

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 09941

(54) Procédé de dosimétrie permettant de mesurer la dose absorbée par un corps soumis à un rayonnement ionisant et moyens de mise en œuvre.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 T 1/142; A 61 N 6/00.

(22) Date de dépôt..... 30 avril 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 45 du 6-11-1981.

(71) Déposant : INSTITUT NATIONAL DE LA SANTE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE, INSERM,
Etablissement public à caractère administratif, résidant en France.

(72) Invention de : Marcel Ricard, Ai Bui, Robert Darmana, Albert Lisbona, Jean-Pierre Morucci et
Jean Gabriel Roulleau.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Barre, Gatti, Laforgue,
77, allée de Brienne, 31069 Toulouse Cedex.

PROCEDE DE DOSIMETRIE PERMETTANT DE MESURER
LA DOSE ABSORBEE PAR UN CORPS SOUMIS A UN
RAYONNEMENT IONISANT ET MOYENS DE MISE EN
OEUVRE

5 L'invention concerne un procédé de dosimé-
trie permettant de mesurer la dose absorbée par un corps sou-
mis à un rayonnement ionisant en particulier rayons X ou rayons
Gamma ; elle s'étend à une pastille de dosimétrie et à un dis-
positif adapté pour la mise en oeuvre de ce procédé.

10 L'invention s'applique tout particulièrement
mais non exclusivement dans le domaine médical pour évaluer la
dose délivrée à un patient au cours d'examens ou de traitements
radiologiques.

On connaît actuellement essentiellement deux
15 types de dispositif de dosimétrie, constitués d'une part, par
les chambres d'ionisation, d'autre part, par les détecteurs
radiothermoluminescents ou radiophotoluminescents. Ces disposi-
tifs présentent l'inconvénient de perturber le rayonnement à
étudier ; en particulier ils ne peuvent être utilisés dans des
20 examens de radiodiagnostic : les chambres d'ionisation qui exi-
gent une alimentation extérieure perturbent de façon importante
le flux de photons et ce, d'autant plus que leur sensibilité
est plus grande puisque leur encombrement croît avec cette sen-
sibilité ; de même, les détecteurs radioluminescents occasion-
25 nent une ombre qui fausse les observations radiologiques. En
outre, ces dispositifs sont de manipulation délicate.

La présente invention se propose d'indiquer
un nouveau procédé de dosimétrie permettant de mesurer la do-
se absorbée par un corps soumis à un rayonnement ionisant, sans
30 perturbation sensible de ce rayonnement.

Elle vise en particulier à permettre un con-
trôle des doses absorbées lors d'examens ou de traitements ra-
diologiques.

Un autre objectif de l'invention est de fa-
35 ciliter notablement les opérations de mesure et de les mettre
à la portée d'un personnel peu qualifié.

A cet effet, le procédé de dosimétrie con-
forme à la présente invention consiste :

. à utiliser des pastilles, transparentes à

l'égard du rayonnement précité, et constituées en un matériau diélectrique apte à garder une polarisation électrique,

. à traiter électriquement lesdites pastilles de façon à les polariser et à former des électrets ayant
5 une charge de polarisation connue,

. à interposer au moins une pastille polarisée sur le trajet du rayonnement appelé à irradier le corps précité,

. après irradiation au moyen dudit rayonnement, à mesurer la charge de polarisation résiduelle de la ou
10 des pastilles,

. et à déterminer la dose absorbée à partir des valeurs de la charge de polarisation initiale et de la charge résiduelle de la ou des pastilles.

15 Le matériau constitutif des pastilles peut en particulier être un polymère ou un mélange de polymères, corps qui possèdent généralement la propriété d'être radiotransparents et aptes à conserver pendant de longues durées une charge de polarisation qui leur a été préalablement appliquée. On
20 peut en particulier utiliser un polymère ou mélange de polymères de la famille des polyhalo-oléfines ou de la famille des poly-oléfines.

Une telle pastille dont l'épaisseur constante peut être comprise entre environ 1 micron et 400 microns,
25 introduit une perturbation négligeable dans le rayonnement, aussi bien sur le plan de l'atténuation de celui-ci que sur celui d'une modification de ses composantes spectrales.

L'irradiation ionisante provoque deux phénomènes qui se conjuguent pour diminuer la charge de polarisation de la pastille : d'une part, une augmentation de la conductivité du polymère, d'autre part, une neutralisation par les ions créés dans l'air ambiant par le rayonnement. Ces phénomènes sont directement fonction de l'intensité et de la durée du rayonnement et les expérimentations ont démontré que la dimi-
30 nution de la charge de la pastille permet de déterminer la dose absorbée de façon précise et reproductible.

Il suffit de calculer le rapport $\frac{V_i - V_f}{V_i}$

où V_i est une valeur proportionnelle à la charge initiale V_i de

la pastille et V_f une valeur proportionnelle à sa charge résiduelle, la dose absorbée étant déduite de ce rapport par un étalonnage préalable.

Par exemple, dans un examen ou traitement radiologique, une ou plusieurs pastilles seront appliquées sur le corps du patient soumis au rayonnement et permettront de connaître la dose absorbée par celui-ci sans aucune perturbation de l'examen ou du traitement.

De préférence, le traitement électrique préalable des pastilles qui permet de leur appliquer une charge de polarisation connue, s'effectue en deux temps, consistant d'abord à polariser les pastilles pour en faire des électrets, ensuite à mesurer leur charge de polarisation afin d'avoir une connaissance précise de la charge appliquée.

La polarisation des pastilles peut s'effectuer par tout procédé connu.

Selon un premier mode de mise en oeuvre, cette polarisation est réalisée à température ambiante par effet Corona, en disposant la pastille sur un support maintenu à un potentiel constant et en orientant vers la pastille une électrode à pointe portée à un potentiel élevé par rapport à celui du support.

Selon un autre mode de réalisation, cette polarisation est réalisée à une température supérieure à la température de transition vitreuse du matériau desdites pastilles, en disposant la pastille dans une enceinte chauffée sur un support maintenu à un potentiel constant et en orientant vers la pastille une électrode à pointe portée à un potentiel élevé par rapport à celui du support.

Ce dernier mode de polarisation présente des effets plus durables que le premier et assure une polarisation qui ne présente pas d'atténuations notables au cours de très longues périodes (généralement de durée supérieure à une année). Il est ainsi possible de polariser les pastilles en laboratoire après leur fabrication et de les livrer sur les lieux d'utilisation à l'état chargé, l'utilisateur n'ayant plus qu'à effectuer des mesures de charge (avant l'irradiation et après celle-ci).

Le premier mode de polarisation est de mise en oeuvre plus simple puisqu'il ne fait pas intervenir de trai-

tement thermique ; il peut être facilement mis en oeuvre sur place sur le lieu d'utilisation, les pastilles étant alors livrées neutres et chargées avant la mesure.

L'invention s'étend, en tant que produits
5 nouveaux, à de telles pastilles de dosimétrie comprenant ou non une charge de polarisation. Ces pastilles sont réalisées de façon à être transparentes au rayonnement ionisant concerné et constituées en un matériau diélectrique apte à garder une polarisation électrique, en particulier en un polymère ou mélanges de
10 polymères des familles déjà évoquées.

Les pastilles peuvent comprendre une couche autocollante de nature diélectrique, transparente au rayonnement ionisant ; cette couche facilite la mise en place des pastilles sur le corps à irradier.

15 Par ailleurs, les mesures des charges de polarisation des pastilles (aussi bien charges initiales que charges résiduelles) sont avantageusement réalisées en amenant dans un mouvement relatif la pastille à se déplacer par rapport à une électrode de mesure de façon à induire un courant dans
20 celle-ci et en engendrant un signal fonction de ce courant, proportionnel à la densité de charge de la pastille.

L'invention vise à fournir un dispositif de dosimétrie, adapté pour mettre en oeuvre le procédé avec des manipulations simples, à la portée d'un personnel sans qualification particulière dans ce domaine, notamment un personnel
25 d'assistance médicale dans le cas d'examens ou traitements radiologiques.

A cet effet, le dispositif conforme à l'invention comprend un plateau rotatif porté par un châssis et
30 maintenu à un potentiel constant, des moyens d'entraînement de ce plateau en rotation, une électrode à pointe située à l'aplomb d'une zone périphérique du plateau, des moyens électriques adaptés pour porter ladite électrode à pointe à un potentiel élevé par rapport à celui du plateau, une électrode de mesure
35 située à l'aplomb d'une autre zone périphérique du plateau, et des moyens électriques de mesure du signal électrique induit dans l'électrode de mesure.

Préalablement à l'irradiation, la pastille à utiliser est placée sur le plateau immobilisé, au droit de

l'électrode à pointe qui permet de la polariser ; après interruption de l'alimentation de cette électrode à pointe, le plateau est mis en rotation de façon que la pastille passe sous l'électrode de mesure qui permet d'en mesurer la charge de polarisation.

La pastille est ensuite appliquée sur le corps à irradier, le cas échéant avec plusieurs autres. Après irradiation, elle est remise sur le plateau tournant en vue de mesurer sa charge résiduelle, qui permet par comparaison avec la charge initiale de connaître la dose absorbée.

On conçoit la simplicité de ces opérations qui limitent les manipulations à de petites pastilles et utilisent un appareillage fixe qui n'a pas à être déplacé à chaque mesure.

La description qui suit en référence aux dessins annexés présente un exemple de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention et illustre la mise en oeuvre du procédé ; sur ces dessins :

. la figure 1 est une vue schématique de ce dispositif,

. la figure 2 est une coupe de détail d'un des ensembles de celui-ci,

. la figure 3 est un schéma synoptique des moyens électroniques associés à cet ensemble,

. la figure 4 est une vue en perspective d'une pastille utilisée pour la mise en oeuvre du procédé,

. les figures 5 et 6 présentent des courbes d'étalonnage correspondant à quatre exemples de mise en oeuvre qui sont décrits plus loin.

Le dispositif représenté à titre d'exemple aux figures 1, 2 et 3 comprend un châssis 1 portant les divers ensembles du dispositif qui sont agencés pour former un appareil compact de faible encombrement.

Ce châssis 1 porte un plateau rotatif horizontal 2 qui est assujéti en son centre sur une boîte de roulement de type classique 3 lui permettant de tourner autour d'un axe vertical. Ce plateau peut être entraîné en rotation à vitesse constante par un moteur électrique 4. La vitesse d'entraînement du plateau est en l'exemple de l'ordre de

1 tour/mn.

Le châssis 1 et le plateau 2 sont électriquement reliés à la masse.

Au-dessus du plateau sont disposés deux ensembles, en positions diamétralement opposées : un ensemble de polarisation des pastilles et un ensemble de mesure des charges de celles-ci.

Le premier ensemble comprend une électrode à pointe 5 de type classique, portée par une patte 6 en un matériau électriquement isolant. Cette patte peut être déplacée verticalement et sa hauteur réglée par des moyens de réglage appropriés. Par exemple, la patte 6 peut être guidée par deux colonnettes verticales qu'elle traverse et réglée en hauteur à l'aide d'une tige filetée et d'un écrou moleté vissé sur celle-ci, la patte 6 étant maintenue en pression contre cet écrou par un ressort.

En outre, de façon connue en soi, une grille métallique 7 est disposée sous l'électrode à pointe 5 en vue d'homogénéiser le champ au niveau du plateau ; cette grille est agencée pour être réglable en hauteur dans les mêmes conditions que l'électrode 5.

L'électrode à pointe 5 est reliée à des moyens électriques permettant de la porter à un potentiel négatif de l'ordre de quelques kilovolts, cependant que la grille est reliée à des moyens électriques permettant de la porter à un potentiel négatif de l'ordre de quelques centaines de volts, intermédiaire entre le potentiel de l'électrode 5 et celui du plateau 2.

L'autre ensemble du dispositif comprend une électrode de mesure 8, entourée par un anneau de garde 9 (Fig. 2) et reliée à des moyens électriques permettant de mesurer le signal induit dans celle-ci.

Cette électrode 8 est assujettie sous un boîtier blindé 10 qui contient une partie de ces moyens électriques et qui est portée par le châssis 1 par l'entremise de moyens de réglage de sa hauteur. En l'exemple, ces moyens comprennent un ensemble micrométrique 11 de type classique.

L'axe de l'électrode à pointe 5 et de la grille 7 d'une part, et l'axe de l'électrode de mesure 8 d'autre part,

tre part, sont situés à égale distance de l'axe de rotation du plateau, de façon qu'une pastille disposée sur une zone périphérique du plateau au droit de l'électrode à pointe 5 puisse être amenée par rotation du plateau à passer sous l'électrode de mesure 8.

Le plateau comporte au niveau de cette zone périphérique des moyens de positionnement d'une pastille. Par exemple, ces moyens peuvent être constitués par un évidement 2a pratiqué dans le plateau, l'axe de cet évidement étant situé 10 à la même distance du centre du plateau que les axes des électrode de mesure et électrode à pointe.

L'électrode de mesure 8 est reliée à un adaptateur 12 qui transforme l'impulsion de courant reçue en une impulsion de tension, d'amplitude proportionnelle ; celle-ci est 15 délivrée à un additionneur 13 de réglage de zéro qui permet d'éliminer la composante continue du signal.

(14)/
Un ensemble de traitement reçoit l'impulsion ainsi recalée et fournit un signal représentatif de la charge de la pastille. Ce signal est enregistré pour permettre le calcul 20 de la dose absorbée à partir des valeurs de la charge initiale et de la charge résiduelle.

On va décrire ci-après quatre exemples de mise en oeuvre du procédé de l'invention, deux correspondant aux courbes d'étalonnage A et B de la figure 5, qui sont mis en oeuvre 25 au moyen d'un dispositif tel que ci-dessus décrit, et les deux autres correspondant aux courbes C et D, dans lesquels la polarisation des pastilles est réalisée à chaud, la mesure des charges étant effectuée au moyen du dispositif sus-évoqué.

Dans tous ces exemples, on a utilisé des 30 pastilles de forme circulaire telle que schématisée à la figure 4, ayant un diamètre égal à 30 mm.

EXEMPLE 1

Les pastilles utilisées sont en copolymère du tétrafluoroéthylène et de l'héxafluoroéthylène. Leur épaisseur 35 leur est de 127 microns.

Leur polarisation est effectuée à température ambiante dans les conditions suivantes :

- . tension de l'électrode à pointe $V_p = - 6000$ volts
- . tension de la grille : $V_g = - 500$ volts.

La polarisation est réalisée jusqu'à saturation de la pastille, c'est-à-dire jusqu'à ce que le potentiel de surface de la pastille soit égal à celui de la grille, aucune charge ne circulant plus entre celles-ci. Il a fallu moins
5 de 10 secondes pour obtenir cette saturation.

L'alimentation de l'électrode à pointe et de la grille est alors interrompue et le plateau mis en rotation à une vitesse de 1 tour/minute, qui correspond à un temps de passage de la pastille sous l'électrode de mesure égal à 6,5 secondes; le potentiel V_i représentatif de la charge initiale est enregistré.

La pastille est ensuite soumise à une irradiation au moyen de rayons X (longueur d'onde : 10^{-11} m à 3.10^{-11} m et, après irradiation, la charge résiduelle V_f est mesurée dans
15 les mêmes conditions.

Les opérations ont été reconduites plusieurs fois avec des rayonnements d'intensité croissante ; la dose absorbée a été contrôlée à chaque opération au moyen d'une chambre d'ionisation du type à air libre et à parois parallèles,
20 étalonnée par le N.B.S. (National Bureau of Standart).

Les mesures qui sont parfaitement reproductibles, ont permis de tracer la courbe A de la figure 5 où sont portées en abscisse les doses absorbées en Gray (1 joule par kg) et en ordonnée les rapports $100 \cdot \frac{V_i - V_f}{V_i}$.
25

Il est à noter que, pendant l'irradiation, les pastilles sont disposées à l'air libre (sans volume ni enceinte fermée de protection).

30 EXEMPLE 2

Des essais analogues à ceux de l'exemple 1 sont menés avec des pastilles en polyéthylène neutre dans les mêmes conditions que ci-dessus.

L'épaisseur des pastilles est de 100 microns.
35 Ces essais ont permis de tracer la courbe d'étalonnage B de la figure 5.

EXEMPLE 3

Dans cet exemple, les pastilles sont en

copolymère du tétrafluoroéthylène et de l'héxafluoroéthylène. Leurs caractéristiques géométriques sont les mêmes qu'à l'exemple 1.

La polarisation est effectuée préalablement
5 au moyen d'une électrode à pointe et d'une grille, disposée dans une enceinte chauffée à 150° C, les conditions de tensions étant les mêmes que celles de l'exemple 1.

Après polarisation, les mesures sont effectuées comme dans les exemples précédents et l'on a obtenu la
10 courbe d'étalonnage C de la figure 6.

EXEMPLE 4

Dans cet exemple, les pastilles sont en polyéthylène neutre et possèdent les mêmes caractéristiques géométriques qu'à l'exemple 2.

15 La polarisation est effectuée à 90° C dans les mêmes conditions de tensions que dans les autres exemples.

Les essais ont permis de tracer la courbe d'étalonnage D de la figure 6.

REVENDEICATIONS

1/ - Procédé de dosimétrie permettant de mesurer la dose absorbée par un corps soumis à un rayonnement ionisant en particulier rayons X ou rayons Gamma, caractérisé en ce qu'il consiste :

. à utiliser des pastilles, transparentes à l'égard du rayonnement précité, et constituées en un matériau diélectrique apte à garder une polarisation électrique,

10 de façon ^{/les/} à traiter électriquement lesdites pastilles à polariser et à former des électrets ayant une charge de polarisation connue,

. à interposer au moins une pastille polarisée sur le trajet du rayonnement appelé à irradier le corps précité,

15 . après irradiation au moyen dudit rayonnement, à mesurer la charge de polarisation résiduelle de la ou des pastilles,

. et à déterminer la dose absorbée à partir des valeurs de la charge de polarisation initiale et de ^{/la/} charge résiduelle de la ou des pastilles.

20 2/ - Procédé de dosimétrie selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise un polymère ou un mélange de polymères comme matériau constitutif des pastilles.

3/ - Procédé de dosimétrie selon la revendication 2, caractérisé en ce que le polymère ou mélange de polymères utilisé pour les pastilles est un polymère ou mélange de polymères de la famille des polyhalo-oléfines en particulier un copolymère du tétrafluoroéthylène et de l'hexafluoroéthylène.

30 4/ - Procédé de dosimétrie selon la revendication 2, caractérisé en ce que le polymère ou mélange de polymères utilisé pour les pastilles est un polymère ou mélange de polymères de la famille des poly-oléfines en particulier du polyéthylène neutre.

5/ - Procédé de dosimétrie selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que l'on utilise des 35 pastilles d'épaisseur sensiblement constante, comprise entre environ 1 micron et 400 microns, et en particulier de l'ordre de 100 microns.

6/ - Procédé de dosimétrie selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que le trai-

tement électrique des pastilles consiste, dans un premier temps, à polariser celles-ci pour en faire des électrets et à mesurer ensuite la charge de polarisation desdits électrets.

7/ - Procédé de dosimétrie selon la revendication 6, dans lequel la polarisation des pastilles est réalisée à température ambiante par effet Corona, en disposant chaque pastille sur un support maintenu à un potentiel constant et en orientant vers la pastille une électrode à pointe portée à un potentiel élevé par rapport à celui du support.

10 8/ - Procédé de dosimétrie selon la revendication 6, dans lequel la polarisation des pastilles est réalisée à une température supérieure à la température de transition vitreuse du matériau desdites pastilles, en disposant chaque pastille dans une enceinte chauffée sur un support maintenu à
15 un potentiel constant et en orientant vers la pastille une électrode à pointe portée à un potentiel élevé par rapport à celui du support.

9/ - Procédé de dosimétrie selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel une grille portée à un po-
20 tentiel intermédiaire est interposée entre l'électrode à pointe et la pastille.

10/ - Procédé de dosimétrie selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, dans lequel chaque mesure de charge de polarisation d'une pastille (charge initiale ou charge résiduelle) est réalisée en amenant dans
25 un mouvement relatif la pastille à se déplacer par rapport à une électrode de mesure de façon à induire un courant dans celle-ci et en engendrant un signal fonction de ce courant, proportionnel à la densité de charge de la pastille.

30 11/ - Procédé de dosimétrie selon la revendication 10, caractérisé en ce que la mesure de charge est réalisée en disposant la pastille sur un plateau tournant et en disposant l'électrode de mesure sur la trajectoire circulaire de ladite pastille.

35 12/ - Procédé de dosimétrie selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, caractérisé en ce que la dose absorbée est déterminée en effectuant le calcul du rapport $\frac{V_i - V_f}{V_i}$ où V_i est une valeur proportionnel-

le à la charge initiale de la pastille et V_f une valeur proportionnelle à sa charge finale et en déduisant de ce rapport la valeur de la dose absorbée par un étalonnage préalable.

13/ - Procédé de dosimétrie selon l'une des
5 revendications 1 à 12, mis en oeuvre pour mesurer la dose absorbée par un corps humain au cours d'un examen ou d'un traitement radiologique, caractérisé en ce qu'au moins une pastille est appliquée sur le corps soumis au rayonnement.

14/ - Pastille de dosimétrie pour la mise
10 en oeuvre du procédé conforme à l'une des revendications 1 à 13, réalisée de façon à être transparente au rayonnement ionisant concerné et constituée en un matériau diélectrique apte à garder une polarisation électrique, en particulier un polymère ou mélange de polymères, du groupe des polyhalo-oléfines ou des
15 poly-oléfines.

15/ - Pastille de dosimétrie selon la revendication 14, comprenant une charge de polarisation.

16/ - Pastille de dosimétrie selon l'une des
20 revendications 14 ou 15, comportant sur une face une couche auto-collante de nature diélectrique, transparente au rayonnement ionisant.

17/ - Dispositif de dosimétrie, adapté pour
permettre de mettre en oeuvre le procédé conforme aux revendications 7 et 11 prises ensemble, caractérisé en ce qu'il comprend un plateau rotatif (2) porté par un châssis et maintenu à
25 un potentiel constant, des moyens d'entraînement (4) de ce plateau en rotation, une électrode à pointe (5) située à l'aplomb d'une zone périphérique du plateau, des moyens électriques adaptés pour porter ladite électrode à pointe à un potentiel élevé par rapport à celui du plateau, une électrode de mesure (8) située à l'aplomb d'une autre zone périphérique du
30 plateau, et des moyens électriques de mesure du signal électrique induit dans l'électrode de mesure.

18/ - Dispositif selon la revendication 17,
35 caractérisé en ce que le plateau tournant (2) comporte sur une zone périphérique des moyens de positionnement (2a) d'une pastille de dosimétrie, l'électrode à pointe (5) et l'électrode de mesure (8) étant situées au-dessus du plateau à une distance de l'axe de rotation égale à celle séparant les moyens de

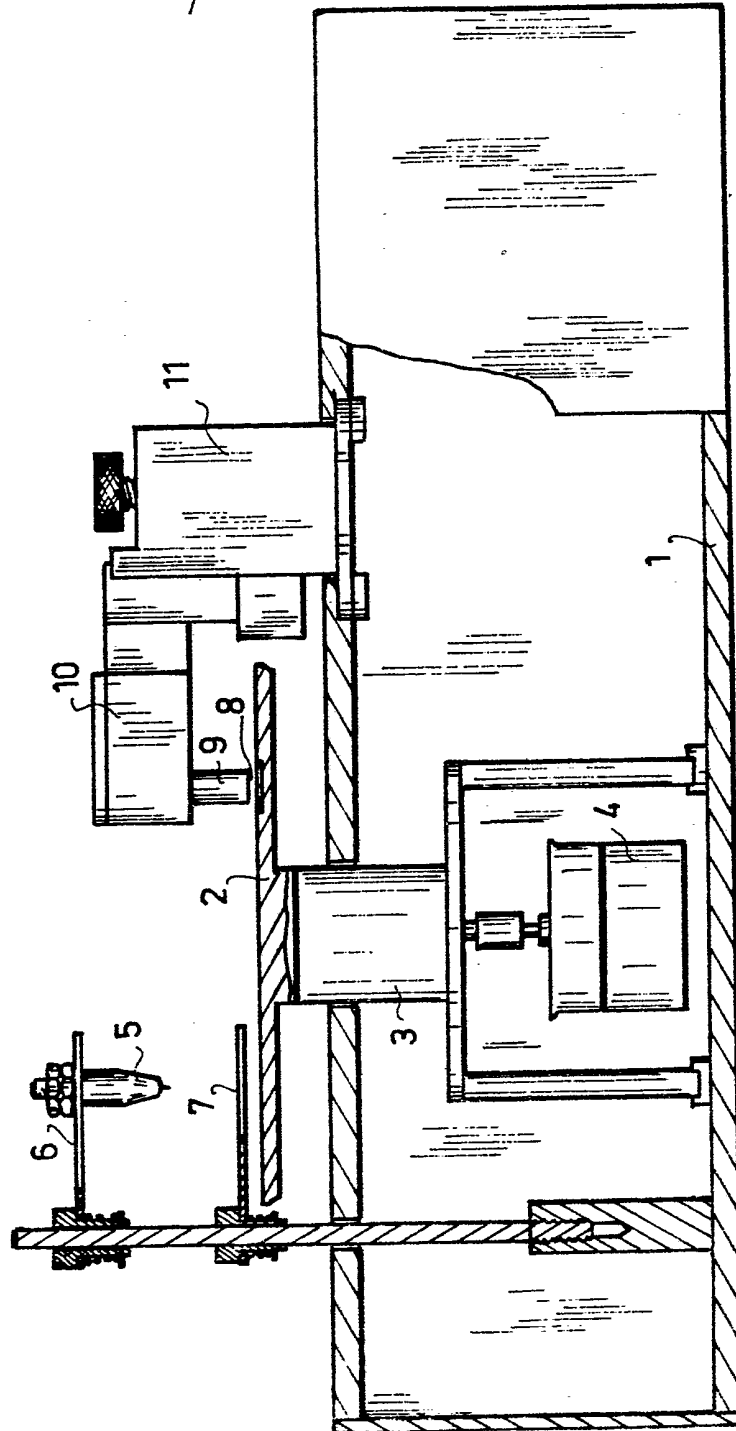
positionnement dudit axe.

19/ - Dispositif de dosimétrie selon l'une des revendications 17 ou 18, comprenant une grille (7) située entre le plateau (2) et l'électrode à pointe (5), et des moyens 5 électriques adaptés pour porter ladite grille à un potentiel intermédiaire entre celui de l'électrode à pointe et celui du plateau.

20/ - Dispositif de dosimétrie selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'électrode à pointe (5), 10 la grille (7) et l'électrode de mesure (8) sont portées par des organes mobiles, associés à des moyens de réglage de leur hauteur par rapport au plateau.

1/4

Fig. 1



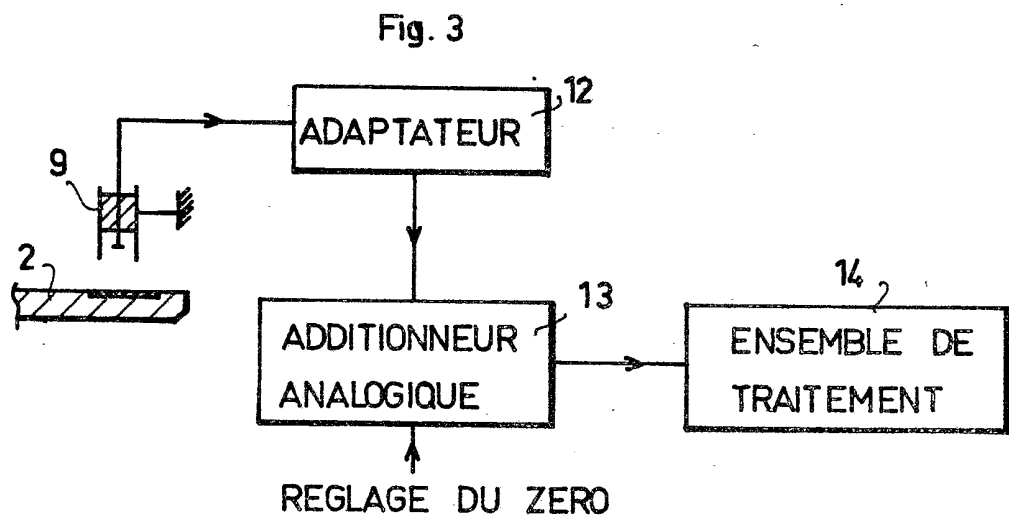
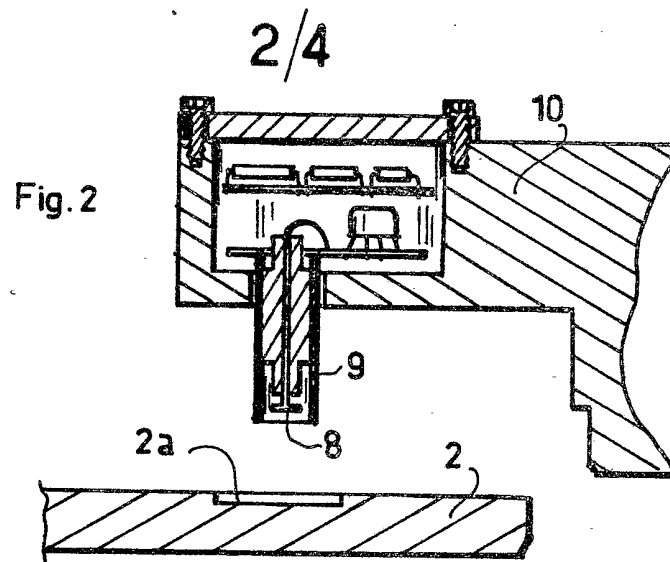
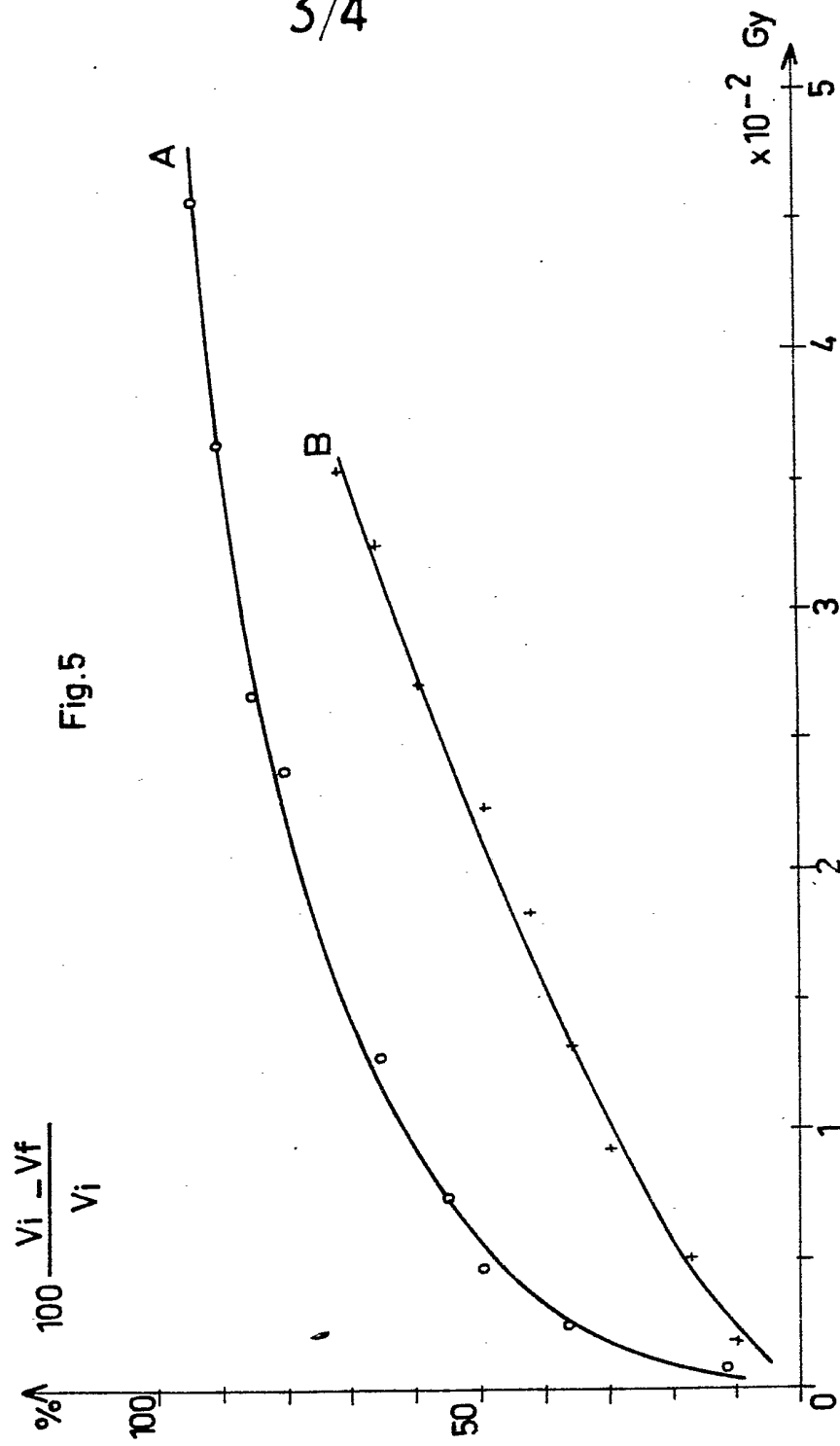


Fig. 4



3/4



4/4

