

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :

2 840 087

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

02 06208

51 Int Cl<sup>7</sup> : G 06 F 17/14, H 03 M 7/30

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.05.02.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 28.11.03 Bulletin 03/48.

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) : CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPA-  
TIALES — FR.

72 Inventeur(s) : ROUGE BERNARD.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 DEPOLLUTION D'IMAGE NUMERIQUE BRUTE ET COMPRIMEE.

57 L'invention concerne un procédé de dépollution d'ima-  
ge numérique bruitée et comprimée caractérisé en ce qu'on  
effectue le déflouage de ladite image en effectuant une dé-  
convolution du signal et en effectuant, le débruitage du bruit  
de compression et du bruit instrumental de l'image en expri-  
mant le signal numérique de l'image dans une base de pa-  
quets d'ondelettes sur laquelle ces deux bruits sont  
gaussiens.

4 4 3 3 3 3 3 2 2 2 2 4 4 4 4  
4 4 3 3 3 3 3 2 2 2 2 4 4 4 4  
3 3 3 3 4 4 4 2 2 2 2 4 4 3 3  
3 3 3 3 4 4 4 2 2 2 2 4 4 3 3  
3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 4 4 3 3  
3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 4 4 3 3  
3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 3 3  
3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 2 2 2  
3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2  
3 3 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2  
3 3 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2  
4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2  
4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2  
3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2

FR 2 840 087 - A1



**DEPOLLUTION D'IMAGE NUMERIQUE**  
**BRUITEE ET COMPRIMEE.**

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL.

5 La présente invention concerne un procédé de dépollution d'image numérique comprimée et bruitée.

Plus précisément, elle concerne un procédé permettant de diminuer jusqu'à une valeur choisie la pollution des images numériques comprimées.

ETAT DE L'ART.

10 Lors de l'acquisition d'images par des instruments d'acquisition et lors de la compression des images acquises, un certain nombre de bruits s'additionnent au signal correspondant à l'image.

En effet, d'une part les instruments d'acquisition ne sont jamais parfaits. Ils introduisent des signaux parasites que l'on appelle bruit  
15 instrumental.

D'autre part, une compression d'une image consiste en l'attribution d'une valeur uniforme du signal sur un intervalle donné. Elle introduit donc une erreur sur le signal. On la qualifie d'uniforme et on l'appelle bruit de compression ou de quantification.

20 On cherche à diminuer le bruit instrumental et le bruit de quantification dans les images comprimées.

Les procédés de débruitage des images comprimées de l'état de l'art permettent le débruitage du bruit instrumental. Il existe une multitude de tels procédés de débruitage des bruits instrumentaux.

25 Certains d'entre eux utilisent la décomposition du signal comprimé bruité dans une base choisie de l'espace de fréquentiel de compression. Cette base peut être une base DCT (« Discrete Cosinus Transform » selon la terminologie anglo-saxonne) ou dans une base d'ondelettes.

Les techniques précédentes présentent cependant des  
30 inconvénients.

En effet, elles ne permettent pas d'effectuer le débruitage du bruit de compression en même temps que le débruitage instrumental.

#### PRESENTATION DE L'INVENTION.

L'invention propose de pallier ces inconvénients.

5 Un des buts de l'invention est de proposer un procédé qui permet de diminuer jusqu'à une valeur choisie la pollution des images numériques comprimées. La dépollution de l'image élimine le bruit de compression et le bruit instrumental par un même procédé.

10 Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de détermination de la meilleure base d'expression de l'image numérique pour cette dépollution.

Un autre but de l'invention est de proposer une méthode de suréchantillonnage pour éviter la distorsion par repliement des images dépolluées.

15 A cet effet, l'invention propose un procédé de dépollution d'image numérique bruitée et comprimée caractérisé en ce qu'on effectue le déflouage de ladite image en effectuant une déconvolution du signal et en effectuant le débruitage du bruit de compression et du bruit instrumental de l'image en exprimant le signal numérique de l'image dans une base de  
20 paquets d'ondelettes sur laquelle ces deux bruits sont gaussiens.

L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible :

25 - la détermination de la base dans laquelle les bruits de compression et instrumental sont gaussiens est effectuée durant un apprentissage des caractéristiques de la chaîne instrumental associée à l'image et à sa compression, l'apprentissage comportant les étapes selon lesquelles :

30 - on construit un tableau de coefficients, ces coefficients étant fonction de l'effet de la déconvolution de déflouage sur un signal de bruit moyen exprimé dans une base de Walsh généralisée ;

- on construit une base de décomposition la moins décomposée en comparant la valeur des coefficients de l'effet de cette déconvolution à une valeur seuil de finesse ;
- 5 - on construit une base d'ondelettes permettant le meilleur débruitage du bruit moyen décomposé dans la base de Walsh généralisée ;
- on construit la meilleure base en effectuant la fusion des deux bases précédentes, le coefficient de décomposition le plus fin de chaque base étant conservé pour la construction de cette
- 10 meilleure base.
- pour construire le tableau de coefficients fonction de l'effet de la déconvolution, on effectue les opérations suivantes :
  - on décompresse un signal de bruit uniforme moyen ;
  - on ajoute audit bruit décompressé un bruit instrumental moyen
  - 15 pour obtenir un signal de bruit total ;
  - on effectue d'une part une déconvolution du signal de bruit de compression uniforme moyen avant de l'exprimer dans une base de Walsh généralisée ;
  - on effectue d'autre part une décomposition du signal de bruit
  - 20 total non déconvolué dans la même base de Walsh généralisée ;
  - on construit les deux tableaux des normes  $L^2$  des différents coefficients trouvés ;
  - on construit un tableau résultant à partir du rapport des
  - 25 normes des coefficients.
- pour construire la base de décomposition la moins décomposée, on effectue les opérations suivantes :
  - on calcule une valeur de finesse en décomposant l'image du
  - 30 bruit déconvoluée en base de Walsh d'une profondeur d'analyse immédiatement supérieure à l'analyse déjà effectuée pour la construction du tableau de l'effet de la déconvolution ;

- 5 - on compare à la valeur de finesse choisie, à travers tous les niveaux de décomposition en base de Walsh de tous les paquets, d'abord en ligne puis en colonne, le rapport en norme  $L^2$  des coefficients du tableau de la décomposition du bruit total déconvolué pour chaque paire de paquets frères associés ;
  - si le rapport desdits coefficients est inférieur à la valeur de la finesse, on recompose ces paquets frères en un seul paquet ;
  - 10 - on effectue le procédé de recombinaison avec des valeurs de la finesse de plus en plus importantes jusqu'à quasi éliminer les paquets décomposés au dernier niveau choisi, cette valeur de la finesse étant ensuite utilisée au niveau immédiatement inférieur.
- l'étape de dépollution comporte une étape de détection du module des
- 15 coefficients de la décomposition de l'image dans la meilleure base par rapport à une valeur d'un seuil, suivie d'une étape de traitement de ces coefficients ;
- on calcule la valeur du seuil, cette valeur étant fonction de la valeur de l'écart type du bruit en tout point de l'image, d'un paramètre de seuillage, de
- 20 la valeur du filtre de déconvolution, de la valeur en niveau de gris de l'image et de la valeur locale de l'intervalle de quantification ;
- les petits coefficients par rapport au seuil sont multipliés par un facteur de débruitage et les forts coefficients sont déconvolués ;
- on effectue en outre une étape de suréchantillonnage des paquets avant
- 25 le débruitage et/ou la déconvolution afin d'éviter le phénomène de distorsion de repliement ;
- le suréchantillonnage comporte les étapes selon lesquelles, sur chaque paquet :
- 30 - on décale d'une ligne, d'une colonne et d'une ligne et d'une colonne, les paquets au niveau immédiatement inférieur de la meilleure base ;
- on décompose les quatre paquets ainsi trouvés ;

- on les débruite au niveau immédiatement supérieur après décomposition, une déconvolution pouvant en outre à cette étape de débruitage ;
  - on recompose les paquets ainsi obtenus ;
- 5           - on moyenne les divers paquets après recalage.

#### PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit qui est purement illustrative et non limitative et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 représente schématiquement une base de Walsh généralisée ;
- la figure 2 représente schématiquement une base de paquets d'ondelettes,
- la figure 3 représente schématiquement un exemple de base de décomposition la moins décomposée trouvée pendant l'étape
- 15 d'apprentissage ; et
- la figure 4 représente schématiquement un exemple de meilleure base issue de la fusion des bases des figures 2 et 3.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION.

20 Le procédé de débruitage selon l'invention utilise trois informations en entrée.

La première entrée est l'image image polluée (bruitée et compressée).

La deuxième entrée est le doublet (*FTM, bruit instrumental*) relatif à l'image bruitée et floue. Le premier élément du doublet est la fonction FTM

25 (Fonction de Transfert de Modulation). C'est une fonction de l'espace fréquentiel. Elle représente l'aptitude du système instrumental à transmettre les différentes fréquences. Elle est la fonction de flou caractérisant les pertes de transfert instrumentales. Le deuxième élément du doublet est caractérisé par son écart type local. Le bruit de compression est non

30 stationnaire car son écart type dépend localement du facteur  $F$  de quantification de la compression.

La troisième entrée est l'ensemble des facteurs de quantification relatifs à la compression dans l'espace transformé. L'espace transformé peut être un espace *DCT* (Discrete Cosinus Transform), un espace d'ondelettes, ou un espace d'une autre transformation de compression.

- 5 De plus, les images traitées peuvent être définies sur une grille d'échantillonnage en géométrie carrée ou quinconce (entrelacement de deux sous-images d'échantillonnage carré décalées d'un demi pas en ligne et en colonne).

Le procédé utilise l'ensemble de ces données pour fournir *in fine* une  
10 image déflouée et débruitée dont on peut diminuer à volonté le niveau de pollution uniforme sur les zones uniformes. On appelle pollution uniforme une pollution du type bruit blanc.

On rappelle que la compression concentre l'information contenue dans une image sur un petit nombre de coefficients par transformation de  
15 l'image dans un espace où la représentation de l'image est compacte, c'est-à-dire décorrélée. La décorrélation fait référence au fait que l'expression de l'image sur une base de transformation permet d'obtenir des coefficients dont peu ont une grosse valeur, porteuse d'information. La plupart des coefficients de la décomposition ont un faible coefficient, et peuvent donc  
20 être éliminés par la compression.

Lors de la compression, tout coefficient appartenant à un intervalle de taille  $F$  est représenté par un même point appartenant à cet intervalle. Ceci peut être formalisé par l'ajout d'un bruit uniforme de quantification local d'intervalle  $F(l,p')$  dans l'espace transformé des coefficients.  $(l,p')$   
25 représente la position dans l'espace transformé.

D'autre part, l'écart type du bruit instrumental dépend de la position  $(l,p)$  dans l'image. Son expression est la suivante.

$$\sigma^2(l,p) = A + B \times L(l,p)$$

où  $A$  et  $B$  sont des constantes connues pour les images considérées,

30 et  $L(l,p)$  est le niveau de gris de l'image au point  $(l,p)$ .

Il est constitué d'un processus de Poisson pour la partie  $B \times L(l, p)$  et d'un processus gaussien pour la partie A.

Le procédé de dépollution est fondé sur le résultat suivant : le bruit de compression ou de quantification, qui est uniforme lorsqu'il est exprimé dans une base DCT, ondelettes ou autre de l'espace transformé, devient quasi Gaussien s'il est exprimé dans l'espace image, ou une autre base d'ondelettes par exemple, que celle choisie pour la compression multirésolution.

De plus, le bruit de compression est décorrélé du bruit instrumental.

Le procédé de dépollution des images comprimées selon l'invention est globalement formalisé par la transformation des doublets caractérisant respectivement l'image brute et l'image dépolluée et déflouée caractérisée par la transformation :

$$(FTM, \text{bruit\_blanc}(l, p)) \rightarrow (P, k \times \text{bruit\_blanc}(l, p)).$$

La déconvolution ou déflouage (passage de  $FTM$  à  $P$ ) permet d'obtenir une image déflouée. L'image déflouée possède une fonction de transfert rehaussée  $P$ , le bruit reste blanc sur les zones uniformes et son écart type local est contrôlé par le coefficient de débruitage  $k$ . On remarque que l'écart-type du bruit dépend de la position sur l'image. Par contre, la déconvolution est globale et elle ne dépend pas de l'image.

Le déflouage de l'image consiste en une opération de déconvolution de l'image par filtrage. Cette opération augmente particulièrement les Hautes Fréquences (HF) qui avaient été en priorités affaiblies par la  $FTM$  instrumentale. L'information HF contenue dans l'image est rehaussée, mais également la partie HF du bruit blanc qui se transforme en un bruit coloré. Le procédé selon l'invention traite par reblanchissement du bruit des images déconvoluées.

Le procédé selon l'invention prend en compte les deux espaces (espace image et espace transformé). On considère toujours les deux paramètres espace-fréquence. En effet, le bruit dépend d'une part de la

localisation spatiale. D'autre part, la décoloration du bruit - suite à la déconvolution – dépend de son spectre fréquentiel.

Les ondelettes présentent une bonne représentation spatiale mais sont spectralement mal résolues dans les hautes fréquences. Elles ne  
5 conviennent donc pas pour la décomposition du bruit dès que le débruitage est couplé à la déconvolution.

Il faut donc trouver une autre base que les ondelettes pour la représentation du bruit. Une bonne représentation conjointe (espace et fréquence) est réalisée par la transformation en paquets d'ondelettes. Elle  
10 consiste en une décomposition dyadique complète de l'image en alternant des convolutions par un filtre passe-bas et passe-haut séparable suivant les lignes et suivant les colonnes.

Le procédé de décomposition selon l'invention est itératif. Le nombre d'itérations s'appelle le nombre d'échelles de décomposition choisi. Il  
15 correspond à une profondeur d'analyse.

La décomposition en paquets est très souple. En effet, le nombre de bases possibles dans la décomposition en paquets est immense. Le nombre de paquets varie en croissance exponentielle avec le nombre d'échelles. De plus, chaque paquet à chaque échelle peut être ou ne pas  
20 être décomposé.

La figure 1 représente schématiquement une analyse en paquets où tous les paquets sont décomposés jusqu'au niveau 4, c'est-à-dire en effectuant 4 itérations. Cette base particulière uniforme en décomposition (chaque paquet à été décomposé jusqu'au dernier niveau) est nommée  
25 base de Walsh généralisée.

Chaque paquet de cette base peut être interprété comme représentant essentiellement une zone spectrale de l'espace de Fourier pourvue que l'ondelette choisie soit régulière. Cette ondelette régulière peut être du type spline, Daubechies bi-orthogonal avec beaucoup de moments  
30 nuls par exemple.

Un des paquets représente la position. Ce paquet correspond à la seule décomposition de l'image à l'aide des passes-bas. Il est appelé paquet résumé de l'image. Il s'agit en fait d'une image sous résolue construite à partir d'un moyennage pondéré de l'image de départ.

5            La figure 2 représente schématiquement la base d'ondelettes qui pour un niveau de décomposition donné, par exemple de 4, débruite le mieux un bruit blanc se sur-rajoutant à l'image. Cette base est générée par la seule décomposition à chaque niveau du paquet basse fréquence. Elle possède donc une très faible résolution spectrale pour les hautes  
10 fréquences.

La base d'ondelettes ne permet pas le blanchissement du bruit introduit par la déconvolution.

La meilleure base permettant le blanchissement du bruit introduit par la déconvolution est celle qui utilise des paquets d'ondelettes.

15            Au final, la meilleure base pour la déconvolution (qui correspond au déflouage) puis le débruitage (qui correspond à la dépollution) doit répondre à deux problèmes complémentaires. La meilleure base est celle où chaque paquet d'une part épouse au mieux le spectre du filtre de déconvolution, et d'autre part est de niveau de décomposition minimal. La première  
20 caractéristique permet le blanchissement du bruit de déconvolution. La deuxième permet de rester proche de la décomposition en ondelettes qui permet de débruiter le bruit blanc se sur rajoutant à l'image.

Ainsi le procédé de dépollution des images comprimées selon l'invention est fondé sur la décomposition en paquets d'ondelettes, pour  
25 prendre en compte le débruitage, et un seuillage des petits coefficients de l'image sur ladite base, pour prendre en compte la déconvolution.

La prise en compte de l'échantillonnage quinconce peut être réalisée directement par une mise à 0 des coefficients de Fourier du filtre de déconvolution en dehors de la cellule réciproque quinconce de  
30 l'échantillonnage.

## PRINCIPE DU PROCEDE.

La dépollution des images se décompose en deux étapes. La première étape est constituée de l'étape d'apprentissage sur une image de bruit moyen généré par la chaîne image et la seconde étape est l'opération  
5 de dépollution de l'image proprement dite.

## APPRENTISSAGE.

L'étape d'apprentissage a deux objectifs principaux. Le premier objectif est le calcul de la meilleure base de décomposition de l'image comprimée. Cette meilleure base de décomposition comporte des paquets  
10 d'ondelettes. Le deuxième objectif est le calcul des rapports de décomposition en chaque paquet d'ondelettes.

L'apprentissage prend en compte l'ensemble des bruits indépendants de l'image. Ils peuvent donc être modélisés une fois pour toutes pour chaque instrument.

## 15 ETAPES PRELIMINAIRES.

L'apprentissage s'effectue sur une image quelconque de bruit moyen. Dans le cas général, on génère un bruit blanc uniforme, qui correspond à une quantification moyenne, dans la base de représentation des coefficients de la compression. On décompresse ce bruit. On lui ajoute un bruit  
20 instrumental moyen.

Bien entendu, si l'image est constituée de sous images l'opération précédente est appliquée à chacune d'entre elles et les sous images de bruit sont entrelacées pour constituer l'image de bruit final.

La somme du bruit uniforme décompressé et du bruit instrumental  
25 moyen génère ainsi un écart type du bruit total Gaussien (ou quasi Gaussien) d'expression :

$$\bar{\sigma}_T^2 = k(A + B \times \bar{L} + \bar{F}^2 / 12).$$

L'étape d'apprentissage permet de connaître les caractéristiques des appareils de la chaîne d'acquisition d'image, représentées par la *FTM*.  
30 Grâce à la connaissance de la *FTM*, on calcule un filtre de déconvolution

$P / FTM$

où  $P$  est une fonction de flou objectif.

Typiquement, la fonction  $P$  peut être la fonction sphéroïdale aplatie - en anglais *prolate* - de support spectral égal à la cellule réciproque de l'échantillonnage de l'image.

Selon le procédé de l'invention, on peut générer une image du bruit total issu de la somme de taille 1024x1024. Cette taille permet d'effectuer des statistiques sur les paquets jusqu'à la dernière échelle de décomposition. Le nombre d'échelle ne dépasse pas 5. Par conséquent, la taille d'un paquet au niveau 5 est de 32x32 ( $2^5 \times 2^5$ ).

Cette image de bruit total est ensuite déconvoluée par le filtre de déconvolution.

On réalise ensuite une décomposition simultanée de l'image du bruit total et de l'image du bruit total déconvoluée. La décomposition des deux images s'effectue dans la base de Walsh. La décomposition n'excède pas un niveau 5.

Les normes  $L^2$  de chaque paquet pour chaque image de bruit sont alors calculées.

On appelle  $Tab\_bruit\_L2\_Walsh$  le tableau des normes  $L^2$  des paquets de l'image de bruit, et  $Tab\_bruit\_deconv\_L2\_Walsh$  celui correspondant à l'image de bruit déconvoluée.

On construit ensuite un autre tableau appelé  $Tab\_deconv\_Walsh$  dans lequel on place le rapport des normes  $L^2$  des paquets correspondants. En chaque case du tableau, on a donc le rapport :

$$\frac{\text{norme image de bruit déconvoluée}}{\text{norme image de bruit}}$$

pour chaque paquet correspondant.

Par ailleurs, on calcule le paquet résumé de l'image.

On normalise ensuite le tableau *Tab\_deconv\_Walsh* par la norme  $L^2$  du paquet résumé de même niveau.

Les paquets représentent essentiellement une zone fréquentielle précise de l'espace spectral. Par conséquent, le tableau  
5 *Tab\_deconv\_Walsh* représente l'effet du filtre de déconvolution dans la décomposition dyadique en base de Walsh.

On constate que pour une base de Walsh de profondeur 4, une analyse de Fourier, qui correspond à la meilleure déconvolution possible, et les résultats donnés par le tableau *Tab\_deconv\_Walsh*, donnent des  
10 fonctions très proches. Ce résultat justifie la possibilité d'effectuer la déconvolution dans les paquets d'ondelettes.

#### CALCUL DE LA MEILLEURE BASE.

Le principe de calcul de la meilleure base se décompose en deux temps. On recherche d'abord la base de déconvolution la moins  
15 décomposée. Dans un deuxième temps, on effectue une fusion avec la meilleure base de débruitage : la base d'ondelettes.

Le premier temps consiste à se donner une profondeur d'analyse en échelle (typiquement 4) et un coefficient de finesse *Deconv\_finesse* d'analyse du filtre de déconvolution.

20 Ce premier temps est nécessaire du fait que la fonction de déconvolution ne doit pas varier de façon trop brutale entre différents paquets successifs. Lorsque la variation d'un paquet à l'autre est trop brutale, la décomposition en paquets doit être plus fine.

La valeur de *Deconv\_finesse* est calculée tout d'abord en  
25 décomposant l'image du bruit déconvoluée en base de Walsh d'une profondeur d'analyse immédiatement supérieure à l'analyse déjà effectuée. On effectue ainsi typiquement une décomposition de Walsh au niveau 5 si l'on s'intéresse au niveau 4.

Par ailleurs, les paquets d'ondelettes sont reliés dans l'analyse ligne  
30 et colonne par paires. Ils sont appelés paquets frères.

Les étapes du premier temps sont les suivantes. On examine à travers tous les niveaux de décomposition et tous les paquets, d'abord en ligne puis en colonne, et en partant de la base de Walsh, si deux paquets frères sont tels que leur rapport - en norme  $L^2$  - de leur coefficient du

5 tableau  $Tab\_deconv\_Walsh$  ou l'inverse de leur rapport  $1/Tab\_deconv\_Walsh$  est inférieur à  $Deconv\_finesse$ .

On compare donc la valeur du rapport :

$$\frac{Tab\_deconv\_Walsh\_premier\ paquet}{Tab\_deconv\_Walsh\_deuxième\ paquet}$$

ou l'inverse de ce rapport à la valeur du coefficient de finesse que l'on s'est

10 fixée.

Si le rapport est inférieur au coefficient de finesse, on recompose ces paquets frères en un seul paquet. Ce paquet résultant peut être rectangulaire, avec un niveau d'analyse différent en ligne et en colonne.

Ensuite, on effectue le procédé de recombinaison avec des valeurs

15 de  $Deconv\_finesse$  de plus en plus importantes jusqu'à quasi éliminer les paquets décomposés au dernier niveau (typiquement 5). Cette dernière valeur de  $Deconv\_finesse$  est choisie pour l'analyse en paquet au niveau inférieur (typiquement 4).

La figure 3 représente schématiquement la base de déconvolution la

20 moins décomposée trouvée lors du premier temps.

Le second temps de la détermination de la meilleure base consiste en une « union » entre la base de déconvolution et la base d'ondelettes. Dans notre exemple, la base d'ondelettes à considérer est représentée à la

figure 2.

25 On conserve *in fine* la décomposition la plus fine entre ces deux bases dans la décomposition dyadique. On obtient donc la base de décomposition représentée à la figure 4.

On a donc atteint un premier objectif, à savoir le calcul de la meilleure base de décomposition.

On rappelle que l'apprentissage doit également remplir un autre objectif, à savoir le calcul des rapports de décomposition en chaque paquet d'ondelettes.

#### CALCUL DES RAPPORTS DE DECOMPOSITION.

5 On calcule, comme on l'a fait pour la base de Walsh, le tableau des rapports des normes  $L^2$  des paquets correspondants dans la meilleure base trouvée. On effectue alors les mêmes opérations que précédemment.

On génère un bruit blanc uniforme, qui correspond à une quantification moyenne, dans la base de représentation des coefficients de la compression. On décompresse ce bruit. On ajoute un bruit instrumental  
10 moyen à l'image du bruit uniforme décompressée. On garde d'une part cette image. On déconvolue d'autre part cette image de bruit par le filtre P/FTM.

On construit ensuite les deux tableaux des normes  $L^2$  des coefficients  
15 après avoir décomposé les images des deux bruits dans la meilleure base trouvée figure 4. On appelle *Tab\_bruit\_deconv\_L2\_mb* et *Tab\_bruit\_deconv\_L2\_mb* ces deux tableaux.

On appelle *Tab\_deconv\_mb* le tableau des rapports correspondants. Ce tableau interviendra dans le débruitage de l'image.

20 Après l'étape d'apprentissage, on effectue la dépollution proprement dite de l'image.

#### DEPOLLUTION DE L'IMAGE.

On rappelle que la dépollution de l'image est constituée d'une étape de détection du module des coefficients de la décomposition de l'image  
25 dans la meilleure base par rapport à une valeur d'un seuil, suivie d'une étape de traitement de ces coefficients.

#### CALCUL DU SEUIL - PRESENTATION DES VARIABLES.

Premièrement, le calcul du seuil nécessite le calcul de la valeur de l'écart type du bruit en tout point de l'image. On a donc besoin de la  
30 connaissance locale des facteurs de quantification et du niveau de bruit de l'image.

Deuxièmement, la dépollution sera essentiellement gouvernée par le paramètre de seuillage  $S$ . Il est choisi par l'utilisateur. Il a une valeur comprise entre 0 et 3.5. La valeur 3.5 correspond à un fort débruitage, tandis que la valeur 0 correspond à une déconvolution sans débruitage.

- 5 Par ailleurs, la valeur du seuil des petits coefficients après déconvolution par le filtre spectral de rapport  $P/FTM$  dépend de la représentation spectrale correspondante du paquet. Elle est donc quasi proportionnelle à la valeur spectrale correspondante du filtre  $P/FTM$ .

- 10 La valeur du seuil des petits coefficients dépend également de la valeur en niveau de gris de l'image et de la valeur locale de l'intervalle de quantification. Ce caractère local peut être facilement appréhendé car le bruit est quasi Gaussien et la valeur du seuil est proportionnelle à l'écart type du bruit, calculable en tout point  $(l, p)$  dès que l'on connaît la valeur  $F$  du facteur de quantification et de  $L$ , le niveau de gris en ce point.

- 15 Ainsi, le seuil est proportionnel à

$$\frac{A + B \times L(l, p) + F^2(l, p) / 12}{A + B \times \bar{L} + \bar{F}^2 / 12}$$

CALCUL DU RAPPORT DE L'ECART TYPE LOCAL.

On décompose l'image comprimée en paquets dans la meilleure base.

- 20 On calcule par ailleurs les résumés des tableaux des facteurs de quantification de la compression à tous les niveaux de décomposition.

On calcule par ailleurs, par le même procédé de décomposition, le résumé de l'image.

- 25 Grâce à ce résumé de l'image et à celui des facteurs de quantification, il est alors possible de calculer le rapport de l'écart type local :

$$k\_sig(l', p') = \sqrt{\frac{A + B \times L(l', p') + F^2(l', p') / 12}{A + B \times \bar{L} + \bar{F}^2 / 12}}$$

où  $(l', p')$  est la position dans les 2 résumés (image et tableau des facteurs de quantification) correspondante au point à dépolluer dans les paquets.

## DETECTION DU MODULE DES COEFFICIENTS ET TRAITEMENT.

Une fois que les petits coefficients par rapport au seuil sont calculés, trois types de traitement sont proposés. La déconvolution est effectuée en Fourier avant ou après le débruitage. La déconvolution ou le débruitage peuvent également être effectués simultanément dans la décomposition en paquets.

Le premier type de traitement est un débruitage dans les paquets puis une déconvolution dans Fourier.

La détection des petits coefficients est effectuée par le calcul du seuil

$$Seuil = S \times k\_sig \times Tab\_bruit\_L2 .$$

Les petits coefficients (inférieurs à *Seuil*) sont comprimés dans le rapport :

$$\frac{1}{(k\_sig \times Tab\_bruit\_deconv\_L2)} .$$

Le second type de traitement est une déconvolution dans Fourier puis un débruitage dans les paquets.

La détection des petits coefficients est effectuée par le calcul du seuil :

$$Seuil = S \times k\_sig \times Tab\_bruit\_deconv\_L2 .$$

Les petits coefficients (inférieurs à *Seuil*) sont comprimés dans le rapport :

$$\frac{1}{(k\_sig \times Tab\_bruit\_deconv\_L2)} .$$

Le troisième type de traitement est un débruitage et une déconvolution dans les paquets.

La détection des petits coefficients est effectuée par le calcul du même seuil que précédemment :

$$Seuil = S \times k\_sig \times Tab\_bruit\_deconv\_L2 .$$

Le traitement se sépare ici en deux parties. Les petits coefficients sont comprimés dans le rapport :

$$\frac{1}{(k\_sig \times Tab\_bruit\_deconv\_L2)}$$

Les gros coefficients sont dilatés par multiplication par le tableau :

*Tab\_bruit\_deconv\_L2.*

On rappelle que la valeur du paramètre de seuillage est comprise entre 0 et 3.5.

5 La valeur 0 correspond à la seule déconvolution, on n'applique alors pas de débruitage.

La valeur 3.5 correspond à un débruitage sur la quasi totalité des petits coefficients (ceci en conformité avec les propriétés d'une distribution quasi Gaussienne).

10 Les valeurs intermédiaires du paramètre de seuillage  $S$  pondèrent le traitement entre ces deux extrêmes.

Le coefficient de débruitage  $k$  sur les zones uniformes est en général maintenu égal à 1.

#### PHENOMENE DE DISTORSION DE REPLIEMENT.

15 On rappelle que la distorsion de repliement, ou « aliasing » selon la terminologie anglo-saxonne généralement employée, est une distorsion d'un signal, qui se produit lors de son échantillonnage à une fréquence d'échantillonnage inappropriée. La distorsion de repliement est due à un chevauchement des bandes latérales créées dans le spectre du signal  
20 échantillonné.

Les paquets obtenus après le seuillage sont aliasés. Ils subissent un sous échantillonnage dans un rapport 2.

25 Une amélioration pour éviter les artefacts provoqués par le phénomène d'*aliasing* lors du seuillage est d'effectuer un suréchantillonnage des paquets avant débruitage (et éventuellement déconvolution).

Le seuillage est alors appliqué seulement au dernier niveau de décomposition de la meilleure base.

#### PROCEDE DE SURECHANTILLONNAGE.

30 La procédure consiste à décaler les paquets au niveau immédiatement inférieur de la meilleure base, les débruiter au niveau immédiatement supérieur après décomposition, recomposer et moyennner les divers paquets après recalage.

Pour chaque paquet du niveau inférieur de profondeur d'analyse correspondant à la meilleure base, on décale le paquet ainsi trouvé d'une ligne, d'une colonne et d'une ligne et d'une colonne. On décompose les 4 paquets ainsi trouvés (si l'on tient compte également du paquet non décalé). On débruite (et déconvolue) ces 4 paquets. On les recompose et on les recalcule.

Le résultat est constitué d'un moyennage de ces 4 paquets recomposés au niveau inférieur et débruités au niveau immédiatement supérieur. Ceci est appliqué sur chaque paquet.

10 Il ne reste plus alors qu'à parachever la recombinaison pour obtenir l'image dépolluée.

Tous les développements qui précèdent s'appliquent avantageusement à une image comprimée dans un espace DCT.

15

#### EXCEPTION DANS LE CAS D'UNE COMPRESSION EN ONDELETTES.

Dans le cas où la compression est réalisée par ondelettes et non pas par DCT, la compression multirésolution et la restauration sont effectuées dans des bases d'ondelettes ou de paquets.

20 Une solution proposée par l'invention est de choisir pour la compression la meilleure base définie plus haut.

La compression s'effectue sur les coefficients dans une meilleure base de profondeur donnée (typiquement 3) avec une ondelette de faible nombre de moments nuls. Il s'agit en général d'ondelettes Daubechies bi-orthogonales.

25

Avantageusement, le facteur de quantification choisi en compression multirésolution tient compte du filtre de déconvolution.

Chaque paquet ou sous bande est quantifié par un facteur inversement proportionnel à la valeur du filtre de déconvolution relatif à la fréquence moyenne représenté par le paquet. Ainsi, le bruitage par compression restera-t-il blanc après déconvolution.

30

Cette partie ne dépend pas de l'image. Comme précédemment une seconde partie dépend de l'image par l'intermédiaire d'un tableau de facteurs de quantification.

Le débruitage-déconvolution s'effectue, comme nous l'avons précédemment indiqué, avec une ondelette spline ou une ondelette de Daubechies possédant un nombre important de moments nuls.

Le procédé de dépollution consiste à effectuer le débruitage (et la déconvolution) par changement de base en décomposant chaque paquet compressé d'une profondeur de 1 ou 2 niveaux supplémentaires avec une ondelette spline ou une Daubechies possédant un nombre important de moments nuls.

APPRENTISSAGE.

La partie apprentissage sera effectuée sur les bruits indépendants de l'image.

On a ainsi un bruit instrumental et un bruit de quantification des paquets (sous bandes) par bruitage dans la base de compression (typiquement niveau 3) avec un bruit uniforme d'intervalle égal à la valeur de la quantification correspondante à chaque paquet.

Soit  $C(v_l, v_p)$  le bruit global non blanc correspondant au bruit de quantification des paquets (sous bandes).

Alors, le bruit d'apprentissage est quasi Gaussien et la variance égale à :

$$A + B \times \bar{L} + C(v_l, v_p).$$

Les normes  $L^2$  des bruits déconvolués et non déconvolués sont alors calculées comme précédemment.

Cette formulation du bruit permet d'effectuer la détection des petits coefficients en déterminant le seuil pour chaque paquet et chaque point.

Ce bruit est ensuite analysé par décomposition d'une profondeur de 1 ou 2 niveaux supplémentaires (base de débruitage et de déconvolution). Le seuillage (et la déconvolution) de l'image est effectué dans cette nouvelle base.

DEPOLLUTION.

La dépollution de l'image est réalisée en tenant compte du tableau des facteurs de quantifications  $F$  propres à l'image par calcul du résumé du tableau des  $F$ .

- 5 Pour la détection nous utiliserons le facteur :

$$k_{sig}(l', p', v_l, v_p) = \sqrt{\frac{A + B \times L(l', p') + C(v_l, v_p) + F^2(l', p')/12}{A + B \times \bar{L} + C(v_l, v_p) + \bar{F}^2/12}},$$

et pour la dépollution :

$$\bar{k}_{sig}(l', p', v_l, v_p) = \sqrt{\frac{A + B \times L(l', p') + C(v_l, v_p) + F^2(l', p')/12}{A + B \times \bar{L} + \bar{C} + \bar{F}^2/12}}.$$

Ceci permet d'atteindre le bruit blanc  $\sqrt{A + B \times \bar{L} + \bar{C} + \bar{F}^2/12}$ .

- 10 Cette opération est effectuée dans la base de débruitage déconvolution et comme dans la partie précédente avec décalage.

TRAITEMENT.

Ici aussi trois types de traitement sont possibles.

- 15 Le premier type de traitement est comme précédemment un débruitage dans les paquets puis une déconvolution dans Fourier.

La détection des petits coefficients est effectuée par le calcul du seuil :

$$Seuil = S \times k_{sig}(l', p', v_l, v_p) \times Tab\_bruit\_L2 .$$

Les petits coefficients sont comprimés dans le rapport :

20  $\frac{1}{(k_{sig} \times Tab\_bruit\_deconv\_L2)}$

Le second type de traitement est une déconvolution dans Fourier puis un débruitage dans les paquets.

La détection des petits coefficients est effectuée par le calcul du seuil :

25  $Seuil = S \times k_{sig}(l', p', v_l, v_p) \times Tab\_bruit\_deconv\_L2 .$

Les petits coefficients sont comprimés dans le rapport

$$\frac{1}{(k_{sig} \times Tab\_bruit\_deconv\_L2)}$$

Le troisième type de traitement est un débruitage et une déconvolution dans les paquets.

La détection des petits coefficients est effectuée par le calcul du même seuil que précédemment :

$$5 \quad \text{Seuil} = S \times k_{\text{sig}}(l', p', v_l, v_p) \times \text{Tab}_{\text{bruit}}_{L2}$$

Le traitement se sépare ici en deux parties. Les petits coefficients sont comprimés dans le rapport :

$$\frac{1}{(\bar{k}_{\text{sig}})}$$

alors que les gros coefficients sont dilatés par multiplication par le

10 tableau :

$$\text{Tab}_{\text{bruit}}_{\text{deconv}}_{L2}.$$

## REVENDEICATIONS.

1. Procédé de dépollution d'image numérique bruitée et comprimée caractérisé en ce qu'on effectue le déflouage de ladite image en effectuant une déconvolution du signal et en effectuant le débruitage du bruit de compression et du bruit instrumental de l'image en exprimant le signal numérique de l'image dans une base de paquets d'ondelettes sur laquelle ces deux bruits sont gaussiens.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la détermination de la base dans laquelle les bruits de compression et instrumental sont gaussiens est effectuée durant un apprentissage des caractéristiques de la chaîne instrumental associée à l'image et à sa compression, l'apprentissage comportant les étapes selon lesquelles :
- on construit un tableau de coefficients, ces coefficients étant fonction de l'effet de la déconvolution de déflouage sur un signal de bruit moyen exprimé dans une base de Walsh généralisée ;
  - on construit une base de décomposition la moins décomposée en comparant la valeur des coefficients de l'effet de cette déconvolution à une valeur seuil de finesse ;
  - on construit une base d'ondelettes permettant le meilleur débruitage du bruit moyen décomposé dans la base de Walsh généralisée ;
  - on construit la meilleure base en effectuant la fusion des deux bases précédentes, le coefficient de décomposition le plus fin de chaque base étant conservé pour la construction de cette meilleure base.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que pour construire le tableau de coefficients fonction de l'effet de la déconvolution, on effectue les opérations suivantes :

- on décompresse un signal de bruit uniforme moyen ;
  - on ajoute audit bruit décompressé un bruit instrumental moyen pour obtenir un signal de bruit total ;
  - on effectue d'une part une déconvolution du signal de bruit de compression uniforme moyen avant de l'exprimer dans une base de Walsh généralisée ;
  - on effectue d'autre part une décomposition du signal de bruit total non déconvolué dans la même base de Walsh généralisée ;
  - on construit les deux tableaux des normes  $L^2$  des différents coefficients trouvés ;
  - on construit un tableau résultant à partir du rapport des normes des coefficients.
4. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que pour construire la base de décomposition la moins décomposée, on effectue les opérations suivantes :
- on calcule une valeur de finesse en décomposant l'image du bruit déconvoluée en base de Walsh d'une profondeur d'analyse immédiatement supérieure à l'analyse déjà effectuée pour la construction du tableau de l'effet de la déconvolution ;
  - on compare à la valeur de finesse choisie, à travers tous les niveaux de décomposition en base de Walsh de tous les paquets, d'abord en ligne puis en colonne, le rapport en norme  $L^2$  des coefficients du tableau de la décomposition du bruit total déconvolué pour chaque paire de paquets frères associés ;
  - si le rapport desdits coefficients est inférieur à la valeur de la finesse, on recompose ces paquets frères en un seul paquet ;
  - on effectue le procédé de recombinaison avec des valeurs de la finesse de plus en plus importantes jusqu'à quasi éliminer les paquets décomposés au dernier niveau choisi cette valeur

de la finesse étant ensuite utilisée au niveau immédiatement inférieur.

- 5 5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de dépollution comporte une étape de détection du module des coefficients de la décomposition de l'image dans la meilleure base par rapport à une valeur d'un seuil, suivie d'une étape de traitement de ces coefficients.
- 10 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on calcule la valeur du seuil, cette valeur étant fonction de la valeur de l'écart type du bruit en tout point de l'image, d'un paramètre de seuillage, de la valeur du filtre de déconvolution, de la valeur en niveau de gris de l'image et de la valeur locale de l'intervalle de quantification.
- 15 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on calcule la valeur de l'écart type en fonction de la connaissance locale des facteurs de quantification et du niveau de bruit de l'image.
- 20 8. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les petits coefficients par rapport au seuil sont multipliés par un facteur de débruitage, et les gros coefficients sont déconvolués.
- 25 9. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on effectue en outre une étape de suréchantillonnage des paquets avant le débruitage et/ou la déconvolution afin d'éviter le phénomène de distorsion de repliement.
- 30 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le suréchantillonnage comporte les étapes selon lesquelles, sur chaque paquet :

- on décale d'une ligne, d'une colonne, et d'une ligne et d'une colonne, les paquets au niveau immédiatement inférieur de la meilleure base ;
  - on décompose les quatre paquets ainsi trouvés ;
- 5
- on les débruite au niveau immédiatement supérieur après décomposition, une déconvolution pouvant en outre à cette étape de débruitage ;
  - on recompose les paquets ainsi obtenus ;
  - on moyenne les divers paquets après recalage.

4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4  
 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4

Fig. 1

4 4 3 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 4 4 3 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 3 3 3 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 3 3 3 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Fig. 2

3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 4 4 4 4  
 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 4 4 4 4  
 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 4 4 3 3  
 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 4 4 3 3  
 3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 3 3  
 3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 3 3  
 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 3 3  
 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2  
 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2  
 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2  
 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2  
 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2

**Fig.3**

4 4 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 4 4 4 4  
 4 4 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 4 4 4 4  
 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 4 4 3 3  
 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2 4 4 3 3  
 3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 3 3  
 3 3 3 3 4 4 3 3 3 3 3 3 4 4 3 3  
 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 3 3  
 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 3 3  
 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2  
 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 2 2 2 2  
 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2  
 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2  
 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
 4 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2  
 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2

**Fig.4**

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

FA 619454  
FR 0206208

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	STRELA V ET AL: "Image Denoising Using a Local Gaussian Scale Mixture Model in the Wavelet Domain" PROCEEDINGS SPIE 45TH ANNUAL MEETING, 4 août 2000 (2000-08-04), XP002242270 San Diego, CA, USA * alinéas '0002!, '0004! *	1-10	G06F17/14 H03M7/30
A	NEELAMANI R ET AL: "Wavelet-based deconvolution for ill-conditioned systems" ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 1999. PROCEEDINGS., 1999 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHOENIX, AZ, USA 15-19 MARCH 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 15 mars 1999 (1999-03-15), pages 3241-3244, XP010328171 ISBN: 0-7803-5041-3 * abrégé * * alinéa '0003! - alinéa '0004! *	1-10	
A	VAIRY M ET AL: "Deblurring Gaussian blur using a wavelet array transform" PATTERN RECOGNITION, PERGAMON PRESS INC. ELMSFORD, N.Y, US, vol. 28, no. 7, 1 juillet 1995 (1995-07-01), pages 965-976, XP004008612 ISSN: 0031-3203 * abrégé * * alinéa '0003! *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 mai 2003		Gonzalez Ordenez, O	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

FA 619454  
FR 0206208

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	ZIXIANG XIONG ET AL: "A DEBLOCKING ALGORITHM FOR JPEG COMPRESSED IMAGES USING OVERCOMPLETE WAVELET REPRESENTATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 7, no. 2, 1 avril 1997 (1997-04-01), pages 433-437, XP000687663 ISSN: 1051-8215 * abrégé * * alinéa '00II! *	1-10	
A	"Motivation for Multiscale and Bayesian Methods" 'en ligne! 29 mars 2001 (2001-03-29) , OHIO STATE UNIVERSITY XP002242271 Extrait de l'Internet: <URL: http://www.che.eng.ohio-state.edu/{bakshi/ research/MSBayMotiv.html}> 'extrait le 2003-05-23! * le document en entier *	1-10	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)</b>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 mai 2003		Gonzalez Ordonez, 0	
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>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</p> <p>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

2

EPO FORM 1503 12.98 (P04C14)