

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.02.99.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 25.08.00 Bulletin 00/34.

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

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : CANON KABUSHIKI KAISHA — JP.

72 Inventeur(s) : HENRY FELIX, BERTHELOT BER-  
TRAND et MAJANI ERIC.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : RINUY SANTARELLI.

54 DISPOSITIF ET PROCEDE DE TRANSFORMATION DE SIGNAL NUMERIQUE.

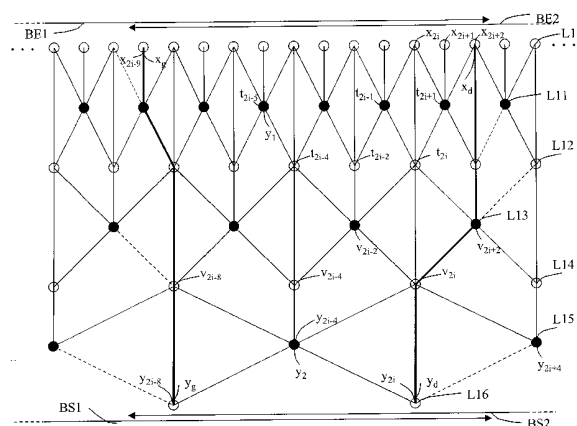
57 L'invention concerne le filtrage d'analyse de signal numérique. Des échantillons d'origine du signal numérique sont transformés par des étapes successives de calcul en des échantillons de sortie de haute et basse fréquence, un échantillon quelconque calculé à une étape donnée étant calculé par une fonction prédéterminée d'échantillons d'origine, et/ou d'échantillons précédemment calculés.

Le signal est traité par blocs d'entrée successifs d'échantillons (BE1, BE2), les calculs effectués sur un bloc d'entrée considéré ne prenant en compte que les échantillons d'origine ou calculés lui appartenant.

Deux blocs d'entrée consécutifs (BE1, BE2) se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons d'origine.

Des blocs de sortie (BS1, BS2) sont formés, chaque bloc de sortie correspondant respectivement à un bloc d'entrée.

Deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur des échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'origine sur lesquels se chevauchent les blocs d'entrée correspondants aux blocs de sortie considérés.



5

10           La présente invention concerne le filtrage de signal numérique, tel que la transformation de signal numérique en signaux de sous-bandes de fréquence.

          De nombreux procédés et dispositifs de filtrage numérique sont connus. On envisage ici, à titre d'exemple, des filtrages d'analyse et des  
15   filtrages correspondants de synthèse de signal numérique.

          Ces filtrages sont généralement des sous-ensembles intégrés dans les ensembles de codage et/ou de décodage. Ils nécessitent souvent une grande place en mémoire vive ou en mémoire tampon, pour stocker les données en cours de traitement.

20           Or, en pratique, la taille des moyens de mémoire est souvent inférieure à la taille qui serait nécessaire pour stocker l'intégralité d'un ensemble de données, par exemple d'une image numérique. Il est donc nécessaire de « couper » le signal en blocs et de traiter les blocs les uns après les autres.

25           Cependant, entre une analyse et la synthèse correspondante d'un signal, d'autres traitements, tels que quantification ou codage entropique, sont généralement appliqués à ce dernier. Ces traitements, combinés avec les traitements par blocs, provoquent des dégradations dans le signal reconstruit.

          La présente invention fournit un procédé et un dispositif de  
30   transformation de signal numérique qui traite le signal par blocs, tout en limitant les dégradations dans le signal reconstruit.

A cette fin, l'invention propose un procédé de filtrage d'analyse de signal numérique d'origine comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques, des échantillons d'origine du signal numérique étant transformés par des étapes successives de calcul en des échantillons de sortie  
5 de haute et basse fréquence, un échantillon quelconque calculé à une étape donnée étant calculé par une fonction prédéterminée d'échantillons d'origine, et/ou d'échantillons précédemment calculés, les échantillons étant ordonnés par rang croissant,

caractérisé en ce que :

- 10 - le signal est traité par blocs d'entrée successifs d'échantillons, les calculs effectués sur un bloc d'entrée considéré ne prenant en compte que les échantillons d'origine ou calculés appartenant au bloc d'entrée considéré,
- le bloc d'entrée considéré et le bloc d'entrée suivant se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons d'origine,
- 15 - des blocs de sortie sont formés, chaque bloc de sortie correspondant respectivement à un bloc d'entrée,
- deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur des échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'origine sur lesquels se chevauchent les blocs d'entrée correspondants aux blocs de sortie  
20 considérés.

Grâce à l'invention, les données sont codées puis décodées par blocs, tout en limitant les discontinuités aux limites de blocs. En outre, un bloc quelconque est codé et décodé indépendamment d'autres blocs.

- D'autre part, les inventeurs ont constaté que l'occupation en  
25 mémoire tampon des données en cours de traitement est optimisée. Ainsi, des filtrages complexes peuvent être intégrés dans de nombreux appareils, sans que ceux-ci ne nécessitent des mémoires très grandes.

Selon un mode préféré de réalisation, les blocs sont formés de la manière suivante :

- 30 - la limite de début du bloc d'entrée considéré est formée entre un premier échantillon d'origine et un premier échantillon de sortie, en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en

fonction de l'échantillon précédent, l'échantillon suivant ayant un rang égal ou supérieur à l'échantillon précédent,

- la limite de fin du bloc d'entrée considéré est formée entre un second échantillon d'origine et un second échantillon de sortie, en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en fonction de l'échantillon précédent, l'échantillon suivant ayant un rang égal ou inférieur à l'échantillon précédent,

- la limite de fin du bloc d'entrée considéré et la limite de début du bloc d'entrée suivant sont telles qu'il n'existe pas d'échantillon de compatibilité ayant un rang strictement inférieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de début du bloc d'entrée suivant et à la même ligne que l'échantillon de compatibilité, et à la fois un rang strictement supérieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de fin du bloc d'entrée considéré et à la même ligne que l'échantillon de compatibilité.

- 15 Selon une caractéristique préférée, deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur un seul échantillon de sortie. Ainsi l'occupation en mémoire des données en cours de traitement est minimisée.

- 20 De préférence, deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur un seul échantillon de sortie qui est un échantillon de sortie de basse fréquence. Ainsi, les discontinuités à la reconstruction sont limitées.

L'invention concerne aussi un procédé de codage de signal numérique comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques, le codage comportant :

- un filtrage d'analyse effectué selon le procédé précédent, pour former des échantillons filtrés,
- une quantification des échantillons précédemment filtrés, et
- un codage entropique des échantillons précédemment quantifiés.

Le procédé de codage présente des avantages analogues à ceux du procédé de filtrage.

- 30 Selon une caractéristique préférée du procédé de codage, la même quantification, avec les mêmes paramètres, est utilisée pour deux blocs successifs, au moins pour les échantillons situés dans la partie de

chevauchement des deux blocs considérés. Ainsi, les échantillons présents dans deux blocs sont codés et décodés à la même valeur.

De préférence, la quantification est une quantification scalaire et en ce que la même quantification scalaire, avec le même pas de quantification, est  
5 utilisée pour deux blocs successifs, au moins pour les échantillons situés dans la partie de chevauchement des deux blocs considérés.

L'effet de discontinuité aux limites des blocs est réduit au maximum.

Selon des caractéristiques préférées, le signal numérique est un signal d'image et les échantillons d'origine sont des lignes ou des colonnes de  
10 l'image. L'invention s'applique avantageusement à un signal d'image, qui nécessite généralement une grande place mémoire. Cette place mémoire est réduite grâce à l'invention.

Corrélativement, l'invention propose des dispositifs de filtrage d'analyse et de codage, qui comportent des moyens adaptés à mettre les  
15 caractéristiques précédentes.

L'invention concerne aussi un appareil numérique incluant le dispositif de transformation ou des moyens de mise en œuvre du procédé de transformation. Les avantages du dispositif et de l'appareil numérique sont identiques à ceux précédemment exposés.

20 Un moyen de stockage d'information, lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur, intégré ou non au dispositif, éventuellement amovible, mémorise un programme mettant en œuvre le procédé de filtrage.

Les caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture d'un mode préféré de réalisation illustré  
25 par les dessins ci-joints, dans lesquels :

- la figure 1 représente de manière schématique un dispositif de traitement de données selon l'invention,

- la figure 2 représente de manière schématique un autre dispositif de traitement de données selon l'invention,

- 30 - la figure 3 représente un mode de réalisation du dispositif de traitement de données selon l'invention,

- la figure 4 représente un mode de réalisation de circuit de transformation inclus dans le dispositif de traitement de données de la figure 1,
- la figure 5 est une image à coder selon l'invention,
- la figure 6 est une image transformée selon l'invention,
- 5       - la figure 7 est un treillis représentant le fonctionnement d'un circuit de transformation selon l'invention,
- la figure 8 est un treillis représentant le fonctionnement du circuit de transformation inverse de celui de la figure 7,
- la figure 9 est un treillis représentant le fonctionnement d'un circuit
- 10   de transformation selon l'invention,
- la figure 10 est un treillis représentant le fonctionnement du circuit de transformation inverse de celui de la figure 9,
- la figure 11 est un treillis représentant le fonctionnement d'un circuit de transformation selon l'invention,
- 15       - la figure 11 est un algorithme de codage selon la présente invention,
- la figure 12 est un algorithme de décodage selon la présente invention.

20       Selon un mode de réalisation choisi et représenté à la **figure 1**, un dispositif de traitement de données selon l'invention est un dispositif 2 de codage de données qui comporte une entrée 24 à laquelle est reliée une source 1 de données non codées.

25       La source 1 comporte par exemple un moyen de mémoire, telle que mémoire vive, disque dur, disquette, disque compact, pour mémoriser des données non codées, ce moyen de mémoire étant associé à un moyen de lecture approprié pour y lire les données. Un moyen pour enregistrer les données dans le moyen de mémoire peut également être prévu.

30       On considérera plus particulièrement dans la suite que les données à coder sont une suite d'échantillons numériques représentant une image IM.

La source 1 fournit un signal numérique d'image SI à l'entrée du circuit de codage 2. Le signal d'image SI est une suite de mots numériques, par

exemple des octets. Chaque valeur d'octet représente un pixel de l'image IM, ici à 256 niveaux de gris, ou image noir et blanc. L'image peut être une image multispectrale, par exemple une image en couleur ayant des composantes dans trois bandes de fréquence, de type rouge-vert-bleu ou luminance et chrominance. Chaque bande est alors traitée de manière analogue à l'image monospectrale.

Des moyens 3 utilisateurs de données codées sont reliés en sortie 25 du dispositif de codage 2.

Les moyens utilisateurs 3 comportent par exemple des moyens de mémorisation de données codées, et/ou des moyens de transmission des données codées.

Le dispositif de codage 2 comporte classiquement, à partir de l'entrée 24, un circuit de transformation 21, plus particulièrement concerné par la présente invention, et dont plusieurs exemples de réalisation seront détaillés dans la suite. Les transformations envisagées ici sont des décompositions en des signaux de sous-bandes de fréquence du signal de données, de manière à effectuer une analyse du signal.

Le circuit de transformation 21 est relié à un circuit de quantification 22. Le circuit de quantification met en œuvre une quantification connue en soi, par exemple une quantification scalaire, ou une quantification vectorielle, des échantillons, ou de groupes d'échantillons, des signaux de sous-bandes de fréquence fournis par le circuit 21.

Le circuit 22 est relié à un circuit 23 de codage entropique, qui effectue un codage entropique, par exemple un codage de Huffman, ou un codage arithmétique, des données quantifiées par le circuit 22.

La **figure 2** représente un autre dispositif de traitement de données selon l'invention, sous la forme d'un dispositif 5 de décodage de données codées par le dispositif 2.

Des moyens 4 utilisateurs de données codées sont reliés en entrée 54 du dispositif de décodage 5. Les moyens 4 comportent par exemple des moyens de mémoire de données codées, et/ou des moyens de réception des

données codées qui sont adaptés à recevoir les données codées transmises par les moyens de transmission 3.

Des moyens 6 utilisateurs de données décodées sont reliés en sortie 55 du dispositif de décodage 5. Les moyens utilisateurs 6 sont par exemple des  
5    moyens de visualisation d'images, ou des moyens de restitution de sons, en fonction de la nature des données traitées.

Le dispositif de décodage 5 effectue globalement des opérations inverses de celles du dispositif de codage 2. Le dispositif 5 comporte un circuit de décodage entropique 51, qui effectue un décodage entropique  
10    correspondant au codage du circuit 23. Le circuit 51 est relié à un circuit de déquantification 52, correspondant au circuit de quantification 22. Le circuit 52 est relié à un circuit de transformation inverse 53, correspondant au circuit de transformation 21. Le circuit de transformation inverse 53 est plus  
15    particulièrement concerné par la présente invention. Plusieurs exemples de réalisation seront détaillés dans la suite. Les transformations envisagées ici réalisent une synthèse du signal numérique, à partie de signaux de sous-bandes de fréquence.

Le dispositif de codage et/ou le dispositif de décodage peuvent être intégrés dans un appareil numérique, tel qu'un ordinateur, une imprimante, un  
20    télécopieur, un scanner ou un appareil photographique numérique, par exemple.

Le dispositif de codage et le dispositif de décodage peuvent être intégrés dans un même appareil numérique, par exemple un appareil photographique numérique. Dans ce cas, le dispositif de traitement de données  
25    réalise le codage et le décodage des données de manière combinée, comme exposé dans la suite.

En référence à la **figure 3**, est décrit un exemple de dispositif 10 mettant en œuvre l'invention. Ce dispositif est adapté à transformer un signal numérique, et selon les exemples développés dans la suite, à l'analyser, ou à le  
30    synthétiser.

Le dispositif 10 est ici un micro-ordinateur comportant un bus de communication 101 auquel sont reliés :

- une unité centrale 100,
- une mémoire morte 102,
- une mémoire vive 103,
- un écran 104,
- 5       - un clavier 114,
- un disque dur 108,
- un lecteur de disquette 109 adapté à recevoir une disquette 110,
- une interface 112 de communication avec un réseau de communication 113,
- 10       - une carte d'entré/sortie 106 reliée à un microphone 111.

Le disque dur 108 mémorise les programmes mettant en œuvre l'invention, et qui seront décrits dans la suite, ainsi que les données à coder et les données codées selon l'invention. Ces programmes peuvent aussi être lus sur la disquette 110, ou reçu via le réseau de communication 113, ou encore  
15       mémorisé en mémoire morte 102.

De manière plus générale, les programmes selon la présente invention sont mémorisés dans un moyen de stockage. Ce moyen de stockage est lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur. Ce moyen de stockage est intégré ou non au dispositif, et peut être amovible. Par exemple, il peut  
20       comporter une bande magnétique, une disquette ou un CD-ROM (disque compact à mémoire figée).

Lors de la mise sous tension du dispositif, les programmes selon la présente invention sont transférés dans la mémoire vive 103 qui contient alors le code exécutable de l'invention et des registres contenant les variables  
25       nécessaires à la mise en œuvre de l'invention. La mémoire vive inclut une mémoire tampon.

Le dispositif 10 peut recevoir des données à coder depuis un dispositif périphérique 107, tel qu'un appareil photographique numérique, ou un scanner, ou tout autre moyen d'acquisition ou de stockage de données.

30       Le dispositif 10 peut également recevoir des données à coder depuis un dispositif distant, via le réseau de communication 113, et transmettre des

données codées vers un dispositif distant, toujours via le réseau de communication 113.

Le dispositif 10 peut aussi recevoir des données à coder depuis le microphone 111. Ces données sont alors un signal de son.

5 L'écran 104 permet à un utilisateur notamment de visualiser les données à coder, et sert, avec le clavier 114, d'interface utilisateur.

En référence à la **figure 4**, le circuit de transformation 21, ou circuit d'analyse, est un circuit de décomposition dyadique à deux niveaux. Le circuit 21 est, dans ce mode de réalisation, un ensemble classique de filtres, 10 respectivement associés à des décimateurs par deux, qui filtrent le signal d'image selon deux directions, en des signaux de sous-bandes de hautes et basses fréquences spatiales. La relation entre un filtre passe-haut et un filtre passe-bas est déterminée par les conditions de reconstruction parfaite du signal. Différents exemples de filtres vont être envisagés dans la suite. Il est à 15 noter que les filtres de décomposition verticale et horizontale ne sont pas forcément identiques, bien qu'en pratique ce soit généralement le cas. Le circuit 21 comporte ici deux blocs successifs d'analyse pour décomposer l'image IM en des signaux de sous-bandes selon deux niveaux de résolution.

De manière générale, la résolution d'un signal est le nombre 20 d'échantillons par unité de longueur utilisés pour représenter ce signal. Dans le cas d'un signal d'image, la résolution d'un signal de sous-bande est liée au nombre d'échantillons par unité de longueur utilisés pour représenter ce signal de sous-bande horizontalement et verticalement. La résolution dépend du nombre de décimations effectuées, du facteur de décimation et de la résolution 25 de l'image initiale.

Le premier bloc d'analyse reçoit le signal numérique d'image SI et l'applique à deux filtres numériques respectivement passe-bas et passe-haut 210 et 220 qui filtrent le signal d'image selon une première direction, par exemple horizontale dans le cas d'un signal d'image. Après passage par des 30 décimateurs par deux D210 et D220, les signaux filtrés résultant sont respectivement appliqués à deux filtres passe-bas 230 et 250, et passe-haut 240 et 260, qui les filtrent selon une seconde direction, par exemple verticale

dans le cas d'un signal d'image. Chaque signal filtré résultant passe par un décimateur par deux respectif D230, D240, D250 et D260. Le premier bloc délivre en sortie quatre signaux de sous-bandes  $LL_1$ ,  $LH_1$ ,  $HL_1$  et  $HH_1$  de résolution  $RES_1$  la plus élevée dans la décomposition.

5            Le signal de sous-bande  $LL_1$  comporte les composantes, ou échantillons, de basse fréquence, selon les deux directions, du signal d'image. Le signal de sous-bande  $LH_1$  comporte les composantes de basse fréquence selon une première direction et de haute fréquence selon une seconde direction, du signal d'image. Le signal de sous-bande  $HL_1$  comporte les  
10 composantes de haute fréquence selon la première direction et les composantes de basse fréquence selon la seconde direction. Enfin, le signal de sous-bande  $HH_1$  comporte les composantes de haute fréquence selon les deux directions.

          Chaque signal de sous-bande est un ensemble d'échantillons réels  
15 construit à partir de l'image d'origine, qui contient de l'information correspondant à une orientation respectivement verticale, horizontale et diagonale des contours de l'image, dans une bande de fréquence donnée. Chaque signal de sous-bande peut être assimilé à une image.

          Le signal de sous-bande  $LL_1$  est analysé par un bloc d'analyse  
20 analogue au précédent pour fournir quatre signaux de sous-bandes  $LL_2$ ,  $LH_2$ ,  $HL_2$  et  $HH_2$  de niveau de résolution  $RES_2$ .

          Chacun des signaux de sous-bandes de résolution  $RES_2$  correspond également à une orientation dans l'image.

          Une image numérique IM en sortie de la source d'image 1 est  
25 représentée de manière schématique à la **figure 5**, tandis que la **figure 6** représente l'image IMD résultant de la décomposition de l'image IM, en sept sous-bandes selon deux niveaux de résolution, par le circuit 21. L'image IMD comporte autant d'information que l'image d'origine IM, mais l'information est fréquemment découpée selon deux niveaux de résolution.

30            Bien entendu, le nombre de niveaux de résolution, et par conséquent de sous-bandes, peut être choisi différemment, par exemple 10 sous-bandes sur trois niveaux de résolution, ou 13 sous-bandes sur quatre niveaux de

résolution, pour un signal bi-dimensionnel tel qu'une image. Le nombre de sous-bandes par niveau de résolution peut également être différent. En outre, la décomposition peut ne pas être dyadique. Les circuits d'analyse et de synthèse sont adaptés à la dimension du signal traité.

5           A la figure 6, les échantillons issus de la transformation sont rangés sous-bande par sous-bande. Cependant, l'image IMD peut être représentée de manière équivalente selon un mode dit entrelacé, dans lequel les échantillons des différents signaux de sous-bandes sont regroupés selon leur origine spatiale dans l'image. Cette représentation présente l'avantage que les  
10 échantillons de l'image transformée peuvent être calculés sur place, c'est-à-dire qu'un échantillon calculé est stocké en mémoire à la place d'un échantillon ayant servi à son calcul. Il est à noter que le calcul sur place n'est pas essentiel pour la présente invention.

          Dans la suite, on s'intéressera aux représentations entrelacées. Les  
15 circuits de transformation permettant d'obtenir une représentation entrelacée sont représentés sous forme de treillis.

          La **figure 7** est un treillis représentant le fonctionnement d'un circuit de transformation qui effectue une analyse (décomposition dyadique) de signal numérique selon trois niveaux de résolution, en une dimension. Le circuit de  
20 transformation comporte deux filtres associés  $H_0$  et  $H_1$ , respectivement passe-bas et passe-haut.

          Une portion du signal à transformer, ici dix-sept échantillons, a été représentée. Il est à noter que chaque échantillon de signal à transformer peut-être un échantillon ou peut être une suite d'échantillons. Selon un exemple,  
25 chaque échantillon est une ligne d'une image numérique. Le filtrage réalisé par treillis est alors un filtrage vertical de l'image. En variante, de manière équivalente, les échantillons sont les colonnes de l'image et le filtrage est un filtrage horizontal de l'image.

          Le circuit de transformation comporte deux filtres associés  $H_0$  et  $H_1$ ,  
30 respectivement passe-bas et passe-haut. Les filtres choisis sont les filtres 5/3, qui peuvent être représentés par leurs échantillons :

$$H_0 = [-1 \ 2 \ 6 \ 2 \ -1]/8$$

$$H_1 = [-1 \ 2 \ -1]/2$$

Selon la méthode dite de "lifting" de Sweldens, le filtre de basse fréquence  $H_0$  peut être exprimé en fonction du filtre de haute fréquence  $H_1$ , selon une relation de type :

$$5 \quad H_0 = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0] + \alpha \cdot [1 \ 0 \ 1] * H_1$$

où  $\alpha$  est un coefficient multiplicatif, égal à 0,25 pour un filtre 5/3, et "\*" représente l'opération de convolution. Ce type de décomposition est dit réversible.

En conséquence, les échantillons basse fréquence sont calculés à partir des échantillons haute fréquence et des échantillons du signal d'origine.

Dans la suite, on note :

-  $x_{2i-1}, x_{2i}, x_{2i+1}, \dots$  les échantillons du signal à transformer, où  $i$  est un entier.

-  $y_{2i-1}, y_{2i}, y_{2i+1}, \dots$  les échantillons obtenus par transformation. Les échantillons d'indices pairs sont ici les échantillons basse fréquence, et les échantillons d'indices impairs sont les échantillons haute fréquence.

L'indice d'un échantillon représente son rang dans la suite ordonnée formant le signal.

Les calculs effectués dans le circuit de transformation sont des calculs sur place, c'est-à-dire qu'un échantillon calculé, de rang donné, est mémorisé à la place d'un autre échantillon de même rang ayant servi à son calcul.

En outre, les échantillons du signal à transformer sont traités de manière ordonnée, par rang croissant.

La première ligne L10 du treillis comporte les échantillons à filtrer  $\{\dots, x_{2i}, x_{2i+1}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de un. Ces échantillons sont mémorisés en mémoire tampon 103 au fur et à mesure de leur utilité pour le filtrage.

La deuxième ligne L11 du treillis comporte les échantillons haute fréquence de premier niveau de résolution  $\{\dots, t_{2i-1}, t_{2i+1}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de deux, obtenus par la formule :

$$t_{2i+1} = x_{2i+1} - 0,5 \cdot (x_{2i} + x_{2i+2}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $t_{2i+1}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon de même rang dans le signal d'origine.

La troisième ligne L12 du treillis comporte les échantillons basse fréquence de premier niveau de résolution  $\{\dots, t_{2i-2}, t_{2i}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de deux, obtenus par la formule :

$$t_{2i} = x_{2i} + 0,25.(t_{2i+1} + t_{2i-1}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $t_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon de même rang dans le signal d'origine.

La quatrième ligne L13 du treillis comporte les échantillons haute fréquence de deuxième niveau de résolution  $\{\dots, v_{2i-2}, v_{2i+2}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de quatre, obtenus par la formule :  $v_{2i-2} = t_{2i-2} - 0,5.(t_{2i} + t_{2i-4})$

Après son calcul, l'échantillon  $v_{2i-2}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon basse fréquence de premier niveau de même rang.

La cinquième ligne L14 du treillis comporte les échantillons basse fréquence de deuxième niveau de résolution  $\{\dots, v_{2i-4}, v_{2i}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de quatre, obtenus par la formule :

$$v_{2i} = t_{2i} + 0,25.(v_{2i-2} + v_{2i+2}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $v_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon basse fréquence de premier niveau de même rang.

La sixième ligne L15 du treillis comporte les échantillons haute fréquence de troisième niveau de résolution  $\{\dots, y_{2i-4}, y_{2i+4}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de huit, obtenus par la formule :

$$y_{2i-4} = v_{2i-4} - 0,5.(v_{2i} + v_{2i-8}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $y_{2i-4}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon basse fréquence de deuxième niveau de même rang.

La septième ligne L16 du treillis comporte les échantillons basse fréquence de troisième niveau  $\{\dots, y_{2i-8}, y_{2i}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de huit, obtenus par la formule :

$$y_{2i} = v_{2i} + 0,25.(y_{2i-4} + y_{2i+4}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $y_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon basse fréquence de deuxième niveau de même rang.

Le résultat de la transformation du signal d'origine  $\{\dots, x_{2i}, x_{2i+1}, \dots\}$  par les filtres 5/3 est un signal entrelacé. Bien entendu, il est possible de  
5 réaliser des opérations analogues sur un nombre différent d'échantillons, sur un nombre différent de niveaux de résolution, ou d'utiliser d'autres filtres sur un ou plusieurs des niveaux de résolution.

En pratique, seul un nombre prédéterminé maximal d'échantillons peut être mémorisé en mémoire 103. Il est donc nécessaire de traiter le signal  
10 par blocs successifs d'échantillons.

Or, tout traitement, tel que quantification ou codage entropique, réalisé sur le signal entre son analyse et sa synthèse peut générer des discontinuités lors de la synthèse, en raison du traitement par bloc.

Pour éviter ces discontinuités à la reconstruction du signal, un  
15 recouvrement est nécessaire entre blocs voisins. Deux blocs voisins se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons.

La présente invention concerne plus particulièrement la formation des blocs, et la manière de positionner les limites de blocs pour assurer un recouvrement entre blocs voisins.

20 Pour cela, on définit tout d'abord une première limite, dite limite gauche. Un échantillon noté  $x_g$  est choisi dans la première ligne L10. A partir de l'échantillon  $x_g$ , la limite gauche est formée en passant à la ligne suivante L11 en suivant une branche vers un échantillon de rang égal ou supérieur à celui de l'échantillon  $x_g$ . Dans l'exemple représenté à la figure 7, il y a en fait une seule  
25 possibilité pour passer de la ligne L10 à la ligne L11 à partir de l'échantillon  $x_g$  choisi.

Ensuite, la même règle est appliquée pour passer d'une ligne à la suivante, jusqu'à un échantillon  $y_g$  de la dernière ligne L16 du treillis. Ainsi, en passant d'un échantillon d'une ligne donnée à un échantillon de rang égal ou  
30 supérieur dans la ligne suivante, une limite gauche est formée. La limite gauche est formée en passant successivement d'un échantillon précédent à un

échantillon suivant calculé en fonction de l'échantillon précédent. Il est à noter que la limite à partir de l'échantillon  $x_g$  n'est pas unique.

De manière équivalente, on définit une seconde limite, dite limite droite. Un échantillon noté  $x_d$  est choisi dans la première ligne L10. A partir de  
5 l'échantillon  $x_d$ , la limite droite est formée en passant à la ligne suivante L11 en suivant une branche vers un échantillon de rang inférieur ou égal à celui de l'échantillon  $x_d$ .

Ensuite, la même règle est appliquée pour passer d'une ligne à la suivante, jusqu'à un échantillon  $y_d$  de la dernière ligne L16 du treillis. Ainsi, en  
10 passant d'un échantillon d'une ligne donnée à un échantillon de rang inférieur ou égal dans la ligne suivante, une limite droite est formée. La limite droite est formée en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en fonction de l'échantillon précédent. Il est à noter que la limite formée à partir de l'échantillon  $x_d$  n'est pas unique.

15 Un échantillon considéré, quelconque dans le treillis, peut se trouver à gauche ou respectivement à droite d'une limite, qu'elle soit droite ou gauche, si son rang est inférieur, ou respectivement supérieur, au rang de l'échantillon appartenant à la limite et à la même ligne que l'échantillon considéré.

De plus, un échantillon quelconque sera dit strictement à gauche ou  
20 respectivement strictement à droite d'une limite si son rang est strictement inférieur, ou respectivement strictement supérieur, au rang de l'échantillon appartenant à la limite et à la même ligne que l'échantillon considéré.

L'échantillon quelconque sera dit à gauche ou respectivement à droite au sens large d'une limite si son rang est inférieur ou égal, ou  
25 respectivement supérieur ou égal, au rang de l'échantillon appartenant à la limite et à la même ligne que l'échantillon considéré.

En outre, une limite gauche et une limite droite sont dites compatibles lorsque aucun échantillon du treillis ne se trouve à la fois strictement à gauche de la limite gauche et strictement à droite de la limite  
30 droite, soit, en d'autres termes, lorsqu'il n'existe pas d'échantillon de compatibilité ayant un rang strictement inférieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de début du premier bloc d'entrée suivant et à la même

ligne que l'échantillon de compatibilité, et à la fois un rang strictement supérieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de fin du premier bloc d'entrée considéré et à la même ligne que l'échantillon de compatibilité.

5 La limite droite détermine la fin d'un premier bloc d'entrée BE1. Dans ce bloc, les échantillons jusqu'à la limite droite incluse sont utilisés pour faire les calculs, les échantillons suivants étant « inconnus ». Les branches qui relient des échantillons inconnus à des échantillons appartenant au bloc BE1, qui sont par conséquent à calculer, sont supprimées. Les branches supprimées, au nombre de trois dans l'exemple représenté, sont en ligne pointillée.

10 De manière équivalente, la limite gauche détermine le début d'un second bloc d'entrée BE2. Dans ce bloc, les échantillons à partir de la limite gauche incluse sont utilisés pour faire les calculs, les échantillons précédents étant « inconnus ». Les branches qui relient des échantillons inconnus à des échantillons appartenant au bloc BE2, qui sont par conséquent à calculer, sont  
15 supprimées. Les branches supprimées, au nombre de trois dans l'exemple représenté, sont en ligne pointillée.

Les limites gauche et droite sont compatibles, au sens défini plus haut.

20 Comme exposé dans la suite, les calculs sont adaptés en conséquence de la suppression de branches.

Les blocs d'entrée BE1 et BE2 se recouvrent ainsi entre les échantillons  $x_g$  et  $x_d$ .

25 Les blocs de sortie BS1 et BS2 correspondant respectivement aux blocs d'entrée BE1 et BE2 sont formés avec le même recouvrement entre blocs, ici entre les échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'entrée  $x_g$  et  $x_d$ .

30 Les échantillons de sortie qui se trouvent dans deux blocs de sortie consécutifs sont quantifiés puis codés de manière entropique dans chacun des deux blocs de sortie. Ainsi, les blocs de données peuvent être codés et décodés indépendamment les uns des autres.

La **figure 8** est un treillis représentant le fonctionnement du circuit de transformation inverse, ou circuit de synthèse, correspondant au treillis de la

figure 7. Les échantillons à filtrer sont ici les échantillons haute et basse fréquence entrelacés obtenus après filtrage d'analyse d'une image numérique. Ces échantillons ont éventuellement été modifiés par un autre traitement entre l'analyse et la synthèse.

5 La première ligne L20 du treillis comporte les échantillons basse fréquence de troisième niveau de résolution  $\{\dots, y_{2i-8}, y_{2i}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de huit et les échantillons haute fréquence de troisième niveau de résolution  $\{\dots, y_{2i-4}, y_{2i+4}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de huit.

10 La deuxième ligne L21 du treillis comporte les échantillons de rang pair  $\{\dots, v_{2i-8}, v_{2i}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de huit, du signal basse fréquence reconstruit, de deuxième niveau de résolution, obtenus par la formule :  $v_{2i} = y_{2i} - 0,25.(y_{2i-4} + y_{2i+4})$ .

Après son calcul, l'échantillon  $v_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon,  
15 à la place de l'échantillon  $y_{2i}$  de même rang.

La troisième ligne L22 du treillis comporte les échantillons haute fréquence de deuxième niveau de résolution  $\{\dots, v_{2i-2}, v_{2i+2}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de quatre, et les échantillons de rang impair  $\{\dots, v_{2i-4}, v_{2i+4}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de huit, du signal basse  
20 fréquence reconstruit, de deuxième niveau de résolution, obtenus par la formule :

$$v_{2i-4} = y_{2i-4} + 0,5.(v_{2i-8} + v_{2i}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $v_{2i-4}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $y_{2i-4}$  de même rang.

25 La quatrième ligne L23 du treillis comporte les échantillons de rang pair  $\{\dots, t_{2i-4}, t_{2i}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de quatre, du signal basse fréquence reconstruit, de premier niveau de résolution, obtenus par la formule :

$$t_{2i} = v_{2i} - 0,25.(v_{2i-2} + v_{2i+2}) .$$

30 Après son calcul, l'échantillon  $t_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $v_{2i}$  de même rang.

La cinquième ligne L24 du treillis comporte les échantillons haute fréquence de premier niveau  $\{\dots, t_{2i-1}, t_{2i+1}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de deux, et les échantillons de rang impair  $\{\dots, t_{2i-2}, t_{2i+2}, \dots\}$ , où le rang des échantillons varie par pas de quatre, du signal basse fréquence reconstruit, de premier niveau de résolution, obtenus par la formule :

$$t_{2i-2} = v_{2i-2} + 0,5.(t_{2i-4} + t_{2i}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $t_{2i-2}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $v_{2i-2}$  de même rang.

La sixième ligne L25 du treillis comporte les échantillons de rang pair  $\{\dots, x_{2i}, x_{2i+2}, \dots\}$  du signal reconstruit obtenus par la formule :

$$x_{2i} = t_{2i} - 0,25.(t_{2i-1} + t_{2i+1}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $x_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $t_{2i}$  de même rang.

La septième ligne L26 du treillis les échantillons de rang impair  $\{\dots, x_{2i-1}, x_{2i+1}, \dots\}$  du signal reconstruit obtenus par la formule :

$$x_{2i+1} = t_{2i+1} + 0,5.(x_{2i} + x_{2i+2}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $x_{2i+1}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $t_{2i+1}$  de même rang.

Comme précédemment, le signal est traité par blocs d'échantillons. Les mêmes considérations concernant les extrémités de bloc et les recouvrements de blocs s'appliquent.

En outre, les frontières de début et de fin de blocs sont placées de manière correspondante à l'analyse, pour assurer, dans le cas des décompositions réversibles, la reconstruction parfaite du signal en l'absence de traitement entre l'analyse et la synthèse. Ainsi les branches supprimées correspondent aux branches supprimées à l'analyse, et, en d'autres termes, les calculs sont adaptés de manière correspondante à l'analyse.

Un bloc d'entrée BE3 se termine après l'échantillon  $v_{2i+2}$ , un bloc suivant d'entrée BE4 commence à partir de l'échantillon  $t_{2i-9}$ . Les blocs d'entrée BE3 et BE4 se chevauchent entre les échantillons de rang  $2i-9$  et  $2i+2$ .

Des blocs de sortie BS3 et BS4 sont formés. Les blocs de sortie BS3 et BS4 sont adjacents, leur frontière, ici entre les échantillons  $t_{2i-5}$  et  $y_{2i-4}$ , pouvant être placée indifféremment entre deux échantillons quelconques dans toute la partie de recouvrement, ou encore soit juste avant l'échantillon de sortie de même rang que l'échantillon d'entrée  $x_g$ , juste après l'échantillon de sortie de même rang que l'échantillon d'entrée  $x_d$ .

Des branches sont supprimées, et par conséquent les calculs de certains échantillons sont modifiés, de manière correspondante à l'analyse.

Les **figures 9 et 10** sont des treillis identiques respectivement à ceux des figures 7 et 8, à la différence près que les blocs se chevauchent sur seulement un échantillon, ce qui constitue le chevauchement le plus faible et par conséquent minimise l'occupation en mémoire. Ce cas est applicable pour les filtres impairs.

A la figure 9, les chemins gauche et droit sont confondus, et sont formés à partir d'un même échantillon  $x_g = x_d$ . Par conséquent, les chemins gauche et droit ne comportent que des échantillons de même rang.

Les blocs d'entrée BE5 et BE6 sont formés, et se chevauchent uniquement sur l'échantillon d'entrée  $x_g = x_d$ .

L'échantillon d'entrée  $x_g = x_d$  a le même rang qu'un échantillon calculé qui est un échantillon de basse fréquence. En outre, cet échantillon calculé est ici un échantillon de sortie, c'est-à-dire un échantillon basse fréquence du niveau de résolution le plus faible.

Lorsque le bloc d'entrée BE5 est traité, trois branches sont supprimées et les calculs sont adaptés en conséquence.

De même, lorsque le bloc d'entrée BE6 est traité, trois branches sont supprimées et les calculs sont adaptés en conséquence.

Des blocs de sortie BS5 et BS6 sont également formés, et se chevauchent uniquement sur l'échantillon de sortie ayant le même rang que l'échantillon d'entrée  $x_g = x_d$ .

Le chevauchement sur un seul échantillon de sortie, et plus particulièrement si cet échantillon est un échantillon de basse fréquence du

niveau de résolution le plus faible, comme représenté à la figure 9, permet de réduire de manière importante les effets de discontinuité due au traitement par bloc.

Comme précédemment, les blocs de sortie BS5 et BS6 sont  
5 quantifiés puis codés de manière entropique, l'échantillon de recouvrement étant traité dans chacun des blocs.

La **figure 10** est un treillis représentant le fonctionnement du circuit de transformation inverse, ou circuit de synthèse correspondant au treillis de la figure 9.

10 Ainsi, deux blocs d'entrée BE7 et BE8 se chevauchent sur un échantillon d'entrée.

Des branches de calcul sont supprimées, et les calculs adaptés, de manière correspondante à l'analyse.

Des blocs de sortie adjacents BS5 et BS6 sont également formés. La  
15 frontière entre les blocs de sortie BS5 et BS6 est située juste avant l'échantillon de sortie ayant le même rang que l'échantillon d'entrée  $x_g = x_d$ . De manière équivalente, la frontière pourrait être juste après cet échantillon.

On va maintenant détailler la manière dont sont adaptés les calculs  
20 lorsqu'une branche de calcul est supprimée. On s'intéresse par conséquent aux coefficients de pondération associés aux branches.

La **figure 11** est un treillis représentant le fonctionnement d'un autre circuit de transformation qui effectue une analyse de signal numérique selon deux niveaux de décomposition dyadique, en une dimension. Le circuit de  
25 transformation comporte deux filtres associés  $H_0$  et  $H_1$ , respectivement passe-bas et passe-haut.

Les échantillons d'entrée sont traités de manière ordonnée, par rang croissant.

Selon le mode de réalisation choisi, les filtres choisis sont des filtres  
30 9/7, par exemple ceux exposés dans l'article « Ten lectures on wavelets », par Ingrid DAUBECHIES, CBMS-NSF regional conference series in applied mathematics vol.61 SIAM, Journal of Mathematics Anal. Philadelphia PA 1992.

En effectuant des calculs analogues à ceux précédemment présentés, on obtient les relations suivantes entre les échantillons du treillis.

La première ligne L30 du treillis comporte les échantillons à filtrer {...,  $x_{2i}$ ,  $x_{2i+1}$ , ...}, où le pas des échantillons varie par pas de un. Ces échantillons  
5 sont mémorisés en mémoire tampon 103 au fur et à mesure de leur utilité pour le filtrage.

Dans la suite,  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $a_4$  et  $b_4$  sont des coefficients réels, dont des valeurs sont données à titre d'exemple. Dans tous les cas, les coefficients  $b_1$ ,  $b_2$  et  $b_3$  sont non nuls.

10 La deuxième ligne L31 du treillis est un premier étage pour le premier niveau de décomposition et comporte des échantillons intermédiaires {...,  $t_{2i-1}$ ,  $t_{2i+1}$ , ...}, où le pas des échantillons varie par pas de deux, obtenus par la formule :  $t_{2i+1} = b_1 \cdot x_{2i+1} + a_1 \cdot (x_{2i} + x_{2i+2})$ , soit dans un cas particulier :

$$t_{2i+1} = x_{2i+1} - 1,586134 \cdot (x_{2i} + x_{2i+2}) .$$

15 Après son calcul, l'échantillon  $t_{2i+1}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon de même rang dans le signal d'origine.

La troisième ligne L32 du treillis est un deuxième étage pour le premier niveau de décomposition et comporte des échantillons intermédiaires {...,  $v_{2i}$ ,  $v_{2i+2}$ , ...}, où le pas des échantillons varie par pas de deux, obtenus par  
20 la formule :

$$v_{2i} = b_2 \cdot x_{2i} + a_2 \cdot (t_{2i+1} + t_{2i-1}), \text{ soit } v_{2i} = x_{2i} - 0,052980 \cdot (t_{2i+1} + t_{2i-1}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $v_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon de même rang dans le signal d'origine.

La quatrième ligne L33 du treillis est un troisième étage pour le  
25 premier niveau de décomposition et comporte les échantillons haute fréquence de premier niveau {...,  $y_{2i-1}$ ,  $y_{2i+1}$ , ...}, où le pas des échantillons varie par pas de deux, obtenus par la formule :

$$y_{2i+1} = b_3 \cdot t_{2i+1} + a_3 \cdot (v_{2i} + v_{2i+2}), \text{ soit } y_{2i+1} = t_{2i+1} + 0,882911 \cdot (v_{2i} + v_{2i+2}) .$$

Après son calcul, l'échantillon  $y_{2i+1}$  est mémorisé en mémoire  
30 tampon, à la place de l'échantillon intermédiaire de même rang.

La cinquième ligne L34 du treillis est un quatrième étage pour le premier niveau de décomposition et comporte les échantillons basse fréquence

de premier niveau  $\{\dots, y_{2i}, y_{2i+2}, \dots\}$ , où le pas des échantillons varie par pas de deux, obtenus par la formule :

$$y_{2i} = b_4 \cdot v_{2i} + a_4 \cdot (y_{2i+1} + y_{2i-1}), \text{ soit } y_{2i} = v_{2i} + 0,443507 \cdot (y_{2i+1} + y_{2i-1}).$$

- Après son calcul, l'échantillon  $y_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon,  
5 à la place de l'échantillon intermédiaire de même rang.

Les échantillons  $y_{2i}$  et  $y_{2i+1}$  sont ensuite normalisés. Afin de simplifier les notations, les échantillons normalisés sont référencés  $y_{2i}$  et  $y_{2i+1}$ . Les formules de normalisation sont :

- $y_{2i} = y_{2i} / K_0$   
10  $y_{2i+1} = y_{2i+1} \cdot K_1$   
où  $K_0$  et  $K_1$  sont des facteurs de normalisation égaux à 0,869865 pour ces filtres 9/7.

Après leur calcul, ces échantillons sont mémorisés en mémoire tampon 103 à la place des échantillons  $y_{2i}$  et  $y_{2i+1}$  initiaux.

- 15 Les échantillons utilisés pour le deuxième niveau de décomposition sont maintenant les échantillons normalisés.

- La sixième ligne L35 du treillis est un premier étage pour le deuxième niveau de décomposition et comporte des échantillons intermédiaires  $\{\dots, t^1_{2i}, t^1_{2i+4}, \dots\}$ , où le pas des échantillons varie par pas de quatre, obtenus  
20 par la formule :

$$t^1_{2i} = b_1 \cdot y_{2i} + a_1 \cdot (y_{2i-2} + y_{2i+2}), \text{ soit } t^1_{2i} = y_{2i} - 1,586134 \cdot (y_{2i-2} + y_{2i+2}).$$

Après son calcul, l'échantillon  $t^1_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $y_{2i}$  de même rang.

- La septième ligne L36 du treillis est un deuxième étage pour le  
25 deuxième niveau de décomposition et comporte des échantillons intermédiaires  $\{\dots, v^1_{2i-2}, v^1_{2i+2}, \dots\}$ , où le pas des échantillons varie par pas de quatre, obtenus par la formule :

$$v^1_{2i+2} = b_2 \cdot y_{2i+2} + a_2 \cdot (t^1_{2i} + t^1_{2i+4}), \text{ soit } v^1_{2i+2} = y_{2i+2} - 0,052980 \cdot (t^1_{2i} + t^1_{2i+4}).$$

- 30 Après son calcul, l'échantillon  $v^1_{2i+2}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon  $y_{2i+2}$  de même rang.

La huitième ligne L37 du treillis est un troisième étage pour le deuxième niveau de décomposition et comporte les échantillons haute fréquence de second niveau  $\{\dots, y^1_{2i}, y^1_{2i+4}, \dots\}$ , où le pas des échantillons varie par pas de quatre, obtenus par la formule :

$$5 \quad y^1_{2i} = b_3 \cdot t^1_{2i} + a_3 \cdot (v^1_{2i-2} + v^1_{2i+2}), \text{ soit } y^1_{2i} = t^1_{2i} + 0,882911 \cdot (v^1_{2i-2} + v^1_{2i+2}).$$

Après son calcul, l'échantillon  $y^1_{2i}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon intermédiaire de même rang.

10 La neuvième ligne L38 du treillis est un quatrième étage pour le second niveau de décomposition et comporte les échantillons basse fréquence de second niveau  $\{\dots, y^1_{2i-2}, y^1_{2i+2}, \dots\}$ , où le pas des échantillons varie par pas de quatre, obtenus par la formule :

$$y^1_{2i+2} = b_4 \cdot v^1_{2i+2} + a_4 \cdot (y^1_{2i} + y^1_{2i+4}), \text{ soit}$$

$$y^1_{2i+2} = v^1_{2i+2} + 0,443507 \cdot (y^1_{2i} + y^1_{2i+4}).$$

15 Après son calcul, l'échantillon  $y^1_{2i+2}$  est mémorisé en mémoire tampon, à la place de l'échantillon intermédiaire de même rang.

Les échantillons  $y^1_{2i}$  et  $y^1_{2i+2}$  sont ensuite normalisés. Afin de simplifier les notations, les échantillons normalisés sont référencés  $y^1_{2i}$  et  $y^1_{2i+2}$ . Les formules de normalisation sont :

$$20 \quad y^1_{2i} = y^1_{2i} \cdot K_1$$

$$y^1_{2i+2} = y^1_{2i+2} / K_0$$

où  $K_0$  et  $K_1$  sont égaux à 0,869865.

Après leur calcul, ces échantillons sont mémorisés en mémoire tampon 103 à la place des échantillons  $y^1_{2i}$  et  $y^1_{2i+2}$  initiaux.

25 Le résultat de la transformation, ici une décomposition dyadique à deux niveaux, du signal d'origine  $\{\dots, x_{2i}, x_{2i+1}, \dots\}$  par les filtres 9/7 est un signal entrelacé de la forme :  $\{\dots, y^1_{2i-2}, y^1_{2i-1}, y^1_{2i}, y^1_{2i+1}, y^1_{2i+2}, \dots\}$ , c'est-à-dire comportant une succession d'échantillons basse fréquence de second niveau, haute fréquence de premier niveau, haute fréquence de second niveau, haute fréquence de premier niveau, et ainsi de suite.

30 Comme précédemment, des blocs d'entrée et de sortie sont formés et des branches sont supprimées pour les calculs de certains échantillons.

On appelle ici branche centrale une branche reliant deux échantillons de même rang et appartenant à deux lignes différentes, et branche non centrale une branche reliant deux échantillons de rangs différents et appartenant à deux lignes différentes.

5 On note que les branches supprimées sont non centrales.

Pour conserver les propriétés de normalisation des décompositions réversibles, la suppression d'une branche entraîne la modification du coefficient d'au moins une autre branche.

10 La modification relative à la suppression d'une branche est effectuée sur la branche centrale aboutissant au même échantillon que la branche supprimée.

Par exemple, à la figure 11, le calcul de l'échantillon  $z_4 = y^1_{2i+2}$  est modifié pour tenir compte de la suppression des branches venant des échantillons  $z_1 = y^1_{2i}$  et  $z_3 = y^1_{2i+4}$ .

15 On définit un poids total  $P$  pour un échantillon considéré comme la valeur que cet échantillon aurait si tous les échantillons de la sous-bande basse précédente valaient tous un. La sous-bande basse précédente peut être le signal d'origine. Pour les échantillons  $z_1$ ,  $z_2 = v^1_{2i+2}$  et  $z_3$ , la sous-bande basse précédente est à la ligne L34.

20 Ainsi, on a par exemple :

$$P(z_1) = b_3 \cdot (b_1 + 2 \cdot a_1) + 2 \cdot a_3 \cdot (b_2 + 2 \cdot a_2 \cdot (b_1 + 2 \cdot a_1))$$

$$P(z_2) = b_2 + 2 \cdot a_2 \cdot (b_1 + 2 \cdot a_1)$$

$$P(z_3) = b_3 \cdot (b_1 + 2 \cdot a_1) + 2 \cdot a_3 \cdot (b_2 + 2 \cdot a_2 \cdot (b_1 + 2 \cdot a_1))$$

25 Lorsqu'une branche non centrale est supprimée, le coefficient de pondération de la branche centrale aboutissant au même échantillon est modifié en lui ajoutant le produit du poids total de l'échantillon dont est issue la branche supprimée avec le coefficient de pondération de cette branche supprimée, ce produit étant en outre divisé par le poids de l'échantillon dont est issue la branche centrale.

30 Ainsi, pour tenir compte de la suppression des deux branches venant des échantillons  $z_1$  et  $z_3$ , le coefficient de pondération modifié  $b'_4$  de la branche aboutissant à l'échantillon  $y^1_{2i+2}$  est égal à :  $b_4 + a_4 \cdot P(z_1)/P(z_2) + a_4 \cdot P(z_3)/P(z_2)$ .

Il est à noter que pour les autres branches non centrales supprimées, le coefficient de pondération de chaque branche supprimée a été additionné respectivement à la branche non centrale aboutissant au même échantillon. Ainsi, par exemple, on a  $t_{2i-1} = b_1 \cdot x_{2i-1} + 2 \cdot a_1 \cdot x_{2i}$ .

5            En variante, le poids d'une branche supprimée peut être reporté en partie sur la branche centrale et en partie sur une branche non centrale.

Les coefficients de pondération du filtre de synthèse correspondant sont modifiés de la même façon.

10           La **figure 12** représente un algorithme de codage de signal numérique selon la présente invention.

Cet algorithme, mis en œuvre dans le dispositif de codage, comporte des étapes E1 à E5.

15           L'algorithme de codage peut être mémorisé en totalité ou en partie dans tout moyen de stockage d'information capable de coopérer avec le microprocesseur. Ce moyen de stockage est lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur. Ce moyen de stockage est intégré ou non au dispositif, et peut être amovible. Par exemple, il peut comporter une bande magnétique, une disquette ou un CD-ROM (disque compact à mémoire figée).

20           L'étape E1 est la lecture d'une série d'échantillons, ici un bloc d'entrée, de signal à coder.

L'étape suivante E2 est la transformation de la série d'échantillons lus. Cette transformation est par exemple un filtrage d'analyse qui a pour résultat un bloc de sortie, comme précédemment décrit.

25           L'étape E2 est suivie de l'étape E3, à laquelle la série d'échantillons filtrés est quantifiée. De préférence, la même quantification, avec les mêmes paramètres, est utilisée dans deux blocs consécutifs, au moins sur la partie de recouvrement. Par exemple, la quantification est une quantification scalaire, le même pas de quantification étant utilisé dans deux blocs consécutifs, au moins sur la partie de recouvrement.

30           L'étape suivante E4 est le codage entropique des données précédemment quantifiées.

Les étapes E1 à E4 sont répétées pour toutes les séries d'échantillons du signal à coder.

L'étape E4 est suivie de l'étape E5 qui est l'utilisation des données codées, par exemple leur transmission. Il est à noter que les séries  
5 d'échantillons codés peuvent être transmises au fur et à mesure de leur formation, ou lorsque toutes les séries du signal ont été codées.

La **figure 13** représente un algorithme de décodage de signal numérique selon la présente invention.

Cet algorithme, mis en œuvre dans le dispositif de décodage,  
10 comporte des étapes E10 à E14.

L'algorithme de décodage peut être mémorisé en totalité ou en partie dans tout moyen de stockage d'information capable de coopérer avec le microprocesseur. Ce moyen de stockage est lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur. Ce moyen de stockage est intégré ou non au dispositif, et  
15 peut être amovible. Par exemple, il peut comporter une bande magnétique, une disquette ou un CD-ROM (disque compact à mémoire figée).

L'étape E10 est la lecture d'une série d'échantillons à décoder.

L'étape suivante E11 est un décodage entropique des données précédemment lues.

20 L'étape suivante E12 est une déquantification des données décodées à l'étape précédente.

Les données déquantifiées subissent ensuite une transformation inverse à l'étape E13, par exemple un filtrage de synthèse, comme précédemment décrit.

25 Les étapes E10 à E13 sont répétées pour toutes les séries d'échantillons à décoder.

L'étape E13 est suivie de l'étape E14 d'utilisation des données décodées, par exemple leur visualisation, dans le cas d'un signal d'image.

30 Bien entendu, la présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés, mais englobe, bien au contraire, toute variante à la portée de l'homme du métier.

Notamment, l'invention n'est pas limitée au domaine du codage de signal numérique, mais s'applique à tous les domaines du traitement du signal, lorsque l'on cherche à minimiser les distorsions d'un signal transformé puis reconstruit.

## REVENDECATIONS

1. Procédé de filtrage d'analyse de signal numérique d'origine comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques,
- 5 des échantillons d'origine du signal numérique étant transformés par des étapes successives de calcul en des échantillons de sortie de haute et basse fréquence, un échantillon quelconque calculé à une étape donnée étant calculé par une fonction prédéterminée d'échantillons d'origine, et/ou d'échantillons précédemment calculés, les échantillons étant ordonnés par rang croissant,
- 10 caractérisé en ce que :
- le signal (E2) est traité par blocs d'entrée successifs d'échantillons (BE1, BE2), les calculs effectués sur un bloc d'entrée considéré ne prenant en compte que les échantillons d'origine ou calculés appartenant au bloc d'entrée considéré,
  - 15 - le bloc d'entrée considéré (BE1) et le bloc d'entrée suivant (BE2) se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons d'origine,
  - des blocs de sortie (BS1, BS2) sont formés, chaque bloc de sortie correspondant respectivement à un bloc d'entrée,
  - deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur des
  - 20 échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'origine sur lesquels se chevauchent les blocs d'entrée correspondants aux blocs de sortie considérés.

2. Procédé de filtrage d'analyse de signal numérique d'origine comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques,
- 25 des échantillons d'origine du signal numérique étant transformés par des étapes successives de calcul en des échantillons de sortie de haute et basse fréquence, un échantillon quelconque calculé à une étape donnée étant calculé par une fonction prédéterminée d'échantillons d'origine, et/ou d'échantillons précédemment calculés, les échantillons étant ordonnés par rang croissant,
- 30 caractérisé en ce que :

- le signal (E2) est traité par blocs d'entrée successifs d'échantillons (BE1, BE2), les calculs effectués sur un bloc d'entrée considéré ne prenant en compte que les échantillons d'origine ou calculés appartenant au bloc d'entrée considéré,

5                   - le bloc d'entrée considéré (BE1) et le bloc d'entrée suivant (BE2) se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons d'origine,

                  - la limite de début du bloc d'entrée considéré est formée entre un premier échantillon d'origine et un premier échantillon de sortie, en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en  
10 fonction de l'échantillon précédent, l'échantillon suivant ayant un rang égal ou supérieur à l'échantillon précédent,

                  - la limite de fin du bloc d'entrée considéré est formée entre un second échantillon d'origine et un second échantillon de sortie, en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en  
15 fonction de l'échantillon précédent, l'échantillon suivant ayant un rang égal ou inférieur à l'échantillon précédent,

                  - la limite de fin du bloc d'entrée considéré et la limite de début du bloc d'entrée suivant sont telles qu'il n'existe pas d'échantillon de compatibilité ayant un rang strictement inférieur au rang de l'échantillon appartenant à la  
20 limite de début du bloc d'entrée suivant et à la même ligne que l'échantillon de compatibilité, et à la fois un rang strictement supérieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de fin du bloc d'entrée considéré et à la même ligne que l'échantillon de compatibilité,

                  - des blocs de sortie (BS1, BS2) sont formés, chaque bloc de sortie  
25 correspondant respectivement à un bloc d'entrée,

                  - deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur des échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'origine sur lesquels se chevauchent les blocs d'entrée correspondants aux blocs de sortie considérés.

3. Procédé de filtrage d'analyse selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que deux blocs de sortie consécutifs (BS5, BS6) se chevauchent sur un seul échantillon de sortie.

5 4. Procédé de filtrage d'analyse selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur un seul échantillon de sortie qui est un échantillon de sortie de basse fréquence.

10 5. Procédé de codage de signal numérique comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques, le codage comportant :

- un filtrage d'analyse (E2) effectué selon le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, pour former des échantillons filtrés,
- une quantification (E3) des échantillons précédemment filtrés, et
- 15 - un codage entropique (E4) des échantillons précédemment quantifiés.

20 6. Procédé de codage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la même quantification, avec les mêmes paramètres, est utilisée pour deux blocs successifs, au moins pour les échantillons situés dans la partie de chevauchement des deux blocs considérés.

25 7. Procédé de codage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la quantification est une quantification scalaire et en ce que la même quantification scalaire, avec le même pas de quantification, est utilisée pour deux blocs successifs, au moins pour les échantillons situés dans la partie de chevauchement des deux blocs considérés.

30 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le signal numérique d'origine est un signal d'image (IM) et en ce que les échantillons d'origine sont des lignes de l'image.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le signal numérique d'origine est un signal d'image (IM) et en ce que les échantillons d'origine sont des colonnes de l'image.

5                    10. Dispositif de filtrage d'analyse de signal numérique d'origine comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques, le dispositif comportant des moyens de transformation des échantillons d'origine du signal numérique en des échantillons de sortie de haute et basse fréquence, par des étapes successives de calcul, un échantillon quelconque calculé à une  
10    étape donnée étant calculé par une fonction prédéterminée d'échantillons d'origine, et/ou d'échantillons précédemment calculés, les échantillons étant ordonnés par rang croissant,

                    caractérisé en ce que :

                    - les moyens de transformation du signal sont adaptés à traiter par  
15    blocs d'entrée successifs d'échantillons (BE1, BE2), les moyens de traitement étant adaptés à effectuer les calculs sur un bloc d'entrée considéré en ne prenant en compte que les échantillons d'origine ou calculés appartenant au bloc d'entrée considéré,

                    - les moyens de transformation du signal sont adaptés à former le  
20    bloc d'entrée considéré (BE1) et le bloc d'entrée suivant (BE2) de sorte qu'ils se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons d'origine,

                    - les moyens de transformation du signal sont adaptés à former des blocs de sortie (BS1, BS2), chaque bloc de sortie correspondant respectivement à un bloc d'entrée,

25                    - les moyens de transformation du signal sont adaptés à former les blocs de sortie de sorte que deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur des échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'origine sur lesquels se chevauchent les blocs d'entrée correspondants aux blocs de sortie considérés.

30

                    11. Dispositif de filtrage d'analyse de signal numérique d'origine comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques, le

dispositif comportant des moyens de transformation des échantillons d'origine du signal numérique en des échantillons de sortie de haute et basse fréquence, par des étapes successives de calcul, un échantillon quelconque calculé à une étape donnée étant calculé par une fonction prédéterminée d'échantillons d'origine, et/ou d'échantillons précédemment calculés, les échantillons étant ordonnés par rang croissant,

caractérisé en ce que :

- les moyens de transformation du signal sont adaptés à traiter par blocs d'entrée successifs d'échantillons (BE1, BE2), les moyens de traitement étant adaptés à effectuer les calculs sur un bloc d'entrée considéré en ne prenant en compte que les échantillons d'origine ou calculés appartenant au bloc d'entrée considéré,

- les moyens de transformation du signal sont adaptés à former le bloc d'entrée considéré (BE1) et le bloc d'entrée suivant (BE2) de sorte qu'ils se chevauchent sur un nombre prédéterminé d'échantillons d'origine,

- les moyens de transformation du signal sont adaptés à former la limite de début du bloc d'entrée considéré entre un premier échantillon d'origine et un échantillon de sortie, en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en fonction de l'échantillon précédent, l'échantillon suivant ayant un rang égal ou supérieur à l'échantillon précédent,

- les moyens de transformation du signal sont adaptés à former la limite de fin du bloc d'entrée considéré entre un second échantillon d'origine et un second échantillon de sortie, en passant successivement d'un échantillon précédent à un échantillon suivant calculé en fonction de l'échantillon précédent, l'échantillon suivant ayant un rang égal ou inférieur à l'échantillon précédent,

- les moyens de transformation du signal sont adaptés à former la limite de fin du bloc d'entrée considéré et la limite de début du bloc d'entrée suivant de telle sorte qu'il n'existe pas d'échantillon de compatibilité ayant un rang strictement inférieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de début du bloc d'entrée suivant et à la même ligne que l'échantillon de

compatibilité, et à la fois un rang strictement supérieur au rang de l'échantillon appartenant à la limite de fin du bloc d'entrée considéré et à la même ligne que l'échantillon de compatibilité,

5       - les moyens de transformation du signal sont adaptés à former des blocs de sortie (BS1, BS2), chaque bloc de sortie correspondant respectivement à un bloc d'entrée,

10       - les moyens de transformation du signal sont adaptés à former les blocs de sortie de sorte que deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur des échantillons de sortie ayant les mêmes rangs que les échantillons d'origine sur lesquels se chevauchent les blocs d'entrée correspondants aux blocs de sortie considérés.

12. Dispositif de filtrage d'analyse selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que les moyens de transformation du signal sont adaptés à  
15       former les blocs de sortie de sorte que deux blocs de sortie consécutifs (BS5, BS6) se chevauchent sur un seul échantillon de sortie.

13. Dispositif de filtrage d'analyse selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que les moyens de transformation du signal sont adaptés à  
20       former les blocs de sortie de sorte que deux blocs de sortie consécutifs se chevauchent sur un seul échantillon de sortie qui est un échantillon de sortie de basse fréquence.

14. Dispositif de codage de signal numérique comportant des échantillons d'origine représentatifs de grandeurs physiques, le dispositif de  
25       codage comportant :

      - des moyens de filtrage d'analyse (21) conformes au dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, pour former des échantillons filtrés,

30       - des moyens de quantification (E3) des échantillons précédemment filtrés, et

- des moyens de codage entropique (E4) des échantillons précédemment quantifiés.

5 15. Dispositif de codage selon la revendication 14, caractérisé en ce que les mêmes moyens de quantification, avec les mêmes paramètres, sont utilisés pour deux blocs successifs, au moins pour les échantillons situés dans la partie de chevauchement des deux blocs considérés.

10 16. Dispositif de codage selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de quantification mettent en œuvre une quantification scalaire et en ce que la même quantification scalaire, avec le même pas de quantification, est utilisée pour deux blocs successifs, au moins pour les échantillons situés dans la partie de chevauchement des deux blocs considérés.

15 17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, caractérisé en ce qu'il est adapté à traiter un signal numérique d'origine qui est un signal d'image (IM) et en ce que les échantillons d'origine sont des lignes de l'image.

20 18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, caractérisé en ce qu'il est adapté à traiter un signal numérique d'origine qui est un signal d'image (IM) et en ce que les échantillons d'origine sont des colonnes de l'image.

25 19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que les moyens de transformation sont incorporés dans :

30 - un microprocesseur (100),  
- une mémoire morte (102) comportant un programme pour filtrer le signal, et  
- une mémoire vive (103) comportant des registres adaptés à enregistrer des variables modifiées au cours de l'exécution dudit programme.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé en ce que les moyens de filtrage sont incorporés dans :

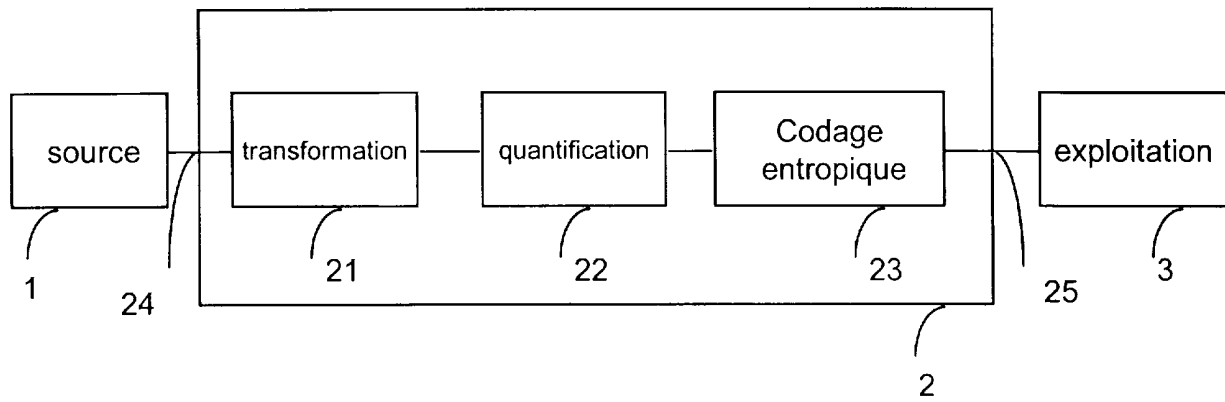
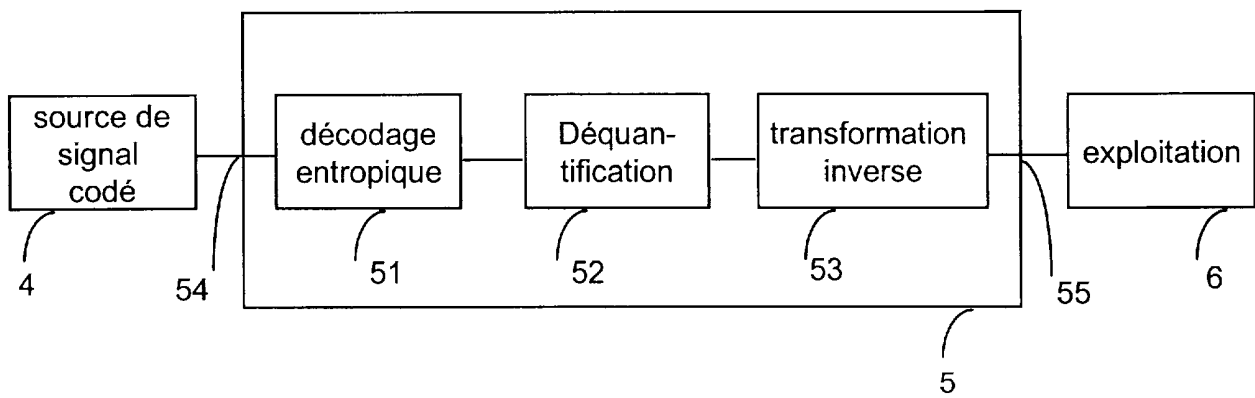
- un microprocesseur (100),
- 5           - une mémoire morte (102) comportant un programme pour filtrer le signal, et
- une mémoire vive (103) comportant des registres adaptés à enregistrer des variables modifiées au cours de l'exécution dudit programme.

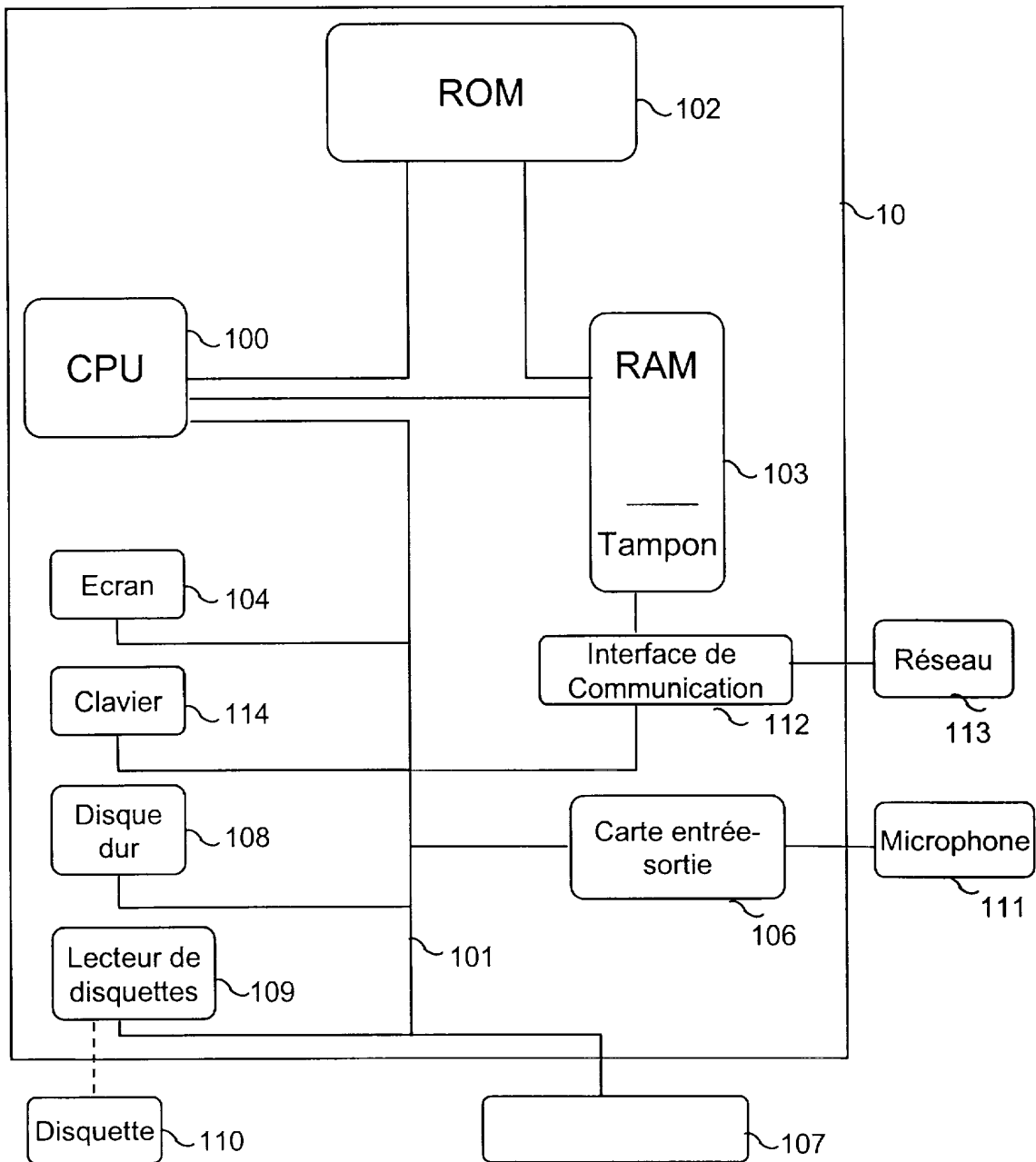
10           21. Appareil numérique (10) incluant des moyens de mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

22. Appareil numérique (10) incluant le dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 20.

15

1/10

**Fig. 1****Fig. 2**

**Fig. 3**

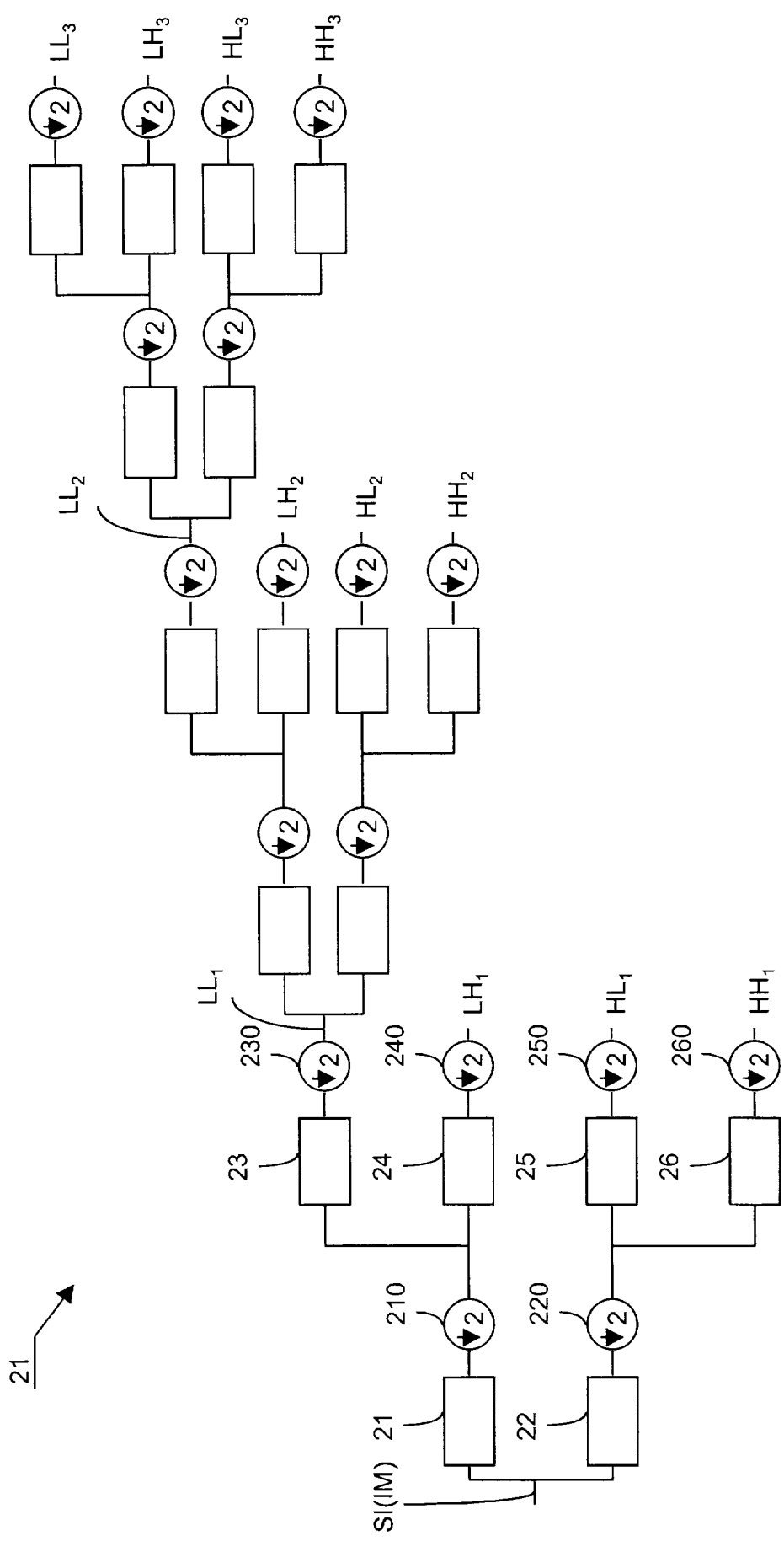


Fig. 4

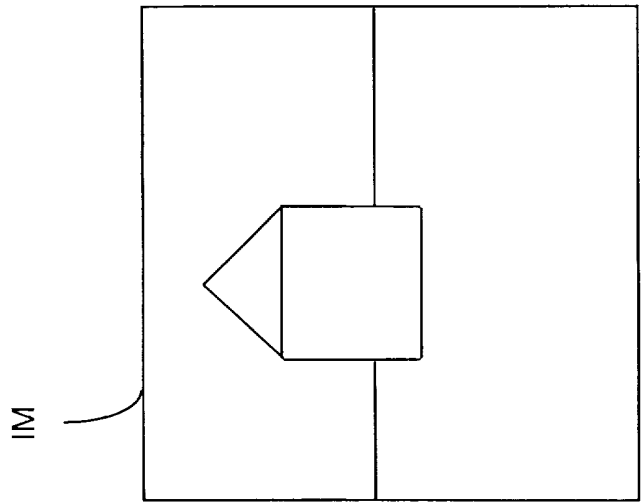


Fig. 5

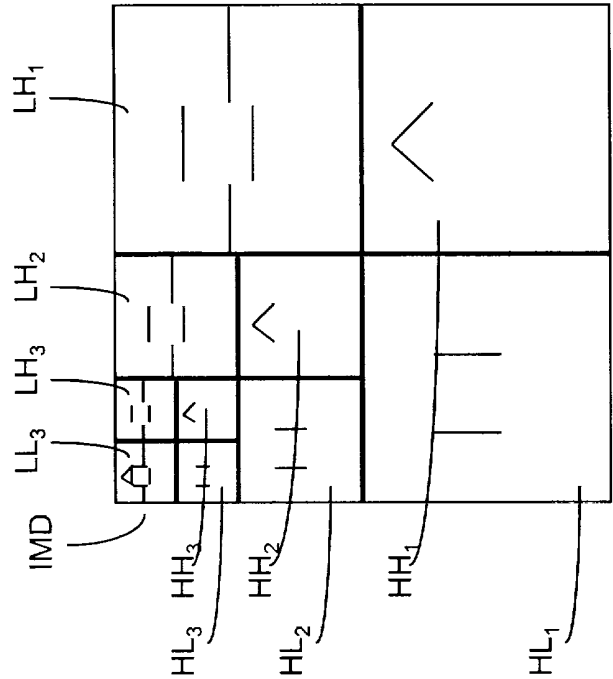


Fig. 6

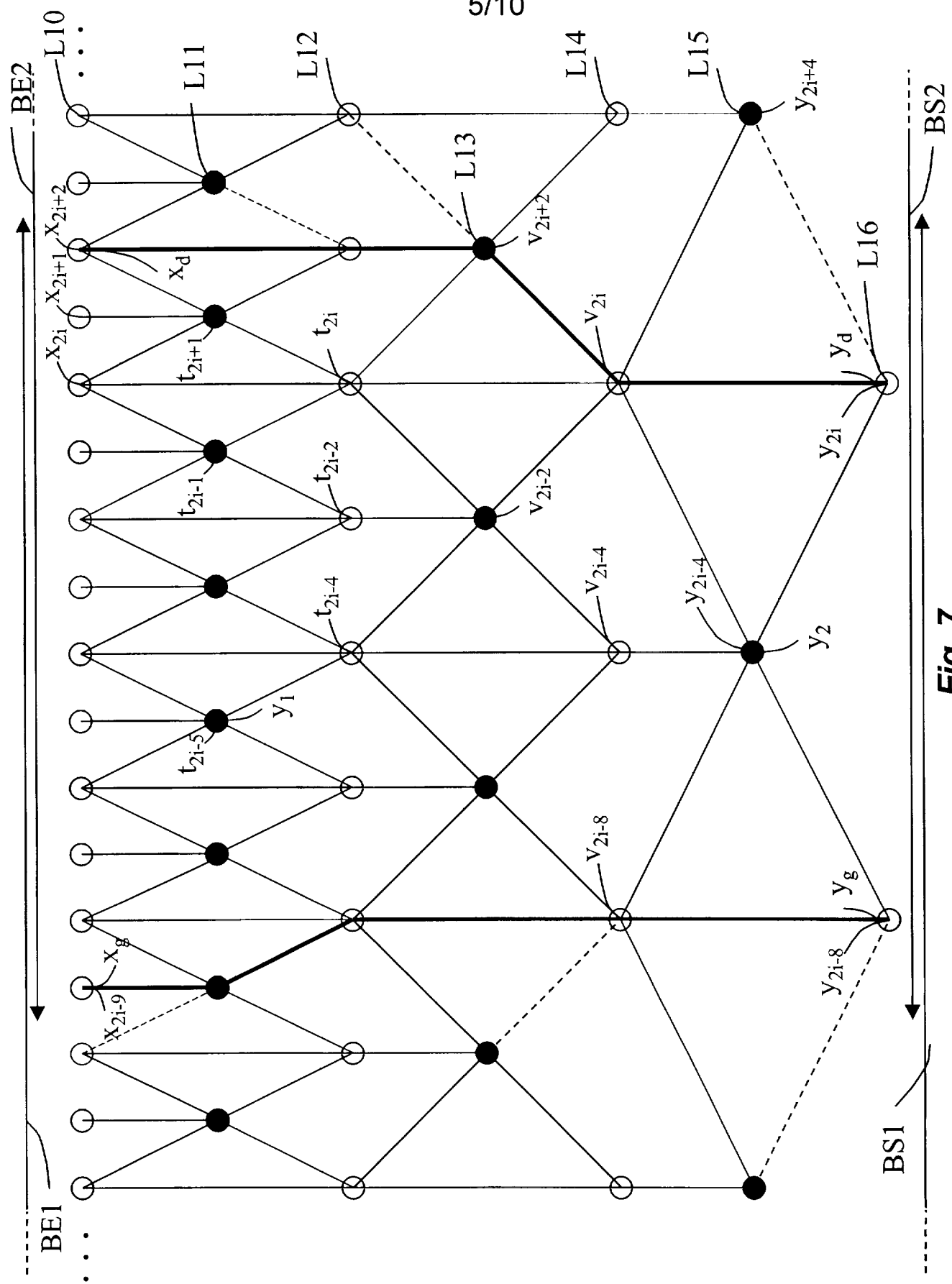


Fig. 7

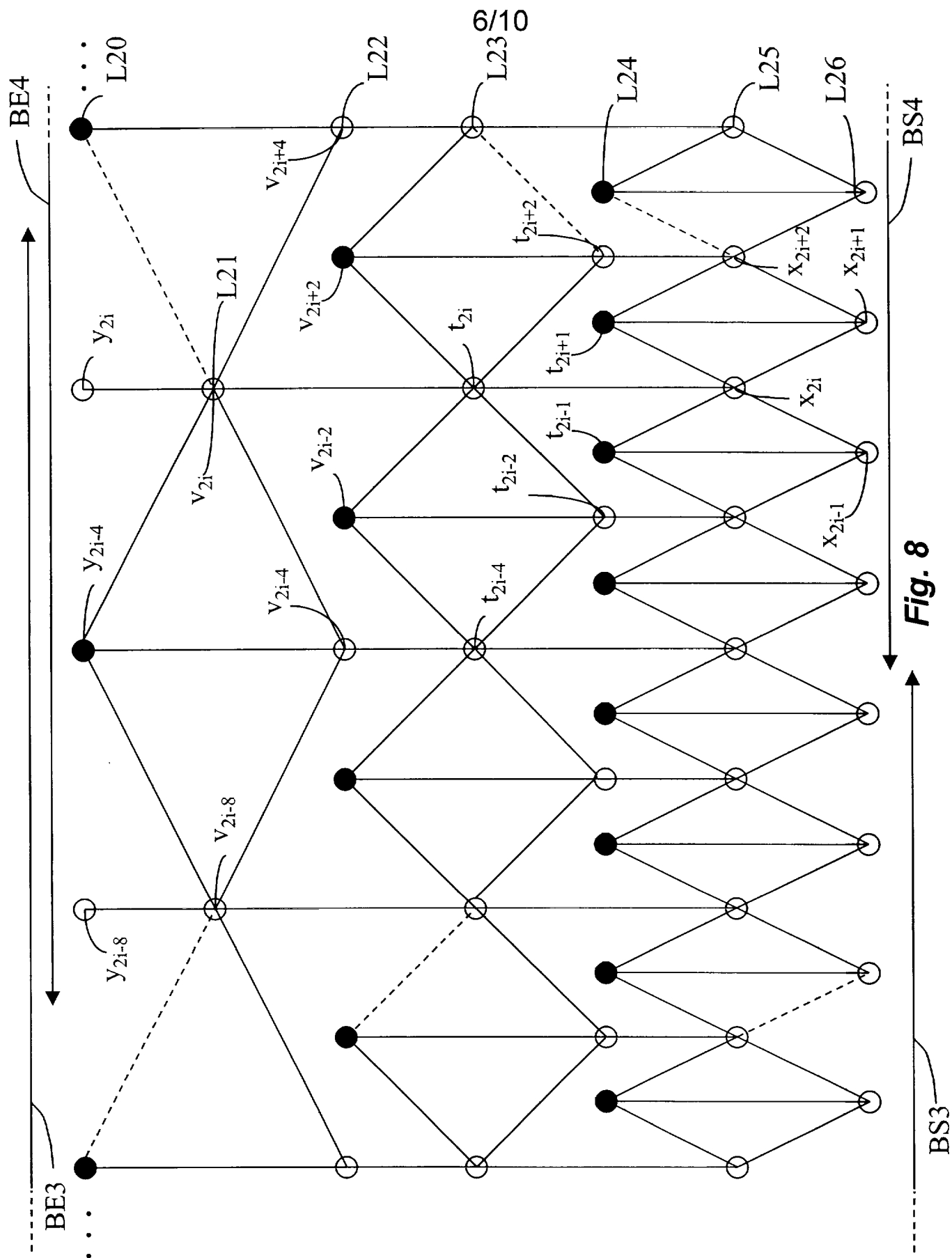


Fig. 8

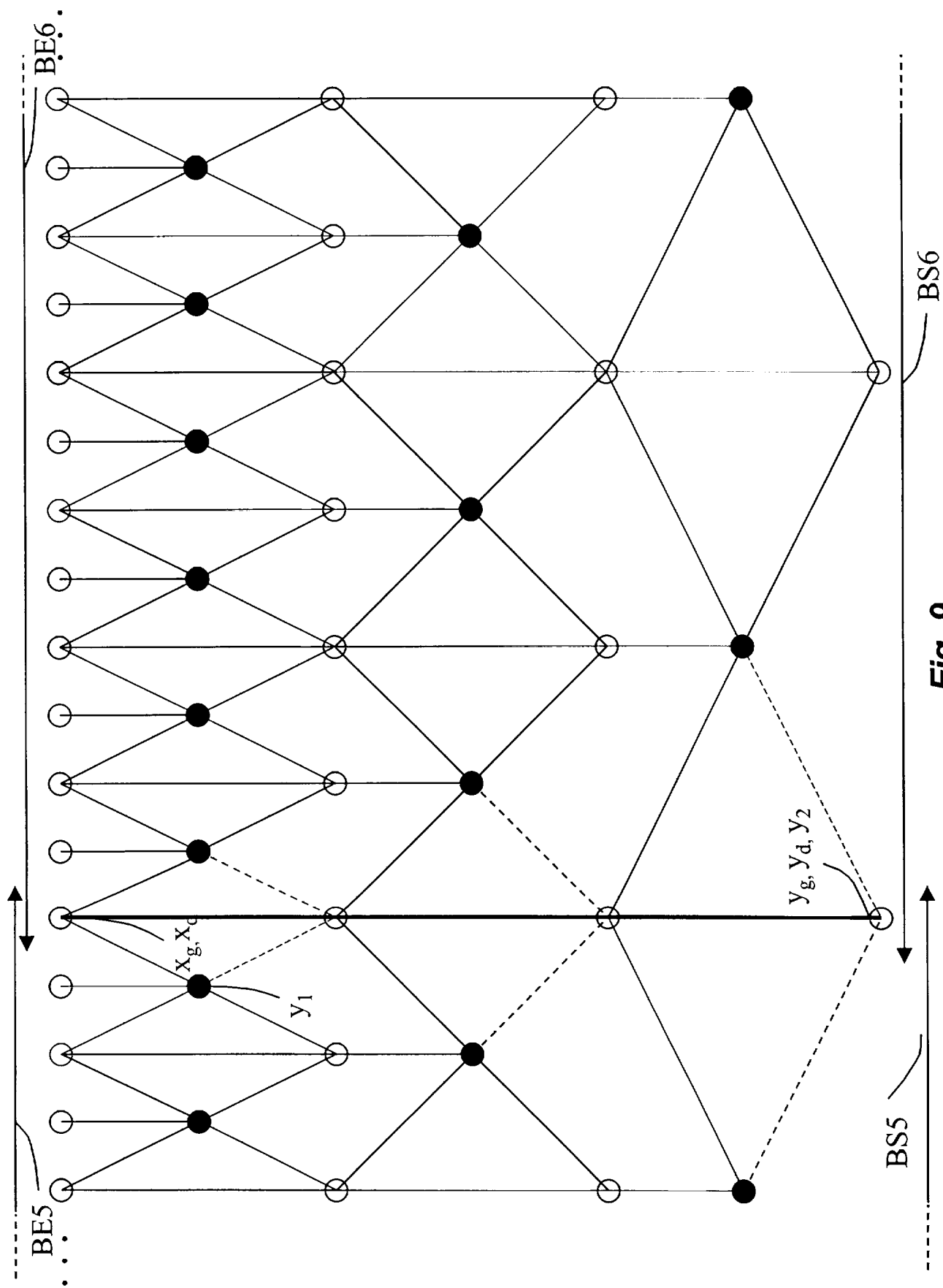
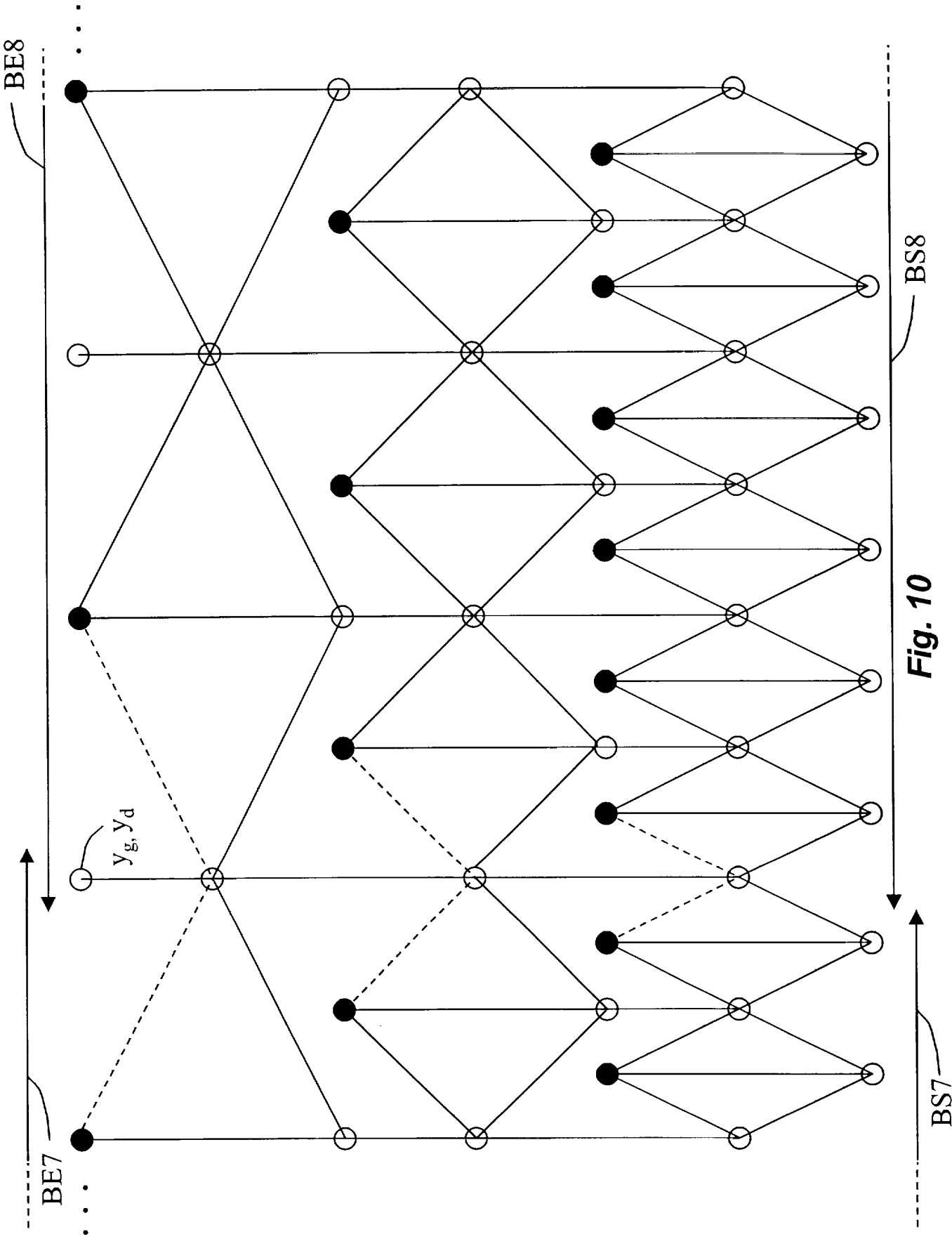


Fig. 9



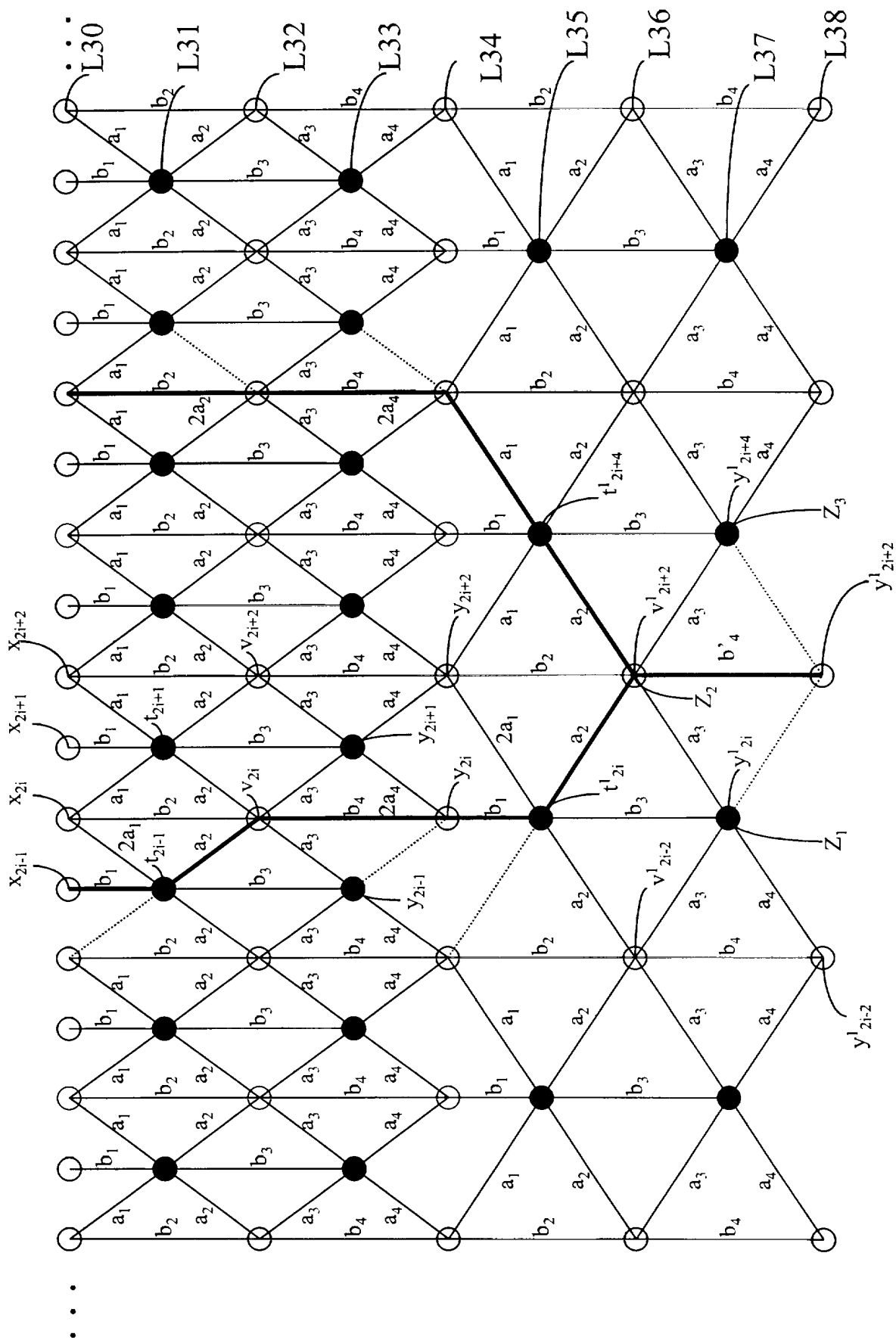
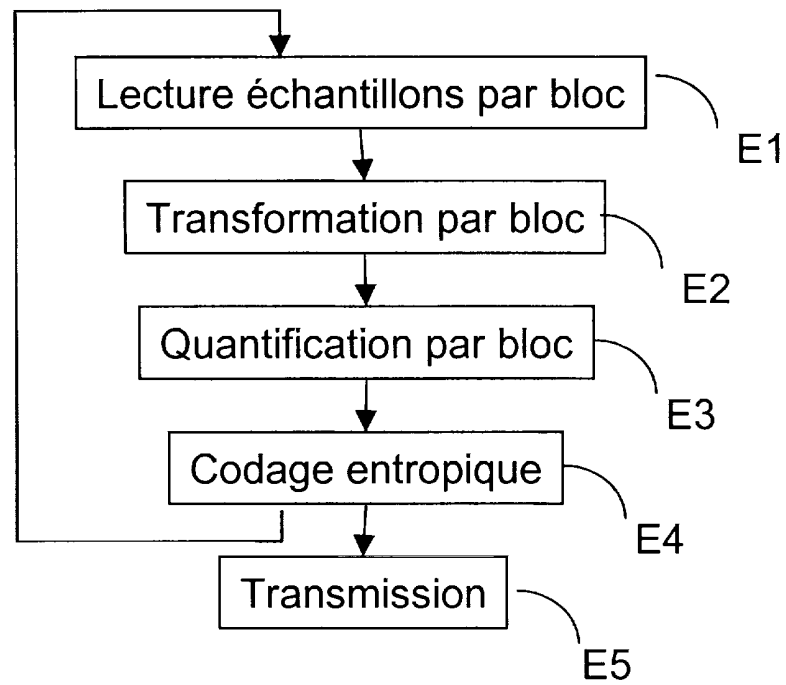
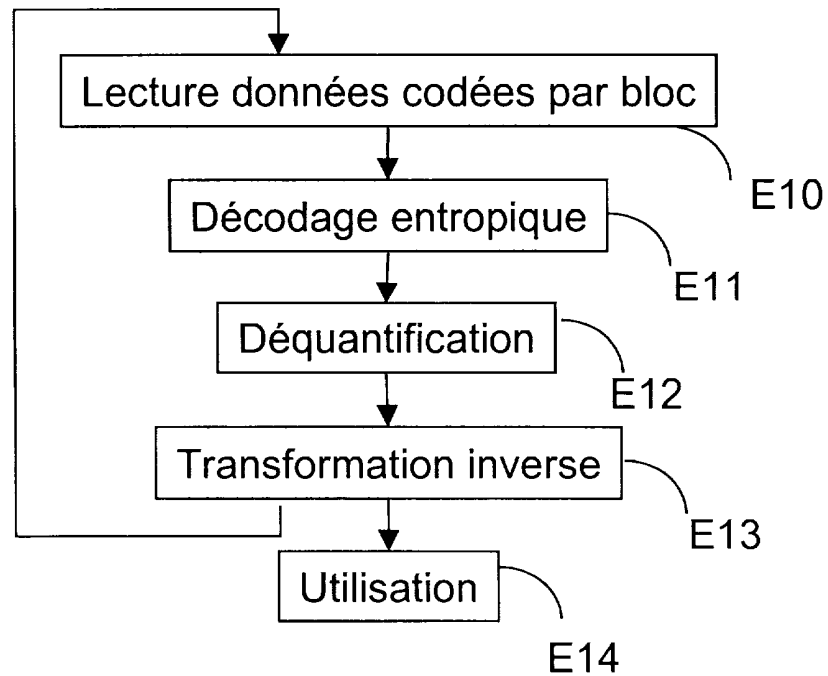


Fig. 11

10/10

**Fig. 12****Fig. 13**

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 573581  
FR 9902306

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Revendications<br>concernées<br>de la demande<br>examinée |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                                                                                                                                                           |                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 5 610 944 A (MAU JOEL ET AL)<br>11 mars 1997 (1997-03-11)<br>* colonne 1, ligne 62 - colonne 4, ligne<br>23 *<br>* colonne 14, ligne 40 - colonne 16, ligne<br>57 *<br>---                                                                                                                                | 1-22                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 5 844 610 A (PERDRIEU LAURENT ET AL)<br>1 décembre 1998 (1998-12-01)<br>* colonne 2, ligne 7 - colonne 3, ligne 47<br>*<br>* figure 2 *<br>---                                                                                                                                                            | 1-22                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | YOSHITAKA MORIKAWA ET AL: "OVERLAPPING<br>BLOCK TRANSFORM FOR OFFSET-SAMPLED IMAGE<br>COMPRESSION"<br>PROCEEDINGS OF THE SPIE, 1991, XP000601132<br>* le document en entier *<br>---                                                                                                                         | 1-22                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | SWELDENS W: "THE LIFTING SCHEME: A<br>CUSTOM-DESIGN CONSTRUCTION OF BIORTHOGONAL<br>WAVELETS"<br>APPLIED AND COMPUTATIONAL HARMONIC<br>ANALYSIS, US, ACADEMIC PRESS, SAN DIEGO, CA,<br>vol. 3, no. 2, 1 avril 1996 (1996-04-01),<br>page 186-200 XP000674880<br>ISSN: 1063-5203<br>* sections 1.-3. *<br>--- | 1-22                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 5 867 602 A (GORMISH MICHAEL J ET AL)<br>2 février 1999 (1999-02-02)<br>* colonne 17, ligne 55 - colonne 18, ligne<br>10 *<br>* figures 10, 11 *<br>---<br>-/--                                                                                                                                           | 1, 5-7,<br>10, 14-16                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int.CL.6)              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | H04N<br>G06F<br>H03M                                      |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Examineur                                                 |
| 10 novembre 1999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Fassnacht, C                                              |
| <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un<br/>autre document de la même catégorie<br/>A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication<br/>ou arrière-plan technologique général<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure<br/>à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date<br/>de dépôt ou qu'à une date postérieure<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                           |

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 573581  
FR 9902306

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Revendications<br>concernées<br>de la demande<br>examinée |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>GUILLEMOT C ET AL: "TIME-INVARIANT AND TIME-VARYING MULTIRATE FILTER BANKS: APPLICATION TO IMAGE CODING"<br/>1998 , ANNALES DES TELECOMMUNICATIONS - ANNALS OF TELECOMMUNICATIONS, CH, PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES, LAUSANNE, VOL. 53, NR. 5/06, PAGE(S) 192-218 XP000781567<br/>ISSN: 0003-4347<br/>* sections II, V.3 *<br/>* page 15, colonne de gauche, ligne 20 - page 15, colonne de droite, ligne 3 *<br/>---</p> | 1-22                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>FR 2 667 745 A (THOMSON CSF)<br/>10 avril 1992 (1992-04-10)<br/>* le document en entier *<br/>---</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-22                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>SAVA H ET AL: "PARALLEL PIPELINE IMPLEMENTATION OF WAVELET TRANSFORMS"<br/>décembre 1997 (1997-12) , IEE PROCEEDINGS: VISION, IMAGE AND SIGNAL PROCESSING, GB, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, VOL. 144, NR. 6, PAGE(S) 355-359 XP000734442<br/>ISSN: 1350-245X<br/>* section 3. *<br/>-----</p>                                                                                                                                          | 1-22                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)                 |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Examineur                                                 |
| 10 novembre 1999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Fassnacht, C                                              |
| <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                           |

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)