

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.07.93.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 27.01.95 Bulletin 95/04.

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 Société Anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : Florent Raoul et Breitenstein Jacques.

73 Titulaire(s) :

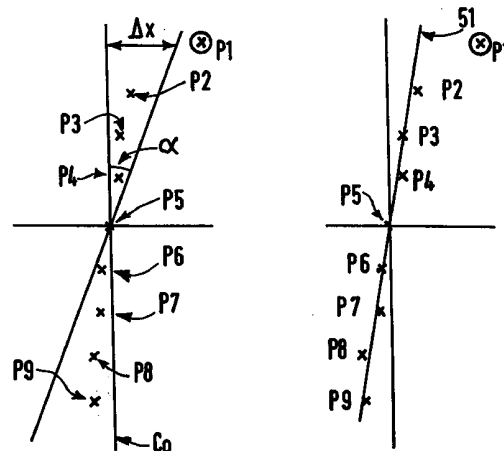
74 Mandataire : Lottin Claudine Société Civile S.P.I.D.

54 Procédé de traitement d'images numérisées en imagerie de rayons X pour détecter le bord d'une région masquée par un volet de champ.

57 Procédé de traitement d'images numérisées en imagerie de rayons X, pour identifier chaque bord d'une ou plusieurs régions masquées par un (des) volet(s) de champ limitant verticalement, et/ou horizontalement le champ de l'image de rayons X, comprenant au moins les étapes de:

- 1) Identification d'un ensemble de pixels meilleurs candidats pour être des points du bord du volet.
- 2) Estimation de la meilleure ligne droite pour constituer le bord de la région de volet de champ.
- 3) Prise d'une décision relative à la présence, ou à l'absence d'un bord de région de volet correspondant à cette droite.

Application: Système d'imagerie médicale numérisée.



"PROCEDE DE TRAITEMENT D'IMAGES NUMERISEES EN IMAGERIE DE RAYONS X POUR DETECTER LE BORD D'UNE REGION MASQUEE PAR UN VOLET DE CHAMP"

**Description :**

La présente invention concerne un procédé de traitement d'images numérisées en imagerie de rayons X pour détecter le(les) bord(s) d'une ou plusieurs régions masquées par un (des) volet(s) de champ limitant verticalement, et/ou  
5 horizontalement le champ de l'image de rayons X, ce (ces) volet(s) de champ restreignant le flux de rayons X émis par une source.

L'invention trouve son application dans l'amélioration des systèmes de radiographies numérisées, pour  
10 applications médicales.

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  
15 domaine de la radiographie, par rapport à la radiographie conventionnelle. Elle donne en effet accès aux nombreuses possibilités offertes par les techniques de traitement numérique d'images.

Un problème se pose dans l'imagerie médicale du fait que, d'une part pour limiter l'irradiation du patient, et  
20 d'autre part pour éviter des effets de saturation d'image, le radiologue peut restreindre l'étendue du flux des rayons X émis par le tube générateur, au moyen de un à quatre volets en plomb dits volets de champ, dont les bords sont orthogonaux. Les  
25 régions masquées par ces volets apparaissent sur les images numérisées sous la forme de régions sombres ou grisées qui encadrent une région image de rayons X proprement dite. Les bords des régions masquées par les volets de champ sont généralement des transitions rectilignes sensiblement  
30 verticales et/ou horizontales, séparant les régions sombres bruitées, correspondant aux régions masquées par les volets de

champ et disposées à la périphérie de l'image numérisée, de la région plus claire disposée au centre de cette image et contenant les détails anatomiques intéressant le praticien.

On désignera ci-après par "région de volet de champ" chaque région masquée par un volet de champ dans l'image numérisée, et par "bord de la région de volet de champ" la limite de cette région vis-à-vis de la région anatomique dans cette image.

L'utilisation des volets de champ résulte dans le fait que les régions de volets de champ contiennent du bruit et rendent les images de rayons X numérisées inconfortables à examiner par le praticien. Dans le but d'augmenter le confort du praticien, il est donc nécessaire d'extraire les bords des régions de volet de champ, puis de noircir ces régions.

Un procédé pour extraire des points situés sur le contour d'un objet représenté sur un fond sombre sensiblement uniforme dans une image numérisée est déjà connu de la demande de brevet européen N°93201547.2. Ce procédé connu comprend le balayage par lignes de l'image, du fond vers l'objet, et le calcul d'un critère appliqué à chaque pixel courant, comprenant le calcul de la moyenne des intensités liées à un certain nombre de pixels à gauche de ce point courant, puis le calcul de la pente des intensités liées à un certain nombre de pixels à droite de ce point courant. Ensuite, le maximum de ce critère est évalué sur chaque ligne, et le pixel correspondant à ce maximum est retenu comme appartenant au bord de l'objet placé sur le fond sombre uniforme.

Ce procédé est insuffisant pour détecter et extraire les bords des régions de volet de champ dans l'image radiographique.

L'image radiographique présente certes certaines similitudes avec l'image traitée dans la demande de brevet cité au titre d'état de la technique. Il s'agit en effet dans le cas du procédé connu et dans le cas de l'invention d'une image d'un objet sur un fond sombre avec une transition fond/objet

généralement abrupte. Mais des difficultés particulières apparaissent dans le cas présent, où le problème se pose de détecter la transition région de volet de champ/image anatomique afin de pouvoir ultérieurement noircir uniformément le fond sombre bruité constitué par la ou les régions de volets de champ.

Ces difficultés résident en particulier dans les faits que :

- les volets de champ sont au nombre de quatre ; ils peuvent être mis en place indépendamment les uns des autres au gré du praticien ; l'image de rayons X numérisée peut donc présenter de 1 à 4 régions de volets de champ, dont la présence doit être détectée par le système de traitement d'images ;
- des zones sombres de formes quelconques peuvent se trouver dans la partie autre que la (les) région(s) de volets de champ, c'est-à-dire dans l'image anatomique elle-même, avec jonction de ces zones sombres et de la (des) région(s) de volets de champ ;
- des zones sombres, ayant des bords relativement rectilignes et parallèles au(x) bord(s) de la (ou des) régions(s) de volet de champ, peuvent se trouver dans l'image anatomique, avec ou sans jonctions de ces zones sombres et des régions de volets de champ ;
- le(s) bord(s) de la (des) région(s) de volet de champ peuvent se trouver inclinés de plusieurs degrés d'angle vis-à-vis de la verticale et/ou de l'horizontale ; en effet le système de formation de l'image peut être désaligné vis-à-vis du système source de rayons X, engendrant des distorsions dans la formation de l'image numérisée ; dans certains cas, en particulier, les bords des régions de volet de champ peuvent former un encadrement trapézoïdal de l'image anatomique ;
- le(s) bord(s) de la (des) région(s) de volets de champ peut (peuvent) apparaître courbé(s) du fait des distorsions dans le système de formation de l'image ;

- le (les) bord(s) de la (les) région(s) de volets de champ peut (peuvent) être flou(s), dû à la diffusion des rayons X, et à la dimension finie de la source de rayons X ;

5 - les images numérisées peuvent être très bruitées et montrer un faible contraste.

Une difficulté très importante réside aussi dans le fait que :

10 - les calculs doivent être réalisés dans un laps de temps très faible qui a été imposé de 0,5 seconde par les fabricants de système de radiologie numérisée, compte tenu des microprocesseurs actuellement utilisés dans ces systèmes.

Ces difficultés particulières ne peuvent être levées par l'application simple du procédé connu.

15 La présente invention a pour but de proposer un procédé de traitement d'images numérisées en imagerie de rayons X pour détecter le(les) bord(s) d'une ou plusieurs régions masquées par un (des) volet(s) de champ limitant verticalement, et/ou horizontalement le champ de l'image numérisée, ce (ces) volet(s) de champ restreignant le flux de rayons X émis par une  
20 source, de manière à pouvoir, par la suite, fournir une image de rayons X traitée et dans laquelle la (les) région(s) de volet de champ est(sont) uniformément noircie(s) pour éliminer le bruit et améliorer le confort du praticien.

25 La présente invention a également pour but de fournir un procédé pour détecter automatiquement la présence ou l'absence de volets de champ, sans que l'opérateur soit obligé d'entrer cette information systématiquement a priori dans le système de radiologie numérisée.

30 La présente invention a aussi pour but de fournir un procédé pour effectuer cette détection en un laps de temps inférieur à 0,5 seconde.

Selon l'invention ces buts sont atteints au moyen d'un procédé tel que défini plus haut et qui comprend au moins les étapes suivantes :

35 1) Identification d'un ensemble de pixels pouvant être

considérés comme les meilleurs candidats pour être des points du bord du volet de champ ;

2) Estimation de la meilleure ligne droite pour constituer le bord de la région de volet de champ comme la ligne droite

5 passant au mieux par les points meilleurs candidats trouvés ;

3) Prise d'une décision relative à la présence, ou à l'absence d'un bord de région de volet correspondant à cette droite.

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

10 - la FIG.1 représente un système de radiologie numérisée ;

- les FIG.2A à 2D représentent quatre images radiographiques numérisées illustrant quatre situations problématiques de détection des bords de régions de volet de champ ;

15 - la FIG.3 représente, en blocs fonctionnels, les différentes étapes du procédé ;

- les FIG.4A et 4B illustrent l'effet de lissage vertical dans l'étape A, phase A1 ;

20 - la FIG.5A illustre la sélection d'un ensemble limité de lignes de traitement dans l'étape A, phase A1 ;

et - la FIG.5B illustre l'identification d'un point pour chacune de ces lignes comme meilleur candidat pour former un point du bord de région de volet dans l'étape A phase A2 ;

25 - la FIG.6A illustre la détermination d'une colonne de l'image numérisée comme droite de test dans l'étape B, phase B1 ;

et - la FIG.6B illustre l'identification de la droite la mieux adaptée pour former le bord de la région de volet dans l'état B, phase B2.

30 En référence avec la FIG.1, le système de radiographie numérisée comprend un générateur 100 de rayons X muni de volets de champ 101 ; une table mobile 102 pour recevoir un patient ; un dispositif intensificateur d'image 103

35 couplé à un tube vidéo 104, qui fournit des données à un

système 105 de traitement numérique d'image comprenant un microprocesseur. Ce dernier comprend plusieurs sorties dont une sortie 106 couplée à un moniteur 107 pour la visualisation de l'image radiographique numérisée.

5 Les FIG.2A, 2B, 2C et 2D illustrent les difficultés qui apparaissent dans le traitement de l'image numérisée, qui est une image carrée de 512 x 512 pixels, ou bien 1024 x 1024 pixels, lesquels sont codés sur par exemple 8 niveaux de gris ou niveaux d'intensité lumineuse, le niveau le plus bas  
10 correspondant aux zones les plus sombres. Ce procédé de traitement est destiné à fournir le bord d'une région de volet de champ, qui forme une ligne 51 sur la radiographie numérisée 50.

15 Sur les figures 2A, 2B, 2C, la région masquée par le volet de champ est une région sombre 54 sur le côté gauche de la radiographie numérisée 50, délimitée par une ligne 51 quasi verticale formant la frontière entre cette région masquée 54 et l'image centrale 53 contenant les informations anatomiques intéressant le praticien. Dans ces cas illustrés,  
20 la région de volet est dite verticale gauche.

En référence avec la FIG.2A, l'image numérisée 50 peut contenir dans la région anatomique 53 une zone sombre 52 sans recouvrement avec la région sombre 54, ce qui peut résulter en la détection sur la ligne de balayage L d'un point  
25 de bord erroné A2, à la place du point meilleur candidat A1 pour être sur le bord 51 de région de volet de champ 54.

En référence avec la FIG.2B, l'image numérisée 50 peut contenir dans la région anatomique 53, une zone sombre 52 avec recouvrement de la région sombre 54, ce qui peut résulter  
30 en la détection, sur la ligne de balayage L, d'un point de bord erroné B2, à la place du point meilleur candidat B1 pour être sur le bord 51 de la région de volet de champ 54.

En référence avec la FIG.2C, l'image numérisée 50 peut contenir dans la région anatomique 53, une ou plusieurs  
35 zone(s) sombre(s) 52, avec ou sans recouvrement de la région

sombre 54, ayant des bords quasi-parallèles au bord 51, ce qui peut résulter en la détection, sur la ligne de balayage L, d'un point de bord erroné C2, à la place du point meilleur candidat C1 pour être sur le bord 51 de la région de volet de champ 54.

5                   En référence avec la FIG.2D, l'image numérisée peut comprendre une région de volet de champ 54a dont le bord 51a est incliné sur la verticale de plusieurs degrés d'angle, généralement 0 à 5° d'angle. Cette image peut comprendre, selon le désir du praticien, en fait 1 à 4 régions sombres de volet  
10 de champ, 54a, 54b, 54c, 54d qui encadrent la région anatomique 53 et qui présentent des bords seulement sensiblement orthogonaux 51a, 51b, 51c, 51d, chacun de ces bords pouvant apparaître inclinés de plusieurs degrés d'angle sur  
15 l'horizontale ou sur la verticale. Dans certains cas, dû au dispositif de formation de l'image, cet encadrement de l'image anatomique 53 peut former un trapèze ou un quadrilatère quelconque. Les bords opposés 51a-51b, et 51c-51d peuvent n'être ni verticaux ou horizontaux, ni parallèles, ni symétriques.

20                   L'invention a pour but de fournir un procédé de traitement de l'image numérique pour détecter le(s) bord(s) 51 de la (des) région(s) de volet de champ, qui vient à bout des difficultés décrites plus haut.

25                   Ce procédé est décrit ci-après dans l'application à la détection d'un bord vertical gauche.

                  Ce procédé pourra être utilisé pour la détection du bord d'une région de volet de champ vertical droit, horizontal supérieur ou horizontal inférieur en appliquant des traitements équivalents avec des symétries appropriées.

30                   En référence avec la FIG.3, qui montre 4 blocs fonctionnels couplés, le procédé pour la détection d'un bord de région de volet vertical gauche comprend les étapes suivantes :

#### ETAPE A : Recherche des points de bords potentiels

                  Cette recherche utilise des hypothèses sur les



propriétés de la région 5<sup>4</sup> masquée par le volet :

- le bord 5<sup>1</sup> de la région de volet de champ est pratiquement vertical avec un écart angulaire possible  $\alpha$  de  $\pm 5^\circ$  d'angle, c'est-à-dire que ce bord peut être incliné sur la verticale d'un angle de 0 à  $5^\circ$  d'un côté ou de l'autre ;
- le bord 5<sup>1</sup> du volet est localisé dans la partie gauche de l'image 5<sup>0</sup> numérisée,
- l'intensité des pixels dans la région masquée 5<sup>1</sup> est plus faible (région sombre) que celle des pixels dans la région non masquée,
- une variation abrupte d'intensité des pixels est attendue en coïncidence avec le bord de la région de volet.

La contrainte de temps de calcul impose une approche en deux phases : une première phase 1 de l'estimation grossière de la position de plusieurs points candidats dans une image sous-échantillonnée, puis une seconde phase de localisation précise par une recherche autour de ces points dans l'image à pleine résolution.

Phase A1 : Détection grossière des pixels candidats pour être des points de bord du volet.

Cette phase A1 correspond au bloc fonctionnel 1 du diagramme de la FIG.3. Dans cette phase du procédé, l'image d'origine contient 512 x 512 pixels, et elle est sous-échantillonnée pour fournir une image de  $64 \times 64$  pixels, en retenant 1 pixel sur 8, dans les directions horizontales ainsi que dans les directions verticales. Cette opération de sous-échantillonnage va permettre de réduire considérablement le temps de calcul. Le prix à payer en est une piètre précision. Mais on verra que la précision nécessaire sera retrouvée dans le déroulement de la phase 2 décrite ultérieurement. L'image de départ peut aussi contenir 1024 x 1024 pixels. Elle sera alors sous-échantillonnée en conséquence.

La phase A1 comprend des étapes de calcul ou opérations qui sont :

A1-a- Le lissage de l'image sous-échantillonnée en utilisant un filtre ayant un noyau vertical rectiligne. En référence avec les FIG.4A et 4B, cette opération est effectuée en additionnant à l'intensité de chaque pixel de l'image

5 d'origine sur la ligne L, l'intensité du pixel immédiatement supérieur situé sur la ligne précédente L-1, et celle du pixel immédiatement inférieur situé sur la ligne L+1 et en en faisant la moyenne. On réalise ainsi une moyenne sur 3 lignes qui permet de conserver les transitions horizontales abruptes et de

10 lisser les transition verticales. Par exemple, en référence avec la FIG.4A, si l'image 50 sous-échantillonnée comprend outre la région de volet 54, une zone sombre 52 dans la région image anatomique 53, cette zone sombre 52 pourrait donner lieu, comme il a été montré plus haut, en référence avec la FIG.2A, à

15 la détection d'un point de bord de région de volet erroné. En référence avec la FIG.4B, ce filtrage vertical permet d'éclaircir cette zone sombre selon 52' en conservant le contraste d'origine entre la région de volet 54 et la région anatomique plus claire 53. La zone maintenant éclaircie 52'

20 n'entrera plus en concurrence avec la région sombre 54 pour la détection des points de bord.

A1-b- La sélection d'un ensemble de 9 lignes parmi les 64 lignes de l'image sous-échantillonnée. Par exemple on peut sélectionner les lignes numérotées à partir du haut de

25 l'image : 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40, 43. En effet, en référence avec la FIG.5A, l'image numérisée 50 peut faire apparaître autour de la région anatomique claire 53, une région sombre 55 formant un encadrement circulaire correspondant au bord du tube intensificateur d'image 103 (FIG.1). Il est donc

30 préférable de choisir les 9 lignes de balayage dans la région centrale de l'image 50, de manière à ce qu'elles montrent des points d'intersection avec la partie centrale 5 du bord de région de volet 51, plutôt qu'avec les extrémités 6 de ce bord, où la région de volet 54 ne peut pas être distinguée

35 de la région sombre 55 due au bord du tube intensificateur

d'image.

Une recherche systématique d'un pixel candidat pour être un point du bord de la région de volet est réalisée sur chacune de ces 9 lignes par le calcul d'un critère mené à bien selon les sous-étapes suivantes, lors du balayage de chaque ligne :

- l'estimation, pour chaque point courant, de l'intensité moyenne du pixel à sa gauche, en prenant la somme des intensités des 4 pixels consécutifs situés à la gauche de ce pixel courant ;

- l'évaluation de la composante horizontale du gradient de l'intensité du pixel courant, en calculant les différences d'intensité entre les 2 pixels consécutifs situés sur la droite du pixel courant ;

- le calcul du rapport entre le gradient d'intensité estimé à droite de chaque point courant, et l'intensité moyenne à gauche ;

- la détermination, pour chacune des lignes sélectionnées, de chacun des 9 pixels correspondant à la valeur maximale du rapport défini précédemment, comme le candidat pour être sur le bord du volet.

Phase A2 Localisation précise des 9 pixels candidats pour être des points du bord.

Cette phase correspond au bloc fonctionnel 2 de la FIG.3. A l'issue de la phase A1, un ensemble de 9 pixels, candidats pour être des points du bord, et approximativement localisés, ont été obtenus. En référence avec la FIG.5B, la phase A2 a maintenant pour but de réaliser avec précision la localisation de 9 meilleurs candidats pour être des points du bord de la région de volet, en remplaçant d'abord les 9 points précédemment identifiés dans l'image d'origine avec 512 x 512 pixels (ou 1024 x 1024 éventuellement).

Une recherche locale autour de chacun des 9 candidats précédents est réalisée sur les lignes L1 à L9 de chacun des points, à l'intérieur d'un voisinage de 17 pixels,

c'est-à-dire sur le pixel ancien candidat de l'image sous-échantillonnée à  $64 \times 64$  pixels, maintenant replacé dans l'image d'origine, et sur 8 pixels à sa droite et 8 pixels à sa gauche de l'image d'origine ( $512 \times 512$  ou  $1024 \times 1024$ ). Les opérations réalisées dans cette seconde phase sont très semblables aux opérations menées à bien dans la première phase, à savoir :

5  
10  
A2-a- Lissage vertical par l'addition des intensités des voisins verticaux, un voisin supérieur et un voisin inférieur et calcul de la moyenne ;

A2-b- Calcul de la somme des intensités des 4 pixels situés à la gauche de chaque pixel courant ;

15  
A2-c- Calcul du gradient d'intensité à droite de chaque pixel courant en utilisant le point courant ainsi que 2 voisins à sa droite ;

A2-d- Calcul du rapport entre le gradient et la somme définis ci-dessus ;

20  
A2-e- Détermination de 9 nouveaux points de bord comme étant ceux pour lesquels le rapport calculé en A2-d est maximum parmi les 17 pixels de chaque voisinage, sur chacune des 9 lignes L1 à L9.

**ETAPE B : Détermination de la droite la mieux adaptée à constituer le bord de la région de volet**

25  
Cette détermination est effectuée dans le bloc fonctionnel 3, de la FIG.3.

A l'issue de l'étape précédente, on dispose d'un ensemble de 9 points P1 à P9 localisés avec précision, meilleurs candidats pour se trouver sur le bord de la région de volet, par lesquels il est possible de faire passer une ligne droite pouvant représenter le bord de la région de volet.

30  
Cependant, un certain nombre de difficultés ont pu se présenter dans l'étape précédente A et avoir résulté en l'estimation de points meilleurs candidats qui ne sont cependant pas sur un bord de région de volet, ce qui conduirait

à une solution erronée pour la détermination de la meilleure droite pour le bord de la région de volet. Ces problèmes sont en particulier ceux qui ont été décrits précédemment en référence avec les FIG.2 :

5                   - la région non masquée, c'est-à-dire l'image anatomique 53, peut comprendre des zones sombres 52 qui ont ou non un recouvrement avec la région masquée 54 ; par exemple en référence avec la FIG.2A ou la FIG.2B, un point erroné A2 ou B2 risque d'être détecté au lieu du point A1 ou B1 de bord 51 de  
10 région de volet ;

                  - la région image anatomique 53 peut comprendre des zones sombres 52 qui ont elles-mêmes un bord sensiblement parallèle au bord 51 de la région de volet, et qui apparaissent sur des parties 53 plus claires, ces zones sombres 52  
15 recouvrant ou non la région de volet 54 ; par exemple, en référence avec la FIG.2C, le point erroné C2 risque d'être détecté au lieu du point C1 de bord de région de volet ;

                  - le bord 51 de la région de volet peut être flou à cause de la diffusion des rayons X et de la taille de la  
20 source,

                  - le bord 51 de la région de volet peut être légèrement courbe en raison des distorsion du système de détection,

                  - les images numérisées peuvent être bruitées et  
25 avoir un contraste faible ;  
et d'autre part :

                  - le bord de la région de volet peut être incliné sur la verticale ; par exemple en référence avec la FIG.2D, le bord 51 de la région de volet 54 peut être incliné d'un angle  $\alpha$   
30 de  $\pm 5^\circ$  sur la verticale ; c'est pourquoi, la meilleure droite pour le bord de la région de volet n'est pas nécessairement parallèle à une colonne.

                  Il est important de noter que finalement la meilleure droite recherchée aura une précision sub-pixel : en  
35 effet, du fait de son inclinaison possible en particulier, elle

ne passera pas nécessairement par des pixels ; d'autre part, si elle n'est pas inclinée, elle ne sera pas nécessairement en coïncidence avec une colonne.

5 Les difficultés décrites plus haut ont conduit à choisir, pour le calcul de la droite, une méthode itérative.

La présente ETAPE B détermine la meilleure ligne droite adaptée à passer par les 9 points meilleurs candidats déterminés dans l'ETAPE A. Cependant, des pixels candidats qui se trouveront trop loin de cette ligne dite meilleure ligne droite adaptée à passer par la majorité des autres pixels, seront considérés comme aberrants et seront rejetés.

10 La procédure de calcul itérative, choisie pour mener à bien cette étape, représente un compromis entre la précision et les contraintes de temps de calcul. Elle comprend trois phases :

15 - une première phase B1 de détermination d'une droite approximative choisie comme la colonne sur laquelle est aligné le plus grand nombre des pixels meilleurs candidats, cette procédure étant fondée sur l'hypothèse préliminaire que la région de volet de champ a un bord vertical ;

20 - une seconde phase d'élimination des pixels aberrants ;

25 - une troisième phase B3 d'estimation de la meilleure droite adaptée avec précision aux points les plus probables pour donner une équation de cette droite éventuellement inclinée sur la verticale.

Les calculs se déroulent de la façon suivante :

30 Phase B1- On cherche d'abord, pour déterminer approximativement le bord de région de volet supposé vertical, une colonne C0 choisie comme celle du plus grand nombre de pixels, parmi les 9 pixels meilleurs candidats, qui sont déjà alignés verticalement.

35 A cet effet, on examine chacun des 9 pixels affectés de leur numéro de colonne. Pour chaque pixel examiné, on recherche le nombre de ses plus "proches voisins" selon le

critère suivant :

En référence avec la FIG.6B, on se donne une distance  $\Delta x$  en pixels qui est la distance maximale pouvant séparer le point extrême P1, ou le point P9, de la verticale C0, si le bord de la région de volet est incliné de  $\alpha = \pm 5^\circ$  sur la verticale. En pratique  $\Delta x = 8$  pixels.

On recherche ensuite combien chacun des 9 points meilleurs candidats a de "proches voisins" selon un critère qui tient compte de  $\Delta x$ . Par "proches voisins", on entend des pixels dont la colonne est à une distance inférieure à une distance donnée, soit  $\Delta x$ , soit  $\Delta x/2$ , soit  $\Delta x/4$ , de la colonne de chacun des 9 pixels examinés un à un.

Pour chaque pixel examiné, selon ce critère, on évalue le nombre de "proches voisins" dans chaque classe, puis on effectue la somme du nombre des voisins dans chaque classe, c'est-à-dire que pour chacun des 9 pixels meilleurs candidats, on effectue la somme de ceux des autres pixels qui sont à l'intérieur de l'intervalle  $\Delta x$ , plus ceux qui sont à l'intérieur de l'intervalle  $\Delta x/2$ , plus ceux qui sont à l'intérieur de l'intervalle  $\Delta x/4$ .

La colonne C0 est choisie comme celle du (des) pixel(s) qui ont le plus grand nombre de proches voisins selon ce critère, c'est-à-dire pour le(les)quel(s) la somme effectuée comme ci-dessus est maximale.

La première détermination du bord de la région de volet est donc choisie comme une droite verticale située en coïncidence avec la colonne C0 du(des) candidat(s) pour le(s)quel(s) cette somme des proches voisins est la plus élevée.

Phase B2- Dans cette étape on rejette les pixels précédemment retenus meilleurs candidats qui sont maintenant trop éloignés de la droite estimée dans la phase B1. On applique à cet effet les règles suivantes :

Règle 1 : si 4 pixels candidats, ou plus, sont à l'intérieur d'une distance  $\Delta x/4$  à partir de la droite C0 de

bord estimée précédemment, tous les candidats situés à une distance supérieure à  $\Delta x/2$  sont rejetés.

Règle 2 : si les conditions de la règle 1 ne sont pas vérifiées, cette règle 1 est répétée en remplaçant les

5 valeur de  $\Delta x$  par  $2\Delta x$ .

Règle 3 : si aucune des conditions ci-dessus n'est vérifiée, par exemple si moins de 4 pixels candidats peuvent être trouvés à l'intérieur d'une distance  $\Delta x$  à partir du bord estimé ci-dessus, alors on conclut à l'ABSENCE de volet.

10 Par exemple, en référence avec les FIG.6A et 6B, le pixel P1 serait ainsi éliminé comme aberrant en application des règles 1 ou 2.

La séquence de règles décrite ci-dessus est utilisée pour minimiser le temps de calcul. Le procédé de

15 recherche de bord pour la région de volet vertical gauche est interrompu si les conditions de la règle 3 sont vérifiées, du fait qu'une décision d'ABSENCE de volet a été prise.

Phase B3- Les pixels candidats pour le bord qui n'ont pas été rejetés dans la séquence ci-dessus sont utilisés

20 pour localiser le bord de la région de volet, de manière précise. Ce bord est maintenant supposé être une droite qui peut être légèrement inclinée sur la verticale. Pour déterminer l'équation de cete droite, on utilise la procédure itérative suivante :

25 B3-1- : l'estimation initiale de bord de volet est une verticale située au numéro de colonne C0 défini précédemment.

B3-2 : la distance normale  $\Delta_i$  de chaque pixel  $P_i$  candidat non rejeté à la droite précédemment déterminée est

30 calculée. Un coefficient de pondération  $\exp(-\Delta_i^2/2\sigma^2)$  est attribué à chaque pixel  $P_i$ , la valeur du paramètre  $\sigma$  est déterminée de telle manière qu'un coefficient de pondération de 0,5 soit attribué aux pixels extrêmes pour un bord de région de

35 volet désorienté de  $\pm 5^\circ$  sur la verticale. Ces coefficients de pondération sont prévus pour minimiser l'influence de ceux des



pixels qui sont les plus mal alignés avec les autres.  
L'équation d'une nouvelle droite pour constituer le bord de la région de volet est déterminée en utilisant la règle connue des moindres carrés.

5                   B3-3 - La distance  $\Delta_i$  des pixels candidats retenus vis-à-vis de cette nouvelle droite est recalculée.

                  B3.4- Les coefficients de pondération sont recalculés pour la nouvelle distance en utilisant la formule gaussienne de B3-2 et en remplaçant  $q$  par  $q/4$ . Et une nouvelle droite est déterminée pour améliorer l'estimation du bord de la région de volet.

                  B3-5- La distance racine des moindres carrés  $\Delta_p$  des pixels candidats retenus à partir de la dernière estimation du bord du volet est alors calculée. On peut voir apparaître plusieurs situations :

                  - Si  $\Delta_p$  est supérieur à 2.6 pixels, la décision est prise d'ABSENCE de volet. La procédure est TERMINEE. La valeur de 2.6 pixels a été déterminée d'après des essais,

                  - Si tous les 9 pixels candidats pour le bord sont conservés après la procédure ci-dessus, et que  $\Delta_p < 1.2$  pixels, la décision est prise de PRESENCE de volet. La procédure est TERMINEE,

                  - Si 8 pixels candidats pour le bord sont conservés après la procédure ci-dessus, la décision est prise de PRESENCE de volet. La procédure est TERMINEE.

                  - Si aucune des règles précédentes n'est vérifiée la présence de volet est considérée comme AMBIGUE. Et une ETAPE C décrite ci-après est entreprise.

**ETAPE C : processus de décision dans les cas ambigus**

30                   Ce processus est mené à bien dans le bloc fonctionnel 4.

                  A l'issue de la phase 3 précédente, on a un ensemble de pixels candidats pour le bord, et en même temps une détermination précise et robuste de l'équation de la droite la

mieux adaptée pour constituer le bord de la région de volet.

Dans certains cas délicats, la ligne trouvée peut ne pas correspondre à un bord de la région de volet ; il peut par exemple ne pas y avoir de volet dans l'image. Des tests  
 5 complémentaires ont été introduits pour lever ces ambiguïtés. Ces tests prennent en compte les propriétés suivantes des régions masquées :

- l'intensité moyenne est différente de chaque côté du bord de volet,
- 10 - il n'y a pas de structure contrastée à l'intérieur de la région masquée,
- l'intensité moyenne ne peut diminuer du bord d'image au bord de la région de volet.

Les tests introduits se rapportent à chacune de ces  
 15 propriétés. Pour réduire le temps de calcul, on réalise les calculs de ces tests sur l'image sous-échantillonnée avec  $64 \times 64$  pixels.

Premier test : calcul de l'intensité moyenne le long de deux segments de droites verticales, l'une située à droite du bord estimé, et l'autre située à gauche, et  
 20 évaluation du rapport R de ces intensités moyennes.

La longueur commune de ces deux segments de droite est choisie pour être inférieure à la longueur du bord estimé de la région de volet, et pour être compatible avec la forme  
 25 arrondie du dispositif intensificateur d'image. Une intensité moyenne élevée sur le segment situé à droite, et une valeur basse sur le segment situé à gauche est compatible avec la PRESENCE d'un volet.

Second test : Mesure de la valeur maximale d'un Laplacien L sur le segment situé à gauche. Si ce maximum est élevé, cela indiquerait la présence vraisemblable d'une image à gauche de la position suspectée, et cela réduirait la vraisemblance de la présence d'un volet. On réalise une  
 30 combinaison linéaire des mesures effectuées dans le premier test et dans le second test. Ce critère s'écrit :

$$M = W1. R + W2.L$$

5 dans lequel les coefficients W1 et W2 sont fixés de même qu'un seuil  $\Theta$  pour prendre la décision finale. Les valeurs de W1, W2 et  $\Theta$  sont définies à partir de résultats statistiques. Si la mesure du critère M est inférieure au seuil  $\Theta$ , la décision est prise d'ABSENCE de volet. Autrement, on applique le troisième test.

10 Troisième test indépendant : ce troisième test est fondé sur une mesure supplémentaire indépendante. Il a pour but de rejeter les fausses détections de volets. La mesure est définie comme la pente négative maximale de l'intensité des pixels sur une ligne horizontale à gauche du bord présumé de la région de volet. Cette mesure ne doit pas être supérieure à une valeur déterminée expérimentalement  $S_{\max}$ , parce que l'intensité  
15 des pixels ne doit jamais décroître dans la direction perpendiculaire au bord de la région de volet et à sa gauche. Cette mesure permet enfin de lever l'ambiguïté de PRESENCE ou d'ABSENCE de volet.

20 Pour la détection et l'identification des bords des autres régions possibles de volets, vertical droite, horizontal supérieur et inférieur, le procédé de calcul doit être repris en tenant compte des symétries nécessaires.

REVENDEICATIONS :

1. Procédé de traitement d'images numérisées en imagerie de rayons X, pour identifier chaque bord d'une ou plusieurs régions masquées par un (des) volet(s) de champ limitant verticalement, et/ou horizontalement le champ de l'image de rayons X, comprenant au moins les étapes de :
- 5 1) Identification d'un ensemble de pixels pouvant être considérés comme les meilleurs candidats pour être des points du bord du volet de champ ;
- 10 2) Estimation de la meilleure ligne droite pour constituer le bord de la région de volet de champ comme la ligne droite passant au mieux par les points meilleurs candidats trouvés ;
- 3) Prise d'une décision relative à la présence, ou à l'absence d'un bord de région de volet correspondant à cette droite.
- 15 2. Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première étape d'identification des pixels meilleurs candidats comprend les opérations de :
- 20 - sélection d'une pluralité de lignes de traitement ayant une intersection avec le bord de la région de volet,
- calcul sur chaque ligne du maximum d'un critère prenant en compte pour chaque pixel courant une mesure de l'uniformité de l'intensité dans son voisinage vers la région de volet et une mesure de la variation de l'intensité dans son voisinage dans
- 25 la direction opposée ;
- et identification sur chaque ligne du pixel meilleur candidat pour être un point de bord comme celui qui correspond au maximum du critère,
- et en ce que la seconde étape d'estimation de la droite de bord
- 30 comprend les opérations de :
- détermination d'une droite de test correspondant à la colonne de traitement du plus grand nombre de pixels alignés ;
- et détermination de la droite de bord précisément localisée par itération à partir de la droite de test, en affectant aux
- 35 pixels meilleurs candidats un coefficient de pondération

d'autant plus faible que leur distance à la droite de test est plus grande.

3. Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 2, caractérisé en ce que la première étape  
5 d'identification des pixels meilleurs candidats comprend :

- une première phase où les opérations sont menées à bien dans une image sous-échantillonnée pour identifier un ensemble d'un nombre limité de pixels candidats pour être des points du bord approximativement localisé ;
- 10 - une seconde phase où les pixels candidats identifiés dans la première phase sont replacés dans l'image à pleine résolution, et où les opérations sont menées à bien uniquement sur les lignes de traitement correspondant à cet ensemble de pixels candidats, pour déterminer un nouvel ensemble du même nombre  
15 de pixels précisément localisés considérés comme meilleurs candidats pour être des points du bord de la région de volet.

4. Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 3, caractérisé en ce que la première phase de la première étape comprend, avant l'opération de sélection des  
20 lignes de traitement, une opération de filtrage perpendiculaire aux lignes incluant le calcul de la moyenne de l'intensité des pixels de lignes précédant et suivant la ligne de traitement sélectionnée avec l'intensité des pixels courants, et en ce que dans l'une et l'autre de ces phases, l'opération  
25 de calcul du critère comprend le calcul du rapport de la moyenne de l'intensité des pixels dans un voisinage du pixel courant vers la région de volet de champ et du gradient de l'intensité des pixels dans un voisinage dans la direction opposée.

5. Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 4, caractérisé en ce que dans l'opération de détermination précise de la droite de bord, le coefficient de pondération affecté à chaque pixel est déterminé  
30 par une fonction de pondération gaussienne de la distance mathématique entre le pixel considéré et la droite de test, et  
35

à chaque pas d'itération, une régression linéaire des points ainsi pondérés est effectuée, et l'écart type de la fonction gaussienne est diminué pour le calcul des coefficients de pondération ultérieurs.

5           6.           Procédé de traitement d'images numérisées selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la troisième étape de décision comprend une règle de décision fondée sur le calcul de la dispersion des pixels meilleurs candidats vis-à-vis de la meilleure droite de bord estimée,  
10           selon laquelle si la distance mathématique des meilleurs candidats à cette droite est inférieure à un seuil donné, il y a PRESENCE de volet de champ, et absence dans le cas contraire.

          7.           Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 6, caractérisé en ce que, dans les cas ambigus où  
15           le nombre de pixels meilleurs candidats qui vérifient le test précédent est inférieur à un seuil donné, la décision comprend en outre des tests fondés sur des comparaisons de l'intensité d'ensembles de pixels situés de part et d'autre de la meilleure droite de bord estimée.

20           8.           Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 7, caractérisé en ce que, dans les cas ambigus, la troisième étape de décision comprend :  
          - un premier test incluant le calcul de la moyenne des intensités sur les segments de droites situés de part et  
25           d'autre de la meilleure droite de bord estimée et le calcul du rapport de ces moyennes, la décision de PRESENCE de volet étant prise lorsque la moyenne de l'intensité dans la région présumée de volet de champ est faible devant la moyenne de l'intensité dans la région opposée par rapport à la meilleure droite  
30           estimée pour le bord.

          9.           Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 7, caractérisé en ce que, dans les cas ambigus, la troisième étape de décision comprend :  
          - un second test comprenant un filtrage avec un noyau de  
35           fonction Laplacien sur le segment de droite situé dans la

région présumée être la région de volet de champ et le calcul du maximum de cette fonction ;

- la combinaison linéaire des mesures du premier et du second test pour prendre la décision d'absence de volet si un seuil donné n'est pas atteint.

5

10. Procédé de traitement d'images numérisées selon la revendication 9, caractérisé en ce que, dans les cas ambigus la troisième étape de décision comprend un troisième test indépendant fondé sur la mesure du gradient négatif de l'intensité, à partir de la meilleure droite estimée vers la région présumée de volet de champ, pour prendre la décision d'absence de volet de champ si cette mesure est supérieure à un seuil donné.

10

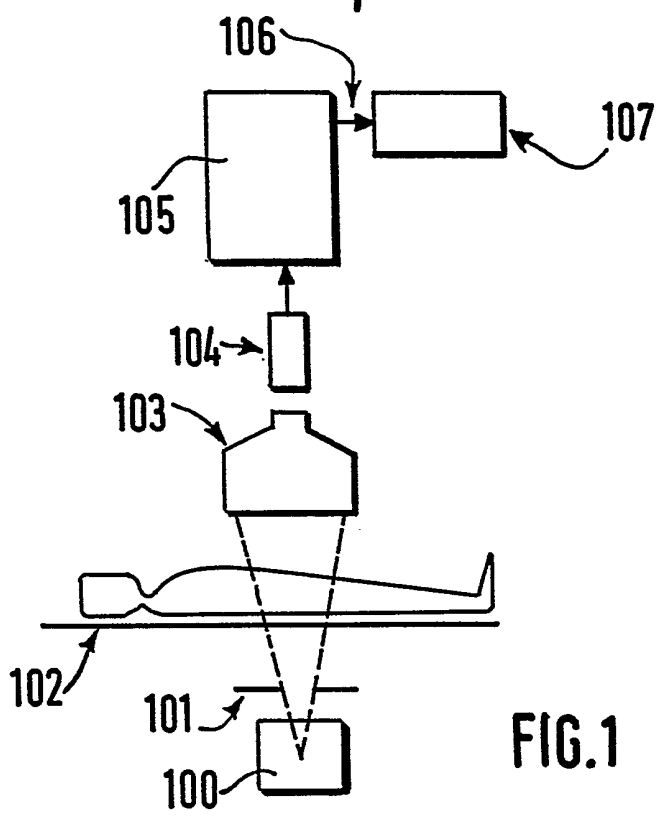


FIG. 1

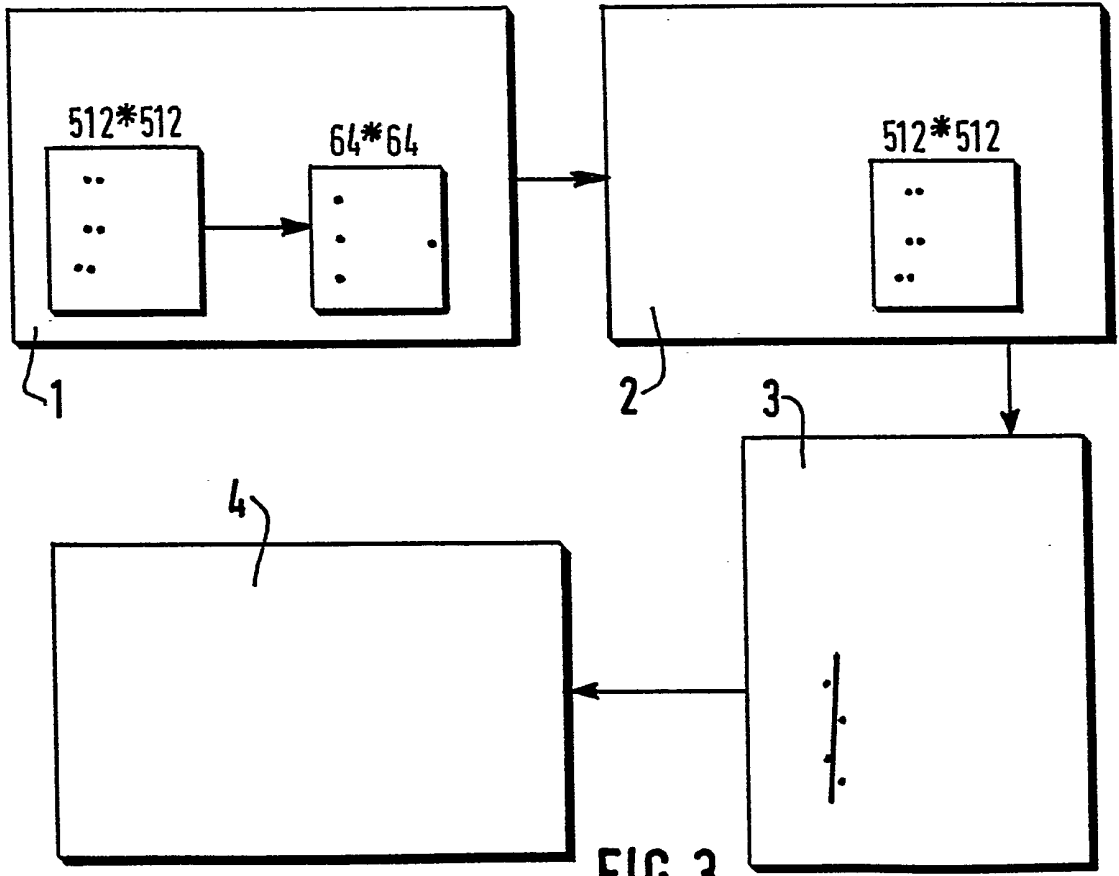


FIG. 3



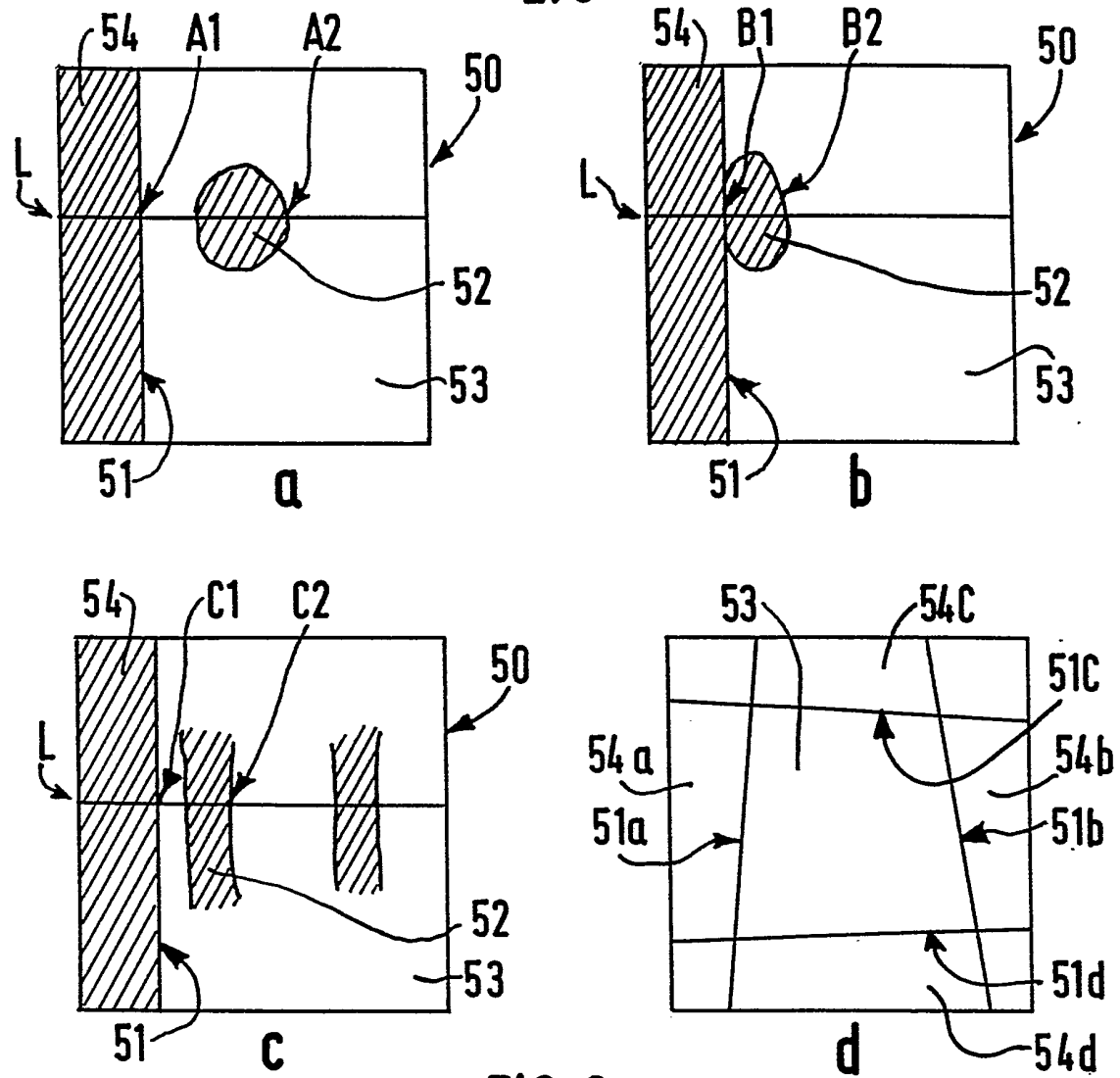


FIG. 2

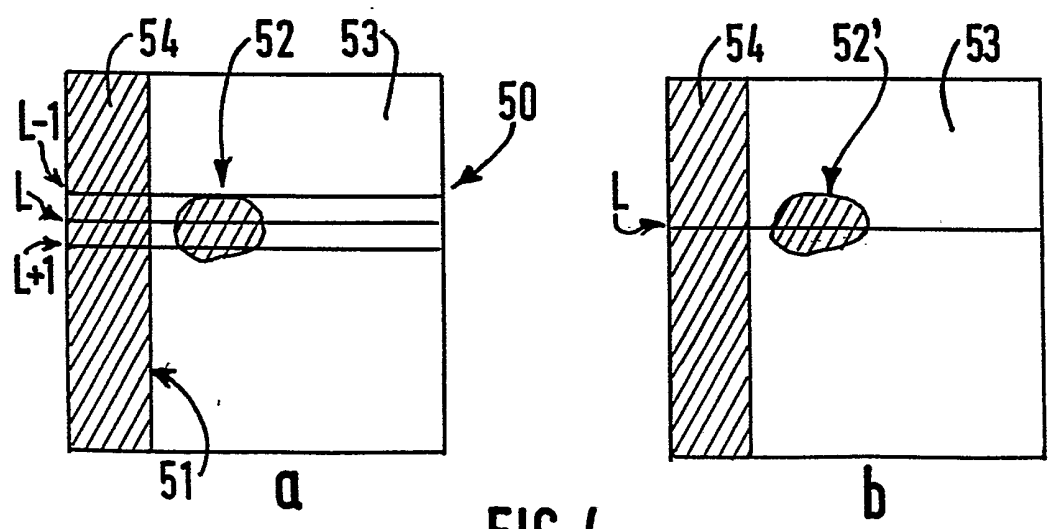


FIG. 4

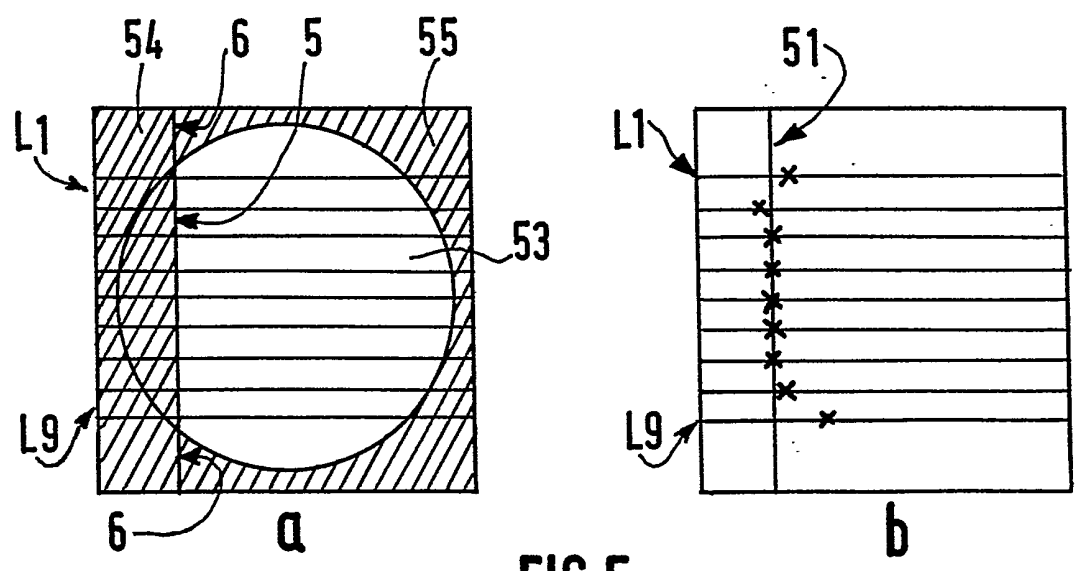


FIG. 5

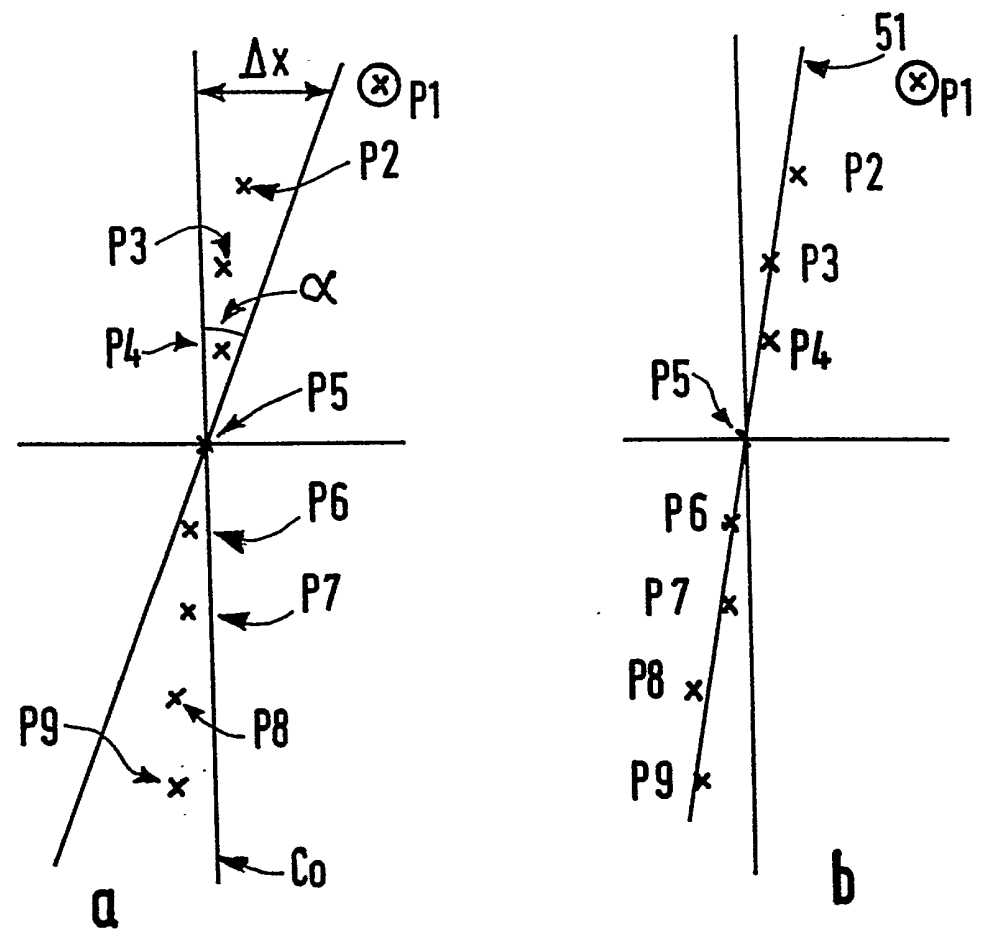


FIG. 6

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-0 523 771 (AGFA-GEVAERT) * colonne 4, ligne 6 - ligne 11 * * colonne 8, ligne 51 - colonne 9, ligne 8 * -----	1
A	WO-A-92 11609 (OPTICAL SPECIALITIES) * page 1 - page 13 * -----	1-10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
		G06F H04N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
31 Mars 1994		Yvonnet, J
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)