58 du dispositif de décodage selon l'invention.

Les moyens de décodage inter-images 62 comportent une mémoire 61 de stockage des coefficients du bloc homologue, dans l'image précédente, du bloc en cours de décodage. La première entrée des moyens 62  
30 est reliée à une première entrée de l'additionneur 60. La seconde entrée des moyens 62 est reliée à une entrée de données de la mémoire 61. Une sortie de celle-ci est reliée à une seconde entrée de l'additionneur 60. Une sortie de l'additionneur 60 est reliée à la sortie des moyens 62.

Le régulateur de débit 52 reçoit par la borne d'entrée 51 une suite  
35 de valeurs binaires ayant un rythme constant mais transmettant des

valeurs de coefficients codées à un rythme variable. Le dispositif de décodage 53 doit restituer des coefficients, ou des différences de coefficient, à un rythme constant correspondant au rythme d'analyse et de restitution d'une trame. Le dispositif de régulation 52 comporte donc une

5 mémoire tampon constituée d'un registre à décalage où sont inscrites à un rythme constant les valeurs binaires reçues par la borne d'entrée 51. Ces valeurs binaires sont décodées à un rythme variable par le dispositif de décodage 53 selon les tables des codes de Huffman utilisées pour le

10 remplissage de la mémoire tampon du dispositif 52 est rigoureusement symétrique du remplissage de la mémoire tampon située dans le dispositif 27 de régulation de débit pour le codage.

Le dispositif 52 comporte des moyens de commande qui surveillent ce remplissage et déterminent le même paramètre de normalisation

15 que dans le dispositif de codage. Ce paramètre de normalisation est appliqué au dispositif 54 de normalisation inverse qui réalise la multiplication de chaque valeur appliquée à son entrée par la valeur inverse du paramètre de normalisation. Le dispositif 54 peut être identique au

20 dispositif 50 et être constitué par une mémoire morte stockant une table de valeurs. Le dispositif de pondération inverse 55 multiplie chacune des valeurs appliquées successivement à son entrée par un poids égal à

$\exp \frac{u^2 + v^2}{15^2}$ . Les valeurs des indices  $u$  et  $v$  sont déterminées par des moyens de synchronisation et de commande, non représentés et dont la réalisation est à la portée de l'homme de l'art.

25 Le multiplexeur 56 reçoit sur sa première entrée les valeurs fournies directement par la sortie du dispositif 55 et il reçoit sur sa seconde entrée une valeur décodée par les moyens 62. Les moyens 62 décodent les valeurs de différence de coefficients, en additionnant au moyen de l'additionneur 60 la valeur du coefficient homologue du bloc

30 homologue dans l'image précédente.

Le dispositif de décodage 53 détecte les mots binaires insérés dans la suite des informations codées pour indiquer les changements de type de codage et fournit un signal de commande au multiplexeur 56. Celui-ci transmet la valeur fournie par la sortie du dispositif 55 lorsque le

codage est intra-image et transmet la valeur fournie par la sortie des  
moyens 62 lorsque le codage est inter-images. La sortie du multiplexeur  
56 fournit donc une suite de valeurs décodée de coefficients au dispositif  
57 de transformation cosinus inverse. Celui-ci restitue une suite de  
5 valeurs de luminance dans l'ordre où elles ont été analysées.

L'invention ne se limite pas aux exemples de réalisation décrit ci-  
dessus, de nombreuses variantes sont à la portée de l'homme de l'art,  
notamment pour réaliser les moyens de commande 29 détectant le degré  
d'animation de chaque bloc, et pour choisir le type de transformation.

10 Le codage et le décodage des images de télévision en couleur  
peuvent être réalisés en traitant en parallèle trois suites de valeurs  
numériques correspondant à un signal de luminance et deux signaux de  
différence de couleur.

L'invention peut être appliquée notamment à la transmission ou au  
15 stockage à débit réduit des images de télévision.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé adaptatif de codage et de décodage d'une suite d'images par transformation, chaque point d'image étant représenté par une valeur numérique, le codage consistant à :

- diviser chaque image en blocs de points ;
- 5       - appliquer une transformation bi-dimensionnelle à chaque bloc pour obtenir une matrice de valeurs appelées coefficients de transformation du bloc ;
- transmettre l'adresse et la valeur des coefficients de transformation des blocs ;
- 10   le décodage consistant à appliquer à la matrice des coefficients de transformation de chaque bloc une transformation inverse de la transformation appliquée pour son codage ;
- caractérisé en ce que le codage de chaque bloc consiste en outre à :
- 15   - discriminer si le bloc représente une scène très animée ou peu animée ;
- transmettre la valeur des coefficients de transformation du bloc dans le premier cas, ou la différence de valeur de ces coefficients, par rapport à la valeur des coefficients homologues du bloc homologue dans
- 20   l'image précédente, dans le second cas ;
- transmettre des informations indiquant si le bloc représente une scène peu animée ou très animée ;
- et en ce que le décodage de chaque bloc consiste en outre, avant d'appliquer la transformation inverse, à déterminer une valeur des coefficients de ce bloc, en additionnant la différence de valeur de chacun de ses
- 25   coefficients respectivement à la valeur des coefficients homologues du bloc homologue dans l'image précédente, si le bloc représente une scène peu animée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour
- 30 discriminer si le bloc représente une scène très animée ou peu animée, il consiste à : calculer la différence entre chaque coefficient de transformation de ce bloc et le coefficient homologue du bloc homologue dans l'image précédente ; à comparer la valeur absolue de cette différence par

rapport à un seuil ; puis à conclure que le bloc représente une scène très animée, ou peu animée, en fonction du résultat de cette comparaison pour les coefficients correspondant aux basses fréquences spatiales.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le  
5 codage consiste en outre à appliquer une pondération aux valeurs des coefficients et des différences, avant de les transmettre, pour représenter avec une plus grande quantité d'informations les valeurs correspondant aux basses fréquences spatiales de l'image, par rapport aux valeurs correspondant aux hautes fréquences spatiales.

10 4. Dispositif de codage pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un dispositif de transformation (21) recevant une suite de  
valeurs numériques représentatives des points d'une image et restituant  
une suite de coefficients de transformation correspondant à une suite de  
15 blocs de points ;

- des premiers moyens (30) pour fournir une suite de coefficients  
de transformation correspondant au bloc homologue du bloc en cours de  
codage, dans l'image précédente ;

20 - des seconds moyens (29 et 31) couplés au dispositif de transfor-  
mation (21) pour discriminer les blocs représentant une scène très animée  
et les blocs représentant une scène peu animée ;

- un soustracteur (31) couplé au dispositif de transformation et  
aux premiers moyens (30) pour calculer une suite de différences entre les  
coefficients de transformation de chaque bloc et les coefficients de  
25 transformation homologue du bloc homologue dans l'image précédente ;

- des troisièmes moyens (22 à 27, 32, 33) pour transmettre la suite  
des coefficients fournis par le dispositif de transformation (21) ou la suite  
des différences fournies par le soustracteur (31), commandés par les  
seconds moyens (29, 31), et pour transmettre des informations indiquant si  
30 un bloc représente une scène très animée ou peu animée.

5. Dispositif de codage selon la revendication 4, caractérisé en ce  
que les troisièmes moyens comportent en série :

- un multiplexeur (22) couplé à une sortie du dispositif de  
transformation (21) et à une sortie du soustracteur (31), et commandé par  
35 les seconds moyens (29, 31) ;

- un dispositif de pondération (23) couplé à une sortie du multiplexeur (22) pour diminuer les valeurs numériques fournies par celui-ci, lorsqu'elles correspondent à des coefficients ou des différences de coefficients de rang élevé dans les lignes et les colonnes de la matrice des coefficients de transformation d'un bloc ;

- un dispositif de normalisation (24) pour augmenter ou réduire les valeurs des coefficients et des différences de coefficient, en les multipliant par la valeur d'un paramètre de normalisation ;

- un dispositif de quantification (25) pour supprimer la partie décimale des valeurs de coefficients ou de différences de coefficients ;

- un dispositif de codage (26) pour coder par des codes de Huffman les valeurs et les adresses des coefficients et des différences de coefficients avant de les transmettre, et pour générer un mot de code indiquant si un bloc représente une scène très animée ou peu animée ;

- un dispositif (27) de régulation du débit de transmission, fournissant la valeur du paramètre de normalisation au dispositif de normalisation (24).

6. Dispositif de décodage pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des premiers moyens (52 à 55) pour recevoir un mot de code indiquant si un bloc représente une scène peu animée ou scène très animée, et générer un signal de commande, et pour restituer une valeur de coefficient ou de différence de coefficient à partir de valeurs codées ;

- des seconds moyens (62) pour déterminer une valeur pour chaque coefficient d'un bloc en additionnant une valeur décodée fournie par les premiers moyens (53) à la valeur du coefficient correspondant dans le bloc homologue de l'image précédente ;

- un multiplexeur (56), commandé par le signal généré par les premiers moyens (53), pour transmettre sur une sortie soit les valeurs restituées par les premiers moyens (53), soit les valeurs déterminées par les seconds moyens (62) ;

- un dispositif (57) de transformation inverse de celle appliquée pour le codage, couplé à la sortie du multiplexeur (56), pour restituer une suite de valeurs numériques représentatives des points d'image.

7. Dispositif de décodage selon la revendication 6, caractérisé en ce que les premiers moyens (52 à 55) comportent en série :

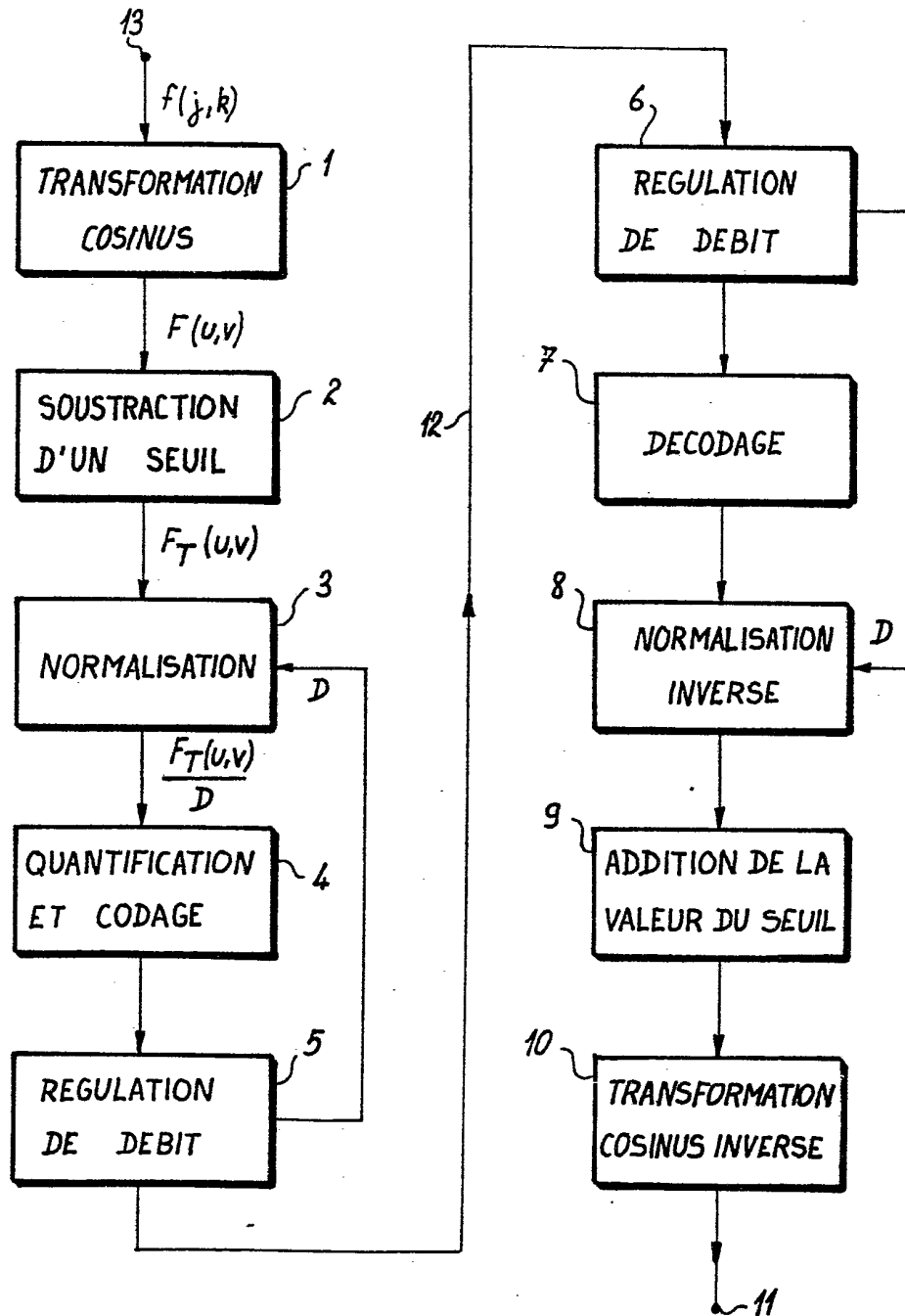
- un dispositif (52) de régulation de débit pour recevoir des données codées avec un débit binaire constant, et pour déterminer la valeur d'un paramètre de normalisation ;

5 - un dispositif de décodage (53) pour décoder les données codées reçues par le dispositif de régulation et fournir à un rythme constant une suite de coefficients de transformation, ou de différence de coefficients, et pour décoder un mot de code indiquant si le bloc correspondant à ces données représente une scène très animée ou peu animée et générer un signal logique correspondant ;

10 - un dispositif de normalisation (54) couplé à une sortie du dispositif de décodage (53), pour multiplier par la valeur du paramètre de normalisation les valeurs décodées par le dispositif de décodage (53) ;

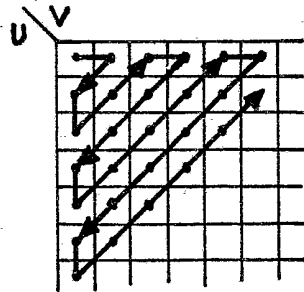
15 - un dispositif (55) de pondération inverse, couplé à une sortie du dispositif de normalisation inverse (54), pour appliquer aux valeurs que ce dernier fournit, une pondération inverse de celle appliquée au cours du codage.

FIG\_1

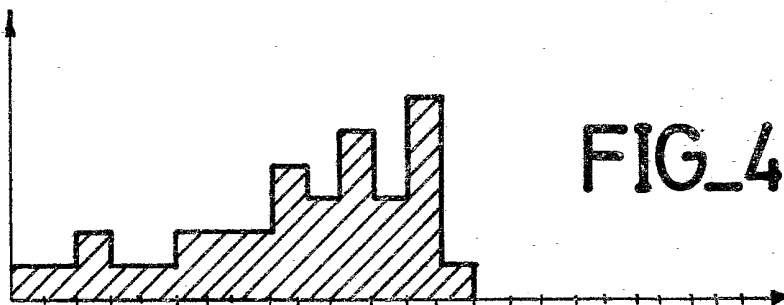


2/4

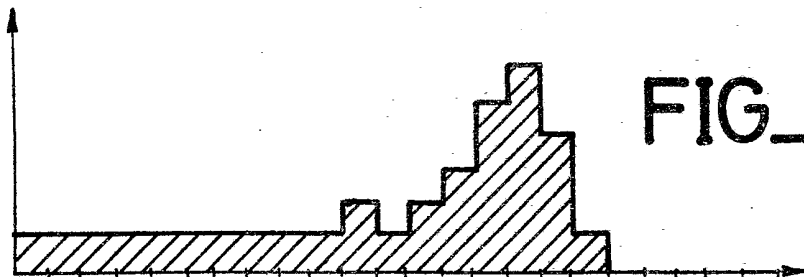
FIG\_2

QUANTITE D'INFORMATIONS  
A TRANSMETTRE

FIG\_3



FIG\_4



FIG\_5

RANG DES COEFFICIENTS

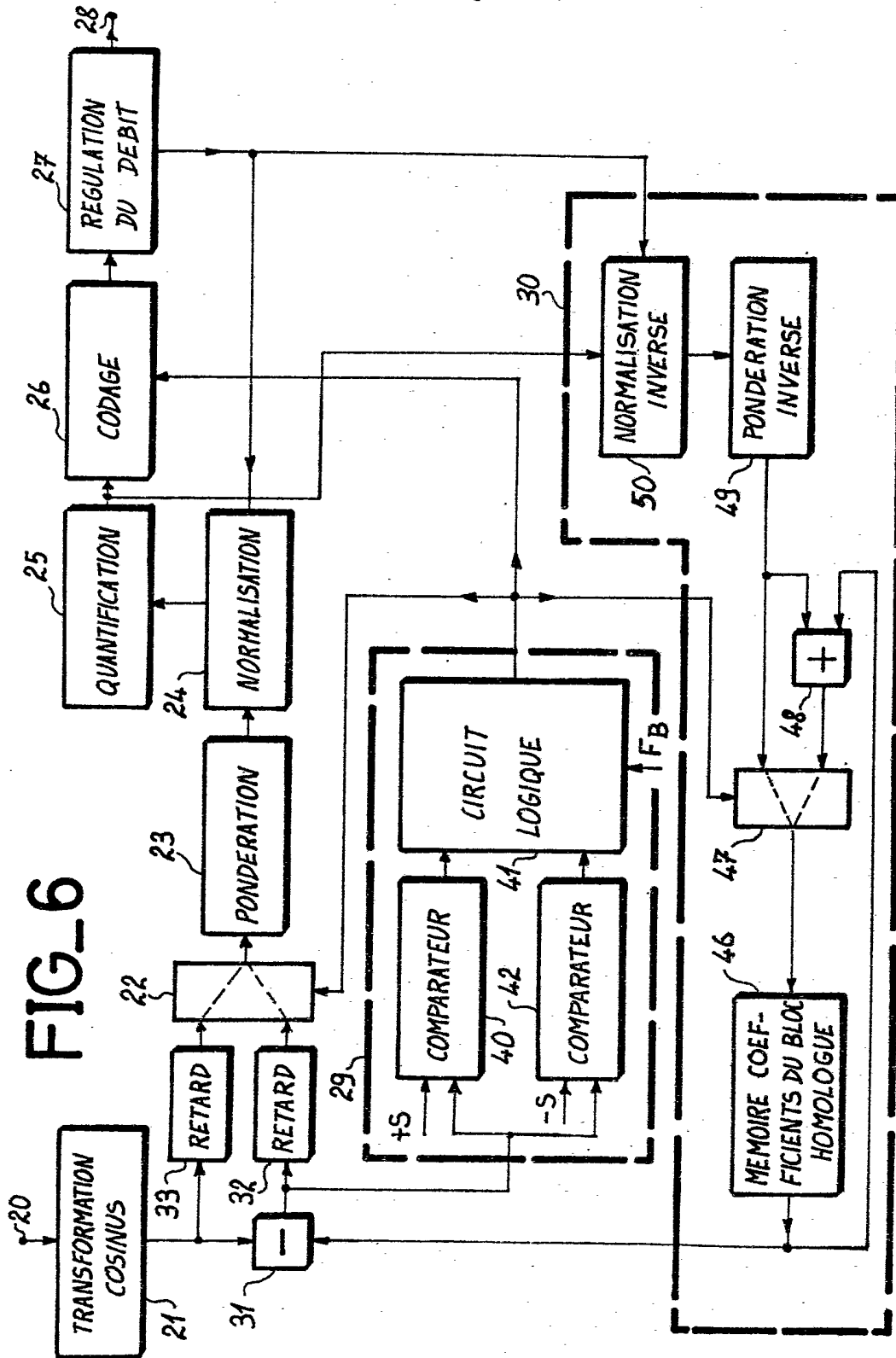


FIG. 6

FIG. 7

