

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
**INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
 PARIS

11) N° de publication :
 (à n'utiliser que pour les
 commandes de reproduction)

2 737 034

21) N° d'enregistrement national : **95 08893**

51) Int Cl⁶ : G 06 T 5/00

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 21.07.95.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 24.01.97 Bulletin 97/04.

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) : LABORATOIRES
 D'ELECTRONIQUE PHILIPS SOCIETE PAR
 ACTIONS SIMPLIFIEE — FR.

72) Inventeur(s) : FLORENT RAOUL et MEQUIO
 CLAUDE.

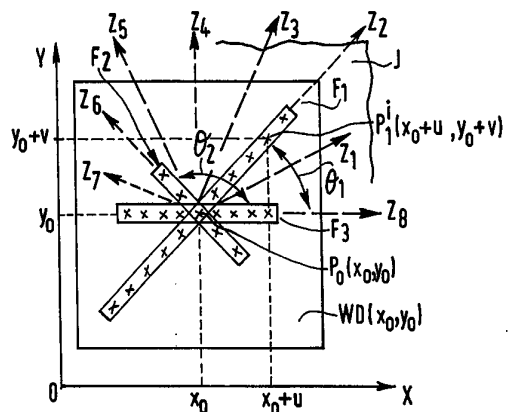
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire : SPID.

54) PROCÉDE DE TRAITEMENT SPATIAL D'UNE IMAGE NUMERIQUE POUR LA REDUCTION DU BRUIT, ET DISPOSITIF METTANT EN OEUVRE CE PROCÉDE.

57) L'invention concerne un système de traitement d'images médicales utilisant un procédé de traitement spatial d'images numériques de réduction du bruit. Ce procédé comprend, pour tous les pixels de l'image, la localisation d'un pixel courant $[P_0(x_0, y_0)]$ de coordonnées (x_0, y_0) et d'intensité bruitée $[I_0(x_0, y_0)]$; la définition d'une fenêtre glissante $[WD(x_0, y_0)]$ centrée sur le pixel courant; la définition d'un nombre (N) , fixe ou aléatoire, de filtres élémentaires aléatoires orientés $[F_1, F_2, \dots, F_N]$ ayant un axe d'orientation $[P_0Z_1, P_0Z_2, \dots, P_0Z_N]$ passant par ce pixel courant, et munis de caractéristiques dont au moins une est aléatoire, incluant: un angle d'orientation $[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N]$ entre l'axe d'orientation et un axe de référence (OX) , et un support défini en nombre de pixels selon l'axe d'orientation; l'estimation d'une combinaison linéaire des intensités des pixels sur les supports des filtres élémentaires individuellement; et la combinaison des résultats des filtres élémentaires pour fournir l'intensité filtrée $[R_0(x_0, y_0)]$ à appliquer au pixel courant.

Application: Imagerie médicale numérisée.



FR 2 737 034 - A1



"PROCEDE DE TRAITEMENT SPATIAL D'UNE IMAGE NUMERIQUE POUR LA
REDUCTION DU BRUIT, ET DISPOSITIF METTANT EN OEUVRE CE PROCEDE"

Description

L'invention concerne un procédé de traitement spatial
d'une image numérique pour la réduction du bruit.

L'invention concerne également un dispositif mettant en
oeuvre ce procédé.

5 L'invention trouve particulièrement son application dans
le traitement d'images fluoroscopiques. Par images fluoroscopiques,
on entend des images formées au moyen d'un dispositif à rayons X,
pour l'examen médical d'un patient, dans un mode où le faisceau de
rayons X a une faible intensité, fournissant par suite des images
10 peu contrastées.

Le mode fluoroscopique est utilisé particulièrement dans
un type d'opération où un praticien réalise la mise en place d'un
outil (par exemple un cathéter) sur un patient, et suit cette
opération en temps réel sur une séquence d'images de rayons X.
15 Durant ce type d'opération, le patient est donc soumis pratiquement
continuellement à l'irradiation par les rayons X. Il en résulte que
le patient est soumis à une dose de rayons X beaucoup plus grande
que lors d'une simple prise d'image de rayons X pour un diagnostic.
Or, il est connu que les rayons X sont nocifs, et que les quantités
20 de rayons X auxquelles le patient est soumis sont cumulatives. Il
est donc important de ne pas dépasser une dose d'irradiation donnée
du patient, lors de cette opération de longue durée, pour la
formation de cette séquence d'images de rayons X. A cet effet, les
images de rayons X en mode fluoroscopique sont réalisées au moyen
25 d'un faisceau de rayons X de faible intensité, et ces images
présentent de ce fait un faible contraste et un fort niveau de
bruit.

Ces images bruitées et faiblement contrastées sont d'une
utilisation difficile pour le praticien, c'est pourquoi elles
30 doivent être traitées afin d'en extraire le bruit, sans en
détériorer les détails.

Un procédé de filtrage du bruit dans une image numérique

est déjà connu par la publication intitulée "A new class of Detail-Preserving Filters for Image Processing" par Ari NIEMINEN, et alii, in "IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE VOL.PAMI-9, N°1, JANUARY 1987, PP.74-90".

5 Cette publication décrit un procédé de filtrage
utilisant une nouvelle classe de filtres spatiaux. Cette nouvelle
classe comprend des structures de filtres linéaires à réponse
impulsionnelle, appelés "FIR". Le procédé divulgué par ce document
cité inclut des combinaisons des résultats des filtres linéaires
10 dans des filtres médians, avec plusieurs niveaux de combinaison. Il
est enseigné qu'un tel procédé permet de préserver les bords des
objets dans l'image, et ainsi de préserver les détails. Ce procédé
inclut la définition d'une fenêtre glissante sur l'image numérique à
traiter centrée sur un pixel courant, et la définition de masques
15 dans cette fenêtre pour permettre la réalisation d'un certain nombre
de moyennes des intensités des pixels situés autour du pixel central
de la fenêtre. Par exemple, une moyenne est réalisée sur les
intensités des pixels situés sur la même ligne de pixels que le
pixel central, une moyenne est réalisée sur les intensités des
20 pixels situés sur la même colonne que le pixel central ; les
moyennes d'intensité peuvent aussi être réalisées sur des pixels des
diagonales de la fenêtre, cette dernière étant carrée dans l'exemple
décrit. Les résultats de ces moyennes, qui constituent des filtrages
linéaires (FIR) appelés filtrages de base, sont combinés dans des
25 filtres médians (FMH). Par exemple, les moyennes calculées sur les
intensités des pixels de la ligne du pixel central à gauche et à
droite du pixel central respectivement, sont combinées dans un
filtre médian avec l'intensité du pixel central, et un premier
résultat est fourni ; puis les moyennes calculées sur les pixels de
30 la colonne du pixel central vers le haut et vers le bas
respectivement sont combinées avec l'intensité du pixel central dans
un filtre médian, et un second résultat est fourni ; puis les
premier et second résultats sont combinés dans un filtre médian avec
l'intensité du pixel central, et un autre résultat est fourni. Selon
35 le nombre de filtrages de base calculés dans la fenêtre, et le
nombre d'entrées des filtres médians, le nombre d'étapes de
combinaisons pour obtenir le résultat, appelées niveaux de

combinaisons, peut être plus ou moins grand.

Un autre procédé de filtrage du bruit dans une image numérique est également déjà connu par la publication intitulée "Performance Evaluation of Some Noise Reduction Methods" par Wen-Yen WU et alii, dans "GRAPHICAL MODELS AND IMAGE PROCESSINGS, vol.54, N°2, March 1992, pp.134-146.

Cette seconde publication décrit différents procédés de filtrage du bruit incluant d'une manière générale d'abord la sélection, selon des critères donnés, de pixels dans une image numérique sur l'intensité desquels on réalise une combinaison. Cette combinaison peut être une combinaison linéaire telle qu'une moyenne. A cet effet, ce procédé inclut la définition d'une fenêtre glissante sur l'image numérique à traiter, centrée sur un pixel courant et la sélection de pixels dans cette fenêtre. Un critère de sélection peut porter sur l'intensité des pixels sélectionnés. Dans un exemple (SIG), les pixels sélectionnés sont ceux dont la différence d'intensité vis-à-vis du pixel courant situé au centre de la fenêtre, est inférieure à un seuil donné qui dépend de la variance du bruit (σ^2) ; dans un autre exemple (KNN) un nombre K donné de pixels ayant les intensités les plus proches de celles du pixel courant sont sélectionnées. Après l'opération de sélection des pixels dans la fenêtre glissante carrée, leur intensité est combinée soit en effectuant une moyenne (MEAN), soit par un filtrage MEDIAN (MED).

Toutes les méthodes décrites dans les deux publications citées précédemment au titre d'état de la technique sont capables de fournir un bon filtrage de l'image bruitée. Et s'il est nécessaire de réaliser un filtrage d'une image bruitée fluoroscopique, l'une de ces méthodes peut être utilisée, car ces méthodes conservent les détails.

Un problème qui se pose dans le traitement du bruit des images en fluoroscopie est que ces images contiennent en général des détails très fins ou des objets très petits, comme par exemple un cathéter introduit lors de l'opération par le praticien, ce cathéter ayant la forme d'un fil dont la dimension transversale est de quelques pixels. Dans ce domaine, il est donc indispensable d'avoir

recours à une méthode de filtrage du bruit qui conserve les détails.

Mais les méthodes connues des documents cités posent toutes par ailleurs un même problème : les images reconstruites à l'aide de ces méthodes montrent des TACHES (PATCHES). Ceci est dû au fait que ces méthodes reposent sur l'utilisation d'une fenêtre glissante dont le centre est déplacé d'un pixel sur l'image après la mise en oeuvre de chaque ensemble d'étapes de calcul décrit dans l'une ou l'autre des publications citées. Ainsi, l'aire de recouvrement des fenêtres correspondant à deux pixels adjacents est importante, d'où il résulte que la contribution du bruit résiduel dans ces deux fenêtres est très corrélée.

Un but de la présente invention est de proposer un procédé de filtrage spatial pour éliminer les TACHES de bruit d'une image précédemment filtrée spatialement par une méthode incluant une fenêtre glissante standard, par exemple une des méthodes décrites plus haut au titre d'état de la technique.

Un but particulier de l'invention est de proposer un procédé capable de produire une élimination très poussée du bruit, avec préservation des contours des objets dans l'image, et avec préservation du contraste de l'image.

Ces buts sont atteints par un procédé de filtrage spatial d'une image numérique, pour la réduction du bruit d'une image numérisée, mémorisée sous forme de matrice bidimensionnelle de pixels, ayant des valeurs d'intensité numérisées bruitées, ce procédé comprenant des étapes de :

- a) localisation d'un pixel de l'image, appelé pixel courant repéré par ses coordonnées dans la matrice bidimensionnelle,
- b) définition d'une fenêtre glissante, dans l'image, centrée sur le pixel courant,
- c) définition, dans cette fenêtre glissante, d'une série comprenant un nombre, fixe ou aléatoire, égal ou supérieur à 1, de filtres élémentaires orientés appelés filtres élémentaires orientés aléatoires qui ont un axe d'orientation passant par ce pixel courant, chaque filtre étant respectivement muni de caractéristiques dont une ou plusieurs sont aléatoires, ces caractéristiques incluant :

un angle d'orientation entre l'axe d'orientation et un

axe de référence défini dans la matrice bidimensionnelle,
un support de taille définie en nombre de pixels, ayant
une longueur parallèle à l'axe d'orientation et une largeur
perpendiculaire à cet axe,

5 d) estimation d'une combinaison linéaire des intensités des
pixels sur les supports des filtres élémentaires individuellement,

e) combinaison des résultats des filtres élémentaires pour
fournir un résultat constituant l'intensité filtrée à appliquer au
pixel courant,

10 f) répétition des étapes précédentes en chaque pixel de
l'image.

Ce procédé présente l'avantage d'éliminer les TACHES de
bruit résiduel dans les images, sans introduire la formation de
motifs dus à la forme des supports des filtres.

15 Un dispositif pour l'aide à l'observation d'une image
médicale comprend :

une mémoire pour le stockage de l'image sous forme de
matrice bidimensionnelle de pixel ayant des valeurs d'intensité
numérisées,

20 un système d'affichage pour l'affichage de l'image,
un système de traitement d'images ayant accès à ladite
mémoire, et au système d'affichage,

ce système de traitement d'image étant arrangé pour :

25 a) localiser un pixel courant dans la matrice de
l'image,

b) définir une fenêtre glissante centrée sur le pixel
courant,

c) définir dans cette fenêtre glissante une série de
filtres élémentaires orientés aléatoires,

30 d) estimer une combinaison linéaire ou une moyenne des
intensités des pixels sur les supports desdits filtres élémentaires
orientés aléatoires,

e) combiner les résultats desdites combinaisons
linéaires ou moyennes d'intensité pour fournir un résultat
35 constituant l'intensité filtrée à appliquer au pixel courant,

f) répéter les étapes précédentes en chaque pixel de
l'image.

Ce dispositif présente l'avantage de restaurer une image médicale bruitée et peu contrastée à l'origine, en préservant les plus fins détails.

5 L'invention est décrite ci-après en détail en référence avec les figures schématiques annexées dont :

- la FIG.1 représente un dispositif à rayons X pour la formation d'images radiologiques ou fluoroscopiques,
- la FIG.2 représente le passage d'une fenêtre $WD(x,y)$ dans
10 une image J bruitée,
- les FIG.3A à 3D montrent des supports de filtres pour mettre en oeuvre une méthode de filtrage spatial par SELECTION-COMBINAISON,
- les FIG.4A à 4D illustrent la combinaison des filtres des
15 FIG.3A à 3D,
- les FIG.5A et 5D montrent des supports de filtres FMH,
- les FIG.6A à 6C illustrent la combinaison des filtres des
FIG.5A à 5D,
- les FIG.7A et 7B illustrent une méthode de détermination de l'écart type du bruit.

20 I/ Dispositif à rayons X

L'introduction ces dernières années de la radiographie numérisée qui combine l'utilisation d'un détecteur de rayons X donnant une image en temps réel et la numérisation des images, a constitué un progrès majeur dans le domaine de la formation d'images
25 par rapport à la radiographie conventionnelle. Elle offre, en effet, accès aux nombreuses possibilités offertes par les techniques de traitement numérique d'images.

En référence avec la FIG.1, un système de radiographie numérisée comprend un générateur 1 de rayons X ; une table mobile 2
30 pour recevoir un patient ; un dispositif intensificateur d'image 3 couplé à un tube vidéo 4, qui fournit des données d'images à un système 5 de mémorisation des données et de traitement numérique d'image comprenant un microprocesseur. Ce dernier comprend plusieurs sorties dont une sortie 6 couplée à un moniteur 7 pour la
35 visualisation des images radiographiques ou des images d'intensité du patient.

Une image radiographique numérisée est mémorisée sous

forme d'une matrice bidimensionnelle de pixels. L'image radiographique numérisée peut contenir, par exemple, 512 x 512 ou 1024 x 1024 pixels codés sur 8 bits ou 10 bits. Chaque pixel peut être ainsi affecté d'un parmi 256 ou 1024 niveaux de gris ou niveaux
5 d'intensité. Les régions sombres ont un niveau de gris faible, et les régions claires de l'image ont un niveau de gris élevé.

Le système de traitement numérique selon l'invention permet la reconstruction, par un filtrage spatial, d'images fluoroscopiques numérisées très bruitées à l'origine, pour aider à
10 l'observation du corps humain.

Le mode fluoroscopique est particulièrement utile dans la formation d'images angiographiques. Les angiographies sont des images spécialisées pour la visualisation des vaisseaux sanguins. Plusieurs types d'angiographies sont réalisables : les angiographies
15 coronariennes pour la visualisation des artères irriguant le muscle du coeur ou myocarde, l'ensemble de ces artères formant l'arbre coronarien ; les angiographies périphériques pour visualiser l'irrigation des membres inférieurs ou supérieurs ; les angiographies cérébrales.

20 La réalisation d'angiographies suppose qu'un patient, en général éveillé, se voit injecter, par exemple par l'artère fémorale au moyen d'un cathéter, un produit contrastant ; l'opération d'introduction de ce cathéter doit être menée avec prudence. Les mouvements d'avance du cathéter dans les artères doivent être suivis
25 avec une grande précision. A cet effet, l'opérateur suit l'opération sur le moniteur vidéo 7 qui affiche les images à un taux de plusieurs images par secondes, soit 30 images par seconde en mode fluoroscopique standard, soit 12,5 images par seconde en mode fluoroscopique pulsé. Le cathéter constitue un objet très fin qui ne
30 doit pas être détruit dans l'image filtrée reconstruite.

L'élimination du bruit et des TACHES DE BRUIT résiduel doit être faite sur chaque image de la séquence arrivant en temps réel. Le procédé mis en oeuvre dans le système 5 de mémorisation et de traitement d'images doit donc être rapide. De plus, il ne doit
35 pas détruire les détails.

Dans tous les cas, la présente invention ne tient pas compte de la méthode par laquelle l'image numérique a été obtenue,

ni de la nature des objets qu'elle représente, mais concerne seulement le traitement de cette image considérée seule et non en relation avec d'autres images de la séquence pour éliminer les TACHES de bruit résiduel.

5 II/ Procédé de filtrage spatial

Selon l'invention, en référence avec la FIG.2, le procédé de filtrage spatial comprend la définition, dans une image J à traiter, d'un pixel appelé pixel courant $P_0(x_0, y_0)$ de coordonnées x_0, y_0 dans la matrice bidimensionnelle de l'image J. L'intensité $I_0(x_0, y_0)$ de ce pixel est supposée bruitée au départ.

Chaque pixel courant est traité en intensité par la série d'étapes proposée ci-après, puis les autres pixels de l'image sont traités, jusqu'à ce que tous les pixels de l'image aient subi le traitement selon le procédé proposé.

15 Pour tout pixel courant $P_0(x_0, y_0)$ d'intensité $I_0(x_0, y_0)$ dans l'image J, on définit, dans une fenêtre glissante $WD(x_0, y_0)$ centrée sur le pixel courant, une série de filtres comprenant un nombre N de filtres élémentaires.

Selon l'invention, chacun des filtres de la série est un filtre orienté. Par filtre orienté, on entend qu'une dimension de son support est plus grande que l'autre et que cette grande dimension, ou longueur, est parallèle à un axe appelé axe d'orientation, passant par le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$, l'autre dimension, ou largeur étant perpendiculaire à cet axe. L'angle formé par l'axe d'orientation avec, par exemple, la direction OX des lignes de la matrice bidimensionnelle de l'image, est appelé angle d'orientation Θ du filtre élémentaire.

Ainsi, la série des filtres élémentaires liés au pixel courant dans la fenêtre $WD(x_0, y_0)$ comprend plusieurs caractéristiques parmi lesquelles, pour chaque filtre :

- son angle d'orientation Θ ,
- la taille de son support égale au nombre de pixels parallèlement à l'axe d'orientation par le nombre de pixels perpendiculairement à cet axe,

35 et pour la série de filtres :

- le nombre N des filtres,

Selon l'invention, chaque filtre de la série de filtres

élémentaires dans la fenêtre $WD(x_0, y_0)$ liée au pixel courant $P_0(x_0, y_0)$, comprend au moins une caractéristique déterminée de façon aléatoire. On peut ainsi définir, dans la fenêtre $WD(x_0, y_0)$ centrée sur le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$, une série de N filtres orientés, dont les angles d'orientation Θ sont aléatoires, les autres caractéristiques étant fixes. On peut aussi définir une série de N filtres orientés, dont à la fois les angles d'orientation Θ sont aléatoires et les tailles des supports sont aléatoires.

En outre, dans chaque série, le nombre N de filtres peut être aléatoire.

On décrit ci-après plus précisément les caractéristiques et les propriétés du procédé de filtrage spatial selon l'invention, dans lequel on définit différentes séries de filtres élémentaires.

II.1/ Procédé de sélection-combinaison

Dans ce procédé appelé de sélection-combinaison, on définit d'abord la structure des filtres élémentaires orientés ayant une ou des caractéristiques aléatoires. Puis on réalise une sélection des pixels à l'intérieur des supports en fonction de leur intensité, pour sélectionner les pixels appartenant potentiellement au même objet que le pixel courant. Ensuite, on effectue une combinaison linéaire ou moyenne des intensités sur chacun des supports des filtres élémentaires, et on combine les résultats de ces moyennes d'intensité, de manière à fournir une intensité résultante, qui est l'intensité filtrée à attribuer au pixel courant.

Dans ce procédé de sélection-combinaison, les supports des filtres incluent le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$.

En référence avec la FIG.3A, on a représenté, à titre d'exemple, la définition d'une série de N filtres orientés F_1, F_2, F_3, F_4 , dont, pour chaque filtre :

l'angle d'orientation $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4$ est fixe,

la taille du support est aléatoire,

les supports de ces filtres étant symétriques par rapport au pixel courant $P_0(x_0, y_0)$,

et le nombre N de filtres étant fixe et égal à 4.

En référence avec la FIG.3B, on a représenté, à titre d'exemple, la définition d'une série de N filtres orientés $F_1, F_2,$

F_3, F_4, \dots , dont, pour chaque filtre :

l'angle d'orientation $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4$ est aléatoire,

la taille du support est aléatoire,

les supports étant dissymétriques par rapport au pixel courant

5 $P_0(x_0, y_0)$, et le nombre N de filtres étant fixe et égal à 4.

Le nombre N des filtres élémentaires peut également être aléatoire.

En référence avec la FIG.3C, on a représenté une série de $N = 3$ filtres élémentaires orientés F_1, F_2, F_3 , dont pour chaque
10 filtre :

l'angle d'orientation $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ est aléatoire,

la taille des supports est aléatoire, les supports de ces filtres étant symétriques par rapport au pixel courant $P_0(x_0, y_0)$.

En référence avec la FIG.3C, on peut se fixer pour les
15 filtres, un nombre N_{\max} d'axes d'orientation potentiels fixes, régulièrement répartis dans l'espace autour de $P_0(x_0, y_0)$. En choisissant un nombre N de filtres inférieur ou égal à N_{\max} , les filtres se répartissent de manière aléatoire le long des N_{\max} axes d'orientation. Par exemple, on peut choisir $N_{\max} = 8$; dans ce cas,
20 les 8 axes d'orientation $P_0Z_1, P_0Z_2, P_0Z_3, \dots, P_0Z_8$ potentiels possibles sont régulièrement espacés de $\pi/8$; et on peut choisir que le nombre N de filtres soit fixe et égal à 3. Ces 3 filtres se répartissent alors de manière aléatoire le long des 8 directions fixes possibles.

25 Dans un autre exemple, on peut choisir que le nombre N de filtres soit fixe et égal à 4, se répartissant de façon aléatoire sur les 8 axes d'orientation.

Dans ce type d'exemple illustré par la FIG.3C, où des axes d'orientation possibles sont fixés, le nombre N des filtres
30 peut également être aléatoire, en restant inférieur au nombre N_{\max} d'axes d'orientation.

Dans chacune des FIG.3A et 3B, la taille des supports des filtres est de $1 \times K$ pixels, où K est le nombre de pixels dans le support, ce nombre K étant aléatoire dans chacun de ces deux
35 exemples. Les filtres représentés à titre d'exemple ont donc des supports monodimensionnels. Dans d'autres exemples non représentés, les supports des filtres peuvent être bidimensionnels à condition

qu'une des dimensions soit au moins double de l'autre dimension, cette dernière étant petite, par exemple 2 ou 3 pixels. De préférence, la fenêtre $WD(x_0, y_0)$ est choisie de l'ordre de 20 x 20 pixels, ce qui fixe la grande dimension des filtres à au plus 20 pixels dans ce cas.

Parmi les caractéristiques aléatoires potentiellement utilisables dans la définition de la série des N filtres élémentaires orientés pour atteindre aux buts de l'invention, c'est-à-dire l'élimination des TACHES (PATCHES) sans détérioration des détails, contours et contraste, on propose dans l'ordre décroissant d'importance :

- 1) Les supports des N filtres F_1 à F_N sont de taille aléatoire par exemple avec les orientations Θ_1 à Θ_N fixes et les autres caractéristiques fixes, comme illustré par la FIG.3A ;
- 2) les supports des N filtres F_1 à F_N sont de taille et d'orientation Θ_1 à Θ_2 aléatoires, les autres caractéristiques étant fixes, comme illustré par la FIG.3B ;
- 3) les supports des N filtres F_1 à F_N sont de taille et d'orientation Θ_1 à Θ_N aléatoire, et en outre le nombre N des filtres est aléatoire, comme illustré par la FIG.3C ;
- 4) les supports sont en outre asymétriques, comme illustré par la FIG.3B ;
- 5) un sous-échantillonnage dans la fenêtre $WD(x_0, y_0)$ peut être effectué préalablement au traitement de chaque pixel et le pixel de départ du sous-échantillonnage peut être aléatoire ;
- 6) la moyenne MEAN pour obtenir soit les résultats individuels R_1, R_2, R_N des filtres, soit le résultat général R peut s'appliquer sur des intensités pondérées par des poids aléatoires ; à cet effet, on définit un coefficient aléatoire C lié au support, égal à l'inverse de la somme des poids, compris entre 0 et 1, affectés à chaque pixel dans le support ; chacun de ces poids peut être égal à 1 ; dans ce cas le coefficient est égal à l'inverse $1/K$ du nombre K de pixels contenus dans le support ; le coefficient C de chaque filtre est pris en compte pour effectuer la combinaison linéaire pondérée des intensités.

Par exemple le résultat R_1 peut être obtenu en appliquant sur les différentes intensité $I_1(x_0+u, y_0+v)$ du filtre

Fi des poids W_1 aléatoires et en faisant la moyenne MEAN de ces intensités pondérées, d'où il résulte :

$$R_1 = C \times \sum [W_1(u,v) \times I_1(x_0+u, y_0+v)]$$

Toutes les caractéristiques citées plus haut peuvent être rendues aléatoires, seules ou en combinaison, en sachant néanmoins que les caractéristiques les plus importantes sont, pour les supports de filtres la taille aléatoire et l'orientation aléatoire et pour la combinaison le nombre de filtres N aléatoire.

Exemple I : Le procédé de sélection-combinaison SIG-MEAN-MEAN

10 Ce premier procédé de SELECTION-COMBINAISON est désigné ci-après par le terme SIG-MEAN-MEAN pour simplifier l'écriture.

Ce procédé comprend d'abord, comme décrit ci-dessus, la définition des filtres orientés avec :

- leurs caractéristiques aléatoires,
- 15 - leurs caractéristiques fixes,
- leur nombre fixe ou aléatoire.

Ce procédé comprend ensuite la SELECTION dans chaque support de filtre d'un certain nombre de pixels en fonction de leur différence d'intensité vis-à-vis de l'intensité du pixel courant.

20 Ce procédé comprend ensuite la combinaison des filtres.

En posant que le pixel courant P_0 a pour coordonnées (x_0, y_0) dans la matrice bidimensionnelle de l'image J, et que le pixel P que l'on examine a pour coordonnées (x_0+u, y_0+v) , où u et v sont des nombres entiers, la SELECTION est effectuée pour tout pixel P ayant une intensité $I(x_0+u, y_0+v)$ telle que :

$$|I(x_0+u, y_0+v) - I_0(x_0, y_0)| < k \times \sigma_B \quad (1)$$

où k est un facteur multiplicatif et où σ_B est l'écart type du bruit dans l'image (noise standard déviation, en anglais).

L'écart type du bruit dans l'image peut être estimé par toute méthode connue de l'état de la technique, ou bien peut être estimé à priori. L'écart type du bruit est mesuré en niveaux de gris (ou intensité). Il peut être par exemple 5 ou 10 niveaux de gris. Il est indispensable de réaliser une estimation de l'écart type du bruit σ_B pour mener à bien le procédé selon l'invention.

35 On rappelle ci-après la définition de l'écart type du bruit telle que connue de l'homme du métier.

L'écart type du bruit noté σ_B est l'écart moyen que fait

le bruit par rapport à sa moyenne. L'écart type du bruit est la racine carrée de la variance σ_B^2 du bruit dans l'image. L'écart type du bruit peut être obtenu en appliquant la méthode fournie ci-après à titre d'exemple.

5 En référence avec le diagramme de blocs de la FIG.7A, cette méthode comprend d'abord le traitement de l'image J par ligne, pixel par pixel, selon un balayage qui peut être un balayage standard, depuis en haut à gauche de l'image jusqu'à en bas à droite de l'image. Dans une première étape symbolisée par le bloc MEM 100,
10 les intensités $I(x,y)$ des pixels sont mémorisées en fonction de leurs coordonnées (x,y) dans la matrice bidimensionnelle de l'image.

Dans une seconde étape symbolisée par les blocs 110A et 110B, et illustrée par la FIG.7B, en chaque pixel courant $P(x,y)$ de coordonnées x,y d'une ligne L de pixels dans l'image J, on calcule
15 deux moyennes des intensités des pixels situés à gauche du pixel courant, si le sens de balayage de la ligne est vers la droite :

 une première moyenne M_1 des intensités sur un grand support S_1 , calcul symbolisé par le bloc 110A, c'est-à-dire une moyenne des intensités d'un grand nombre de pixels de la ligne situés à gauche
20 du pixel courant, ces pixels ayant déjà été balayés ; par grand support, on entend environ 10 pixels.

 une seconde moyenne M_2 des intensités sur un petit support S_2 , calcul symbolisé par le bloc 110B, c'est-à-dire une moyenne des intensités d'un plus petit nombre de pixels que celui du grand
25 support, par exemple la moitié, soit 5 pixels, et à gauche du pixel courant $O(x,y)$ sur la ligne.

 Ces première et seconde moyennes d'intensités M_1, M_2 peuvent être exactes ou pondérées, comme connu de l'homme du métier. Par pondérées, on entend qu'on affecte, à chaque intensité des
30 pixels dont on fait la moyenne, un poids compris entre 0 et 1.

Dans une troisième étape symbolisée par le bloc 120A, la méthode de détermination de l'écart type du bruit σ_B , comprend ensuite le calcul d'une valeur ΔI égale à la valeur absolue de la différence entre la première moyenne d'intensité M_1 sur un grand
35 support et la seconde moyenne d'intensité M_2 sur un petit support. L'évaluation de cette différence :

$$\Delta_1 = |M_1 - M_2|$$

permet de rejeter les intervalles de pixels, sur la ligne traitée
 qui contiennent des bords d'objet, c'est-à-dire dans lesquels
 apparaît une brusque variation d'intensité due aux contours d'un
 5 objet : on déclare qu'il y a un bord d'objet dans l'intervalle de
 pixels constitué par le grand support S_1 , lorsque la seconde moyenne
 d'intensité M_2 sur le petit support est très différente de la
 première moyenne M_1 d'intensité sur le grand support ; c'est-à-dire
 10 quand la différence Δ_1 calculée entre ces deux moyennes d'intensité
 excède une valeur estimée en niveaux de gris égale à environ 10 %
 des niveaux de gris utilisés pour construire l'image J numérique ;
 et, si un bord est détecté, on rejette l'intervalle constitué par
 les pixels du grand support S_1 .

Dans une quatrième étape symbolisée par le bloc 120B,
 15 cette méthode de détermination de l'écart type comprend en outre le
 calcul d'une valeur Δ_2 égale à la valeur absolue de la différence
 entre la première moyenne d'intensité sur le grand support et
 l'intensité du pixel courant $I(x,y)$

$$\Delta_2 = |M_1 - I(x,y)|$$

20 L'évaluation de cette différence permet de rejeter les
 pixels aberrants. On déclare que le pixel courant a une intensité
 aberrante lorsque la différence d'intensité Δ_2 entre l'intensité du
 pixel courant $I(x,y)$ et la première moyenne d'intensité M_1 sur un
 grand support S_1 dépasse une valeur estimée en niveaux de gris comme
 25 définie plus haut, environ 10 % des niveaux de gris de l'image J.

Dans une étape ultérieure symbolisée par le bloc de TEST
 130, cette méthode comprend l'examen des deux conditions
 précédentes :

30 si le pixel courant n'a pas une intensité aberrante,
 si l'intervalle de pixels correspondant au grand support ne
 contient pas de bord d'objet.

Dans le cas où ces deux conditions sont conjointement
 réalisées, alors on déclare que Δ_2 qui est la valeur absolue de la
 différence d'intensité entre le pixel courant $I(x,y)$ et la première
 35 moyenne M_1 d'intensité sur le grand support S_1 , est une mesure
 élémentaire $\sigma(x,y)$ retenue pour l'évaluation de l'écart type du
 bruit.

La suite des opérations décrites ci-dessus est répétée pour tous les pixels de l'image J. Puis une moyenne générale M de toutes les mesures élémentaires est effectuée dans le bloc 140 et est retenue comme valeur de l'écart type du bruit σ_B .

5 Dans la relation (1), le facteur k multiplicatif de l'écart type du bruit σ_B peut être égal à 2 ou 3. Dans le cas où le bruit est gaussien et où un filtre élémentaire est appliqué sur une zone de l'image où l'intensité est sensiblement uniforme, si $k = 2$, alors environ 3/4 des pixels sont sélectionnés, et si $k = 3$ alors
10 pratiquement tous les pixels sont sélectionnés.

On examine alors, en appliquant la relation (1), tous les pixels situés à l'intérieur de chaque support du filtre élémentaire orienté.

L'opération de SELECTION décrite ci-dessus, qui prend en
15 compte l'écart type du bruit σ_B (lire SIGMA B) pour sélectionner des pixels d'intensité proche de celle du pixel courant, est désignée ci-après par le terme SIG pour simplifier l'écriture.

En référence avec la FIG.3D, on a montré dans une image J, une fenêtre $WD(x_0, y_0)$ centrée sur le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$, des
20 supports de filtres F_1, F_2, F_3, F_4 , monodimensionnels orientés dans diverses directions du plan de l'image, autour du pixel courant $P_0(x_0, y_0)$, et on a mis en relief les pixels sélectionnés par SIG en les entourant d'un cercle.

A l'issue de l'opération de SELECTION SIG, une
25 combinaison linéaire ou moyenne des intensités des pixels sélectionnés est effectuée. Cette opération de moyennage est désignée ci-après par le terme MEAN.

En référence avec la FIG.4A qui est un diagramme du filtrage par SELECTION-COMBINAISON SIG-MEAN-MEAN d'une série de
30 filtres telle qu'illustrée par la FIG.3D, le filtre F_1 effectue la sélection des pixels symbolisées par le bloc SIG 10.1, et calcule dans le bloc MEAN 11.1 une première moyenne R_1 des diverses intensités

$I_1^i(x_0+u, y_0+v)$ des pixels sélectionnés dans F_1 avec :

35 $R_1 = \text{MEAN} [I_1^i(x_0+u, y_0+v)]$

tel que $|I_1^i(x_0+u, y_0+v) - I_0(x_0, y_0)| < k \times \sigma_B$ (1)

(x_0+u, y_0+v) décrivant le support orienté du filtre F_1 .

Puis, le filtre F_2 calcule dans le bloc MEAN 11.2 une seconde moyenne R_2 des diverses intensités $I_2^i(x_0+u, y_0+v)$ des pixels sélectionnés dans un bloc SIG 10.2 avec :

$$R_2 = \text{MEAN} [I_2^i(x_0+u, y_0+v)]$$

où l'intensité des pixels sélectionnés obéit à la relation (1), (x_0+u, y_0+v) décrivant le support orienté du filtre F_2 .

On opère de même jusqu'au filtre F_N compris (SIG 10.N, MEAN 11.N) :

$$R_N = \text{MEAN} [I_N^i(x_0+u, y_0+v)]$$

où les diverses intensités $I_N^i(x_0+u, y_0+v)$ des pixels sélectionnés obéissent à la relation (1), (x_0+u, y_0+v) décrivant le support orienté du filtre F_N .

Lorsque toutes les moyennes R_1 à R_N ont été obtenues par les filtres orientés F_1 à F_N , une moyenne MEAN est effectuée dans MEAN 12 sur lesdites moyennes R_1 à R_N , ce qui fournit l'intensité filtrée $R_0(x_0, y_0)$ résultante à appliquer finalement au pixel courant $P_0(x_0, y_0)$

$$R_0(x_0, y_0) = \text{MEAN} [R_1, R_2 \dots R_N]$$

Exemple II : Le procédé de sélection combinaison SIG-MEAN-MED

Ce second procédé de sélection-combinaison est désigné ci-après pour la simplicité d'écriture par le terme SIG-MEAN-MED. A l'issue de l'opération de définition de la série de N filtres élémentaires orientés avec :

- leurs caractéristiques aléatoires,
- leurs caractéristiques fixes,
- leur nombre fixe ou aléatoire, l'opération de sélection des pixels dans chaque support de filtre est effectuée comme dans l'exemple I par le critère (1) portant sur l'intensité des pixels et prenant en compte l'écart type du bruit σ_B .

Ensuite, en référence avec la FIG.4B, l'obtention des résultats R_1 à R_N particuliers des filtres F_1 à F_N est effectuée par un moyennage MEAN sur les diverses intensités respectives $I_1^i(x_0+u,$

y_0+v) à $I_N^i(x_0+u, y_0+v)$ des filtres F_1 à F_N , puis les intensités R_1 à R_N résultant de ces moyennages sont combinées par un filtre médian désigné par MED 13, qui fournit l'intensité résultante $R_0(x_0, y_0)$ telle que :

$$5 \quad R_0(x_0, y_0) = \text{MED} [R_1, R_2 \dots R_N]$$

Un filtre médian est un filtre qui effectue le classement des intensités qui lui sont présentées, avec un numéro d'ordre, de la plus petite à la plus grande intensité, et qui fournit comme résultat, l'intensité dont la valeur est celle du
10 numéro situé au milieu de l'ensemble des numéros, ou si les numéros ne sont pas impairs, la moyenne d'intensité correspondant aux deux numéros du centre.

L'avantage de la méthode SIG-MEAN-MED est que le filtre médian utilisé a des propriétés d'injection du bruit haute fréquence
15 qui le rendent spécialement intéressant pour l'élimination recherchée de l'effet de TACHES (PATCHES) dans l'image. En effet le filtre médian effectue la sélection d'un des résultats, entre R_1 et R_N qui est la valeur située au milieu de ces valeurs d'intensité, au lieu d'une moyenne de ces intensités. Le résultat $R_0(x_0, y_0)$ qui est
20 obtenu avec le MEDIAN est une intensité plus fortement décorrélée, d'un pixel courant traité, au pixel courant suivant traités, que l'intensité résultant de la moyenne MEAN 12 utilisée dans l'exemple I décrit précédemment.

Exemple III : Le procédé de sélection combinaison KNN

25 Ce troisième procédé de sélection combinaison est désigné ci-après, pour la simplicité d'écriture par le terme KNN.

Dans cet exemple, une autre méthode de SELECTION en fonction de l'intensité est appliquée au lieu du critère (1) qui tient compte de l'écart type du bruit σ_B . Cette autre méthode de
30 sélection consiste à retenir tous les pixels dont l'intensité diffère le moins de celle du pixel courant. A cet effet, on calcule les différences d'intensité

$$\Delta(x_0, y_0) = |I(x_0+u, y_0+v) - I_0(x_0, y_0)| \quad (2)$$

entre les pixels dans chacun des filtres et l'intensité du pixel
35 courant.

Dans cette méthode appelée des K PLUS PROCHES VOISINS et

désignée par le terme KNN, on sélectionne en fait un nombre fixe K de pixels ayant l'intensité la plus proche de celle du pixel courant.

5 Toutes les autres caractéristiques et étapes du procédé KNN peuvent être identiques à celles de l'exemple I ou l'exemple II, et sont illustrées à cet effet par les FIG.4C et 4D.

10 Dans ces FIGS, les blocs KNN 20.1 à KNN 20.N symbolisent les étapes de sélection des pixels, et les blocs MEAN 21.1 à MEAN 21.N symbolisent la réalisation des moyennes d'intensité des pixels sélectionnés sur les filtres.

Les blocs MEAN 22.1, et MED 22.2. effectuent respectivement une moyenne ou un filtrage médian des résultats particuliers des filtres élémentaires pour fournir le résultat final $R_0(x_0, y_0)$.

15 II.2/ Le procédé FMH

Dans les étapes du procédé décrit ci-après on définit une série de N filtres linéaires élémentaires moyennneurs, à réponse impulsionnelle, dont les réponses sont en outre combinées par des filtres médians, ce qui revient à désigner cette classe de filtres par FMH (en anglais : FIR HYBRID MEDIAN FILTERS). Cette combinaison 20 a une structure d'arbre qui comprend les filtres linéaires moyennneurs (FIR) et les filtres médians (MED).

En référence avec les FIG.5A à 5D, on définit une fenêtre $WD(x_0, y_0)$ bidimensionnelle, centrée sur le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$ de coordonnées (x_0, y_0) dans la matrice bidimensionnelle de l'image J à traiter. Dans cette fenêtre $WD(x_0, y_0)$, on définit des supports de filtres selon les lignes des pixels, et les colonnes de pixels, et les deux diagonales entre les lignes et les colonnes. Le pixel central $P_0(x_0, y_0)$ de la fenêtre $WD(x_0, y_0)$, qui est le pixel 30 courant, est considéré à part.

En référence avec la FIG.5A, on a représenté à titre d'exemple une série de N filtres orientés $H_1, H_2, V_1, V_2, D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}$ dont pour chaque filtre :

35 - l'orientation est fixe considérée par exemple par rapport à l'axe OX, selon la verticale Θ_1 , l'horizontale Θ_2 (angle non représenté) et les diagonales Θ_3, Θ_4 passant par le pixel courant, centre du carré formant la fenêtre,

- la taille du support est aléatoire : ces supports sont monodimensionnels, c'est-à-dire ont une largeur de 1 pixel et une longueur qui est limitée par le cadre de la fenêtre WD (x_0, y_0) ,

5 - les supports des filtres H_1 , H_2 disposés selon la même direction, par exemple horizontale, sont symétriques. Il en est de même des supports de filtres V_1 et V_2 disposés selon la direction verticale, des supports de filtres D_{11} et D_{12} disposés selon la première diagonale, des supports de filtres D_{12} , D_{22} disposés selon la seconde diagonale,

10 - le nombre N des filtres est fixe ; ici ce nombre est 8, et ces supports de filtres sont disposés selon tous les angles possibles d'orientation Θ_1 à Θ_4 multiples de $\pi/4$ dans l'espace,

- dans la série de filtres, on incorpore le pixel central $P_0(x_0, y_0)$ de la fenêtre et son intensité est considérée à part.

15 En référence avec la FIG.5B, une série de filtres du même type est représentée avec les caractéristiques suivantes, par rapport à la FIG.5A :

- les supports des filtres qui sont disposés selon la même direction sont dissymétriques de manière aléatoire.

20 En référence avec les FIG.5C et 5D, au lieu de considérer un nombre de filtres disposés selon tous les angles potentiels d'orientation Θ_1 , Θ_2 , Θ_3 , Θ_4 , seulement deux axes sont considérées : les axes horizontal et vertical, sur la FIG.5C ; les axes formés par les directions des deux diagonales sur la FIG.5D. D'où, sur la FIG.5C, la série de filtres comprend seulement les supports H_1 , H_2 , V_1 , V_2 alignés sur ces axes horizontal et vertical ; et sur la FIG.5D, la série de filtres comprend seulement les supports D_{11} , D_{12} , D_{21} et D_{22} alignés sur ces axes en diagonale. Sur ces FIG.5C et 5D à titre d'exemple, les supports ont une taille aléatoire et sont symétriques par rapport au pixel courant.

30 En référence avec les FIG.6A à 6C, les filtres ayant les supports de caractéristiques aléatoires décrits en relation avec les FIG.5A à 5D effectuent d'abord la combinaison linéaire ou moyenne MEAN des intensités des pixels sur leur support.

35 On a appelé $I_{V_1}^i$, $I_{V_2}^i$, $I_{H_1}^i$, $I_{H_2}^i$

les différentes intensités des pixels situés sur les supports V_1 , V_2 , H_1 et H_2 respectivement.

On a appelé I_{D11}^i , I_{D12}^i , I_{D21}^i , I_{D22}^i les différentes intensités des pixels situés sur les supports D11, D12, D21, D22 respectivement.

Les résultats des moyennes effectuées, dans les blocs
 5 MEAN31.1 à MEAN 31.8, par les filtres H_1 , H_2 , V_1 , V_2 , D_{11} , D_{12} , D_{21} ,
 D_{22} sont des intensités notées I_{H1} , I_{H2} , I_{V1} , I_{V2} , I_{D11} , I_{D12} , I_{D21}
 et I_{D22} respectivement.

En référence avec la FIG.6A, la combinaison en arbre des
 résultats des filtres moyenneurs MEAN précédents comprend 2 niveaux
 10 incluant l'introduction dans un filtre médian MED 32.5 à 5 valeurs,
 des intensités moyennes I_{V1} , I_{V2} , I_{H1} , I_{H2} sur les axes horizontal
 et vertical plus l'intensité de $I_0(x_0, y_0)$ du pixel central ; et en
 parallèle, l'introduction dans un filtre médian MED 32.6 à 5
 valeurs, des intensités moyennes I_{D11} , I_{D12} , I_{D21} , I_{D22} sur les deux
 15 directions diagonales plus l'intensité $I_0(x_0, y_0)$ du pixel central.
 Ces deux filtres médians fournissent respectivement les intensités
 résultantes R1 et R2, terminant le premier niveau de l'arbre.

Les deux intensités R1 et R2 calculées au premier niveau
 de l'arbre sont introduites, avec l'intensité $I_0(x_0, y_0)$ du pixel
 20 central dans un nouveau filtre médian MED 33, à 3 valeurs, qui
 fournit l'intensité résultante $R_0(x_0, y_0)$ à appliquer comme valeur
 d'intensité filtrée sur le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$.

En référence avec la FIG.6B, la combinaison comprend
 également 2 niveaux, mais elle n'est appliquée que sur les moyennes
 25 d'intensité I_{V1} , I_{V2} , I_{H1} , I_{H2} relatives aux seules directions
 verticales et horizontales respectivement. Cette combinaison
 comprend l'introduction des moyennes d'intensité I_{V1} , I_{V2} plus
 l'intensité $I_0(x_0, y_0)$ bruitée du pixel central dans un filtre médian
 MED 32.1 a 3 valeurs pour fournir une intensité résultante R1 ; et
 30 l'introduction des moyennes d'intensité I_{H1} , I_{H2} en parallèle dans
 un filtre médian MED 32.2 a 3 valeurs pour fournir une intensité
 résultante R2.

Les intensités R1 et R2 calculées au premier niveau de
 l'arbre sont introduites, avec l'intensité $I_0(x_0, y_0)$ du pixel
 35 central dans un nouveau filtre médian MED 33.1, à 3 valeurs, qui
 fournit l'intensité résultante $R_0(x_0, y_0)$ à appliquer comme valeur
 d'intensité filtrée sur le pixel courant $P_0(x_0, y_0)$.

On peut, dans une combinaison non représentée, remplacer les valeurs de moyennes d'intensité I_{V1} , I_{V2} , I_{H1} , I_{H2} dans la FIG.6B par les moyennes obtenues dans les mêmes conditions sur les deux diagonales, soit respectivement I_{D11} , I_{D12} , I_{D21} , I_{D22} , pour
5 former une autre combinaison de filtres à deux niveaux sur seulement deux axes qui sont celles des deux diagonales.

En référence avec la FIG.6C, la combinaison en arbre comprend 3 niveaux. Les deux premiers niveaux sont constitués comme décrit en relation avec la FIG.6B de la combinaison des filtres sur
10 les deux axes horizontal et vertical et donne par MED 33.1 un résultat R3 ; et en parallèle comme décrit plus haut, de la combinaison des filtres sur les deux axes diagonaux et donne par MED 33.2 un résultat R4.

Le premier résultat R_3 et le second résultat R_4 sont
15 ensuite combinés avec l'intensité bruitée $I_0(x_0, y_0)$ du pixel courant, dans un filtre médian MED 34 à 3 valeurs, pour donner en sortie de ce troisième niveau, l'intensité résultante $R_0(x_0, y_0)$ à appliquer comme valeur d'intensité filtrée sur le pixel courant
20 $P_0(x_0, y_0)$.

REVENDEICATIONS:

1. Procédé de traitement spatial d'images, pour la réduction du bruit d'une image (J) numérisée, mémorisée sous forme de matrice bidimensionnelle de pixels $[P(x,y)]$, ayant des valeurs d'intensité $[I(x,y)]$ numérisées bruitées, ce procédé comprenant des
- 5 étapes de :
- a) localisation d'un pixel de l'image, appelé pixel courant $[P_0(x_0, y_0)]$ de coordonnées (x_0, y_0) dans la matrice bidimensionnelle,
 - b) définition d'une fenêtre glissante $[WD(x_0, y_0)]$, dans
 - 10 l'image (J), centrée sur le pixel courant $[P_0(x_0, y_0)]$,
 - c) définition, dans cette fenêtre glissante, d'une série comprenant un nombre (N), fixe ou aléatoire, égal ou supérieur à 1, de filtres élémentaires orientés $[F_1, F_2, \dots, F_N ; V_1, V_2, H_1, H_2, D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}]$ appelés filtres élémentaires orientés aléatoires
 - 15 qui ont un axe d'orientation $[P_0Z_1, P_0Z_2, \dots, P_0Z_N]$ passant par ce pixel courant, chaque filtre étant respectivement muni de caractéristiques dont une ou plusieurs sont aléatoires, ces caractéristiques incluant :
 - un angle d'orientation $[\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_N]$ entre l'axe
 - 20 d'orientation $[P_0Z_1, P_0Z_2, \dots, P_0Z_N]$ et un axe de référence (OX) défini dans la matrice bidimensionnelle,
 - un support de taille définie en nombre de pixels, ayant une longueur parallèle à l'axe d'orientation et une largeur perpendiculaire à cet axe,
 - d) estimation d'une combinaison linéaire (MEAN) des intensités
 - 25 des pixels sur les supports des filtres élémentaires individuellement,
 - e) combinaison des résultats des filtres élémentaires pour fournir un résultat constituant l'intensité filtrée $[R_0(x_0, y_0)]$ à
 - 30 appliquer au pixel courant,
 - f) répétition des étapes précédentes en chaque pixel de l'image (J).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel :
- dans l'étape c) de définition des filtres, les supports sont
- 35 monodimensionnels, les pixels étant alignés sur les axes d'orientation dans ces supports.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel :
 dans l'étape c) de définition des filtres, les axes
 d'orientation [$P_0Z_1, P_0Z_2\dots$] sont fixes et sont régulièrement
 répartis dans l'espace, et le nombre (N) fixe ou aléatoire, des
 5 filtres élémentaires est inférieur ou égal au nombre (N_{\max}) des axes
 d'orientation, ces filtres élémentaires utilisant ces axes
 d'orientation de manière fixe ou aléatoire.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans
 lequel :
 10 dans l'étape c) de définition des filtres, chaque support de
 filtre est positionné pour inclure le pixel courant, ce procédé
 comprenant en outre, entre l'étape c) et l'étape d), une étape de :
 c') sélection (SIG, KNN) des pixels en fonction de leur
 intensité sur chaque support de filtre élémentaire, selon un critère
 15 qui retient les pixels d'intensité proche de celle du pixel courant
 et qui permet d'estimer leur appartenance à un même objet de
 l'image.
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel :
 dans l'étape c) de définition des filtres, les
 20 caractéristiques potentiellement aléatoires dont sont munis les
 filtres, incluent :
 une asymétrie du support par rapport au pixel courant,
 des coefficients des filtres liés à des coefficients de
 pondération des intensités des pixels,
 25 et dans l'étape b) de définition de la fenêtre, les
 caractéristiques potentiellement aléatoires incluent :
 un sous-échantillonnage des pixels de la fenêtre avec un
 pixel de départ de ce sous-échantillonnage aléatoire.
6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, dans
 30 lequel :
 dans l'étape c') de sélection des pixels, le critère retient
 les pixels qui ont une intensité [$I(x_0+u, y_0+v)$] telle que la valeur
 absolue de la différence entre ladite intensité et l'intensité
 [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant est inférieure à un multiple (k) de
 35 l'écart type du bruit (σ_B) dans l'image (J).
7. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, dans
 lequel :

dans l'étape c') de sélection des pixels, le critère retient les pixels, en un nombre donné (K) dans le support, et ces pixels ayant des intensités les plus proches de celles du pixel courant.

8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, dans lequel :

5 dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison est effectuée par un filtre moyenneur (MEAN), fournissant la valeur d'intensité moyenne de tous ces résultats, en un niveau de combinaison.

10 9. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, dans lequel :

dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison est effectuée par un filtre médian (MED), fournissant la valeur d'intensité médiane de tous ces

15 résultats, en un niveau de combinaison.

10. Procédé selon la revendication 3, dans lequel :

dans l'étape c) de définition de filtres,

les axes d'orientation fixes sont au nombre de quatre, disposés selon la ligne, la colonne, et les deux diagonales passant

20 par le pixel courant,

les supports des filtres élémentaires ont des angles d'orientation fixes, utilisant ces axes d'orientation fixes,

les supports sont positionnés pour exclure le pixel courant, étant disposés de part et d'autre du pixel courant, sur la

25 ligne (H_1, H_2), sur la colonne (V_1, V_2) sur la première diagonale (D_{11}, D_{12}) et sur la seconde diagonale (D_{21}, D_{22}) passant par le pixel courant,

le pixel courant, central dans la fenêtre $[W_D(x_0, y_0)]$, est considéré comme un support particulier,

30 et dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison prend en compte l'intensité du pixel courant.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel :

dans l'étape c) de définition des filtres, les

35 caractéristiques potentiellement aléatoires dont sont munis les filtres incluent :

une différence des longueurs individuelles des supports

de filtres disposés selon le même axe d'orientation de part et d'autre du pixel courant,

des coefficients des filtres liés à des coefficients de pondération des intensités des pixels,

5 et dans l'étape b) de définition de la fenêtre, les caractéristiques potentiellement aléatoires incluent :

un sous-échantillonnage des pixels de la fenêtre avec un pixel de départ de ce sous-échantillonnage aléatoire.

12. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, dans
10 lequel :

dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison est effectuée :

sur un premier niveau, par un filtre médian (MED) à 5
valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_1) des résultats des
15 filtres élémentaires (V_1, V_2, H_1, V_2) portés par la ligne et la
colonne du pixel courant, et de l'intensité $I_0(x_0, y_0)$ du pixel
courant, et en parallèle, par un autre filtre médian (MED) à 5
valeurs fournissant l'intensité médiane (R_2) des résultats des
filtres élémentaires ($D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}$) portés par les diagonales
20 passant par le pixel courant, et de l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel
courant,

et sur un second niveau par un filtre médian (MED) à 3
valeurs, fournissant l'intensité médiane [$R_0(x_0, y_0)$] des résultats
(R_1, R_2) des deux premiers filtres médians au premier niveau, et de
25 l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant.

13. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, dans
lequel :

dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison est effectuée :

30 sur un premier niveau, par un filtre médian (MED) à 3
valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_1) des résultats des
filtres élémentaires (V_1, V_2) porté par la ligne du pixel courant
et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant ; et en parallèle par un
autre filtre médian (MED) à 3 valeurs fournissant l'intensité
35 médiane des résultats des filtres élémentaires (H_1, H_2) portés par
la colonne du pixel courant et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel
courant,

et sur un second niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_3) des résultats (R_1 , R_2) des deux premier filtres médians au premier niveau, et de l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant.

5 14. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, dans lequel :

dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison est effectuée

10 sur un premier niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R'_1) des résultats des filtres élémentaires (D_{11} , D_{12}) portés par une diagonale passant par le pixel courant, et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant ; et, en parallèle, par un autre filtre médian (MED) à 3 valeurs fournissant l'intensité médiane (R'_2) des résultats des filtres
15 élémentaires (D_{21} , D_{22}) portés par l'autre diagonale passant par le pixel courant, et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant,

et sur un second niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_4) des résultats (R'_1 , R'_2) des deux premiers filtres médians au premier niveau, et de
20 l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant.

15. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, dans lequel :

dans l'étape e) de combinaison des résultats des filtres élémentaires, ladite combinaison est effectuée :

25 sur un premier niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_1) des résultats des filtres élémentaires (V_1 , V_2) porté par la ligne du pixel courant et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant ; et en parallèle par un autre filtre médian (MED) à 3 valeurs fournissant l'intensité
30 médiane des résultats des filtres élémentaires (H_1 , H_2) portés par la colonne du pixel courant et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant,

et sur ce même premier niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_1) des résultats des
35 filtres élémentaires (V_1 , V_2) porté par la ligne du pixel courant et l'intensité [$I_0(x_0, y_0)$] du pixel courant ; et en parallèle par un autre filtre médian (MED) à 3 valeurs fournissant l'intensité

médiane des résultats des filtres élémentaires (H_1, H_2) portés par la colonne du pixel courant et l'intensité $[I_0(x_0, y_0)]$ du pixel courant,

5 et sur un second niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_4) des résultats (R'_1, R'_2) des deux premiers filtres médians au premier niveau, et de l'intensité $[I_0(x_0, y_0)]$ du pixel courant,

10 et sur ce même second niveau, par un filtre médian (MED) à 3 valeurs, fournissant l'intensité médiane (R_4) des résultats (R'_1, R'_2) des deux premiers filtres médians au premier niveau, et de l'intensité $[I_0(x_0, y_0)]$ du pixel courant,

15 et sur un troisième niveau, par un filtre médian (MED) à trois valeurs, fournissant l'intensité médiane $[R_0(x_0, y_0)]$ des résultats (R_3, R_4) des deux filtres médians au second niveau et de l'intensité $[I_0(x_0, y_0)]$ du pixel courant.

16. Dispositif pour l'aide à l'observation d'une image médicale, comprenant :

20 une mémoire pour le stockage de l'image sous forme de matrice bidimensionnelle de pixel ayant des valeurs d'intensité numérisées,

un système d'affichage pour l'affichage de l'image,
un système de traitement d'images ayant accès à ladite mémoire, et au système d'affichage,

ce système de traitement d'image étant arrangé pour :

25 a) localiser un pixel courant $[P_0(x_0, y_0)]$ dans la matrice de l'image,

b) définir une fenêtre glissante $[WD(x_0, y_0)]$ centrée sur le pixel courant,

30 c) définir dans cette fenêtre glissante une série de filtres élémentaires orientés aléatoires,

d) estimer une combinaison linéaire ou une moyenne des intensités des pixels sur les supports desdits filtres élémentaires orientés aléatoires,

35 e) combiner les résultats desdites combinaisons linéaires ou moyennes d'intensité pour fournir un résultat constituant l'intensité filtrée $[R_0(x_0, y_0)]$ à appliquer au pixel courant,

f) répéter les étapes précédentes en chaque pixel de l'image.

1/10

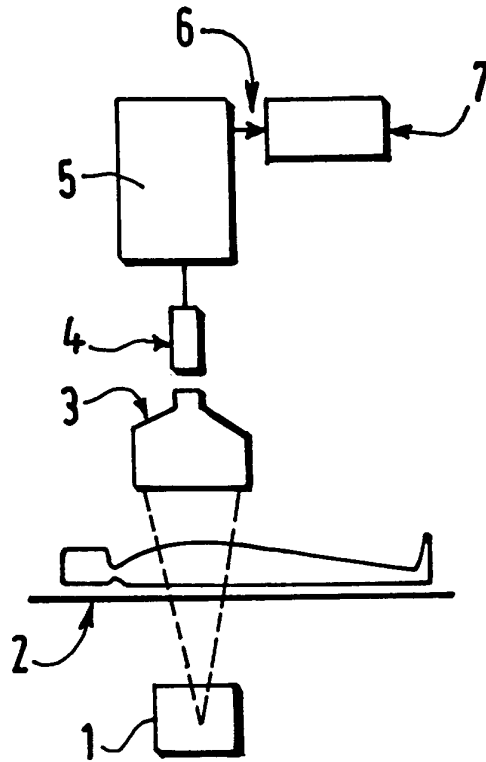


FIG. 1

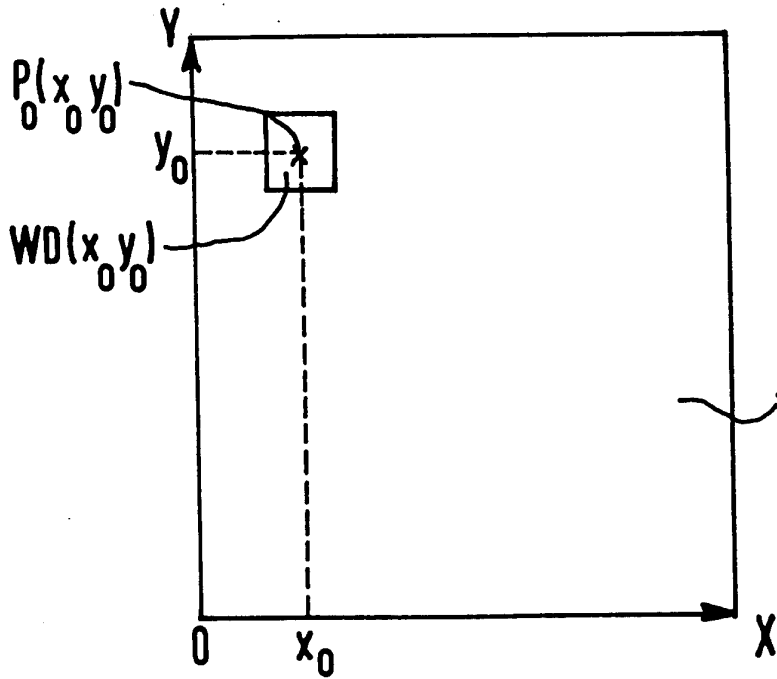


FIG. 2

2/10

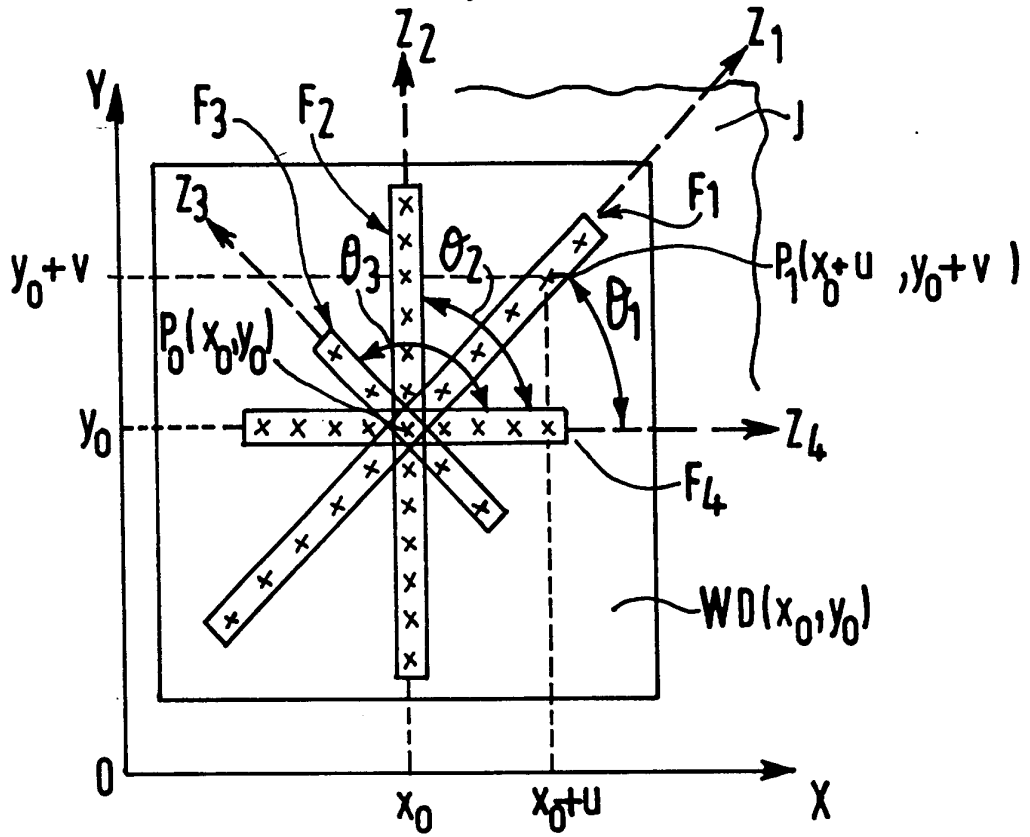


FIG. 3A

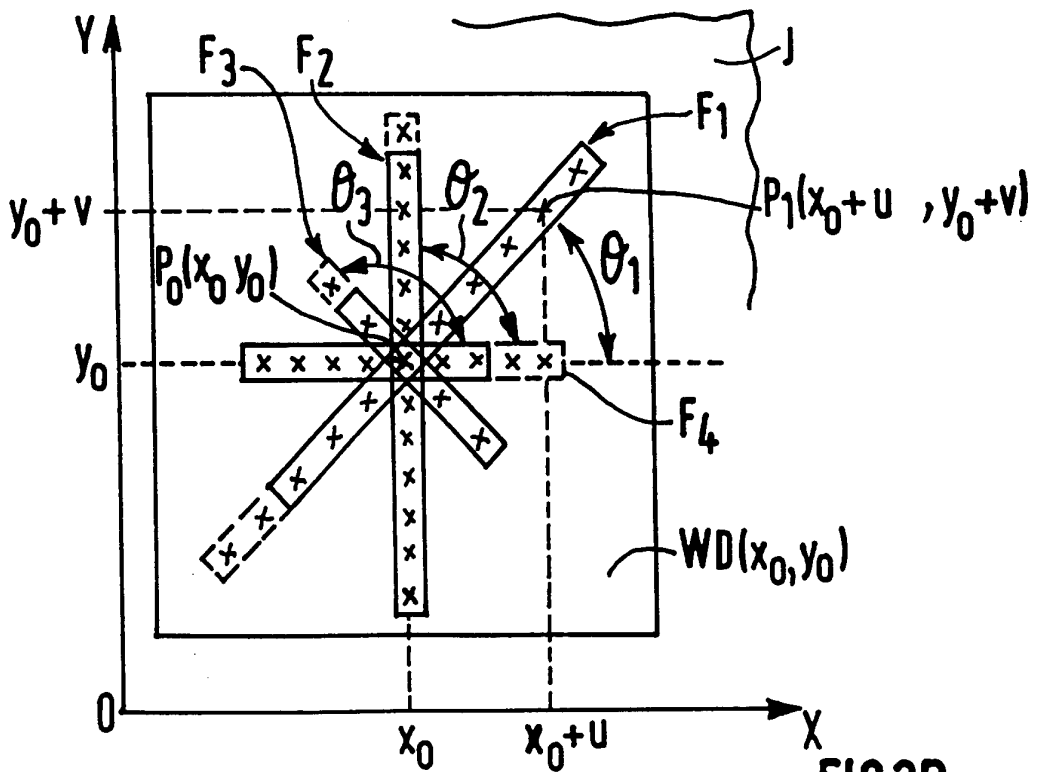


FIG. 3B

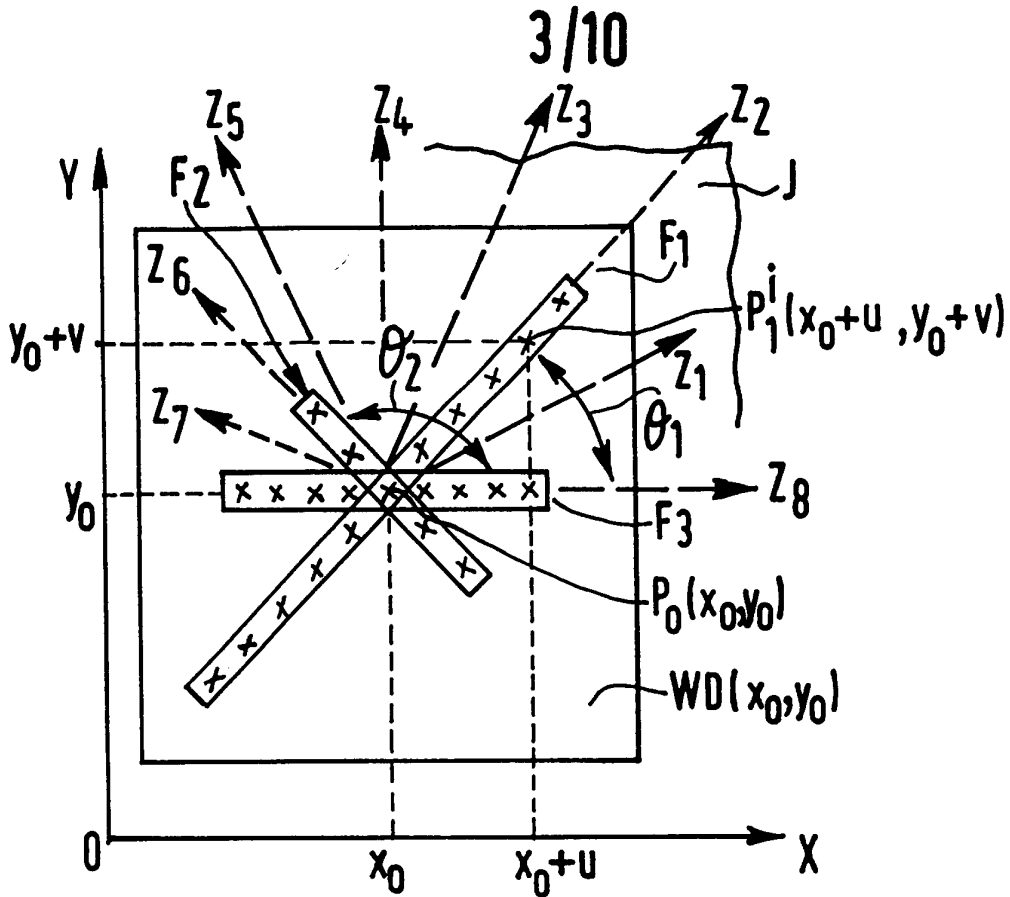


FIG. 3C

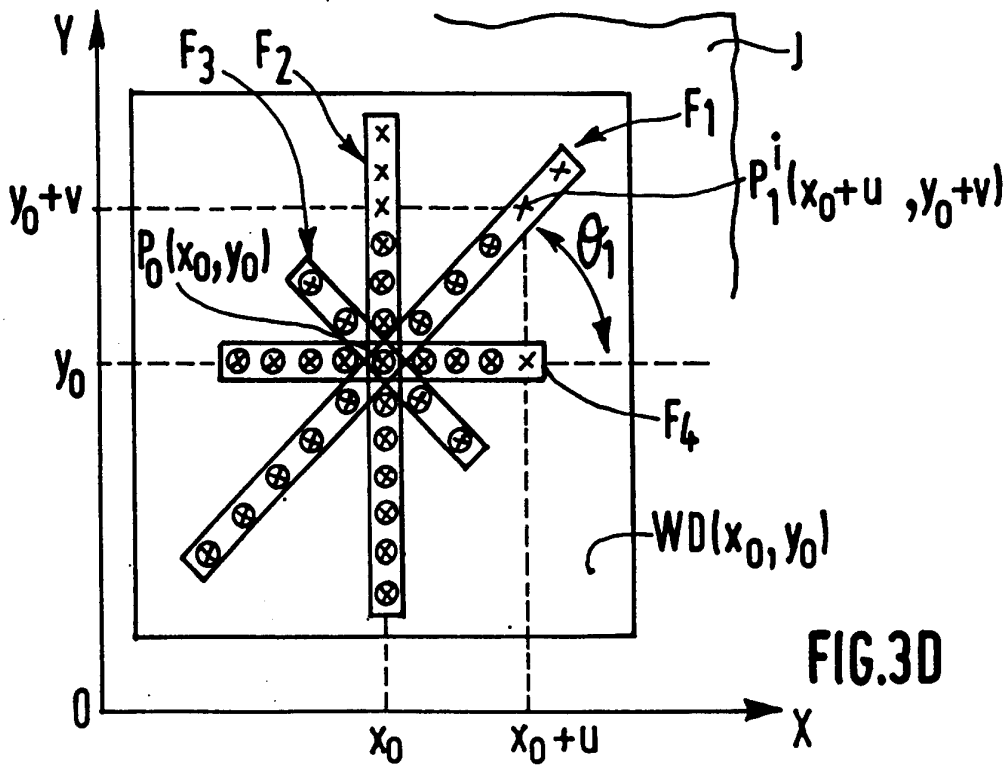


FIG. 3D

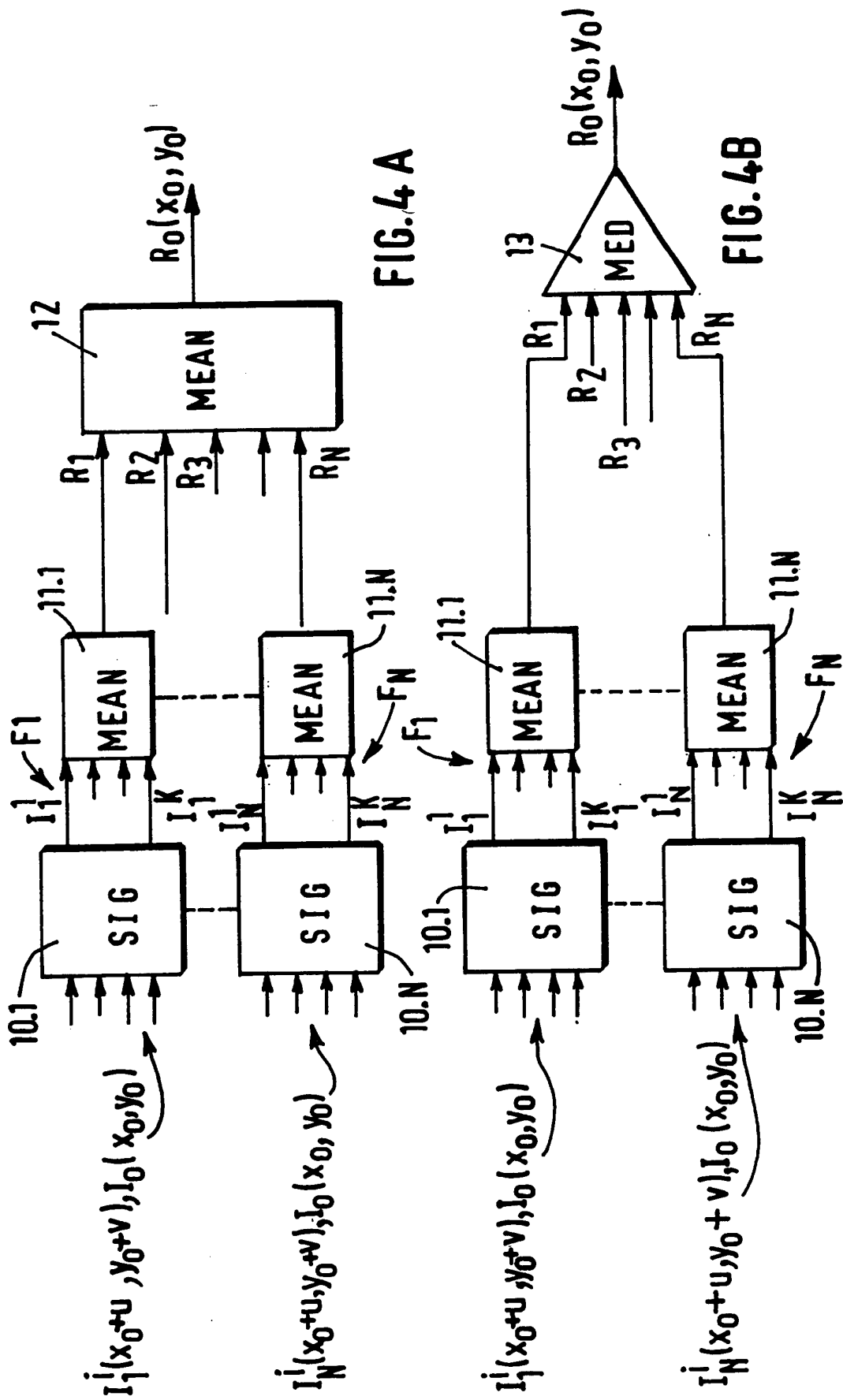


FIG. 4A

FIG. 4B

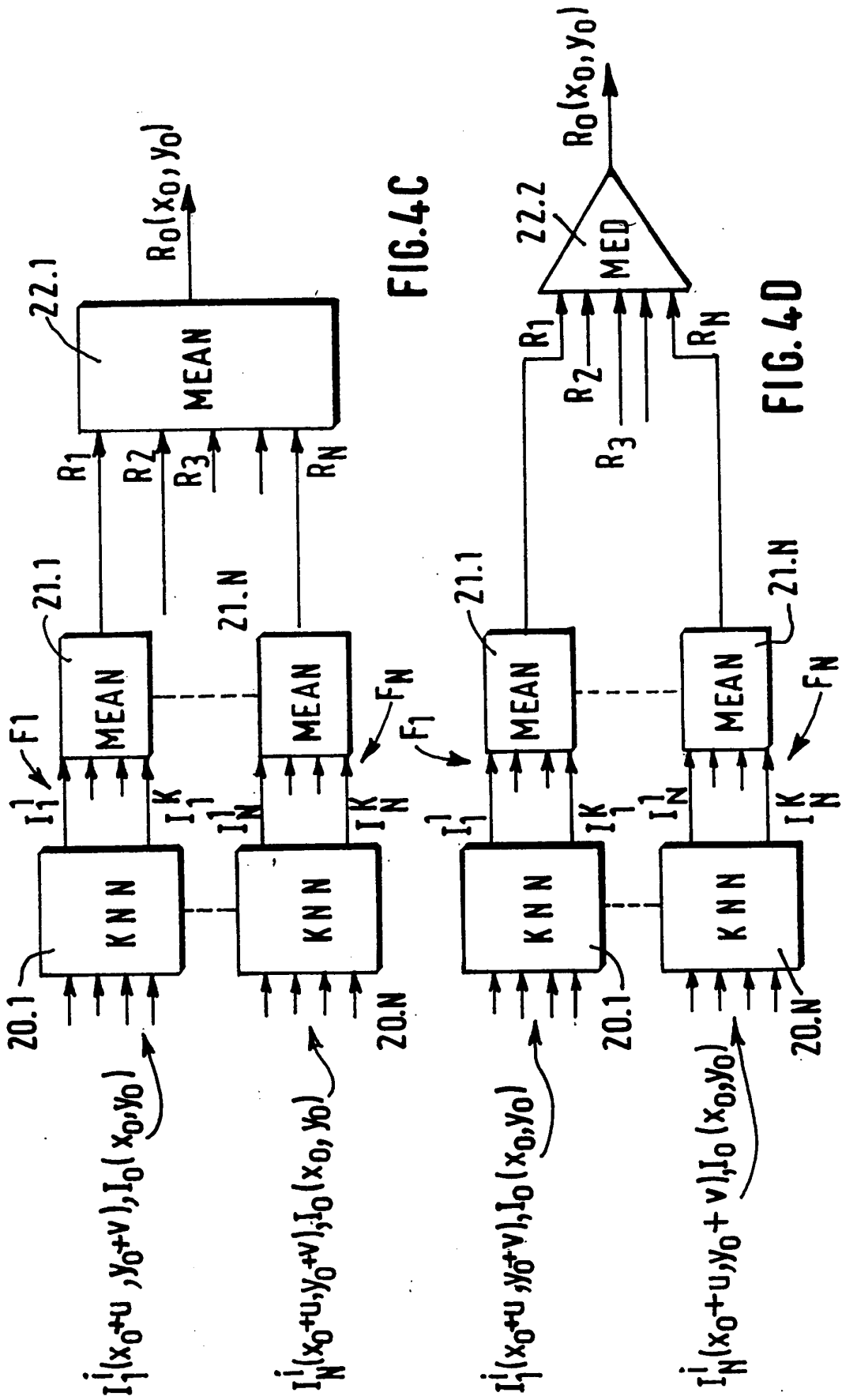


FIG. 4C

FIG. 4D

6/10

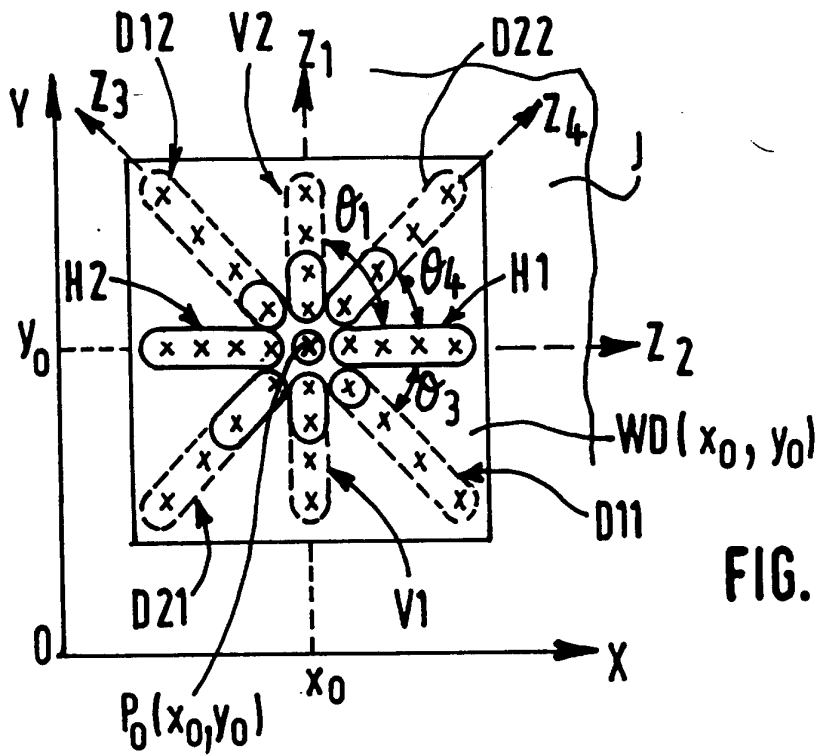


FIG. 5A

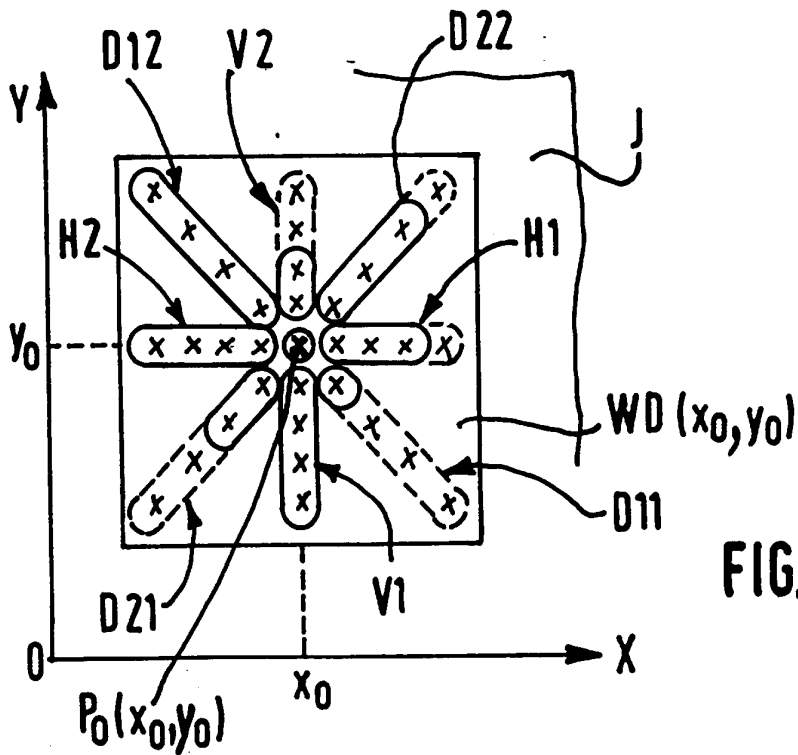


FIG. 5B

7/10

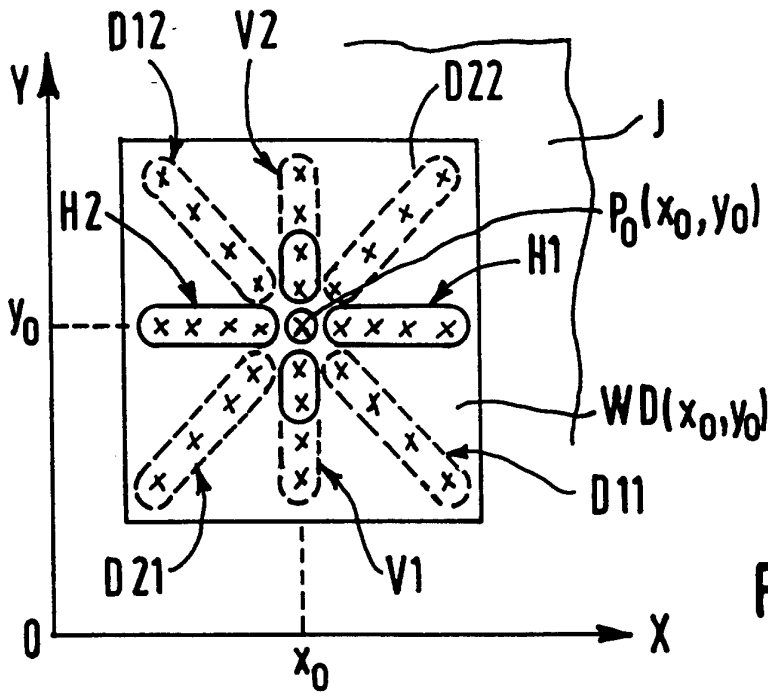


FIG. 5C

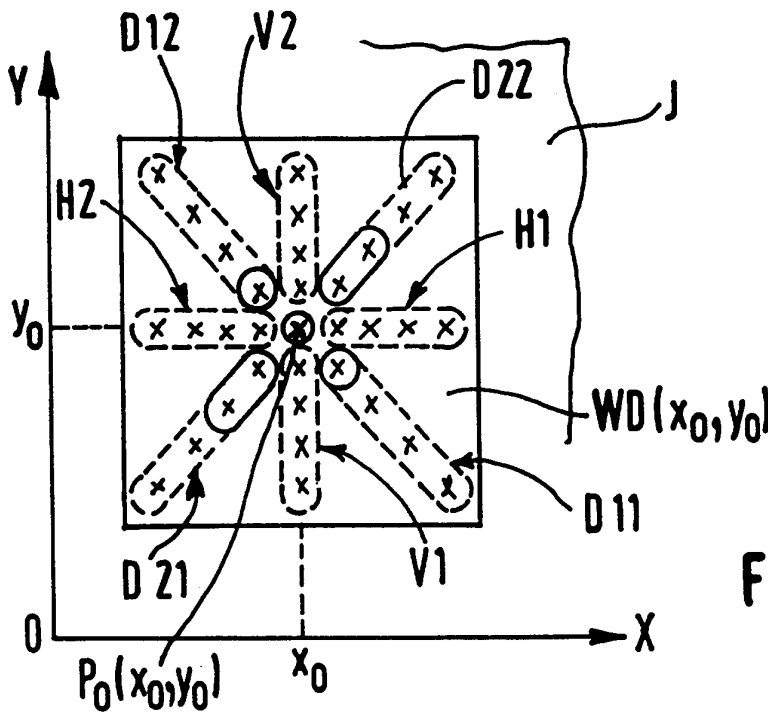


FIG. 5D

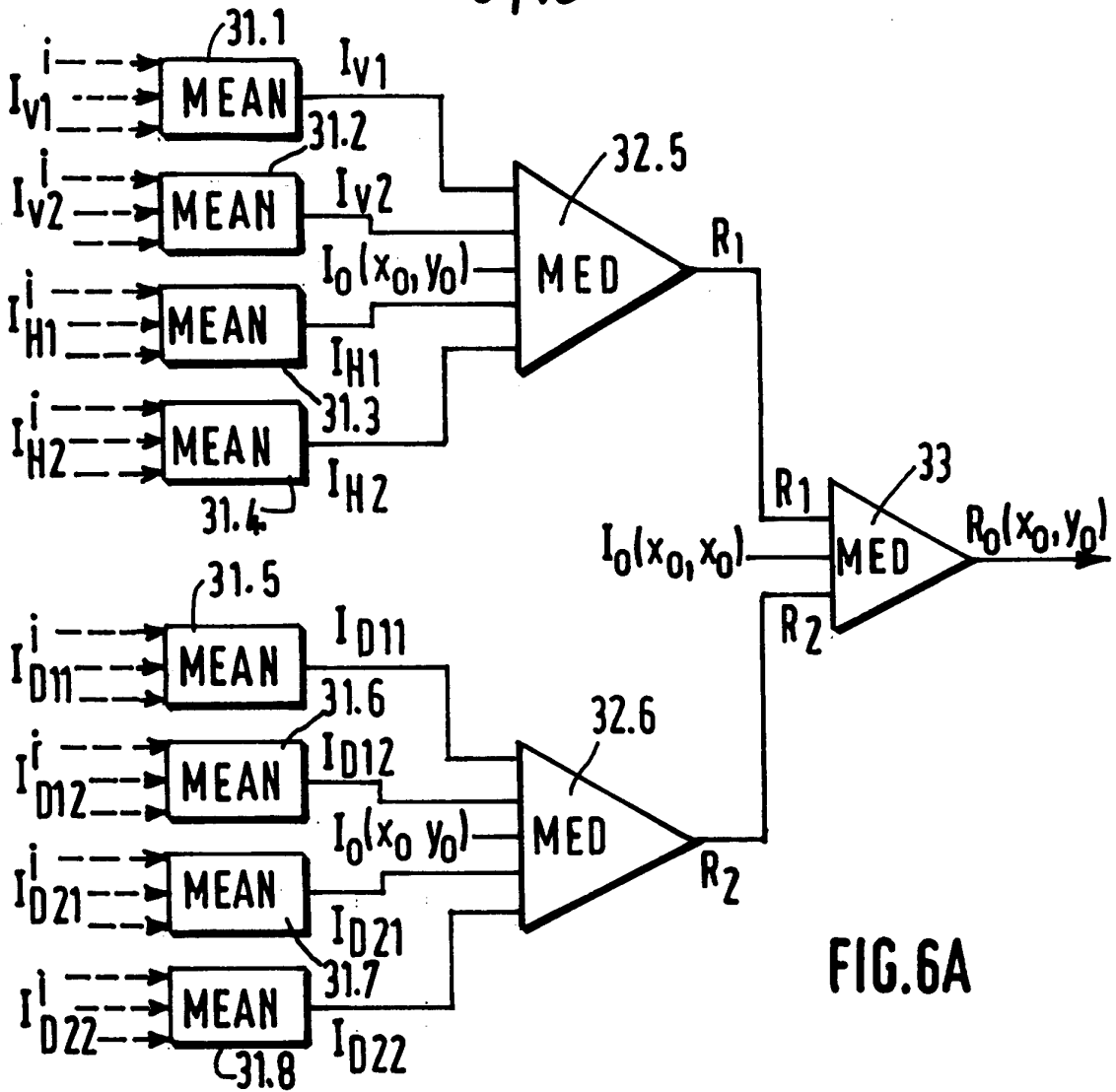


FIG. 6A

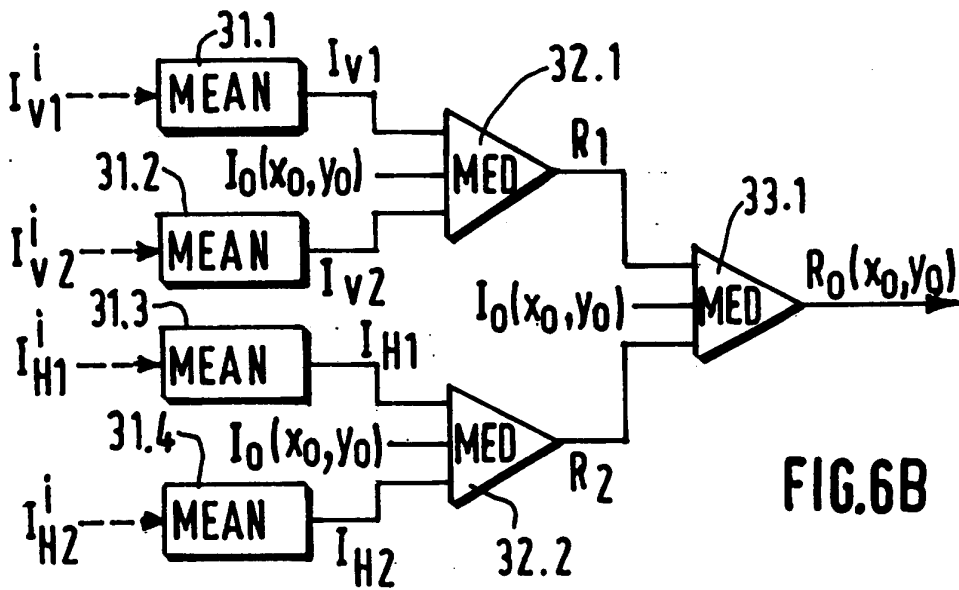


FIG. 6B

9/10

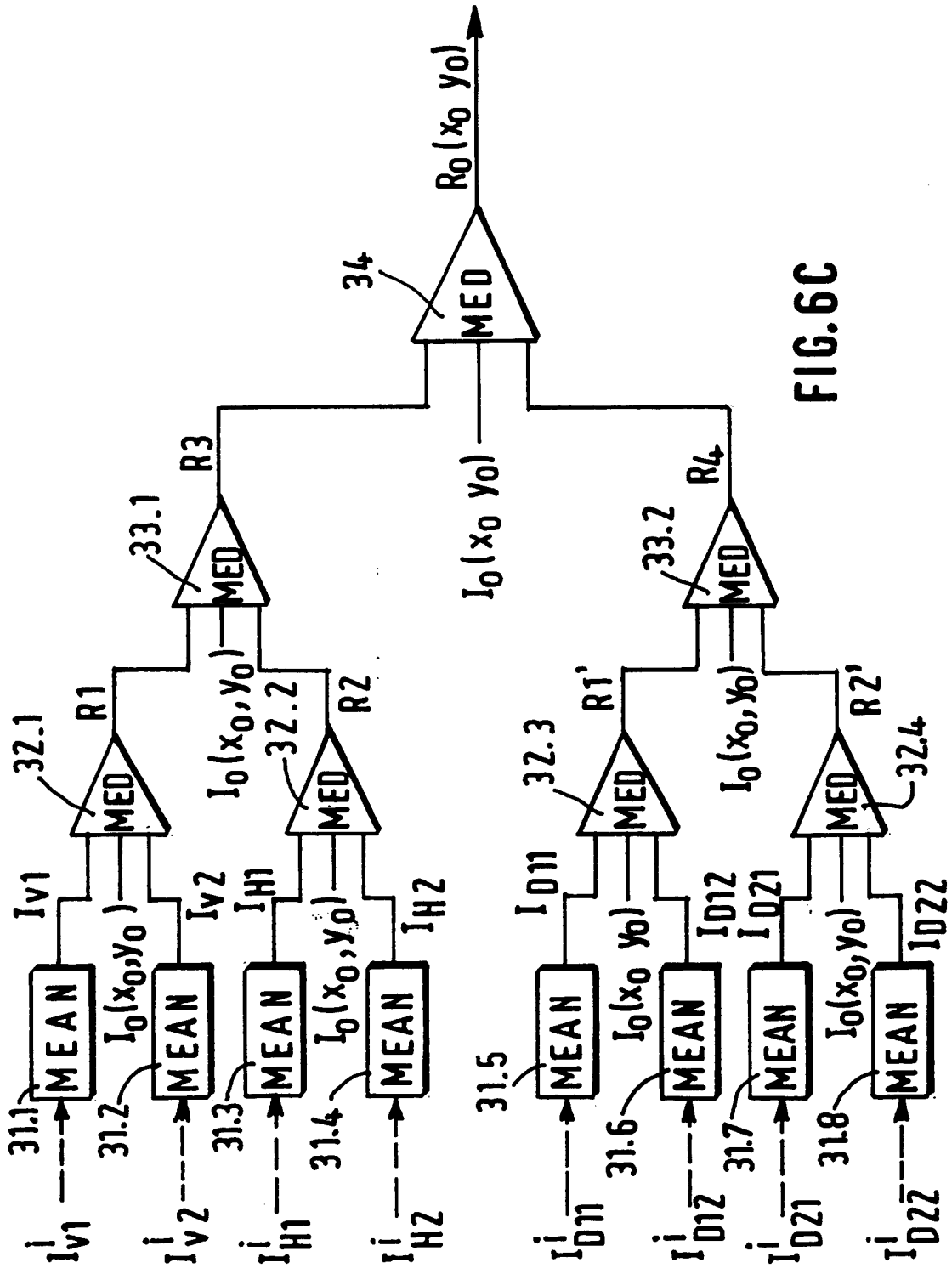


FIG. 6C

10/10

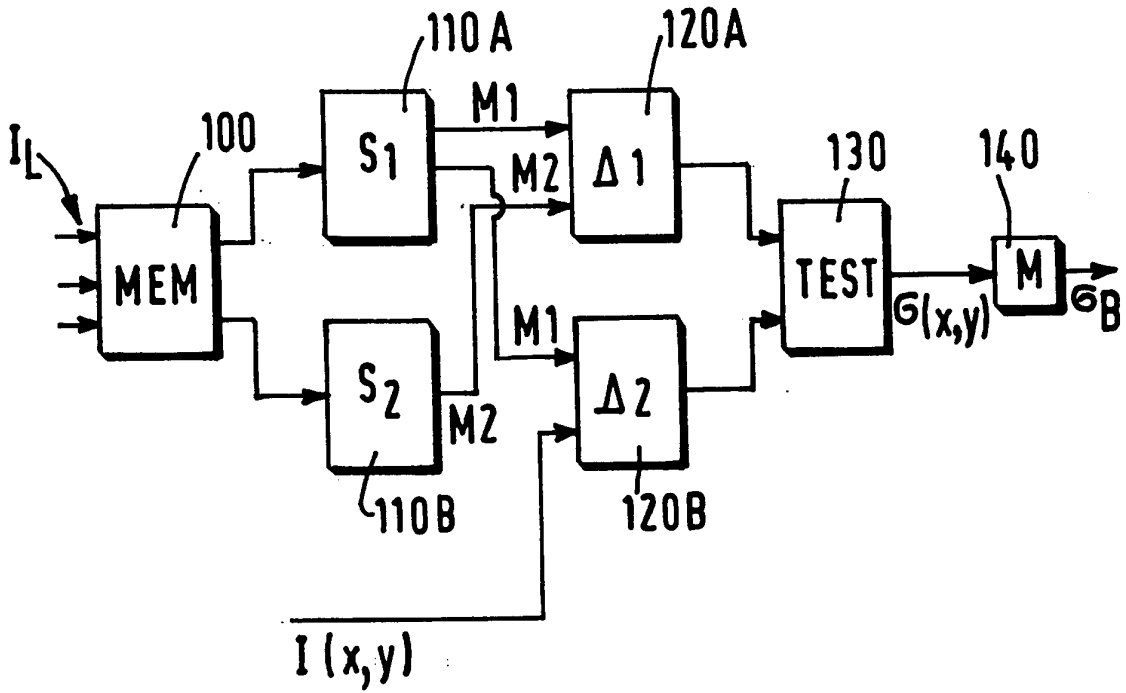


FIG. 7A

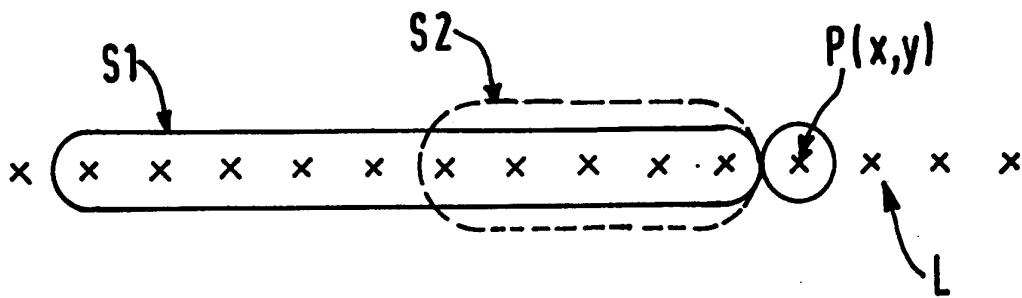


FIG. 7B

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP-A-0 504 633 (HUGHES AIRCRAFT CO.) * colonne 5, ligne 54 - colonne 6, ligne 16; figures 1,5-8 * ---	1-15
A	EP-A-0 352 016 (MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING COMPANY) * page 7, ligne 11 - ligne 34; figure 2 * ---	1-15
A	IEEE TRANSACTIONS IN GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, vol. 26, no. 6, Novembre 1988 NEW YORK, NY, USA, pages 832-838, VASSILIOU A. A. ET AL. 'On the Application of Averaging Median Filters in Remote Sensing' * alinéa I - alinéa II * ---	1-15
A	PROCEEDINGS OF THE 1991 CHINA INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIRCUITS AND SYSTEMS, vol. 2, 16 - 17 Juin 1991 SHENZHEN, CHINA, pages 793-796, HONBING ZHOU ET AL. 'Weighted FIR Median Hybrid Filters for Image Processing' * alinéa 2; figures 1-3 * ---	1-15
D,A	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE , vol. PAMI-9, no. 1, Janvier 1987 pages 74-90, NIEMINEN A. ET AL. 'A New Class of Detail-Preserving Filters for Image Processing' * abrégé * * alinéa II; figures 3-5,7,8 * -----	1-15
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
27 Mars 1996		Gonzalez Ordenez, O
<p style="text-align: center;">CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général 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 ----- & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1
EPO FORM 1503 (01.82) (POMC13)