

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.10.13.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.04.15 Bulletin 15/16.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ORANGE Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : HENRY FELIX et HUANG BIHONG.

73 Titulaire(s) : ORANGE Société anonyme.

74 Mandataire(s) : ORANGE SA Société anonyme.

54 PROCÉDE DE CODAGE ET DE DECODAGE D'IMAGES, DISPOSITIF DE CODAGE ET DE DECODAGE
D'IMAGES ET PROGRAMMES D'ORDINATEUR CORRESPONDANTS.

57 L'invention concerne de codage d'au moins une image
(IC_i) découpée en blocs, caractérisé en ce qu'il comprend,
pour un bloc courant (B_u) à coder, les étapes de :

- détermination (C3), d'un ensemble de blocs prédic-
teurs candidats (BP1₁, BP1₂, ..., BP1_v, ..., BP1_o),
- pour au moins un bloc prédicteur candidat (BP1_v) dudit
ensemble :

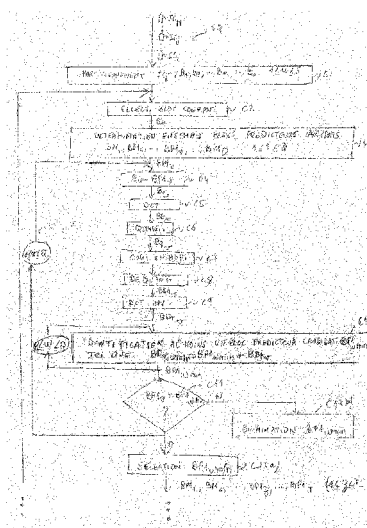
obtention (C4) d'un bloc résiduel représentatif de la dif-
férence entre le bloc prédicteur candidat et le bloc courant
(B_u),

identification (C10), dans ledit ensemble de blocs pré-
dicteurs candidats, d'un bloc prédicteur candidat, ladite
identification étant fonction dudit bloc résiduel courant obte-
nu,

sélection (C12a) dudit au moins un bloc prédicteur
candidat s'il est égal au bloc prédicteur identifié,

- détermination (C13), parmi les blocs prédicteurs candi-
dats susceptibles d'avoir été sélectionnés à l'issue de
l'étape de sélection, d'un bloc prédicteur candidat (BP1_{opt}),
à l'aide d'un critère prédéterminé (J),

- codage (C15-C17) du bloc résiduel représentatif de la
différence entre le bloc prédicteur candidat déterminé et le
bloc courant (B_u).



**PROCÉDÉ DE CODAGE ET DE DÉCODAGE D'IMAGES, DISPOSITIF DE
CODAGE ET DE DÉCODAGE D'IMAGES ET PROGRAMMES
D'ORDINATEUR CORRESPONDANTS**

5 Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte de manière générale au domaine du traitement d'images et plus précisément au codage et au décodage d'images numériques et de séquences d'images numériques.

10 Le codage/décodage d'images numériques s'applique notamment à des images issues d'au moins une séquence vidéo comprenant :

- des images issues d'une même caméra et se succédant temporellement (codage/décodage de type 2D),

- des images issues de différentes caméras orientées selon des vues différentes (codage/décodage de type 3D),

15 - des composantes de texture et de profondeur correspondantes (codage/décodage de type 3D),

- etc...

La présente invention s'applique de manière similaire au codage/décodage d'images de type 2D ou 3D.

20 L'invention peut notamment, mais non exclusivement, s'appliquer au codage vidéo mis en œuvre dans les codeurs vidéo actuels AVC et HEVC et leurs extensions (MVC, 3D-AVC, MV-HEVC, 3D-HEVC, etc), et au décodage correspondant.

25 Art antérieur

Les images et séquences d'images numériques occupent beaucoup d'espace en termes de mémoire, ce qui nécessite, lorsqu'on transmet ces images, de les compresser afin d'éviter les problèmes d'encombrement sur le réseau de communication utilisé pour cette transmission, le débit utilisable sur
30 celui-ci étant généralement limité. Cette compression est également souhaitable en vue du stockage de ces données.

On connaît déjà de nombreuses techniques de compression de données vidéo. Parmi celles-ci, de nombreuses techniques de codages vidéo,

notamment la technique HEVC, utilisent des techniques de prédiction spatiale ou temporelle de groupes de blocs de pixels d'une image courante par rapport à d'autres groupes de blocs de pixels appartenant à la même image ou à une image précédente ou suivante.

5 Plus précisément, selon la technique HEVC, des images I sont codées par prédiction spatiale (prédiction intra), et des images P et B sont codées par prédiction temporelle (prédiction inter) par rapport à d'autres images I, P ou B codées/décodées à l'aide d'une compensation en mouvement.

10 A cet effet, les images sont découpées une première fois en blocs de pixels appelés CTU (abréviation anglaise de « Coded Treeblocks Unit ») qui sont similaires aux macroblocs de la norme H.264. Ces blocs peuvent être ensuite subdivisés en blocs plus petits, chacun de ces blocs plus petits ou chaque bloc CTU étant codé par prédiction intra ou inter images.

15 Selon la technique HEVC, lorsqu'un bloc CTU est subdivisé en blocs plus petits, un signal de données, correspondant à chaque bloc, est transmis au décodeur. Un tel signal comprend :

- des données résiduelles qui sont les coefficients des blocs résiduels quantifiés,
 - des paramètres de codage qui sont représentatifs du mode de
- 20 codage utilisé, en particulier:
- le mode de prédiction (prédiction intra, prédiction inter, prédiction par défaut réalisant une prédiction pour laquelle aucune information n'est transmise au décodeur (« en anglais « skip »)) ;
 - 25 • des informations précisant le type de prédiction (orientation, image de référence, ...) ;
 - le type de subdivision ;
 - le type de transformée, par exemple DCT 4x4, DCT 8x8, etc...
 - 30 • les informations de mouvement si nécessaire ;
 - etc.

Le décodage est fait image par image, et pour chaque image, bloc CTU par bloc CTU. Pour chaque bloc plus petit d'un bloc CTU, les éléments

correspondants du flux sont lus. La quantification inverse et la transformation inverse des coefficients des blocs plus petits sont effectuées. Puis, la prédiction de chaque bloc CTU est calculée et chaque bloc CTU est reconstruit en ajoutant la prédiction au résidu de prédiction décodé.

5 Le codage intra ou inter par compétition, tel que mis en œuvre dans la norme HEVC, repose ainsi sur la mise en compétition de différents paramètres de codage, tels que ceux précités, dans le but de sélectionner le meilleur mode de codage, c'est-à-dire celui qui optimisera le codage du bloc considéré selon un critère de performance prédéterminé, par exemple le coût
10 débit/distorsion bien connu de l'homme du métier.

 Les paramètres de codage relatifs au mode de codage sélectionné sont contenus dans le flux de données transmis par le codeur au décodeur, sous la forme d'identifiants appelés généralement indices de compétition. Le décodeur est ainsi capable d'identifier le mode de codage sélectionné au
15 codeur, puis d'appliquer la prédiction conforme à ce mode.

 La bande passante allouée à ces indices de compétition n'est pas négligeable, puisqu'elle atteint environ 30%. Elle tend par ailleurs à augmenter en raison de l'apport toujours grandissant de nouveaux paramètres de codage tels que de nouvelles dimensions et/ou formes de
20 blocs de pixels, de nouveaux paramètres de prédiction Intra, Inter, etc....

Objet et résumé de l'invention

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

25 A cet effet, un objet de la présente invention concerne un procédé de codage d'au moins une image découpée en blocs.

 Un tel procédé de codage est remarquable en ce qu'il comprend, pour un bloc courant à coder, les étapes de :

- 30 - détermination, d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,
- pour au moins un bloc prédicteur candidat de l'ensemble précité:
- obtention d'un bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat et le bloc courant,

- identification, dans l'ensemble de blocs prédicteurs candidats, d'un bloc prédicteur candidat, une telle identification étant fonction du bloc résiduel courant obtenu,
- 5 • sélection dudit au moins un bloc prédicteur candidat s'il est égal au bloc prédicteur identifié,
 - détermination, parmi les blocs prédicteurs candidats susceptibles d'avoir été sélectionnés à l'issue de l'étape de sélection, d'un bloc prédicteur candidat, à l'aide d'un critère prédéterminé,
 - 10 - codage du bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat déterminé et le bloc courant.

Une telle disposition permet, lors du codage d'une image, d'éviter d'inclure dans le signal à transmettre au décodeur les indices des blocs prédicteurs qui sont utilisés pour prédire respectivement les blocs de l'image.

- 15 Il en résulte ainsi une diminution non négligeable du coût de signalisation, dans la mesure où une telle disposition est reproductible au décodeur.

En outre, l'identification de blocs prédicteurs candidats en vue de la prédiction du bloc courant est particulièrement fiable. Elle résulte du fait que pour un bloc résiduel courant considéré, les caractéristiques des blocs
20 prédicteurs candidats sont très différentes les unes des autres, ce qui facilite la sélection finale du bloc prédicteur candidat le plus adapté lors de l'étape de détermination selon un critère prédéterminé.

Selon un mode de réalisation particulier, les blocs de l'image précédant le bloc courant étant codés dans un ordre déterminé, l'identification précitée
25 est fonction des pixels de l'image précédemment codés.

Une telle disposition permet ainsi de tenir compte d'informations de l'image qui sont déjà disponibles au moment du codage du bloc courant, augmentant ainsi les performances de l'identification des blocs prédicteurs candidats.

- 30 . Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les pixels précédemment codés de l'image sont situés le long du bloc courant.

Une telle disposition permet ainsi de minimiser les discontinuités susceptibles d'apparaître le long des frontières du bloc courant, tout en correspondant mieux à la réalité de l'image.

5 Selon un mode de réalisation particulier, le critère prédéterminé est la minimisation du coût débit-distorsion de l'image.

Le choix d'un tel critère optimise la prédiction effectuée au codage.

Selon un mode de réalisation particulier, le bloc courant est un bloc qui a été préalablement obtenu à la suite d'une prédiction.

10 Une telle disposition a pour but d'affiner davantage la prédiction du bloc courant de façon à obtenir des performances de codage optimisées.

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

15 L'invention concerne également un dispositif de codage d'au moins une image découpée en blocs, un tel dispositif étant remarquable en ce qu'il comprend, pour un bloc courant à coder :

- un module de détermination, d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,

- pour au moins un bloc prédicteur candidat de l'ensemble :

- 20 • un module d'obtention d'un bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat et le bloc courant,

- un module d'identification, dans l'ensemble de blocs prédicteurs candidats, d'un bloc prédicteur candidat, en
25 fonction du bloc résiduel courant obtenu,

- un module de sélection dudit au moins un bloc prédicteur candidat s'il est égal au bloc prédicteur identifié,

- 30 - un module de détermination, parmi les blocs prédicteurs candidats susceptibles d'avoir été sélectionnés à l'issue de l'étape de sélection, d'un bloc prédicteur candidat, à l'aide d'un critère prédéterminé,

- un module de codage du bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat déterminé et le bloc courant.

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

L'invention concerne également un procédé de décodage d'un signal de données représentatif d'au moins une image découpée en blocs, un tel

5 procédé comprenant les étapes de :

- détermination, dans le signal de données, de données représentatives d'un bloc résiduel courant associé à un bloc courant à décoder,

- décodage du bloc résiduel courant.

10 Le procédé de décodage selon l'invention est remarquable en ce qu'il comprend, pour un bloc courant à reconstruire, les étapes de :

- détermination d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,

- identification, dans l'ensemble précité, d'un bloc prédicteur candidat, une telle identification étant fonction dudit bloc résiduel courant

15 décodé,

- reconstruction du bloc courant à l'aide du bloc prédicteur identifié et du bloc résiduel courant décodé.

Un avantage d'un tel procédé de décodage réside dans le fait que l'étape d'identification du bloc prédicteur apte à reconstruire le bloc courant

20 est reproductible au décodage. Le signal de données reçu au décodeur ne contient avantageusement pas d'informations associées à ce bloc prédicteur identifié, ce qui réduit notablement le coût de signalisation de ces informations.

En outre, le fait que l'identification du bloc prédicteur soit fonction du

25 bloc résiduel courant décodé permet une reconstruction fiable du bloc courant. Les caractéristiques des blocs prédicteurs candidats de l'ensemble déterminé étant très différentes les unes des autres, l'identification du bloc prédicteur retenu pour la reconstruction du bloc courant s'en trouve facilitée. Il en résulte un décodage de l'image de meilleure qualité.

30 Selon un mode de réalisation particulier, les blocs de l'image précédant le bloc courant étant décodés dans un ordre déterminé, l'identification d'un bloc prédicteur est fonction des pixels de l'image précédemment décodés.

Selon un autre mode de réalisation particulier, les pixels précédemment décodés de l'image sont situés le long du bloc courant.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le procédé de décodage comprend en outre une étape de détermination, dans le signal de données, d'une information associée à une prédiction préalable du bloc courant, ladite étape de reconstruction du bloc courant étant mise en œuvre à partir d'une
5 telle prédiction préalable, du bloc prédicteur identifié et du bloc résiduel courant déterminé.

Une telle disposition permet d'affiner davantage la prédiction de façon à obtenir des performances de décodage optimisées.

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

De façon correspondante, l'invention concerne aussi un dispositif de décodage d'un signal de données représentatif d'au moins une image découpée en blocs, un tel dispositif comprenant :

- 15 - un module de détermination, dans le signal de données, de données représentatives d'un bloc résiduel courant associé à un bloc courant à décoder,
- un module de décodage dudit bloc résiduel courant.

Un tel dispositif de décodage est remarquable en ce qu'il comprend,
20 pour un bloc courant à reconstruire :

- un module de détermination d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,
- un module d'identification, dans ledit ensemble, d'un bloc prédicteur candidat, ladite identification étant fonction dudit bloc résiduel
25 courant décodé,
- un module de reconstruction du bloc courant à l'aide du bloc prédicteur identifié et du bloc résiduel courant décodé.

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

30 L'invention concerne encore un programme d'ordinateur comportant des instructions pour mettre en œuvre l'un des procédés de codage et de décodage selon l'invention, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire

entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

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

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

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

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

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

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

Brève description des dessins

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

- les figures 1A et 1B représentent des étapes du procédé de codage selon un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 2 représente un mode de réalisation d'un dispositif de codage selon l'invention apte à mettre en œuvre le procédé de codage des figures 1A et 1B,

- la figure 3 représente un exemple de partitionnement de l'image courante en plusieurs blocs de pixels,

- la figure 4 représente un mode de réalisation selon l'invention de l'étape d'identification d'un bloc prédicteur candidat en fonction du bloc résidu décodé courant obtenu,

- la figure 5 représente des étapes du procédé de codage selon un autre mode de réalisation de l'invention,

- la figure 6 représente un mode de réalisation d'un dispositif de codage selon l'invention apte à mettre en œuvre le procédé de codage de la figure 5,

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

- la figure 8 représente un mode de réalisation d'un dispositif de décodage selon l'invention apte à mettre en œuvre le procédé de décodage de la figure 7,

- la figure 9 représente des étapes du procédé de décodage selon un autre mode de réalisation de l'invention,

- la figure 10 représente un mode de réalisation d'un dispositif de décodage selon l'invention apte à mettre en œuvre le procédé de décodage de la figure 9.

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

Un mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit, dans lequel le procédé de codage selon l'invention est utilisé pour coder une image ou une séquence d'images selon un flux binaire proche de celui qu'on obtient par un codage conforme par exemple à la norme HEVC.

Dans ce mode de réalisation, le procédé de codage selon l'invention est par exemple implémenté de manière logicielle ou matérielle par modifications d'un codeur initialement conforme à la norme HEVC. Le

procédé de codage selon l'invention est représenté sous la forme d'un algorithme comportant des étapes C1 à C22 telles que représentées aux **figures 1A et 1B**.

Selon le mode de réalisation de l'invention, le procédé de codage selon l'invention est implémenté dans un dispositif de codage CO1 représenté à la **figure 2**.

Comme illustré en **figure 2**, un tel dispositif de codage comprend une mémoire MEM_CO1 comprenant une mémoire tampon MT_CO1, une unité de traitement UT_CO1 équipée par exemple d'un microprocesseur μP et pilotée par un programme d'ordinateur PG_CO1 qui met en œuvre le procédé de codage selon l'invention. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur PG_CO1 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM (non représentée) avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement UT_CO1.

Le procédé de codage représenté sur les **figures 1A et 1B** s'applique à toute image courante d'une séquence SQ d'images à coder.

Au cours d'une première étape C1 représentée à la **figure 1A**, il est procédé, de façon connue en soi, au partitionnement d'une image courante IC_j appartenant à la séquence SQ d'images $IC_1, \dots, IC_j, \dots, IC_M$ ($1 \leq j \leq M$), en une pluralité de blocs $B_1, B_2, \dots, B_u, \dots, B_S$ ($1 \leq u \leq S$), par exemple de taille 64x64 pixels. Une telle étape de partitionnement est mise en œuvre par un module logiciel de partitionnement MP1 représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO1.

L'image IC_j ainsi partitionnée est représentée à la **figure 3**. Dans l'exemple représenté, l'image IC_j est partitionnée en quatre bloc B_1, B_2, B_3 et B_4 .

Il convient de noter qu'au sens de l'invention, le terme « bloc » signifie unité de codage (de l'anglais « coding unit »). Cette dernière terminologie est notamment utilisée dans la norme HEVC, par exemple dans le document « B. Bross, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, and T. Wiegand, "High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 10," document JCTVC-L1003 of JCT-VC, Genève, CH, 14-23 January 2013».

En particulier, une telle unité de codage regroupe des ensembles de pixels de forme rectangulaire ou carrée, encore appelés blocs, macroblocs, ou bien des ensembles de pixels présentant d'autres formes géométriques.

Lesdits blocs $B_1, B_2, \dots, B_u, \dots, B_s$ sont destinés à être codés selon un ordre de parcours prédéterminé, qui est par exemple du type raster scan. Cela signifie que les blocs sont codés les uns après les autres, de la gauche vers la droite.

D'autres types de parcours sont bien sûr possibles. Ainsi, il est possible de découper l'image IC_j en plusieurs sous-images appelées slices et d'appliquer indépendamment un découpage de ce type sur chaque sous-image. Il est également possible de coder non pas une succession de lignes, comme expliqué ci-dessus, mais une succession de colonnes. Il est également possible de parcourir les lignes ou colonnes dans un sens ou dans l'autre.

Au cours d'une étape C2 représentée à la **figure 1A**, le codeur CO1 sélectionne comme bloc courant un premier bloc à coder B_u de l'image IC_j , tel que par exemple le premier bloc B_1 .

Au cours d'une étape C3 représentée à la **figure 1A**, il est procédé selon l'invention à la détermination d'un ensemble de Q blocs prédicteurs candidats $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$ ($1 \leq v \leq Q$). De tels blocs prédicteurs candidats sont par exemple des blocs de pixels qui ont été déjà codés ou non. De tels blocs sont préalablement stockés dans la mémoire tampon MT_CO1 du codeur telle que représentée à la **figure 2**. Dans l'exemple représenté, il s'agit en particulier d'un nombre prédéterminé de blocs qui ont été codés juste avant le bloc courant considéré.

Une telle étape de détermination est mise en œuvre par un module logiciel de détermination DET_CO1 représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO1.

Au cours d'une étape C4 représentée à la **figure 1A**, pour un bloc prédicteur candidat $BP1_v$ considéré, il est procédé à la soustraction du bloc prédicteur candidat $BP1_v$ du bloc courant B_u pour produire un bloc résidu Br_v .

Au cours d'une étape C5 représentée à la **figure 1A**, il est procédé à la transformation du bloc résidu Br_v selon une opération classique de

transformation directe telle que par exemple une transformation en cosinus discrètes de type DCT, pour produire un bloc transformé Bt_v .

Au cours d'une étape C6 représentée à la **figure 1A**, il est procédé à la quantification du bloc transformé Bt_v selon une opération classique de quantification, telle que par exemple une quantification scalaire. Un bloc de coefficients quantifiés Bq_v est alors obtenu.

Les étapes C4 à C6 sont mises en œuvre par un module logiciel de codage prédictif PRED_CO1 représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO1. Le module de codage prédictif PRED_CO1 est apte à effectuer un codage prédictif du bloc courant, selon les techniques de prédiction classiques, telles que par exemple en mode Intra et/ou Inter.

Au cours d'une étape C7 représentée à la **figure 1A**, il est procédé au codage entropique du bloc de coefficients quantifiés Bq_v . Dans le mode préféré de réalisation, il s'agit d'un codage entropique CABAC. Une telle étape consiste à :

- a) lire le ou les symboles de l'ensemble prédéterminé de symboles qui sont associés audit bloc courant,
- b) associer des informations numériques, telles que des bits, au(x) symbole(s) lu(s).

Une telle étape de codage entropique est mise en œuvre par un module logiciel de codage entropique MCE1 représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO1. Le module de codage entropique MCE1 est par exemple de type CABAC. Il peut également s'agir d'un codeur de Huffman connu en tant que tel.

Au cours d'une étape C8 représentée à la **figure 1A**, il est procédé à la déquantification du bloc Bq_v selon une opération classique de déquantification, qui est l'opération inverse de la quantification effectuée à l'étape C6. Un bloc de coefficients déquantifiés BDq_v est alors obtenu.

Au cours d'une étape C9 représentée à la **figure 1A**, il est procédé à la transformation inverse du bloc de coefficients déquantifiés BDq_v qui est l'opération inverse de la transformation directe effectuée à l'étape C5 ci-dessus. Un bloc résidu décodé BD_r_v est alors obtenu.

Les étapes C8 et C9 sont mises en œuvre par un module logiciel de codage prédictif inverse $PRED^{-1}_{CO1}$ représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_{CO1} .

Du fait que pour le bloc courant B_u considéré, les étapes C4 à C9 sont réitérées pour chaque bloc prédictor de l'ensemble de blocs prédictors $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$, Q blocs résidus décodés $BDr_1, BDr_2, \dots, BDr_v, \dots, BDr_Q$ sont obtenus à l'issue de l'étape C9.

Au cours d'une étape C10 représentée à la **figure 1A**, il est procédé selon l'invention à l'identification, parmi l'ensemble des Q blocs prédictors $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$, d'au moins un bloc prédictor capable d'être retrouvé au décodage du bloc courant B_u . Selon l'invention, une telle étape d'identification est fonction du bloc résidu décodé courant BDr_v obtenu.

Une telle étape d'identification est mise en œuvre par un module logiciel de calcul $CAL1_{CO1}$ représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_{CO1} .

Selon un mode particulier de réalisation représenté sur la **figure 4**, une telle identification consiste, pour un bloc résidu décodé courant BDr_v , à construire un bloc décodé courant $BD_{v,w}$ en ajoutant au bloc résidu décodé courant BDr_v un bloc prédictor candidat $BP1_w$ ($1 \leq w \leq Q$).

Dans ce mode particulier, est appliqué un critère de minimisation de la différence entre les pixels décodés de l'image courante IC_j , qui sont représentés par des points sur la **figure 4**, et les pixels du bloc décodé $BD_{v,w}$ le long de sa frontière F . Ce critère est un opérateur mathématique noté $SM(BD_{v,w}, IC_j)$. L'opérateur $SM(BD_{v,w}, IC_j)$ est en fait représentatif de l'erreur quadratique le long de la frontière F du bloc résiduel décodé BDr_v avec l'image IC_j .

Il s'écrit de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 SM(BD_{v,w}, IC_j) &= \sum_{a=0}^{N-1} \left(BD_{v,w}(0, a) - IC_j(\text{lin} - 1, \text{col} + a) \right)^2 \\
 &\quad + \sum_{a=0}^{N-1} \left(BD_{v,w}(a, 0) - IC_j(\text{lin} + a, \text{col} - 1) \right)^2
 \end{aligned}$$

où :

- $BD_{v,w}$ est le bloc décodé considéré de taille $N \times N$ pixels,
- $BD_{v,w}(n,m)$ est la valeur du pixel du bloc résidu décodé $BD_{v,w}$ situé sur la n ème ligne et la m ème colonne de ce bloc,
- IC_j est l'image courante,
- $IC_j(k,l)$ est la valeur du pixel de l'image IC_j situé sur la k ème ligne et la l ème colonne de cette image, et (lin,col) sont les coordonnées du bloc décodé $BD_{v,w}$ dans l'image IC_j .

A titre d'alternative, on peut utiliser un critère simplifié, où l'on vient comparer la moyennes des pixels de l'image IC_j le long de la frontière F et la moyenne des pixels du bloc décodé $BD_{v,w}$. L'opérateur $SM(BD_{v,w}, IC_j)$ s'écrit alors :

$$SM(BD_{v,w}, IC_j) = abs \left(\frac{1}{(2N-1)} \sum_{a=0}^{N-1} (IC_j(lin-1, col+a) + IC_j(lin+a, col-1)) - \frac{1}{N^2} \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} (BD_{v,w}(a,b)) \right)$$

Où $abs()$ représente la valeur absolue.

Au cours de l'étape C10, il est procédé à la détermination du bloc décodé $BD_{v,wmin}$ qui minimise l'un des deux critères précités choisis, tel que :

$$wmin = argmin_w SM(BD_{v,w}, IC_j)$$

Le bloc $BD_{v,wmin}$ est égal à la somme du bloc prédictor candidat $BP1_{wmin}$ et du bloc résidu décodé courant BDr_v .

Au cours d'une étape C11 représentée à la **figure 1A**, il est procédé à la comparaison du bloc prédictor candidat identifié $BP1_{wmin}$ avec le bloc prédictor candidat $BP1_v$ associée au bloc résidu décodé BDr_v .

Une telle étape de comparaison est mise en œuvre par un module logiciel de calcul CAL2_CO1 représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO1.

Pour le bloc courant B_u , considéré, les étapes C4 à C11 sont répétées pour chaque bloc prédictor de l'ensemble de blocs prédictors $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$ déterminé à l'étape C3.

5 Dans le cas où il y a identité entre le bloc $BP1_{wmin}$ et le bloc $BP1_v$, il est procédé, au cours d'une étape C12a) représentée à la **figure 1A**, à la sélection du bloc $BP1_{wmin}$ qui devient un bloc prédictor identifié.

Dans le cas où il n'y a pas identité entre le bloc $BP1_{wmin}$ et le bloc $BP1_v$, le bloc $BP1_{wmin}$ n'est pas sélectionné en tant que bloc prédictor identifié.

10 A l'issue de l'étape de sélection C12a), une pluralité T de blocs prédictors identifiés $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_z, \dots, BP1_T$ est obtenue, où $1 \leq z \leq T \leq Q$.

Au cours d'une étape C13 représentée à la **figure 1B**, il est procédé à la détermination, parmi tous les blocs prédictors $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_z, \dots, BP1_T$ qui ont été obtenus à l'étape C12a), d'un bloc prédictor candidat
15 préférentiel $BP1_{opt}$, à l'aide de la minimisation d'un critère prédéterminé. Un tel critère s'exprime par l'équation (1) ci-dessous:

$$(1) J = D + \lambda R \text{ où}$$

D représente la distorsion entre le bloc courant B_1 original et le bloc B_1 reconstruit, R représente le coût en bits du codage des paramètres de codage
20 utilisés pour coder le bloc B_1 et λ représente un multiplicateur de Lagrange dont la valeur est fixée au codeur.

Selon une variante particulièrement avantageuse d'un point de vue réduction du temps de calcul au codeur, le critère de performance prédéterminé ne dépend que de la distorsion et s'exprime par l'équation (2) ci-
25 dessous :

$$(2) J' = D.$$

Les critères J et J' sont calculés classiquement par simulation par un module de calcul CAL3_CO1 représenté sur la **figure 2**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO1.

30 Au cours d'une étape C14 représentée à la **figure 1**, le module prédictif PRED_CO1 de la **figure 2** procède à la soustraction du bloc prédictor candidat préférentiel $BP1_{opt}$ du bloc courant B_u pour produire un bloc résidu Br_{optu} .

Au cours d'une étape C15 représentée à la **figure 1B**, le module PRED_CO1 de la **figure 2** procède à la transformation du bloc résidu $B_{r_{optu}}$ selon une opération classique de transformation directe telle que par exemple une transformation en cosinus discrètes de type DCT, pour produire un bloc transformé $B_{t_{optu}}$.

Au cours d'une étape C16 représentée à la **figure 1B**, le module PRED_CO1 de la **figure 2** procède à la quantification du bloc transformé $B_{t_{optu}}$ selon une opération classique de quantification, telle que par exemple une quantification scalaire. Un bloc de coefficients quantifiés $B_{q_{optu}}$ est alors obtenu.

Au cours d'une étape C17 représentée à la **figure 1B**, le module de codage entropique MCE1 de la **figure 2** procède au codage entropique du bloc de coefficients quantifiés $B_{q_{optu}}$.

Un flux de données φ qui contient les données encodées du bloc de coefficients quantifiés $B_{q_{optu}}$ est alors délivré à l'issue de l'étape C17. Un tel flux est ensuite transmis par un réseau de communication (non représenté), à un terminal distant. Celui-ci comporte le décodeur DO1 représenté à la **figure 7**. De façon connue en soi, le flux φ comprend en outre certaines informations encodées par le codeur CO1, telles que le type de prédiction (inter ou intra), et le cas échéant, le mode de prédiction, le type de partitionnement du bloc si ce dernier a été partitionné, l'indice d'image de référence et le vecteur de déplacement utilisés dans le mode de prédiction inter.

Au cours d'une étape C18 représentée à la **figure 1B**, le module $PRED^{-1}_{CO1}$ de la **figure 2** procède à la déquantification du bloc $B_{q_{optu}}$ selon une opération classique de déquantification, qui est l'opération inverse de la quantification effectuée à l'étape C16. Un bloc de coefficients déquantifiés $BD_{q_{optu}}$ est alors obtenu.

Au cours d'une étape C19 représentée à la **figure 1B**, le module $PRED^{-1}_{CO1}$ de la **figure 2** procède à la transformation inverse du bloc de coefficients déquantifiés $BD_{q_{optu}}$ qui est l'opération inverse de la transformation directe effectuée à l'étape C15 ci-dessus. Un bloc résidu décodé $BD_{r_{optu}}$ est alors obtenu.

Au cours d'une étape C20 représentée à la **figure 1B**, il est procédé à la construction du bloc décodé BD_u en ajoutant au bloc prédicteur candidat préférentiel $BP1_{opt}$ le bloc résidu décodé BDr_{optu} . Il est à noter que ce dernier bloc est le même que le bloc décodé obtenu à l'issue du procédé de décodage de l'image IC_j qui sera décrit plus loin dans la description. Le bloc décodé BD_u est alors stocké dans la mémoire tampon MT_CO1 de la **figure 2**, afin d'être utilisé par le codeur $CO1$ comme bloc prédicteur candidat d'un bloc suivant à coder.

Au cours d'une étape C21 représentée à la **figure 1B**, le codeur $CO1$ teste si le bloc courant B_u qui vient d'être codé est le dernier bloc de l'image IC_j .

Si le bloc courant est le dernier bloc de l'image IC_j , au cours d'une étape suivante C22 représentée à la **figure 1B**, il est mis fin au procédé de codage.

Si tel n'est pas le cas, il est procédé à nouveau à l'étape de sélection C2 du bloc suivant à coder conformément à l'ordre de parcours raster scan précité, puis les étapes C3 à C21 sont réitérées pour ce bloc suivant sélectionné.

Les étapes de codage qui viennent d'être décrites ci-dessus sont mises en œuvre pour tous les blocs $B_1, B_2, \dots, B_u, \dots, B_s$ à coder de l'image courante IC_j considérée.

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

Cet autre mode de réalisation se distingue du mode de réalisation précédent en ce qu'il met en œuvre deux types de prédiction qui vont être décrites ci-dessous en référence à la **figure 5**. Le procédé de codage selon cet autre mode de réalisation est représenté sous la forme d'un algorithme comportant des étapes C'1 à C'9 telles que représentées à la **figure 5**.

Le procédé de codage selon cet autre mode de réalisation de l'invention est implémenté dans un dispositif de codage $CO2$ représenté à la **figure 6**.

Comme illustré en **figure 6**, un tel dispositif de codage $CO2$ comprend une mémoire MEM_CO2 comprenant une mémoire tampon MT_CO2 , une

unité de traitement UT_CO2 équipée par exemple d'un microprocesseur μP et pilotée par un programme d'ordinateur PG_CO2 qui met en œuvre le procédé de codage selon cet autre mode de réalisation. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur PG_CO2 sont par exemple

5 chargées dans une mémoire RAM (non représentée) avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement UT_CO2.

Le procédé de codage représenté sur la **figure 5** s'applique à toute image courante d'une séquence SQ d'images à coder.

Au cours d'une étape C'1 représentée à la **figure 5**, il est procédé au

10 partitionnement d'une image courante IC_j appartenant à la séquence SQ d'images $IC_1, \dots, IC_j, \dots, IC_M$ ($1 \leq j \leq M$), en une pluralité de blocs $B_1, B_2, \dots, B_u, \dots, B_S$ ($1 \leq u \leq S$), par exemple de taille 64x64 pixels. Une telle étape de partitionnement est mise en œuvre par un module logiciel de partitionnement MP2 représenté sur la **figure 6**, lequel module est piloté par le

15 microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO2. L'étape C'1 étant identique à l'étape C1 de la **figure 1A**, elle ne sera pas décrite plus longuement.

Comme dans le mode de réalisation des **figures 1A** et **1B**, lesdits blocs $B_1, B_2, \dots, B_u, \dots, B_S$ sont destinés à être codés selon un ordre de

20 parcours prédéterminé, qui est par exemple du type raster scan. Cela signifie que les blocs sont codés les uns après les autres, de la gauche vers la droite.

Au cours d'une étape C'2 représentée à la **figure 5**, le codeur CO2 sélectionne comme bloc courant un premier bloc à coder B_u de l'image IC_j , tel que par exemple le premier bloc B_1 .

25 Au cours d'une étape C'3 représentée à la **figure 5**, il est procédé, de façon connue en soi, à la prédiction du bloc courant B_u par des techniques classiques de prédiction intra et/ou inter à l'aide d'un bloc prédicteur $BP1_{sel}$. Une telle prédiction sera appelée « prédiction primaire » dans la suite de la description.

30 L'étape de prédiction précitée permet de construire un bloc résidu $Br1_u$ qui est obtenu par calcul de la différence entre le bloc courant B_u et le bloc prédicteur $BP1_{sel}$.

L'étape C'3 est mise en œuvre par un module logiciel de codage prédictif PRED1_CO2 représenté sur la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO2.

5 Au cours d'une étape C'4 représentée à la **figure 5**, conformément à l'invention, il est procédé à la détermination d'un ensemble de Q blocs prédicteurs candidats BP2₁, BP2₂,..., BP2_v,...,BP2_Q ($1 \leq v \leq Q$). Une telle étape étant identique à l'étape de détermination C3 de la **figure 1A**, elle ne sera pas décrite plus longuement.

10 Une telle étape de détermination C'4 est mise en œuvre par un module logiciel de détermination DET_CO2 représenté sur la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO2.

15 Au cours d'une étape C'5 représentée à la **figure 5**, conformément à l'invention, il est procédé à une prédiction du bloc résidu Br1_u en mettant en œuvre les étapes C4 à C13 décrites ci-dessus en liaison avec les **figures 1A** et **1B**. Une telle prédiction sera appelée « prédiction secondaire » dans la suite de la description.

Au cours de cette prédiction secondaire, un bloc prédicteur candidat préférentiel BP2_{opt} est sélectionné.

En référence à la **figure 6**, l'étape C'5 est mise en œuvre à l'aide :

- 20 - d'un module logiciel de prédiction PRED2_CO2 qui est identique au module PRED_CO de la **figure 2**,
- d'un module logiciel de codage entropique MCE2_CO2 qui est identique au module MCE1 de la **figure 2**,
- 25 - d'un module logiciel de prédiction inverse PRED2⁻¹_CO2 qui est identique au module PRED⁻¹_CO1 de la **figure 2**,
- d'un module logiciel de calcul CAL1_CO2 qui est identique au module CAL1_CO1 de la **figure 2**,
- d'un module logiciel de calcul CAL2_CO2 qui est identique au module CAL2_CO1 de la **figure 2**.

30 Au cours d'une étape C'6 représentée à la **figure 5**, conformément à l'invention, il est procédé au test de l'efficacité du bloc prédicteur candidat préférentiel BP2_{opt} qui a été sélectionné.

L'étape de test C'6 est mise en œuvre par un module logiciel de calcul CAL4_CO2 représenté sur la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_CO2.

5 Dans un mode préféré de réalisation, un tel test consiste à vérifier si l'énergie du bloc $Br1_u$ -BP2_{opt} est inférieure à un seuil qui correspond à la valeur de l'énergie du bloc $Br1_u$.

Si le test négatif, le codage du bloc courant B_u se poursuit de manière classique.

10 Si le test est positif, cela signifie que le bloc prédicteur candidat préférentiel BP2_{opt} est proche du bloc original courant B_u . Par conséquent, la prédiction secondaire est appliquée au bloc courant B_u .

Test négatif

15 Dans le cas où le test effectué à l'étape C'6 est négatif, au cours d'une étape C'610 représentée à la **figure 5**, il est procédé à la transformation du bloc résidu $Br1_u$ selon une opération classique de transformation directe telle que par exemple une transformation en cosinus discrètes de type DCT, pour produire un bloc transformé $Bt1_u$.

20 Au cours d'une étape C'611 représentée à la **figure 5**, il est procédé à la quantification du bloc transformé $Bt1_u$ selon une opération classique de quantification, telle que par exemple une quantification scalaire. Un bloc de coefficients quantifiés $Bq1_u$ est alors obtenu.

Les étapes C'610 et C'611 sont mises en œuvre par le module logiciel de codage prédictif PRED1_CO2 représenté sur la **figure 6**.

25 Au cours d'une étape C'612 représentée à la **figure 5**, il est procédé au codage entropique du bloc de coefficients quantifiés $Bq1_u$ par un module logiciel de codage entropique MCE1_CO2 identique au module logiciel de codage entropique MCE_CO1 de la **figure 2**. En outre, un indicateur Id associé au bloc prédicteur candidat préférentiel BP2_{opt} est codé selon une première valeur prédéterminée (bit à 0 par exemple) pour signaler que la
30 prédiction secondaire n'a pas été appliquée.

Un flux de données ϕ_1 , qui contient les données encodées du bloc de coefficients quantifiés $Bq1_1$ ainsi que le bit à 0 de l'indicateur Id , est alors délivré à l'issue de l'étape C'612. Un tel flux est ensuite transmis par un réseau de communication (non représenté), à un terminal distant. Celui-ci

comporte le décodeur DO2 représenté à la **figure 10**. De façon connue en soi, le flux ϕ_1 contient des informations encodées par le codeur CO2, telles que le type de prédiction (inter ou intra), et le cas échéant, le mode de prédiction, le type de partitionnement d'un bloc ou macrobloc si ce dernier a
 5 été partitionné, l'indice d'image de référence et le vecteur de déplacement utilisés dans le mode de prédiction inter.

Au cours d'une étape C'613 représentée à la **figure 5**, il est procédé à la déquantification du bloc $Bq1_u$ selon une opération classique de déquantification, qui est l'opération inverse de la quantification effectuée à
 10 l'étape C'611. Un bloc de coefficients déquantifiés $BDq1_u$ est alors obtenu.

Au cours d'une étape C'614 représentée à la **figure 5**, il est procédé à la transformation inverse du bloc de coefficients déquantifiés $BDq1_u$ qui est l'opération inverse de la transformation directe effectuée à l'étape C'610 ci-dessus. Un bloc résidu décodé $BDr1_u$ est alors obtenu.

15 Les étapes C'613 et C'614 sont mises en œuvre par un module logiciel de codage prédictif inverse $PRED1^{-1}_{CO2}$ représenté sur la **figure 6**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_{CO2} . Un tel module est identique au module logiciel $PRED^{-1}_{CO1}$ de la **figure 2**.

Au cours d'une étape C'7 représentée à la **figure 5**, il est procédé à la
 20 construction du bloc décodé BD_u en ajoutant au bloc prédicteur $BP1_{sel}$ le bloc résidu décodé $BDr1_u$. Le bloc décodé BD_u est alors stocké dans la mémoire tampon MT_{CO2} de la **figure 6**, afin d'être utilisé par le codeur CO2 comme bloc prédicteur candidat à une prédiction secondaire d'un bloc résidu décodé suivant.

25 Au cours d'une étape C'8 représentée à la **figure 5**, le codeur CO2 teste si le bloc courant B_u qui vient d'être codé est le dernier bloc de l'image IC_j .

Si le bloc courant B_u est le dernier bloc de l'image IC_j , au cours d'une étape C'9 représentée à la **figure 5**, il est mis fin au procédé de codage.

30 Si tel n'est pas le cas, il est procédé à nouveau à l'étape de sélection C'2 du bloc suivant à coder conformément à l'ordre de parcours raster scan précité, puis les étapes C'3 à C'6 sont réitérées pour ce bloc suivant sélectionné.

Test positif

Si le test effectué à l'étape C'6 est positif, au cours d'une étape C'620 représentée à la **figure 5**, le module PRED2_CO2 de la **figure 6** procède à la soustraction du bloc prédicteur candidat préférentiel $BP2_{opt}$ du bloc résidu

5 $Br1_u$ pour produire un bloc résidu $Br2_{optu}$.

Au cours d'une étape C'621 représentée à la **figure 5**, le module PRED2_CO2 de la **figure 6** procède à la transformation du bloc résidu $Br2_{optu}$ selon une opération classique de transformation directe telle que par exemple une transformation en cosinus discrètes de type DCT, pour produire un bloc

10 transformé $Bt2_{optu}$.

Au cours d'une étape C'622 représentée à la **figure 5**, le module PRED2_CO2 de la **figure 6** procède à la quantification du bloc transformé $Bt2_{optu}$ selon une opération classique de quantification, telle que par exemple une quantification scalaire. Un bloc de coefficients quantifiés $Bq2_{optu}$ est alors

15 obtenu.

Au cours d'une étape C'623 représentée à la **figure 5**, le module de codage entropique MCE2_CO2 de la **figure 6** procède au codage entropique du bloc de coefficients quantifiés $Bq2_{optu}$. En outre, l'indicateur Id associé au bloc prédicteur candidat préférentiel $BP2_{opt}$ est codé selon une seconde

20 valeur prédéterminée (bit à 1 par exemple) pour signaler que la prédiction secondaire a été appliquée.

Un flux de données ϕ_2 , qui contient les données encodées du bloc de coefficients quantifiés $Bq2_{optu}$ ainsi que le bit à 1 de l'indicateur Id , est alors délivré à l'issue de l'étape C'623. Un tel flux est ensuite transmis par un

25 réseau de communication (non représenté) au décodeur DO2 représenté à la **figure 10**.

Au cours d'une étape C'624 représentée à la **figure 5**, le module PRED2⁻¹_CO2 de la **figure 6** procède à la déquantification du bloc $Bq2_{optu}$ selon une opération classique de déquantification, qui est l'opération inverse

30 de la quantification effectuée à l'étape C'622. Un bloc de coefficients déquantifiés $BDq2_{optu}$ est alors obtenu.

Au cours d'une étape C'625 représentée à la **figure 5**, le module PRED2⁻¹_CO2 de la **figure 6** procède à la transformation inverse du bloc de

coefficients déquantifiés $BDq_{2_{optu}}$ qui est l'opération inverse de la transformation directe effectuée à l'étape C'621 ci-dessus. Un bloc résidu décodé $BDr_{2_{optu}}$ est alors obtenu.

5 Au cours de l'étape C'7 mentionnée plus haut, il est procédé à la construction du bloc décodé BD_u en ajoutant au bloc prédicteur candidat préférentiel $BP_{2_{opt}}$ le bloc résidu décodé $BDr_{2_{optu}}$. Le bloc décodé BD_u ainsi construit est alors stocké dans la mémoire tampon MT_CO2 de la **figure 6**, afin d'être utilisé par le codeur CO2 comme bloc prédicteur candidat à une prédiction secondaire d'un bloc résidu décodé suivant.

10 Au cours de l'étape C'8 représentée à la **figure 5**, le codeur CO2 teste si le bloc courant B_u qui vient d'être codé est le dernier bloc de l'image IC_j .

Si le bloc courant est le dernier bloc de l'image IC_j , au cours de l'étape C'9 représentée à la **figure 5**, il est mis fin au procédé de codage.

15 Si tel n'est pas le cas, il est procédé à nouveau à l'étape de sélection C'2 du bloc suivant à coder conformément à l'ordre de parcours raster scan précité, puis les étapes C'3 à C'6 sont réitérées pour ce bloc suivant sélectionné.

Les étapes de codage qui viennent d'être décrites ci-dessus sont mises en œuvre pour tous les blocs $B_1, B_2, \dots, B_u, \dots, B_s$ à coder de l'image courante IC_j considérée.

20

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

Un mode de réalisation du procédé de décodage selon l'invention va maintenant être décrit, dans lequel le procédé de décodage est implémenté de manière logicielle ou matérielle par modifications d'un décodeur initialement conforme à la norme HEVC. Le procédé de décodage selon l'invention est représenté sous la forme d'un algorithme comportant des étapes D1 à D11 telles que représentées à la **figure 8**.

25

Comme illustré en **figure 7**, un décodeur DO1 selon l'invention comprend une mémoire MEM_DO1 comprenant une mémoire tampon MT_DO1 , une unité de traitement UT_DO1 équipée par exemple d'un microprocesseur μP et pilotée par un programme d'ordinateur PG_DO1 qui met en œuvre le procédé de décodage selon l'invention. A l'initialisation, les

30

instructions de code du programme d'ordinateur PG_DO1 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement UT_DO1.

Le procédé de décodage représenté sur la **figure 8** s'applique à toute
5 image courante d'une séquence SQ d'images à décoder.

A cet effet, des informations représentatives de l'image courante IC_j à décoder sont identifiées dans le flux φ reçu au décodeur.

En référence à la **figure 8**, la première étape de décodage D1 est l'identification dans ledit flux φ des données encodées $Bq_1, Bq_2, \dots, Bq_u, \dots, Bq_s$
10 associées respectivement aux blocs résiduels $Br_1, Br_2, \dots, Br_u, \dots, Br_s$ codés précédemment conformément au parcours raster scan précité, selon le procédé de codage représenté sur les **figures 1A** et **1B**.

Une telle étape d'identification est mise en œuvre par un module d'identification MI_DO1 telle que représenté à la **figure 8**, ledit module étant
15 pilotée par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO1.

Lesdits blocs $Bq_1, Bq_2, \dots, Bq_u, \dots, Bq_s$ sont destinés à être décodés selon un ordre de parcours prédéterminé, qui est par exemple du type séquentiel, c'est à dire qu'ils sont destinés à être décodés l'un après l'autre dans l'ordre raster scan où ils ont été codés.

20 D'autres types de parcours que celui qui vient d'être décrit ci-dessus sont bien sûr possibles et dépendent de l'ordre de parcours choisi au codage, dont des exemples ont été mentionnés plus haut.

Au cours d'une étape D2 représentée à la **figure 8**, le décodeur DO1 sélectionne comme bloc courant un premier bloc à coder Bq_u de l'image IC_j ,
25 tel que par exemple le premier bloc Bq_1 .

Au cours d'une étape D3 représentée à la **figure 8**, il est procédé au décodage entropique du bloc Bq_u . Dans le mode préféré de réalisation, il s'agit d'un décodage entropique CABAC. Une telle étape consiste à :

- a) lire le ou les symboles de l'ensemble prédéterminé de symboles
30 qui sont associés audit bloc résiduel courant,
- b) associer des informations numériques, telles que des bits, au(x) symbole(s) lu(s).

Une telle étape de décodage entropique est mise en œuvre par un module logiciel de décodage entropique MDE1 représenté sur la **figure 7**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO1. Le module de codage entropique MDE1 est par exemple de type CABAC. Il peut également s'agir d'un décodeur de Huffman connu en tant que tel.

Au cours d'une étape D4 représentée à la **figure 8**, il est procédé à la déquantification du bloc BD_{qu} selon une opération classique de déquantification, qui est l'opération inverse de la quantification effectuée à l'étape C16 de la **figure 1B**. Un bloc déquantifié décodé BD_{tu} est alors obtenu.

Au cours d'une étape D5 représentée à la **figure 8**, il est procédé à la transformation inverse du bloc déquantifié décodé BD_{tu} qui est l'opération inverse de la transformation directe effectuée à l'étape C15 de la **figure 1B**. Un bloc résidu décodé BD_{ru} est alors obtenu.

Les étapes D4 et D5 sont mises en œuvre par un module logiciel de décodage prédictif inverse $PRED^{-1}_{DO1}$ représenté sur la **figure 7**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO1.

Au cours d'une étape D6 représentée à la **figure 8**, il est procédé selon l'invention à la détermination d'un ensemble de Q blocs prédicteurs candidats $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$ ($1 \leq v \leq Q$). De tels blocs prédicteurs candidats sont par exemple des blocs de pixels qui ont été déjà décodés ou non. De tels blocs sont préalablement stockés dans la mémoire tampon MT_{DO1} du décodeur telle que représentée à la **figure 7**. Dans l'exemple représenté, il s'agit en particulier d'un nombre prédéterminé de blocs qui ont été décodés juste avant le bloc courant à décoder considéré.

Une telle étape de détermination est mise en œuvre par un module logiciel de détermination DET_{DO1} représenté sur la **figure 7**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO1.

Au cours d'une étape D7 représentée à la **figure 8**, il est procédé selon l'invention à l'identification, parmi l'ensemble des Q blocs prédicteurs $BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$, d'un bloc prédicteur candidat préférentiel $BP1_{opt}$.

Selon l'invention, de la même façon qu'au codage précité, une telle étape d'identification est fonction du bloc résidu décodé BD_{r_u} obtenu.

Ladite étape d'identification est mise en œuvre par un module logiciel de calcul CAL1_DO1 représenté sur la **figure 7**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO1.

De la même façon qu'au procédé de codage décrit en référence aux **figures 1A** et **1B**, une telle identification consiste, pour un bloc résidu décodé courant BD_{r_u} , à construire un bloc décodé courant $BD_{u,w}$ en ajoutant au bloc résidu décodé courant BD_{r_u} un bloc prédicteur candidat $BP1_w$ ($1 \leq w \leq Q$).

Dans ce mode particulier, et de façon correspondante au codage, est appliqué un critère de minimisation de la différence entre les pixels décodés de l'image courante IC_j , qui sont représentés par des points sur la **figure 4**, et les pixels du bloc décodé $BD_{u,w}$ situés le long de sa frontière F . Ce critère est un opérateur mathématique noté $SM(BD_{u,w}, IC_j)$. L'opérateur $SM(BD_{u,w}, IC_j)$ est en fait représentatif de l'erreur quadratique le long de la frontière F du bloc résiduel décodé BD_{r_u} avec l'image IC_j .

Il s'écrit de la façon suivante :

$$SM(BD_{u,w}, IC_j) = \sum_{a=0}^{N-1} \left(BD_{u,w}(0, a) - IC_j(\text{lin} - 1, \text{col} + a) \right)^2 + \sum_{a=0}^{N-1} \left(BD_{u,w}(a, 0) - IC_j(\text{lin} + a, \text{col} - 1) \right)^2$$

où :

- $BD_{u,w}$ est le bloc décodé considéré de taille $N \times N$ pixels,
- $BD_{u,w}(n, m)$ est la valeur du pixel du bloc résidu décodé $BD_{u,w}$ situé sur la n ème ligne et la m ème colonne de ce bloc,
- IC_j est l'image courante,
- $IC_j(k, l)$ est la valeur du pixel de l'image IC_j situé sur la k ème ligne et la l ème colonne de cette image, et (lin, col) sont les coordonnées du bloc décodé $BD_{u,w}$ dans l'image IC_j .

A titre d'alternative, on peut utiliser un critère simplifié, où l'on vient comparer la moyennes des pixels de l'image IC_j le long de la frontière F et la

moyenne des pixels du bloc décodé $BD_{u,w}$. L'opérateur $SM(BD_{u,w}, IC_j)$ s'écrit alors :

$$SM(BD_{u,w}, IC_j) = abs \left(\frac{1}{(2N-1)} \sum_{a=0}^{N-1} (IC_j(lin-1, col+a) + IC_j(lin+a, col-1)) - \frac{1}{N^2} \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} (BD_{u,w}(a,b)) \right)$$

Où $abs()$ représente la valeur absolue.

- Au cours de l'étape D7, il est procédé à l'identification du bloc décodé $BD_{v,wmin}$ qui minimise l'un des deux critères précités choisis, tel que :

$$wmin = \operatorname{argmin}_w SM(BD_{u,w}, IC_j)$$

Le bloc $BD_{v,wmin}$ est égal à la somme du bloc prédictor candidat $BP1_{wmin}$ et du bloc résidu décodé courant BDr_v .

- A l'issue de l'étape D7, le bloc prédictor candidat $BP1_{wmin}$ est considéré comme le bloc prédictor préférentiel candidat $BP1_{opt}$ en vue de la prédiction inverse du bloc résidu décodé courant BDr_u .

Au cours d'une étape D8 représentée à la **figure 8**, il est procédé à la reconstruction du bloc courant B_u en ajoutant au bloc résiduel courant décodé BDr_u le bloc prédictor candidat préférentiel $BP1_{opt}$ identifié à l'étape D7.

- Ladite étape D8 est mise en œuvre par un module logiciel de calcul $CAL2_DO1$ représenté sur la **figure 7**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO1 .

- Un bloc décodé BD_u est alors obtenu et stocké dans la mémoire tampon MT_DO1 de la **figure 7**, afin d'être utilisé par le décodeur $DO1$ comme bloc prédictor candidat d'un bloc suivant à décoder.

- Au cours d'une étape D9 représentée à la **figure 8**, ledit bloc décodé BD_u est écrit dans une image décodée ID_j . Une telle étape est mise en œuvre un module logiciel $URI1$ de reconstruction d'image tel que représenté sur la **figure 7**, ledit module étant piloté par le microprocesseur μP du module de traitement UT_DO1 .

Au cours d'une étape suivante D10 représentée à la **figure 8**, le décodeur DO1 teste si le bloc courant BD_u qui vient d'être décodé est le dernier bloc contenu dans le flux φ .

Si tel est le cas, au cours d'une étape D11 représentée à la **figure 8**, il est mis fin au procédé de décodage.

Si tel n'est pas le cas, il est procédé, au cours de l'étape D2, à la sélection du bloc résiduel suivant à décoder conformément à l'ordre de parcours raster scan précité.

Les étapes de décodage qui viennent d'être décrites ci-dessus sont mises en œuvre pour tous les blocs $Bq_1, Bq_2, \dots, Bq_u, \dots, Bq_s$ à décoder de l'image courante IC_j considérée.

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

Un autre mode de réalisation du procédé de décodage selon l'invention va maintenant être décrit, dans lequel le procédé de décodage est implémenté de manière logicielle ou matérielle par modifications d'un décodeur initialement conforme à la norme HEVC. Le procédé de décodage selon l'invention est représenté sous la forme d'un algorithme comportant des étapes D'1 à D'7 telles que représentées à la **figure 9**.

Comme illustré en **figure 10**, un décodeur DO2 selon cet autre mode de réalisation de l'invention comprend une mémoire MEM_DO2 comprenant une mémoire tampon MT_DO2, une unité de traitement UT_DO2 équipée par exemple d'un microprocesseur μP et pilotée par un programme d'ordinateur PG_DO2 qui met en œuvre le procédé de décodage selon l'invention. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur PG_DO2 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement UT_DO2.

Le procédé de décodage représenté sur la **figure 9** s'applique à toute image courante d'une séquence SQ d'images à décoder.

A cet effet, des informations représentatives de l'image courante IC_j à décoder sont identifiées dans un flux de données φ_1 ou φ_2 reçu au décodeur, tel que délivré à la suite du procédé de codage de la **figure 5**.

En référence à la **figure 9**, la première étape de décodage D'1 est l'identification :

- dans ledit flux $\phi 1$ des données encodées $Bq1_1, Bq1_2, \dots, Bq1_u, \dots Bq1_S$ ($1 \leq u \leq S$) associées respectivement aux blocs résiduels $Br1_1, Br1_2, \dots, Br1_u, \dots, Br1_S$ codés précédemment conformément au parcours raster scan précité, dans le cas où a été mise en œuvre la prédiction primaire du procédé de codage de la **figure 5**,
- dans ledit flux $\phi 2$ des données encodées $Bq2_{opt1}, Bq2_{opt2}, \dots, Bq2_{optu}, \dots Bq2_{optS}$ ($1 \leq u \leq S$) associées respectivement aux blocs résiduels $Br2_{opt1}, Br2_{opt2}, \dots, Br2_{optu}, \dots, Br2_{optS}$ codés précédemment conformément au parcours raster scan précité, dans le cas où a été mise en œuvre la prédiction secondaire du procédé de codage représenté sur la **figure 5**.

Une telle étape d'identification est mise en œuvre par un module d'identification MI_DO2 telle que représenté à la **figure 10**, ledit module étant piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO2.

Lesdits blocs $Bq1_1, Bq1_2, \dots, Bq1_u, \dots, Bq1_S$ ou $Bq2_{opt1}, Bq2_{opt2}, \dots, Bq2_{optu}, \dots Bq2_{optS}$ sont destinés à être décodés selon un ordre de parcours prédéterminé, qui est par exemple séquentiellement, c'est à dire qu'ils sont destinés à être décodés l'un après l'autre conformément à l'ordre raster scan où ils ont été codés.

D'autres types de parcours que celui qui vient d'être décrit ci-dessus sont bien sûr possibles et dépendent de l'ordre de parcours choisi au codage, dont des exemples ont été mentionnés plus haut.

Au cours d'une étape D'2 représentée à la **figure 9**, le décodeur DO2 sélectionne comme bloc courant un premier bloc à coder $Bq1_u$ ou $Bq2_{optu}$ de l'image IC_j , tel que par exemple le premier bloc $Bq1_u$ ou $Bq2_{optu}$.

Au cours d'une étape D'3 représentée à la **figure 9**, il est procédé à la lecture, dans le flux $\phi 1$ ou $\phi 2$, de l'indice Id associé au bloc Bq_u sélectionné.

Une telle étape de lecture est mise en œuvre par un module logiciel de lecture ML_DO2 telle que représenté à la **figure 10**, ledit module étant piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO2.

Si l'indice Id est égal à zéro, cela signifie que le bloc courant à décoder a subi une prédiction primaire conformément aux étapes C'610 à C'614 du

procédé de codage représenté sur la **figure 5**. C'est donc le flux φ_1 que le décodeur DO2 est destiné à traiter.

Si l'indice Id est égal à un, cela signifie que le bloc courant à décoder a subi une prédiction secondaire conformément aux étapes C'5 à C'625 du
 5 procédé de codage représenté sur la **figure 5**. C'est donc le flux φ_2 que le décodeur DO2 est destiné à traiter.

cas où Id=0

Au cours d'une étape D'310 représentée à la **figure 9**, il est procédé au
 10 décodage entropique du bloc Bq1_u. Une telle étape étant identique à l'étape D3 précitée, elle ne sera pas décrite plus longuement.

Une telle étape de décodage entropique est mise en œuvre par un module logiciel de décodage entropique MDE1_DO2 représenté sur la **figure 10**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement
 15 UT_DO2. Le module de codage entropique MDE1_DO2 est par exemple de type CABAC. Il peut également s'agir d'un décodeur de Huffman connu en tant que tel.

Au cours d'une étape D'311 représentée à la **figure 9**, il est procédé à la déquantification du bloc BDq1_u. Une telle étape étant identique à l'étape D4
 20 précitée, elle ne sera pas décrite plus longuement. Un bloc déquantifié décodé BDt1_u est alors obtenu.

Au cours d'une étape D'312 représentée à la **figure 9**, il est procédé à la transformation inverse du bloc déquantifié décodé BDt1_u. Une telle étape étant identique à l'étape D5 précitée, elle ne sera pas décrite plus
 25 longuement. Un bloc résidu décodé BDr1_u est alors obtenu.

Au cours d'une étape D'4 représentée à la **figure 9**, il est procédé, de façon connue en soi, à la reconstruction du bloc courant B_u par des techniques classiques de prédiction intra et/ou inter à l'aide d'un bloc prédicteur BP1_{sel}. Une telle étape consiste à ajouter au bloc résiduel courant
 30 décodé BDr1_u le bloc prédicteur BP1_{sel} sélectionné classiquement.

Un bloc décodé BD_u est alors obtenu à la suite de l'étape D'4 et stocké dans la mémoire tampon MT_DO2 de la **figure 10**, afin d'être utilisé par le décodeur DO2 comme bloc prédicteur candidat d'un bloc suivant à décoder.

Les étapes D'311 à D'4 sont mises en œuvre par un module logiciel de décodage prédictif inverse $PRED1^{-1}_{DO2}$ représenté sur la **figure 10**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_{DO2} .

5 Au cours d'une étape D'5 représentée à la **figure 9**, ledit bloc décodé BD_u est écrit dans une image décodée ID_j . Une telle étape est mise en œuvre un module logiciel $URI2$ de reconstruction d'image tel que représenté sur la **figure 10**, ledit module étant piloté par le microprocesseur μP du module de traitement UT_{DO2} .

10 Au cours d'une étape suivante D'6 représentée à la **figure 9**, le décodeur $DO2$ teste si le bloc courant BD_u qui vient d'être décodé est le dernier bloc contenu dans le flux $\phi 1$.

Si tel est le cas, au cours d'une étape D'7 représentée à la **figure 9**, il est mis fin au procédé de décodage.

15 Si tel n'est pas le cas, il est procédé, au cours de l'étape D'2, à la sélection du bloc résiduel suivant $Bq1_u$ à décoder conformément à l'ordre séquentiel précité. Le procédé de décodage décrit ci-dessus est alors itéré pour l'ensemble des S blocs à décoder.

Cas où $Id=1$

20 Au cours d'une étape D'320 représentée à la **figure 9**, il est procédé au décodage entropique du bloc $Bq2_{optu}$. Une telle étape étant identique à l'étape D3 précitée, elle ne sera pas décrite plus longuement. Un bloc quantifié décodé $BDq2_{optu}$ est alors obtenu à l'issue de cette étape.

25 Une telle étape de décodage entropique est mise en œuvre par un module logiciel de décodage entropique $MDE2_{DO2}$ représenté sur la **figure 10**.

30 Au cours d'une étape D'321 représentée à la **figure 9**, il est procédé à la déquantification du bloc $BDq2_{optu}$. Une telle étape étant identique à l'étape D4 précitée, elle ne sera pas décrite plus longuement. Un bloc déquantifié décodé $BDt2_{optu}$ est alors obtenu.

Au cours d'une étape D'322 représentée à la **figure 9**, il est procédé à la transformation inverse du bloc déquantifié décodé $BDt2_{optu}$. Une telle étape étant identique à l'étape D5 précitée, elle ne sera pas décrite plus longuement. Un bloc résidu décodé $BDr2_{optu}$ est alors obtenu. Ledit bloc

résiduel décodé $BDr2_{optu}$ est alors stocké dans la mémoire tampon MT_DO2 de la **figure 10**, afin d'être utilisé par le décodeur DO2 comme bloc prédicteur candidat d'un bloc suivant à décoder.

Les étapes D'321 et D'322 sont mises en œuvre par un module logiciel de décodage prédictif inverse $PRED2^{-1}_{DO2}$ représenté sur la **figure 10**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO2.

Au cours d'une étape D'323 représentée à la **figure 9**, il est procédé selon l'invention à la détermination d'un ensemble de Q blocs prédicteurs candidats $BP2_1, BP2_2, \dots, BP2_v, \dots, BP2_Q$ ($1 \leq v \leq Q$). Une telle étape étant identique à l'étape D6 de la **figure 8**, elle ne sera pas décrite plus longuement.

Une telle étape de détermination est mise en œuvre par un module logiciel de détermination DET_DO2 représenté sur la **figure 10**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO2.

Au cours d'une étape D'324 représentée à la **figure 9**, il est procédé selon l'invention à l'identification, parmi l'ensemble des Q blocs prédicteurs $BP2_1, BP2_2, \dots, BP2_v, \dots, BP2_Q$, d'un bloc prédicteur candidat préférentiel $BP2_{opt}$. Selon l'invention, de la même façon qu'au codage précité, une telle étape d'identification est fonction du bloc résidu décodé $BDr2_{optz}$ obtenu.

Ladite étape d'identification est mise en œuvre par un module logiciel de calcul CAL1_DO2 représenté sur la **figure 10**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO2. De la même façon qu'à l'étape D6 de la **figure 8**, le procédé de décodage selon cet autre mode de réalisation utilise un critère de minimisation de la différence entre les pixels décodés de l'image courante IC_j , qui sont représentés par des points sur la **figure 4**, et les pixels du bloc décodé $BDr1_{u,w}$ situés le long de sa frontière F. Ce critère est un opérateur mathématique noté $SM(BDr1_{u,w}, IC_j)$.

Il s'écrit de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
SM(BDr1_{z,w}, IC_j) &= \sum_{a=0}^{N-1} \left(BDr1_{z,w}(0, a) - IC_j(\text{lin} - 1, \text{col} + a) \right)^2 \\
&+ \sum_{a=0}^{N-1} \left(BDr1_{z,w}(a, 0) - IC_j(\text{lin} + a, \text{col} - 1) \right)^2
\end{aligned}$$

où :

- $BDr1_u$ est le bloc décodé considéré de taille $N \times N$ pixels,

- $BDr1_{u,w}(n,m)$ est la valeur du pixel du bloc décodé $BDr1_{u,w}$ situé

5 sur la nième ligne et la mième colonne de ce bloc,

- IC_j est l'image courante,

- $IC_j(k,l)$ est la valeur du pixel de l'image IC_j situé sur la k ième ligne et la l ième colonne de cette image, et (lin, col) sont les coordonnées du bloc résidu décodé $BDr1_{u,w}$ dans l'image IC_j

10 A titre d'alternative, on peut utiliser un critère simplifié, où l'on vient comparer la moyennes des pixels de l'image IC_j le long de la frontière F et la moyenne des pixels du bloc décodé $BDr1_{u,w}$. L'opérateur $SM(BDr1_{u,w}, IC_j)$ s'écrit alors :

$$\begin{aligned}
SM(BDr1_{u,w}, IC_j) &= \text{abs} \left(\frac{1}{(2N-1)} \sum_{a=0}^{N-1} \left(IC_j(\text{lin} - 1, \text{col} + a) \right. \right. \\
&\left. \left. + IC_j(\text{lin} + a, \text{col} - 1) \right) - \frac{1}{N^2} \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} \left(BDr1_{u,w}(a, b) \right) \right)
\end{aligned}$$

Où $\text{abs}()$ représente la valeur absolue.

15 Au cours de l'étape D'324, il est procédé à l'identification du bloc décodé $BDr1_{v,wmin}$ qui minimise l'un des deux critères précités choisis, tel que :

$$wmin = \text{argmin}_w SM(BDr1_{u,w}, IC_j)$$

Le bloc $BDr1_{v,wmin}$ est égal à la somme du bloc prédicteur candidat

20 $BP2_{wmin}$ et du bloc résidu décodé courant $BDr2_{optu}$.

A l'issue de l'étape D'324, le bloc prédicteur candidat $BP2_{wmin}$ est considéré comme le bloc prédicteur préférentiel candidat $BP2_{opt}$ en vue de la prédiction inverse du bloc résidu décodé courant $BDr2_{optu}$.

Au cours d'une étape D'325 représentée à la **figure 9**, il est procédé à la reconstruction du bloc résiduel courant BDr_u en ajoutant au bloc résiduel courant décodé $BDr_{2_{optu}}$ le bloc prédictor candidat préférentiel $BP2_{opt}$ identifié à l'étape D'324.

Ladite étape D'325 est mise en œuvre par un module logiciel de calcul CAL2_DO2 représenté sur la **figure 10**, lequel module est piloté par le microprocesseur μP de l'unité de traitement UT_DO2.

Les étapes D'4 et D'5 précitées sont ensuite réitérées pour délivrer un bloc courant BD_u . Puis l'étape D'6 est à nouveau mise en œuvre pour tester si le bloc courant BD_u est le dernier bloc de l'image.

Les étapes de décodage du flux φ_1 (respectivement φ_2) qui viennent d'être décrites ci-dessus sont mises en œuvre pour tous les blocs $Bq1_1, Bq1_2, \dots, Bq1_u, \dots, Bq_s$ (respectivement $Bq2_{opt1}, Bq2_{opt2}, \dots, Bq2_{optu}, \dots Bq2_{optS}$) à décodifier de l'image courante IC_j considérée.

Il va de soi que les modes de réalisation qui ont été décrits ci-dessus ont été donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, et que de nombreuses modifications peuvent être facilement apportées par l'homme de l'art sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de codage d'au moins une image (IC_j) découpée en blocs,
5 caractérisé en ce qu'il comprend, pour un bloc courant (B_u) à coder, les étapes de :

- détermination (C3), d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats ($BP1_1, BP1_2, \dots, BP1_v, \dots, BP1_Q$),

- pour au moins un bloc prédicteur candidat ($BP1_v$) dudit ensemble :

- 10 • obtention (C4) d'un bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat et le bloc courant (B_u),
- identification (C10), dans ledit ensemble de blocs prédicteurs candidats, d'un bloc prédicteur candidat, ladite identification étant fonction dudit bloc résiduel
- 15 courant obtenu,
- sélection (C12a)) dudit au moins un bloc prédicteur candidat s'il est égal au bloc prédicteur identifié,

- détermination (C13), parmi les blocs prédicteurs candidats
20 susceptibles d'avoir été sélectionnés à l'issue de l'étape de sélection, d'un bloc prédicteur candidat ($BP1_{opt}$), à l'aide d'un critère prédéterminé (J),

- codage (C15-C17) du bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat déterminé et le bloc courant (B_u).

25 2. Procédé de codage selon la revendication 1, dans lequel, lesdits blocs de l'image précédant le bloc courant étant codés dans un ordre déterminé, ladite identification est fonction des pixels de l'image précédemment codés.

30 3. Procédé de codage selon la revendication 2, dans lequel lesdits pixels précédemment codés puis décodés de l'image sont situés le long du bloc courant.

4. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ledit critère prédéterminé est la minimisation du coût débit-distorsion de l'image.

5

5. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le bloc courant est un bloc (B_{1u}) qui a été préalablement obtenu à la suite d'une prédiction.

10

6. Dispositif (DO1) de codage d'au moins une image (IC_j) découpée en blocs, caractérisé en ce qu'il comprend, pour un bloc courant (B_u) à coder :

- des moyens (DET_CO1) de détermination d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,

- pour au moins un bloc prédicteur candidat dudit ensemble :

15

- des moyens (PRED_CO1) d'obtention d'un bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat et le bloc courant (B_u),

20

- des moyens (CAL1_CO1) d'identification, dans ledit ensemble de blocs prédicteurs candidats, d'un bloc prédicteur candidat, en fonction dudit bloc résiduel courant obtenu,

- des moyens (CAL2_CO1) de sélection dudit au moins un bloc prédicteur candidat s'il est égal au bloc prédicteur identifié,

25

- des moyens (CAL3_CO1) de détermination, parmi les blocs prédicteurs candidats susceptibles d'avoir été sélectionnés à l'issue de l'étape de sélection, d'un bloc prédicteur candidat, à l'aide d'un critère prédéterminé,

- des moyens (MCE1) de codage du bloc résiduel représentatif de la différence entre le bloc prédicteur candidat déterminé et le bloc courant (B_u).

30

7. Programme d'ordinateur comportant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de codage selon l'une

quelconque des revendications 1 à 5, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

5 8. Procédé de décodage d'un signal de données (φ) représentatif d'au moins une image (IC_j) découpée en blocs, ledit procédé comprenant les étapes de :

- détermination (D1), dans le signal de données, de données représentatives d'un bloc résiduel courant associé à un bloc courant à décoder,

10 - décodage (D3-D5) dudit bloc résiduel courant,

ledit procédé de décodage étant caractérisé en ce qu'il comprend, pour un bloc courant à reconstruire, les étapes de :

- détermination (D6) d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,

15 - identification (D7), dans ledit ensemble, d'un bloc prédicteur candidat, ladite identification étant fonction dudit bloc résiduel courant décodé,

- reconstruction (D8) du bloc courant (B_u) à l'aide du bloc prédicteur identifié et du bloc résiduel courant décodé.

20

9. Procédé de décodage selon la revendication 8, dans lequel lesdits blocs de l'image précédant le bloc courant étant décodés dans un ordre déterminé, ladite identification est fonction des pixels de l'image précédemment décodés.

25

10. Procédé de décodage selon la revendication 9, dans lequel lesdits pixels précédemment décodés de l'image sont situés le long du bloc courant.

11. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications
30 8 à 10, comprenant en outre une étape (D'3) de détermination, dans le signal de données, d'une information (Id) associée à une prédiction préalable du bloc courant, ladite étape de reconstruction du bloc courant étant mise en œuvre à partir de ladite prédiction préalable, dudit bloc prédicteur identifié et du bloc résiduel courant déterminé.

12. Dispositif (DO1) de décodage d'un signal de données représentatif d'au moins une image (IC_j) découpée en blocs, ledit dispositif comprenant :

5 - des moyens (MI_DO1) de détermination, dans le signal de données, de données représentatives d'un bloc résiduel courant associé à un bloc courant à décoder,

 - des moyens (MDE1) de décodage dudit bloc résiduel courant, ledit dispositif de décodage étant caractérisé en ce qu'il comprend, pour un bloc courant à reconstruire :

10 - des moyens (DET_DO1) de détermination d'un ensemble de blocs prédicteurs candidats,

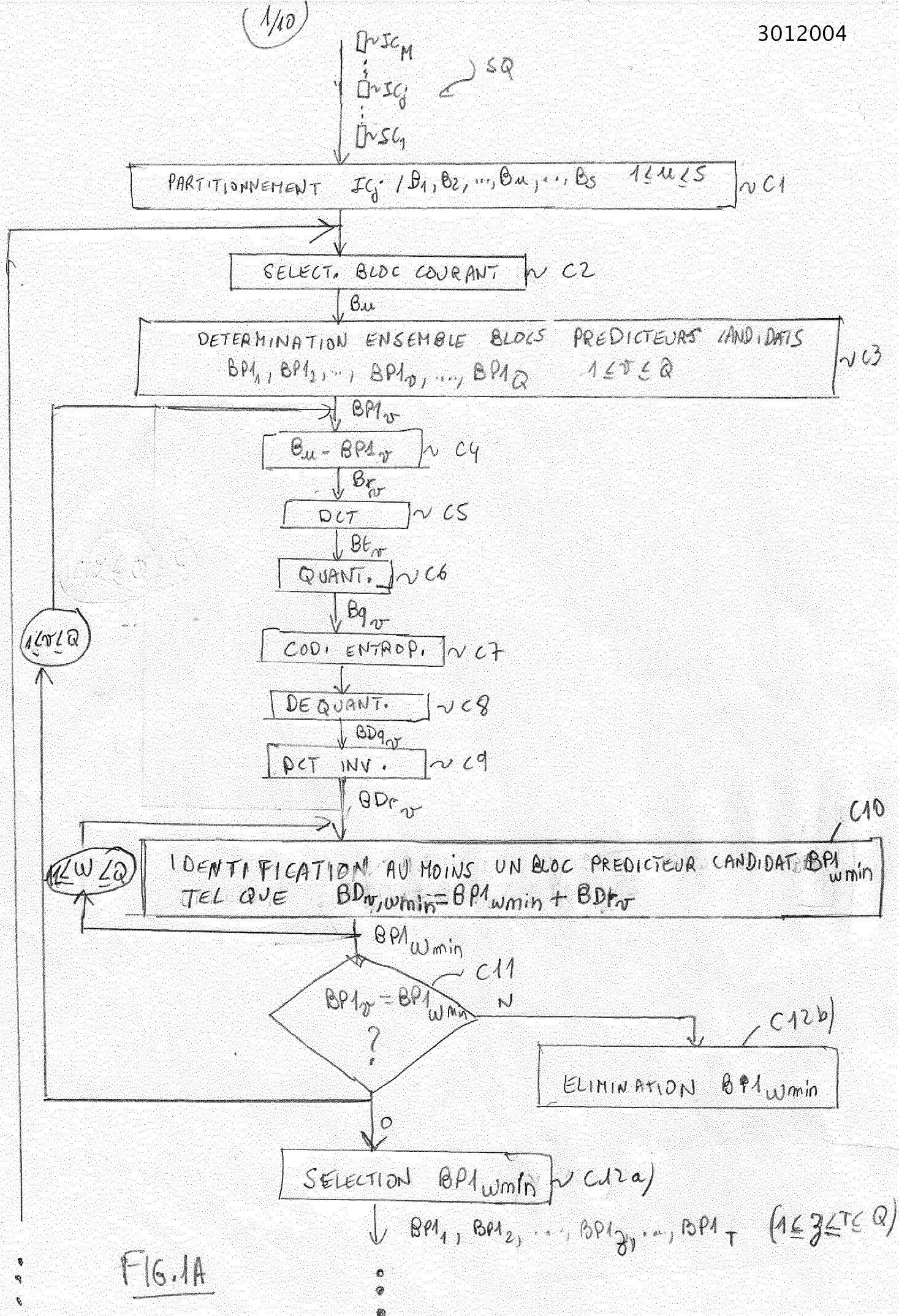
 - des moyens (CAL1_DO1) d'identification, dans ledit ensemble, d'un bloc prédicteur candidat, ladite identification étant fonction dudit bloc résiduel courant décodé,

15 - des moyens (CAL2_DO1) de reconstruction du bloc courant (B_u) à l'aide du bloc prédicteur identifié et du bloc résiduel courant décodé.

13. Programme d'ordinateur comportant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de décodage selon l'une
20 quelconque des revendications 8 à 11, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

25

30



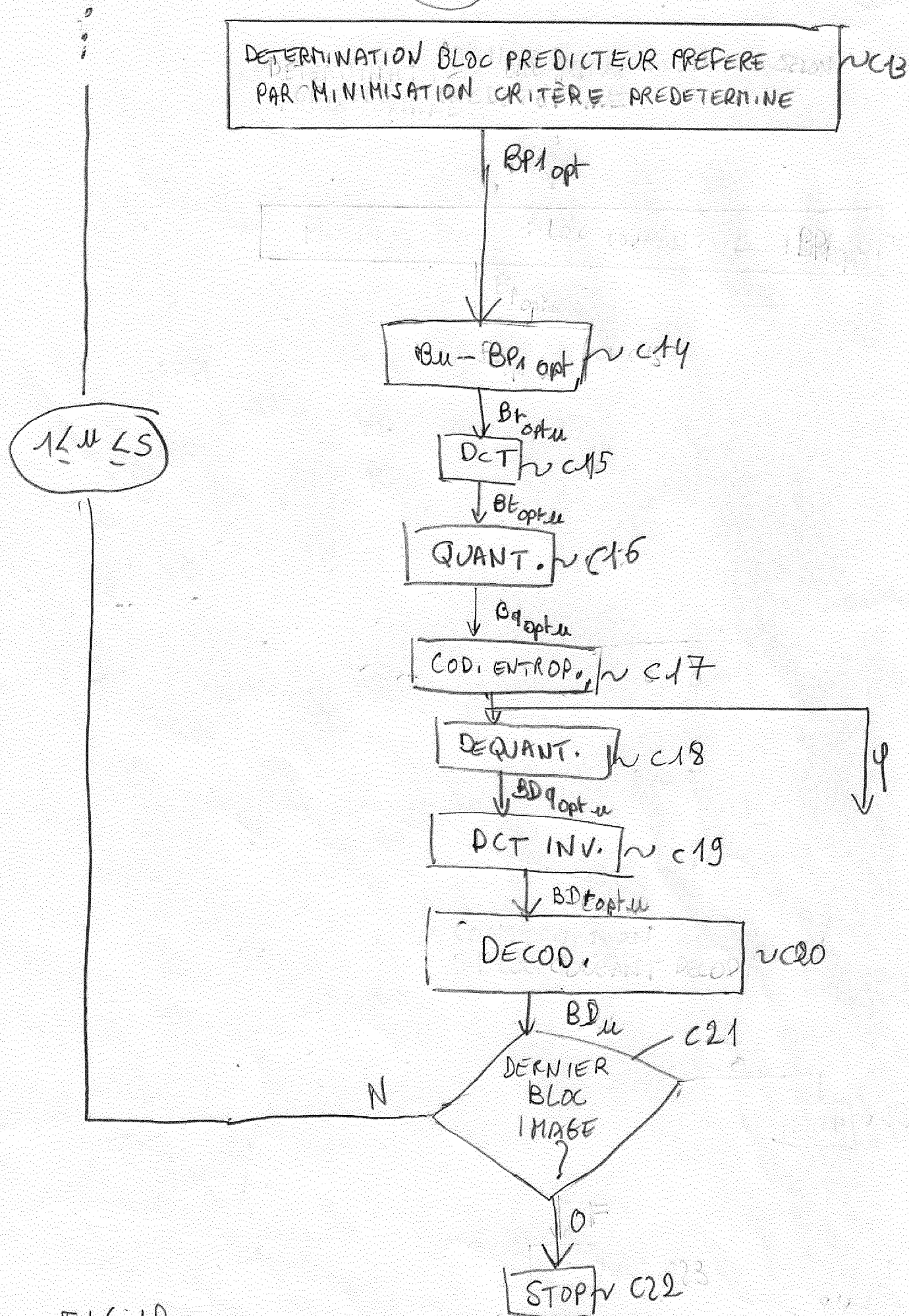
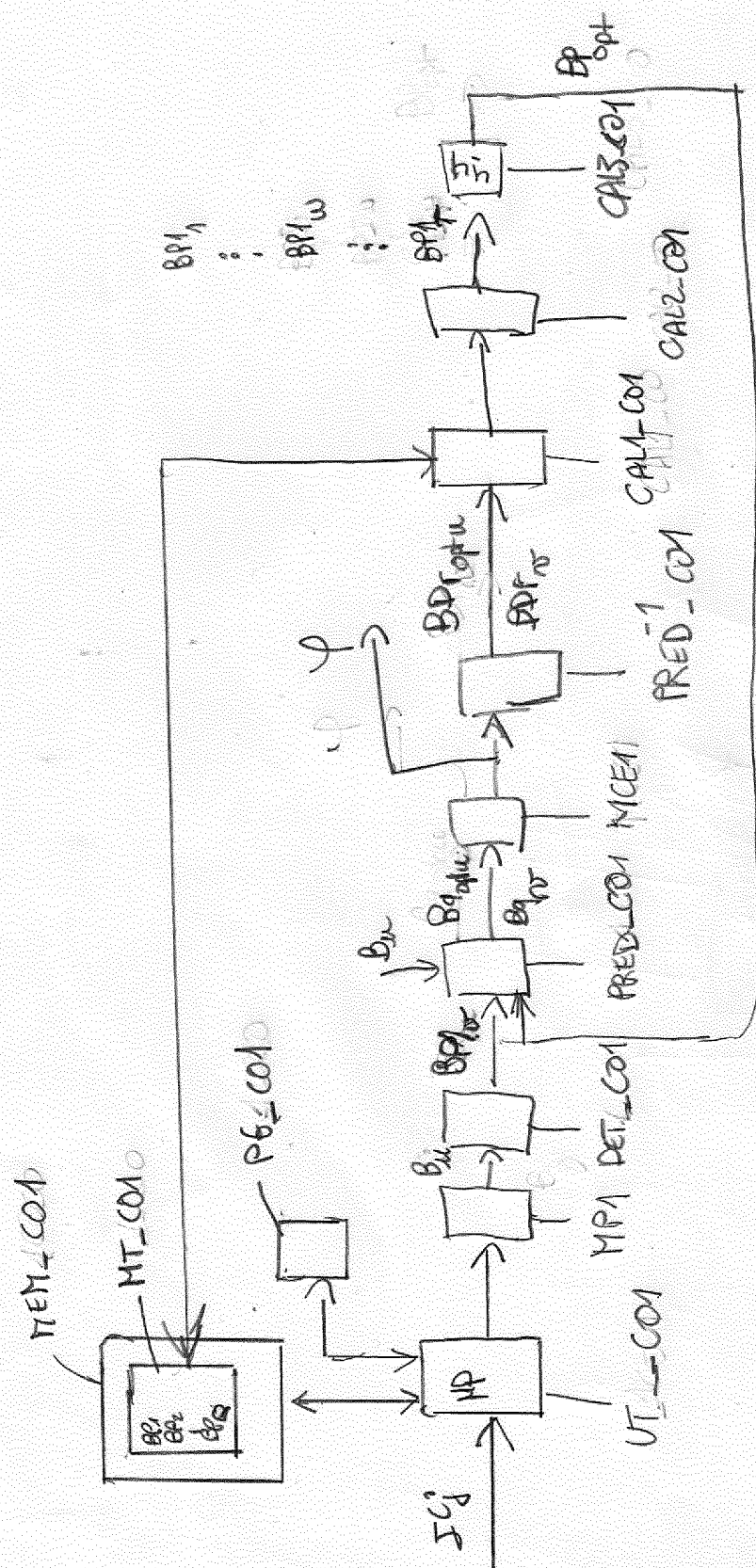
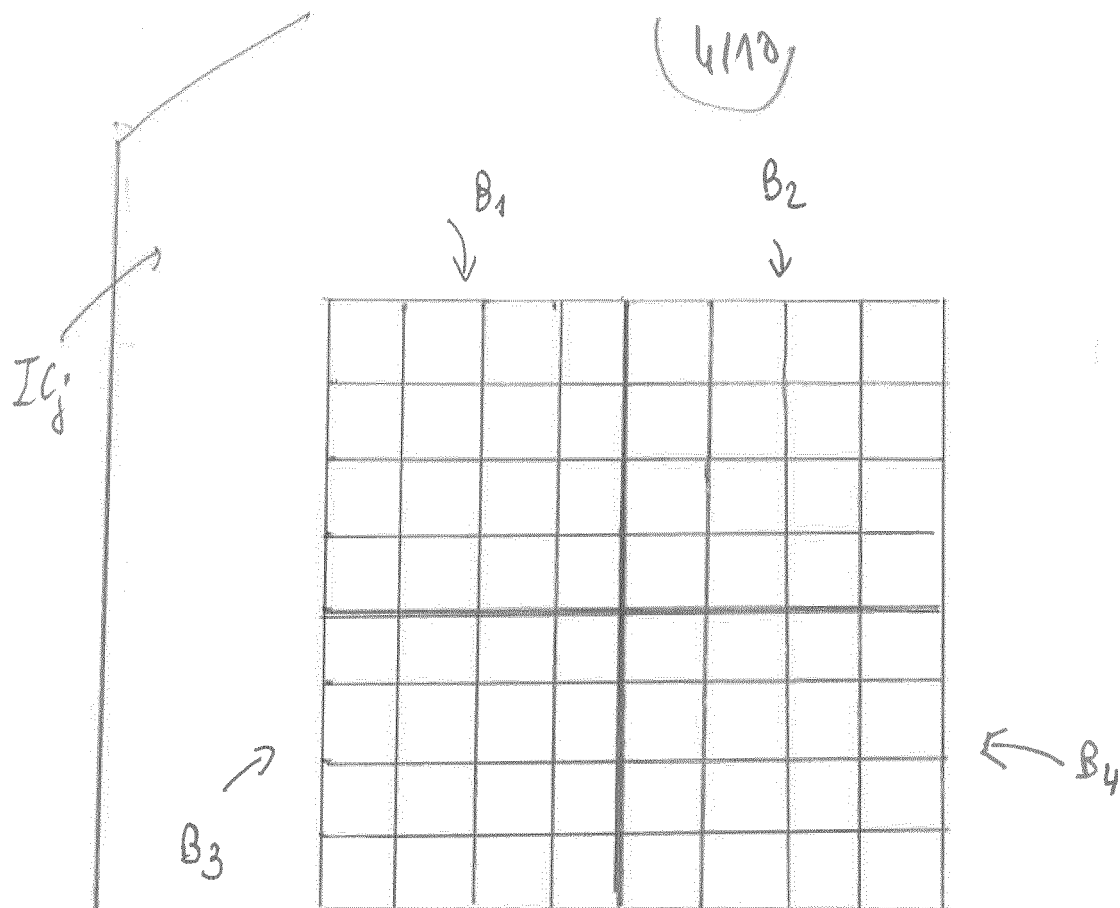
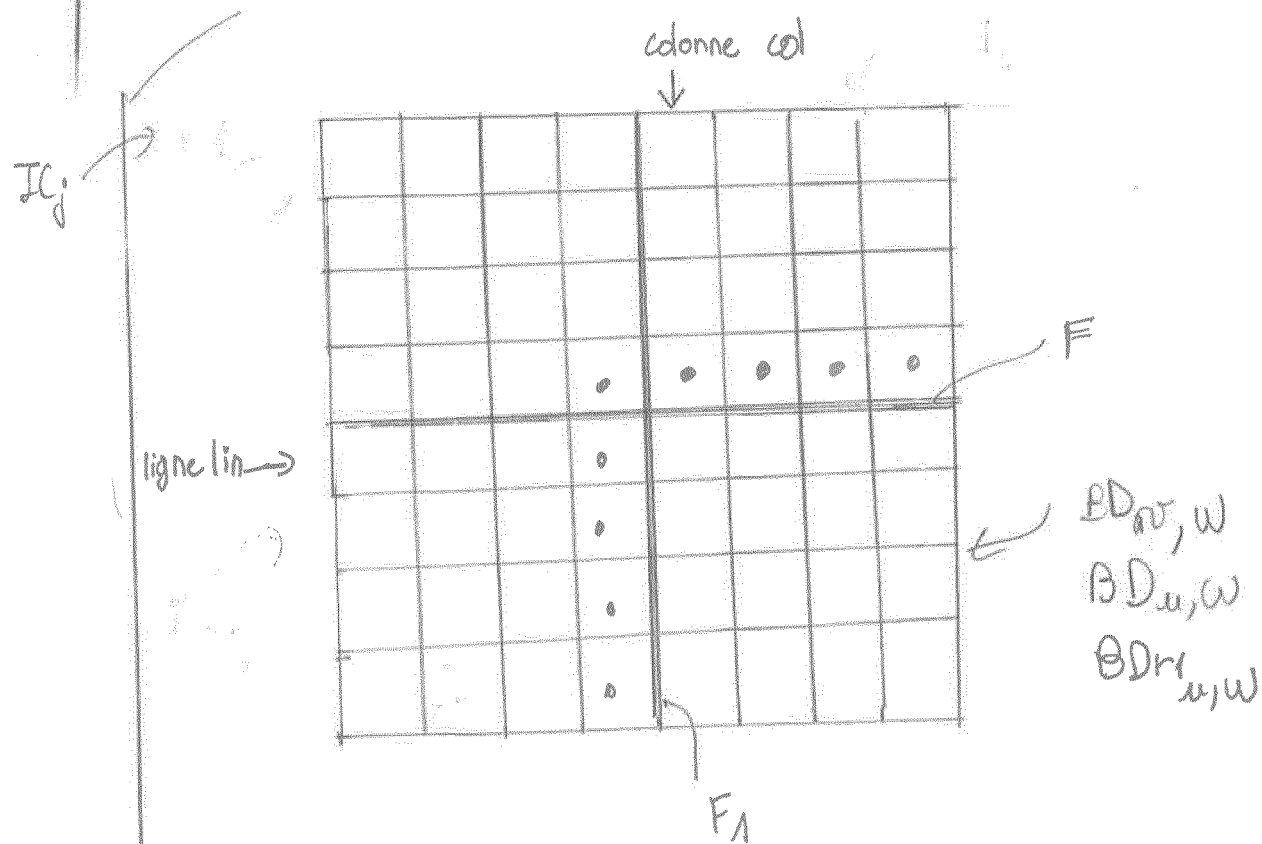


FIG. 1B

(3/10)

F/G.2

CO1

FIG. 3FIG. 4

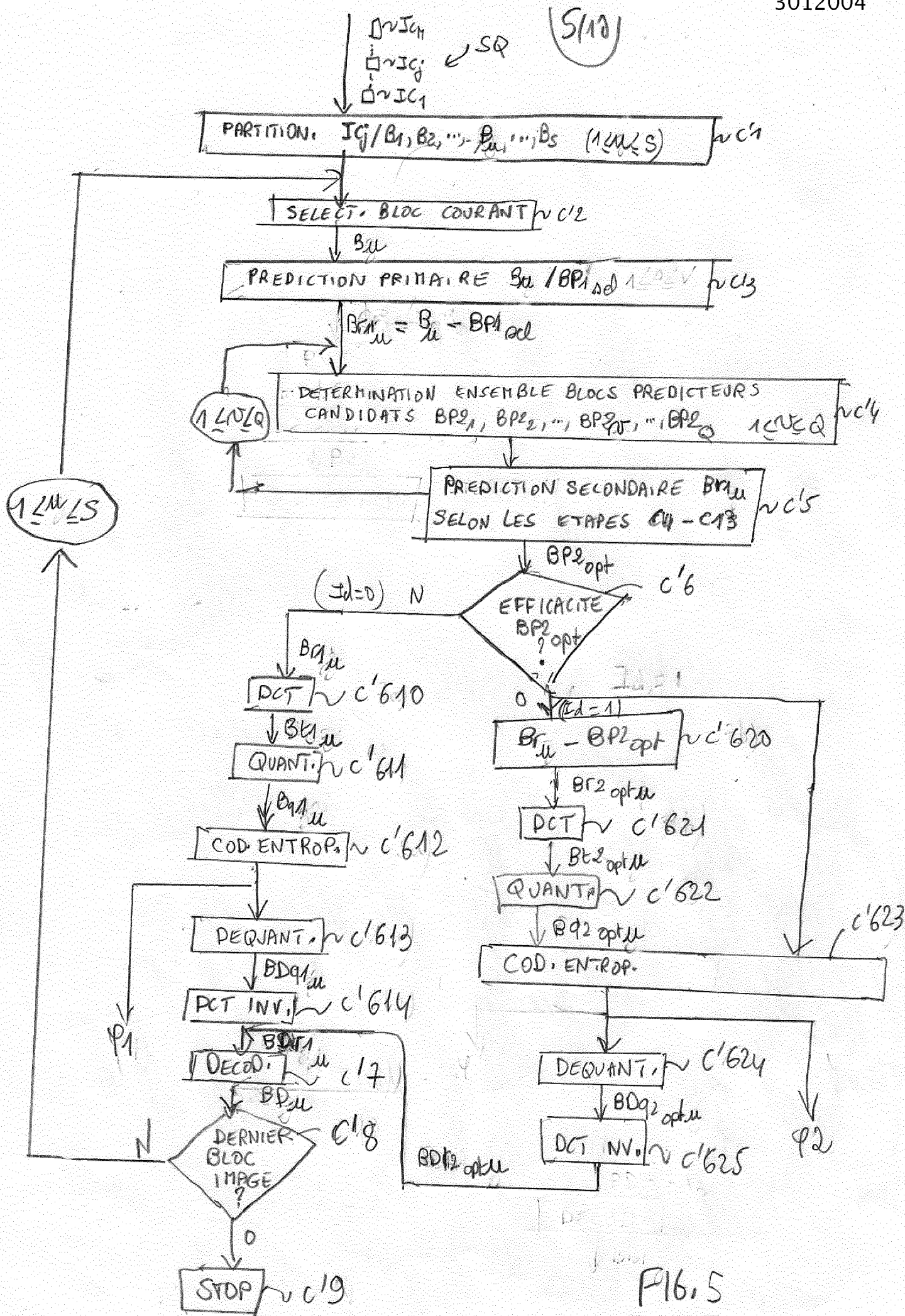


Fig. 5

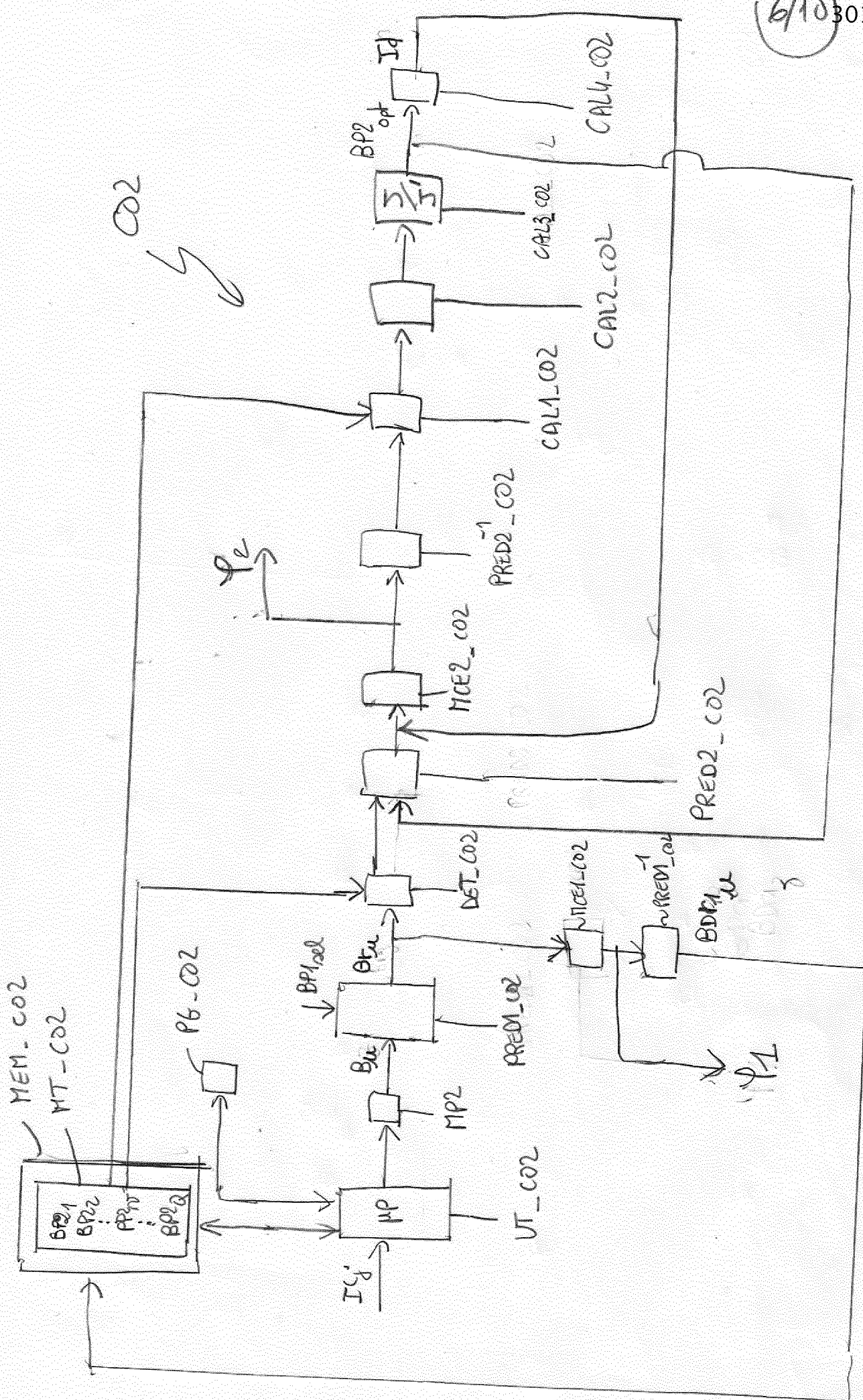
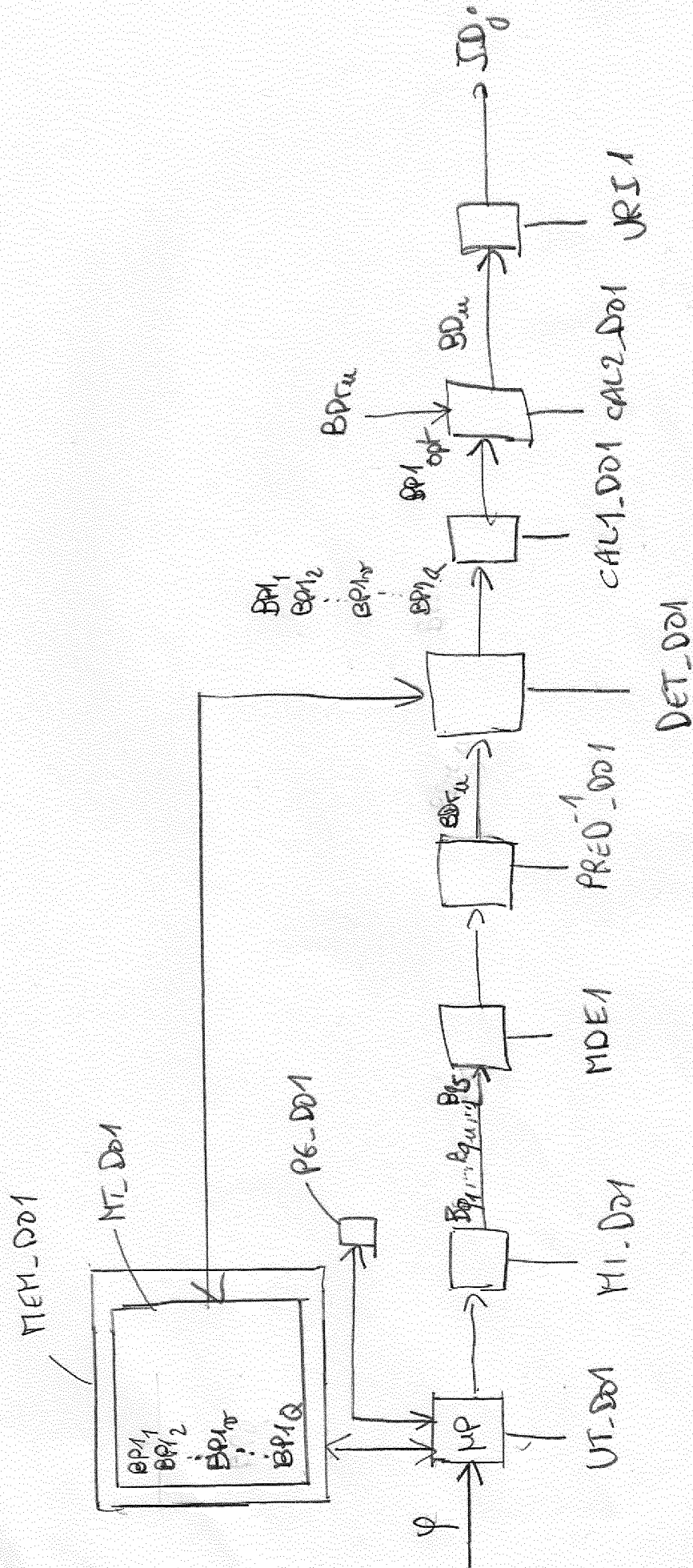


FIG. 6

(7/10)



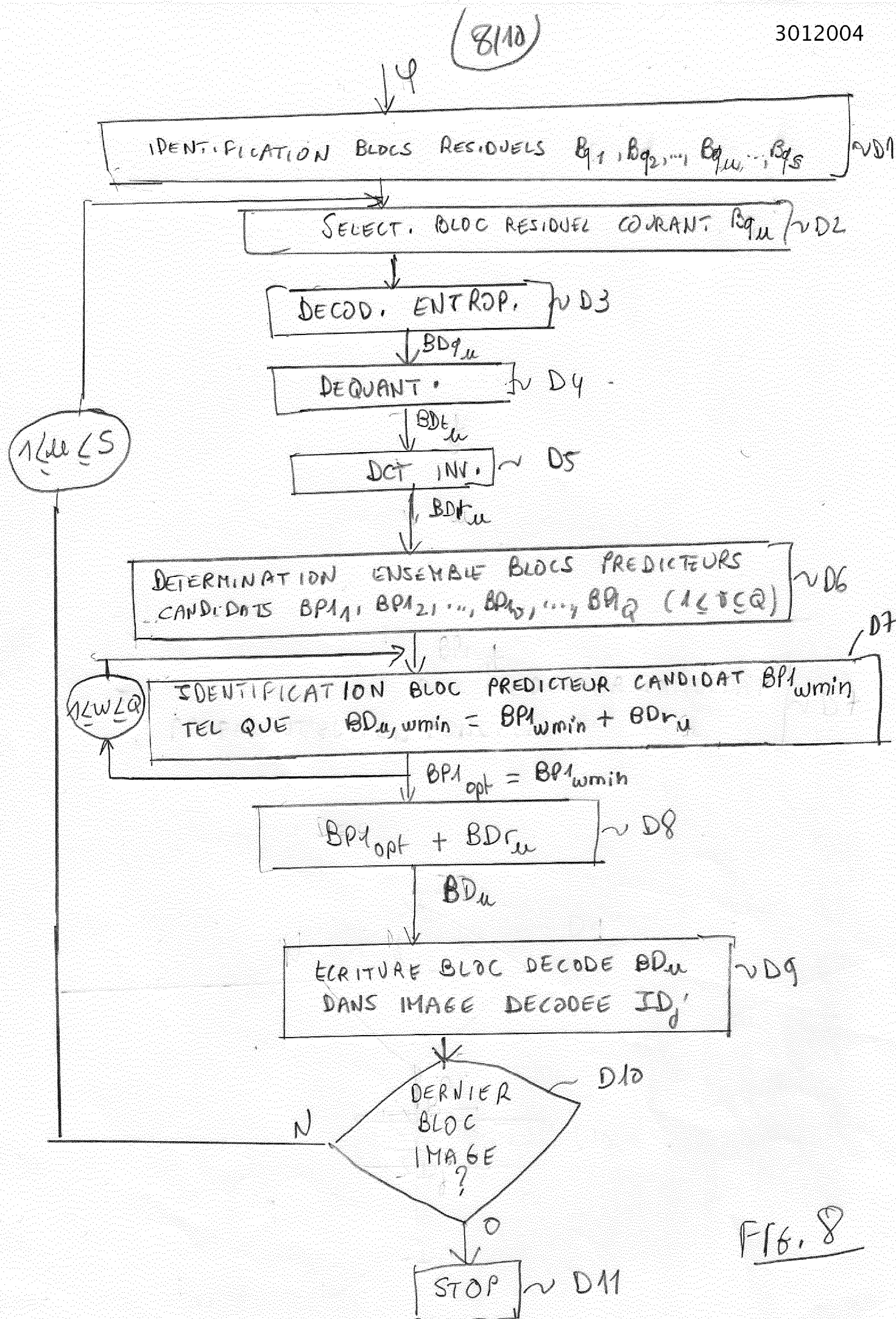


Fig. 8

(9/10)

3012004

 $\downarrow P1/P2$

IDENTIFICATION BLOCS RESIDUELS $Bq_1, Bq_2, \dots, Bq_m, \dots, Bq_s$
 $1 \leq s \leq S$ $\sim D'1$

SELECT. BLOC RESIDUEL COURANT Bq_u / Bq_{optu} $\sim D'2$

VALEUR
 I_d ? $D'3$

 Bq_{optu}

DECOD. ENTROP. $\sim D'320$

 $\downarrow BDq_{optu}$

DEQUANT. $\sim D'321$

 $\downarrow BDE2_{optu}$

DCT INV. $\sim D'322$

$\downarrow BDr2_{optu} / D'323$

DETERMINATION ENSEMBLE
 BLOCS PREDICTEURS CANDIDATS
 $BP2_1, BP2_2, \dots, BP2_N, \dots, BP2_Q$
 $1 \leq Q \leq Q$

 $D'324$

IDENTIFICATION BLOC
 PREDICTEUR CANDIDAT
 PREFERENTIEL EN FONCTION
 DE $BDr2_{optu}$

$\downarrow BP2_{opt}$ $D'325$

$BP2_{opt} + BDr2_{optu}$

 $BDr1_u$ Bq_u

DECOD. ENTROP. $D'310$

DEQUANT. $\sim D'311$

 $\downarrow BDr1_u$

DCT INV. $\sim D'312$

 $\downarrow BDr1_u$

$BP1_{ed} + BDr1_u$ $\sim D'4$

 $\downarrow BD_u$

ECRIURE BLOC DECODE
 BD_j DANS IMAGE DECODEE $\sim D'5$
 ID_j

DERNIER
 BLOC
 IMAGE ? $D'6$

N

O

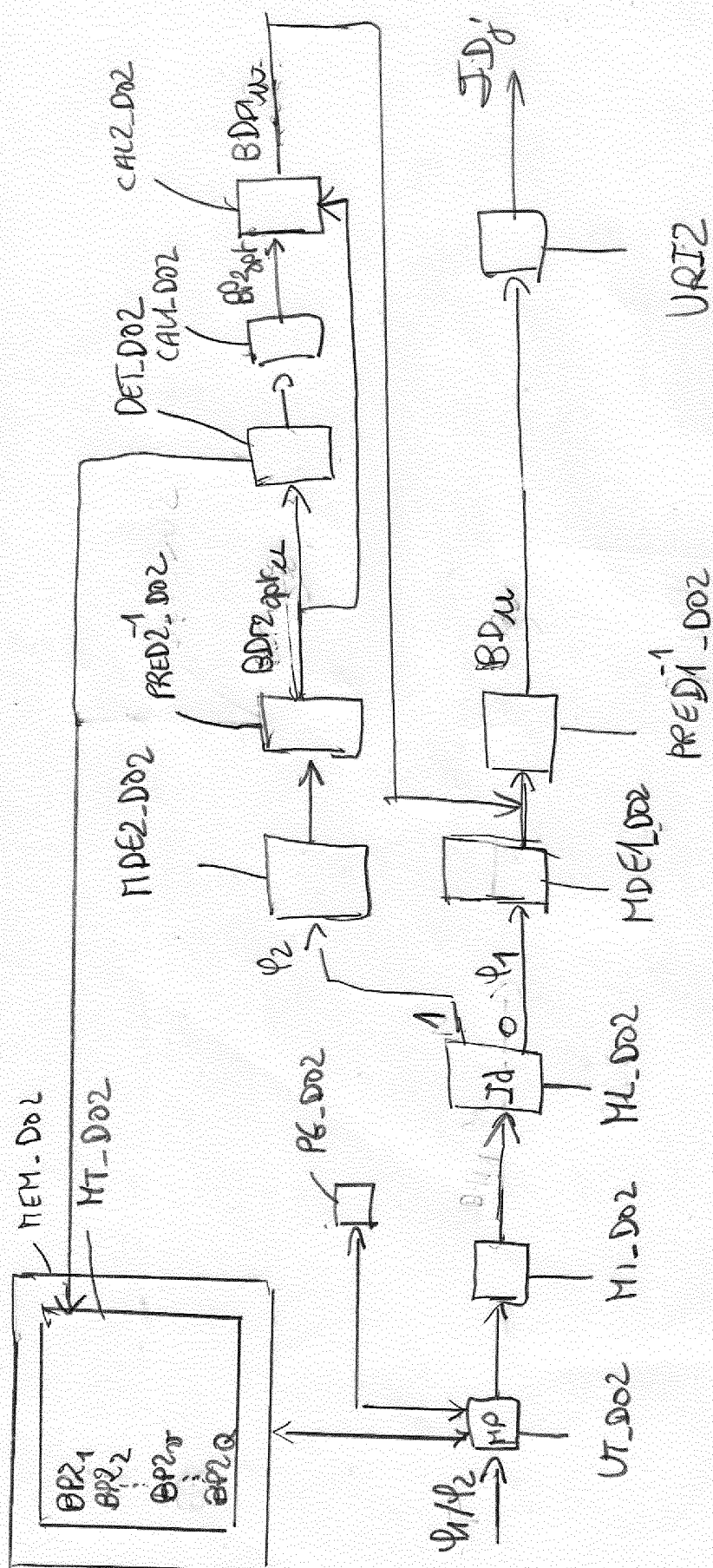
STOP $\sim D'7$

 $\sim D'5$

F16.9

10/10

3012004



D02

F16.10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 789740
FR 1360033

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2008/103348 A2 (INTELLECTUAL VENTURES HOLDING [US]; MONRO DONALD MARTIN [GB]) 28 août 2008 (2008-08-28)	8,12,13	H04N19/503
Y	* alinéa [0021] - alinéa [0033]; figures 3,4 *	11	
X	----- LAM W M ET AL: "Recovery of lost or erroneously received motion vectors", 1993 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 1993. ICASSP-93; [PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP)], PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 5, 27 avril 1993 (1993-04-27), pages 417-420, XP010110891, DOI: 10.1109/ICASSP.1993.319836 ISBN: 978-0-7803-0946-3	8-10	
Y	* page 418, colonne de gauche, alinéa 3 - page 418, colonne 4, alinéa 4 *	11	
X	----- US 2004/247029 A1 (ZHONG LEFAN [US] ET AL) 9 décembre 2004 (2004-12-09)	1-4,6,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	* alinéa [0030] - alinéa [0058]; figures 2,3 *	5	H04N
Y	----- WO 2011/054879 A2 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; BROSS BENJAMIN [DE]; WIEGAND THOMAS [DE]) 12 mai 2011 (2011-05-12) * page 2, ligne 12 - page 4, ligne 6; revendications 1,2; figure 1 *	5,11	
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 juin 2014		Le Guen, Benjamin	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 789740
FR 1360033

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	TOURAPIS: "Direct Prediction in P and B frames", 3. JVT MEETING; 60. MPEG MEETING; 06-05-2002 - 10-05-2002; FAIRFAX,US; (JOINT VIDEO TEAM OF ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 AND ITU-T SG.16),, no. JVT-C128, 10 mai 2002 (2002-05-10), XP030005240, ISSN: 0000-0442 * le document en entier * -----	1-13	
A	TIANMI CHEN ET AL: "Predictive patch matching for inter-frame coding", VISUAL COMMUNICATIONS AND IMAGE PROCESSING; 11-7-2010 - 14-7-2010; HUANG SHAN, AN HUI, CHINA,, 11 juillet 2010 (2010-07-11), XP030082187, * le document en entier * -----	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 juin 2014		Le Guen, Benjamin	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1360033 FA 789740

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **27-06-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008103348 A2	28-08-2008	US 2008205505 A1 WO 2008103348 A2	28-08-2008 28-08-2008

US 2004247029 A1	09-12-2004	AT 467315 T EP 1631884 A2 US 2004247029 A1 WO 2005001625 A2	15-05-2010 08-03-2006 09-12-2004 06-01-2005

WO 2011054879 A2	12-05-2011	CN 102726043 A EP 2497271 A2 JP 2013510482 A US 2012250769 A1 WO 2011054879 A2	10-10-2012 12-09-2012 21-03-2013 04-10-2012 12-05-2011
