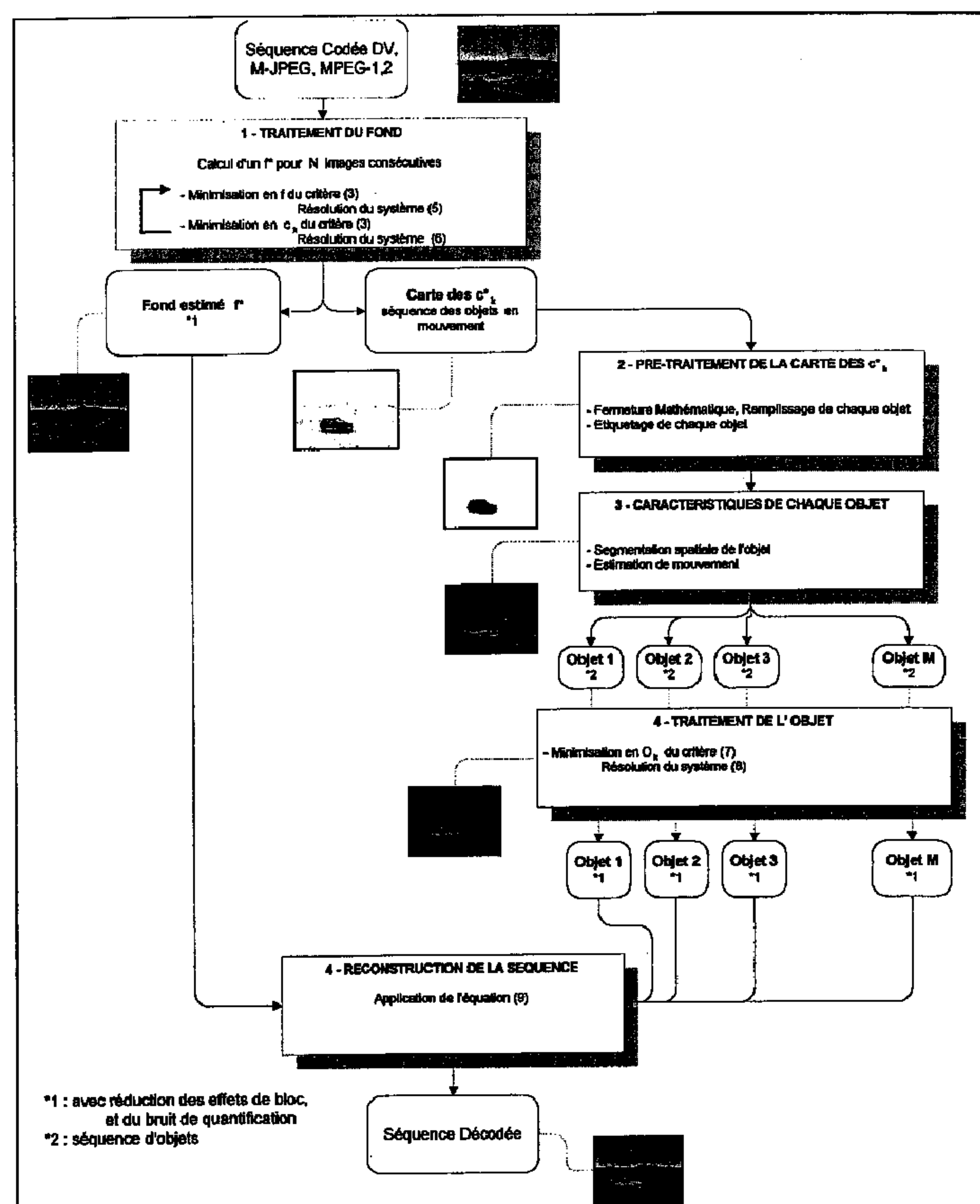




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2000/06/09
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2000/12/21
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2007/08/14
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2001/12/07
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2000/001613
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2000/078052
(30) Priorité/Priority: 1999/06/11 (FR99/07443)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H04N 7/30* (2006.01),
G06T 9/00 (2006.01), *H04N 7/26* (2006.01),
H04N 7/36 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
BARLAUD, MICHEL, FR;
ANTONINI, MARC, FR;
JUNG, JOEL, FR
(73) Propriétaire/Owner:
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE-CNRS, FR
(74) Agent: GOWLING LAFLEUR HENDERSON LLP

(54) Titre : DECODEUR VIDEO OPTIMAL BASE SUR LES STANDARDS DE TYPE MPEG
(54) Title: OPTIMAL VIDEO DECODER BASED ON MPEG-TYPE STANDARDS



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé de décompression d'images animées compressées par une méthode comportant un traitement des images par blocs et comprenant une étape de recomposition des données numérisées définissant des formes prédéfinies, une

(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

étape de modélisation du mouvement desdites formes utilisant un processus de prédiction, d'interpolation et de compensation temporelle, une étape de composition de l'image à partir des éléments reconstruits, du type Motion-JPEG, ou MPEG, caractérisé en ce que l'étape de recomposition des formes comporte un processus de séparation des formes fixes des formes mobiles, un processus d'enregistrement des données numériques correspondant aux formes fixes traitées par un filtre indissociable des processus mis en oeuvre dans l'étape de recomposition dans une première mémoire spécifique et des données numériques correspondant aux formes mobiles dans une deuxième mémoire spécifique.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
21 décembre 2000 (21.12.2000)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 00/78052 A3(51) Classification internationale des brevets⁷: H04N 7/30,
7/36(71) Déposant: CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE -CNRS- [FR/FR]; 3,
rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/01613

(72) Inventeurs: BARLAUD, Michel; 582, chemin de la Colle,
F-06560 Valbonne (FR). ANTONINI, Marc; 98, Corniche
Fleurie, "Azur Sea", F-06200 Nice (FR). JUNG, Joël; 70,
rue Desnos, F-06600 Antibes (FR).

(22) Date de dépôt international: 9 juin 2000 (09.06.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(74) Mandataires: BREESE, Pierre etc.; Breese-Majerowicz,
3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:

99/07443

11 juin 1999 (11.06.1999)

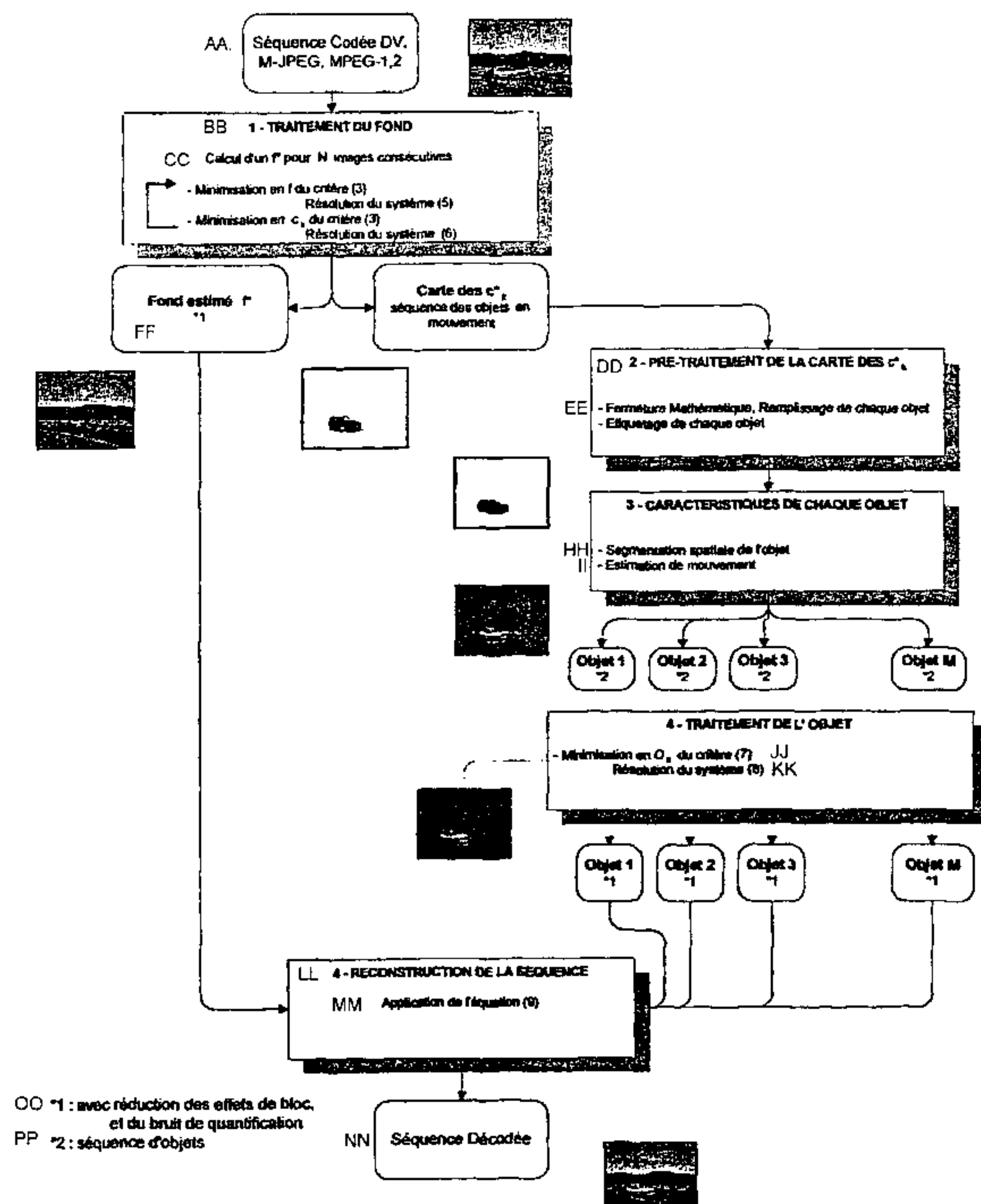
FR

(81) États désignés (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTIMAL VIDEO DECODER BASED ON MPEG-TYPE STANDARDS

(54) Titre: DECODEUR VIDEO OPTIMAL BASE SUR LES STANDARDS DE TYPE MPEG

OO "1": avec réduction des effets de bloc,
et du bruit de quantification
PP "2": séquence d'objetsAA...DV, M-JPEG, -1, 2 CODED SEQUENCE
BB...1-BACKGROUND PROCESSING
CC...COMPUTING A FUNCTION FOR N
CONSECUTIVE IMAGES
MINIMISING IN F CRITERIA (3)
RESOLUTION OF SYSTEM (5)
MINIMISING IN C* OF CRITERIA (3)
RESOLUTION OF SYSTEM (6)
DD...2-PRE-PROCESSING OF C*K CARD
EE...MATHEMATICAL CLOSURE FILLING
EACH OBJECT
LABELLING EACH OBJECT
FF...ESTIMATED BACKGROUND
GG...C*K CARDS SEQUENCE OF
MOVING OBJECTS3-CHARACTERISTICS OF EACH OBJECT
HH...SPATIAL SEGMENTING OF OBJECT
II...ESTIMATING MOTION
OBJECT...OBJECT
4-PROCESSING OF OBJECT
JJ...MINIMISING IN O* OF CRITERIA (7)
KK...RESOLUTION OF SYSTEM (8)LL...4-RECONSTRUCTING SEQUENCE
MM...APPLYING EQUATION (9)
NN...DECODED SEQUENCE
OO...WITH REDUCTION OF BLOCK EFFECT,
AND OF QUANTIZATION NOISE
PP...SEQUENCE OF OBJECT

(57) Abstract: The invention concerns a method for decompressing compressed animated images by a method comprising a block image processing and comprising a step for reconstructing digital data defining predefined forms, a step for modelling the movement of said forms using a forecast, interpolation and time compensation procedure, a step for composing the image from the reconstructed elements, of the Motion-JPEG, or MPEG type. The invention is characterised in that the step reconstructing the forms comprises a process of separating still forms from mobile forms, a process of recording digital data corresponding to the processed still forms by a filter indissociable from the processes used in the reconstituting step in a first specific memory and digital data corresponding to mobile forms in a second specific memory.

(57) Abrégé: L'invention concerne un procédé de décompression d'images animées compressées par une méthode comportant un traitement des images par blocs et comprenant une étape de recombinaison des données numérisées définissant des formes prédéfinies, une étape de modélisation du mouvement desdites formes utilisant un processus de prédiction, d'interpolation et de compensation temporelle, une étape de composition de l'image à partir des éléments reconstruits, du type Motion-JPEG, ou MPEG, caractérisé en ce que l'étape de recombinaison des formes comporte un processus de séparation des formes fixes des formes mobiles, un processus d'enregistrement des données numériques correspondant aux formes fixes traitées par un filtre indissociable des processus mis en oeuvre dans l'étape de recombinaison dans une première mémoire spécifique et des données numériques correspondant aux formes mobiles dans une deuxième mémoire spécifique.

WO 00/78052 A3

WO 00/78052 A3



IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (*régional*): brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

22 mars 2001

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

DECODEUR VIDEO OPTIMAL BASE SUR LES STANDARDS
DE TYPE MPEG

L'invention concerne le domaine de l'affichage
d'images animées et en particulier la décompression de
5 données numériques comportant de telles images par des
méthodes optimisées.

Avec l'apparition des dernières technologies
numériques d'une part, et le besoin sans cesse croissant de
vitesse et d'espace de stockage d'autre part, la
10 compression est devenue incontournable pour les
applications grand public. Citons à titre d'exemples les
appareils-photos numériques, qui codent les images en JPEG,
les caméscopes numériques, qui compressent les séquences au
format DV, un dérivé de M-JPEG, ou encore la télévision
15 numérique et le DVD, qui ont adopté le format de
compression MPEG-2, sans oublier bien sûr le réseau
Internet, où images et séquences transitent compressées.

Dans certains cas, l'utilisateur exige une
qualité irréprochable (photos, caméscopes), ce qui implique
20 des taux de compression très bas. Dans d'autres cas, les
temps de transfert excessifs interdisent une qualité
convenable. C'est pourquoi il est nécessaire d'améliorer le
décodage des séquences pour permettre, soit une meilleure
qualité à débit équivalent, soit un débit plus faible, à
25 qualité égale ou supérieure.

Différentes normes de compression des images
animées ont été proposées, mais seule la norme MPEG s'est
véritablement imposée. Cette norme de compression et de
décompression des séquences animées entraîne l'apparition
30 d'effets de bloc.

Par exemple le brevet européen EP539833
concerne un procédé destiné à produire une représentation
de données vidéo compressées qui peuvent être affichées
après décompression sur un écran vidéo suivant une
35 multiplicité d'échelles hiérarchiques de résolutions

d'images et/ou de qualité, comprenant les étapes consistant à :

- 5 - fournir des signaux de données d'éléments d'image vidéo indicatifs d'unités de blocs dans l'espace ou macro-blocs, lesdits macro-blocs se voyant associer des informations concernant les données d'images compressées et un ensemble d'attributs de codage, comprenant des décisions de codage, des vecteurs de compensation de mouvement, et des paramètres de quantification, et
- 10 - produire pour chacun desdits macro-blocs, un macro-bloc mis à l'échelle correspondant pour chaque échelle de ladite multiplicité de sorte que les mêmes attributs de codage soient partagés par lesdits macro-blocs mis à l'échelle.
- 15 Des méthodes permettant de corriger les erreurs de décompression ont été proposées dans l'art antérieur. Ces méthodes concernent essentiellement des techniques utilisées après la décompression des images proprement dite et ralentissant ladite décompression. Ces méthodes ne
- 20 prennent pas en compte le quantificateur et ne permettent pas de conserver la trame binaire après recompression, ce qui a pour effet de dégrader la qualité de l'image à chaque compression. Un objectif de l'invention est de proposer un procédé améliorant la qualité de l'image pendant la
- 25 décompression.
- L'invention concerne un procédé de décompression d'images animées compressées par une méthode comportant un traitement des images par blocs et comprenant une étape de recomposition des données numérisées
- 30 définissant des formes prédéfinies, une étape de modélisation du mouvement desdites formes utilisant un processus de prédiction, d'interpolation et de compensation temporelle, une étape de composition de l'image à partir des éléments reconstruits, du type Motion-JPEG, ou MPEG.
- 35 L'étape de recomposition des formes comporte un processus

de séparation des formes fixes des formes mobiles, un processus d'enregistrement des données numériques correspondant aux formes fixes traitées par un filtre indissociable des processus mis en œuvre dans l'étape de
5 recomposition dans une première mémoire spécifique et des données numériques correspondant aux formes mobiles dans une deuxième mémoire spécifique.

Avantageusement, le filtre numérique est irréductible et ne comporte pas de filtres dissociables. Le
10 filtre élimine dans une variante les effets de bloc sur l'image de fond. Il peut effectuer une régularisation de l'image de fond. De manière avantageuse, on mémorise l'intervalle de quantification utilisé lors de la compression de l'image de fond et on effectue une
15 projection sur l'intervalle de quantification.

Dans une variante, la reconstruction des éléments utilise des paramètres de quantification définis préalablement par le codeur, lors de la compression des images. Ces paramètres sont liés aux moyens de prises de
20 vue des images et permettent d'adapter la décompression en fonction de ces moyens. Ceci permet de tenir compte des caractéristiques de compression et d'améliorer la décompression des images. Dans une variante, les paramètres de quantification sont définis par la fonction de transfert
25 des moyens d'acquisition et de mémorisation des images animées.

Avantageusement, un second filtre numérique sépare et identifie les éléments mobiles en objets mobiles se déplaçant dans une séquence, selon l'évolution de
30 critères numériques prédéterminés, tels que la géométrie des objets mobiles, le mouvement des objets mobiles, ou la segmentation spatiale des objets mobiles. On peut également effectuer un moyennage temporel avec compensation du mouvement sur chaque objet identifié. Le filtre élimine
35 dans une variante les effets de bloc sur les objets.

Suivant ce procédé on peut également effectuer une régularisation sur les objets identifiés.

5 Avantageusement, on mémorise l'intervalle de quantification ayant servi à compresser la séquence animée et on effectue une projection sur l'intervalle de quantification. Lors de l'affichage, on superpose les objets mobiles et la représentation moyenne dans le temps des images fixes.

10 De manière préférentielle, on mémorise séparément les paramètres spécifiques à chaque objet identifié afin d'effectuer un traitement différent sur chaque objet.

15 L'invention concerne également un dispositif de décompression d'images animées compressées par une méthode comportant un traitement des images par blocs et comprenant une étape de recomposition des données numérisées définissant des formes prédéfinies, une étape de modélisation du mouvement desdites formes utilisant des moyens de prédiction, d'interpolation et de compensation
20 temporelle, une étape de composition de l'image à partir des éléments reconstruits, du type Motion-JPEG, ou MPEG. Il comporte des moyens de séparation des formes fixes des formes mobiles, et des moyens d'enregistrement des données numériques correspondant aux formes fixes traitées par un
25 filtre indissociable des moyens mis en œuvre dans l'étape de recomposition dans une première mémoire spécifique et des données numériques correspondant aux formes mobiles dans une deuxième mémoire spécifique.

30 Ce dispositif comporte avantageusement des moyens de filtrage numérique irréductibles, qui ne peuvent être décomposés en une séquence de filtres indépendants les uns des autres.

 De manière préférentielle, il comporte des moyens de mémorisation du type d'images compressées.

Dans une variante, ce dispositif comprend un support amovible et peut être constitué par une puce indépendante ou une carte graphique insérable dans un ordinateur. Ce dispositif peut également être inséré de
5 manière indissociable dans un ordinateur ou dans tout type d'appareil électronique permettant d'afficher des images.

Ce dispositif peut également être constitué par un module logiciel indépendant des logiciels présents dans la mémoire d'un calculateur.

10 L'invention consiste en un procédé de décodage pour réduire à la fois les effets de bloc et les défauts liés à une dégradation du support de la séquence.

Cette méthode traite le problème spatialement et temporellement, pour obtenir une amélioration
15 significative de qualité de la séquence, et repose sur deux idées :

- traiter simultanément les problèmes de suppression de blocs et de segmentation du mouvement,
- intégrer la notion d'objet, afin de permettre
20 une approche différente pour le traitement du fond et de chaque objet.

De plus, cette méthode présente la particularité de traiter efficacement le problème des "drop-out", quel que soit le format de la séquence
25 originale : les blocs d'image perdus à l'acquisition par la caméra, ou lors de la transmission sont parfaitement restitués; les défauts tels que rayures, fils, sur films numérisées sont supprimés. D'autre part, il est possible d'intégrer au processus de décodage la prise en compte de
30 la fonction de transfert de l'objectif de la caméra, ou du projecteur, pour obtenir une restitution plus fidèle. Enfin, le schéma proposé reste valide dans le cadre du décodage MPEG-4.

La méthode proposée utilise une approche objet,
35 par l'intermédiaire de deux étapes distinctes. Tout

d'abord, le fond de la séquence est isolé et les effets de bloc y sont supprimés. Les objets sont peu à peu isolés du fond en bénéficiant de sa représentation plus précise à chaque étape. Ensuite, chaque objet est traité
 5 indépendamment, selon ses propres caractéristiques, puis finalement projeté sur l'image de fond estimée, pour reconstruire la séquence.

La figure 1 représente les étapes de ce procédé.

10 Une première étape (1) consiste à effectuer une estimation et un traitement du fond de l'image, ainsi qu'à identifier les éléments en mouvement. Une carte de ces éléments en mouvement est transmise aux moyens de traitement de ces éléments.

15 L'étape (2) consiste à effectuer un pré-traitement de cette carte en étiquetant et en complétant chaque élément.

20 L'étape (3) consiste à effectuer une segmentation spatiale des différents éléments permettant d'identifier les différents objets en mouvement. Cette étape permet également d'estimer ce mouvement, et de réaliser le suivi des objets au cours de la séquence.

L'étape (4) traite spécifiquement chaque objet identifié suivant les méthodes explicitées ci-dessous.

25 L'étape (5) consiste en la reconstruction de la séquence qui permet d'obtenir la séquence décodée.

30 L'estimation du fond est considérée comme un problème inverse. Soit p_k N images de la séquence MPEG ou M-JPEG contenant les effets de bloc. On trouve simultanément le fond estimé, et la séquence des objets en mouvement, appelée c_k .

On souhaite $c_k=0$ si le point appartient à un objet en mouvement, sinon $c_k=1$. On cherche

$$f^* = \operatorname{argmin}(J_\lambda)$$

35 avec comme critère

$$J_{\lambda}(f, c_1, \dots, c_N) = J_1(f, c_1, \dots, c_N) + \lambda^2 J_2(f) + \gamma^2 J_3(c_k)$$

avec

$$J_1(f, c_1, \dots, c_N) = \sum_{k=1}^N \int_{\Omega} c_k^2 (f - p_k)^2 + \alpha_c \sum_{k=1}^N \int_{\Omega} (c_k - 1)^2$$

qui réalise une segmentation spatio-temporelle en utilisant
5 N images consécutives de la séquence, et

$$J_2(f) = \int_{\Omega} \varphi_1(\|\nabla f\|), \quad (1)$$

$$J_3(c_k) = \int_{\Omega} \varphi_2(\|\nabla c_k\|) \quad (2)$$

les termes de régularisation contenant les a-
priori sur la solution. φ_1 et φ_2 sont des fonctions
10 potentiel qui préservent les discontinuités dans l'image.
Le paramètre α_c détermine l'importance que l'on accorde au
fond : plus α_c est petit, plus il y a d'objets en mouvement
détectés.

Concernant $J_1(f)$, si p_k est éloigné de
15 l'estimée courante f , c_k devra être petit : on se trouve
sur un objet qui se déplace.

Ceci constitue un type d'approche classique
pour la segmentation spatio-temporelle des séquences.
Cependant, cette méthode n'agit pas sur les effets de bloc
20 issus de la DCT, et ne considère pas les caractéristiques
du codeur. Le traitement spécifique à l'invention permet de
répondre à ce problème.

Pour prendre en compte le quantificateur et
supprimer simultanément les effets de bloc lors de
25 l'extraction du fond f , on minimise le nouveau critère :

$$J(f, c_1, \dots, c_N) = J_1(f, c_1, \dots, c_N) + \lambda_1^2 J_2(f) + \gamma_1^2 J_3(f) + \eta_1^2 J_4(f) + \mu_1^2 J_5(f) \quad (3)$$

avec

$$J_4(f) = \int_{\Omega} \Psi\left(\frac{|Rf|}{\delta}\right) \quad (4)$$

30 où R est la transformée en ondelettes, Ψ une fonction
potentiel, et δ un seuil dépendant de l'amplitude des

effets de bloc. La valeur de η_1 précise quels sont les coefficients d'ondelettes à seuiller. Un seuillage doux dans le domaine spatio-fréquentiel des ondelettes est réalisé.

5 La connaissance précise de la matrice de quantification utilisée lors du codage permet de restreindre chaque pixel de la séquence reconstruite dans un intervalle qui correspond à l'intervalle de quantification

10 La quantification est une opération de discrétisation qui transforme un ensemble continu de valeurs d'échantillons en un ensemble discret. Elle peut être effectuée sur un seul échantillon à la fois (quantification scalaire) ou sur plusieurs échantillons regroupés en blocs (quantification vectorielle). La
15 contrainte correspondant à cette projection est :

$$J_5(f) = \frac{1}{4} \int_{\Omega} \left(\left| Df - p_k + \frac{q}{2} \right| - Df + p_k - \frac{q}{2} \right)^2 + \frac{1}{4} \int_{\Omega} \left(\left| Df - p_k - \frac{q}{2} \right| - Df - p_k + \frac{q}{2} \right)^2$$

avec D l'opérateur DCT, p_k le coefficient DCT quantifié, q le pas de quantification au pixel considéré.

20 La solution f^* optimale à ce problème de minimisation est trouvée pour $\frac{\partial J_{\lambda}}{\partial f} = 0$, équivalent à :

$$\sum_{k=1}^N c_k^2 (f - p_k) - \lambda_1^2 \operatorname{div} \left(\frac{\phi_1'(|\nabla f|)}{|\nabla f|} \nabla f \right) + \eta_1^2 R^T \frac{\Psi'(|Rf|/\delta)}{|Rf|/\delta} Rf + \mu_1^2 D^T \kappa(f) = 0 \quad (5)$$

$$\text{avec } \kappa(f) = \begin{cases} Df - p_k + \frac{q}{2} & \text{si } Df < p_k - \frac{q}{2} \\ Df - p_k - \frac{q}{2} & \text{si } Df > p_k + \frac{q}{2} \\ 0 & \text{si } Df \in \left[p_k - \frac{q}{2}; p_k + \frac{q}{2} \right] \end{cases}$$

25 Les cartes d'objets c_k optimales sont obtenues

pour $\frac{\partial J_{\lambda}}{\partial c_k} = 0$, ce qui donne l'équation :

$$\sum_{k=1}^N c_k (f - p_k)^2 + \alpha_c \sum_{k=1}^N (c_k - 1) - \gamma_1^2 \operatorname{div} \left(\frac{\phi_1'(|\nabla c_k|)}{|\nabla c_k|} \nabla c_k \right) = 0 \quad (6)$$

La solution du problème est donnée par la réalisation de deux optimisations successives :

La minimisation de (5) en f , pour c_k donné $\rightarrow f^*$

5 La minimisation de (6) en c_k , pour f^* donné $\rightarrow c_k^*$

On itère alors ces deux optimisations en recherchant un nouveau fond f^* , puis de nouveaux c_k^* , jusqu'à convergence de la solution.

10 La résolution du critère est effectuée par un algorithme de résolution semi-quadratique décrit dans l'article "*Deterministic Edge-Preserving Regularization in Computed Imaging*", *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 5, No. 12, Février 1997., basé sur des minimisations alternées. D'autres méthodes peuvent être utilisées.

15 Ce nouveau critère supprime donc les effets de bloc sur le fond, et réalise simultanément la segmentation des objets en mouvement.

Ce critère fournit une séquence de cartes d'éléments en mouvement. Afin de pouvoir traiter chaque élément séparément, il va falloir les isoler spatialement les uns des autres. Cependant, plus les effets de bloc sont nombreux dans la séquence originale, plus les cartes de c_k présentent des informations fausses ou de mauvaise qualité. Par exemple, un bloc DCT dont l'intensité change d'une image sur l'autre pourra être considéré comme un objet en mouvement. Quelques pré-traitements sont donc nécessaires avant d'isoler chaque élément :

20 - Seuillage de la carte des c_k . Les valeurs dont l'intensité est inférieure à un seuil donné sont ramenés à 0, les autres à 1.

30 - Fermeture mathématique et remplissage de chaque objet. On réalise une fermeture mathématique, c'est à dire une dilatation suivie d'une érosion, par un élément

structurant de taille $n \times n$, de manière préférentielle avec $n=3$. Le remplissage de l'élément se fait par une méthode classique de parcours d'image. D'autres méthodes peuvent être utilisées, comme les contours géodésiques actifs.

5 - Ouverture mathématique et suppression de certains objets. L'ouverture consiste à faire une érosion suivie d'une dilatation, pour supprimer les faux éléments provenant des blocs de la DCT. D'autres méthodes peuvent également être mises en œuvre.

10 A partir de ces c_k , il est possible d'étiqueter chaque élément, de les isoler les uns des autres et de les considérer comme des objets. Dorénavant, chaque traitement décrit sera réalisé indépendamment sur chaque objet.

15 Pour chaque objet de la séquence, on va déterminer certaines caractéristiques, qui vont permettre un traitement détaillé et adapté :

 - Evolution de la taille, hauteur et largeur moyenne, position, barycentre, dans la séquence.

20 - Informations de segmentation spatiale de l'objet. Il s'agit, pour un objet donné, de le segmenter spatialement, pour déterminer les différentes zones qu'il contient (discontinuités, zones homogènes...). Des méthodes classiques de segmentation spatiale d'images fixes peuvent être utilisées.

25 - Estimation de mouvement de l'objet, par des méthodes classiques de type "bloc-matching", ou flot optique. Cette estimation de mouvement fournit pour chaque objet, et pour chaque image i de la séquence, un vecteur mouvement $d = (dx_i, dy_i)$.

30 Maintenant que chaque objet est isolé, et que son mouvement est connu, on peut le traiter de manière adaptée, pour supprimer les effets de bloc qu'il contient. Cette phase peut être réalisée en parallèle sur chaque objet, pour optimiser la vitesse d'exécution.

35 Pour chaque objet, on cherche

$$O_k^* = \arg \min(J_{\lambda_2})$$

avec

$$J_{\lambda_2}(O_k) = J_1(O_k) + \lambda_2^2 J_2(O_k) + \eta_2^2 J_3(O_k) + \mu_2^2 J_4(O_k) \quad (7)$$

où :

- 5 • $J_1(O_k) = \sum_{i=-n}^n \int_{\Omega} (c_k - 1)^2 (O_k - p_{k+i}(x + dx_{k+i}, y + dy_{k+i}))^2$ réalise un moyennage temporel sur l'objet, avec compensation de mouvement. La valeur de n dépend des caractéristiques de l'objet, notamment de sa non-stationnarité. Plus l'objet évolue rapidement au cours du temps, plus n sera choisi petit.

- 10 • $J_2(O_k) = \int_{\Omega} (c_k - 1)^2 \varphi_3(\|\nabla O_k\|)$ régularise l'objet. λ_2 est adaptatif : il dépend de la segmentation spatiale choisie pour déterminer les différentes zones de l'objet, et permet de traiter l'objet de manière adaptée.

- 15 • $J_3(O_k) = \int_{\Omega} (c_k - 1)^2 \Psi\left(\frac{|RO_k|}{\delta}\right)$, supprime les effets de bloc sur l'objet.

- $J_4(O_k) = \frac{1}{4} \int_{\Omega} (c_k - 1)^2 \left(\left| DO_k - p_k + \frac{q}{2} \right| - DO_k + p_k - \frac{q}{2} \right)^2 + \frac{1}{4} \int_{\Omega} (c_k - 1)^2 \left(\left| DO_k - p_k - \frac{q}{2} \right| - DO_k - p_k + \frac{q}{2} \right)^2$ permet de restreindre chaque pixel de chaque objet à l'intervalle de quantification, pour réduire le bruit de quantification sur l'objet.

- 20 La solution O_k^* optimale est obtenue pour

$$\frac{\partial J_{\lambda_2}}{\partial O_k} = 0, \text{ équivalent à :}$$

$$(c_k - 1)^2 \left(\sum_{i=-n}^n (O_k - p_{k+i}) - \lambda_2^2 \operatorname{div} \left(\frac{\varphi_3'(\|\nabla O_k\|)}{\|\nabla O_k\|} \nabla O_k \right) + \eta_2^2 R^T \frac{\Psi'(|RO_k|/\delta)}{|Rf|/\delta} RO_k + \mu_2^2 D^T \kappa(O_k) \right) = 0 \quad (8)$$

$$\text{avec } \kappa(O_k) = \begin{cases} DO_k - p_k + \frac{q}{2} & \text{si } DO_k < p_k - \frac{q}{2} \\ DO_k - p_k - \frac{q}{2} & \text{si } DO_k > p_k + \frac{q}{2} \\ 0 & \text{si } DO_k \in \left[p_k - \frac{q}{2}; p_k + \frac{q}{2} \right] \end{cases}$$

La méthode de résolution utilisée pour résoudre l'équation (8) est identique à celle utilisée précédemment.

La méthode présentée peut être simplifiée, afin de réduire sa complexité, et donc le temps de calcul.

5 Simplification lors de l'estimation du fond et des c_k

10 Une première simplification consiste à poser $\eta_1=0$ dans l'équation (3). Le seuillage des coefficients d'ondelette peut dans ce cas être réalisé comme un pré-traitement sur chaque image en entrée de la séquence. On pose également $\mu_1=0$ dans (3), la contrainte d'intervalle pouvant être mise en œuvre par une projection sur les intervalles de quantification. La conséquence de cette simplification est une diminution importante du temps de calcul, au prix d'une légère diminution de qualité.

15 La deuxième simplification consiste à supprimer la régularisation sur les c_k , c'est à dire poser $\gamma_1=0$ dans (3). Pour obtenir la séquence des c_k , on résout $\left. \frac{\partial J_k}{\partial c_k} \right|_{\eta_1=0} = 0$ (cf. équation (6)). On obtient alors une formule explicite

20 $c_k^* = \frac{\alpha_c}{\alpha_c + (f - p_k)^2}$ qui permet de calculer la séquence des objets en mouvement.

L'équation (7) peut être simplifiée :

25 - en posant $\lambda_2^2=0$ dans (7), on supprime la régularisation sur l'objet. Dans ce cas, on effectue uniquement un moyennage temporel sur l'objet, avec compensation de mouvement.

 - en posant $\eta_2=0$ dans l'équation (7), et en réalisant le seuillage comme un pré-traitement sur chaque objet.

30 - en posant $\mu_2=0$ dans (7), et en réalisant la projection sur les intervalles de quantification sur chaque objet.

En cumulant certaines de ces simplifications, l'algorithme devient très rapide, et peut s'adapter aux applications temps réel.

5 La séquence décodée $\tilde{p}$ est reconstruite en utilisant une image de fond sur une durée de N images, et en y projetant les M objets :

$$\tilde{p}_k = c_k^{*2} f^* + (c_k^* - 1)^2 O_k^* \quad (9)$$

10 Si pour un pixel donné on se trouve sur un objet, $c_k^* = 0$, alors on projette le pixel de O_k^* , sinon, $c_k^* = 1$ et l'on projette le pixel du fond f^* .

Revendications

1 - Procédé de décompression d'images animées compressées par une méthode comportant :

- 5 - un traitement des images par blocs consistant à séparer les formes fixes des formes mobiles,
- 10 - une étape de modélisation du mouvement desdites formes utilisant un processus de prédiction, d'interpolation et de compensation temporelle,
- 15 - une étape de recomposition des données numérisées définissant des formes fixes et des formes mobiles prédéfinies et de composition de l'image à partir des éléments reconstruits, du type Motion-JPEG, ou MPEG, caractérisé en ce que l'étape de recomposition inclue une opération de filtre indissociable de la recomposition.

20 2 - Procédé de décompression d'images animées selon la revendication 1 caractérisé en ce que la recomposition comporte un filtre numérique irréductible.

25 3 - Procédé de décompression d'images animées selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que le filtre effectue une régularisation de l'image de fond.

30 4 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'on mémorise l'intervalle de quantification utilisé lors de la compression de l'image de fond et en ce que l'on effectue une projection sur l'intervalle de quantification

35 5 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la reconstruction des éléments utilise des paramètres de quantification définis préalablement à la compression des images par le codeur.

5 6 - Procédé de décompression d'images animées selon la revendication 5 caractérisé en ce que les paramètres de quantification sont définis par la fonction de transfert des moyens d'acquisition et de mémorisation des images animées.

10 7 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'un second filtre numérique sépare et identifie les éléments mobiles en objets mobiles se déplaçant dans une séquence.

15 8 - Procédé de décompression d'images animées selon la revendication 7 caractérisé en ce que l'identification des objets mobiles est effectuée selon l'évolution de critères numériques prédéterminés.

20 9 - Procédé de décompression d'images animées selon la revendication 8 caractérisé en ce que les critères numériques définissent la géométrie des objets mobiles.

25 10 - Procédé de décompression d'images animées selon la revendication 8 ou 9 caractérisé en ce que les critères numériques définissent le mouvement des objets mobiles.

30 11 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 8 à 10 caractérisé en ce que les critères numériques définissent la segmentation spatiale des objets mobiles

35 12 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 7 à 11 caractérisé en ce que l'on effectue un moyennage temporel avec compensation du mouvement sur chaque objet identifié.

40 13 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 7 à 11 caractérisé en ce que l'on effectue une régularisation sur les objets identifiés.

45 14 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 7 à 12 caractérisé

en ce que l'on mémorise l'intervalle de quantification ayant servi à compresser la séquence animée et en ce que l'on effectue une projection sur l'intervalle de quantification.

5 15 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 7 à 13 caractérisé en ce que l'on mémorise séparément les paramètres spécifiques à chaque objet identifié afin d'effectuer un traitement différent sur chaque objet.

10 16 - Procédé de décompression d'images animées selon l'une quelconque des revendications 1 à 15 caractérisé en ce que l'on superpose les objets mobiles et la représentation moyenne dans le temps des images fixes pour l'affichage de la séquence animée.

15 17 - Dispositif de décompression d'images animées compressées par une méthode comportant un traitement des images par blocs et comprenant une étape de reconstitution des données numérisées définissant des formes prédéfinies, une étape de modélisation du mouvement desdites formes utilisant des moyens de prédiction, d'interpolation et de compensation temporelle, une étape de composition de
20 l'image à partir des éléments reconstruits, du type Motion-JPEG, ou MPEG, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de séparation des formes fixes des formes mobiles, des moyens d'enregistrement des données numériques correspondant
25 aux formes fixes traitées par un filtre indissociable des moyens mis en œuvre dans l'étape de reconstitution dans une première mémoire spécifique et des données numériques correspondant aux formes mobiles dans une deuxième mémoire spécifique.

30 18 - Dispositif de décompression d'images animées selon la revendication 16 caractérisé en ce que la reconstitution comporte des moyens de filtrage numérique irréductibles.

5 19 - Dispositif de décompression d'images animées selon la revendication 16 ou 17 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mémorisation du type d'images compressées.

 20 - Dispositif de décompression d'images animées compressées selon l'une quelconque des revendication 16 à 18 caractérisé en ce qu'il comporte un support amovible.

10 21 - Dispositif de décompression d'images animées compressées selon la revendication 19 caractérisé en ce qu'il est constitué par une puce indépendante.

15 22 - Dispositif de décompression d'images animées compressées selon la revendication 19 caractérisé en ce qu'il est constitué par une carte graphique insérable dans un ordinateur.

20 23 - Dispositif de décompression d'images animées compressées selon l'une quelconque des revendications 16 à 19 caractérisé en ce qu'il est constitué par un module logiciel indépendant des logiciels présents dans la mémoire d'un calculateur.

 24 - Ordinateur comportant un dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 22.

1/1

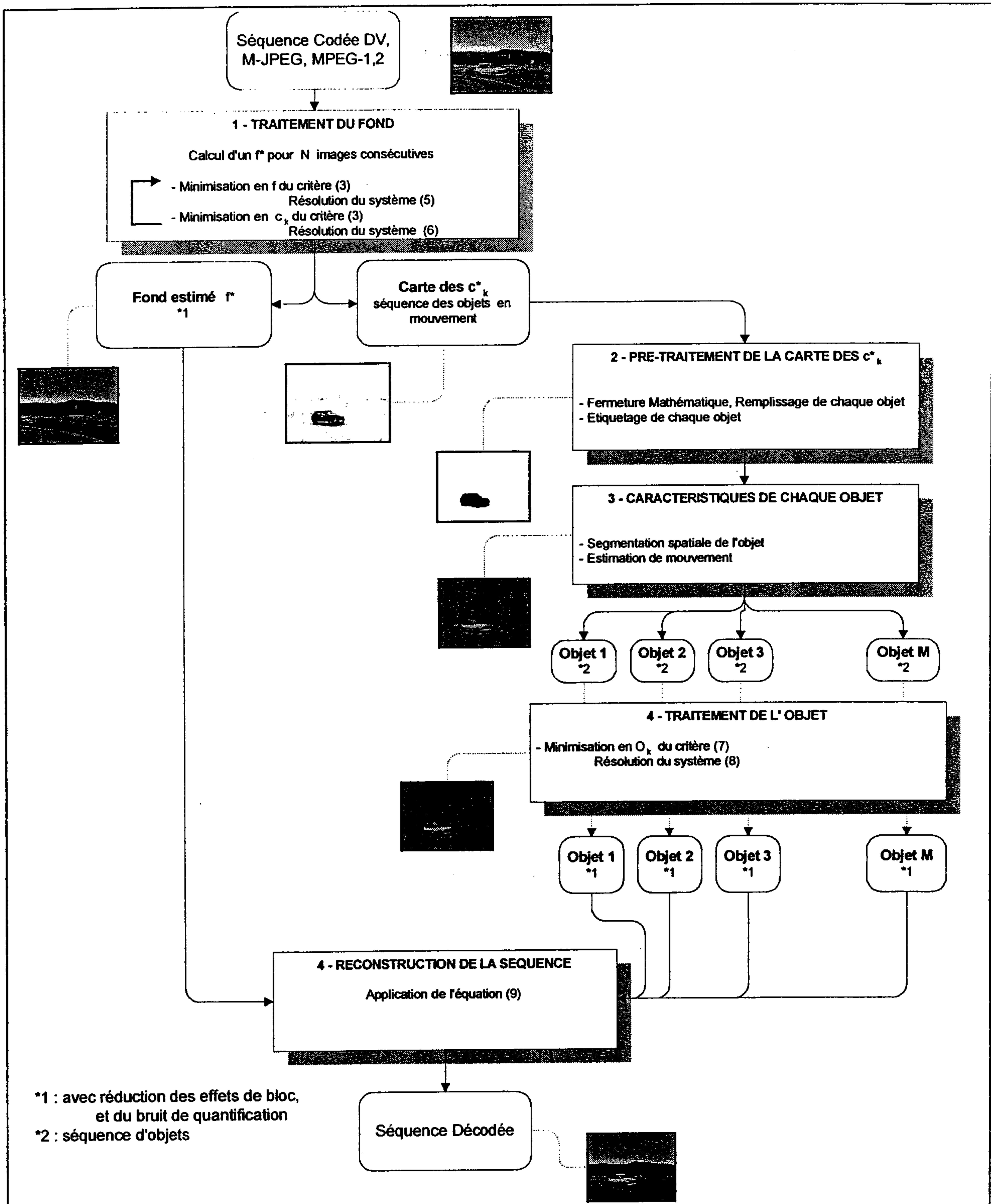


FIG. 1

Séquence Codée DV,
M-JPEG, MPEG-1,2



1 - TRAITEMENT DU FOND

Calcul d'un f^* pour N images consécutives

- Minimisation en f du critère (3)
Résolution du système (5)
- Minimisation en c_k du critère (3)
Résolution du système (6)

Fond estimé f^*
*1

Carte des c_k^*
séquence des objets en
mouvement

2 - PRE-TRAITEMENT DE LA CARTE DES c_k^*

- Fermeture Mathématique, Remplissage de chaque objet
- Étiquetage de chaque objet

3 - CARACTERISTIQUES DE CHAQUE OBJET

- Segmentation spatiale de l'objet
- Estimation de mouvement

Objet 1
*2

Objet 2
*2

Objet 3
*2

Objet M
*2

4 - TRAITEMENT DE L'OBJET

- Minimisation en O_k du critère (7)
Résolution du système (8)

Objet 1
*1

Objet 2
*1

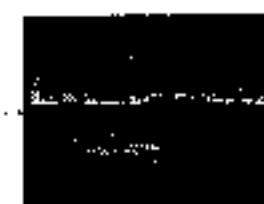
Objet 3
*1

Objet M
*1

4 - RECONSTRUCTION DE LA SEQUENCE

Application de l'équation (9)

Séquence Décodée



*1 : avec réduction des effets de bloc,
et du bruit de quantification
*2 : séquence d'objets