(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 628 864**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **88 03639**

(51) Int Cl⁴ : G 06 F 15/70; H 04 N 7/20.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 21 mars 1988.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 38 du 22 septembre 1989.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *L'Etat Français, représenté par le Ministre des P.T.T. (Centre National d'Etudes des Télécommunications-CNET) et Télédiffusion de France, Société Anonyme.* — FR.

(72) Inventeur(s) : Bruno Choquet ; Danièle Pele.

(73) Titulaire(s) :

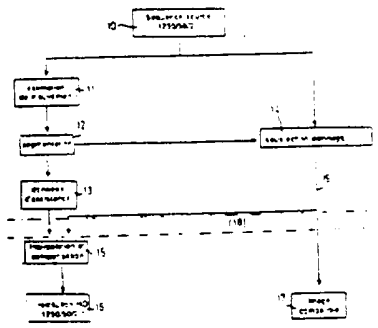
(74) Mandataire(s) : Patrice Vidon, consultant.

(54) Procédé de segmentation d'un champ de vecteurs vitesse, notamment de vitesses de déplacement de points d'une image dans une séquence d'images.

(57) Le domaine de l'invention est celui de l'analyse et du codage du mouvement des points de séquences d'images électroniques, en vue d'en optimiser le sous-échantillonnage 14 et de regrouper les points au sein de blocs de points à déplacement homogène, selon une opération 12 dite de « segmentation ».

L'objectif est d'insérer l'opération de segmentation au moins partiellement dans le processus préalable d'estimation de mouvement 11, en permettant de minimiser le nombre de représentants de l'image, ainsi que le débit des données d'assistance 13 à la reconstruction 15, 16 d'une image HD au décodeur.

Cet objectif est atteint par un procédé qui sélectionne un nombre limité de vecteurs-représentants-candidats VRC, parmi des vecteurs-vitesse-prédits et/ou estimés, puis, leur fait subir une opération de dispersion autour de leur valeur d'origine avant d'effectuer une réallocation desdits VRC dispersés selon une procédure adaptative du type « aggrégation/division » de blocs dans ladite image.



FR 2 628 864 - A1

"Procédé de segmentation d'un champ de vecteurs vitesse, notamment de vitesses de déplacement de points d'une image dans une séquence d'images".

Le domaine de l'invention est celui de l'analyse et du codage de séquences d'images électroniques, et plus particulièrement de l'analyse du mouvement des points de telles images électroniques.

Dans un cas spécifique qui sera détaillé ci-après, le procédé suivant l'invention s'applique à l'analyse de séquences d'images en haute définition destinées à être transmises à travers un canal à débit limité. Une application préférentielle de ce type est la transmission de télévision haute définition sur canal MAC.

Toutefois, le procédé de l'invention peut aussi bien être utilisé dans tout système analysant une séquence d'images (robotique, suivi de cibles, recherche de paramètres spatiaux et/ou temporels,...) ou une séquence d'ensembles de données (applications médicales, météorologiques,...).

Le procédé suivant l'invention est destiné à s'inscrire dans une chaîne de traitement d'images, et à constituer un maillon d'analyse des vitesses de déplacement des points d'image dans le plan d'image, afin notamment de regrouper les points au sein de blocs de points à déplacement homogène, selon une opération dite de "segmentation".

Une telle analyse présente de très nombreux intérêts.

Dans le cas de la transmission de séquences d'images HD (10) dans un canal 18 à débit limité (figure 1), le traitement d'images a pour objet de réduire le volume d'informations transmises, de telle façon que :

- à l'émission, on procède à une opération 14 de sous-échantillonnage d'une image HD, les données sous-

échantillonnées 19 étant accompagnées de "données d'assistance" 13 transmises conjointement dans le canal de données 18 ;

- à la réception, on effectue une opération inverse consistant à utiliser les données d'assistance 13 et le signal sous-échantillonné 19 dans une opération 15 d'interpolation et de compensation pour restituer un signal 16 haute définition.

Le cas échéant, le signal sous-échantillonné 19 peut être visualisé tel quel sur un poste de télévision conventionnel 17.

Dans ce type d'application, l'étape de segmentation 12 de l'image en blocs de points présentant des vitesses de déplacement relativement homogènes, selon la présente invention, intervient par exemple préalablement à l'opération de sous-échantillonnage à l'émission.

La segmentation de l'image s'inscrit ainsi avantageusement entre une opération préalable d'estimation de mouvement des points d'images, et une opération de compression des données d'images.

L'opération d'estimation de mouvement a pour objectif de créer une base de données spatio-temporelle, dont les données sont représentatives de l'activité de mouvement des points, dans le plan d'image, et dans le temps.

L'opération de segmentation consiste à optimiser le sous-échantillonnage ultérieur du signal d'image, en regroupant le plus grand nombre de points possible, au sein de blocs de points à déplacement homogène. Chaque bloc est donc susceptible d'être représenté par un vecteur unique de vitesse de déplacement.

Les vecteurs de vitesse de déplacement permettent ensuite de réaliser un sous-échantillonnage de l'image dans l'axe du mouvement, comme décrit dans la

demande de brevet française n°87 17 601 du 16.12.87, aux noms des mêmes déposants.

La figure 1 illustre schématiquement la succession d'étapes du processus de codage/décodage dans lequel s'inscrit le procédé de segmentation suivant l'invention.

On notera que la segmentation pilote non seulement le sous-échantillonnage d'images, mais encore l'élaboration de données d'assistance, ces dernières permettant la restitution de l'image haute définition, par interpolation et compensation, à partir de l'image sous-échantillonnée.

On connaît un procédé d'estimation de mouvement, avec multiprédiction de mouvement incluant une prédiction dans le sens du mouvement, tel que décrit dans la demande de brevet n°87 17 602 déposée le 16.12.87 aux noms des mêmes déposants, conjointement à la demande antérieure déjà mentionnée.

Selon ce procédé d'estimation de mouvement, et comme schématisé en figure 2, plusieurs prédictions (1, 2,...n) sont émises 20, puis servent de point de départ à un calcul d'estimation de vitesse 22, selon un processus algorithmique de correction par optimisation de critère 21. Un algorithme préféré est celui de WALKER et RAO, utilisant comme critère l'écart de luminance DFD (= DFD = "displaced frame difference") entre l'image source et l'image estimée. (voir WALKER, D.R., RAO, K.R. "New technique in pel-recursive motion compensation" ICC 84, Amsterdam, pp. 703-706).

La meilleure estimation, c'est-à-dire celle qui minimise la DFD 23, 24, est ensuite retenue comme estimation de mouvement pour le point courant 25.

Au cours de ce procédé d'estimation de mouvement, le calcul de l'écart de luminance DFD, qui sert autant dans la fonction de correction 21 que dans l'opération de choix de la meilleure estimation 23, 24,

correspond au calcul le plus coûteux au point de vue de la réalisation matérielle de l'estimateur, et du temps de traitement.

En conséquence, un premier objectif de l'invention est de fournir un procédé de segmentation du champ des vecteurs de déplacement des points d'images, compatible avec un tel procédé d'estimation, notamment en insérant l'opération de segmentation au moins partiellement dans le processus d'estimation de mouvement.

Un second objectif de l'invention est de bénéficier des calculs du critère de correction et du critère de choix (DFD) effectués dans le procédé d'estimation, pour la mise en oeuvre de la segmentation, afin d'alléger et de rationaliser la réalisation matérielle du codeur d'images.

Un objectif complémentaire de l'invention est de fournir un procédé de segmentation susceptible d'optimiser la structure de sous-échantillonnage, afin de permettre une restitution optimale de la séquence d'images à partir du signal sous-échantillonné. A cet égard, l'image sous-échantillonnée doit pouvoir être soit visualisée telle quelle (dans le cas par exemple où le sous-échantillonnage consiste à comprimer une image HD sous un format transmissible par canal de télévision conventionnelle) soit reconstruite à l'aide de données d'assistance pour obtenir une image HD.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un procédé de segmentation maximisant la taille des blocs de points à mouvement homogène. Chaque bloc pouvant être représenté par un vecteur-vitesse représentant unique, l'objectif est ainsi de minimiser le nombre de représentants de l'image, ainsi que le débit des données d'assistance à la reconstruction d'une image HD au décodeur.

Un objectif supplémentaire de l'invention est de fournir un procédé de segmentation permettant l'élimination des points isolés (du point de vue de leur mouvement), en évitant de condamner un bloc en bordure de contour d'image.

L'invention a également pour objectif de se rapprocher d'un processus de reconnaissance de formes, en permettant une construction adaptative des blocs d'images visant à épouser au mieux les contours des objets en mouvement, voire même les contours qui se chevauchent de deux objets superposés dans des plans différents.

Ces objectifs ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite sont atteints à l'aide d'un procédé de segmentation d'un champ de vecteurs-vitesses, notamment représentatif des valeurs de la vitesse courante de déplacement, dans le plan de l'image, de points d'une image électronique appartenant à une séquence d'images, ladite segmentation consistant à découper ledit champ de vecteurs en blocs de vitesses de déplacement sensiblement homogènes, et à affecter à chacun desdits blocs au moins un vecteur représentant, notamment en vue de réaliser un traitement de compression optimisé de signal d'image,

caractérisé en ce que :

chaque vecteur de déplacement courant d'un point courant est calculé selon un processus algorithmique convergent de prédiction/correction, ledit processus consistant à prendre comme hypothèse de départ de calcul une valeur prédite de mouvement, ladite valeur prédite étant corrigée ensuite au sein du processus selon un procédé de correction par optimisation de critère permettant de calculer une valeur estimée de déplacement,

en ce que ledit procédé réalise en parallèle au moins deux calculs d'estimation de mouvement à partir d'au moins deux valeurs prédites de mouvement du point courant,

en ce que ledit procédé sélectionne un nombre limité de vecteurs-représentants-candidats (VRC), parmi lesdits vecteurs-vitesse-prédits et/ou lesdits vecteurs-vitesse-estimés,

en ce qu'on réalise une dispersion de chacun desdits VRC autour de sa valeur d'origine, de façon à obtenir une pluralité de VRC acceptables,

et en ce qu'on effectue une réallocation desdits VRC dispersés selon une procédure adapatative du type "aggrégation/division" de blocs dans ladite image.

Selon une première variante du procédé, lesdits vecteurs-représentants-candidats sont sélectionnés pour chaque bloc d'image, en chaque point dudit bloc, parmi au moins lesdits vecteurs-vitesse-prédits et/ou lesdits vecteurs-vitesse-estimés, ladite opération de sélection consistant en un seuillage sur ledit critère de décision.

De façon avantageuse, on effectue ladite sélection des candidats en chaque point d'image, simultanément à une seconde opération de sélection d'une estimation optimale de mouvement en chaque point, à l'instant t, en vue par exemple de réaliser une projection approximative de la position de chaque point d'image à l'instant (t+1) et/ou en vue d'élaborer des données d'assistance à la restitution d'image à partir et en complément desdits représentants de blocs,

ladite seconde opération de sélection choisissant ladite valeur d'estimation optimale de mouvement, pour chaque point, parmi au moins lesdits vecteurs vitesse estimés, selon un procédé de décision par optimisation dudit critère de décision.

L'invention a également pour objet un procédé de segmentation d'un champ de vecteurs-vitesse, notamment représentatif des valeurs de la vitesse courante de déplacement, dans le plan de l'image, de points d'une image électronique appartenant à une séquence d'image, ladite segmentation consistant à découper ledit champ de

vecteurs en blocs de vitesses de déplacement sensiblement homogènes, et à affecter à chacun desdits blocs au moins un vecteur représentant, notamment en vue de réaliser un traitement de compression optimisé de signal d'image,

caractérisé en ce que :

- on définit une taille minimale de blocs d'image au sein de ladite image électronique;

- on sélectionne, pour chaque point de l'image, au moins un vecteur vitesse estimé optimal, et le cas échéant, un ou plusieurs vecteurs-représentants-candidats, susceptibles de représenter un bloc auquel appartiendra ledit point;

- on "disperse" lesdits vecteurs-représentants-candidats autour de leur valeur d'origine, de façon à obtenir une pluralité de vecteurs-candidats acceptables pour ledit point;

- on recense au sein de chaque bloc l'occurrence de citation de chaque vecteur-représentant-candidat par lesdits points du bloc, et on sélectionne pour représenter le bloc, les vecteurs-candidats dépassant un seuil donné de citation;

- on explore les possibilités de fusion de chaque bloc élémentaire avec les blocs adjacents, selon un procédé itératif consistant à rechercher si les blocs situés à la périphérie dudit bloc de départ présentent des représentants-candidats communs avec ledit bloc de départ, et à réaliser la fusion du bloc de départ et des blocs périphériques si le nombre de blocs périphériques à représentant commun dépasse un certain seuil;

- on affecte audit bloc final, élémentaire ou fusionné, un vecteur représentant choisi parmi les vecteurs représentants-candidats restants.

Avantageusement, on réalise itérativement la fusion des blocs en explorant à nouveau à la périphérie de chaque bloc fusionné courant, en vue d'un accroissement supplémentaire dudit bloc fusionné, lesdits

seuils de fusion étant décroissants au fur et à mesure de la croissance des blocs fusionnés.

Dans une seconde variante de réalisation, le procédé de segmentation suivant l'invention, est caractérisé en ce que ledit processus de sélection desdits VRC consiste à découper préalablement l'image courante en zones égales, et à sélectionner un nombre donné (L) de VRC par zone d'image,

en ce que ledit processus de réallocation consiste dans une première phase, à tenter d'affecter, pour chaque bloc d'images, celui desdits VRC sélectionné dans la zone qui est le plus représentatif des éléments d'images dudit bloc parmi les VRC dépassant un seuil donné de représentativité, puis à défaut, dans une seconde phase, à affecter audit bloc, un desdits VRC selon un critère d'optimisation d'allocation.

Cette méthode est constituée d'une étape de sélection de vecteurs vitesse représentatifs entre deux images à partir d'un histogramme et d'une étape de réallocation de ces vecteurs à des blocs image.

Afin d'éviter de nombreux calculs d'erreur, la réallocation se fait en deux phases principales :

- réallocation d'un vecteur sur un critère "vecteur majoritaire",

puis pour les blocs sans vecteur suite à cette première phase :

- réallocation d'un vecteur selon l'environnement connexe, ou si ce n'est pas possible selon un critère d'erreur de reconstruction minimale.

D'autre part, cette méthode, bien qu'applicable dans un schéma de choix a posteriori, permet également d'envisager une technique de choix dite a priori, c'est-à-dire dans laquelle l'information de mouvement issue d'une voie d'estimation de mouvement pilote le choix de la voie de traitement suivant que les zones sont estimées à mouvement fiable (estimation de mouvement maintenue),

ou non fiable voire extrême (on préfère alors un filtrage linéaire, par exemple) (voir demande de brevet 87 17601).

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture suivante de la description d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre illustratif, et des dessins annexés relatifs essentiellement à la première variante, dans lesquels :

- la figure 1 schématise la position de l'étape de segmentation, selon l'invention, dans une chaîne de codage/décodage d'images, à compensation de mouvement ;

- la figure 2 schématise le processus multiprédictif d'estimation de mouvements qui est avantageusement mis en oeuvre corrélativement au procédé de segmentation selon l'invention ;

- la figure 3 schématise la greffe de l'étape de sélection des représentants du procédé de segmentation suivant l'invention, sur le procédé multiprédictif d'estimation de mouvements de la figure 2 ;

- la figure 4 illustre l'étape de dispersion d'un vecteur-vitesse représentant candidat, selon le procédé de segmentation de l'invention ;

- la figure 5 représente un bloc élémentaire de points, selon le procédé de segmentation de l'invention ;

- la figure 6 est une représentation, dans le plan des vecteurs possibles, de deux vecteurs candidats dispersés, pour un même point, en mémoire intermédiaire ;

- la figure 7 est une représentation d'un exemple d'opération de cumul des mémoires intermédiaires de deux points A1 et A2 appartenant à un même bloc ;

- la figure 8 illustre le cumul des citations de vecteurs représentants, sur un bloc de 4 x 4 points ;

- la figure 9 est une grille de référence repérant les blocs 4 x 4 au sein d'une fenêtre 24 x 24 ;

- la figure 10 est un schéma synoptique d'un mode de réalisation préférentiel d'une réalisation

matérielle mettant en oeuvre le procédé de segmentation suivant l'invention ;

- la figure 11 illustre un mode de mémorisation de l'ensemble des vecteurs représentants, dans le plan des vecteurs possibles, pour un bloc d'image.

Description d'une première variante de l'invention

La figure 3 décrit la première phase de la segmentation dans la première variante du procédé, c'est-à-dire lorsqu'elle est mise en oeuvre parallèlement au procédé d'estimation de mouvement de la figure 2.

La notation DFD recouvre le calcul de la DFD elle-même et plus particulièrement, une fonction de correction destinée à assurer la convergence vers la "vraie" valeur du mouvement.

On reconnaîtra, dans le module 30 situé à droite du trait 32 en pointillés, dans la figure 3, le schéma du procédé d'estimation de mouvement, avec multiprédiction, déjà représenté en figure 2. Pour chacune des prédictions P1, P2, P3, on calcule une estimation de mouvements E1, E2, E3, au moyen d'une fonction de correction destinée à assurer la convergence vers la "vraie" valeur du mouvement par optimisation du critère DFD (DFD-10, DFD-20, DFD-30).

Lesdites valeurs prédites sont avantageusement choisies parmi les valeurs suivantes :

au moins une prédiction spatiale de mouvement ; et/ou

au moins une prédiction temporelle de mouvement ; et/ou

au moins une prédiction spatio-temporelle dans l'axe du mouvement.

Les écarts de luminance DFD-11, DFD-21, DFD-31 obtenus pour chacune des estimations calculées E1, E2, E3, servent de critères de choix de l'estimation E retenue en sortie du sélecteur 34. Le sélecteur 34 est

commandé par le circuit 33 de détection de l'écart minimal DFD-min, entre les trois écarts DFD-11, DFD-21, DFD-31.

Le cas échéant, une seconde itération 35 est réalisée sur l'estimation retenue E, selon l'algorithme d'optimisation de la DFD, par fonction de correction convergente, pour obtenir une estimation affinée E'.

Parallèlement au choix du meilleur vecteur-vitesse estimé, E, E', pour le point courant, le module 31 du schéma de la figure 3 mémorise un certain nombre de vecteurs-représentants-candidats (VRC) 36. Chaque VRC potentiel P1, P2, P3, E1, E2, E3, choisi parmi les vecteurs-vitesse-prédits et les vecteurs-vitesse-estimés, au point courant, sera retenu si l'écart de luminance DFD, qui lui est associé (DFD-10, DFD-20, DFD-30, DFD-11, DFD-21, DFD-31) est inférieur à un seuil prédéterminé 37.

Ainsi, si : DFD-10 < au seuil 37 est vérifié, alors P1 est un vecteur-candidat et est mémorisé vers la mémoire 38.

Si par exemple : DFD-20 > au seuil 37 est vérifié, alors P2 ne peut pas être un vecteur-candidat, et est rejeté.

Par point d'image, il y a donc un certain nombre de vecteurs-représentants-candidats possibles. Le nombre maximal de VRC est déduit du nombre de prédictions initiales, et varie suivant le système général de multiprédiction retenu et le nombre d'itérations. Dans le cas où aucun VRC n'est retenu, cela signifie que la vitesse du point courant n'est pas bien connue.

Comme représenté en figure 4, chaque composante (horizontale et verticale) du vecteur-vitesse v d'un point est par exemple limitée à la dynamique $\pm$ 15, avec une précision 1/8. On peut alors représenter ce vecteur par deux valeurs entières incluses entre 0 et 255 (plus précisément, 8 et 248) par la transformation :

$$Vx = 128 + 8.vx$$

Vy = 128 +8.vy,

soit 16 bits par vecteur-vitesse.

Du fait que chaque point d'image peut avoir jusqu'à m vecteurs candidats (m = 6 dans le cas de la figure 3), il est nécessaire de stocker ces m vecteurs (de 16 bits chacun) puisqu'ils seront utilisés pour rechercher des vecteurs représentants par bloc de 4 points x 4 lignes. Comme schématisé en figure 10 (référence 38), la solution retenue est de créer m mémoires 39 dédiées chacune à une prédiction ou à une estimation convenue. Un point d'image aura au mieux un candidat par plan mémoire 39.

Chaque mémoire contient les candidats de 4 lignes d'image successives. Une ligne d'image possède N points (N peut être de l'ordre de 1920 en TVHD), imposant ainsi une dimension 4xN par mémoire. A chaque adresse est mémorisé un contenu de 16 bits.

Un système de gestion assure l'écriture des vecteurs-candidats, point par point, donc séquentiellement en respect avec le balayage de l'image. Les adresses de ligne sont calculées modulo 4.

Ce même système de gestion assure la lecture de 4x4 points (conformément à la figure 5), créant ainsi un bloc élémentaire. Ce bloc 4x4 est ensuite traité pour déterminer le (ou les) vecteur(s) représentant le bloc.

Le procédé de l'invention utilise ensuite une étape de dispersion des VRC.

Ainsi, on suppose que si le vecteur V(Vx, Vy) est candidat potentiel pour représenter la vitesse au point d'image (x, y, t), alors tout vecteur de valeur $V \pm dV$ est aussi vecteur candidat.

Cette dispersion permet le traitement de recherche d'un vecteur comme représenant d'un bloc d'image, comme décrit ci-après.

Le paramètre dV est un nombre entier, de quelques unités (par exemple dans la gamme [0,255]).

Chaque vecteur de l'intervalle V ± dV a la même probabilité que V de représenter le mouvement en (x, y, t).

D'autres types de probabilité peuvent être retenus, par exemple avec la prise en compte d'un facteur de confiance, maximum pour V et décroissant quand dV s'accroît.

Dans la première variante du procédé, selon le mode de réalisation représenté en figure 5, un bloc élémentaire d'image est formé par un ensemble rectangulaire 4 x 4 (4 lignes x 4 points), contenant donc 16 points d'image disposés orthogonalement, notés de A1 à A16. La taille 4 x 4 est considérée par la suite, comme taille minimale pour sélectionner les vecteurs-mouvement.

Après dispersion 101 de chaque VRC, la mémoire intermédiaire 102 stocke, sous forme de valeurs 1 ou 0, les vecteurs-candidats ou non d'un point image. A toute valeur 1 correspond un couple d'adresses qui sont les composantes d'un vecteur-candidat.

La mémoire intermédiaire 102 a pour dimension 256x256, 1 bit par adresse.

Elle reste active pour un point d'image jusqu'à lecture complète de m vecteurs-candidats du point. Elle est ensuite réinitialisée.

Le transfert de chaque vecteur correspond à la fonction suivante :

on lit le contenu relatif au point A1 dans la première mémoire 39 des vecteurs-vitesse. Si ce contenu est égal à 4, on passe à la mémoire suivante. Si ce contenu est différent de 4, on note Vx, Vy les composantes horizontale et verticale du vecteur (Vx et Vy appartiennent par exemple à l'intervalle [8, 248]).

Le contenu d'adresse Vx, Vy de la mémoire intermédiaire est mis à 1, ainsi que tous les contenus des adresses Vx ± dVx, Vy ± dVy.

On lit ensuite la mémoire suivante 39 des vecteurs-vitesse, au point A1. Le vecteur est noté V'x, V'y. Tous les contenus d'adresse V'x ± dVx, V'y ± dVy sont mis à 1, comme schématisé en figure 6.

On poursuit ainsi jusqu'à la dernière mémoire des vecteurs-vitesse. Le point A1 est donc représenté par un ensemble de contenus d'adresses connexes ou non égaux à 1. Ces données sont transférées vers la mémoire de cumul 103.

On considère ensuite le point A2, du même bloc (figure 5), pour lequel on décrit à nouveau les mémoires des vecteurs-vitesse dont les valeurs vont permettre de modifier la mémoire intermédiaire 102. Cette mémoire est en effet libre, et initialisée, suite au transfert vers la mémoire du cumul 103.

Quand, à son tour, A2 est traité, on transfère le contenu de la mémoire intermédiaire 102 vers la mémoire de cumul 103. La mémoire intermédiaire ainsi libérée peut être utilisée par A3 et ainsi de suite jusqu'à Ax16.

Le rôle de la mémoire de cumul 103 est de contenir l'addition adresse par adresse des différentes mémoires intermédiaires issues de A1 à A16.

Sa dimension est alors 256 x 256, 4 bits.

Son fonctionnement est illustré sur les figures 7 et 8. La figure 7 représente le cumul des vecteurs liés à A1 et A2. Les adresses communes aux points A1 et A2 sont mises à 2, les adresses non communes restent à 1.

Le but de cette technique est d'incrémenter d'une unité le contenu des adresses de la mémoire de cumul 103 en fonction du contenu de la mémoire intermédiaire courante 102.

La figure 8 reproduit le fonctionnement illustré en figure 7, mais avec davantage de points selon une représentation simplifiée à une seule dimension.

L'intégrale $\sum A$ évolue en fonction des mémoires intermédiaires liées aux points Ai. Son maximum peut atteindre 16 si les 16 points du bloc 4 x 4 courant ont au moins un vecteur commun.

La figure 8 montre un segment V1V2 en chaque point duquel les 16 points ont un vecteur identique.

L'unicité (V1 = V2) est peu probable en raison de la dispersion des vecteurs-candidats. L'unicité n'est pas souhaitable pour permettre, dans une étape ultérieure de regrouper les blocs élémentaires 4 x 4 en blocs plus importants. Augmenter le nombre de points d'image représentés par un seul vecteur a un intérêt capital en HDMAC pour réduire le débit des données d'assistance numérique.

Dans la pratique, toute position de $\sum A$ est déclarée vecteur pouvant représenter le bloc Ai si la courbe cumulée atteint x % x 16. Le paramètre x % (104) définit le pourcentage de points Ai ayant un vecteur commun, par exemple :

x % = 100 x 13/16 = 81 %

Cette technique assouplit la méthode en éliminant les points isolés, en évitant de condamner un bloc en bordure de contour, en assurant une segmentation plus large... Bien entendu, la valeur x % se déduit de la qualité d'image finale obtenue car plus on inclut de points n'ayant pas le vecteur représentant, plus il y aura d'erreur à la reconstruction.

Comme représenté en figure 10, quand le dernier point d'un bloc élémentaire 4x4 est traité, l'additionneur 107 fournit le cumul des vecteurs candidats des points A1 à A16. Ce cumul, de valeur [0, 16], n'est pas écrit en mémoire de cumul 103 (limitée à 4 bits), mais orienté vers un opérateur qui compare le résultat par adresse avec le seuil 104 préalablement déterminé.

Dès qu'une adresse possède un contenu supérieur au seuil 104, on admet cette adresse comme vecteur représentant un bloc courant. Alors, à cette adresse, le contenu d'une mémoire 105 des vecteurs représentant le bloc 4x4 (mémoire préalablement initialisée à 0) est mis à 1.

Cette mémoire 105 possède 256x256 adresses, de contenu 1 bit.

L'étape qui vient d'être décrite, associe à un bloc 4x4 ses vecteurs représentants sous la forme d'un tableau 256x256 (105).

Pour fusionner ce bloc avec ses voisins immédiats, la durée de vie du tableau témoin 256x256 (105) doit permettre le regroupement des points d'image par bloc 32x32, soit 8blocs 4x4 horizontaux et 8 blocs 4x4 verticaux. Afin d'éviter un volume matériel considérable, on réalise avantageusement une compression de données 108 en transformant tout tableau 256x256 (105) sous forme de vecteurs associés à deux valeurs (horizontale et verticale) de dispersion (figure 11).

La figure 11 illustre le traitement mis en oeuvre. L'intérieur du contour en trait gras est constitué de points dont les adresses sont autant de vecteurs représentant le bloc 4x4 courant.

Le contour en trait gras est divisé en formes géométriques simples (carrés ou rectangles) 111, 112, 113, 114. Pour chacune d'elles, on repère un coin de la forme géométrique et la longueur des côtés adjacents.

Le coin retenu sert de référence, par exemple le coin 115 V1x, V1y pour définir le rectangle de côtés dV1x et dV1y. Il en est de même pour les autres portions de la forme initiale :

111 = V1x, V1y, dV1x, dV1y
112 = V2x, V2y, dV2x, dV2y
113 = V3x, V3y, dV3x, dV3y
114 = V4x, V4y; dV4x, dV4y
.....

L'organisation des mémoires 108 de stockage des vecteurs sous forme comprimée (ainsi d'ailleurs que la suite du système) est calquée sur tout ce qui a été décrit jusqu'à présent.

Les valeurs Vix, Viy sont mises en mémoire 108, V1 en mémoire 1, V2 en mémoire 2, ...

Une mémoire supplémentaire 109 par rapport aux traitements des points pour lesquels la dispersion est figée à $\pm$ dV, contient les dispersions dVix, dViy associés à chaque vecteur Vix, Viy.

Ces mémoires ont pour capacité 16 bits par adresse pour les vecteurs Vix, Viy, 8 bits par adresse pour les dispersions dVix, dViy. Leur taille est (N/4)x8 :

- N/4, car une valeur est stockée par bloc 4x4 (N = nombre de points par ligne d'image)
- 8, car le regroupement maximum est limité à 32x32 points.

Une technique avantageuse de regroupement de blocs va maintenant être décrite.

Selon la première variante du procédé de segmentation, et après sélection des VRC de la manière décrite jusqu'ici, tout bloc est regroupé avec son voisin si les deux blocs ont au moins un vecteur-vitesse représentant commun.

Cette fusion de blocs élémentaires s'opère en imposant de conserver des blocs principaux rectangulaires.

L'opération de regroupement par aggrégation/fusion s'arrête, pour un bloc principal, quand il possède un seul vecteur représentant et quand aucun bloc élémentaire adjacent ne peut s'y joindre, soit parce que le vecteur représentant n'appartient pas à ce bloc adjacent, soit parce que le bloc adjacent détruit la forme rectangulaire du bloc principal.

Une procédure avantageuse permet d'inclure dans un bloc principal un certain nombre de blocs élémentaires isolés. Ce nombre est un pourcentage variable avec la taille du bloc principal.

Selon un processus analogue à celui qui traite les points d'un bloc, des blocs voisins possédant au moins un vecteur commun peuvent être fusionnés et être représentés par le (ou les) vecteur(s) commun(s).

Le système de fusion des blocs qui a été développé fonctionne de la façon suivante.

Nommons (figure 9) les blocs 4 x 4 par la lettre B, indicée de 2 chiffres, le premier pour la position verticale, le second pour la position horizontale.

L'algorithme de fusion procède de la gauche vers la droite et du haut vers le bas.

Si B11, B12, B21 et B22 ont au moins un vecteur commun, ces blocs sont fusionnés et représentés par le (ou les) vecteur(s) commun(s). Si l'un au moins de ces blocs ne répond pas au critère de vecteur commun, la fusion n'a pas lieu. Dans ce cas, la recherche reprend à partir de B12.

Si la fusion a eu lieu, on cherche à agrandir l'ensemble des 4 premiers blocs avec l'apport des 5 voisins immédiats, B 13, B 23, B 31, B 32, B 33. Pour réaliser cela, 4 au moins de ces 5 nouveaux blocs doivent posséder au moins un même vecteur commun avec le groupe initial. La condition "4 au moins" peut éventuellement être moins stricte et devenir "3 au moins".

Si la fusion des 9 blocs n'est pas possible, le processus ci-dessus repart de B 13.

Si la fusion des 9 blocs est possible, on cherche à rajouter les 7 blocs voisins immédiats qui sont B 14, B 24, B 34, B 41, B 41, B 43 et B 44. Pour réaliser cette nouvelle fusion, 5 au moins (par exemple) de ces 7

nouveaux blocs doivent posséder au moins un vecteur commun avec le groupe précédent de 9 blocs.

Si ce critère est vérifié, on obtient ainsi un bloc de 16 x 16 points d'image ayant au moins un vecteur commun.

La fusion se poursuit avec les poins Bi5 (i = 1, ...5) et B5j (j = 1,...5).

Les blocs 4 x 4 en bord d'image se voient systématiquement affecter des vecteurs-vitesse des blocs adjacents (qui ne sont pas eux-mêmes en bord d'image). Cette procédure élimine tous les blocs 4 x 4 en bord d'image. L'avantage est d'éviter une augmentation importante et inutile du codage de ces blocs.

Un exemple de réalisation matérielle est schématisé dans le module 120 de la figure 10.

En application du principe de regroupement qui vient d'être décrit, on crée des blocs de taille progressive, regroupant d'abord les blocs élémentaires 4x4 points en blocs 8x8 points, puis 12x12 points, puis 16x16 points.... jusqu'à 32x32 points.

Le regroupement recherché en premier est un bloc 8x8 que l'on étendra progressivement.

La phase de validation 121 est analogue à celle décrite précédemment en 101. La seule différence réside dans la dispersion modulée individuellement par vecteur représentant un bloc 4x4.

Les mémoires intermédiaires 122 et de cumul 123, ainsi que leurs environnements de calcul 127 et de gestion, sont identiques aux descriptions précédentes, sauf la mémoire de calcul qui est portée à 6 bits par adresse (un regroupement 32x32 points équivaut à sommer les vecteurs de 64 blocs élémentaires 4x4 à partir du contenu 1 bit de la mémoire intermédiaire 122).

A l'équivalent du traitement effectué sur les blocs 4x4, quand un bloc de taille supérieure est

complet, le cumul est comparé à un seuil, 124 (dépendant éventuellement de la taille du bloc traité).

Trois cas, 131, 132, 133, peuvent alors se présenter :

1. (131) Si le seuil est atteint et si le regroupement des blocs est inférieur à 32x32 points (8x8 blocs élémentaires de 4x4 points), alors on cherche à accroître le regroupement en associant au regroupement constitué les blocs 4x4 adjacents.

2. (132) Si le seuil n'est pas atteint, un regroupement supérieur est impossible. On met en mémoire le dernier regroupement ayant permis d'atteindre le seuil ainsi que le vecteur correspondant.

3. (133) Si le seuil est atteint et si le regroupement des blocs est égal à la taille maximale retenue pour le système (dans l'exemple, 32x32 points), on met en mémoire le bloc final et son vecteur-représentant.

Une mémoire 125 de dimension (N/4) x 8 contient les coordonnées de chaque bloc (21 bits pour une image Haute Définition) et le vecteur représentant (16 bits).

Les dimensions de cette mémoire 125 sont données pour le regroupement le plus défavorable, c'est-à-dire uniquement des blocs de 4x4 points.

A partir de la segmentation ainsi réalisée, on peut imaginer un algorithme de codage 126, par exemple 3 bits pour la taille du bloc (4x4, 8x8, 12x12, 16x16, ... 32x32) et 16 bits pour le vecteur représentant (ou une représentation inférieure à 16 bits si l'on diminue la précision du vecteur, 1/8, ou sa dynamique, ± 15).

Description d'une seconde variante de l'invention

Selon une seconde variante du procédé de segmentation suivant l'invention, on réalise tout d'abord une sélection d'un nombre donné de vecteurs-représentants-candidats au sein de zones d'image, puis on

réalloue ces vecteurs sélectionnés à chacun des blocs d'image de la zone.

Par zone d'images HD (1/16 d'image), on sélectionne L vecteurs indépendants, c'est-à-dire suffisamment éloignés pour ne pas recouvrir les mêmes points d'image. Par exemple, pour les images 4-2-2, sources des simulations actuelles, une zone d'image est un quart d'image et L est fixé à 8.

Pour chaque zone, la méthode de sélection est la suivante :

1 - Histogramme 2D des vecteurs mouvement préalablement filtrés médian (le filtre utilisé est avantageusement un filtre "losange" 5 x 5).

De plus, on peut éliminer certaines valeurs de cet histogramme : les vecteurs "faibles" ou "trop grands" peuvent être traités par les voies linéaires.

2 - Lissage de cet histogramme en vue d'éliminer les petits pics proches. Une fenêtre glissante 2D balaye l'histogramme et pour chaque point cournant (Vx, Vy) centre de al fenêtre, on intègre les valeurs du compteur sur $(Vx - \xi , Vx + \xi) \times (Vy - \xi , Vy + \xi)$ par exemple : $\xi = 1/2$;
on rappelle que la précision des vecteurs est de 1/8).

3 - Sélection de pics sur les valeurs résultantes de l'histogramme.

Pour cela, on ne garde que les points présentant un maximum local, c'est-à-dire dans les simulations actuelles, les vecteurs (Vx, Vy) où le compteur est maximum sur le voisinage 3 x 3 dont (Vx, Vy) est le centre.

Les vecteurs correspondant aux 8 plus grandes valeurs de l'histogramme sont sélectionnés comme représentants de la zone. Lorsqu'un vecteur est sélectionné, la zone à $\pm \xi$ autour de ce vecteur n'est plus prise en compte dans la recherche des autres maxima.

Les vecteurs qui ne correspondent pas à un de ces représentants à $\pm \varepsilon$ ne sont pas pris en compte (ils ne sont pas transmis). Dans la suite de la description, on parlera de "vecteurs noirs".

L'étape de réallocation des vecteurs sélectionnés, est avantageusement réalisée selon une méthode de réallocation "multi niveaux" par bloc image inspirée des méthodes "split and merge" (division et aggrégation).

Cette méthode a pour premier but d'avoir le plus grand nombre possible de blocs de taille maximale avec un seul vecteur-mouvement représentant (éventuellement "vecteur noir", ce cas est alors traité par une voie linéaire dans le cas d'un choix a priori). La taille maximale M x M des blocs est fixée par la méthode de codage hiérarchique de l'information de mouvement. En effet, cette méthode permet de réduire d'autant plus le nombre d'éléments binaires transmis que les blocs homogènes en information de mouvement sont grands.

Le deuxième but de cette méthode de réallocation est de nécessiter le moins de calculs possibles, du type du calcul d'une DFD.

Ces deux buts conduisent à une méthode de réallocation en deux phases :

1 - Réallocation d'un mouvement sélectionné sur un critère de majorité de $V \pm \varepsilon$ par bloc image.

2 - Réallocation d'un mouvement élu selon l'environnement proche ou en dernier recours sur un critère d'erreur minimale (fonction de la DFD) aux blocs sans vecteur suite à la première phase.

Pour chacune de ces phases, la réallocation se fait pour des blocs de différentes tailles, d'où l'appellation de réallocation multi niveaux, le nombre de niveaux étant égal à $(\log_2 M - 1)$. A titre d'exemple, on

choisit M = 16 , pour la description suivante d'un mode préférentiel de mise en oeuvre.

En d'autres termes, ladite première phase du processus de réallocation des VRC consiste à effectuer une opération itérative de recherche d'un VRC le plus représentatif au sein de blocs d'images de taille $2^m.n \times 2^m.n$ éléments d'images, et à défaut, à décomposer ledit bloc en quatre sous-blocs de taille $2^{m-1}.n \times 2^{m-1}.n$, pour une nouvelle itération de tentative de recherche d'un VRC le plus représentatif sur chacun desdits sous-blocs.

Pour la réalisation de cette première phase, on réalloue un vecteur sélectionné, ou "noir", à un bloc si ce vecteur ($\pm$) est majoritaire à un certain pourcentage dans le bloc (ex : 75 %)

L'image est tout d'abord découpée en blocs de taille 16 x 16 au cours d'un premier niveau de travail. On essaye de réallouer un vecteur majoritaire V $\pm$, à X1% à chacun des blocs. Les blocs sans vecteur, i.e les blocs "noirs" seront traités aux niveaux suivants. A titre d'exemple numérique, on peut prendre $X_1 = 75\%$, $_1 = 0,5$

Au cours d'un second niveau de travail, l'image est découpée en blocs de taille 8 x 8, en phase avec le niveau 1. A chaque bloc correspondant à un bloc noir du niveau 1, on essaye de réallouer un vecteur majoritaire ($\pm$ $_2$) à X_2 %, $X_2 \leq X_1$

Les blocs noirs résultants, c'est-à-dire sans vecteur sélectionné majoritaire, seront traités au niveau suivant.

Au troisième niveau, on réalise la même opération que précédemment avec des blocs de taille 4 x 4. Cette taille de bloc est la plus petite acceptable.

En fin de phase 1 on se retrouve avec des blocs 16 x 16, 8 x 8, 4 x 4, soit contenant un des L

représentants, soit "noirs". La phase 2 consiste à réallouer un vecteur aux blocs noirs selon l'environnement ou sur un critère de DFD minimale.

Au cours de cette deuxième phase, on réalloue un vecteur sélectionné à chaque bloc noir sur un critère "vecteurs voisins égaux" ou si ce n'est le cas sur un critère d'erreur inférieur à un seuil ou minimale. L'erreur est une fonction de la somme des différences interimages déplacées entre image compensée et image originale sur le bloc considéré. (Par exemple : $\sum DFD^2$, $\sum |DFD|$, $\max |DFD|$)

Là encore, la réallocation se fait à différents niveaux de découpage, chaque niveau étant en phase avec le niveau supérieur.

Au cours d'un premier niveau, la réallocation d'un vecteur aux blocs noirs 4 x 4, s'effectue de la manière suivante :

- si les trois voisins du bloc 4 x 4, tel que l'ensemble des quatre blocs soit inclus dans le bloc 8 x 8 du niveau supérieur, sont affectés d'un même vecteur, on lui affecte ce vecteur (si une information de mouvement, issue d'une voie d'estimation a priori, "pilote" la chaîne, il faut s'assurer que l'erreur résultante est inférieure à un seuil).

- si les trois voisins sont noirs, on laisse le bloc 4 x 4 à noir ; son cas sera peut être réglé au niveau supérieur des blocs 8 x 8.

- si ces trois voisins ne sont pas égaux, on essaye de lui allouer un vecteur sélectionné selon le critère d'erreur minimale choisi.

Au cours d'un second niveau de travail, la même opération qu'au niveau 1 est répétée pour les blocs 8 x 8 noirs, et on regarde alors les trois voisins du bloc 16 x 16 correspondant au niveau supérieur.

Au niveau 3, et dans le cas où l'on choisit un critère d'erreur minimale, les seuls blocs "noirs"

restant à ce niveau sont des blocs 16 x 16, et on tente de leur réallouer un vecteur sur ce même critère.

Dans le cas où l'erreur minimale doit être inférieure à un seuil, les blocs sans vecteurs, i.e les blocs noirs sont de taille 4 x 4, 8 x 8 et 16 x 16. Le cas des blocs 4 x 4 et 8 x 8 a été traité précédemment, et on essaye d'allouer un vecteur aux blocs noirs 16 x 16 sur le critère d'erreur minimale à un seuil. Avec ce critère, tous les blocs sans vecteur représentant seront traités par les voies linéaires.

REVENDICATIONS

1) Procédé de segmentation d'un champ de vecteurs-vitesses, notamment représentatif des valeurs de la vitesse courante de déplacement, dans le plan de l'image, de points d'une image électronique appartenant à une séquence d'image, ladite segmentation consistant à découper ledit champ de vecteurs en blocs de vitesse de déplacement sensiblement homogènes, et à affecter à chacun desdits blocs au moins un vecteur représentant, notamment en vue de réaliser un traitement de compression optimisé de signal d'image,

caractérisé en ce que :

chaque vecteur de déplacement courant d'un point courant est calculé selon un processus algorithmique convergent de prédiction/correction, ledit processus consistant à prendre comme hypothèse de départ de calcul une valeur prédite de mouvement, ladite valeur prédite étant corrigée ensuite au sein du processus selon un procédé de correction par optimisation de critère permettant de calculer une valeur estimée de déplacement,

en ce que ledit procédé réalise en parallèle au moins deux calculs d'estimation de mouvement (E1, E2) à partir d'au moins deux valeurs prédites (P1, P2) de mouvement du point courant,

en ce que ledit procédé sélectionne un nombre limité de vecteurs-représentants-candidats (VRC), parmi lesdits vecteurs-vitesse-prédits (P1, P2) et/ou lesdits vecteurs-vitesse-estimés (E1, E2) ;

en ce qu'on réalise une dispersion de chacun desdits VRC autour de sa valeur d'origine, de façon à obtenir une pluralité de VRC acceptables ($V \pm dV$) ;

et en ce qu'on effectue une réallocation desdits VRC dispersés selon une procédure adapatative du type "aggrégation/division" de blocs dans ladite image.

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits VRC sont sélectionnés, pour chaque bloc d'image, en chaque point dudit bloc, parmi au moins lesdits vecteurs-vitesse-prédits (P1, P2) et/ou lesdits vecteurs-vitesse-estimés (E1, E2), ladite opération de sélection consistant en un seuillage sur ledit critère de décision.

3) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit critère de décision est l'écart de luminance DFD de Walker et Rao.

4) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on effectue ladite sélection des vecteurs-représentants-candidats, en chaque point d'image, simultanément à une seconde opération de sélection d'une estimation optimale de mouvement en chaque point, à l'instant t, en vue par exemple de réaliser une projection approximative de la position de chaque point d'image à l'instant (t+1) et/ou en vue d'élaborer des données d'assistance à la restitution d'image à partir et en complément desdits représentants de blocs,

et en ce que ladite seconde opération de sélection choisit ladite valeur d'estimation optimale de mouvement (E, E'), pour chaque point, parmi au moins lesdits vecteurs vitesse estimés (E1, E2, E3), selon un procédé de décision par optimisation dudit critère de décision.

5) Procédé selon la revendication 2 ou 4, caractérisé en ce que lesdites valeurs prédites sont choisies parmi les valeurs suivantes :

au moins une prédiction spatiale de mouvement ; et/ou

au moins une prédiction temporelle de mouvement ; et/ou

au moins une prédiction spatio-temporelle dans l'axe du mouvement.

6) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite valeur optimale d'estimation du vecteur vitesse en chaque point, subit au moins une itération supplémentaire de prédiction/correction, permettant d'affiner la valeur (E') du vecteur estimé (E),

et en ce que lesdites valeurs de vitesse à estimation affinée subissent également ladite première opération de sélection de représentants-candidats par seuillage.

7) Procédé de segmentation d'un champ de vecteurs-vitesse, notamment représentatif des valeurs de la vitesse courante de déplacement, dans le plan de l'image, de points d'une image électronique appartenant à une séquence d'image, ladite segmentation consistant à découper ledit champ de vecteurs en blocs de vitesse de déplacement sensiblement homogènes, et à affecter à chacun desdits blocs au moins un vecteur-représentant, notamment en vue de réaliser un traitement de compression optimisé de signal d'image,

caractérisé en ce que :

- chacun desdits vecteurs-vitesse-représentants-candidats, sélectionnés en chaque point d'image, est dispersé autour de sa valeur d'origine, de façon à obtenir une pluralité de vecteurs-représentants-candidats acceptables pour lesdits points.

- on cumule, pour un bloc donné, le nombre de citations de chaque vecteur-représentant-candidat par l'ensemble des points dudit bloc.

- on effectue un seuillage sur ledit taux de citation pour sélectionner les vecteurs-représentants-candidats acceptables pour représenter le bloc entier.

8) Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacun des vecteurs-représentants-candidats résultant de ladite opération de dispersion est affecté d'un facteur de confiance spécifique, ledit

facteur de confiance décroissant pour un écart croissant de dispersion par rapport audit vecteur représentant-candidat d'origine,

et en ce que ledit cumul du nombre de citations est pondéré pour chaque citation par ledit facteur de confiance correspondant.

9) Procédé de segmentation suivant l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que :

- on définit une taille minimale de bloc, chaque bloc élémentaire faisant l'objet d'une sélection de vecteurs-représentants par seuillage parmi les vecteurs-représentants-candidats des points dudit bloc;

- on fusionne les blocs élémentaires des candidats-représentants communs selon des règles géométriques de fusion, les nouveaux candidats-représentants des blocs fusionnés étant lesdits candidats-représentants communs auxdits blocs élémentaires.

10) Procédé de segmentation selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que :

- on définit une taille minimale de bloc, chaque bloc élémentaire faisant l'objet d'une sélection de vecteurs-représentants-candidats par seuillage parmi les vecteurs-représentants-candidats des points dudit bloc;

- on explore à la périphérie de chaque bloc s'il existe des blocs élémentaires comportant des représentants-candidats communs avec ledit bloc central;

- on réalise la fusion du bloc central avec lesdits blocs périphériques si le pourcentage de blocs périphériques comportant des représentants-candidats communs avec le bloc central, dépasse un seuil donné.

11) Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'on réalise itérativement la fusion

des blocs en explorant à nouveau à la périphérie de chaque bloc fusionné courant, en vue d'un accroissement supplémentaire dudit bloc fusionné;

et en ce que lesdits seuils de fusion sont décroissants au fur et à mesure de la croissance des blocs fusionnés.

12) Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que ledit procédé est appliqué à la détermination des vecteurs de vitesse de déplacement des points d'une image électronique, dans le plan de l'image,

et en ce que ladite taille minimale de blocs élémentaires est de 4x4 pixels.

13) Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que lesdits blocs fusionnés sont des blocs de forme carrée, déterminés à l'intérieur de fenêtres de taille 32x32 pixels.

14) Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce qu'on admet la possibilité d'inclusion d'un premier bloc élémentaire fusionné à l'intérieur d'un second bloc fusionné.

15) Procédé de segmentation d'un champ de vecteurs de vitesses, notamment représentatif des valeurs de la vitesse courante de déplacement, dans le plan de l'image, de points d'une image électronique appartenant à une séquence d'image, ladite segmentation consistant à découper ledit champ de vecteurs en blocs de vitesse de déplacement sensiblement homogènes, et à affecter à chacun desdits blocs au moins un vecteur représentant, notamment en vue de réaliser un traitement de compression optimisé de signal d'image,

caractérisé en ce que :

- on définit une taille minimale de blocs d'image au sein de ladite image électronique;

- on sélectionne, pour chaque point de l'image, au moins un vecteur vitesse estimé optimal, et le cas

échéant, un ou plusieurs vecteurs-représentants-candidats, susceptibles de représenter un bloc auquel appartiendra ledit point;

- on disperse lesdits vecteurs-candidats-représentants autour de leur valeur d'origine, de façon à obtenir une pluralité de vecteurs-candidats acceptables pour ledit point;

- on recense au sein de chaque bloc l'occurrence de citation de chaque vecteur-candidat-représentant par lesdits points du bloc, et on sélectionne pour représenter le bloc, les vecteurs-candidats dépassant un seuil donné de citation;

- on explore les possibilités de fusion de chaque bloc élémentaire avec les blocs adjacents, selon un procédé itératif consistant à rechercher si les blocs situés à la périphérie dudit bloc de départ présentent des représentants-candidats communs avec ledit bloc de départ, et à réaliser la fusion du bloc de départ et des blocs périphériques si le nombre de blocs périphériques à représentant commun dépasse un certain seuil;

- on affecte audit bloc final, élémentaire ou fusionné, un vecteur représentant choisi parmi les vecteurs-représentants-candidats restants.

16) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit processus de sélection desdits VRC consiste à découper préalablement l'image courante en zones égales, et à sélectionner un nombre donné (L) de VRC par zone d'image,

et en ce que ledit processus de réallocation consiste dans une première phase, à tenter d'affecter, pour chaque bloc d'images, celui desdits VRC sélectionné dans la zone qui est le plus représentatif des éléments d'image dudit bloc parmi les VRC dépassant un seuil donné de représentativité, puis à défaut, dans une seconde phase, à affecter audit bloc, un desdits VRC selon un critère d'optimisation d'allocation.

17) Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit processus de sélection dudit nombre donné de VRC par portion d'image, consiste à réaliser un histogramme, sur chaque zone d'image, de l'ensemble des vecteurs-vitesse de la zone, puis à repérer les vecteurs-vitesse présentant un maximum local parmi lesquels seront sélectionnés les VRC les plus représentatifs pour l'ensemble de la zone.

18) Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le champ de vecteurs-vitesse de la zone subit en outre au moins un traitement parmi les traitements suivants: un filtrage médian préalable des vecteurs-vitesse, une élimination préalable des vecteurs-vitesse extrêmes, un lissage local de l'histogramme.

19) Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que ladite première phase du processus de réallocation des VRC consiste à effectuer une opération itérative de recherche d'un VRC le plus représentatif au sein de blocs d'images de taille $2^m.n \times 2^m.n$ éléments d'images, et à défaut, à décomposer ledit bloc en quatre sous-blocs de taille $2^{m-1}.n \times 2^{m-1}.n$, pour une nouvelle itération de tentative de recherche d'un VRC le plus représentatif sur chacun desdits sous-blocs.

20) Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que ladite seconde phase dudit processus de réallocation consiste en ce que lesdits blocs non pourvus de VRC, après exécution de la première phase, se voient affecter un desdits VRC sélectionné selon un critère d'homogénéisation avec l'environnement et/ou d'erreur minimale ou seuillée.

21) Procédé selon la revendication 16 ou 20, caractérisé en ce que ladite seconde phase du processus de réallocation s'effectue selon un processus itératif d'aggrégation de blocs voisins non pourvus de VRC.

FIG.1

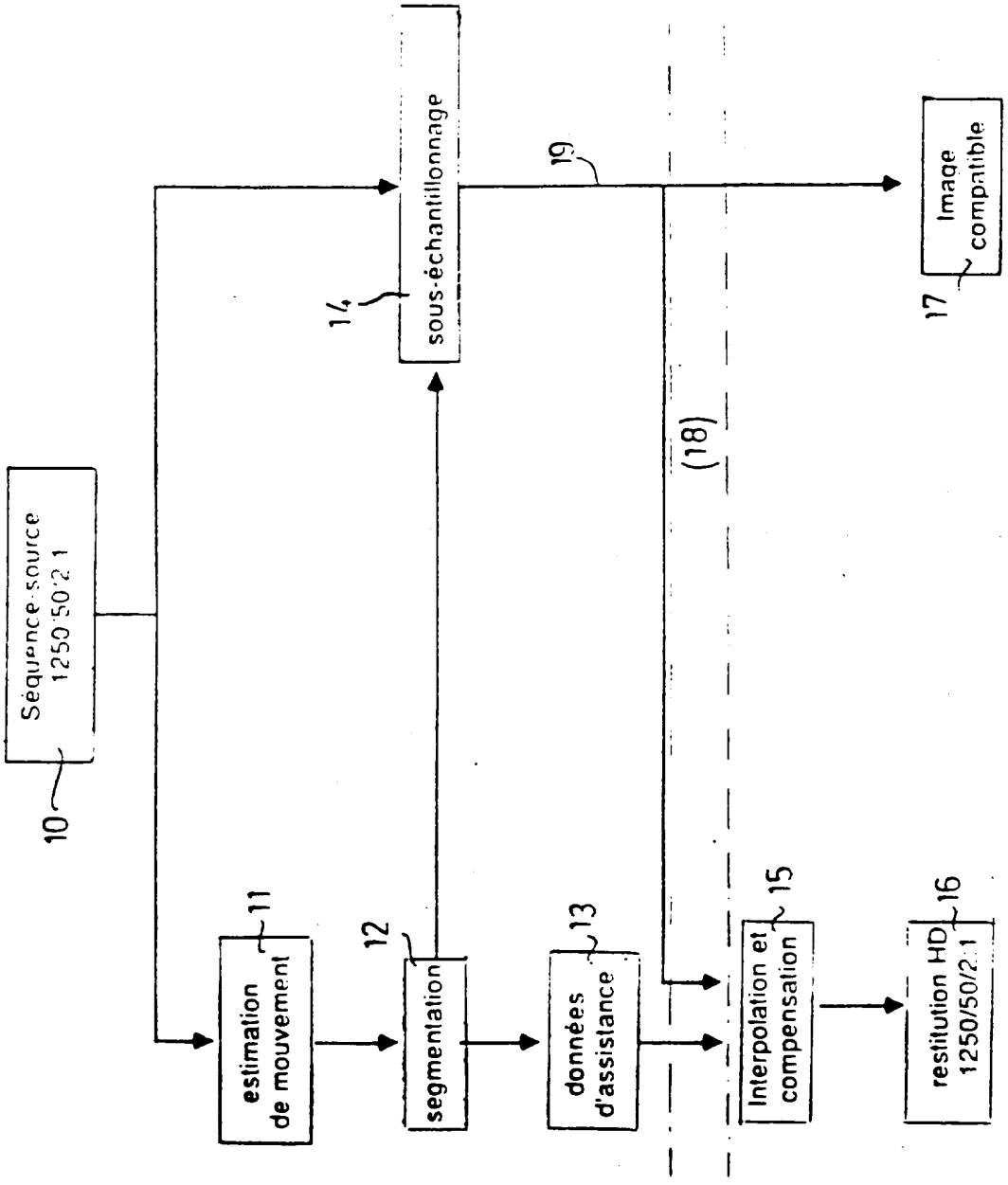
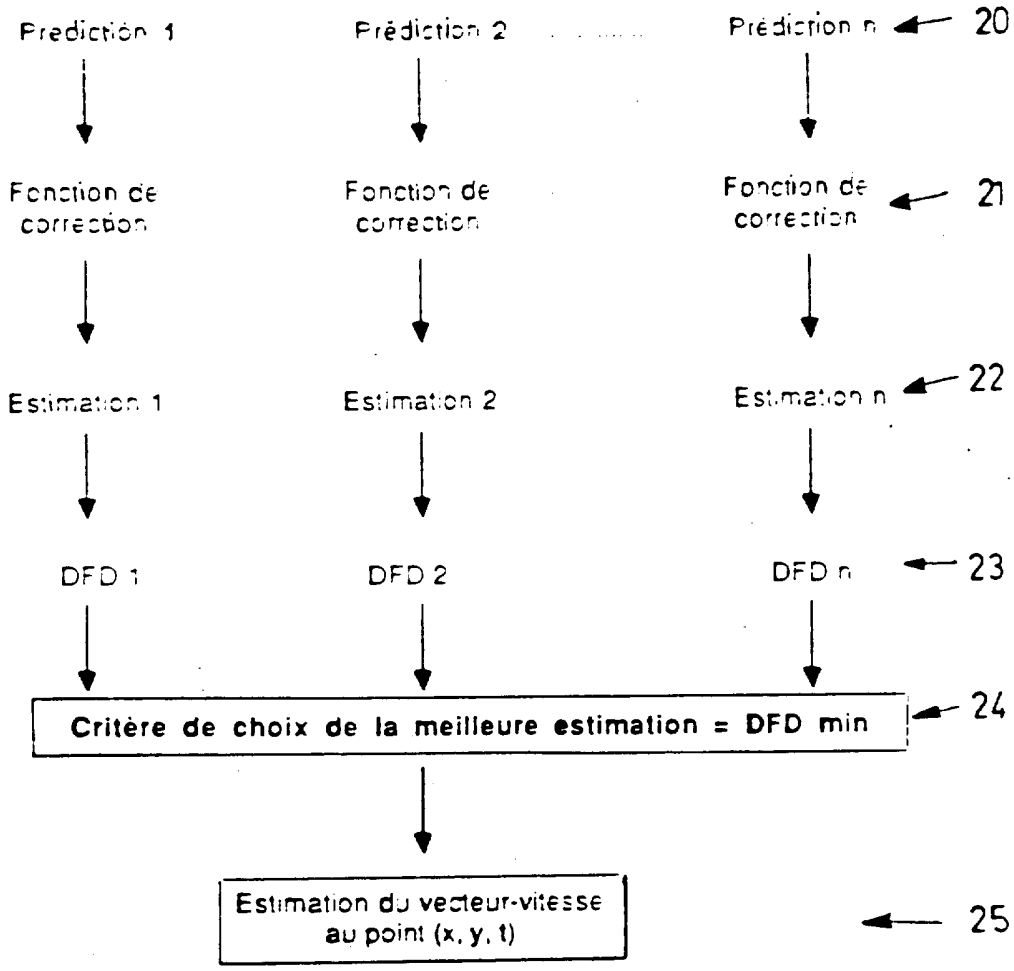

Séquence source 1250/50/2:1
10
estimation de mouvement
11
segmentation
12
données d'assistance
13
sous-échantillonnage
14
Interpolation et compensation
15
restitution HD 1250/50/2:1
16
Image compatible
17
(18)
19

FIG.2


Prédiction 1
Prédiction 2
Prédiction n
20
Fonction de correction
Fonction de correction
Fonction de correction
21
Estimation 1
Estimation 2
Estimation n
22
DFD 1
DFD 2
DFD n
23
Critère de choix de la meilleure estimation = DFD min
24
Estimation du vecteur-vitesse au point (x, y, t)
25

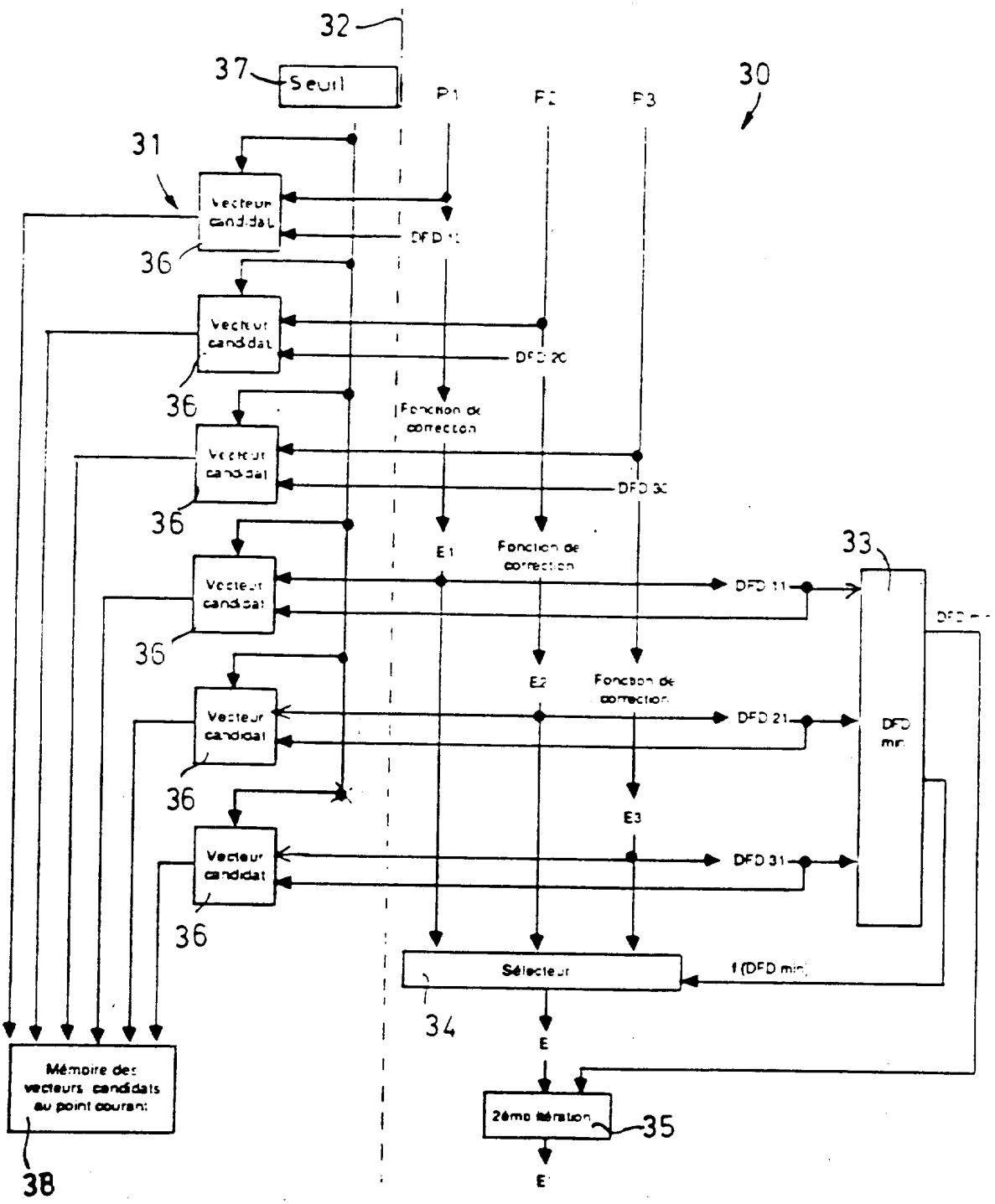

32
37
Seuil
P1
P2
P3
30
31
Vecteur candidat
36
DFD 11
DFD 20
Fonction de correction
DFD 30
E1
33
DFD 11
E2
DFD 21
DFD min
E3
DFD 31
Sélecteur
f (DFD min)
34
E
2ème itération
35
Mémoire des vecteurs candidats au point courant
38

FIG.3

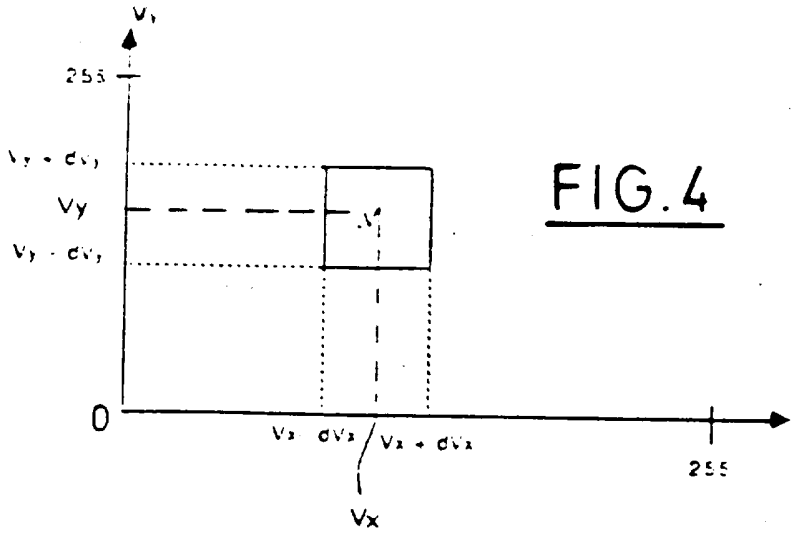

Vy
255
Vy + dVy
Vy
Vy - dVy
0
Vx - dVx
Vx + dVx
255
Vx

FIG.4

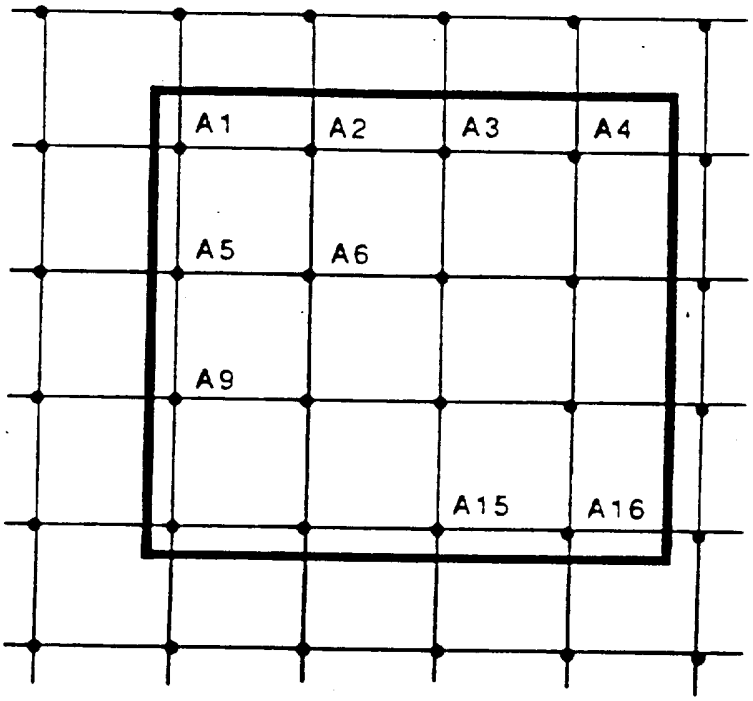
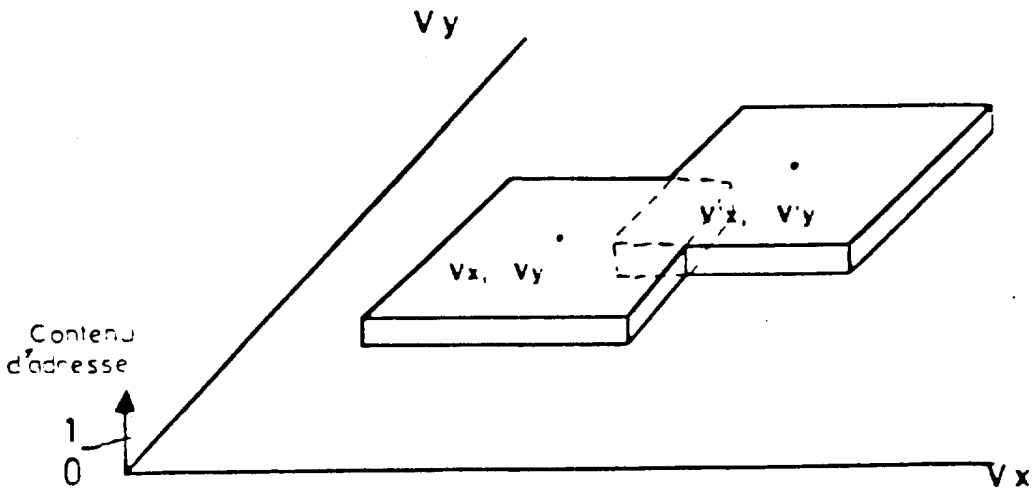

A1
A2
A3
A4
A5
A6
A9
A15
A16

FIG.5

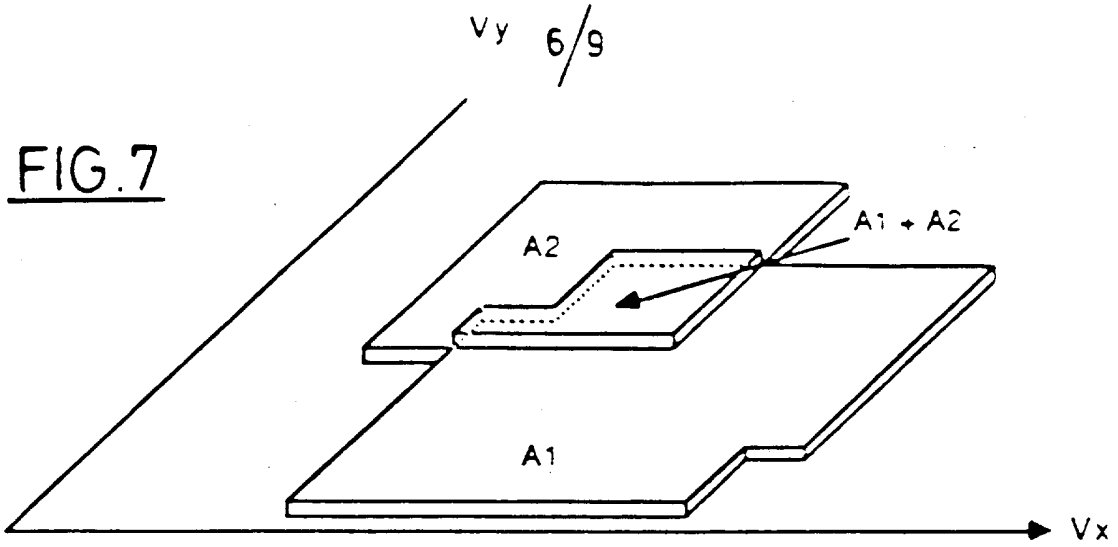
FIG.6



B11	B12	B13	B14	B15	B16
B21	B22	B23	B24	B25	B26
B31	B32	B33	B34	B35	B36
B41	B42	B43	B44	B45	B46
B51	B52	B53	B54	B55	B56
B61	B62	B63	B64	B65	B66

FIG.9

FIG.7



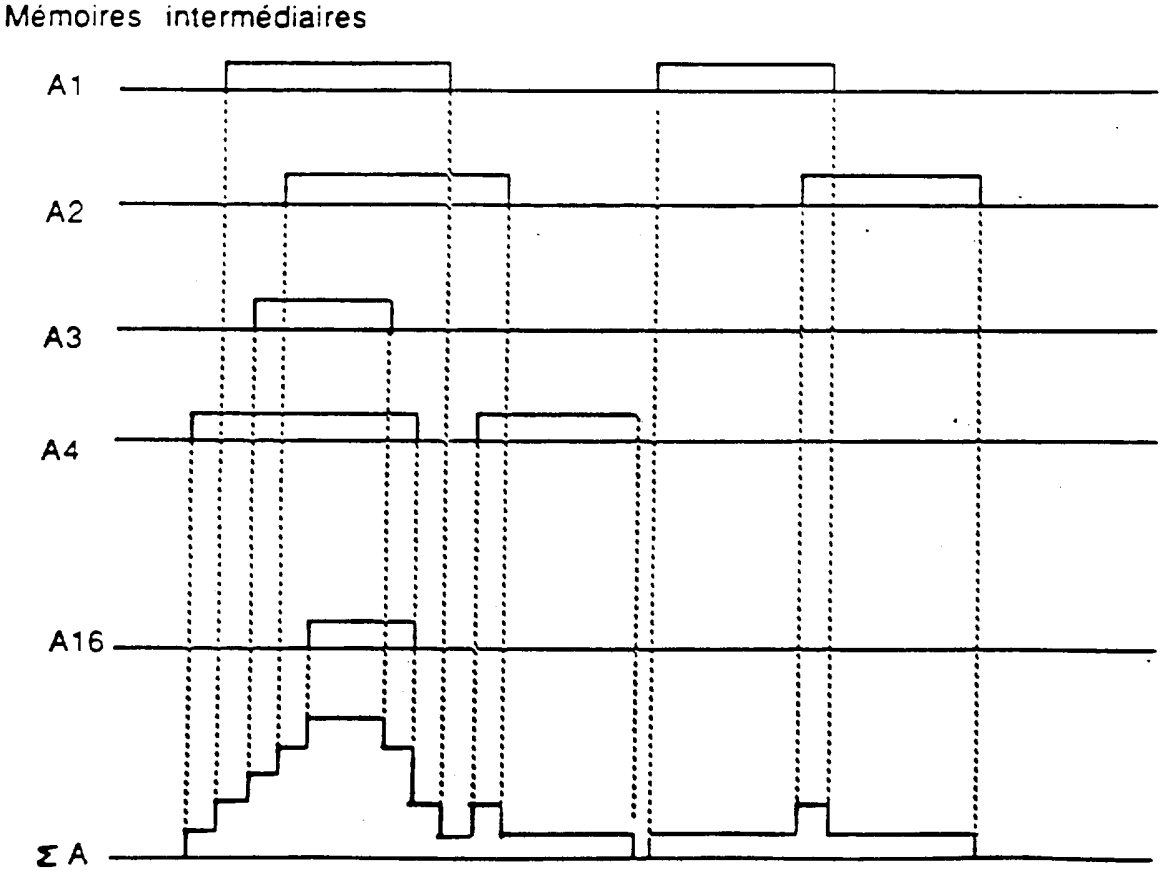
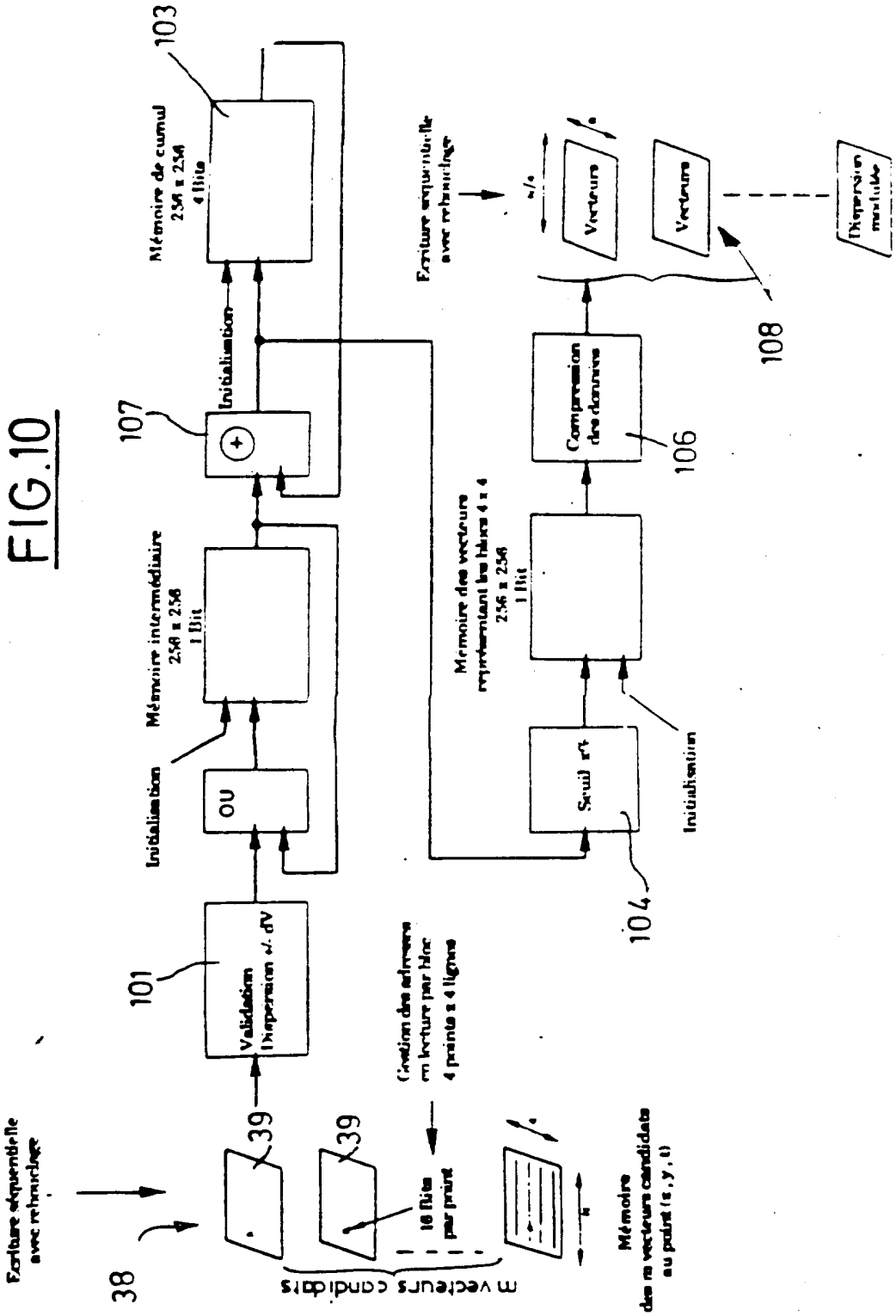


FIG.8

FIG.10


Ecriture séquentielle avec rebouclage
38
39
39
m vecteurs candidats
16 bits par point
Gestion des adresses en lecture par blocs 4 points x 4 lignes
Mémoire de m vecteurs candidats au point (x, y, t)
101
Validation Dispersion < dV
OU
Initialisation
Mémoire intermédiaire 256 x 256 1 Bit
107
Initialisation
Mémoire de cumul 256 x 256 4 Bits
103
Mémoire des vecteurs représentant les blocs 4 x 4 256 x 256 1 Bit
Seuil nV
104
Initialisation
Compression des données
106
Ecriture séquentielle avec rebouclage
Vecteurs
Vecteurs
Dispersion maximale
108

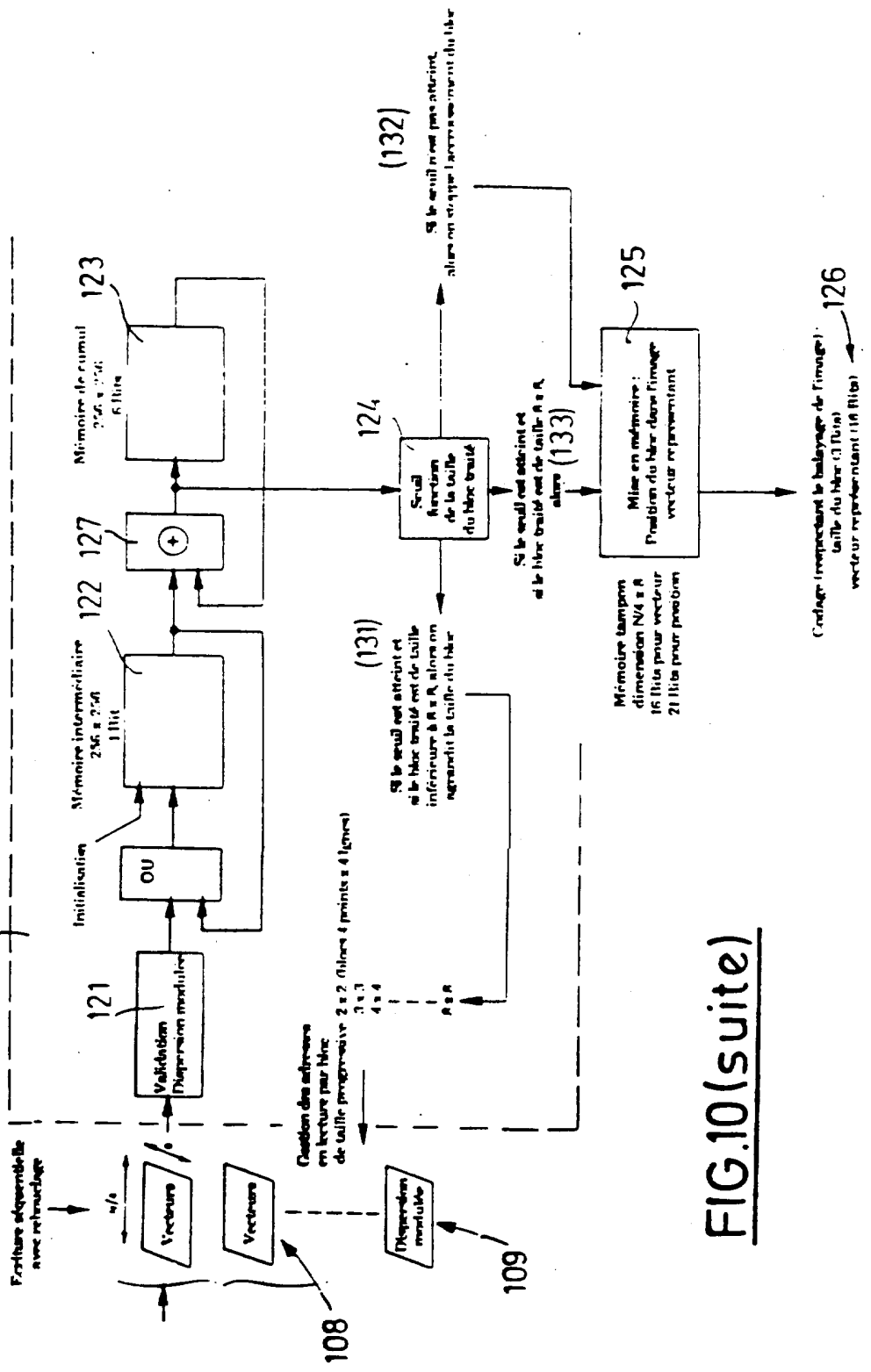
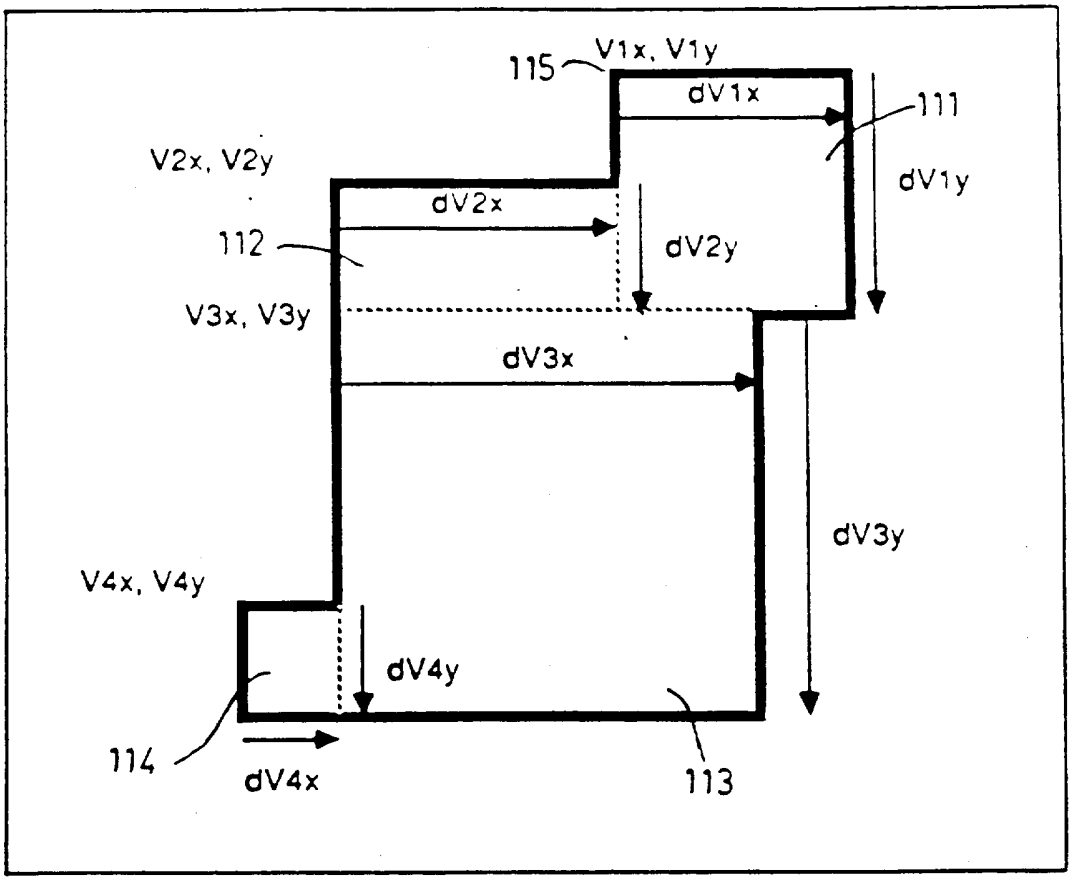

120
121
122
123
124
125
126
127
(131)
(132)
(133)
108
109
OU
Initialisation
Validation
Dispersion modulée
Vecteurs
Vecteurs
Dispersion modulée
Mémoire intermédiaire
Mémoire de cumul
Seuil
Mise en mémoire :
Mémoire tampon
dimension N/4 x R
16 bits pour vecteur
21 bits pour position
Codage (respectant le balayage de l'image)
taille du bloc (3 bits)
vecteur représentant (16 bits)

FIG.10(suite)

FIG.11


115
V1x, V1y
dV1x
111
dV1y
V2x, V2y
dV2x
112
dV2y
V3x, V3y
dV3x
dV3y
V4x, V4y
dV4y
114
dV4x
113