

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 01.07.08.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 08.01.10 Bulletin 10/01.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : FRANCE TELECOM Société ano-
nyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PATEUX STEPHANE, CAMMAS
NATHALIE, AMONOU ISABELLE et KERVADEC SYL-
VAIN.

⑦3 Titulaire(s) : FRANCE TELECOM Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

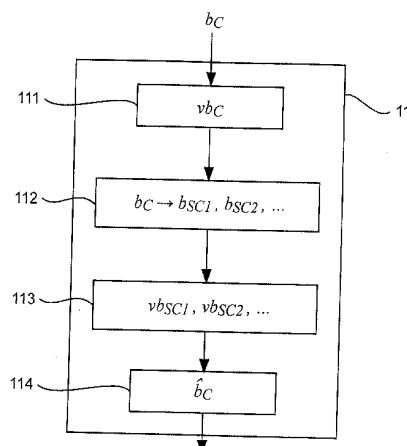
⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE CODAGE D'UNE SEQUENCE D'IMAGES METTANT EN OEUVRE UNE
PREDICTION TEMPORELLE, SIGNAL, SUPPORT DE DONNEES, PROCÉDE ET DISPOSITIF DE DECODAGE,
ET PRODUIT PROGRAMME D'ORDINATEUR CORRESPONDANTS.

⑤7 L'invention concerne un procédé de codage d'une sé-
quence d'images, comprenant une étape de codage d'au
moins un bloc d'une image courante de la séquence, met-
tant en oeuvre une prédiction (11) associant le bloc à au
moins un bloc correspondant dans une image de référence.

Selon l'invention, la prédiction (11) comprend les étapes
suivantes, pour au moins un bloc donné de l'image courante
ou de l'image de référence :

- détermination (111) d'une pluralité de vecteurs de con-
trôle pour le bloc;
- au moins un découpage (112) du bloc en sous-blocs;
- détermination (113) d'une pluralité de vecteurs de con-
trôle pour les sous-blocs;
- détermination (114) d'une valeur de prédiction pour au
moins un point de l'image courante.

De plus, le procédé comprend une étape d'insertion,
dans un signal représentatif de la séquence, d'informations
de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc don-
né.



Procédé et dispositif de codage d'une séquence d'images mettant en œuvre une prédiction temporelle, signal, support de données, procédé et dispositif de décodage, et produits programme d'ordinateur correspondants.

1. Domaine de l'invention

5 Le domaine de l'invention est celui du codage et du décodage de séquences d'images.

Plus précisément, l'invention concerne la compression/décompression de séquences d'images ou de scènes (bidimensionnelles ou présentant un nombre supérieur de dimensions) utilisant des transformées par blocs. L'invention
10 s'applique en particulier à la prédiction temporelle mise en œuvre dans les codeurs vidéo actuels (MPEG, H.264, etc) ou à venir (H.265).

2. Art antérieur

Les codeurs vidéo actuels, mettant en œuvre les standards de compression vidéo issus de l'organisation MPEG (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, ...) ou de
15 l'Union Internationale des Télécommunications ITU-T (H.261, ..., H.264/AVC), permettent de coder une séquence d'images pour délivrer une séquence codée, compressée par rapport à la séquence d'images source.

Pour ce faire, ces codeurs utilisent un schéma de codage utilisant une prédiction entre les images de la séquence afin d'obtenir un niveau de
20 performance en compression important.

On rappelle que les images d'une séquence sont classiquement découpées en tranches (« slices » en anglais), qui sont ensuite subdivisées en macroblocs. Chaque macrobloc est ensuite découpé en blocs de pixels, où un bloc de pixels correspond à un regroupement de pixels adjacents. Un bloc de pixels d'une image
25 de la séquence peut alors être codé par prédiction temporelle à partir d'un ou plusieurs blocs d'une ou plusieurs autres images de la séquence. On parle de bloc « inter ». Un bloc de pixels peut aussi être codé par prédiction spatiale à partir d'un ou plusieurs blocs de l'image à coder. On parle de bloc « intra ».

Lors du codage d'un bloc, on spécifie si ce bloc est codé en utilisant ou
30 non des informations provenant d'autres images de la séquence, dites images de

référence. Ces images de référence sont des images ayant été codées/décodées précédemment. Un bloc de référence correspond à un regroupement de pixels d'une image de référence.

Plus précisément, le codage d'un bloc inter se déroule en deux étapes :

- 5 - une prédiction du bloc à coder est d'abord réalisée en utilisant un ou plusieurs blocs de référence et un mécanisme de compensation en mouvement pour prendre en compte un mouvement apparent, ou bien encore aboutir à une prédiction efficace ;
- un résidu d'erreur de prédiction est ensuite calculé, en déterminant la
- 10 différence entre le bloc à coder et la prédiction.

La différence, ou résidu, entre le bloc courant et le bloc prédit est alors codée et transmise (et/ou stockée, selon les applications). Au décodage, la différence reçue est ajoutée à la prédiction pour reconstruire le bloc.

Classiquement, dans les standards de compression vidéo, la prédiction par

15 compensation en mouvement d'un bloc inter est réalisée par l'intermédiaire d'une compensation en mouvement de type translation. Ainsi, si on note v le vecteur mouvement considéré, et R l'image de référence considérée, la prédiction P en chaque point ou pixel x du bloc est définie par : $P(x)=R(x+v)$.

Un inconvénient de cette technique de compensation en mouvement est

20 qu'elle ne permet pas de prendre en compte des mouvements naturels de type rotation, zoom, cisaillement, etc.

D'autres variantes de compensation en mouvement ont alors été proposées pour réaliser la prédiction.

Par exemple, P. Ishwar et P. Moulin ont proposé, dans le document « *On*

25 *Spatial Adaptation of Motion Field Smoothness in Video Coding* », une technique de compensation de mouvement par blocs dite OBMC (en anglais « Overlapped Block Motion Compensation ») consiste à considérer plusieurs valeurs de vecteurs mouvement pour établir une valeur de prédiction d'un pixel x d'un bloc à coder :

$$P(x) = \sum_i w_i(x) R(x + v_i)$$

30 où : les vecteurs v_i correspondentⁱ aux i vecteurs mouvement,

les valeurs $w_i(x)$ correspondent aux poids de pondérations entre les différentes prédictions obtenus par les différents vecteurs mouvement.

Les poids de pondérations $w_i(x)$ sont en général dépendants de la position du point x considéré dans le bloc. Typiquement, les poids $w_i(x)$ utilisés sont les mêmes sur tous les blocs.

Bien que cette technique permette de prendre en compte une grande famille de mouvements naturels, la prédiction obtenue est de qualité moyenne. Le volume d'informations de résidu de prédiction à transmettre est donc plus important, et cette transmission d'informations supplémentaires entraîne des pénalités en termes de performances en compression.

Il existe donc un besoin pour de nouvelles techniques de codage/décodage d'images permettant de pallier au moins en partie les inconvénients de l'art antérieur, présentant une faible complexité tout en fournissant une prédiction de bonne qualité.

3. Exposé de l'invention

L'invention propose une solution nouvelle qui ne présente pas l'ensemble de ces inconvénients de l'art antérieur, sous la forme d'un procédé de codage d'une séquence d'images, comprenant une étape de codage d'au moins un bloc d'une image courante de la séquence, mettant en œuvre une prédiction associant le bloc à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de la séquence.

Selon l'invention, la prédiction comprend les étapes suivantes, pour au moins un bloc donné de l'image courante ou de l'image de référence respectivement :

- détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour ledit bloc, représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique du bloc et la position correspondante dudit point caractéristique dans l'image de référence ou dans l'image courante respectivement ;
- au moins un découpage du bloc en sous-blocs ;
- détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, à

partir des vecteurs de contrôle pour le bloc ;

- détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un point de l'image courante, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs, effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour le sous-bloc.

Le procédé de codage comprend également une étape d'insertion, dans un signal représentatif de la séquence, d'informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc donné.

L'invention propose ainsi une nouvelle technique de prédiction d'un bloc « inter », offrant une bonne qualité de prédiction tout en conservant une faible complexité. La solution proposée permet également de prendre en compte des mouvements naturels dans la séquence d'images, en tenant compte du mouvement d'un bloc par rapport à l'un au moins de ses voisins (c'est-à-dire les blocs situés à gauche, à droite, au-dessus, ou au-dessous de ce bloc).

Pour ce faire, l'invention propose de déterminer plusieurs vecteurs de contrôle pour un bloc (par exemple deux, trois, quatre vecteurs, ou plus), définis en fonction de la connexion de ce bloc à un ou plusieurs de ces voisins.

Par exemple, les vecteurs de contrôle pour le bloc ou sous-bloc sont associés chacun à un des sommets du bloc ou sous-bloc. Ainsi, pour une image en deux dimensions, quatre vecteurs de contrôle sont associés au bloc, un vecteur de contrôle étant associé à chaque sommet ou coin du bloc. Pour une image en trois dimensions, huit vecteurs sont associés au bloc, qui correspond en fait à un cube, un vecteur de contrôle étant associé à chaque coin du bloc. Il est également possible d'associer ces vecteurs de contrôle à d'autres points du bloc, correspondant par exemple à un contour. De la même façon, le nombre de vecteurs de contrôle associé à un bloc n'est pas figé.

En particulier, la technique proposée permet de coder la séquence d'images en utilisant des projections avant et/ou arrière.

Ainsi, si la technique utilisée met en œuvre une projection en arrière, la prédiction est une prédiction par compensation en mouvement arrière, et les

vecteurs de contrôle pointent de l'image courante vers une ou plusieurs images de référence. Dans ce cas, on détermine une pluralité de vecteurs de contrôle pour un bloc donné appartenant à l'image courante.

5 A l'inverse, si la technique utilisée met en œuvre une projection en avant, la prédiction est une prédiction par compensation en mouvement avant, et les vecteurs de contrôle pointent d'une ou plusieurs images de référence vers l'image courante. On détermine alors une pluralité de vecteurs de contrôle pour un bloc donné appartenant à une image de référence.

10 Pour au moins un bloc donné de l'image de référence ou de l'image courante, le bloc est ensuite découpé en sous-blocs, pour lesquels on détermine une pluralité de vecteurs de contrôle. Ces sous-blocs peuvent notamment être de taille différente.

15 Un tel découpage permet notamment de prendre en compte des mouvements naturels dans la séquence d'images, tels des mouvements de déformation affine, tout en n'effectuant que des opérations de translations de bloc. Ces opérations de translations de bloc limitent ainsi de façon significative la complexité du calcul des valeurs interpolées d'image à des positions sous-pixelliques (i.e. la mutualisation du calcul par bloc est plus efficace que le calcul séparé par point).

20 Selon un aspect particulier de l'invention, les informations de reconstruction des vecteurs de contrôle comprennent les vecteurs de contrôle pour le bloc donné, ou des informations représentatives de ces vecteurs de contrôle. Ainsi, ces vecteurs de contrôle pour le bloc peuvent être facilement reconstruits au niveau du décodeur.

25 Selon une variante, les informations de reconstruction des vecteurs de contrôle comprennent au moins un indicateur de connexion représentatif d'un mouvement entre le bloc donné et au moins un bloc voisin.

Par exemple, les informations de reconstruction des vecteurs de contrôle comprennent deux indicateurs de connexion, dont :

30 - un premier indicateur représentatif d'un mouvement entre le bloc donné et

le bloc situé au-dessus du bloc donné, entre l'image courante et l'image de référence, et

- un deuxième indicateur représentatif d'un mouvement entre le bloc donné et le bloc situé à gauche du bloc donné, entre l'image courante et l'image de référence.

Ces indicateurs, notés par exemple « flag_tc » pour le premier indicateur, et « flag_lc » pour le deuxième indicateur, sont utilisés pour associer les mouvements du bloc donné et de son voisin (haut ou gauche) entre l'image courante et l'image de référence. Une fois reçus par un décodeur, ces indicateurs seront utilisés pour reconstruire les vecteurs de contrôle.

Par exemple, si le bloc donné et le bloc situé au-dessus présentent une arête commune à la fois dans l'image courante et dans l'image de référence, après compensation en mouvement, alors le premier indicateur est égal à 1 (flag_tc = 1). On dit que les deux blocs sont connectés.

Si le bloc donné et le bloc situé à sa gauche présentent une arête commune à la fois dans l'image courante et dans l'image de référence, après compensation en mouvement, alors le deuxième indicateur est égal à 1 (flag_lc = 1).

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de codage tel que décrit précédemment lorsque le programme est exécuté par un processeur.

Dans un autre mode de réalisation, l'invention concerne un dispositif de codage d'une séquence d'images, comprenant des moyens de codage d'au moins un bloc d'une image courante de la séquence, mettant en œuvre des moyens de prédiction associant ledit bloc à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de la séquence.

Selon l'invention, les moyens de prédiction comprennent, pour au moins un bloc donné de l'image courante ou de l'image de référence respectivement :

- des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour

le bloc ;

- des moyens de découpage du bloc en sous-blocs ;
- des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour le bloc ;
- 5 - des moyens de détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un point de l'image courante, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs, effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour le sous-bloc.

De plus, un tel dispositif de codage comprend des moyens d'insertion,
10 dans un signal représentatif de la séquence, d'informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc donné.

Un tel dispositif de codage est notamment adapté à mettre en œuvre le procédé de codage décrit précédemment. Il s'agit par exemple d'un codeur vidéo de type MPEG ou H.264, ou selon une future norme de compression vidéo.

15 Encore un autre aspect de l'invention concerne un signal représentatif d'une séquence d'images codée selon le procédé de codage décrit précédemment.

Un tel signal comprend au moins une information de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc donné.

Ce signal pourra bien sûr comporter les différentes caractéristiques
20 relatives au procédé de codage selon l'invention.

Par exemple, les informations de reconstruction comprennent au moins un indicateur de connexion représentatif d'un mouvement entre le bloc donné et au moins un bloc voisin.

Selon une variante, les informations de reconstruction comprennent les
25 vecteurs de contrôle, ou une information représentative de ces vecteurs, pour le bloc donné.

En particulier, un tel signal comprend également la différence, ou résidu, entre le bloc de l'image courante et la prédiction.

Ce signal peut également transporter des informations relatives à l'ordre de
30 découpage des blocs.

L'invention concerne également un support d'enregistrement portant un signal tel que décrit précédemment.

Un autre aspect de l'invention concerne un procédé de décodage d'un signal représentatif d'une séquence d'images, comprenant une étape de reconstruction d'au moins une image de la séquence, à partir d'une prédiction de l'image à reconstruire, ladite prédiction associant un bloc de l'image à reconstruire à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de la séquence.

Un tel procédé de décodage comprend une étape d'obtention d'informations de reconstruction de vecteurs de contrôle pour au moins un bloc donné de l'image à reconstruire ou de l'image de référence respectivement.

De plus, la prédiction comprend les étapes suivantes, pour le bloc donné :

- détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour le bloc, représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique dudit bloc et la position correspondante dudit point caractéristique dans l'image de référence ou dans l'image à reconstruire respectivement, à partir des informations de reconstruction ;
- au moins un découpage du bloc en sous-blocs ;
- détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour le bloc ;
- détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un point de l'image à reconstruire, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs, effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour le sous-bloc.

Un tel procédé est notamment adapté à décoder une séquence d'images codée selon le procédé de codage précédemment décrit. On effectue de cette façon les mêmes étapes de prédiction qu'au codage, de façon à reconstruire le bloc donné en ajoutant le résidu de prédiction (transmis dans le signal), à la prédiction.

La prédiction effectuée côté décodage utilise les informations de reconstruction des vecteurs de contrôle transmises dans le signal.

Ainsi, selon un premier mode de réalisation, l'étape d'obtention comprend une étape d'extraction d'au moins un indicateur de connexion représentatif d'un mouvement entre le bloc donné et au moins un bloc voisin.

Il s'agit par exemple des indicateurs « flag_tc » (premier indicateur) et
5 « flag_lc » (deuxième indicateur) transmis dans le signal.

Ces indicateurs sont notamment utilisés pour reconstruire les vecteurs de contrôle pour le bloc donné.

Selon un deuxième mode de réalisation, l'étape d'obtention comprend une étape de réception des vecteurs de contrôle pour ledit bloc donné.

10 En particulier, le procédé de décodage comprend une étape de décision et/ou de paramétrage du découpage, permettant de décider si le bloc donné doit être découpé, et/ou de paramétrer le découpage du bloc donné. Ces étapes de décision et/ou paramétrage sont définies en tenant compte d'un critère prédéterminé appartenant au groupe comprenant :

- 15 - un nombre prédéfini de sous-blocs pour le bloc ;
- une information de similitude entre lesdits vecteurs de contrôle ;
- une taille dudit bloc ;
- un indicateur représentatif d'un nombre de découpage ;
- etc.

20 De cette façon, tous les blocs d'une image à reconstruire ou d'une image de référence ne sont pas nécessairement découpés en sous-blocs, et le découpage en sous-blocs peut varier d'un bloc à l'autre de l'image. Le partitionnement en sous-blocs est donc adaptatif.

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur
25 téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de décodage tel que décrit précédemment, lorsque le programme est exécuté par un processeur.

30 Dans un autre mode de réalisation, l'invention concerne un dispositif de

décodage d'un signal représentatif d'une séquence d'images, comprenant des moyens de reconstruction d'au moins une image de la séquence, mettant en œuvre des moyens de prédiction de l'image à reconstruire, associant un bloc de l'image à reconstruire à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de la séquence.

Un tel dispositif comprend des moyens d'obtention d'informations de reconstruction de vecteurs de contrôle pour au moins un bloc donné de l'image à reconstruire ou de l'image de référence respectivement.

De plus, les moyens de prédiction comprennent, pour le bloc donné :

- des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour le bloc, à partir des informations de reconstruction ;
- des moyens de découpage du bloc en sous-blocs ;
- des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour le bloc ;
- des moyens de détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un point de l'image à reconstruire, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs, effectuée, à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour le sous-bloc.

Un tel dispositif de décodage est notamment adapté à mettre en œuvre le procédé de décodage décrit précédemment. Il s'agit par exemple d'un décodeur vidéo de type MPEG ou H.264, ou selon une future norme de compression vidéo.

4. Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- les figures 1A et 1B présentent les principales étapes de la prédiction par compensation en mouvement et du procédé de codage selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 propose un algorithme pour la détermination des vecteurs de

- contrôle pour un bloc ;
- les figures 3A à 3G illustrent la détermination des vecteurs de contrôle pour un bloc en tenant compte de ses voisins ;
 - la figure 4 présente un exemple de découpage d'un bloc en sous-blocs ;
 - 5 - la figure 5 illustre la détermination d'une valeur de prédiction pour un pixel ;
 - la figure 6 présente les principales étapes du procédé de décodage selon un mode de réalisation de l'invention ;
 - les figures 7 et 8 présentent la structure d'un dispositif de codage et d'un
 - 10 dispositif de décodage selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

5. Description d'un mode de réalisation de l'invention

5.1 Principe général

Le principe général de l'invention repose sur le codage et le décodage

15 d'une séquence d'images, mettant en œuvre une prédiction temporelle associant un bloc d'une image à coder à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de la séquence.

Plus précisément, l'invention propose une nouvelle technique de prédiction par compensation en mouvement d'un bloc codé en mode « inter ». La

20 technique proposée permet d'obtenir une représentation d'un mouvement naturel en limitant la complexité apportée, tant au niveau des calculs que du nombre de paramètres à transmettre.

L'invention s'applique notamment au codage de séquences d'images ou de scènes représentées à l'aide de tubes de mouvement, où un tube de mouvement

25 correspond à un bloc de pixels évoluant au cours du temps. Au cours de cette évolution, le tube peut se déformer, par exemple pour prendre en compte le mouvement apparent, ou bien encore si le nombre de pixels présents dans le bloc augmente ou diminue. Ce tube peut également se raffiner, par exemple en passant au niveau sous-pixelique du bloc. L'invention permet notamment de déterminer

30 les déformations subies par un tube.

En particulier, on rappelle qu'un tube de mouvement est défini par au moins les informations suivantes :

- un bloc de pixels de référence comprenant des informations de texture de référence ;
- 5 - des instants de début de tube et de fin de tube ;
- des informations de transition, permettant de mettre à jour ledit bloc de référence à au moins un instant t de ladite séquence.

Une telle technique de représentation de séquences d'images est notamment décrite dans la demande de brevet français n°0756007 déposée le 25
10 juin 2007 au nom du même Demandeur.

La prédiction temporelle selon l'invention repose sur la détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour au moins un bloc, sur le découpage d'au moins ce bloc en sous-blocs, et sur la détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs. Ces vecteurs de contrôle sont ensuite
15 utilisés pour déterminer une prédiction des sous-blocs, puis du bloc.

5.2 *Compensation en mouvement*

On décrit ci-après, en relation avec la figure 1A, les principales étapes mises en œuvre pour la prédiction par compensation en mouvement, implémentées dans un codeur vidéo de type H.264 par exemple.

20 On note que l'invention peut s'appliquer aussi bien aux blocs qu'aux macroblocs au sens de la norme H.264. Le terme « bloc » dans la description doit donc s'interpréter comme signifiant « macrobloc » ou « bloc » au sens de cette norme, sauf lorsqu'il est précisé le contraire.

Comme illustré en figure 1A, la prédiction par compensation en mouvement (11) d'au moins un bloc d'une image courante d'une séquence
25 d'image met en œuvre les étapes suivantes, pour au moins un bloc donné b_C d'une première image :

- détermination 111 d'une pluralité de vecteurs de contrôle vb_C pour le bloc b_C , représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique
30 du bloc b_C et sa position correspondante dans une deuxième image ;

- au moins un découpage 112 du bloc b_C en sous-blocs b_{SC1} , b_{SC2} , etc ;
- détermination 113 d'une pluralité de vecteurs de contrôle vb_{SC1} , vb_{SC2} , etc pour les sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle vb_C pour le bloc ;
- détermination 114 d'une valeur de prédiction pour au moins un point de
5 l'image courante, à partir d'une compensation en mouvement effectuée à partir des vecteurs de contrôle vb_{SC1} , vb_{SC2} , etc, déterminés pour le sous-bloc.

En particulier, si la prédiction met en œuvre une compensation en mouvement arrière, la première image est l'image courante et la deuxième image
10 est une image de référence. On rappelle qu'une image de référence correspond à une image précédemment codée/décodée.

Si la prédiction met en œuvre une compensation en mouvement avant, la première image est une image de référence et la deuxième image est l'image courante.

15 On détermine de cette façon une prédiction d'au moins un bloc de l'image courante, encore appelé bloc prédit $\hat{b}_C$.

On décrit ci-après plus en détail les différentes étapes mises en œuvre pour la détermination de la prédiction d'un bloc codé en inter. Les étapes de détermination des vecteurs de contrôle et de découpage d'un bloc en sous-blocs,
20 sont décrites dans le cas d'une compensation en mouvement arrière, selon laquelle les vecteurs de contrôle pointent de l'image courante vers une ou plusieurs images de référence. L'Homme du Métier étendra sans difficulté cet enseignement à une compensation en mouvement avant, selon laquelle les vecteurs de contrôle pointent d'une image de référence vers l'image courante, en remplaçant l'image
25 courante par l'image de référence et inversement. L'étape de détermination de la valeur de prédiction d'un point ou pixel est ensuite décrite pour chacun des deux types de compensation en mouvement.

A) *Détermination des vecteurs de contrôle*

On détermine tout d'abord, de manière classique, un vecteur de
30 mouvement pour le bloc b_C de l'image courante I_C . On note ce vecteur

mouvement v .

On détermine ensuite (111) une pluralité de vecteurs de contrôle vb_C pour le bloc b_C . Selon cet exemple de réalisation, on détermine quatre vecteurs de contrôle pour le bloc, chacun étant associé à un sommet ou coin du bloc.

5 Par exemple, on note :

- v_{br} le vecteur de contrôle associé au coin situé en bas à droite du bloc b_C ;
- v_{bl} le vecteur de contrôle associé au coin situé en bas à gauche du bloc b_C ;
- v_{tr} le vecteur de contrôle associé au coin situé en haut à droite du bloc b_C ;
- 10 – v_{tl} le vecteur de contrôle associé au coin situé en haut à gauche du bloc b_C .

Ces vecteurs de contrôle sont initialisés avec une valeur nulle.

Côté codage, on compare la position du bloc b_C dans l'image courante I_C par rapport à celle de ses voisins, et la position du bloc correspondant dans
15 l'image de référence I_R par rapport à celle de ses voisins.

Par exemple, si le bloc b_C et le bloc situé au-dessus présentent une arête commune à la fois dans l'image courante et dans l'image de référence après compensation en mouvement, alors cela signifie que les deux blocs sont connectés verticalement.

20 On affecte alors la valeur 1 à un premier indicateur flag_tc .

Si le bloc b_C et le bloc situé à sa gauche présentent une arête commune à la fois dans l'image courante et dans l'image de référence après compensation en mouvement, alors cela signifie que les deux blocs sont connectés horizontalement.

On affecte alors la valeur 1 à un deuxième indicateur flag_lc .

25 Ces indicateurs sont utilisés pour représenter les mouvements du bloc b_C et de son voisin (haut ou gauche) entre l'image courante et l'image de référence. Ils peuvent être utilisés pour déterminer les vecteurs de contrôle. Ces indicateurs pourront être utilisés pour reconstruire les vecteurs de contrôle, s'ils sont reçus par un décodeur.

30 Après analyse des images courante et de référence, on détermine les

vecteurs de contrôle v_{br} , v_{bl} , v_{tr} et v_{tl} pour le bloc b_C , comme proposé en figure 2.

Par exemple, on affecte 21 au vecteur de contrôle v_{br} associé au coin situé en bas à droite du bloc b_C le vecteur mouvement v , préalablement défini pour le bloc.

On vérifie (22) ensuite si l'indicateur $flag_lc$ est égal à 1, ce qui signifie que le bloc b_C et le bloc situé à sa gauche sont connectés horizontalement.

On vérifie également (231, 232) si l'indicateur $flag_tc$ est égal à 1, ce qui signifie que le bloc b_C et le bloc situé au-dessus sont connectés verticalement.

Si l'indicateur $flag_lc$ est égal à 1, alors le vecteur de contrôle v_{bl} prend la valeur du vecteur de contrôle v_{br} du bloc situé à gauche du bloc b_C ($v_{bl} = v_{br}(left_bloc)$). Ces notations sont choisies de façon à faciliter la lecture et la compréhension des équations par l'Homme du Métier du domaine considéré.

De plus, en mode connecté vertical (indicateur $flag_tc$ égal à 1), le vecteur de contrôle v_{tr} prend la valeur du vecteur de contrôle v_{br} du bloc situé au-dessus du bloc b_C ($v_{tr} = v_{br}(top_bloc)$), et le vecteur de contrôle v_{tl} prend la valeur moyenne du vecteur de contrôle v_{bl} du bloc situé au-dessus du bloc b_C et du vecteur de contrôle v_{tr} du bloc situé à gauche du bloc b_C ($v_{tl} = moy[v_{tr}(left_bloc), v_{bl}(top_bloc)]$).

En mode non connecté vertical (indicateur $flag_tc$ égal à 0), le vecteur de contrôle v_{tl} prend la valeur du vecteur de contrôle v_{tr} du bloc situé à gauche du bloc b_C ($v_{tl} = v_{tr}(left_bloc)$), et le vecteur de contrôle v_{tr} est obtenu à partir des trois autres vecteurs de contrôle du bloc b_C ($v_{tr} = v_{tl} + v_{br} - v_{bl}$).

Si au cours de l'étape 22 on constate que l'indicateur $flag_lc$ n'est pas égal à 1, ce qui signifie que le bloc b_C et le bloc situé à sa gauche sont en mode non connecté, on obtient :

– en mode connecté vertical (indicateur $flag_tc$ égal à 1) :

- le vecteur de contrôle v_{tr} prend la valeur du vecteur de contrôle v_{br} du bloc situé au-dessus du bloc b_C ($v_{tr} = v_{br}(top_bloc)$) ;
- le vecteur de contrôle v_{tl} prend la valeur du vecteur de contrôle v_{bl} du

bloc situé au-dessus du bloc b_C ($v_{tl} = v_{bl}(top_bloc)$) ;

- le vecteur de contrôle v_{bl} est obtenu à partir des trois autres vecteurs de contrôle du bloc b_C ($v_{bl} = v_{tl} + v_{br} - v_{tr}$) ;

– en mode non connecté vertical (indicateur $flag_tc$ égal à 0) :

- 5 ○ les vecteurs de contrôle v_{tl} , v_{tr} et v_{bl} prennent tous la valeur du vecteur de contrôle v_{br} du bloc b_C ($v_{bl} = v_{tl} = v_{br} = v_{tr} = v$).

En particulier, si un bloc n'a pas de voisin à sa gauche, alors les vecteurs de contrôle associés à ses coins haut gauche et bas gauche sont définis à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour ses coins haut droit et bas droit ($v_{bl} = v_{br}$ et
 10 $v_{tl} = v_{tr}$). De la même façon, si un bloc n'a pas de voisin au-dessus, alors les vecteurs de contrôle associé à ses coins haut gauche et haut droit sont définis à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour ses coins bas gauche et bas droit ($v_{tl} = v_{bl}$ et $v_{tr} = v_{br}$). Si un bloc n'a ni de voisin à gauche, ni de voisin au-dessus, alors les vecteurs de contrôle associé à ses coins haut gauche, haut droit, et
 15 bas droit, sont définis à partir du vecteur de contrôle déterminé pour son coin bas droit ($v_{bl} = v_{tl} = v_{tr} = v_{br}$).

Selon le mode de réalisation présenté, les indicateurs $flag_lc$ et $flag_tc$ sont transmis au décodeur, sous la forme d'informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C .

20 En particulier, ces indicateurs peuvent être définis pour un ensemble de bloc, ou bien encore bloc par bloc. Par ailleurs, ces indicateurs peuvent être exploités lors de la définition du vecteur mouvement v pour le bloc donné. En effet, ces informations peuvent être utilisées par exemple dans le mode de prédiction utilisé pour la prédiction du vecteur de mouvement associé au bloc
 25 donné.

Ainsi, si le bloc donné et le bloc situé au-dessus sont connectés et que le bloc donné n'est pas connecté au bloc situé à sa gauche, alors le codage du vecteur mouvement du bloc donné peut se faire à l'aide d'une prédiction définie par le vecteur mouvement du bloc situé au-dessus (et non une prédiction à partir du
 30 vecteur médian des blocs voisins, comme utilisé dans un codeur de l'état de l'art).

De même, si le bloc donné et le bloc situé à sa gauche sont connectés et que le bloc donné n'est pas connecté au bloc situé au-dessus, alors le codage du vecteur mouvement du bloc donné peut se faire à l'aide d'une prédiction définie par le vecteur mouvement du bloc situé à sa gauche (et non une prédiction à partir du vecteur médian des blocs voisins, comme utilisé dans un codeur de l'état de l'art).

De plus, selon le mode de réalisation présenté, on peut ne coder qu'un seul vecteur mouvement, le vecteur v ($v = v_{br}$). Les autres vecteurs de mouvement (v_{tr}, v_{tl}, v_{bl}) peuvent être définis à l'aide des indicateurs `flag_lc` et `flag_tc`.

Les figures 3A à 3F illustrent notamment la détermination des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C d'une image courante I_C , pour une prédiction par compensation en mouvement arrière, selon laquelle les vecteurs de contrôle pointent de l'image courante I_C vers une image de référence I_R .

Plus précisément, la figure 3A illustre la détermination des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C dans le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont cohérents, c'est-à-dire que le coin en bas à gauche du bloc situé au-dessus du bloc b_C , et le coin en haut à droite du bloc situé à gauche du bloc b_C sont connectés, et les indicateurs `flag_lc` et `flag_tc` égaux à 1.

La figure 3B illustre le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont cohérents, l'indicateur `flag_lc` égal à 1 et l'indicateur `flag_tc` égal à 0.

La figure 3C illustre le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont cohérents, l'indicateur `flag_lc` égal à 0 et l'indicateur `flag_tc` égal à 1.

La figure 3D illustre le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont cohérents, et les indicateurs `flag_lc` et `flag_tc` égaux à 0.

La figure 3E illustre le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont non cohérents, c'est-à-dire que le coin en bas à gauche du bloc situé au-dessus du bloc b_C , et le coin en haut à droite du bloc situé à gauche du bloc b_C sont différents, l'indicateur `flag_lc` égal à 1 et l'indicateur `flag_tc` égal à 0.

La figure 3F illustre le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont non cohérents, l'indicateur `flag_lc` égal à 0 et l'indicateur `flag_tc` égal

à 1.

La figure 3G illustre le cas où les blocs situés à gauche et au-dessus du bloc b_C sont non cohérents, et les indicateurs flag_lc et flag_tc égaux à 1.

B) Découpage d'un bloc en sous-blocs

5 On décrit ci-après plus précisément l'étape 112 de découpage du bloc b_C en sous-blocs. On rappelle que selon l'invention, au moins un bloc de l'image courante est décomposé en sous-blocs.

Les quatre vecteurs de contrôle définis pour le bloc b_C sont alors utilisés afin d'être interpolé pour définir les vecteurs de contrôle des différents sous-blocs.

10 Par exemple, on détermine quatre vecteurs de contrôle pour chaque sous-bloc.

Ainsi, comme illustré en figure 4, le bloc b_C est par exemple découpé en quatre sous-blocs b_{SC1} , b_{SC2} , b_{SC3} et b_{SC4} . Les vecteurs de contrôle attachés au bloc b_C sont ensuite interpolés pour définir de nouveaux vecteurs de contrôle pour les sous-blocs. Par exemple, on note :

- 15 – v_{ml} le vecteur de contrôle associé au coin situé en bas à gauche du sous-bloc b_{SC1} , correspondant également au coin situé en haut à gauche du sous-bloc b_{SC3} ;
- v_{tm} le vecteur de contrôle associé au coin situé en haut à droite du sous-bloc b_{SC1} , correspondant également au coin situé en haut à gauche du sous-bloc b_{SC2} ;
- 20 – v_{mr} le vecteur de contrôle associé au coin situé en bas à droite du sous-bloc b_{SC2} , correspondant également au coin situé en haut à droite du sous-bloc b_{SC4} ;
- v_{bm} le vecteur de contrôle associé au coin situé en bas à droite du sous-bloc b_{SC3} , correspondant également au coin situé en bas à gauche du sous-bloc b_{SC4} ; et
- 25 – v_{mm} le vecteur de contrôle associé au coin situé en bas à droite du sous-bloc b_{SC1} , correspondant également au coin situé en bas à gauche du sous-bloc b_{SC2} , au coin situé en haut à droite du sous-bloc b_{SC3} , et
- 30 au coin situé en haut à gauche du sous-bloc b_{SC4} .

Les vecteurs de contrôle pour les sous-blocs sont alors déterminés à partir des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C , par exemple de la manière suivante :

$$v_{tl} = \frac{v_{tl} + v_{tr}}{2}, \quad v_{bm} = \frac{v_{bl} + v_{br}}{2}, \quad v_{ml} = \frac{v_{tl} + v_{bl}}{2}, \quad v_{mr} = \frac{v_{tr} + v_{br}}{2} \quad \text{et} \\ v_{mm} = \frac{v_{tl} + v_{tr} + v_{bl} + v_{br}}{4}.$$

- 5 Ces vecteurs de contrôle sont ensuite affectés aux différents sous-blocs :
- le sous-bloc b_{SC1} situé en haut à gauche a pour vecteurs de contrôle les vecteurs mouvement v_{tl} , v_{tm} , v_{ml} , v_{mm} ;
 - le sous-bloc b_{SC2} situé en haut à droite a pour vecteurs de contrôle les vecteurs mouvement v_{tm} , v_{tr} , v_{mm} , v_{mr} ;
 - 10 – le sous-bloc b_{SC3} situé en bas à gauche a pour vecteurs de contrôle les vecteurs mouvement v_{ml} , v_{mm} , v_{bl} , v_{bm} ;
 - le sous-bloc b_{SC4} situé en bas à droite a pour vecteurs de contrôle les vecteurs mouvement v_{mm} , v_{mr} , v_{bm} , v_{br} .

Le nombre de découpage peut dépendre de plusieurs paramètres. Par
15 exemple, il peut être défini par un paramètre global défini pour un ensemble de blocs, ou bien être adaptatif par bloc. On partitionne ainsi un bloc en sous-blocs de plus petite taille pour lesquels une prédiction spécifique est réalisée. Il apparaît alors des tailles variables de blocs pour réaliser la compensation en mouvement.

Plus précisément, le nombre de découpage peut être défini selon la taille
20 du bloc, ou selon un nombre prédéfini de sous-blocs pour le bloc. Par exemple, un macrobloc de taille 16x16 peut être découpé en huit blocs de taille 4x8 ou 8x4, ou en quatre blocs de taille 8x8, ou en blocs en deux blocs de taille 8x16 ou 16x8.

Selon une variante, on compare deux à deux les vecteurs de contrôle associés au bloc b_C , de façon à obtenir une information de similitude. On découpe
25 ensuite le bloc b_C en sous-blocs uniquement si l'information de similitude est supérieure à au moins un seuil prédéterminé.

Dans le cas adaptatif par bloc, on peut définir le nombre de subdivisions à effectuer en fonction de la différence maximale entre l'amplitude des vecteurs de contrôle (par exemple par une simple quantification de la valeur de différence

maximale).

C) Détermination de la valeur de prédiction pour au moins un point de l'image courante pour une compensation en mouvement arrière d'un sous-bloc de l'image courante

5 On présente ci-après l'étape 114 de détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un pixel de l'image courante, à partir d'une compensation en mouvement arrière effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour un sous-bloc de l'image courante, comme illustré en figure 5.

Etant donné un sous-bloc et ses quatre vecteurs de contrôle, on établit pour
10 tout point x de ce sous-bloc une prédiction $P(x)$ à l'aide de l'équation suivante :

$$P(x) = w_1(x)I_R(x + v_1) + w_2(x)I_R(x + v_2) + w_3(x)I_R(x + v_3) + w_4(x)I_R(x + v_4)$$

avec : $(v_1, v_2, v_3, v_4) = (v_{tl}, v_{tm}, v_{mm}, v_{ml})$ pour le sous-bloc b_{SC1} ;

$(v_1, v_2, v_3, v_4) = (v_{tm}, v_{tr}, v_{mr}, v_{mm})$ pour le sous-bloc b_{SC2} ;

$(v_1, v_2, v_3, v_4) = (v_{ml}, v_{mm}, v_{bm}, v_{bl})$ pour le sous-bloc b_{SC3} ; et

15 $(v_1, v_2, v_3, v_4) = (v_{mm}, v_{mr}, v_{br}, v_{bm})$ pour le sous-bloc b_{SC4} .

Les poids de pondération $w_1(x)$, $w_2(x)$, $w_3(x)$, $w_4(x)$ peuvent être déterminés comme décrit dans le document « *On Spatial Adaptation of Motion Field Smoothness in Video Coding* » précité. D'autres techniques connues sont également envisageables.

20 On détermine de cette façon une prédiction d'au moins un bloc de l'image courante I_C .

D) Détermination de la valeur de prédiction pour au moins un point de l'image courante pour une compensation en mouvement avant d'un sous-bloc d'une image de référence

25 On présente ci-après l'étape 114 de détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un pixel de l'image courante, à partir d'une compensation en mouvement avant effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour un sous-bloc d'une image de référence.

Dans le cas de la compensation en mouvement avant, les blocs de l'image
30 courante peuvent être prédit par plusieurs blocs d'une ou plusieurs images de

référence. Afin de calculer, pour un point de l'image courante, une valeur de prédiction, il est nécessaire de projeter tous les blocs des images référence sur l'image courante afin de déterminer quels blocs permettent de prédire le point de l'image courante.

5 On propose ci-après un algorithme pour la construction d'une image de prédiction pour l'image courante.

Au cours d'une première étape, on initialise l'image de prédiction. Ainsi, pour tout point x de l'image, on a : $RI(x) = 0$, $RW(x) = 0$. RI correspond à l'image de prédiction dans laquelle toutes les valeurs de prédiction données par les blocs des images de référence sont pondérées et accumulées. RW correspond à l'image d'accumulation des poids.

Pour tout sous-bloc $b_{SC1}, b_{SC2}, \dots$, on met en œuvre les étapes suivantes :

- pour chaque vecteur mouvement du sous-bloc, on met à jour l'image de prédiction, pour ab égal à tl , tr , bl puis br . Pour tout x dans le sous-bloc :
 - on accumule la valeur $w_{ab}(x)*P(x)$ aux points $RI(x + v_{ab})$: $RI(x + v_{ab}) += w_{ab}(x)*P(x)$,
 $P(x)$ étant la prédiction au point x du sous-bloc ;
 - on accumule la valeur $w_{ab}(x)$ aux points $RW(x + v_{ab})$:
 $RW(x + v_{ab}) += w_{ab}(x)$.

Les poids w_{ab} utilisés lors de la compensation du mouvement avant peuvent prendre la valeur des poids utilisés dans une compensation de mouvement en arrière, mais aussi des valeurs différentes. En particulier, leurs valeurs peuvent différer et être adaptatives par bloc. Par exemple, cette adaptation peut être dépendante de la similitude des vecteurs mouvement de contrôle.

L'image de prédiction est alors normalisée : pour tout point x dans l'image :

- si $RW(x)$ est différent de 0, on divise $RI(x)$ par $RW(x)$:
 $RW(x) \neq 0$ alors $RI(x) /= RW(x)$;
- sinon, $RI(x)$ est mis à une valeur prédéfinie UNDEF, par exemple

la valeur 0.

Optionnellement, les valeurs non définies, pour lesquelles $RW(x)$ est égal à 0, sont modifiées, afin d'avoir une valeur plus probable par rapport à leur voisinage. Cette dernière étape peut être réalisée de différentes façons, par exemple en définissant pour toute valeur non définie la valeur du point y le plus proche dans l'image de prédiction ayant une valeur correctement définie (c'est-à-dire $RW(y)$ différent de 0).

On détermine de cette façon une prédiction des blocs de l'image courante I_C .

10 5.3 Codage

On décrit ci-après en relation avec la figure 1B, les principales étapes de codage, mises en œuvre dans un codeur vidéo de type H.264 par exemple. En particulier, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre de diverses manières, notamment sous forme câblée ou sous forme logicielle.

15 Comme illustré en figure 1B, le procédé de codage selon l'invention comprend une étape de codage 11 d'au moins un bloc b_C d'une image courante I_C d'une séquence d'images, mettant en œuvre une prédiction par compensation en mouvement telle que décrite précédente en relation avec la figure 1A.

On détermine de cette façon une prédiction d'au moins un bloc de l'image courante I_C , encore appelé bloc prédit $\hat{b}_C$.

On détermine ensuite, classiquement, un résidu d'erreur de prédiction, correspondant à la différence entre le bloc de l'image courante et le bloc prédit $\hat{b}_C$.

25 Finalement, au cours d'une étape 12, on insère dans un signal représentatif de la séquence d'images des informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C .

Par exemple, ces informations de reconstruction prennent la forme d'indicateurs de connexion, représentatifs d'un mouvement entre le bloc b_C et au moins un bloc voisin, ou comprennent directement les vecteurs de contrôle pour le bloc b_C .

On insère également dans le signal les résidus d'erreur de prédiction, qui pourront être utilisés par le décodeur lors de la reconstruction de la séquence d'image.

Le signal représentatif de la séquence d'images peut alors être transmis,
5 et/ou stocké sur un support d'enregistrement.

5.3 *Signal*

Une fois codées, les images de la séquence sont transmises à un décodeur.

On insère de plus dans ce signal des informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C . Par exemple, ces informations de
10 reconstruction comprennent les indicateurs `flag_lc` et `flag_tc`.

Selon le mode de réalisation, on insère également dans le signal les résidus d'erreur de prédiction, et notamment le résidu de prédiction du vecteur mouvement v , qui seront utilisés par le décodeur lors de la reconstruction de la séquence d'image.

15 Il est également possible d'insérer un indicateur précisant le nombre de découpage qu'a subi le bloc b_C au niveau du codeur. On s'assure de cette façon que le découpage effectué lors de la prédiction par le codeur est identique au découpage effectué lors de la prédiction par le décodeur.

5.4 *Décodage*

20 On présente désormais en relation avec la figure 6 les principales étapes de décodage, mises en œuvre dans un décodeur vidéo de type H.264 par exemple.

Le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre de diverses manières, notamment sous forme câblée ou sous forme logicielle.

On suppose que le décodeur reçoit un signal représentatif d'une séquence
25 d'images, codée par exemple selon le procédé de codage décrit précédemment.

Plus précisément, comme illustré en figure 6, le procédé de décodage selon l'invention comprend une étape 61 de reconstruction d'au moins une image de la séquence, à partir d'une prédiction de l'image à reconstruire et une étape d'obtention 62 d'informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour au
30 moins un bloc donné b_C de l'image à reconstruire ou d'une image de référence.

Selon cet exemple, on met en œuvre les étapes suivantes, pour au moins le bloc donné b_C de l'image à reconstruire ou d'une image de référence :

- détermination 611 d'une pluralité de vecteurs de contrôle vb_C pour le bloc b_C , représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique du bloc b_C et sa position correspondante dans l'image de référence ou dans l'image à reconstruire, à partir des informations de reconstruction ;
- au moins un découpage 612 du bloc b_C en sous-blocs b_{SC1} , b_{SC2} , etc ;
- détermination 613 d'une pluralité de vecteurs de contrôle vb_{SC1} , vb_{SC2} , etc pour les sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour le bloc ;
- détermination 614 d'une valeur de prédiction pour au moins un pixel de l'image à reconstruire, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un des sous-blocs, effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour le sous-bloc.

On détermine de cette façon une prédiction d'au moins un bloc de l'image à reconstruire, encore appelé bloc prédit $\hat{b}_C$.

On ajoute ensuite, classiquement, le résidu d'erreur de prédiction déterminé au codage au bloc prédit, de façon à déterminer un bloc reconstruit de l'image à reconstruire.

Les étapes de détermination 611 d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour le bloc, découpage 612 du bloc en sous-blocs, détermination 613 d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, détermination 614 d'une valeur de prédiction pour au moins un pixel de l'image à reconstruire sont similaires à celles mises en œuvre au codage, et ne sont donc pas décrites plus en détails.

En particulier, on peut noter que l'étape de détermination 611 d'une pluralité de vecteurs de contrôle vb_C pour le bloc b_C tient compte des informations de reconstruction obtenues au cours de l'étape 62.

Selon une première variante, ces informations de reconstruction prennent la forme d'au moins un indicateur de connexion, inséré dans le signal représentatif de la séquence d'image au codeur. Par exemple, ces informations de

reconstruction comprennent l'indicateur flag_tc et l'indicateur flag_lc.

Selon une deuxième variante, ces informations de reconstruction prennent la forme des vecteurs de contrôle pour le bloc b_C , directement transmis dans le flux.

5 5.5 *Inversion du mouvement*

Comme indiqué précédemment, la technique proposée permet de coder/décoder la séquence d'images en utilisant des projections avant et/ou arrière.

Ainsi, le mouvement défini sur les blocs peut être inversé et permettre de
10 réaliser un processus de codage/décodage par projection en avant (les vecteurs mouvement sont définis sur une image de référence) d'informations (prédiction dans l'image courante de valeurs de texture, de mouvement, ou de toute autre information utile, comme par exemple une information de profondeur pour un codeur vidéo 3D codant des informations de profondeur).

15 L'image reconstruite par inversion de mouvement est réalisée par l'intermédiaire du découpage en sous-blocs décrit précédemment. Cette image reconstruite peut être utilisée au codeur et/ou au décodeur.

5.6 *Structures du codeur et du décodeur*

On présente finalement, en relation avec les figures 7 et 8, les structures
20 simplifiées d'un dispositif de codage et d'un dispositif de décodage mettant respectivement en œuvre en œuvre une technique de codage et une technique de décodage telles que décrites ci-dessus.

Un dispositif de codage tel qu'illustré en figure 7 comprend une mémoire
71 comprenant une mémoire tampon, une unité de traitement 72, équipée par
25 exemple d'un microprocesseur μP , et pilotée par le programme d'ordinateur 73, mettant en œuvre le procédé de codage selon l'invention.

A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur 73
sont par exemple chargées dans une mémoire RAM avant d'être exécutées par le
processeur de l'unité de traitement 72. L'unité de traitement 72 reçoit en entrée au
30 moins une image à coder ou un bloc d'une image à coder. Le microprocesseur de

l'unité de traitement 72 met en œuvre les étapes du procédé de codage décrit précédemment, selon les instructions du programme d'ordinateur 73, pour déterminer une prédiction de l'image ou du bloc à coder, et coder le bloc ou l'image correspondante. Pour cela, le dispositif de codage comprend, outre la

5 mémoire tampon 71, des moyens de prédiction associant le bloc à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de la séquence et des moyens d'insertion, dans un signal représentatif de la séquence, d'informations de reconstruction des vecteurs de contrôle pour le bloc, les moyens de prédiction comprenant des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle

10 pour le bloc, des moyens de découpage du bloc en sous-blocs, des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, et des moyens de détermination d'une valeur de prédiction pour au moins un pixel de l'image courante. Ces moyens sont pilotés par le microprocesseur de l'unité de traitement 72.

15 Un dispositif de décodage tel qu'illustré en figure 8 comprend une mémoire 81 comprenant une mémoire tampon, une unité de traitement 82, équipée par exemple d'un microprocesseur μ P, et pilotée par le programme d'ordinateur 83, mettant en œuvre le procédé de décodage selon l'invention.

A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur 83

20 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement 82. L'unité de traitement 82 reçoit en entrée un signal représentatif d'une séquence d'images comprenant des informations pour la reconstruction des vecteurs de contrôle associés à au moins un bloc donné. Le microprocesseur de l'unité de traitement 82 met en œuvre les étapes du procédé

25 de décodage décrit précédemment, selon les instructions du programme d'ordinateur 83, pour déterminer une prédiction du bloc donné, et reconstruire l'image correspondante. Pour cela, le dispositif de décodage comprend, outre la mémoire tampon 81, des moyens de reconstruction d'au moins une image de ladite séquence et des moyens d'obtention d'informations de reconstruction de

30 vecteurs de contrôle pour au moins un bloc donné, les moyens de reconstruction

- comprenant des moyens de prédiction comprenant des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour le bloc, des moyens de découpage du bloc en sous-blocs, des moyens de détermination d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour les sous-blocs, des moyens de détermination d'une valeur de
- 5 prédiction pour au moins un pixel de l'image à reconstruire. Ces moyens sont pilotés par le microprocesseur de l'unité de traitement 82.

REVENDICATIONS

1. Procédé de codage d'une séquence d'images, comprenant une étape de codage d'au moins un bloc d'une image courante de ladite séquence, mettant en œuvre une prédiction (11) associant ledit bloc à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de ladite séquence,
- 5 caractérisé en ce que ladite prédiction (11) comprend les étapes suivantes, pour au moins un bloc donné de l'image courante ou de l'image de référence respectivement :
- détermination (111) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour ledit bloc,

10 représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique dudit bloc et une position correspondante dudit point caractéristique dans l'image de référence ou dans l'image courante respectivement ;

 - au moins un découpage (112) dudit bloc en sous-blocs ;
 - détermination (113) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour lesdits

15 sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour ledit bloc ;

 - détermination (114) d'une valeur de prédiction pour au moins un point de ladite image courante, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour ledit sous-bloc ;

20 et en ce que ledit procédé comprend une étape d'insertion (12), dans un signal représentatif de ladite séquence, d'informations de reconstruction desdits vecteurs de contrôle pour ledit bloc donné.

2. Procédé de codage selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites informations de reconstruction desdits vecteurs de contrôle comprennent au moins

25 un indicateur de connexion représentatif d'un mouvement entre ledit bloc donné et au moins un bloc voisin.

3. Procédé de codage selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits indicateurs de connexion comprennent :

 - un premier indicateur représentatif d'un mouvement entre ledit bloc donné

30 et le bloc situé au-dessus dudit bloc donné, entre l'image courante et

l'image de référence, et

- un deuxième indicateur représentatif d'un mouvement entre ledit bloc donné et le bloc situé à gauche dudit bloc donné, entre l'image courante et l'image de référence.

5 4. Procédé de codage selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits vecteurs de contrôle pour ledit bloc ou sous-bloc sont associés chacun à un sommet dudit bloc ou sous-bloc.

5. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou
10 exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 lorsque le programme est exécuté par un processeur.

6. Dispositif de codage d'une séquence d'images, comprenant des moyens de
15 codage d'au moins un bloc d'une image courante de ladite séquence, mettant en œuvre des moyens de prédiction (11) associant ledit bloc à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de ladite séquence, caractérisé en ce que lesdits moyens de prédiction (11) comprennent, pour au moins un bloc donné de l'image courante ou de l'image de référence
20 respectivement :

- des moyens de détermination (111) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour ledit bloc, représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique dudit bloc et une position correspondante dudit point caractéristique dans l'image de référence ou dans l'image courante
25 respectivement ;
- des moyens de découpage (112) dudit bloc en sous-blocs ;
- des moyens de détermination (113) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour lesdits sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour ledit bloc ;
- des moyens de détermination (114) d'une valeur de prédiction pour au
30 moins un point de ladite image courante, à partir d'une compensation en

- mouvement d'au moins un desdits sous-blocs effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour ledit sous-bloc ;

et en ce que ledit dispositif comprend des moyens d'insertion (12), dans un signal représentatif de ladite séquence, d'informations de reconstruction desdits vecteurs de contrôle pour ledit bloc donné.

7. Signal représentatif d'une séquence d'images codée selon le procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une information de reconstruction desdits vecteurs de contrôle pour ledit bloc donné.

8. Signal selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdites informations de reconstruction comprennent au moins un indicateur de connexion représentatif d'un mouvement entre ledit bloc donné et au moins un bloc voisin.

9. Support d'enregistrement portant au moins une séquence d'images sous la forme d'un signal, caractérisé en ce que la séquence d'images est codée selon le procédé de codage de l'une au moins des revendications 1 à 4.

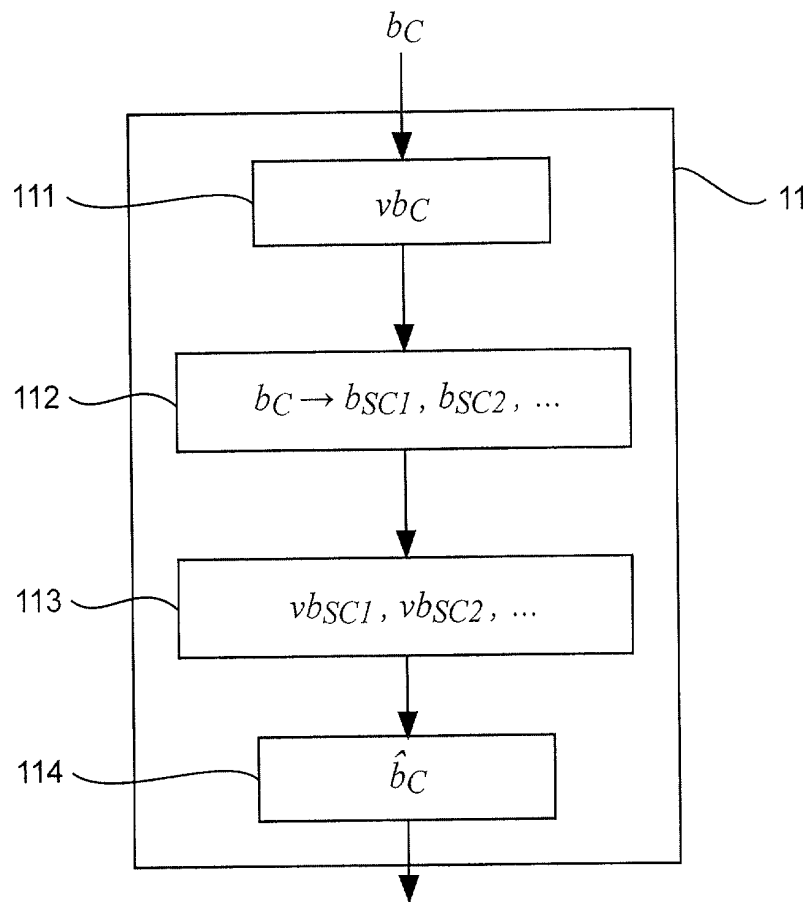
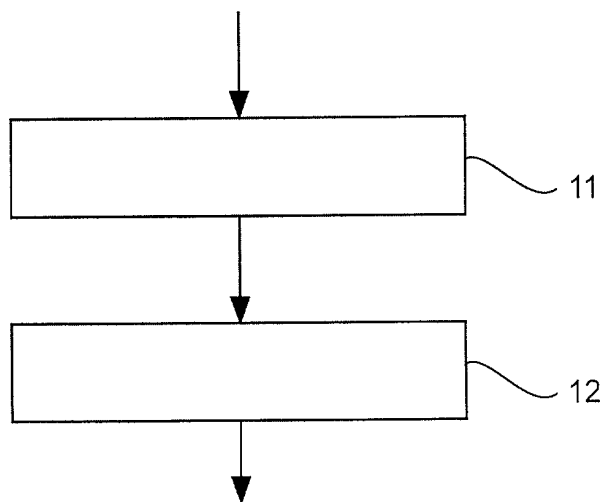
10. Procédé de décodage d'un signal représentatif d'une séquence d'images, comprenant une étape de reconstruction (61) d'au moins une image de ladite séquence, à partir d'une prédiction de l'image à reconstruire, ladite prédiction associant un bloc de l'image à reconstruire à au moins un bloc correspondant dans une image de référence de ladite séquence, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'obtention (62) d'informations de reconstruction de vecteurs de contrôle pour au moins un bloc donné de l'image à reconstruire ou de l'image de référence respectivement, et en ce que ladite prédiction comprend les étapes suivantes, pour ledit bloc donné :

- détermination (611) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour ledit bloc, représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique dudit bloc et une position correspondante dudit point caractéristique dans l'image de référence ou dans l'image à reconstruire respectivement, à partir desdites informations de reconstruction ;
- au moins un découpage (612) dudit bloc en sous-blocs ;

- détermination (613) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour lesdits sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour ledit bloc ;
 - détermination (614) d'une valeur de prédiction pour au moins un point de ladite image à reconstruire, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs, effectuée à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour ledit sous-bloc.
- 5
- 11.** Procédé de décodage selon la revendication 10, caractérisé en ce que ladite étape d'obtention (62) comprend une étape d'extraction d'au moins un indicateur de connexion représentatif d'un mouvement entre ledit bloc donné et au moins un bloc voisin.
- 10
- 12.** Procédé de décodage selon la revendication 10, caractérisé en ce que ladite étape d'obtention (62) comprend une étape de réception desdits vecteurs de contrôle pour ledit bloc donné.
- 13.** Procédé de décodage selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de décision et/ou de paramétrage dudit découpage selon un critère prédéterminé appartenant au groupe comprenant :
- 15
- un nombre prédéfini de sous-blocs pour ledit bloc ;
 - une information de similitude entre lesdits vecteurs de contrôle ;
 - une taille dudit bloc ;
- 20
- un indicateur représentatif d'un nombre de découpage.
- 14.** Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 10 à 13 lorsque le programme est exécuté par un
- 25
- processeur.
- 15.** Dispositif de décodage d'un signal représentatif d'une séquence d'images, comprenant des moyens de reconstruction (61) d'au moins une image de ladite séquence, mettant en œuvre des moyens de prédiction de l'image à reconstruire,
- 30
- lesdits moyens de prédiction associant un bloc de l'image à reconstruire à au

moins un bloc correspondant dans une image de référence de ladite séquence, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'obtention (62) d'informations de reconstruction de vecteurs de contrôle pour au moins un bloc donné de l'image à reconstruire ou de l'image de référence respectivement,

- 5 et en ce que lesdits moyens de prédiction comprennent, pour ledit bloc donné :
- des moyens de détermination (611) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour ledit bloc, représentatifs chacun d'un déplacement entre un point caractéristique dudit bloc et une position correspondante dudit point caractéristique dans l'image de référence ou dans l'image à reconstruire
 - 10 respectivement, à partir desdites informations de reconstruction ;
 - des moyens de découpage (612) dudit bloc en sous-blocs ;
 - des moyens de détermination (613) d'une pluralité de vecteurs de contrôle pour lesdits sous-blocs, à partir des vecteurs de contrôle pour ledit bloc ;
 - des moyens de détermination (614) d'une valeur de prédiction pour au
 - 15 moins un point de ladite image à reconstruire, à partir d'une compensation en mouvement d'au moins un desdits sous-blocs, effectuée, à partir des vecteurs de contrôle déterminés pour ledit sous-bloc.

1/6Fig. 1AFig. 1B

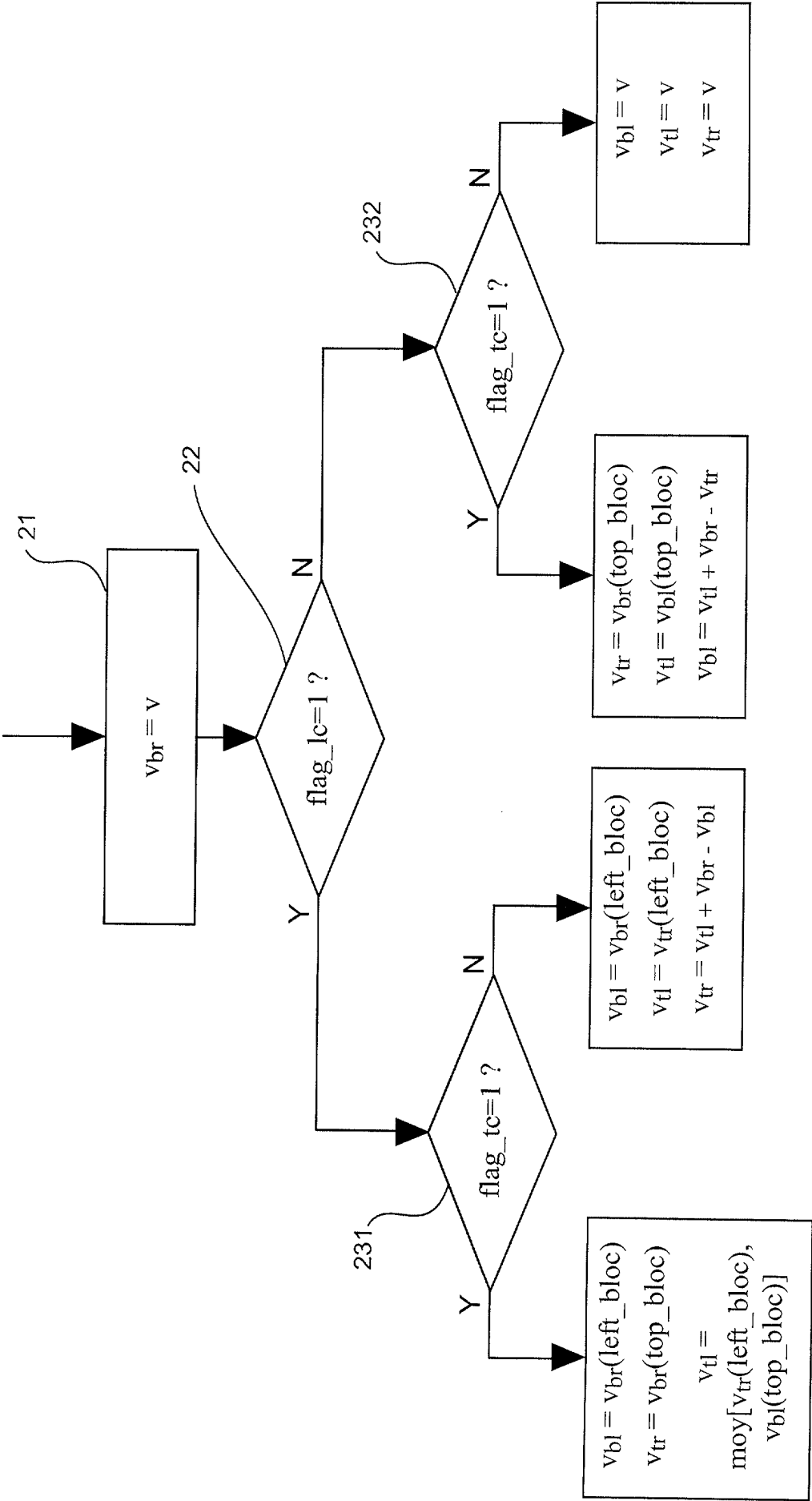
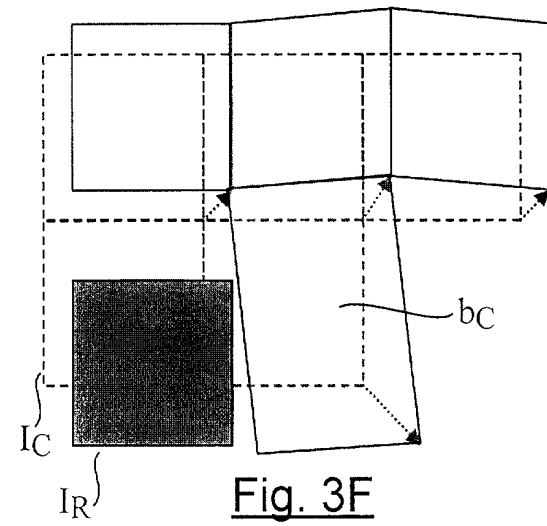
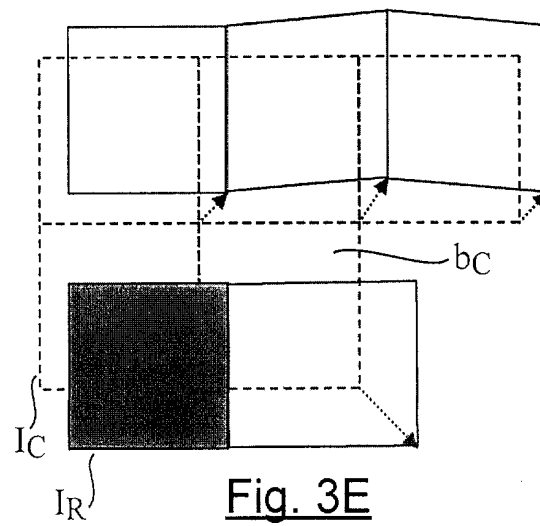
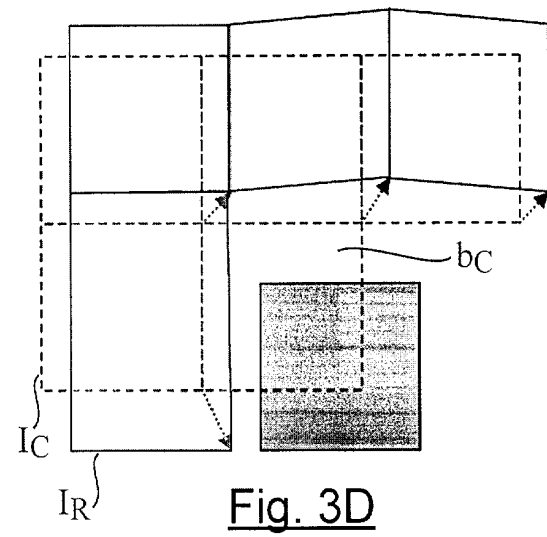
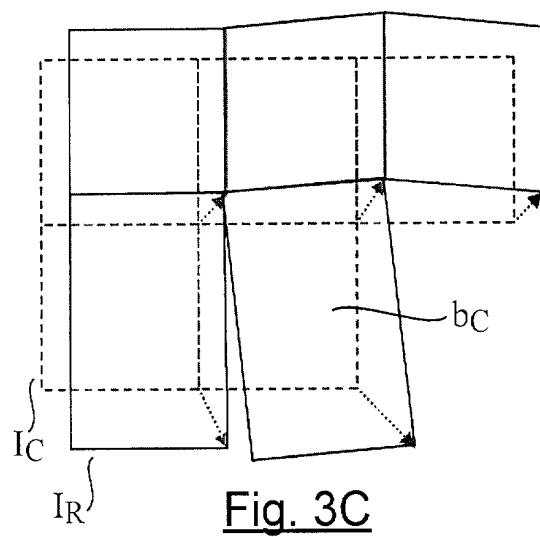
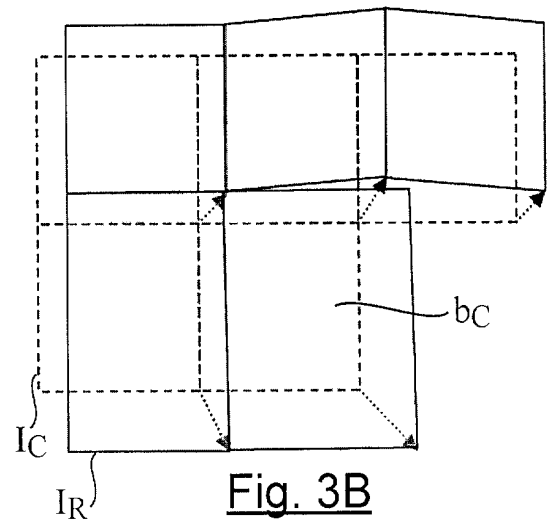
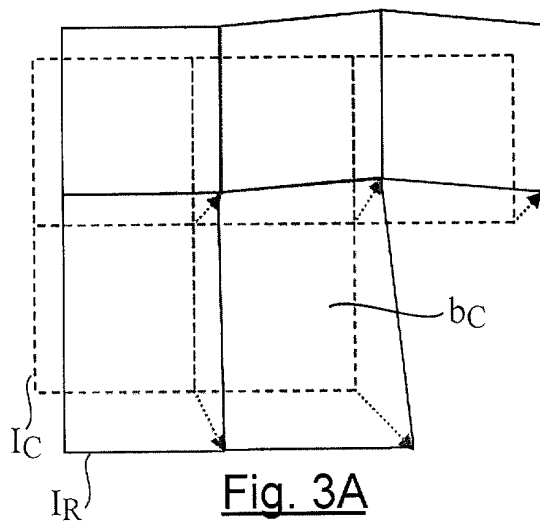
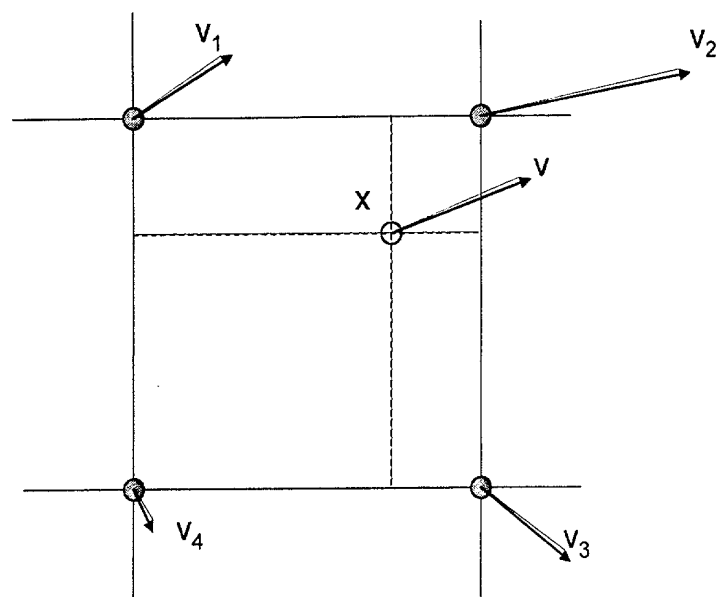
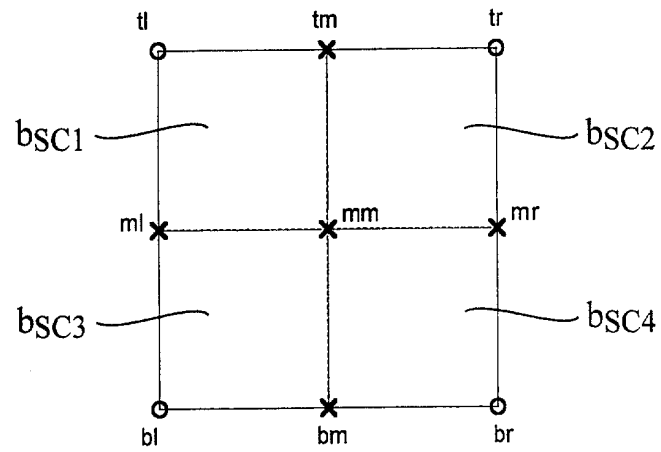
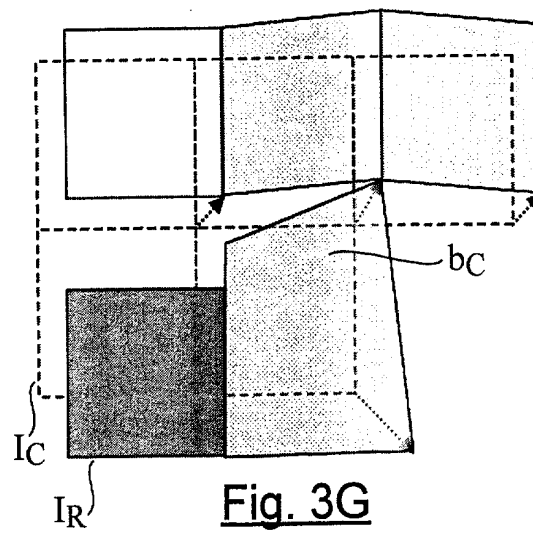


Fig. 2

3/6



4/6



5/6

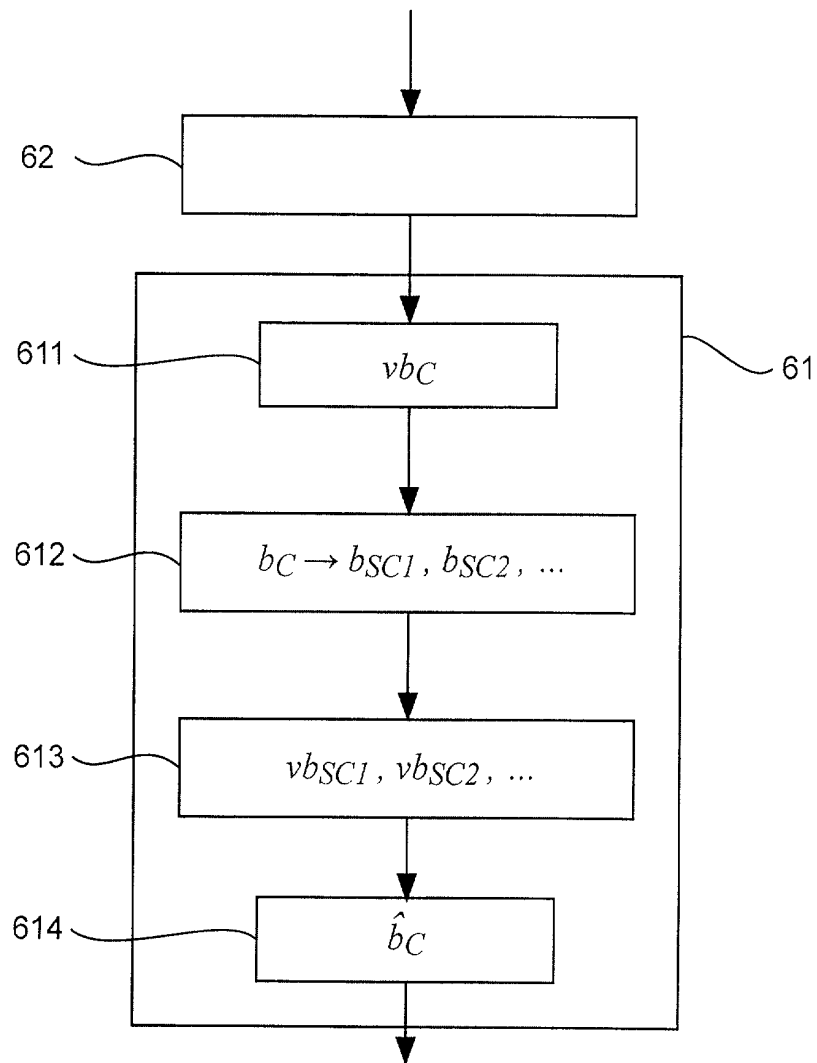


Fig. 6

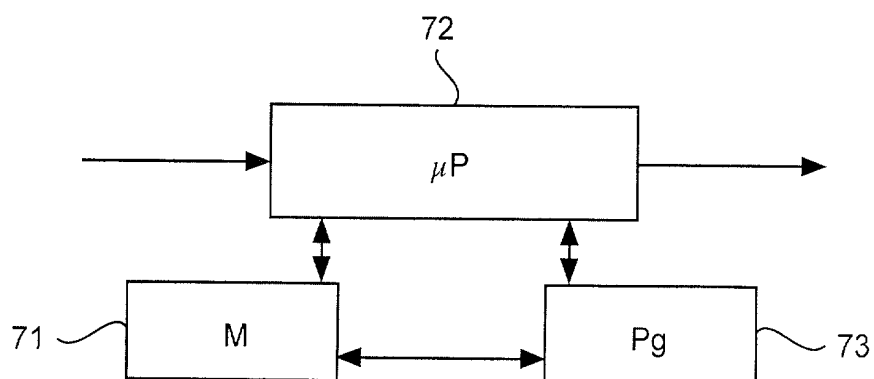
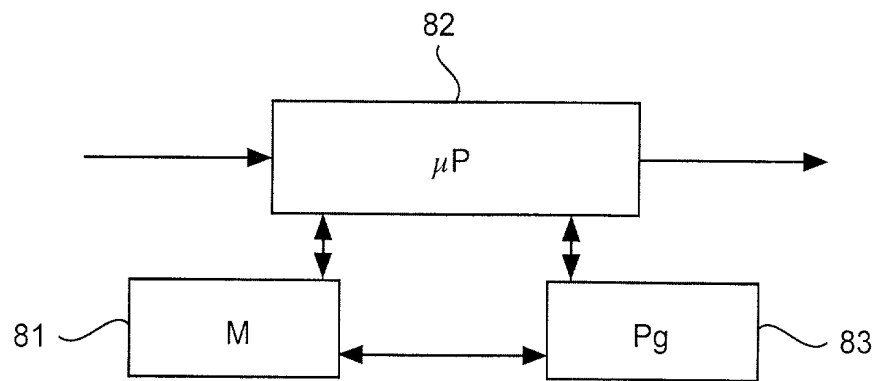


Fig. 7

6/6

Fig. 8



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 711520
FR 0854465

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 6 058 212 A (YOKOYAMA YUTAKA [JP]) 2 mai 2000 (2000-05-02) * colonne 2 *	1-15	H04N7/26 H04N7/32 H04N5/445
A,D	----- PRAKASH ISHWAR ET AL: "On Spatial Adaptation of Motion-Field Smoothness in Video Coding" IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 10, no. 6, 1 septembre 2000 (2000-09-01), XP011014098 ISSN: 1051-8215 * page 981, colonne de droite, alinéa II.C - page 982 * -----	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H04N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 février 2009		Raeymaekers, Peter	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

