



(51) Classification internationale des brevets :
H04N 19/00 (2014.01) G06K 9/00 (2006.01)
H03M 7/30 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/050463

(22) Date de dépôt international :
26 février 2015 (26.02.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1451579 27 février 2014 (27.02.2014) FR

(71) Déposant : ORANGE [FR/FR]; 78 rue Olivier de Serres,
F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur : GIOIA, Patrick; 22 allée de la Janaie, F-
35530 Servon Sur Vilaine (FR).

(74) Mandataires : DAUDE Delphine et al.; Orange/IPL, 38-
40 rue du Général Leclerc, F-92794 Issy Moulineaux Ce-
dex 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CODING AND DECODING A SIGNAL DEFINED ON A VARIETY OF DIMENSION N, DEVICE FOR CODING AND DECODING SUCH A SIGNAL AND CORRESPONDING COMPUTER PROGRAMS

(54) Titre : PROCÉDÉ DE CODAGE ET DE DÉCODAGE D'UN SIGNAL DÉFINI SUR UNE VARIÉTÉ DE DIMENSION N, DISPOSITIF DE CODAGE ET DE DÉCODAGE D'UN TEL SIGNAL ET PROGRAMMES D'ORDINATEUR CORRESPONDANTS

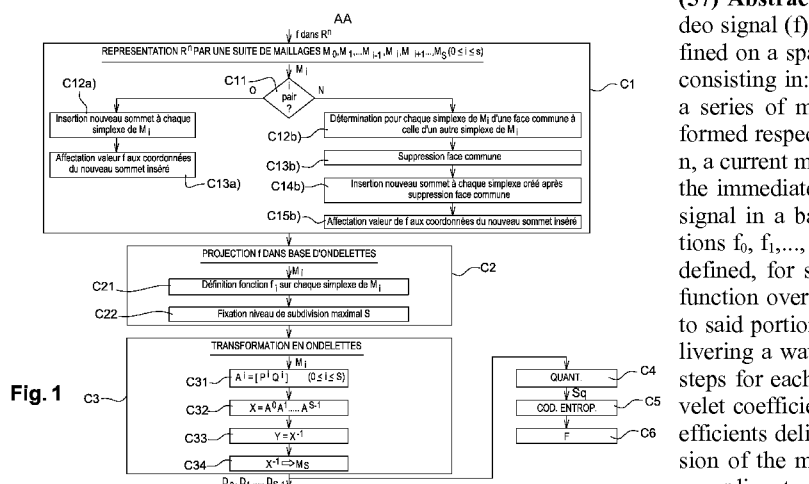


Fig. 1

AA in
C1 REPRESENTATION R^N BY A SERIES OF MESHES
C12a) Insert new vertex at each simplex of M_i
C13a) Assign value f to the coordinates of the new inserted vertex
C12b) Determine for each simplex of M_i a face common to that of another
simplex of M_i
C13b) Eliminate common face
C14b) Insert new vertex at each simplex created after eliminating common face
C15b) Assign value of f to the coordinates of the new vertex inserted
C2 PROJECT F INTO WAVELET BASIS
C21) Define function f_i on each simplex of M_i
C22) Fix maximum level of subdivision S
C3 Wavelet transformation
C5 ENTROP. COD.

(57) Abstract : The invention relates to the coding of a video signal (f) representative of the geometry of an object defined on a space of dimension n ($n \geq 1$), comprising the steps consisting in: - representing (C1) said object with the aid of a series of meshes $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formed respectively of a plurality of simplexes of dimension n , a current mesh considered M_i , constituting a subdivision of the immediately preceding mesh M_{i-1} , - projecting (C2) said signal in a basis of wavelets into a plurality of signal portions $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, a portion f_i of said signal being defined, for said current mesh considered M_i , as the affine function over each simplex of said mesh M_i , - applying (C3) to said portion f_i of said signal a wavelet transformation, delivering a wavelet coefficient D_{i-1} , - iterating the application steps for each of the signal portions, delivering a set of wavelet coefficients D_0, D_1, D_{S-1} , - coding (C5) the wavelet coefficients delivered. In the case where i is even, the subdivision of the mesh M_i to obtain the mesh M_{i+1} , is performed according to a first predetermined subdivision rule, and in the case where i is odd, the subdivision of the mesh M_i to obtain the mesh M_{i+1} , is performed according to a second predetermined subdivision rule.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont
reçues (règle 48.2.h))

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

L'invention concerne le codage d'un signal vidéo (f) représentatif de la géométrie d'un objet défini sur un espace de dimension n ($n \geq 1$), comprenant les étapes consistant à : - représenter (C1) ledit objet à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_s$ ($0 \leq i \leq s$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i , constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} , - projeter (C2) ledit signal dans une base d'ondelettes en une pluralité de portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_s$, une portion f_i dudit signal étant définie, pour ledit maillage courant considéré M_i , comme la fonction affine sur chaque simplexe dudit maillage M_i , - appliquer (C3) à ladite portion f_i dudit signal une transformation en ondelettes, délivrant un coefficient d'ondelette D_{i-1} , - itérer les étapes d'application pour chacune des portions de signal, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_{s-1}$, - coder (C5) les coefficients d'ondelettes délivrés. Dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée, et dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

PROCÉDÉ DE CODAGE ET DE DÉCODAGE D'UN SIGNAL DÉFINI SUR
UNE VARIÉTÉ DE DIMENSION N, DISPOSITIF DE CODAGE ET DE
DÉCODAGE D'UN TEL SIGNAL ET PROGRAMMES D'ORDINATEUR
CORRESPONDANTS

5

Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte de manière générale au domaine du codage et du décodage de signaux scalaires ou vectoriels en dimension arbitraire.

10

Plus précisément, l'invention concerne la technique du maillage qui est utilisée dans le cadre du codage et du décodage des signaux précités par projection sur des bases de fonction.

15

L'invention trouve des applications dans tous les domaines où il est souhaitable de réduire le nombre d'informations nécessaires pour représenter efficacement un tel signal, pour le stocker et/ou le transmettre, ainsi que pour le décompresser. Par exemple, l'invention peut être utilisée pour le codage/décodage d'images multi-vues (Multi View Video) ou d'une séquence de telles images, une image multi-vues étant adaptée pour représenter un ou plusieurs objets en perspective dans une scène.

20

Art antérieur

25

A l'heure actuelle, plusieurs techniques de maillage ont déjà été proposées. L'une des plus connues est notamment celle décrite dans le document « *Michael Lounsbery, Tony D. DeRose, and Joe Warren, « Multiresolution analysis for surfaces of arbitrary topological type » (ACM Transaction on Graphics, Vol 16, N°1, pp. 34-73, January 1997)*. Une telle technique utilise des transformations en ondelettes qui permettent de représenter un maillage comme une succession de détails ajoutés à un maillage de base. Plus précisément, cette technique de maillage consiste à :

30

- représenter une variété de dimension 2 ou 3 à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes, un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} ,

- appliquer une transformation en ondelettes à chaque subdivision, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_S$.

1.

De nombreuses stratégies de subdivision ont été proposées pour le
5 maillage de variétés en dimension 2, c'est-à-dire lorsque le domaine est localement homéomorphe à une partie de $\mathbb{R}^2$. Ces stratégies se généralisent rarement en dimension supérieure, ou, lorsque la généralisation est explicite, mènent souvent à des pertes de propriétés du maillage résultant.

Les simplexes qui forment un maillage considéré présentent une
10 dimension n prédéterminée. Ainsi, un maillage considéré est subdivisé :

- en plusieurs segments en dimension 1,
- en plusieurs triangles en dimension 2,
- en plusieurs tétraèdres en dimension 3,
- en plusieurs pentatoptes en dimension 4,
- 15 - etc....

Dans le cas où le maillage est subdivisé en plusieurs triangles en dimension 2, la technique de subdivision la plus souvent utilisée est la quadrisection. Cette dernière consiste à partager chaque triangle formant un maillage considéré, en quatre nouveaux triangles, en créant une nouvelle
20 arête reliant les milieux des trois arêtes originales. Un maillage de ce type est particulièrement stable notamment parce qu'il permet de :

- conserver les particularités de la face triangulaire mère sur les faces triangulaires filles,
- conserver le même nombre de nouvelles faces triangulaires à
25 chaque subdivision.

Cette subdivision ne s'applique toutefois pas naturellement lorsqu'une subdivision du maillage en plusieurs simplexes de dimension supérieure à 2 est souhaitée.

Dans le cas par exemple d'une subdivision d'un maillage en plusieurs
30 tétraèdres en dimension 3, telle que décrite dans le document *Martin Bertram, « Biorthogonal wavelets for subdivision volumes », In Proceedings of the seventh ACM symposium on Solid modeling and applications (SMA '02), ACM, New York, NY, USA, pp 72-82*, la quadrisection précitée est alors interprétée comme une insertion pour chaque face en dimension 2 de ce

maillage, d'un nouveau sommet sur cette face et d'un nouveau sommet sur chacune des arêtes de cette face.

Un inconvénient de la technique décrite dans ce document est qu'il subsiste un hyper-polyèdre central qu'il est difficile de décomposer, et certainement pas de façon canonique comme c'est le cas pour le maillage triangulaire. Il en résulte que les simplexes créés à chaque subdivision dégénèrent au bout d'un nombre peu élevé de subdivisions, c'est-à-dire que les mailles s'aplatissent de plus en plus au fil des subdivisions entraînant une déformation trop importante du maillage.

10

Objet et résumé de l'invention

Un des buts de l'invention est de remédier à des inconvénients de l'état de la technique précité.

A cet effet, selon un premier aspect, la présente invention concerne un procédé de codage d'un signal défini sur une variété de dimension n ($n \geq 1$), comprenant les étapes consistant à :

- représenter la variété précitée à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} ,

- appliquer une transformation en ondelettes à chaque subdivision, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_{S-1}$,

- coder les coefficients d'ondelettes délivrés.

Le procédé de codage selon l'invention est remarquable en ce que l'étape de représentation précitée est mise en œuvre de la façon suivante :

- dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée,

- dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

Une telle disposition permet avantageusement de proposer un schéma d'ondelettes qui est basé sur une stratégie de subdivision qui soit simple et

qui procure une hiérarchie de maillage stable et générique, indépendamment de la dimension de la variété dans laquelle sont définis les signaux à coder.

Dans le cas par exemple où le signal à coder représente la géométrie d'un objet en perspective dans une scène, le procédé selon l'invention permet
5 avantageusement de coder le signal selon une meilleure fidélité géométrique ou visuelle avec cet objet, compte tenu du fait que le maillage de l'objet obtenu subit moins de déformations que dans le cas de l'art antérieur précité.

Selon un autre mode de réalisation particulier :

- la première règle de subdivision consiste à ajouter un sommet
10 à l'intérieur de chaque simplexe du maillage M_i ,
- la deuxième règle de subdivision consiste, pour chaque simplexe du maillage M_i , à :
 - déterminer une face dudit simplexe qui est commune à un autre simplexe,
 - 15 • supprimer la face déterminée de façon à obtenir un nouveau simplexe,
 - ajouter un sommet à l'intérieur du nouveau simplexe obtenu.

Une telle disposition permet une reproductibilité aisée du maillage au fil
20 des subdivisions successives, sans déformation du maillage et tout en créant le même nombre de mailles à chaque subdivision.

De par la simplicité des règles de subdivision utilisées, l'implantation du procédé de codage selon l'invention est très facile à mettre en œuvre et les temps de calcul sont beaucoup moins lourds que dans l'art antérieur
25 précité.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le sommet ajouté conformément à la première règle de subdivision est le barycentre des sommets du simplexe considéré.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le sommet ajouté
30 conformément à la deuxième règle de subdivision est le barycentre des sommets de la face commune entre deux simplexes.

Une telle disposition permet une simplification des calculs, ce qui permet d'accélérer notablement le procédé de codage selon l'invention.

Selon un autre mode de réalisation particulier, l'étape d'application d'une transformation en ondelettes à chaque subdivision consiste à appliquer un filtre sur un maillage courant M_i à subdiviser, un tel filtre étant défini à partir d'une matrice A^i qui est la concaténation de deux matrices P^i et Q^i , telles que :

5 - un élément $a_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice P^i a pour valeur :

- $1/b_k$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l , avec $0 \leq k \leq N_i$ $0 \leq l \leq N_i$, sont reliés par une arête du maillage M_i , b_k étant le nombre de sommets partageant une arête avec le sommet sk_i du maillage M_i ,
- 10 • 0 sinon,

- un élément $a'_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice Q^i a pour valeur :

- 1 si $k=l$,
- 15 • $\frac{u(sk_i)}{\sum_{sl_i \in v(sk_i)} u(sk_i)}$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l sont reliés par une arête du maillage M_i ,
- 0 sinon,

où :

20 - u est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i le nombre de simplexes auxquels il appartient, et

- v est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i l'ensemble des sommets du maillage M_i qui partagent une arête avec ledit sommet sk_i .

25 Une telle disposition permet d'obtenir un schéma d'ondelettes ayant de bonnes propriétés puisqu'il contient au moins un moment nul.

Les différents modes ou caractéristiques de réalisation précités peuvent être ajoutés, indépendamment ou en combinaison les uns avec les autres, aux étapes du procédé de codage tel que défini ci-dessus.

30 De façon correspondante, l'invention concerne un dispositif de codage d'un signal défini sur une variété de dimension n ($n \geq 1$), comprenant :

- un module adapté pour représenter la variété précitée à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement

5 précédent M_{i-1} ,

- un module adapté pour appliquer une transformation en ondelettes à chaque subdivision, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_{S-1}$,

10 - un module adapté pour coder les coefficients d'ondelettes délivrés.

Un tel dispositif de codage est remarquable en ce que le module de représentation est adapté pour :

15 - dans le cas où i est pair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une première règle de subdivision prédéterminée,

- dans le cas où i est impair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

20 Un tel dispositif de codage est notamment apte à mettre en œuvre le procédé de codage précité.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un procédé de décodage d'un flux de données représentatif d'un signal défini sur une variété de dimension n ($n \geq 1$) qui a été précédemment codé, comprenant les étapes consistant à :

25 - décoder les données du flux, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes,

30 - reconstruire la variété précitée par application d'une transformée inverse en ondelettes aux coefficients en ondelettes décodés dudit ensemble, à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_j, M_{j+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_j constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{j-1} .

Un tel procédé de décodage est remarquable en ce que l'étape de reconstruction est mise en œuvre de la façon suivante :

- dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée,

5 - dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

Selon un mode de réalisation particulier :

- la première règle de subdivision consiste à ajouter un sommet à l'intérieur de chaque simplexe du maillage M_i ,

10 - la deuxième règle de subdivision consiste, pour chaque simplexe du maillage M_i , à :

- déterminer une face du simplexe qui est commune à un autre simplexe,
- supprimer la face déterminée de façon à obtenir un nouveau simplexe,
- 15 • ajouter un sommet à l'intérieur du nouveau simplexe obtenu.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le sommet ajouté conformément à la première règle de subdivision est le barycentre des sommets du simplexe considéré.

20

Selon un autre mode de réalisation particulier, le sommet ajouté conformément à la deuxième règle de subdivision est le barycentre des sommets de ladite face commune entre deux simplexes.

Selon un autre mode de réalisation particulier, l'étape d'application d'une transformation inverse en ondelettes consiste à appliquer un filtre sur un maillage courant M_i à subdiviser, un tel filtre étant défini à partir d'une matrice A^i qui est la concaténation de deux matrices P^i et Q^i , telles que :

25

- un élément $a_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice P^i a pour valeur :

- 30 • $1/b_k$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l , avec $0 \leq k \leq N_i$ $0 \leq l \leq N_i$, sont reliés par une arête du maillage M_i , b_k étant le nombre de sommets partageant une arête avec le sommet sk_i du maillage M_i ,

- 0 sinon,

- un élément $a'_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice Q^i a pour valeur :

- 1 si $k=l$,
- $\frac{u(sk_i)}{\sum_{sl_i \in v(sk_i)} u(sk_i)}$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l sont reliés par une arête du maillage M_i ,
- 0 sinon,

où :

- u est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i le nombre de simplexes auxquels il appartient, et
- v est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i l'ensemble des sommets du maillage M_i qui partagent une arête avec ledit sommet sk_i .

Les différents modes ou caractéristiques de réalisation précités peuvent être ajoutés, indépendamment ou en combinaison les uns avec les autres, aux étapes du procédé de décodage tel que défini ci-dessus.

De façon correspondante, l'invention concerne un dispositif de décodage d'un flux de données représentatif d'un signal défini sur une variété de dimension n ($n \geq 1$) qui a été précédemment codé, comprenant :

- un module adapté pour décoder les données du flux, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes,
- un module adapté pour reconstruire la variété précitée par application d'une transformée inverse en ondelettes aux coefficients en ondelettes décodés dudit ensemble, à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} .

Un tel dispositif de décodage est remarquable en ce que ledit module de reconstruction est adapté pour :

- dans le cas où i est pair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une première règle de subdivision prédéterminée,

5 - dans le cas où i est impair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

Un tel dispositif de décodage est notamment apte à mettre en œuvre le procédé de décodage précité.

10 Selon un troisième aspect, l'invention concerne un programme d'ordinateur comportant des instructions pour mettre en œuvre :

- le procédé de codage selon l'invention, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur,

- le procédé de décodage selon l'invention, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

15 Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

20 L'invention vise également un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre de l'un des procédés de codage ou de décodage selon l'invention, tels que décrits ci-dessus.

25 L'invention vise également un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre du procédé de codage ou de décodage selon l'invention, tels que décrits ci-dessus.

30 Le support d'enregistrement peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une clé USB ou un disque dur.

D'autre part, le support d'enregistrement peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

Alternativement, le support d'enregistrement peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé de codage ou de décodage précité.

Le procédé de décodage, le dispositif de codage, le dispositif de décodage, les programmes d'ordinateur et les supports d'enregistrement correspondants précités présentent au moins les mêmes avantages que ceux conférés par le procédé de codage selon la présente invention.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préféré décrit en référence aux figures dans lesquelles:

- la figure 1 représente des étapes du procédé de codage selon l'invention,

- la figure 2 représente un mode de réalisation d'un dispositif de codage selon l'invention,

- les figures 3A et 3B représentent respectivement une opération de synthèse permettant le passage du maillage M_0 de granularité la plus grossière au maillage M_S de granularité la plus fine et une opération d'analyse permettant le passage du maillage M_S de granularité la plus fine au maillage M_0 de granularité la plus grossière,

- les figures 4A et 4B représentent un exemple de subdivision permettant le passage d'un maillage d'indice pair à un maillage suivant d'indice impair, le maillage étant formé de simplexes de dimension 3,

- les figures 5A à 5C représentent un exemple de subdivision permettant le passage d'un maillage d'indice impair à un maillage suivant d'indice pair, le maillage étant formé de simplexes de dimension 3,

- la figure 6 représente un dispositif de décodage selon l'invention,

- la figure 7 représente des étapes du procédé de décodage selon l'invention,

- la figure 8 représente un exemple d'image multi-vues pouvant être codée/décodée selon l'invention.

5

Description détaillée d'un mode de réalisation de la partie codage

Un mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit, dans lequel le procédé de codage selon l'invention est utilisé pour coder un signal f défini sur une variété de dimension quelconque n ($n \geq 1$).

10 De façon connue en tant que telle, une variété de dimension n est un espace qui ressemble localement à $\mathbb{R}^n$.

Le procédé de codage selon l'invention est représenté sous la forme d'un algorithme comportant des étapes C1 à C6 représentées à la **figure 1**.

Selon le mode de réalisation de l'invention, le procédé de codage selon
15 l'invention est implémenté dans un dispositif de codage CO représenté à la **figure 2**.

Comme illustré en **figure 2**, un tel dispositif de codage comprend une mémoire MEM_CO, une unité de traitement UT_CO équipée par exemple d'un microprocesseur μP et pilotée par un programme d'ordinateur PG_CO
20 qui met en œuvre le procédé de codage selon l'invention. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur PG_CO sont par exemple chargées dans une mémoire RAM (non représentée) avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement UT_CO.

Au cours d'une étape C1 représentée à la **figure 1**, il est procédé à la
25 représentation de ladite variété à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} .

Le maillage M_0 est appelé classiquement maillage de base et
30 comprend une pluralité de sommets $s_{00}, s_{10}, \dots, s_{N_0}$, avec $N_0 \geq 1$.

Le maillage M_S constitue le maillage présentant la granularité la plus fine obtenue après $S-1$ subdivisions. Un tel maillage comprend une pluralité de sommets $s_{0S}, s_{1S}, \dots, s_{N_S}$, avec $N_S \geq 1$.

Le maillage M_i constitue un maillage de granularité intermédiaire et comprend une pluralité de sommets $s_{0_i}, s_{1_i}, \dots, s_{N_i}$, avec $N_i \geq 1$.

Une telle étape de représentation C1 est effectuée par un module logiciel de calcul CAL1_CO représenté à la **figure 2**, lequel module est piloté
5 par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO.

Un exemple d'une telle représentation de ladite variété est illustré sur la **figure 3A** avec $n=2$, les simplexes de dimension 2 étant représentés respectivement par des triangles. Sur la **figure 3A** sont représentés successivement le maillage de base M_0 , le maillage de granularité
10 intermédiaire M_i et le maillage M_S de granularité la plus fine.

Selon l'invention, la procédure de représentation est mise en œuvre de la façon suivante.

Au cours d'une sous-étape C11 représentée à la **figure 1**, il est procédé à un test de parité de l'indice i .

15 Dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée.

Selon cette première règle de subdivision, pour chaque simplexe du maillage M_i , il est procédé :

20 - au cours d'une sous-étape C12a) représentée à la **figure 1**, à l'insertion d'un nouveau sommet qui est par exemple le barycentre des sommets du simplexe considéré,

- au cours d'une sous-étape C13a) représentée à la **figure 1**, à l'affectation aux coordonnées dudit nouveau sommet inséré, de la valeur du
25 signal f .

Les **figures 4A** et **4B** représentent un exemple d'une telle subdivision dans le cas d'un simplexe de dimension 3. La **figure 4A** représente le maillage M_i avant subdivision. La **figure 4B** représente le maillage M_{i+1} obtenu après subdivision, où le nouveau sommet inséré ns_{i+1} est représenté
30 par un point. L'insertion de ce nouveau point engendre la création de nouvelles arêtes représentées en trait mixte. Ces nouvelles arêtes délimitent quatre nouveaux simplexes.

Dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

5 Selon cette deuxième règle de subdivision, pour chaque simplexe du maillage M_i , il est procédé :

- au cours d'une sous-étape C12b) représentée à la **figure 1**, à la détermination d'une face du simplexe considéré qui est commune à celle d'un autre simplexe du maillage M_i ,

10 - au cours d'une sous-étape C13b) représentée à la **figure 1**, à la suppression de ladite face commune déterminée de façon à obtenir un nouveau simplexe,

- au cours d'une sous-étape C14b) représentée à la **figure 1**, à l'insertion d'un nouveau sommet à l'intérieur dudit nouveau simplexe obtenu, ledit nouveau sommet étant par exemple le barycentre des sommets de ladite

15 face commune déterminée,

- au cours d'une sous-étape C15b) représentée à la **figure 1**, à l'affectation aux coordonnées dudit nouveau sommet inséré, de la valeur du signal f .

20 Les **figures 5A à 5C** représentent un exemple d'une telle subdivision dans le cas d'un simplexe de dimension 3.

La **figure 5A** représente deux maillages voisins M_i et M'_i avant subdivision selon la deuxième règle de subdivision et ayant chacun été obtenus comme représenté sur la **figure 4B**. A cet effet, le nouveau sommet inséré à l'étape de subdivision précédente est désigné par ns_i pour le maillage

25 M_i et ns'_i pour le maillage M'_i .

La **figure 5B** représente deux nouveaux simplexes T_i et T'_i résultant respectivement de l'insertion des nouveaux sommets ns_i et ns'_i . Les deux nouveaux simplexes ont une face commune FC représentée par des hachures sur la **figure 5B** et forment ensemble une bi-pyramide.

30 La **figure 5C** représente le maillage M_{i+1} obtenu après subdivision, où le nouveau sommet inséré ns_{i+1} est représenté par une croix. L'insertion de ce nouveau sommet engendre la création de nouvelles arêtes représentées en trait gras. Ces nouvelles arêtes délimitent cinq nouveaux simplexes.

Une telle hiérarchie de maillage basée simplement sur deux règles de subdivision, peu coûteuse en calculs et facilement implémentable au codage est ainsi destinée à servir de base à la définition d'ondelettes selon la méthode « lifting scheme » telle que décrite dans le document « *Michael Lounsbery, Tony D. DeRose, and Joe Warren, « Multiresolution analysis for surfaces of arbitrary topological type » (ACM Transaction on Graphics, Vol 16, N°1, pp. 34-73, January 1997)*

A cet effet, au cours d'une étape C2 représentée à la **figure 1**, il est procédé à la projection du signal f à coder dans une base d'ondelettes, par exemple de deuxième génération.

Au cours d'une sous-étape C21 représentée à la **figure 1**, pour un maillage M_i considéré, une fonction f_i est définie comme la fonction affine sur chaque simplexe du maillage M_i , ladite fonction f_i ayant comme valeur $f(s_{0i})$, $f(s_{1i})$, ..., $f(s_{N_i})$ respectivement en chaque sommet s_{0i} , s_{1i} , ..., s_{N_i} , du maillage M_i .

Au cours d'une sous-étape C22 représentée à la **figure 1**, le niveau de subdivision maximal S du maillage de base M_0 précité est fixé par exemple de la façon suivante :

$$S = \min\{i \in \mathbb{N} : \|f - f_i\| < \varepsilon\}$$

20

où ε désigne un seuil prédéterminé.

Selon un autre exemple, le niveau de subdivision maximal S du maillage M_0 précité est fixé comme le plus petit entier positif tel que le maillage M_S contienne un simplexe pour lequel la plus grande distance entre deux de ses points soit inférieure à un seuil prédéterminé.

Une telle étape de projection C2 est effectuée par un module logiciel de calcul CAL2_CO représenté à la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO.

Au cours d'une étape C3 représentée à la **figure 1**, il est procédé à l'application d'une transformation en ondelettes à chaque subdivision du maillage M_0 , M_1 , ..., M_i , ..., M_{S-1} , délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes D_0 , D_1 , ..., D_{S-1} .

30

Une telle étape C3 est effectuée par un module logiciel de calcul CAL3_CO représenté à la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO.

De façon connue en soi, ladite étape d'application C3 consiste, au cours d'une sous-étape C31 représentée à la **figure 1**, à appliquer un filtre sur un maillage courant M_i à subdiviser, ledit filtre étant défini à partir d'une matrice A^i qui est la concaténation de deux matrices P^i et Q^i .

Conformément à l'invention, les matrices P^i et Q^i sont telles que :

- un élément $a_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice P^i a pour valeur :
 - $1/b_k$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l , avec $0 \leq k \leq N_i$ $0 \leq l \leq N_i$ sont reliés par une arête du maillage M_i , b_k étant le nombre de sommets partageant une arête avec le sommet sk_i du maillage M_i ,
 - 0 sinon,
- un élément $a'_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice Q^i a pour valeur :
 - 1 si $k=l$,
 - $\frac{u(sk_i)}{\sum_{sl_i \in v(sk_i)} u(sk_i)}$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l sont reliés par une arête du maillage M_i ,
 - 0 sinon,

où :

- u est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i le nombre de simplexes auxquels il appartient, et
- v est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i l'ensemble des sommets du maillage M_i qui partagent une arête avec ledit sommet sk_i .

Ladite étape d'application est itérée pour chacune des $S-1$ subdivisions du maillage M_0 délivrant $S-1$ matrices $A^0, A^1, \dots, A^{S-1}$.

Au cours d'une sous-étape C32 représentée à la **figure 1**, une matrice de synthèse $X=A^0A^1\dots A^{S-1}$ est définie comme la concaténation des matrices $A^0, A^1, \dots, A^{S-1}$ obtenues à la sous-étape C31 précitée.

5 Au cours d'une sous-étape C33 représentée à la **figure 1**, il est procédé au calcul d'une matrice d'analyse Y à partir de la matrice de synthèse X de façon à obtenir une succession de maillages $M_S, M_{S-1}, \dots, M_i, \dots, M_0$ qui représente le passage du maillage M_S de granularité la plus fine au maillage M_0 de granularité la plus grossière. Une telle représentation est illustrée sur la **figure 3B**.

10 De façon connue en soi, la matrice d'analyse Y est l'inverse de la matrice de synthèse X , soit $Y=X^{-1}$. La matrice d'analyse Y est par exemple calculée au moyen d'un algorithme classique d'élimination de Gauss.

Au cours d'une sous-étape C34 représentée à la **figure 1**, la matrice d'analyse Y est alors appliquée au maillage M_S , délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_{S-1}$ tels que représentés sur la **figure 3B** et correspondant respectivement à chaque niveau de détail de subdivision.

20 Au cours d'une étape C4 représentée à la **figure 1**, il est procédé à la quantification des coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_{S-1}$ selon une opération classique de quantification, telle que par exemple une quantification scalaire. Une séquence de coefficients quantifiés S_q est alors obtenue.

Une telle étape est mise en œuvre par un module de quantification MQ_CO représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO.

25 Au cours d'une étape C5 représentée à la **figure 1**, il est procédé au codage entropique de la séquence de coefficients quantifiés S_q .

Une telle étape est mise en œuvre par un module MCE de codage entropique représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO. Le module MCE est par exemple de type CABAC.

30 Les coefficients ainsi codés sont alors disponibles pour être inscrits, au cours d'une étape C6, dans un flux F destiné à être transmis à un décodeur tel que le décodeur DO représenté sur la **figure 6**. En fonction du contexte de

codage, la totalité ou une partie seulement des coefficients sont inscrits dans le flux F.

L'étape de production d'un tel flux est mise en œuvre par un module logiciel MGF de génération de flux de données, telles que des bits par exemple, ledit module étant représenté sur la **figure 2**. Le module MGF est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO.

Description détaillée d'un mode de réalisation de la partie décodage

On va maintenant décrire à la **figure 7** le procédé de décodage selon l'invention mis en œuvre dans le décodeur DO de la **figure 6**. Comme illustré en **figure 6**, un tel dispositif de décodage DO comprend une mémoire MEM_DO, une unité de traitement UT_DO équipée par exemple d'un microprocesseur μP et pilotée par un programme d'ordinateur PG_DO qui met en œuvre le procédé de décodage selon l'invention. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur PG_DO sont par exemple chargées dans une mémoire RAM (non représentée) avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement UT_DO.

Le procédé de décodage selon l'invention est représenté sous la forme d'un algorithme comportant les étapes D1 à D5, représentées à la **figure 7**.

Au cours d'une étape D1 représentée sur la **figure 7**, il est procédé au décodage entropique de la séquence courante S_q de coefficients codés précédemment au cours de l'étape C5 précitée.

Une telle étape est mise en œuvre par un module MDE de décodage entropique représenté sur la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO. Le module MDE est par exemple de type CABAC.

Au cours d'une étape D2 représentée sur la **figure 7**, il est procédé à la déquantification de la séquence de coefficients quantifiée S_q selon une opération classique de déquantification qui est l'opération inverse de la quantification effectuée à l'étape C4 précitée, pour produire une séquence de coefficients déquantifiée décodée SDt contenant les coefficients D_{t0} , D_{t1} , ..., D_{tS-1} .

Au cours d'une étape D3 représentée sur la **figure 7**, il est procédé à l'application d'une transformée inverse en ondelettes aux coefficients D_{t0} , D_{t1} ,

..., Dt_{S-1} de ladite séquence SDt, à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} ,

5 Le maillage M_0 est appelé classiquement maillage de base et comprend une pluralité de sommets $s_{0_0}, s_{1_0}, \dots, s_{N_0}$, avec $N_0 \geq 1$.

Le maillage M_S constitue le maillage présentant la granularité la plus fine obtenue après $S-1$ subdivisions. Un tel maillage comprend une pluralité de sommets $s_{0_S}, s_{1_S}, \dots, s_{N_S}$, avec $N_S \geq 1$.

10 Le maillage M_i constitue un maillage de granularité intermédiaire et comprend une pluralité de sommets $s_{0_i}, s_{1_i}, \dots, s_{N_i}$, avec $N_i \geq 1$.

Une telle étape D3 est effectuée par un module logiciel de calcul CAL1_DO représenté à la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO.

15 De façon connue en soi, ladite étape d'application D3 consiste, au cours d'une sous-étape D31 représentée à la **figure 7**, à appliquer un filtre sur un maillage courant M_i à subdiviser, ledit filtre étant défini à partir d'une matrice A^i qui est la concaténation de deux matrices P^i et Q^i .

Conformément à l'invention, les matrices P^i et Q^i sont telles que :

20 - un élément $a_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice P^i a pour valeur :

- $1/b_k$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l , avec $0 \leq k \leq N_i$ $0 \leq l \leq N_i$ sont reliés par une arête du maillage M_i , b_k étant le nombre de sommets partageant une arête avec le sommet sk_i du maillage M_i ,
- 0 sinon,

25

- un élément $a'_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice Q^i a pour valeur :

- 1 si $k=l$,
- $\frac{u(sk_i)}{\sum_{sl_i \in v(sk_i)} u(sk_i)}$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l sont reliés par une arête du maillage M_i ,

30

- 0 sinon,

où :

- u est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i le nombre de simplexes auxquels il appartient, et

- 5 - v est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i l'ensemble des sommets du maillage M_i qui partagent une arête avec ledit sommet sk_i .

Ladite étape d'application est itérée pour chacune des S-1 subdivisions du maillage M_0 délivrant S-1 matrices $A^0, A^1, \dots, A^{S-1}$.

- 10 Au cours d'une sous-étape D32 représentée à la **figure 7**, de façon similaire à l'étape C32 précitée, une matrice de synthèse $X=A^0A^1\dots A^{S-1}$ est définie comme la concaténation des matrices $A^0, A^1, \dots, A^{S-1}$ obtenues à la sous-étape D31 précitée.

- 15 Au cours d'une sous-étape D33 représentée à la **figure 7**, la matrice de synthèse X est alors appliquée au maillage de base M_0 , délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_{S-1}$ tels que représentés sur la **figure 3B** et correspondant respectivement à chaque niveau de détail de subdivision.

- 20 Selon l'invention, il est procédé, au cours d'une étape D4 représentée à la **figure 7**, à la reconstruction du signal f dans la base d'ondelettes définie par les coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_{S-1}$ qui ont été délivrés à l'issue de l'étape D3 précitée.

- 25 Une telle étape D4 est effectuée par un module logiciel de calcul CAL2_DO représenté à la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO.

Ladite étape D4 comprend les sous-étapes suivantes.

Au cours d'une sous-étape D41 représentée à la **figure 7**, pour un maillage M_i considéré, une fonction f_i est reconstruite à partir du coefficient D_i ($0 \leq i \leq S-1$) en tant que fonction affine sur chaque simplexe du maillage M_i .

- 30 Ladite fonction f_i a comme valeur $f(s_{0i}), f(s_{1i}), \dots, f(s_{N_i})$ respectivement en chaque sommet $s_{0i}, s_{1i}, \dots, s_{N_i}$, du maillage M_i .

Au cours d'une sous-étape D42 représentée à la **figure 7**, le niveau de subdivision maximal S du maillage de base M_0 précité est reconstruit par exemple de la façon suivante :

$$S = \min\{i \in \mathbb{N} : \|f - f_i\| < \varepsilon\}$$

5

où ε désigne un seuil prédéterminé.

Selon un autre exemple, le niveau de subdivision maximal S du maillage M_0 précité est reconstruit comme étant le plus petit entier positif tel que le maillage M_S contienne un simplexe pour lequel la plus grande distance entre deux de ses points soit inférieure à un seuil prédéterminé.

10

Au cours d'une étape D5 représentée à la **figure 7**, il est procédé à une reconstruction de ladite variété de dimension n dans lequel est défini le signal f .

15

Une telle étape D5 est effectuée par un module logiciel de calcul CAL3_DO représenté à la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO.

Au cours de l'étape D5 précitée, les sous-étapes suivantes sont mises en œuvre de façon similaire à ce qui a été décrit au codage.

20

Au cours d'une sous-étape D51 représentée à la **figure 7**, il est procédé à un test de parité de l'indice i .

Dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée.

25

Selon cette première règle de subdivision, pour chaque simplexe du maillage M_i , il est procédé :

- au cours d'une sous-étape D52a) représentée à la **figure 7**, à l'insertion d'un nouveau sommet qui est par exemple le barycentre des sommets du simplexe considéré,

30

- au cours d'une sous-étape D53a) représentée à la **figure 7**, à l'affectation aux coordonnées dudit nouveau sommet inséré, de la valeur du signal f .

Dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

5 Selon cette deuxième règle de subdivision, pour chaque simplexe du maillage M_i , il est procédé :

- au cours d'une sous-étape D52b) représentée à la **figure 7**, à la détermination d'une face du simplexe considéré qui est commune à celle d'un autre simplexe du maillage M_i ,
- 10 - au cours d'une sous-étape D53b) représentée à la **figure 7**, à la suppression de ladite face commune déterminée de façon à obtenir un nouveau simplexe,
- au cours d'une sous-étape D54b) représentée à la **figure 7**, à l'insertion d'un nouveau sommet à l'intérieur dudit nouveau simplexe obtenu, ledit nouveau sommet étant par exemple le barycentre des sommets de ladite
- 15 face commune déterminée,
- au cours d'une sous-étape D55b) représentée à la **figure 7**, à l'affectation aux coordonnées dudit nouveau sommet inséré, de la valeur du signal f .

20 A l'issue de l'étape D5, est obtenu un signal f_d défini sur la variété de dimension n , le signal f_d étant la version décodée du signal f qui a été codée précédemment.

Exemple d'application

25 Selon un exemple d'application possible non limitatif, l'invention peut être appliquée pour coder (respectivement décoder) une image multi-vues ou une séquence d'images multi-vues au format MVV (pour « Multiview Video » en anglais). De façon connue en soi, comme représenté sur la **figure 8**, une image multi-vues courante IMV_C contient une pluralité de K vues $V_1, V_2, \dots, V_m, \dots, V_K$ ($K \geq 1$), lesdites K vues représentant la même scène selon K

30 points de vue différents à un même instant courant t_C .

Dans le cas du codage/décodage d'une image multi-vues fixe, pour une vue V_m considérée, un pixel p_m considéré dans cette vue est pourvu de quatre coordonnées x_m, y_m, w_m, z_m où x_m et y_m représentent les coordonnées du pixel considéré dans la vue V_m et où w_m, z_m représentent les coordonnées

de la vue V_m dans l'image multi-vues IMV_C . A cet effet, la variété à coder est de dimension $n=4$.

Dans le cas du codage/décodage d'une séquence d'images multi-vues, pour une vue V_m considérée, un pixel p_m considéré dans cette vue est pourvu
5 de cinq coordonnées x_m, y_m, w_m, z_m, t_C , où x_m et y_m représentent les coordonnées du pixel considéré dans la vue V_m , où w_m, z_m représentent les coordonnées de la vue V_m dans l'image multi-vues IMV_C et où t_C est l'instant courant.

Le signal f est alors défini comme un quadruplet (x_m, y_m, w_m, z_m) ou un
10 quintuplet $(x_m, y_m, w_m, z_m, t_C)$ qui associe une intensité lumineuse pour chacune des couleurs (par exemple rouge, vert, bleu, etc...) prise par un pixel considéré. Au décodage, l'image multi-vues IMV_C est alors reconstruite à partir d'une pluralité de signaux, un pour chaque couleur.

Il va de soi que le mode de réalisation qui a été décrit ci-dessus a été
15 donné à titre purement indicatif et nullement limitatif, et que de nombreuses modifications peuvent être facilement apportées par l'homme de l'art sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de codage d'un signal vidéo (f) représentatif de la géométrie d'un objet défini sur un espace de dimension n ($n \geq 1$), comprenant

5 les étapes consistant à :

- représenter (C1) ledit objet à l'aide d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} ,

10 - projeter (C2) ledit signal dans une base d'ondelettes en une pluralité de portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, une portion f_i dudit signal étant définie, pour ledit maillage courant considéré M_i , comme la fonction affine sur chaque simplexe dudit maillage M_i ,

- appliquer (C3) à ladite portion f_i dudit signal une transformation
15 en ondelettes, délivrant un coefficient d'ondelette D_{i-1} ,

- itérer les étapes d'application pour chacune des portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_{S-1}$,

- coder (C5) les coefficients d'ondelettes délivrés,

20 ledit procédé de codage étant caractérisé en ce que ladite étape de représentation est mise en œuvre de la façon suivante :

- dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée,

25 - dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

2. Procédé de codage selon la revendication 1, dans lequel :

30 - ladite première règle de subdivision consiste à ajouter un sommet à l'intérieur de chaque simplexe du maillage M_i ,

- ladite deuxième règle de subdivision consiste, pour chaque simplexe du maillage M_i , à :

- déterminer une face dudit simplexe qui est commune à un autre simplexe,
- supprimer ladite face déterminée de façon à obtenir un nouveau simplexe,
- 5 • ajouter un sommet à l'intérieur dudit nouveau simplexe obtenu.

3. Procédé de codage selon la revendication 2, dans lequel le sommet ajouté conformément à la première règle de subdivision est le barycentre des
10 sommets du simplexe considéré.

4. Procédé de codage selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel le sommet ajouté conformément à la deuxième règle de subdivision est le barycentre des sommets de ladite face commune entre
15 deux simplexes.

5. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel ladite étape d'application d'une transformation en ondelettes à chaque subdivision consiste à appliquer un filtre sur un maillage courant M_i à
20 subdiviser, ledit filtre étant défini à partir d'une matrice A^i qui est la concaténation de deux matrices P^i et Q^i , telles que :

- un élément $a_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice P^i a pour valeur :

- $1/b_k$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l , avec $0 \leq k \leq N_i$ $0 \leq l \leq N_i$, sont reliés par une arête du maillage M_i , b_k étant le nombre de sommets partageant une arête avec le sommet sk_i du maillage M_i ,
- 0 sinon,

- un élément $a'_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice Q^i a pour
30 valeur :

- 1 si $k=l$,

- $\frac{u(sk_i)}{\sum_{sl_i \in v(sk_i)} u(sk_i)}$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l sont reliés par une arête du maillage M_i ,
- 0 sinon,

5 où :

- u est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i le nombre de simplexes auxquels il appartient, et

- v est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i l'ensemble des sommets du maillage M_i qui partagent une arête avec ledit
 10 sommet sk_i .

6. Dispositif (CO) de codage d'un signal vidéo représentatif de la géométrie d'un objet défini sur un espace de dimension n ($n \geq 1$), comprenant :

- des moyens (CAL1_CO) pour représenter ledit objet à l'aide
 15 d'une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} ,

- des moyens (CAL2_CO) pour projeter ledit signal dans une
 20 base d'ondelettes en une pluralité de portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, une portion f_i dudit signal étant définie, pour ledit maillage courant considéré M_i , comme la fonction affine sur chaque simplexe dudit maillage M_i ,

- des moyens (CAL3_CO) pour appliquer à ladite portion f_i dudit
 signal une transformation en ondelettes, délivrant un coefficient d'ondelette D_{i-1} ,
 25 lesdits moyens d'application étant activés pour chacune des portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, délivrant un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_{S-1}$,

- des moyens (MCE) pour coder les coefficients d'ondelettes délivrés,

30 ledit dispositif de codage étant caractérisé en ce que lesdits moyens de représentation sont adaptés pour :

- dans le cas où i est pair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une première règle de subdivision prédéterminée,

5 - dans le cas où i est impair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

7. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour mettre en œuvre le procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 5, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

8. Procédé de décodage d'un flux de données représentatif d'un signal vidéo précédemment codé, ledit signal étant représentatif de la géométrie d'un objet défini sur un espace de dimension n ($n \geq 1$), comprenant les étapes 15 consistant à :

- décoder (D1) un ensemble de coefficients d'ondelettes $D_0, D_1, \dots, D_{S-1}$ contenu dans ledit flux, par application d'une transformée inverse en ondelettes à chacun des coefficients d'ondelette considéré dans ledit flux,

20 - reconstruire (D4) ledit signal dans une base d'ondelettes en une pluralité de portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, une fonction f_i étant reconstruite à partir d'un des coefficients d'ondelette D_{i-1} décodé considéré, en tant que fonction affine sur chaque simplexe de dimension n d'un maillage M_i correspondant qui appartient à une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) représentant ledit objet, lesdits maillages étant formés 25 respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} ,

- itérer l'étape de reconstruction pour chacune des portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$ considérées,

30 ledit procédé de décodage étant caractérisé en ce que ladite étape de reconstruction est mise en œuvre de la façon suivante :

- dans le cas où i est pair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une première règle de subdivision prédéterminée,

- dans le cas où i est impair, la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} est effectuée selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

5 9. Procédé de décodage selon la revendication 8, dans lequel :

- ladite première règle de subdivision consiste à ajouter un sommet à l'intérieur de chaque simplexe du maillage M_i ,

- ladite deuxième règle de subdivision consiste, pour chaque simplexe du maillage M_i , à :

- 10
- déterminer une face dudit simplexe qui est commune à un autre simplexe,
 - supprimer ladite face déterminée de façon à obtenir un nouveau simplexe,
 - ajouter un sommet à l'intérieur dudit nouveau simplexe
- 15 obtenu.

10. Procédé de décodage selon la revendication 9, dans duquel le sommet ajouté conformément à la première règle de subdivision est le barycentre des sommets du simplexe considéré.

20

11. Procédé de décodage selon la revendication 8 ou la revendication 9, dans lequel le sommet ajouté conformément à la deuxième règle de subdivision est le barycentre des sommets de ladite face commune entre deux simplexes.

25

12. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans lequel ladite étape d'application d'une transformation inverse en ondelettes consiste à appliquer un filtre sur un maillage courant M_i à subdiviser, ledit filtre étant défini à partir d'une matrice A^i qui est la concaténation de deux matrices P^i et Q^i , telles que :

30

- un élément $a_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice P^i a pour valeur :

- $1/b_k$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l , avec $0 \leq k \leq N_i$ $0 \leq l \leq N_i$, sont reliés par une

arête du maillage M_i , b_k étant le nombre de sommets partageant une arête avec le sommet sk_i du maillage M_i ,

- 0 sinon,

- un élément $a'_{k,l}$ ($k \geq 0$ et $l \geq 0$) considéré de la matrice Q^i a pour

5 valeur :

- 1 si $k=l$,
- $\frac{u(sk_i)}{\sum_{sl_i \in v(sk_i)} u(sk_i)}$ si les sommets sk_i et sl_i du maillage M_i d'indices respectifs k et l sont reliés par une arête du maillage M_i ,

10

- 0 sinon,

où :

- u est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i le nombre de simplexes auxquels il appartient, et

- v est une fonction qui associe à un sommet sk_i du maillage M_i

15 l'ensemble des sommets du maillage M_i qui partagent une arête avec ledit sommet sk_i .

13. Dispositif (DO) de décodage d'un flux de données représentatif d'un signal vidéo précédemment codé, ledit signal étant représentatif de la géométrie d'un objet défini sur un espace de dimension n ($n \geq 1$), comprenant :

20

- des moyens (CAL1_DO) pour décoder un ensemble de coefficients d'ondelettes, $D_0, D_1, \dots, D_{S-1}$ contenu dans ledit flux, par application d'une transformée inverse en ondelettes à chacun des coefficients d'ondelette considéré dans ledit flux,

25

- des moyens (CAL2_DO) pour reconstruire ledit signal dans une base d'ondelettes en une pluralité de portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$, délivrant, à partir d'un des coefficients d'ondelette D_{i-1} décodé considéré, une fonction f_i reconstruite en tant que fonction affine sur chaque simplexe de dimension n d'un maillage M_i correspondant qui appartient à une suite de maillages $M_0, M_1, \dots, M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, \dots, M_S$ ($0 \leq i \leq S$) représentant ledit objet, lesdits maillages étant formés respectivement d'une pluralité de simplexes de dimension n , un maillage courant considéré M_i constituant une

30

subdivision du maillage immédiatement précédent M_{i-1} , lesdits moyens de reconstruction étant activés pour chacune des portions de signal $f_0, f_1, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_S$ considérées,

ledit dispositif de décodage étant caractérisé en ce que lesdits moyens de

5 reconstruction sont adaptés pour :

- dans le cas où i est pair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une première règle de subdivision prédéterminée,

10 - dans le cas où i est impair, mettre en œuvre la subdivision du maillage M_i pour obtenir le maillage M_{i+1} selon une deuxième règle de subdivision prédéterminée.

14. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour mettre en œuvre le procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications

15 8 à 12, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

20

25

30

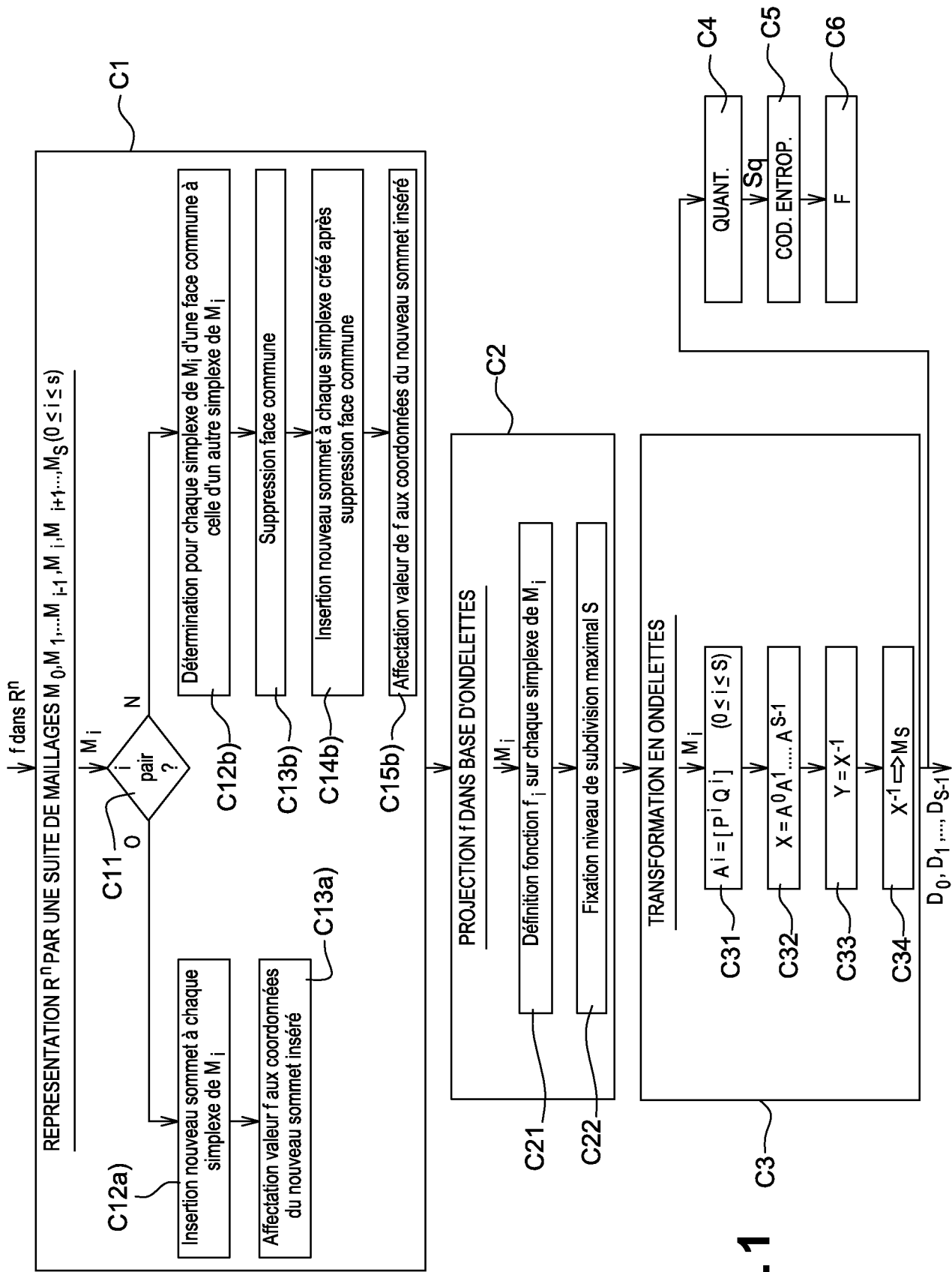


Fig. 1

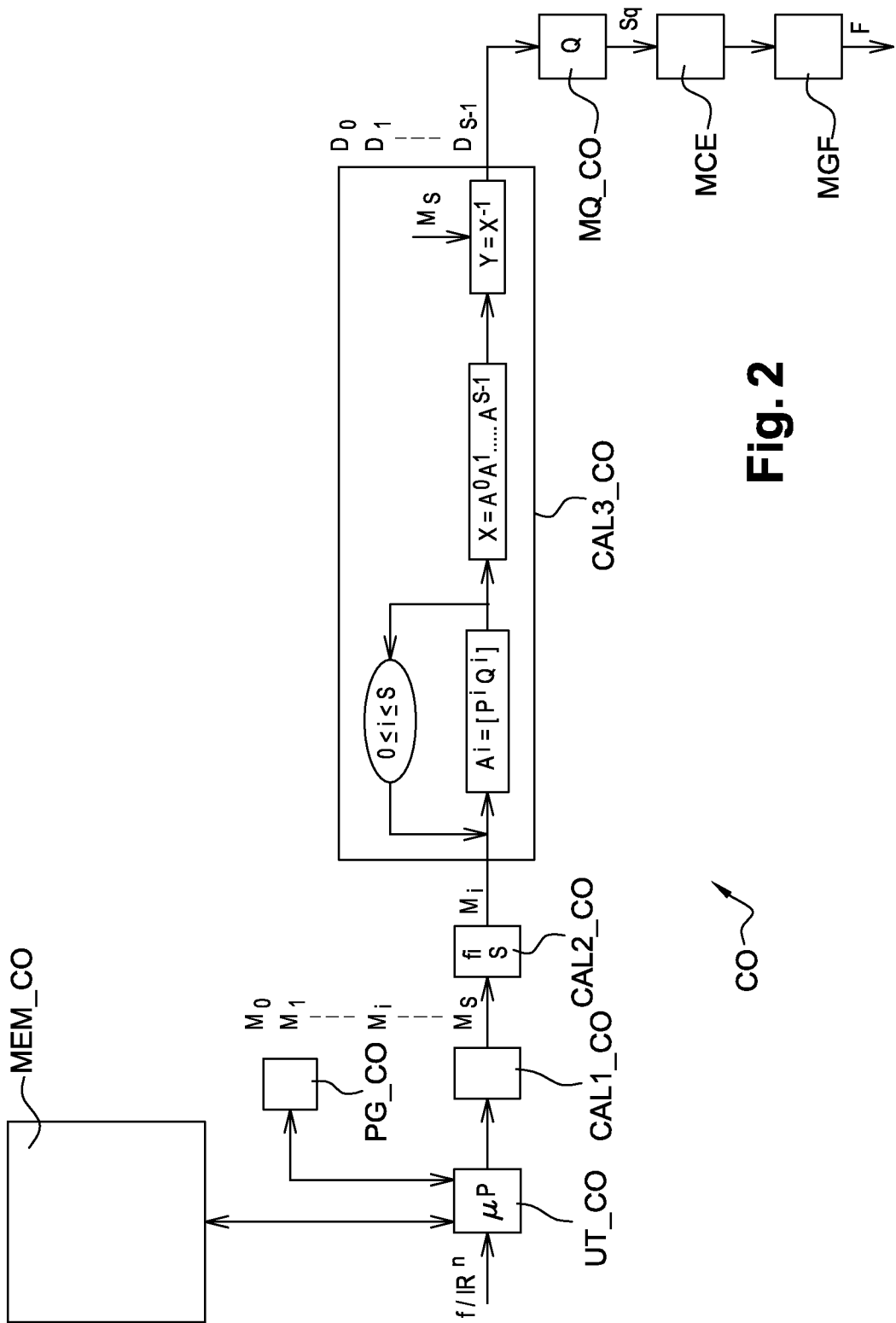


Fig. 2

3 / 6

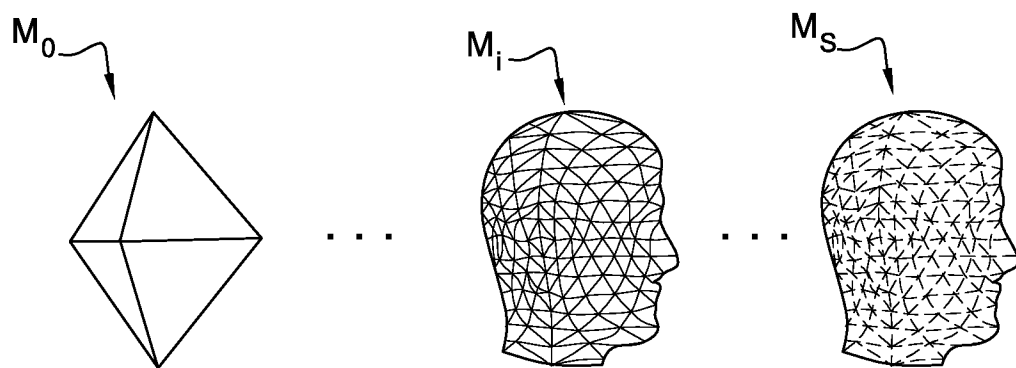


Fig. 3A

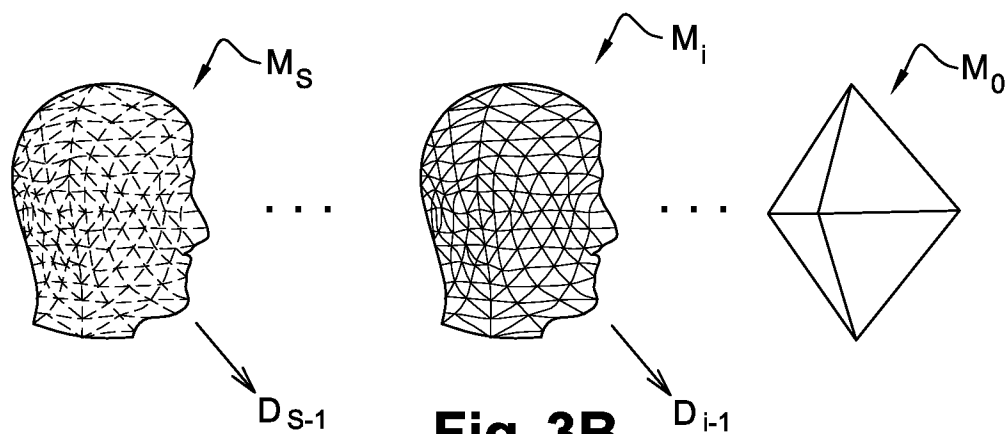
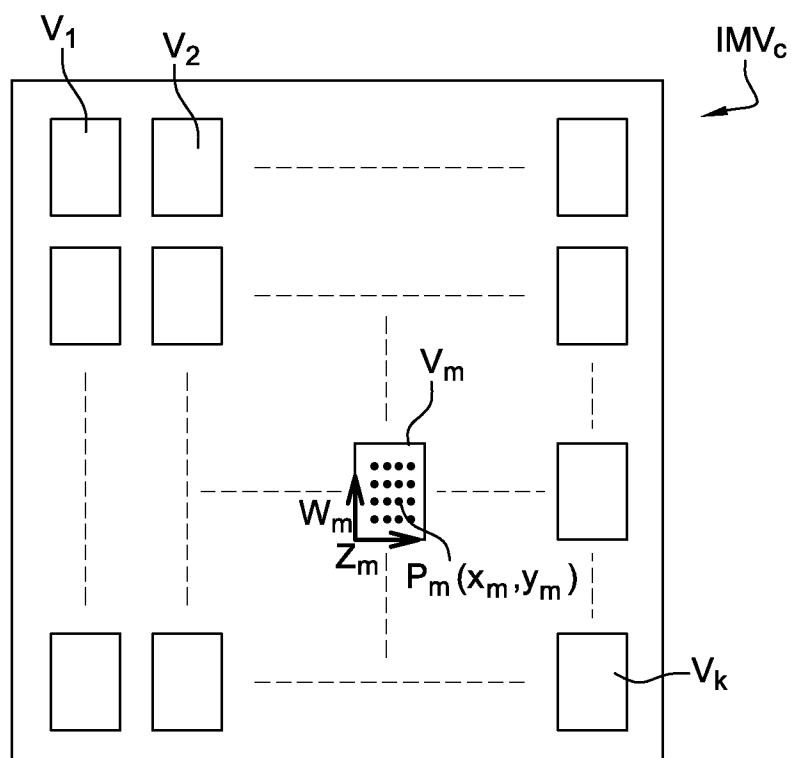


Fig. 3B

Fig. 8



4 / 6

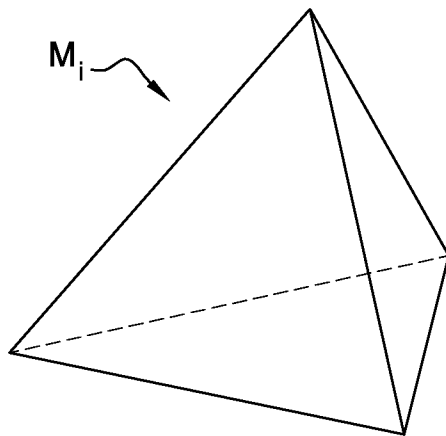


Fig. 4A

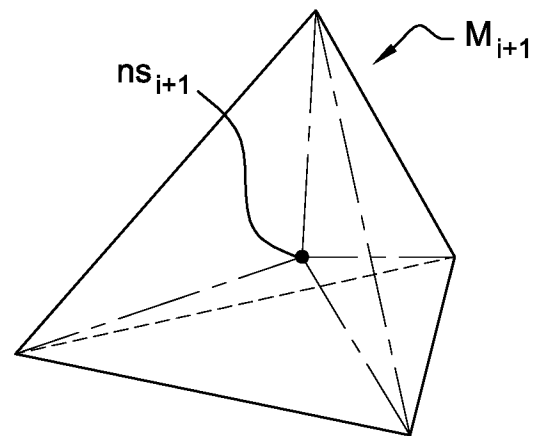


Fig. 4B

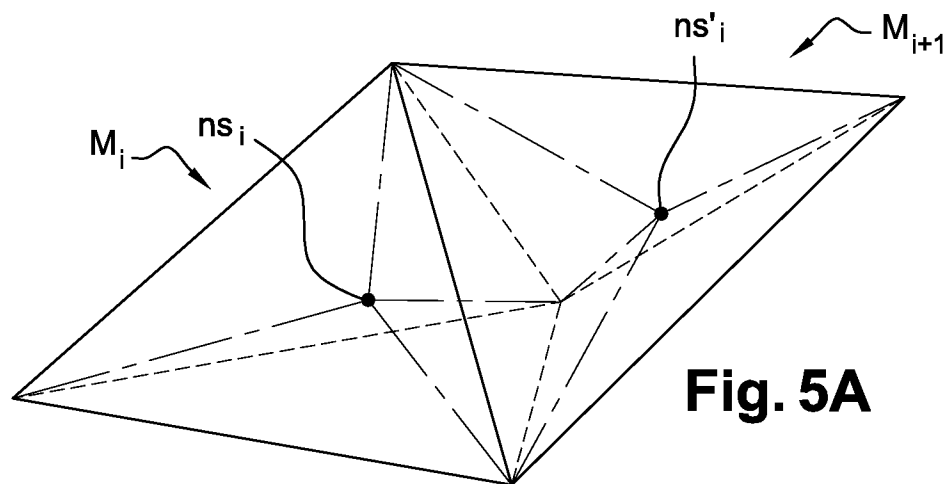


Fig. 5A

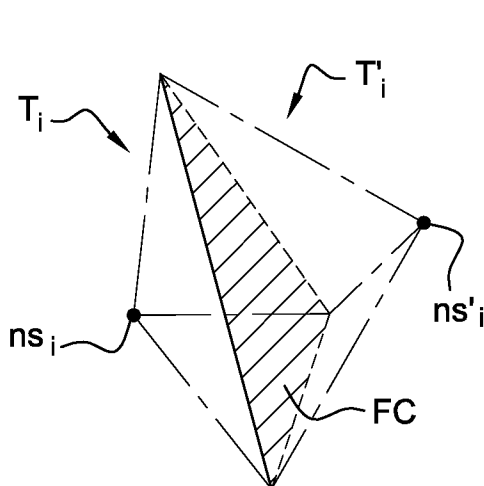


Fig. 5B

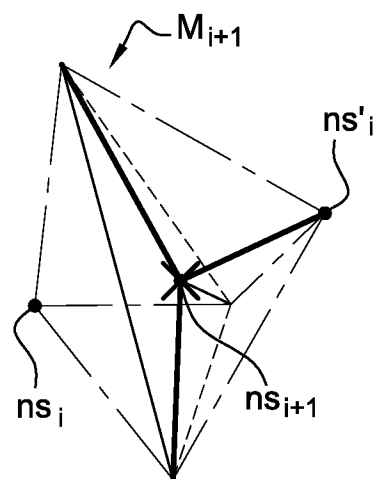


Fig. 5C

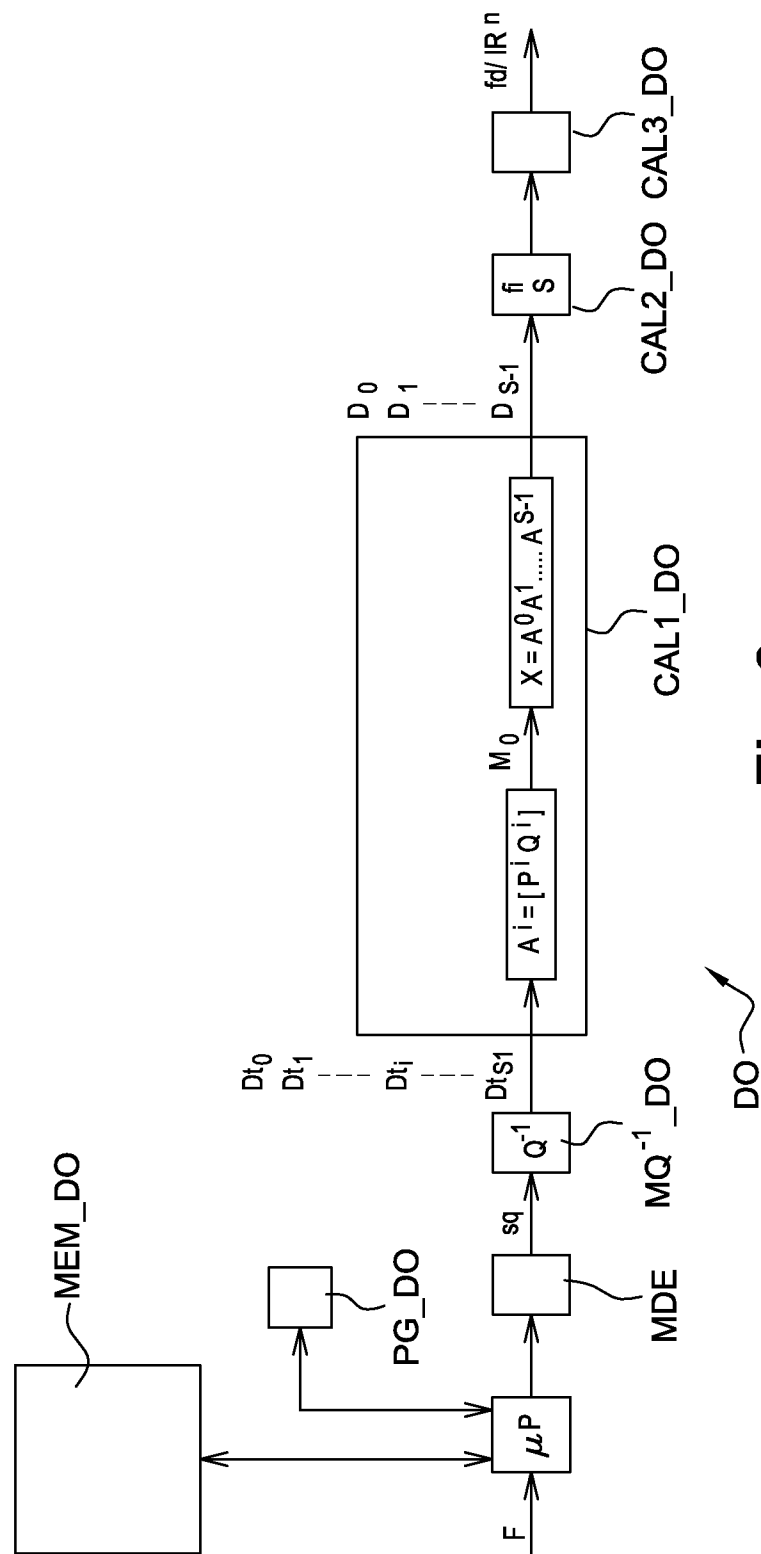


Fig. 6

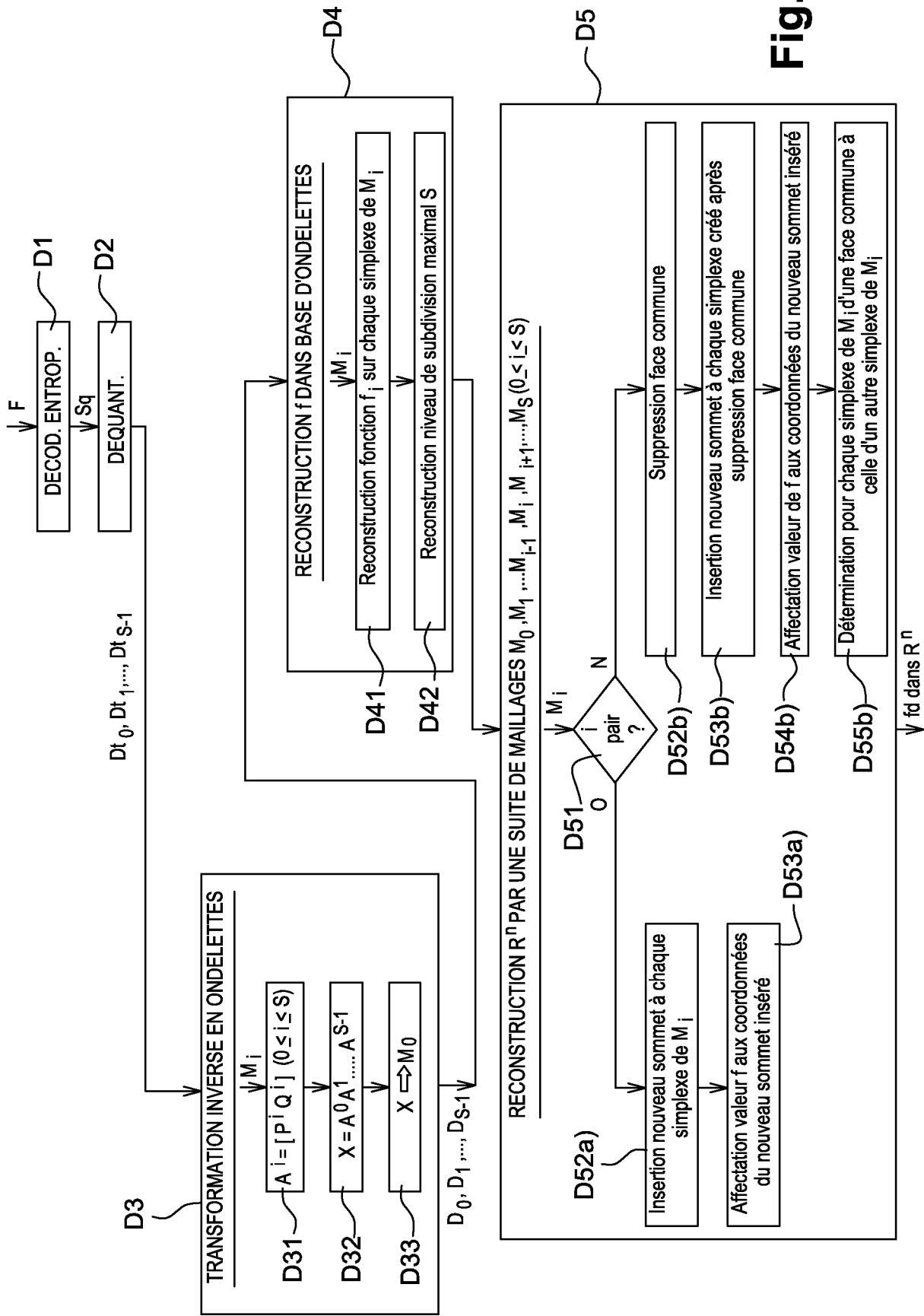


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2015/050463

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04N19/00 H03M7/30 G06K9/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04N H03M G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	John Michael Lounsbery: "Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type", internet article, 1997, XP002728447, Retrieved from the Internet: URL: http://delivery.acm.org/10.1145/240000/237750/p34-lounsbery.pdf?ip=145.64.134.24&id=237750&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=E80E9EB78FFDF9DF.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0C3E38B35&CFID=531080969&CFTOKEN=37581965&acm_=1407927021_4c2215ce4309c90b9c4c0ffc72f984c6 [retrieved on 2014-08-13] the whole document	1,6,8, 12-14
A	FR 2 827 409 A1 (FRANCE TELECOM [FR]) 17 January 2003 (2003-01-17) the whole document	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 July 2015

Date of mailing of the international search report

20/07/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rydyger, Kay

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/050463

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2827409	A1	17-01-2003	
		AU 2002328371 A1	03-03-2003
		BR 0210974 A	08-06-2004
		CA 2453283 A1	30-01-2003
		CN 1526120 A	01-09-2004
		EP 1405268 A1	07-04-2004
		FR 2827409 A1	17-01-2003
		JP 4064345 B2	19-03-2008
		JP 2004535644 A	25-11-2004
		KR 20040018450 A	03-03-2004
		MX PA04000217 A	23-07-2004
		US 2004208382 A1	21-10-2004
		WO 03009234 A1	30-01-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/050463

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04N19/00 H03M7/30 G06K9/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H04N H03M G06K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	John Michael Lounsbery: "Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type", internet article, 1997, XP002728447, Extrait de l'Internet: URL: http://delivery.acm.org/10.1145/240000/237750/p34-lounsbery.pdf?ip=145.64.134.24&id=237750&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=E80E9EB78FFDF9DF.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0C3E38B35.4D4702B0C3E38B35&CFID=531080969&CFTOKEN=37581965&acm_=1407927021_4c2215ce4309c90b9c4c0ffc72f984c6 [extrait le 2014-08-13] le document en entier	1,6,8, 12-14
A	----- FR 2 827 409 A1 (FRANCE TELECOM [FR]) 17 janvier 2003 (2003-01-17) le document en entier -----	1-14
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
13 juillet 2015	20/07/2015	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Rydyger, Kay

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/050463

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2827409	A1	17-01-2003	
		AU 2002328371 A1	03-03-2003
		BR 0210974 A	08-06-2004
		CA 2453283 A1	30-01-2003
		CN 1526120 A	01-09-2004
		EP 1405268 A1	07-04-2004
		FR 2827409 A1	17-01-2003
		JP 4064345 B2	19-03-2008
		JP 2004535644 A	25-11-2004
		KR 20040018450 A	03-03-2004
		MX PA04000217 A	23-07-2004
		US 2004208382 A1	21-10-2004
		WO 03009234 A1	30-01-2003
