

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

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

2 547 149

(21) N° d'enregistrement national :

84 08527

(51) Int Cl³ : H 04 N 9/535; A 61 B 6/02.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30 mai 1984.

(30) Priorité : US, 2 juin 1983, n° 500,347.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 49 du 7 décembre 1984.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : ELSCINT LTD. — IL.

(72) Inventeur(s) : Carl Ross Crawford et David Aharon
Freundlich.

(73) Titulaire(s) :

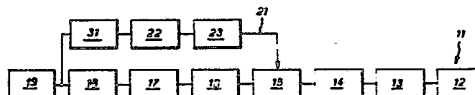
(74) Mandataire(s) : Bonnet-Thirion, G. Foldés.

(54) Système et procédé de reprojection en tomodensitométrie.

(57) L'invention concerne les techniques de tomodensitomé-
trie.

Un système conforme à l'invention a pour but d'améliorer le
temps de traitement d'un tomodensitomètre comprenant des
moyens 23 destinés à reprojeter des données d'image initiales,
pour obtenir des données de reprojection. Le système com-
porte notamment des moyens destinés à traiter les données
reprojetées pour obtenir une image corrigée, et des moyens de
réduction de données 31, distincts des moyens de reprojec-
tion, qui ont pour but de réduire la quantité des données qui
sont traitées.

Application aux diagnostics médicaux.



FR 2 547 149 - A1

La présente invention concerne les images produites par ordinateur, et elle porte plus particulièrement sur des systèmes destinés à reprojeter de telles images pour la correction d'artefacts ou dans d'autres buts.

5 L'invention est liée à celle d'une demande de brevet des E.U.A. déposée le 21 avril 1983 sous le numéro 487 310, et à celle d'une demande de brevet des E.U.A. déposée le 7 juin 1983 et portant le numéro 501 832. Ces deux inventions ont été cédées à la demanderesse.

10 L'évolution de la tomographie par ordinateur basée sur l'utilisation des rayons X a conduit à la réalisation de tomodensitomètres, ou "scanners" ayant des temps d'acquisition de données et de reconstitution d'image décroissants et de meilleures résolutions de densité et d'espace. Les
15 améliorations ont été réalisées essentiellement par l'utilisation de systèmes d'acquisition de données plus perfectionnés et d'un matériel de reconstitution d'image plus rapide. On a également amélioré la qualité de l'image en réexaminant les hypothèses faites pour construire les tomodensitomètres
20 des premières générations, et en incorporant des corrections et/ou des raffinements dans ces hypothèses, au niveau de l'algorithme de reconstitution d'image. Ces hypothèses ont été faites initialement pour faire en sorte que les données collectées par un tomodensitomètre réel soient compatibles
25 avec des algorithmes de reconstitution théoriques.

Un exemple des ces hypothèses concerne le spectre de la source de rayons X et la dépendance, vis-à-vis de l'énergie, des coefficients d'atténuation de différents éléments de l'objet examiné. Une hypothèse importante utilisée
30 dans le passé pour produire des images consiste à considérer que la source est monochromatique ou que la dépendance des coefficients d'atténuation vis-à-vis de l'énergie est identique pour tous les éléments. Il est bien connu qu'aucune de ces deux conditions n'est satisfaite, et il apparaît donc
35 dans les images résultantes ce qu'on appelle des artefacts

polychromatiques. On peut identifier ces artefacts sous la forme d'effets de cuvette et de bandes négatives entre des objets à contour net qui ont des coefficients d'atténuation élevés.

5 Dans l'art antérieur, comme par exemple dans le brevet des E.U.A. 4 217 641, on utilise un procédé de post-reconstitution itératif pour réduire le niveau d'artefacts polychromatiques. Parmi d'autres techniques connues, appartenant à l'art antérieur, pour la correction d'artefacts polychromatiques, on peut citer : les brevets des E.U.A. n°
10 4 222 104 et 4 223 384, ainsi qu'un article intitulé "A Framework for Spectral Artifact Corrections in X-ray Computed Tomography", par J. Peter Stonestrom et col., paru dans IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. BME-28,
15 N° 2, février 1981.

Ces procédés de correction par post-reconstitution de l'art antérieur sont basés sur l'hypothèse selon laquelle les objets sont constitués par deux composants approximativement homogènes en ce qui concerne la dépendance de
20 leurs coefficients d'atténuation vis-à-vis de l'énergie. Dans les applications biologiques, les deux composants sont le tissu osseux et le tissu mou. On reconstitue une image initiale incorporant des corrections polychromatiques du premier ordre pour l'élément majoritaire, habituellement le
25 tissu mou. On segmente ensuite l'image initiale, élément d'image par élément d'image, afin de produire des images approchées des deux composants. On calcule ensuite les longueurs de chemin dans les deux images en utilisant des techniques de reprojection. On forme ensuite des projections
30 d'erreur à partir des reprojections, et on les ajoute aux données de projection qu'on a utilisées pour former l'image initiale. On reconstitue alors une image du second ordre à partir des nouvelles données de projection. Dans une variante des deux étapes précédentes, on reconstitue les projections d'erreur et on ajoute l'image résultante à l'image
35

initiale pour former l'image du second ordre. Si le niveau de correction polychromatique est suffisant, l'algorithme est alors terminé. Dans le cas contraire, on répète la procédure ci-dessus.

- 5 L'utilisation de la reprojection n'est pas limitée aux algorithmes de correction polychromatiques. L'article intitulé "An Algorithm for the Reduction of Metal Clip Artifacts in CT Reconstructions", par G. H. Glover et N. J. Pelc, paru dans Medical Physics, Vol. 8, N°. 6, novembre 10 1981, présente un procédé pour supprimer les artefacts produits par des pinces métalliques, et une partie de l'algorithme de ce procédé utilise une opération de reprojection. L'article intitulé "A Simple Computational Method of Reducing Streak Artifacts in CT Images", par G. Henrich, paru 15 dans Computed Tomography, Vol. 4, 1981 décrit un algorithme qu'on peut utiliser pour faire disparaître des bandes parasites sur l'image, comme celles produites par des artefacts de volume partiel.

- Les algorithmes de correction d'artefacts polychromatiques et ceux relatifs à des pinces métalliques et à 20 des bandes affectant l'image, qui sont décrits dans l'art antérieur indiqué ci-dessus, n'ont pas fait l'objet de réalisations commerciales, du fait que leur étape de reprojection a pris un temps extrêmement élevé. Les procédés de re- 25 projection de l'art antérieur ont été trop lents, du fait qu'ils ont été basés sur l'étape de reprojection qui est incorporée de façon inhérente dans les algorithmes de reconstitution basés sur des techniques algébriques. La lenteur des systèmes de reprojection de l'art antérieur et une 30 solution proposée sont indiqués dans un article intitulé "Algorithms for Fast Back- and Re-projection in computed Tomography", by T. M. Peters, in IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-28, N°. 4, août 1981. Cet article présente un procédé qui utilise un dispositif de rétropro- 35 jection modifié pour obtenir des reprojections. Le problème

que soulève ce système consiste en ce que les modifications changent radicalement le matériel d'un dispositif de rétro-projection, ce qui fait que le système ne peut pas être appliqué aisément à des utilisations commerciales. Le système
5 exige des moyens pour inverser le flux de données normal traversant le dispositif de rétroprojection, ce qui donne des reprojections à l'entrée normale du dispositif. En outre, les reprojections résultantes sont de qualité médiocre et exigent des corrections complexes pour être utilisées avec
10 un algorithme de correction d'artefacts.

Il existe donc depuis longtemps un besoin concernant l'amélioration de la vitesse de systèmes qui utilisent une reprojection. Il y a deux techniques pour réduire le temps de traitement. Le premier procédé, présenté dans les
15 demandes liées à la présente demande, consiste à réaliser des systèmes de reprojection plus rapides. La seconde technique consiste à réduire le temps de traitement en utilisant un système de reprojection existant avec des sous-systèmes de pré-traitement et de post-traitement ajoutés dans le but
20 d'améliorer le fonctionnement du dispositif de reprojection.

La seconde technique utilisée pour réduire le temps de traitement dans les systèmes qui utilisent une reprojection est décrite dans le brevet des E.U.A. 4 222 104. Ce brevet antérieur indique que le système de reprojection
25 peut reprojeter des données selon des chemins qui ne correspondent pas aux chemins utilisés dans le système réel de collecte des données. Cet élément de l'art antérieur comprend la technique qui consiste à effectuer la reprojection avec moins de chemins que pour l'ensemble de données d'origine.
30 On peut effectuer ceci du fait que l'information obtenue à partir des reprojections présente une résolution spatiale inférieure à celle des données utilisées pour former l'image initiale. L'invention développe le fondement de cet élément de l'art antérieur pour donner de nouvelles techniques des-
35 tinées à optimiser l'utilisation du système de reprojection.

L'invention présente des systèmes qui pré-traitent les données d'image qui sont appliquées au dispositif de re-projection, et des systèmes qui post-traitent les données obtenues à la sortie du dispositif de reprojec-tion.

5 Un mode de réalisation préféré de l'invention procure un système pour la reprojec-tion d'images, et ce système comprend :

- des moyens destinés à réduire la taille d'une image numé-risée, et
- 10 - des moyens destinés à reprojeter cette image réduite.

Un autre mode de réalisation de l'invention procure un système destiné à reprojeter des images, lorsque l'ima-ge est obtenue par rétroprojec-tion, et ce système comprend :

- des moyens destinés à sélectionner une partie des données
- 15 présentées au dispositif de rétroprojec-tion, pour consti-tuer des données d'entrée pour ce dispositif de rétropro-jec-tion,
- des moyens destinés à rétroprojeter ces données sélection-nées, et
- 20 - des moyens destinés à reprojeter les données sélectionnées rétroprojetées.

Un autre mode de réalisation de l'invention procure un perfectionnement au mode de réalisation ci-dessus, et ce perfectionnement comprend :

- 25 - des moyens destinés à reconstituer des images plus petites que celles qu'on utiliserait pour des reconstitutions nor-males.

Encore un autre mode de réalisation de l'invention procure un système destiné à reprojeter des images dans les-
30 quelles les reprojec-tions sont ultérieurement rétroprojetées; et ce système comprend :

- des moyens pour reprojeter une image,
- des moyens pour rétroprojeter les données reprojetées, cet-te rétroprojec-tion étant plus petite que celle qu'on utili-
35 serait pour des rétroprojec-tions normales, et

- des moyens destinés à dilater l'image rétroprojetée résultante.

Les sous-systèmes mentionnés ci-dessus réduisent le temps de traitement dans des systèmes utilisant des procédés de reprojection, ce qui permet de réaliser des systèmes de correction d'artefacts ayant un intérêt commercial.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisation, et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

10 La figure 1 est un schéma synoptique montrant un mode de réalisation de l'art antérieur d'un système de reprojection utilisé pour corriger des artefacts polychromatiques ;

La figure 2 est un schéma synoptique du système de reprojection représenté sur la figure 1, avec un système de réduction utilisé en tant qu'unité de pré-traitement ;

La figure 3 est un schéma synoptique du système de reprojection représenté sur la figure 1, avec une unité de sélection utilisée en tant qu'unité de pré-traitement pour
20 le filtre ; et

La figure 4 est un schéma synoptique montrant un mode de réalisation d'un système de reprojection utilisé pour corriger des artefacts polychromatiques, dans lequel les reprojections sont reconstituées et ensuite ajoutées à
25 l'image initiale par l'intermédiaire d'une unité de post-traitement de dilatation.

Le système de tomodynamomètre 11 de la figure 1 comporte un châssis 12. Le sujet est exposé au rayonnement dans le châssis 12 et le rayonnement est détecté après avoir
30 traversé le sujet. Les signaux détectés sont traités dans le sous-ensemble 13 consistant en circuits électroniques d'entrée. Les signaux électriques sont pré-traités par le dispositif de traitement 14. Les signaux de sortie du dispositif 14 sont appelés des projections. Le signal de sortie du dispositif 14 est transmis à l'unité de correction 15. Cette
35

dernière accomplit une correction polychromatique du premier ordre sur les projections, dans le but de produire l'image initiale.

L'information de sortie de l'unité de correction
5 15 est transmise au filtre 16. Les projections filtrées sont rétroprojetées par le dispositif de rétroprojection 17. L'information de sortie du dispositif de rétroprojection est transmise sous la forme d'une matrice d'image numérisée 18. On utilise la matrice de données numérisées pour produire
10 des images sur le dispositif de visualisation 19.

On réalise des corrections d'erreurs polychromatiques dans la boucle de réaction 21 qui s'étend de la sortie du dispositif de rétroprojection 17 vers l'unité de correction d'erreurs polychromatiques 15. Dans le mode de correc-
15 tion d'erreurs polychromatiques, on combine l'information de sortie de la boucle de réaction 21 avec l'information de sortie du dispositif de pré-traitement 14, et on la transmet ensuite au filtre 16.

La boucle de réaction 21 contient l'unité de trai-
20 tement 22 et le dispositif de reprojection 23. Dans un mode de réalisation préféré, l'unité de traitement 22 est conçue de façon à faire la distinction entre des éléments d'image de tissu osseux ou de tissu mou. La sortie de l'unité 22 est connectée au dispositif de reprojection 23.

25 L'information qui est obtenue à partir des reprojections peut avoir une résolution spatiale inférieure à celle de l'image initiale. On peut utiliser ce fait pour ajouter des unités de pré-traitement et de post-traitement qui permettent de diminuer les exigences de vitesse d'autres
30 unités dans un système de correction d'artefacts.

Le temps de reprojection est directement lié au nombre d'éléments d'image dans l'image initiale qui est présentée au dispositif de reprojection. Du fait de la résolution spatiale réduite qui est nécessaire dans les données
35 reprojctées, on a trouvé qu'il était possible de réduire

l'image initiale présentée au dispositif de reprojection, par sélection d'éléments d'image ou par un calcul de moyenne, de façon à réduire le nombre d'éléments d'image présentés au dispositif de reprojection, ce qui permet de diminuer le
5 temps nécessaire pour obtenir des reprojections.

La figure 2 reproduit la figure 1 avec l'adjonction de l'unité de réduction d'image 31. L'image est réduite par l'unité 31 avant le traitement par l'unité 22 et la reprojection par le dispositif 23.

10 Dans un système de correction d'artefacts, l'image initiale n'est souvent pas présentée à l'utilisateur final du système. On peut donc modifier le système de reconstitution initial pour tenir compte du fait que l'image initiale est utilisée pour la correction d'artefacts. L'image résultante sera finalement reprojctée là où les exigences de résolution de l'image sont moins strictes. Ce nouveau processus a pour résultat de permettre de réduire le temps de reconstitution initial.
15

La figure 3 montre un procédé destiné à modifier la génération de l'image initiale. La figure 3 reproduit la figure 1 avec l'adjonction d'un sous-système de sélection 32. Les données de sortie de l'unité 15, c'est-à-dire les projections, sont sélectionnées de façon à ne transmettre vers l'unité de filtre 16 qu'une partie des projections et
25 qu'une partie des échantillons de chaque projection. L'utilisation du sélecteur 32 réduit le temps de filtrage et de rétroprojection qui est nécessaire pour obtenir l'image initiale. Le sélecteur est effectivement mis hors circuit lorsque les projections corrigées sont transmises vers le
30 dispositif de rétroprojection.

Dans un système de rétroprojection normal, on peut définir la taille de l'image résultante. La taille de l'image présentée à l'utilisateur est très supérieure à celle qu'exige le système de correction d'artefacts. On peut donc
35 modifier l'unité de commande pour le dispositif de rétropro-

jection (non représentée) de façon que lorsqu'on fait fonctionner les sous-systèmes de reconstitution pour obtenir l'image initiale, la taille de l'image initiale puisse être inférieure à la taille d'une image présentée au dispositif 5 de visualisation. Ici encore, l'image corrigée est de taille normale.

La figure 4 montre une seconde configuration de système de l'art antérieur pour la correction d'artefacts, avec l'adjonction de l'unité 33 qui fait partie de l'inven- 10 tion. Une image initiale 18 est traitée par l'unité 22 et ensuite reprojctée par l'unité 23. Les reprojctions sont corrigées par l'unité 15 et elles sont ensuite filtrées et rétroprojctées par des unités respectives 16 et 17. Dans l'art antérieur, la taille de l'image reconstituée à partir 15 des données reprojctées et corrigées est identique à la taille de l'image en 18. Dans cette situation, on peut mettre hors circuit l'unité de dilatation 33 et on peut ajouter directement l'image reconstituée à l'image initiale par l'intermédiaire de l'unité 34, et on peut afficher l'image 20 obtenue sur le dispositif de visualisation 19.

Cependant, du fait des exigences inférieures de résolution spatiale, l'image des reprojctions corrigées peut avoir une taille inférieure à celle de l'image initiale. Dans ce cas, on doit dilater l'image de sortie du dispositif 25 de rétroprojction, au moyen de l'unité d'interpolation 33, de façon que sa taille corresponde à celle de l'image initiale. Après la dilatation, on ajoute l'image dilatée à l'image initiale au moyen de l'unité 34 et on la présente sur le dispositif 19.

30 Bien qu'on ait décrit les principes de l'invention en relation avec des procédés et du matériel spécifique, il faut noter que la description n'a été faite de cette manière qu'à titre d'exemple. De nombreuses modifications peuvent être apportées à l'exemple donné, sans sortir du cadre de 35 l'invention.

REVENDICATIONS

1. Système destiné à améliorer le temps de traitement de systèmes qui comprennent des moyens (23) pour projeter des données d'image initiales afin d'obtenir des données de reprojection, caractérisé en ce qu'il comprend : des
5 moyens (15) destinés à traiter les données reprojctées pour obtenir une image corrigée ; et des moyens de réduction (31) distincts des moyens de reprojection, destinés à réduire la quantité des données qui sont traitées.
- 10 2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de réduction de données (31) comprennent des moyens destinés à réduire la taille des données d'image initiales avant leur traitement par les moyens de reprojection (23).
- 15 3. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les données d'image initiales sont obtenues par rétro-projection de données de projection.
- 20 4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de réduction de données (31) comprennent des moyens faisant en sorte que la rétroprojection donne des images ayant moins d'éléments d'image que l'image corrigée.
- 25 5. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de réduction de données comprennent des moyens (32) destinés à sélectionner une partie des données de projection avant la rétroprojection.
- 30 6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que les données de projection sont filtrées avant la rétroprojection.
- 35 7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de sélection (32) se trouvent entre les moyens de rétroprojection (17) et les moyens de filtrage (16).
8. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de sélection (32) se trouvent devant les
35 moyens de filtrage (17).

9. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de réduction se trouvent après les moyens de reprojection.

10. Système selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de rétroprojection (17) destinés à rétroprojeter les reprojections.

11. Système selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour rétroprojeter des images ayant un plus petit nombre d'éléments d'image que l'image corrigée.

12. Système selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (33) destinés à augmenter le nombre d'éléments d'image dans l'image rétroprojetée, pour le faire correspondre au nombre d'éléments d'image dans l'image corrigée.

13. Procédé pour améliorer le temps de traitement de procédures qui comprennent une reprojection de données d'image initiales, pour obtenir des données de reprojection, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : on traite les données de reprojection pour obtenir une image corrigée ; et on réduit la quantité des données qui sont traitées, cette étape de réduction étant distincte de l'étape de reprojection.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'étape de réduction de données comprend la réduction de la taille des données d'image initiales avant l'étape de reprojection.

15. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'on obtient les données d'image initiales par rétroprojection de données de projection.

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'étape de réduction de données comprend l'étape consistant à rétroprojeter des données de projection, pour donner des images ayant moins d'éléments d'image que l'image corrigée.

17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'étape de réduction de données comprend la sélection d'une partie des données de projection avant la rétro-projection.
- 5 18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend l'étape de filtrage des données de projection avant la rétroprojection.
19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'on accomplit l'étape de sélection entre les étapes
10 de rétroprojection et de filtrage.
20. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'on accomplit l'étape de sélection avant l'étape de filtrage.
21. Procédé selon la revendication 13, caractérisé
15 en ce qu'on accomplit l'étape de réduction de données après l'étape de reprojection.
22. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il comprend l'opération de rétroprojection des re-projections.
- 20 23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce qu'il comprend l'opération de rétroprojection d'images avec un plus petit nombre d'éléments d'image que l'image corrigée.
24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé
25 en ce qu'il comprend l'opération qui consiste à augmenter le nombre d'éléments d'image dans l'image rétroprojetée, pour le faire correspondre au nombre d'éléments d'image dans l'image corrigée.
25. Procédé de correction d'artefacts dans des
30 images obtenues dans des appareils de tomodensitométrie, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes : on détecte un rayonnement atténué par le passage à travers un sujet ; on effectue un pré-traitement du rayonnement détecté pour obtenir des données correspondant à des projections de
35 ce rayonnement détecté ; on filtre les données de projection;

on effectue une rétroprojection des données filtrées pour obtenir une image initiale ; on réduit la taille de l'image initiale ; on reprojette l'image initiale réduite ; on corrige l'image initiale reprojétée ; on filtre et on rétroprojette l'image initiale reprojétée et corrigée pour former une image de correction ; et on combine l'image de correction avec l'image initiale.

26. Procédé de correction d'artefacts dans des images obtenues dans des dispositifs de tomодensitométrie (11), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : on détecte un rayonnement atténué par le passage à travers un sujet ; on pré-traite le rayonnement détecté pour obtenir des données correspondant à des projections de ce rayonnement détecté ; on filtre ces données de projection ; on rétroprojette les données filtrées pour obtenir une image initiale ; on reprojette l'image initiale ; on corrige l'image initiale reprojétée ; on filtre et on rétroprojette l'image initiale reprojétée et corrigée, pour former une image de correction, cette image de correction étant plus petite que l'image initiale ; on dilate la taille de l'image de correction ; et on combine l'image de correction dilatée avec l'image initiale.

27. Procédé de correction d'artefacts dans des images obtenues dans des appareils de tomодensitométrie (11), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : on détecte un rayonnement atténué par le passage à travers un sujet ; on pré-traite le rayonnement détecté pour obtenir des données correspondant à des projections de ce rayonnement détecté ; on filtre ces données de projection ; on rétroprojette les données filtrées pour obtenir une image initiale ; on reprojette ces données d'image initiales ; on corrige les données reprojétées ; on combine les données reprojétées et corrigées avec les données correspondant aux projections ; on filtre les données combinées ; et on rétroprojette les données combinées et filtrées pour former une image corrigée, cette image corrigée ayant une taille supérieure à celle de

l'image initiale.

28. Procédé de correction d'artefacts dans des images obtenues dans des appareils de tomодensitométrie (11), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : on
5 détecte un rayonnement atténué par le passage à travers un sujet ; on pré-traite le rayonnement détecté pour obtenir des données correspondant à des projections de ce rayonnement détecté ; on sélectionne une partie des données de projection ; on filtre les données sélectionnées ; on rétroprojette les
10 données filtrées pour obtenir des données d'image initiales ; on reprojette les données d'image initiales ; on corrige les données reprojctées ; on combine les données reprojctées et corrigées avec les données correspondant aux projections ; on filtre les données combinées ; et on rétroprojette les
15 données combinées et filtrées pour former une image corrigée.

1 / 2

FIG. 1

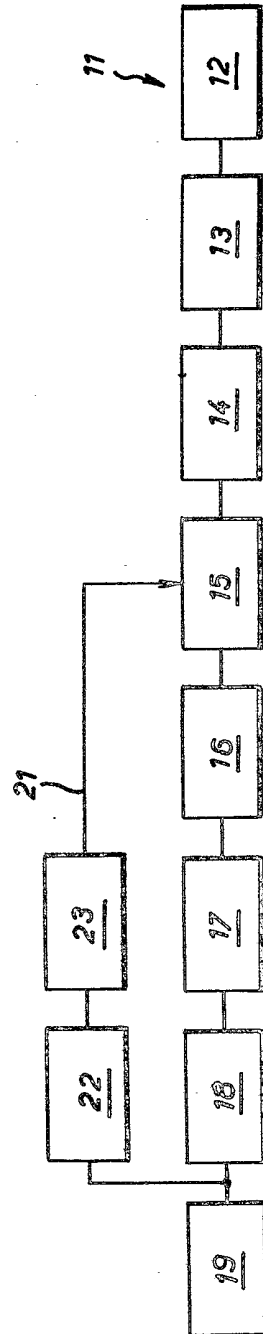
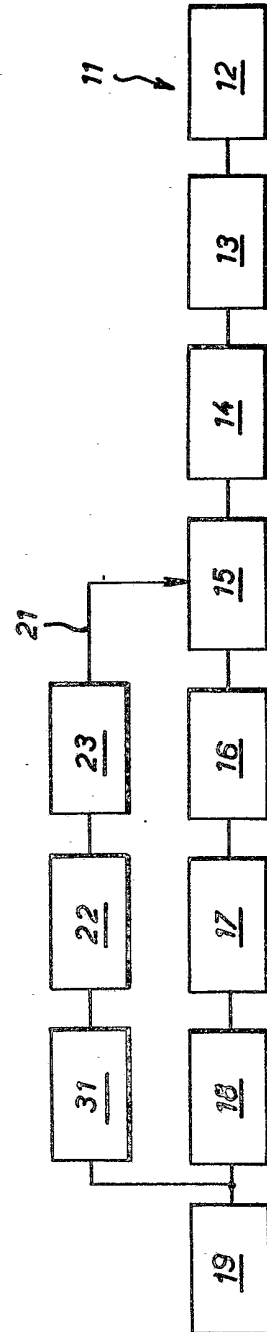


FIG. 2



2/2

FIG. 3

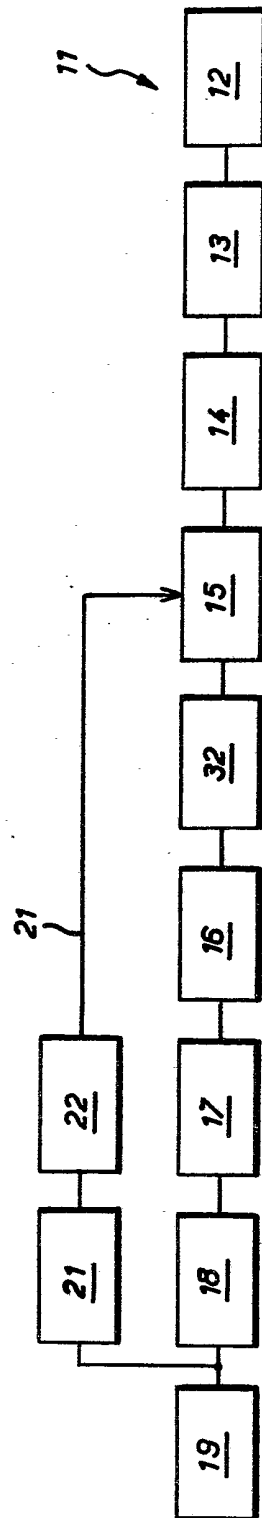


FIG. 4

