(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 676 584**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **91 05799**

(51) Int Cl[5] : G 21 K 3/00; A 61 B 6/00

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 14.05.91.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 20.11.92 Bulletin 92/47.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :** *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société Anonyme dite GENERAL ELECTRIC CGR (S.A.)* — FR.

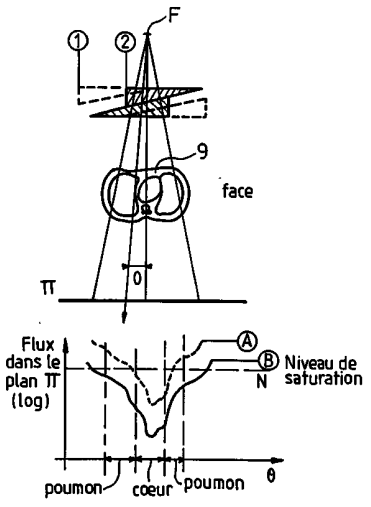
(72) **Inventeur(s) :** Ponchut Cyril.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire :** Cabinet Ballot-Schmit.

(54) Filtre atténuateur de type face-profil pour appareil à rayons X.

(57) Pour réaliser un égaliseur face-profil de type continûment variable, on propose de placer deux coins tête-bêche sur le chemin de propagation des rayons X de l'appareil d'irradiation. En rapprochant plus ou moins ces coins l'un de l'autre, on provoque une atténuation continûment variable dépendant de la distance de rapprochement des coins. Ce mécanisme peut être facilement motorisé. On montre qu'il est particulièrement utile en utilisation de densitométrie ou de tomoddensitométrie médicale, ainsi qu'en radiothérapie.



FR 2 676 584 - A1

FILTRE ATTENUATEUR DE TYPE FACE-PROFIL POUR APPAREIL A RAYONS X

La présente invention a pour objet un atténuateur à rayons X, utilisable en particulier dans le domaine médical pour proposer une atténuation différentielle selon que le patient est examiné de face ou de profil. Elle peut néanmoins avoir d'autres utilisations que celles du domaine médical. Dans ce dernier, elle est utile aussi bien pour les machines de radiologie classiques qu'avec les machines de densitométrie en coupe ou en volume. Elle sert à uniformiser la dynamique de détection malgré les variations d'observation selon les sujets examinés. L'atténuateur peut servir également à contrôler de façon uniforme et continue le flux de rayonnement émis par une source radioactive d'un appareil de radiothérapie.

On connaît les problèmes que présente la mise en place de filtres sur le chemin de propagation des rayons X utilisés pour réaliser une radiographie ou une radioscopie d'un patient. Dans la meilleure solution envisageable, on cherche à atténuer le flux direct des rayons X de façon continûment variable et si possible d'une manière uniforme dans l'espace. Les filtres connus à ce jour ne permettent pas une telle réalisation puisqu'ils sont essentiellement composés de plaques en matériau absorbant interposées, ou non interposées, sur le chemin des rayons X. Quand elles sont interposées, il y a atténuation, quand elle ne sont pas interposées il n'y a pas atténuation. Le passage d'une situation à l'autre est automatiquement par à coup. Il ne peut pas être continu. Si on voulait obtenir une certaine continuité, il faudrait interposer des plaques de très

fines épaisseurs, et pour obtenir une atténuation suffisante en bout de gamme, il faut un nombre de plaques important. Ceci n'est pas envisageable.

L'invention a pour objet de remédier à ces inconvénients en proposant une solution simple qui présente l'effet technique de la continuité de la variation. Dans son esprit, l'invention propose l'emploi de deux coins, ou même éventuellement de plusieurs coins, présentés tête bêche l'un par rapport à l'autre, et approchés l'un de l'autre dans un plan orthogonal au sens de propagation des rayons X. Lorsque seules les pointes de ces coins se recouvrent, à l'endroit de ce recouvrement, l'atténuation est à son minimum, elle est faible. Lorsque ces coins se recouvrent en entier, l'atténuation est forte. On peut par ailleurs éviter le minimum d'atténuation ainsi proposé, en éloignant les coins l'un de l'autre et en laissant passer le flux de rayonnement X d'une manière libre.

L'invention a donc pour objet un dispositif d'irradiation par rayonnements ionisant, notamment des rayons X, comportant un générateur de rayonnements et un filtre atténuateur placé sur le trajet du rayonnement, caractérisé en ce que ce filtre comporte deux parties en forme générale de coins, placées tête-bêche l'une par rapport à l'autre.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent, celles-ci ne sont données qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

Les figures montrent :

- figures 1 et 2 : le schéma de principe de l'atténuateur selon l'invention ;

- figures 3 et 4 : un exemple d'utilisation d'un atténuateur selon l'invention ;

- figures 5 et 6a à 6c : des exemples de réalisation d'atténuateur conforme à l'invention.

La figure 1 montre un dispositif d'irradiation comportant un générateur 1 à rayons X et un filtre atténuateur. Les rayons X émanent du foyer F. Le filtre est constitué ici de deux coins respectivement 2 et 3 placés tête-bêche l'un par rapport à l'autre. En effet, les pointes 4 et 5 respectivement de ces coins sont orientées dans des directions symétriques par rapport à la direction principale du rayonnement X 6 émis par le générateur 1. Ce générateur 1 irradie un objet à étudier par radiologie (non représenté). Les épaisseurs de ces coins sont parallèles au rayonnement X. Ces coins apportent des atténuations dépendant, en tous lieux, de leur épaisseurs en ces lieux. Dans un exemple préféré, les deux coins sont identiques l'un à l'autre. Les sommes de leurs épaisseurs interposés sont, aux endroits où il y a recouvrement, les mêmes. On assure ainsi l'uniformité spatiale de l'atténuation.

Dans la figure 1, l'écart Dmin entre les talons respectivement 7 et 8 des coins 2 et 3 est minimum. Dans ces conditions, la superposition de ces coins présente sur le chemin d'irradiation une épaisseur la plus grande possible. Par contre, figure 2, l'écart maximum Dmax de ces talons 7 et 8 permet une atténuation minimum. Cependant, si cette atténuation minimum était encore trop importante, on pourrait complètement retirer les coins 2 et 3. Quelle que soit la valeur de l'écart entre les talons 7 ou 8, pour une position intermédiaire entre Dmin et Dmax, on notera qu'en tous endroits du faisceau, après le filtre, l'atténuation est identique. En effet, les rayons X ont eu à traverser, quelle que soit leur direction, une même épaisseur totale de matériau absorbant constituant les coins 2 et 3. Dans le cas de

la figure 1, ils en traversent une épaisseur maximum, dans le cas de la figure 2, ils en traversent une épaisseur minimum. On a indiqué, en dessous de ces figures 1 et 2, le flux de ces rayonnements X dans un plan π où serait placé normalement un détecteur radiologique : soit un film radiosensible, soit un détecteur à deux dimensions de type photoélectrique. Dans le cas de la figure 1 le flux est faible, dans le cas de la figure 2 il est beaucoup plus fort.

Les figures 3 et 4 montre un exemple d'utilisation de l'atténuateur de l'invention, selon qu'on regarde un patient 9 de profil, figure 3, ou de face, figure 4. Dans ces figures on a seulement représenté le foyer F du faisceau de rayonnements X. Dans le cas de la figure 3, lorsque l'irradiation est latérale, le corps 9 normalement couché sur le dos présente du fait de son ellipticité une grande atténuation naturelle. Il n'y a donc pas lieu d'atténuer outre mesure le rayonnement qui le traverse. Dans ce cas, les coins 2 et 3 sont écartés l'un de l'autre, par exemple l'écart de leurs talons 7 et 8 vaut Dmax. Par contre, figure 4, pour l'irradiation dite de face, l'épaisseur du corps le long du petit axe de l'ellipse est moins grande, et par conséquent il convient d'atténuer d'une manière plus grande pour éviter la saturation du détecteur. Par exemple, dans ce cas, l'écart entre les talons est l'écart minimum. Bien entendu, pour passer de la position d'irradiation de profil à la position d'irradiation de face, on peut, d'une manière continue, provoquer l'enfoncement des coins 2 et 3 l'un vers l'autre.

De la même manière, sur les figures 3 et 4, on a représenté le flux dans le plan π de détection. Dans le cas de la figure 3, le niveau de saturation N de l'illumination n'est pas atteint, dans la partie utile

de détection, du fait de l'atténuation forte du corps présenté de profil. Par contre, figure 4a, dans la vue de face, sans l'atténuation, le profil d'irradiation serait celui qui est indiqué en A où, à l'aplomb des poumons (du fait de la faible absorption radiologique de ces poumons), le niveau détecté est bien supérieur au niveau de saturation. Pour éviter cet effet conduisant à une perte d'information dans les images relevées, on abaisse le niveau d'irradiation en augmentant l'atténuation de l'atténuateur. On passe ainsi du profil de détection A au profil de détection B où les régions pour lesquelles le niveau détecté est supérieur au niveau de saturation N ne concernent que les parties sans intérêt de l'image.

Un atténuateur de ce type et donc particulièrement utile en tomodensitométrie lorsqu'on veut acquérir les vues relatives à une coupe et où on passe, en fonction de l'orientation du tomodensitomètre autour du patient nécessairement d'une position de profil à une position de face et réciproquement. Il est de même utile pour un densitomètre en volume avec lequel on utilise un détecteur plan.

La figure 1 montre d'une manière schématique des moteurs respectivement 10 et 11 commandés par un signal de commande 12, au besoin au moyen d'un inverseur interposé 13, pour déplacer de manière symétrique les deux coins. On notera que ce déplacement symétrique n'est pas une nécessité. En effet, si un seul des coins est déplacé en direction de l'autre il apporte par l'augmentation recherchée de son épaisseur interposée sa contribution à l'augmentation de l'atténuation. Cependant, pour des questions de simplicité de fabrication, de dynamique de variation d'atténuation, et pour permettre le retrait total, il est préférable de

déplacer les deux coins atténuateurs de manière symétrique.

La figure 5 montre une variante mécanique du système de déplacement symétrique. Dans cette figure, chaque coin 2 et 3 est muni latéralement de deux barrettes respectivement 14 et 15 et 16 et 17. La barrette 15 n'est pas visible. Ces barrettes sont amenées à coulisser dans des réglettes telles que la réglette 18. Les réglettes sont des réglettes de maintien. Elle permettent, en étant fixées par ailleurs au générateur 1, de translater les coins sensiblement perpendiculairement à la direction principale du rayonnement X 6. Chacune des barrettes 14 à 17 est fixée par ses extrémités à des extrémités de courroies sans fin passant sur des poulies telles que les poulies visibles 19 à 21. Il y a donc deux courroies sans fin. Une première courroie 22 est liée à une extrémité de la barrette 14, passe autour de la poulie 19 et est liée à une extrémité de la barrette 16. De l'autre côté de la barrette 16 , elle repart en direction de la poulie 20 et revient se fixer à l'autre extrémité de la barrette 14. Lorsque la poulie 19 tourne dans un sens, autour de son axe 23, la poulie 20 entraînée par la courroie 22 tourne dans le même sens autour de son axe 24. La courroie 22 tend donc à écarter (ou à rapprocher) les deux talons des coins, en effet entraînée par la même courroie, la réglette 16 et donc le coin 3 s'écartent de la même valeur. De préférence, les poulies 20 et 21 sont solidaires de l'arbre 24 : la rotation de la poulie 20 entraîne donc la rotation de la poulie 21. L'arbre 24 peut être solidaire d'un moteur 25 qui entraîne le tout.

En toute rigueur, voir figure 1, le rayonnement X n'est pas atténué de la même façon selon qu'il s'agit du rayonnement central ou d'un rayonnement situé à la

périphérie du cône d'irradiation émis. Pour éviter cet inconvénient, on peut donner aux coins, et à leur mécanisme de mise en mouvement, une allure différente de celle vue jusqu'ici. En effet, jusqu'ici, les coins présentent une section triangulaire, servant de directrice, les génératrices des prismes constituant les coins étant sensiblement perpendiculaires à cette section. Ces génératrices sont également perpendiculaires à la direction principale du rayonnement. Dans la variante de la figure 6, il en va légèrement différemment. Les coins 32 et 33 on une forme générale courbe. Ils ont essentiellement, l'un par rapport à l'autre, une surface extérieure présentant un même rayon de courbure.

Sur la figure 6a, le coin 33, situé en partie aval du filtre par rapport à la direction de propagation du rayonnement X, possède dans l'exemple préféré une surface supérieure 34 de forme sphérique, dont le rayon R est centré sur la position théorique du foyer F. Il en est de même de la surface inférieure 35 du coin amont 32 par rapport à la direction de propagation des rayons X. Le coin 32 est alors constitué comme un volume de matériau absorbant situé entre une surface 35, en première approximation sphérique, non centrée en F, et de rayon R', inférieur à R, et la surface sphérique 34 de rayon R. Latéralement et en extrémité près du talon, le volume contenu entre ces deux surfaces est limité à ce qui est utile. Pour le coin 33, il est constitué par le volume situé entre la surface sphérique 34 de rayon R centré sur F, et, en première approximation, une surface sphérique de rayon R" non centrée sur F, R" étant plus grand que R. Ces surfaces gauches sont déterminées empiriquement, par exemple en plaquant un coin d'épaisseur donnée, en caoutchouc, sur une sphère de

rayon R, et en mesurant par moulage l'autre surface. Les figures 6b et 6c sont des vues en coupe de face et de profil respectivement des coins de la figure 6a.

Pour déplacer l'ensemble, chaque coin est solidaire d'un moyeu 36 ou 37 alignés entre eux et dont l'alignement passe par le foyer F. Les coins sont alors déplacés symétriquement en rotation autour de leur moyeu par l'intermédiaire de tiges de maintien 38 et 39. Sur la figure 6b on montre que, de préférence, les rayons de courbure des faces des parties mesurées dans un plan contenant l'axe des moyeux sont centrées sur un même centre : le foyer F. Les parties ont alors dans ce plan des sections en forme de portion de couronne.

Si on appelle e l'épaisseur des coins 2 et 3 de la figure 1 ou de la figure 5, près de leur talon, on a pu mesurer qu'une valeur utile de e était de l'ordre de 25 mm. L'ouverture α de l'angle du dièdre formé par chacun des coins est sensiblement égale à 12°. Dans ce cas, la longueur L de chacun des coins, mesurés dans le sens de leur déplacement l'un vers l'autre tête-bêche, et de l'ordre de 12 cm. On utilisera comme matériau atténuateur de préférence de l'aluminium ou bien un polymère chargé dont le coefficient μ d'atténuation linéique vaut 0,72 cm-1. De préférence, avec la solution ainsi imaginée, la distance entre le foyer F et les coins du filtre sera de l'ordre de 10 cm. Dans ce cas, on obtient une atténuation minimale égale à 1,77 (pour une épaisseur traversée de l'ordre de 0,8 cm). L'atténuation maximale est égale environ à 17,8 (l'épaisseur traversée étant alors égale à 4 cm). La dynamique de fonctionnement est alors de l'ordre de 10. Dans ce cas, la largeur maximale D max vaut 20 cm. Dans un exemple, la largeur des coins est égale à leur distance Dmin (c'est-à-dire sensiblement égale à 4 cm

environ). Il est à remarquer qu'on peut augmenter la dynamique de l'égaliseur (c'est-à-dire augmenter le rapport des atténuations maximales sur l'atténuation minimales) en rapprochant les prismes du foyer ou encore en augmentant encore la longueur L des prismes. Par ailleurs, à dynamique et distance au foyer constantes, l'atténuation minimale peut être diminuée en augmentant la longueur des prismes et en diminuant l'angle de leur dièdre.

Dans l'utilisation représentée sur les figures 3 et 4, la position des coins est asservie à l'orientation d'un densitomètre ou bien d'un tomodensitomètre. Dans ce but, on utilisera soit des capteurs de portion supplémentaires, soit des moyens déjà disponibles dans cet appareil et qui permettent de repérer sa position en orientation en délivrant un signal électrique correspondant. Ce signal électrique correspondant est alors utilisé comme signal 12 de commande des moteurs 10 et 11.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif d'irradiation par rayonnements ionisant, notamment des rayons X, comportant un générateur de rayonnement, et un filtre atténuateur placé sur le trajet du rayonnement, caractérisé en ce que ce filtre comporte deux parties en forme générale de coin, placées tête-bêche l'une par rapport à l'autre.

2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ces deux parties ont chacune une forme cylindrique prismatique, avec chacune une directrice triangulaire, les génératrices de ces parties cylindriques étant perpendiculaires à une direction principale du rayonnement.

3 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour déplacer symétriquement, l'une vers l'autre ou l'une loin de l'autre, les deux parties par rapport à une direction principale du rayonnement.

4 - Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens pour déplacer comportent des moteurs électriques asservis en position par des capteurs.

5 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ces deux parties ont chacune une forme courbe, au moins un des rayons de courbure d'une partie étant égal à un rayon de courbure de l'autre partie.

6 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ces deux parties ont chacune une forme courbe, au moins deux des rayons de courbure d'une partie étant égaux respectivement à deux rayons de

courbure de l'autre partie.

7 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux parties ont chacune une forme courbe avec au moins une des faces de chaque partie ayant une forme sphérique.

8 - Dispositif selon la revendication 5, 6 ou 7, caractérisé en ce que ces deux parties ont des sections en forme de portion de couronne circulaire, ces sections étant prises dans un plan passant par un axe de rotation commun aux deux parties.

9 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que ces deux parties sont déplacées l'une vers l'autre ou l'une loin de l'autre par rotation autour d'un axe commun.

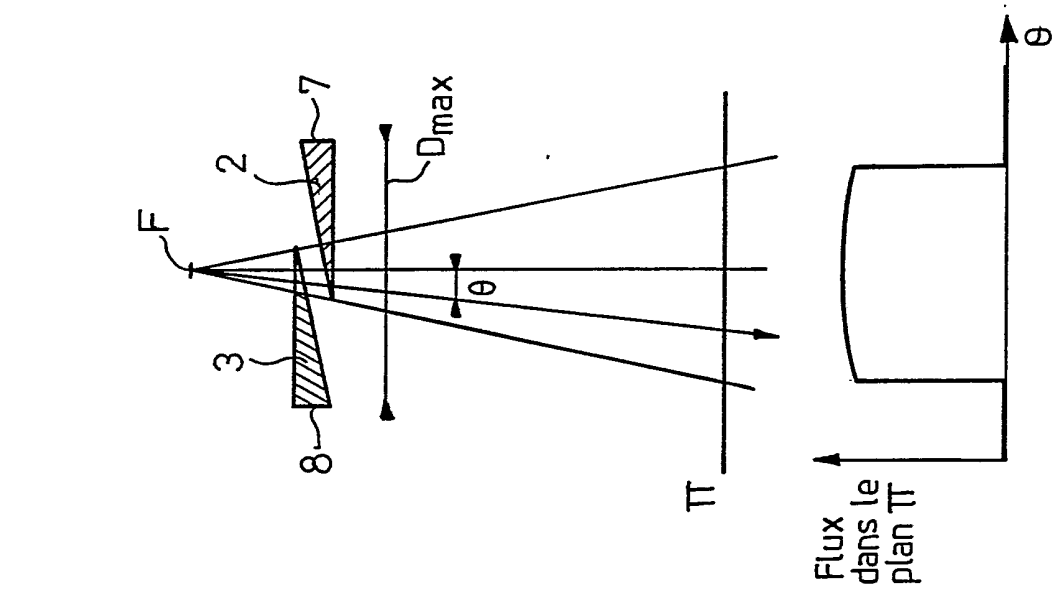

F
2
7
D_{max}
θ
3
8
TT
θ
Flux dans le plan TT

FIG_2

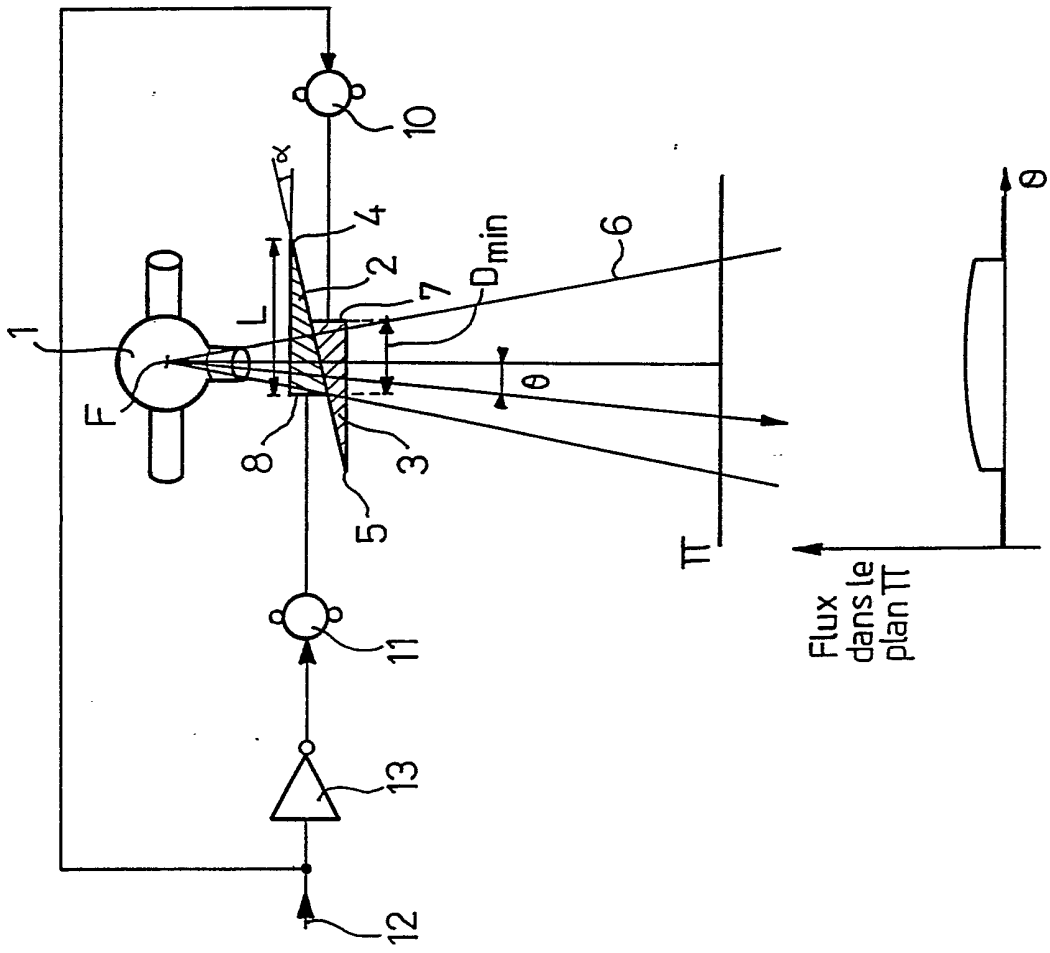

1
F
L
α
4
2
7
D_{min}
6
θ
8
3
5
10
11
13
12
TT
θ
Flux dans le plan TT

FIG_1

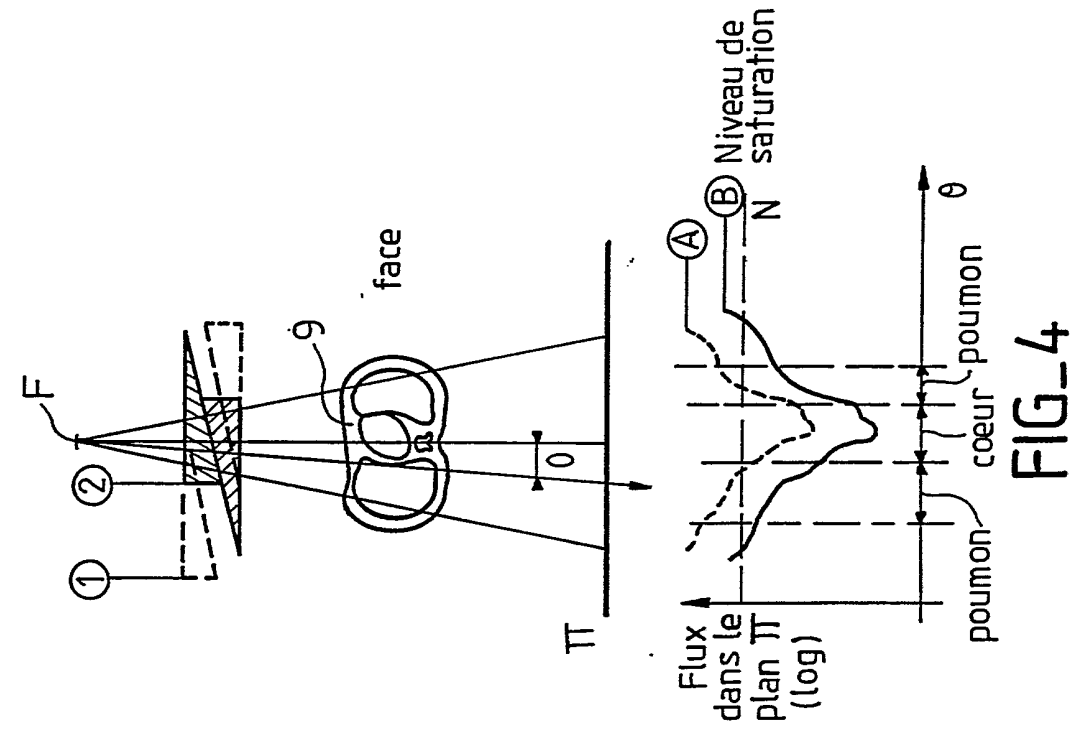

F
1
2
face
9
θ
TT
Flux dans le plan TT (log)
A
B
N
Niveau de saturation
θ
poumon
coeur
poumon

FIG_4

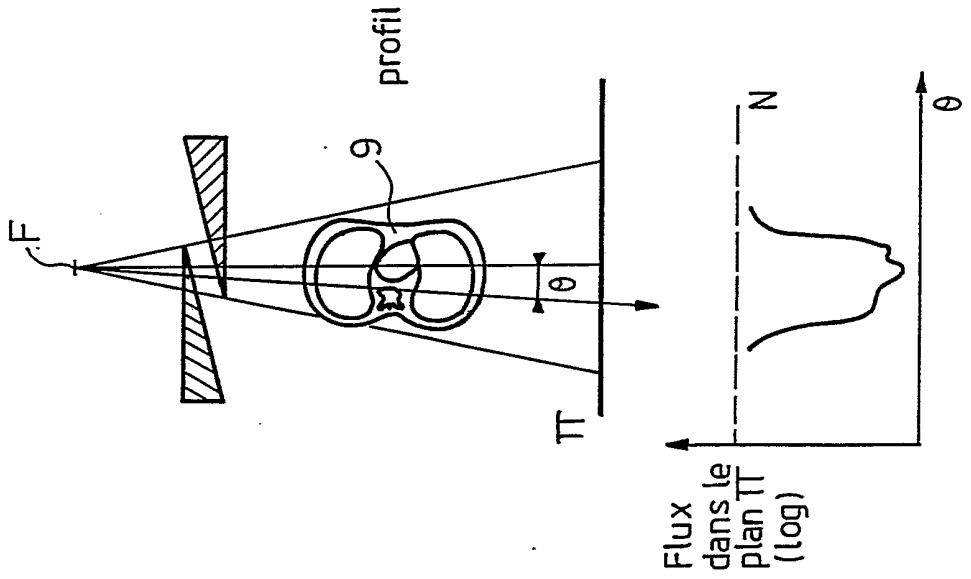

F
profil
9
θ
TT
Flux dans le plan TT (log)
N
θ

FIG_3

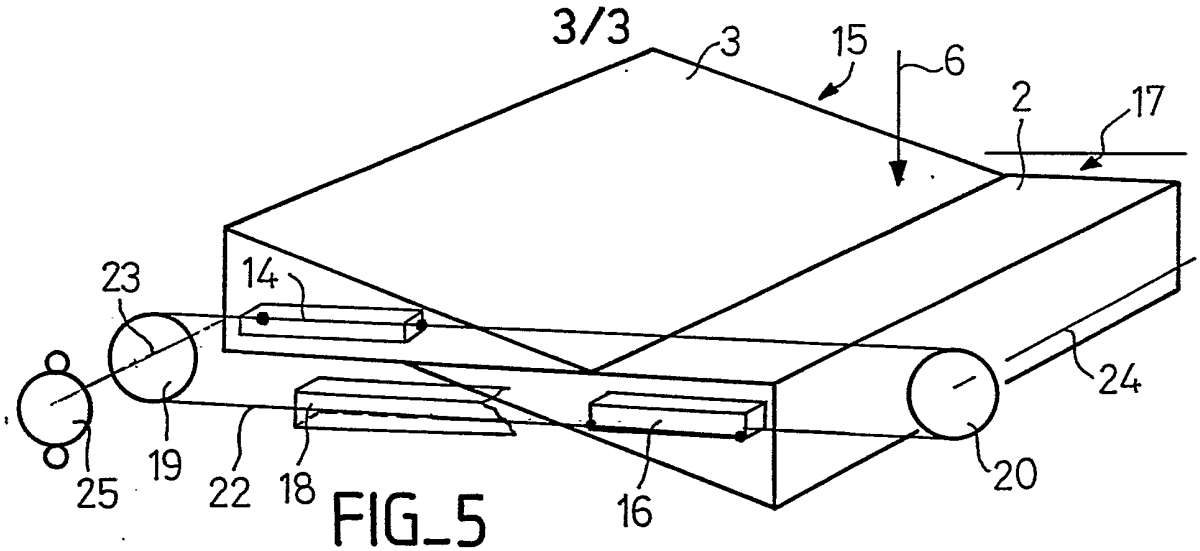


FIG_5

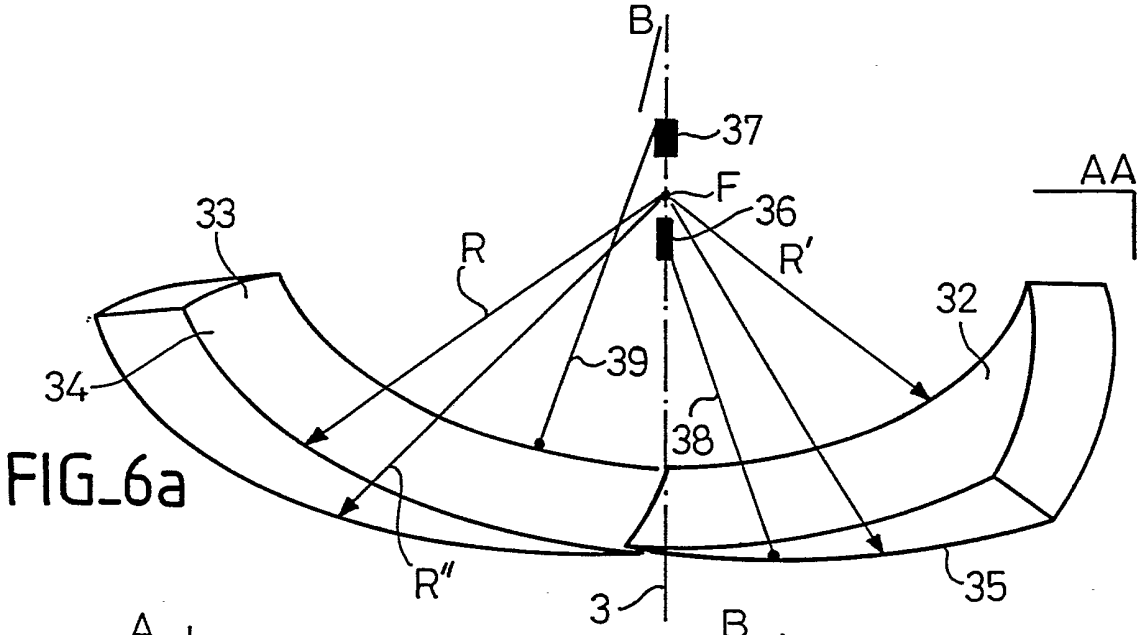
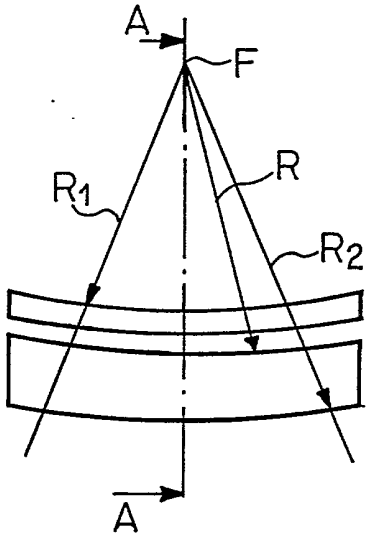
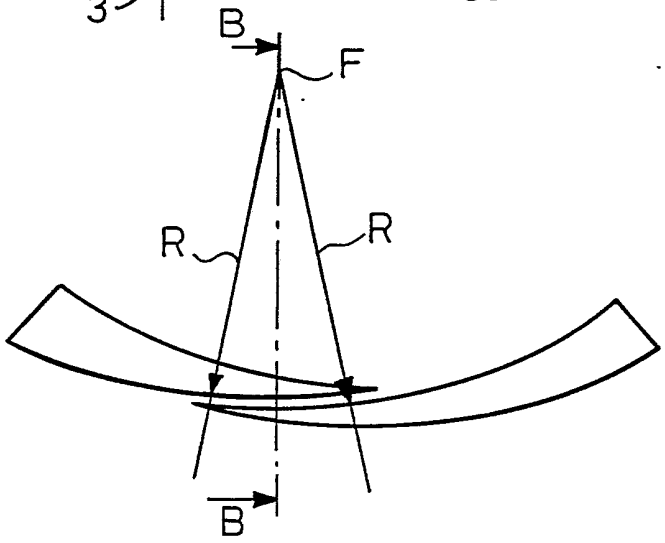


FIG_6a



Vue de face

FIG_6b



Vue de profil

FIG_6c

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2676584

N° d'enregistrement national

INSTITUT NATIONAL de la PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

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

FR 9105799
FA 458446

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée
X	FR-A-2 611 304 (KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE) * page 5, ligne 21 - page 6, ligne 34 * * figures 1,4 *	1,3
A	DE-C-717 192 (G. GROSSMANN) * page 1, ligne 37 - ligne 64 * * figure *	1
A	DE-C-1 143 935 (DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN) * figure *	1
A	CH-A-658 536 (SERGEEVICH ET AL.) * page 3, colonne de droite, ligne 28 - ligne 57; figures *	4-5,9

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)

G21K

Date d'achèvement de la recherche: 21 JANVIER 1992

Examinateur: CAPOSTAGNO E.

1

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

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

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