

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 85400027.0

51 Int. Cl.⁴: **G 21 K 1/10**

22 Date de dépôt: 08.01.85

30 Priorité: 17.01.84 FR 8400662

43 Date de publication de la demande:
24.07.85 Bulletin 85/30

84 Etats contractants désignés:
DE FR GB NL SE

71 Demandeur: C.G.R. MeV
551, route de la Minière
F-78530 Buc(FR)

72 Inventeur: Azam, Guy
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Dugardin, François
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Milcamps, Jacques
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

74 Mandataire: Barbin le Bourhis, Joel et al,
THOMSON-CSF SCPI 173, boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

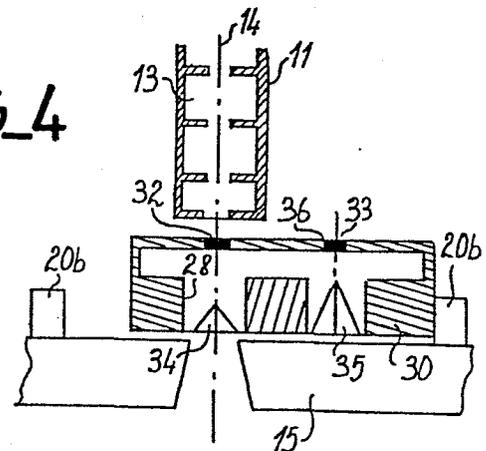
54 **Accélérateur multi-régimes.**

57 **Accélérateur multi-régimes simulant notamment le rayonnement Cobalt.**

Selon l'invention, on prévoit un accélérateur d'électrons (11) d'énergie moyenne et un jeu de cibles (32, 33) et filtres (34, 35) permettant d'obtenir au moins une courbe de pénétration semblable à celle du Cobalt et d'autres courbes voisines.

Application à la radiothérapie.

FIG 4



ACCELERATEUR MULTI-REGIMES

L'invention concerne un accélérateur multi-régimes de conception simple, utilisable notamment en radiothérapie pour des traitements mettant en jeu des énergies faibles ou moyennes.

5 En radiothérapie, on distingue entre autre deux types de matériels : les générateurs de rayons utilisant des sources radio-actives, comme par exemple le cobalt, et les accélérateurs de particules (notamment les électrons). Ces derniers offrent une grande souplesse d'utilisation et permettent d'atteindre des énergies élevées, jusqu'à 40 MeV-électrons et 25 MeV-photons. Cependant, ces appareils sont coûteux. En particulier, les systèmes de réglage et de variation de la puissance du faisceau (pour obtenir les différents régimes de fonctionnement) agissant sur les paramètres d'accélération, notamment la puissance HF, sont pour beaucoup dans le prix de revient de l'installation.

15 Par ailleurs, le générateur au cobalt possède des qualités propres qui font qu'il est encore très apprécié des médecins bien que la manipulation des sources radio-actives nécessite un certain nombre de précautions. Le rayonnement du cobalt est un rayonnement photon, très pénétrant, malgré une énergie faible (1,3 MeV-photons) puisque 50 % de la dose maximale se trouve encore disponible à 12 cm de profondeur dans les tissus. En revanche la "dose à la peau" est relativement élevée ce qui a pour conséquence, dans certains cas, une irradiation trop importante en surface avec risques de brûlure.

25 Or, actuellement il est possible de réaliser des structures accélératrices capables de fournir l'énergie en électrons nécessaire (environ 4 MeV) à l'obtention des 1,3 MeV-photons du cobalt, ceci pour un prix de revient relativement faible.

30 L'un des buts de l'invention consiste donc à mettre au point un ensemble de radiothérapie à faisceau de photons produit à partir

d'un accélérateur mais dont les caractéristiques soient assez proches de celles du cobalt avec cependant des possibilités supplémentaires et notamment celle de pouvoir disposer de plusieurs types de faisceaux. Par exemple, on pourra chercher à obtenir un faisceau possédant les mêmes caractéristiques que le rayonnement du cobalt et aussi d'autres faisceaux présentant des caractéristiques voisines, notamment des caractéristiques améliorées pour ce qui concerne le problème de la "dose à la peau".

Un autre but de l'invention est de réaliser un système de prix de revient faible, du même ordre de grandeur qu'un générateur au cobalt.

Selon le principe général de l'invention, la puissance de l'accélérateur reste constante (ce qui permet de faire l'économie des systèmes de réglage de l'onde haute fréquence) tandis que les variations de régime et de caractéristique du faisceau sont obtenues par commutation de cibles, et/ou filtres à la sortie de l'accélérateur.

Plus précisément, l'invention concerne donc un accélérateur multi-régimes du type à faisceau de particules et comportant une cible bombardée par ledit faisceau de particules pour engendrer un faisceau de photons, caractérisé en ce que la puissance HF d'alimentation dudit accélérateur est fixée à un niveau prédéterminé et en ce qu'il comporte plusieurs cibles et/ou filtres commutables à la sortie dudit accélérateur, permettant un nombre prédéterminé de combinaisons cible-filtre auxquelles correspondent autant de faisceaux de photons de caractéristiques différentes choisies.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre de plusieurs modes de réalisation d'un accélérateur multi-régimes conforme à son principe, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un graphe représentant une courbe de pénétration caractéristique du rayonnement du cobalt mais obtenue par d'autres moyens conformes à l'invention, ainsi qu'une courbe voisine de celle

du cobalt améliorant les conditions de traitement dans certains cas et obtenue également par les moyens de l'invention ;

- la figure 2 illustre un premier mode de réalisation d'un accélérateur conforme à l'invention ;

5 - la figure 3 illustre un second mode de réalisation d'un accélérateur conforme à l'invention ;

- la figure 4 illustre un troisième mode de réalisation d'un accélérateur conforme à l'invention ;

10 - la figure 5 illustre un quatrième mode de réalisation d'un accélérateur conforme à l'invention ;

- les figures 6 et 7 sont des vues de détails, respectivement de dessus et en élévation d'un support conforme à l'invention ;

- la figure 8 est une vue de détail illustrant un autre type de support.

15 Sur le graphe de la figure 1, la courbe A est caractéristique du cobalt. On a porté en abscisse la profondeur de tissu à traiter (en centimètres) et en ordonnée la dose de rayonnement, normalisée à 100 par rapport au rayonnement maximum. Les caractéristiques principales de ce rayonnement de type cobalt apparaissent clairement :

20 - dose maximum à 5 mm ;

- dose à la peau 85 % ;

- profondeur atteinte avec 50 % de la dose maximum : 12 cm.

25 De telles caractéristiques demeurent intéressantes car elles correspondent à certaines situations pathologiques où une tumeur se trouve essentiellement localisée en profondeur tout en présentant des ramifications dans les tissus superficiels.

30 Dans d'autres cas, cependant, où la tumeur est par exemple mieux localisée en profondeur, le praticien sera plutôt amené à choisir une courbe de type B, très semblable à la courbe du cobalt mais présentant une dose à la peau réduite environ de moitié.

L'invention lui réserve cette possibilité, au moyen d'un accélérateur de particules (des électrons selon l'exemple) simplifié par le fait que la puissance HF d'alimentation y est fixée une fois pour

toutes à un niveau prédéterminé (suppression de tous les systèmes électroniques classiques de réglage de puissance, agissant généralement sur le modulateur) et d'un jeu de cibles et/ou filtres commutables à la sortie dudit accélérateur pour choisir une caractéristique du faisceau conforme à une courbe de type A ou B, au moyen de simples sélecteurs mécaniques portant les cibles et/ou filtres.

On pourra ainsi prévoir une combinaison cible-filtre restituant la courbe de rayonnement A et une ou plusieurs autres combinaisons restituant une ou plusieurs courbes de type B, plus ou moins "décalées en profondeur" et présentant toutes l'intérêt d'une dose à la peau relativement faible.

Sur la figure 2, on a représenté la partie extrême d'un accélérateur d'électrons 11 de moyenne puissance (4,5 MeV-électrons environ). Cet accélérateur est de conception tout à fait classique c'est pourquoi il n'a pas été décrit en détail. Il peut par exemple être constitué d'un modulateur pilotant un magnétron, lequel est couplé par guide d'onde à un empilage de cavités 13 formant une structure accélératrice linéaire. Cet accélérateur comporte un axe principal 14 qui représente aussi la trajectoire des électrons accélérés. A sa sortie de l'accélérateur, le faisceau d'électrons bombarde une cible, ce qui engendre un faisceau de photons. Ce dernier est délimité au moyen d'un collimateur 15.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'accélérateur comporte un support mobile 16 renfermant plusieurs cibles 17, 18 ayant chacune un axe principal de symétrie 19. La trajectoire du support 16 passe en regard de la sortie de l'accélérateur et des moyens de positionnement, schématisés selon l'exemple par deux brâcles 20 entre lesquelles le support 16 peut se déplacer, sont prévus pour aligner n'importe quel axe 19 avec l'axe principal 14 de l'accélérateur. Dans ce système, les caractéristiques du faisceau de photons conformes à une courbe A ou B sont entièrement déterminées par le choix du matériau constituant la cible et les caractéristiques dimensionnelles de celle-ci. Selon le mode de réalisation

représenté à la figure 3, où les éléments de structure analogues portent les mêmes références numériques, on a prévu une cible unique 22 disposée à la sortie de l'accélérateur 11 et centrée sur son axe principal 14. En outre un support mobile 23 renferme plusieurs
5 filtres 24, 25 ayant chacun un axe principal de symétrie 26.

Comme précédemment, la trajectoire du support 23 passe en regard de la cible et à proximité de celle-ci tandis que des moyens de positionnement (butée 20a selon l'exemple) sont prévus pour aligner l'axe 26 de n'importe quel filtre avec l'axe principal 14 de
10 l'accélérateur. Le rôle des filtres 24, 25 est double. D'une part, il permet de modeler les composantes spectrales du faisceau de photons, en les atténuant différemment. Il a donc une fonction de filtrage en énergie qui détermine, la nature de la cible étant fixée à priori, une courbe de type A ou B. Par ailleurs, il a une fonction
15 d'égalisation, due à sa forme, permettant une atténuation directionnelle du faisceau afin d'obtenir une répartition uniforme de la dose au niveau du patient. On sait en effet que dans un accélérateur, l'intensité du faisceau va en décroissant au fur à mesure qu'on s'éloigne de l'axe 14. Par conséquent, de façon connue, les filtres 24
20 et 25 auront une forme pyramidale de préférence sensiblement conique. Dans l'exemple de la figure 3, le support 23 est essentiellement en plomb. Il comporte des alvéoles 28 abritant les filtres de forme conique.

Le mode de réalisation représenté à la figure 4 où les éléments
25 de structure analogues portent les mêmes références numériques, comporte un support 30 renfermant plusieurs cibles 32, 33 et plusieurs filtres 34, 35. Le support 30 est assujéti à se déplacer en regard de la sortie de l'accélérateur 11. Il est essentiellement en plomb et comporte deux étages. L'étage supérieur (le plus près de l'accélérateur) est percé de trous 36 abritant les cibles 32 et 33,
30 tandis que l'étage inférieur comporte comme dans le cas de la figure 3 des alvéoles 28 abritant les filtres 34 et 35. Les trous et alvéoles sont tels que l'axe principal de symétrie de la cible 32 soit confondu avec l'axe principal de symétrie du filtre 34 et que l'axe principal de

symétrie de la cible 33 soit confondu avec l'axe principal de symétrie du filtre 35. Par ailleurs, comme précédemment, des moyens de positionnement (butées 20b) sont prévus pour immobiliser le support 30 dans des positions telles que n'importe lequel des axes communs aux cibles et filtres puisse être aligné avec l'axe principal 14 de l'accélérateur.

Le mode de réalisation de la figure 5 ne se distingue du précédent que par le fait qu'il comporte deux supports 40, 41 indépendants. Le support 40 renferme plusieurs cibles 32a, 33a ayant chacune un axe principal de symétrie tandis que le support 41 renferme plusieurs filtres 34a, 35a ayant chacun un axe principal de symétrie. Les moyens de positionnement (butées 20c) avec lesquels coopèrent les supports 40 et 41 permettent d'aligner l'axe de symétrie de n'importe quel filtre et l'axe de symétrie de n'importe quelle cible avec l'axe principal 14 de l'accélérateur. Par rapport au mode de réalisation de la figure 4, on double le nombre de combinaisons cible-filtre avec le même nombre de cibles et de filtres.

Selon les caractéristiques de faisceau désirées, le filtre pourra être réalisé dans des matériaux différents, notamment le tungstène, le plomb, le cuivre, le titane, l'acier inoxydable ou le graphite. Dans les exemples qui viennent d'être décrits, les supports sont des tiroirs à déplacement rectiligne. Comme indiqué précédemment, ils sont essentiellement en plomb mais ils comporteront avantageusement des glissières en acier (non représentées). Dans le cas simple représenté, la mécanique de manoeuvre pourra être manuelle. Si on désire disposer de plus de deux cibles et/ou filtres, on pourra adopter des solutions motorisées avec télécommande et asservissement de positionnement, tous ces systèmes de manoeuvre étant à la portée de l'homme du métier. Le contrôle de positionnement pourra aussi s'effectuer au moyen de micro-contacteurs et d'une logique à micro-processeur surveillant les états de ces contacteurs.

Les figures 5 et 6 illustrent un autre type de support mobile à barillet tournant 50. L'axe de rotation 51 de ce support est décalé de

l'axe 14 de l'accélérateur de façon que les cibles et/ou filtres puissent être positionnés en alignement avec cet axe 14. Selon l'exemple, le support 50 est à deux étages, l'un portant les cibles 52 et l'autre les filtres 53.

5 La figure 7 illustre un autre type de support mobile possible en forme générale de croisillon 55. Ce support est assujéti à se déplacer dans un système à double glissières (non représenté) définissant deux directions de déplacement rectilignes et perpendiculaires. Le croisillon peut ainsi porter jusqu'à 5 cibles et/ou
10 filtres.

 La détermination des dimensions des cibles et filtres ainsi que le choix des matériaux utilisés seront déterminés le plus souvent expérimentalement. A titre d'exemple, en se reportant à la figure 1, et en considérant un faisceau incident d'électrons d'environ 4 Mev,
15 la courbe A ou "courbe cobalt" pourra être obtenue en utilisant une cible plate en tungstène, de 2 mm d'épaisseur et un filtre cône de 12 mm de hauteur et de 25 mm de diamètre de base. La courbe B pourra être obtenue en utilisant une cible comprenant une couche de tungstène de 1 mm et une couche de cuivre de 1 mm ainsi qu'un
20 filtre cône en acier inoxydable de 16 mm de hauteur et de 25 mm de diamètre de base.

REVENDICATIONS

1. Accélérateur multi-régimes du type à faisceau de particules et comportant une cible bombardée par ledit faisceau de particules pour engendrer un faisceau de photons, caractérisé en ce que la puissance HF d'alimentation dudit accélérateur (11) est fixée à un niveau prédéterminé et en ce qu'il comporte plusieurs cibles (17, 18, 22, 32, 33) et/ou filtres (24, 25, 34, 35) commutables à la sortie dudit accélérateur, permettant un nombre prédéterminé de combinaisons cible-filtre auxquelles correspondent autant de faisceaux de photons de caractéristiques différentes choisies.

2. Accélérateur multi-régimes selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un support mobile (16) renfermant plusieurs cibles ayant chacune un axe principal de symétrie, la trajectoire dudit support passant en regard de la sortie dudit accélérateur et des moyens de positionnement (20) étant prévus pour aligner n'importe quel axe de cible avec l'axe principal (14) de l'accélérateur.

3. Accélérateur multi-régimes selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une cible unique (22) fixe, disposée à la sortie dudit accélérateur et centrée sur son axe principal (14), un support mobile renfermant plusieurs filtres ayant chacun un axe principal de symétrie, la trajectoire dudit support passant en regard de ladite cible et à proximité de celle-ci et des moyens de positionnement prévus pour aligner l'axe de n'importe quel filtre avec l'axe principal de l'accélérateur.

4. Accélérateur multi-régimes selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un support mobile (30) renfermant plusieurs cibles et plusieurs filtres fixés respectivement deux à deux en vis à vis de façon qu'un axe principal de symétrie de chaque cible soit confondu avec un axe principal de symétrie du filtre correspondant, des moyens de positionnement (20b) étant prévus pour

aligner n'importe lequel de ces axes avec l'axe principal (14) de l'accélérateur.

5 5. Accélérateur multi-régimes selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un support mobile (40) renfermant plusieurs cibles ayant chacune un axe principal de symétrie et un support mobile (41) renfermant plusieurs filtres ayant chacun un axe principal de symétrie, des moyens de positionnement (20c) étant prévus pour aligner l'axe de symétrie de n'importe quel filtre et l'axe de symétrie de n'importe quelle cible avec l'axe principal (14) de l'accélérateur.

10 6. Accélérateur selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'un support précité comporte des alvéoles (28) et/ou trous (36) abritant chacun un filtre et/ou une cible.

15 7. Accélérateur selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'un support précité est essentiellement en plomb.

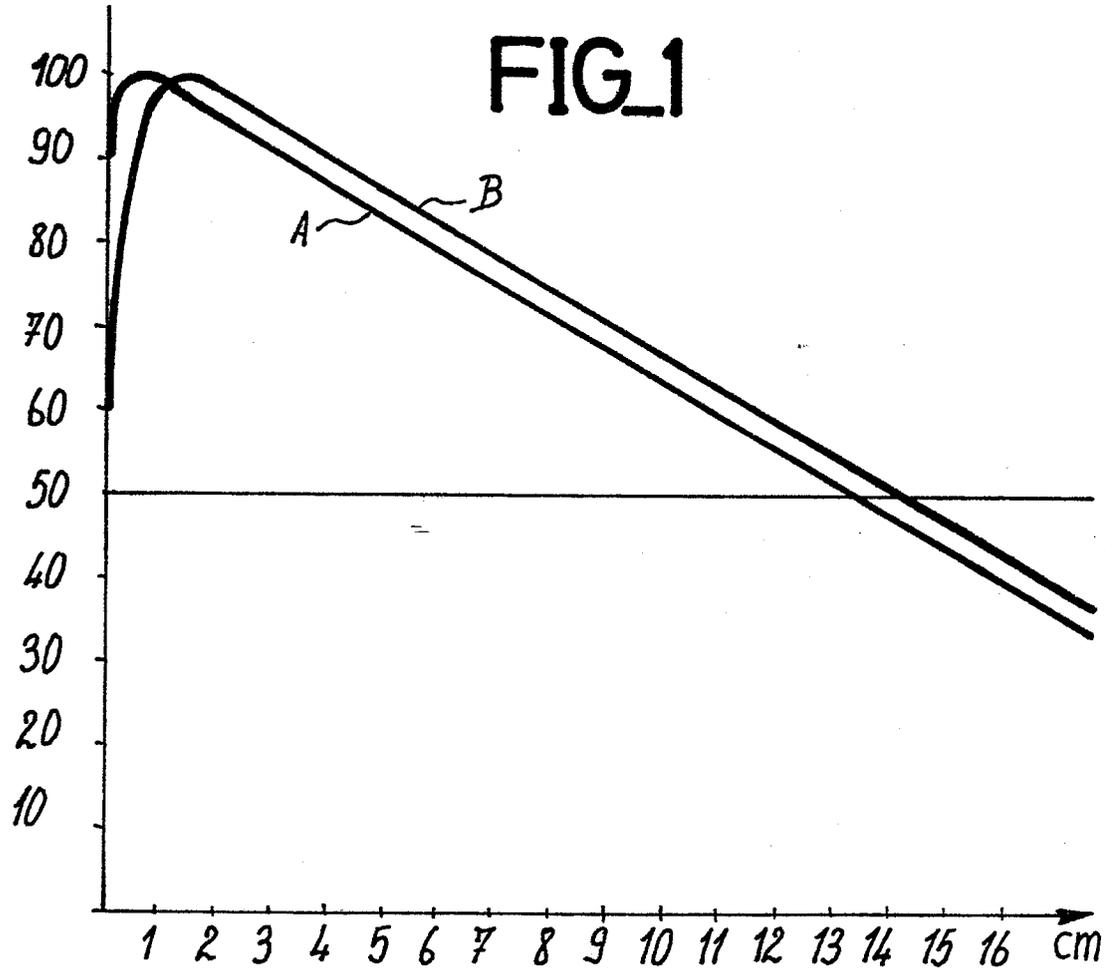
8. Accélération selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que le ou chaque support mobile précité est en forme de tiroir à déplacement rectiligne.

20 9. Accélérateur selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que le ou chaque support mobile précité est en forme de barillet tournant (50).

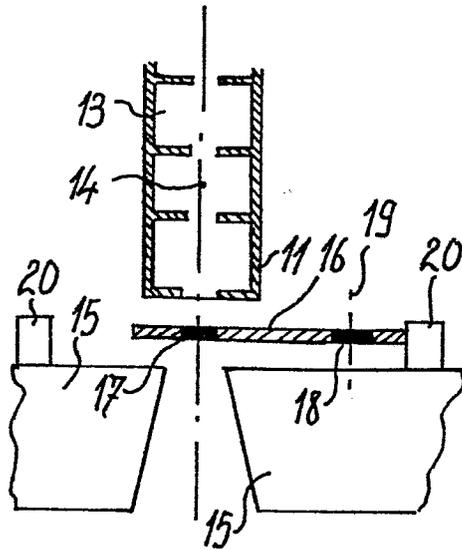
25 10. Accélération selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que le ou chaque support mobile précité est en forme générale de croisillon (55) à double glissières ayant deux directions de déplacement rectilignes perpendiculaires.

11. Accélérateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les filtres sont réalisés en un matériau choisi dans le groupe comprenant le tungstène, le plomb, le cuivre, le titane, l'acier inoxydable et le graphite.

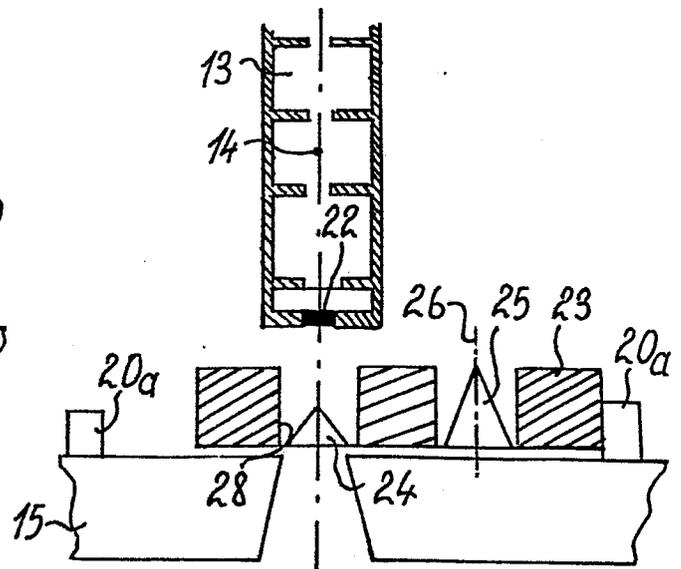
30 12. Accélérateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un filtre a une forme pyramidale ou cônica, connue en soi.



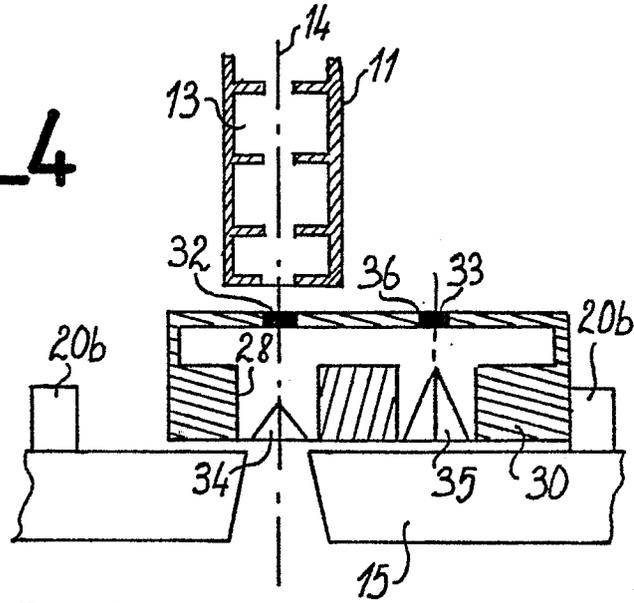
FIG_2



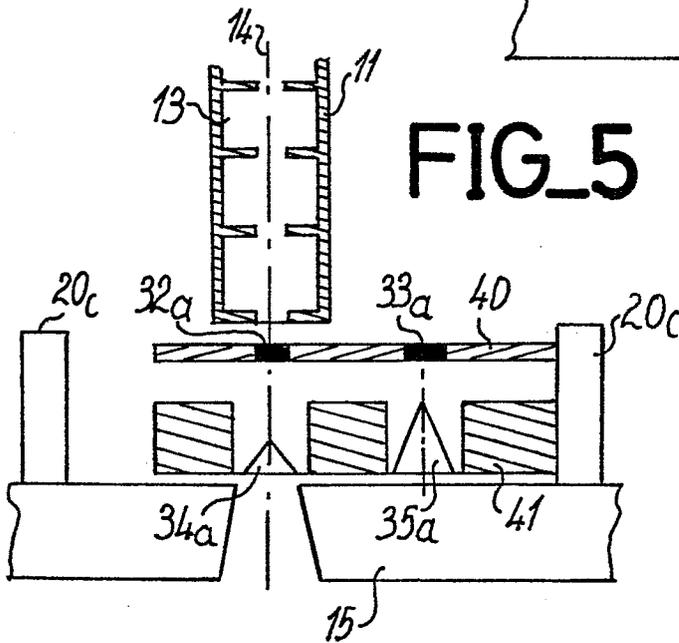
FIG_3



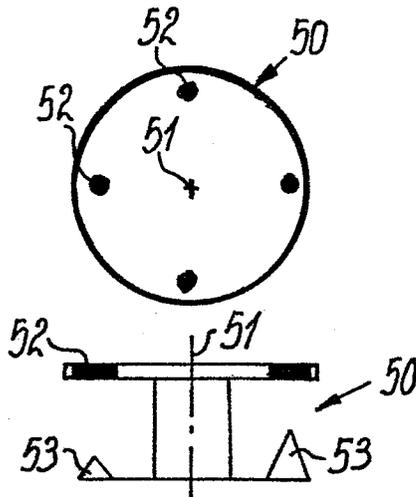
FIG_4



FIG_5



FIG_6



FIG_7

FIG_8

