



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2000/03/06

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2001/09/06

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ F16D 65/21

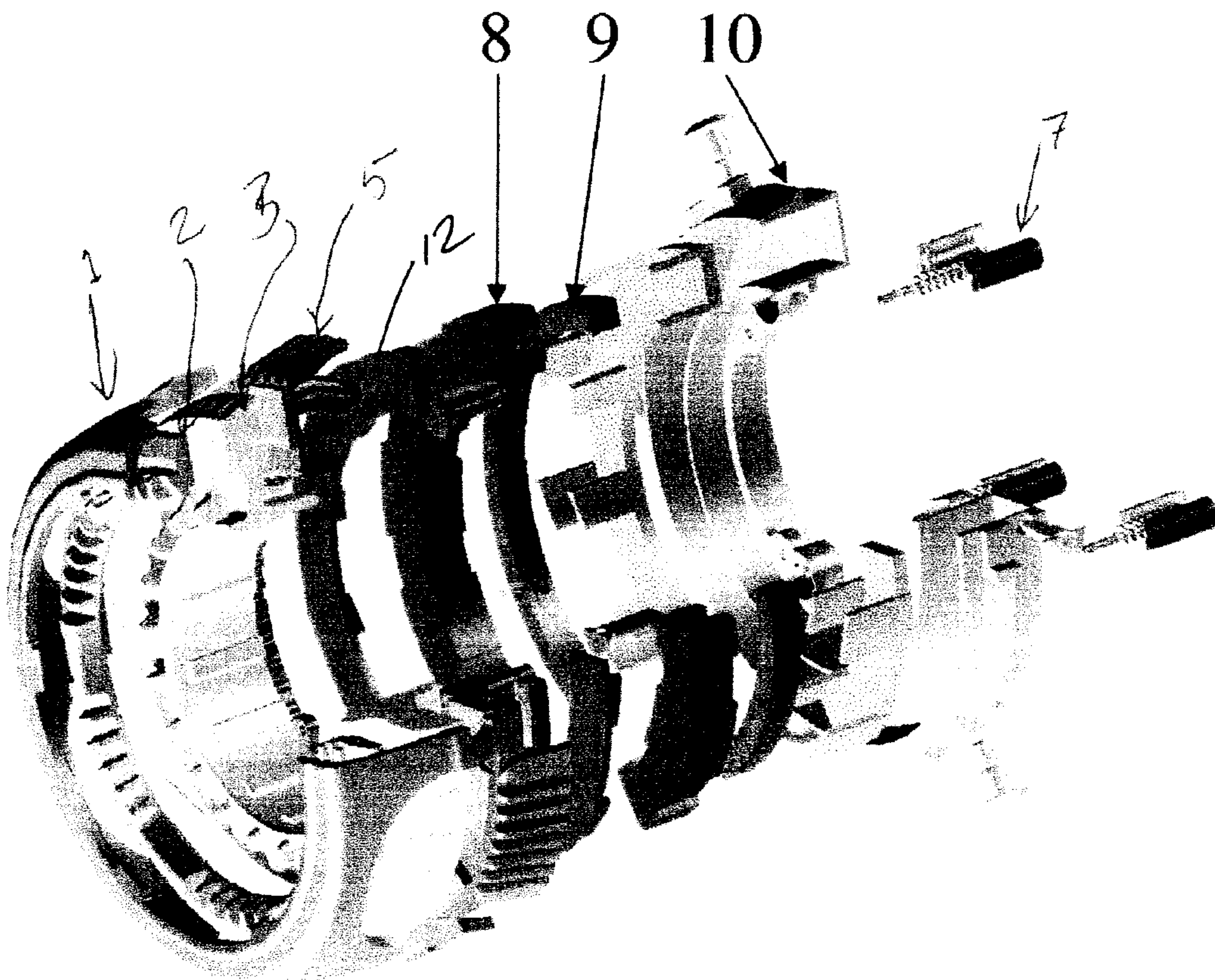
(71) Demandeur/Applicant:
CORPORATION DE FREIN NEWTECH INC., CA

(72) Inventeurs/Inventors:
RANCOURT, YVON, CA;
RAYMOND, BENOIT, CA;
MÉNARD, CHRISTIAN, FR

(74) Agent: SWABEY OGILVY RENAULT

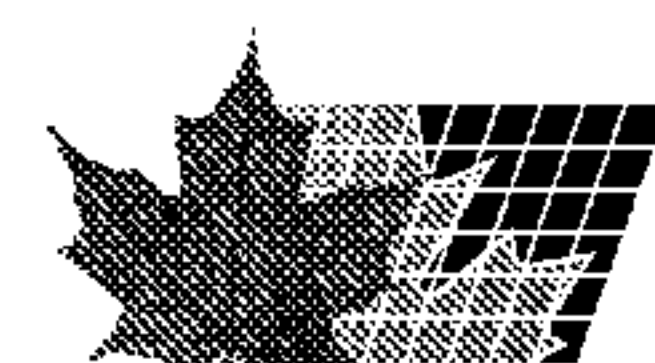
(54) Titre : FREIN ELECTROMAGNETIQUE

(54) Title: ELECTROMAGNETIC BRAKE



(57) Abrégé/Abstract:

Un frein à disque intégré dont la force motrice comprend un ensemble d'anneaux magnétiques incluant une armature mobile liée à une couronne de friction mobile. Cette armature ayant une forme annulaire est disposée sur le côté opposé à un stator annulaire de l'ensemble de l'anneau magnétique et des ponts de transfert liant l'armature à la couronne de friction.



FREIN ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Abrégé Descriptif

Un frein à disque intégré dont la force motrice comprend un ensemble d'anneaux magnétiques incluant une armature mobile liée à une couronne de friction mobile. Cette armature ayant une forme annulaire est disposée sur le côté opposé à un stator annulaire de l'ensemble de l'anneau magnétique et des ponts de transfert liant l'armature à la couronne de friction.

FREIN ÉLECTROMAGNÉTIQUE

L'invention a pour but une amélioration des freins à disque et plus particulièrement des freins à commande électrique utilisant une force électromagnétique.

Depuis un certain nombre d'année la technologie des freins a beaucoup évolué. Les véhicules ont été équipés de freins à tambour, puis de freins à disque à l'avant et de freins à tambour à l'arrière. Aujourd'hui, beaucoup de véhicules sont équipés de freins à disque à l'avant et à l'arrière.

10 La particularité des freins à disque est d'assurer une action de force dite de freinage sur une partie seulement du disque de freinage. Le frein à disque est solidaire de la roue qui doit être freinée, celui-ci est constitué d'un disque de métal dont le poids et les dimensions sont en relation directe avec l'énergie qui doit être dissipée pendant le freinage. Le disque est mis en contact avec les plaquettes de frein dont la surface de contact n'est réelle que sur une partie seulement du disque de freinage, environ 20% à 30%. L'action de freinage consiste à appliquer une pression variable sur les plaquettes. La pression est mise en œuvre à l'aide d'un ensemble piston plus étrier solidaire de la partie dite de la liaison au
20 sol du véhicule, c'est-à-dire de la suspension. Selon les types de freins la force de freinage est appliquées à l'aide d'un ou de plusieurs pistons qui sont mis en mouvement, généralement par des moyens hydrauliques. La pression appliquée dans les chambres du ou des pistons exerce une poussée sur les plaquettes. Cette action permet de résoudre l'équation suivante: la pression dans le ou les cylindres multipliée par la surface des plaquettes en contact avec le disque détermine la force appliquée sur le disque, ce que l'on exprime par la relation $F=k(P.S.)$.

La force de freinage est donc en relation avec les paramètres de pression et de surface. Le coefficient k dépend des caractéristi-

ques des matériaux de friction et des paramètres physiques d'utilisation du frein qui sont la température, les états de surfaces, les vibrations, etc.

On constate que la dimension de la surface des plaquettes est un des deux facteurs principaux qui détermine la grandeur des forces qui seront appliquées sur le disque, l'autre étant la pression. Dans les dispositifs connus, il n'est pas souhaitable d'augmenter la pression qui atteint dans certains cas des niveaux de l'ordre de 175 bars à 200 bars et même plus. Des difficultés qui sont dues au niveau de pression entraînent des risques de fuites ou d'éclatement des canalisations, une usure prématurée des parties tournantes des pompes hydrauliques, ainsi que des phénomènes de "collages de tiroirs", en particulier pour les éléments linéaires du contrôle des débits de fluide.

Il s'en suit qu'il est plus intéressant d'augmenter les surfaces de friction entre le disque et les plaquettes et de diminuer les pressions. Cette analyse a conduit à société Corporation De Frein NewTech à breveter (brevets américains Nos. 5205380, 5478983, 5330034, 5410123, 5205380, 5651430) et à construire un frein qui utilise des couronnes de friction sur les 360 degrés de la surface de friction du disque et ceci sur chaque face du disque.

La Figure 1 donne la conception d'un tel frein. La description de son fonctionnement est la suivante: le frein comporte une cage 1 dans laquelle se monte une couronne de friction circulaire 2 qui est désignée sous le nom de couronne de friction fixe parce qu'elle est bloquée mécaniquement lors de l'assemblage du frein au fond de la cage. Un disque 3 qui comporte deux faces de friction dans lequel ont été aménagées des alvéoles de ventilation est engagé de manière coulissante sur le porte moyeu 4, le coulisement étant rendu possible grâce à des bossages ou dents qui sont implantées sur la périphérie du porte moyeu 4 et des encoches correspondantes qui sont formées à l'intérieur du disque 3. La deuxième couronne de friction 5 qui est mobile est mise en mouvement sous l'action de la pression hydraulique appliquée dans la membrane 6

qui est la chambre de mise en pression du frein. Sous l'action de la pression, la membrane 6 se développe et pousse la couronne 5 qui vient en appui sur la face du disque 3 en vis-à-vis. Le disque 3 muni des encoches coulisse sur les bossages du porte moyeu et l'autre face du disque vient en contact avec la couronne de friction fixe, selon un mode de fonctionnement que l'on peut appeler embrayant. Lorsque la pression n'est plus appliquée dans la membrane, les ressorts 7 qui avaient été comprimés précédemment reprennent leur position initiale. Ils agissent de telle manière qu'il se produit un mouvement de coulissement inverse et que les
10 deux couronnes 2, 5 ne sont alors plus en contact avec les deux faces du disque 3.

L'efficacité du frein, et par la suite celle du freinage, est multipliée par un coefficient de l'ordre de 4 et les capacités thermiques de dissipation des énergies nettement améliorées. La pression appliquée sur les couronnes de friction est divisée par un facteur de l'ordre de 10.

Ce frein connu sous le nom de frein à disque à contact intégral ouvre la voie à l'utilisation de générations de freins hydrauliques et de commandes hydrauliques dites de basse pression. Ceci permet non seulement de résoudre les problèmes qui ont été cités précédemment
20 mais surtout de répartir la puissance sur une plus grande surface et donc d'aborder la question de la nature des énergies de commande d'une autre manière.

En effet, lorsque l'on compare les deux technologies, celle de la mise en action des plaquettes de frein et celle des couronnes de friction du frein à disque full contact, on constate la chose suivante:

Pour un frein conventionnel à plaquettes et avec les techniques connues à ce jour, la pression au cm^2 peut être augmentée et cela dans un espace restreint donné. Ceci n'est pas un problème trop difficile à résoudre si l'on prend bien en compte les inconvénients cités précédem-
30 ment. Toutefois si l'on veut, dans les mêmes dimensions, remplacer la pression hydraulique par une pression d'origine électromagnétique, par

exemple en utilisant un actionneur tel qu'un moteur électrique associé à un réducteur mécanique, il faut prendre en compte deux problèmes. Le premier est que sans réducteur la taille du moteur sera très importante si les caractéristiques des matériaux magnétiques utilisés sont faibles. Dans le cas où l'on améliore les caractéristiques techniques des matériaux, par exemple en utilisant des terres rares, les dimensions seront réduites mais le coût du moteur sera élevé.

Le deuxième est qu'avec l'utilisation d'un réducteur on peut traiter le problème de la dimension du moteur mais on ajoute des inerties
10 mécaniques qui ne sont pas compatibles avec les besoins de rapidité des temps de réponse qui sont nécessaires dans les applications de freinage.

L'objet de l'invention est d'apporter des solutions aux problèmes des contraintes de dimensions et d'inertie d'une commande électrique à moteur qui peuvent être résolus en mettant à profit la conception du frein à disque intégral de la société Corporation de Frein NewTech et principalement la dimension et le diamètre des couronnes de friction circulaires. L'invention propose de créer une force d'origine magnétique de l'ordre de 10000 et 12000 Newton, de remplacer la membrane qui sert de chambre de pression par un actionneur de type électromagnétique et
20 donc de mettre en œuvre un circuit magnétique.

On décrira plus en détail ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, un dispositif conforme à la présente invention en référence aux dessins annexés sur lesquels :

La Figure 1 est une vue éclatée en perspective illustrant un frein intégral conformément à l'art antérieur;

La Figure 2 est une vue éclatée en perspective illustrant un frein à disque intégral dans laquelle on peut voir l'invention;

La Figure 3 est une section axiale d'un détail du frein selon la Figure 2;

30 La Figure 4 est un diagramme dans lequel on peut voir l'évolution de la force en fonction de l'entrefer;

La Figure 5 est une vue en perspective et en section illustrant de façon schématique une réalisation du frein à disque intégral selon l'invention;

La Figure 6 est une vue en perspective et en section de la réalisation de l'invention selon les Figures 2 à 5;

La Figure 6A est un diagramme montrant le circuit électronique de commande.

Les Figures 7 à 9 sont des vues en perspective illustrant différents exemples ou réalisations d'une partie du frein à disque intégral selon l'invention;

La Figure 10 est une vue en perspective, partiellement en section, illustrant une autre réalisation de l'invention;

La Figure 11 est une vue en perspective élargie, partiellement en section, des éléments de la Figure 10;

La Figure 12 est une vue éclatée en perspective de l'ensemble du frein à disque intégral dans laquelle on peut voir les éléments de la Figure 10;

La Figure 13 est une vue éclatée élargie en perspective illustrant un détail des éléments du frein à disque intégral de la Figure 10;

La Figure 14 est une vue en perspective, partiellement en section des éléments de la Figure 10 mais vus d'un angle opposé;

La Figure 15 est une vue en perspective, partiellement en section, similaire à la Figure 14 mais illustrant l'ensemble du frein à disque intégral vu de l'angle opposé à la Figure 10;

La Figure 16 est une vue en perspective élargie, partiellement en section, d'une autre réalisation de l'invention.

La Figure 17 est une vue en perspective élargie d'un élément illustré à la Figure 16 mais vu d'un angle opposé;

La Figure 18 est une vue élargie, partiellement en section, montrant un autre élément de la réalisation de la Figure 16;

La Figure 19 est une vue éclatée en perspective montrant les détails de la réalisation selon la Figure 16;

La Figure 20 est une vue éclatée en perspective élargie des détails de la Figure 19;

La Figure 21 est une vue élargie d'un détail de la réalisation de la Figure 16.

La Figure 22 est une vue élargie éclatée en perspective illustrant un détail de la Figure 16; et

La Figure 23 est une vue en perspective élargie d'un détail
10 des éléments de la Figure 16.

Le circuit magnétique, tel qu'illustré à la Figure 2, est constitué d'un élément magnétique 8 et d'une bobine 9 formant un circuit magnétique dont le nombre d'ampères tours est compris entre 800 et 900 et dont la puissance à la commande est de l'ordre de 150 w. L'armature dont le dessin et le montage sont illustrés à la Figure 3 est positionnée par rapport au circuit magnétique de telle manière que l'entrefer soit de 0.2mm. La courbe à la Figure 4 donne l'évolution de la force que développe l'ensemble circuit magnétique armature lorsque l'entrefer varie.

Le paramètre principal du circuit électromagnétique de
20 commande du frein à disque intégral est l'intensité du champ magnétique dont la formule est $H=1.25 nI$. Ce qui signifie que plus on mettra de tours de fil et d'intensité sur un matériau magnétique plus le champ sera élevé, jusqu'à la limite de saturation admissible, et donc plus le circuit sera en mesure de créer de l'induction B. Il en résulte alors une force

$$F=B.B.S/2\mu_0 \text{ ou } \mu_0 \text{ est la perméabilité par rapport au vide.}$$

La conception du frein à disque intégral permet de placer un circuit magnétique bobiné circulaire dont le diamètre moyen est compris entre 250mm et 290mm. Le calcul montre que pour

$$B=1.8T \text{ à la fermeture (induction)}$$

$$30 \quad S=\pi 270.10^{-3}.10.10^{-3}=8.5.10^{-3}m.m \text{ (surface de contact de l'armature)}$$

$$\mu_0=4.\pi.10^{-7} \text{ (perméabilité relative du vide)}$$

$F=10\,935$ Newton

Alors que la force demandée est comprise entre 6000 et 8000 Newton pour chaque frein d'un véhicule de gamme moyenne.

La Figure 5 illustre un frein équipé d'un circuit magnétique bobiné auquel est associée une armature dite armature active ou actionneur électromagnétique. Cette armature 11, grâce à l'utilisation d'un pont de transfert 11b, est solidaire de la couronne de friction mobile 5 qui pousse l'ensemble des éléments mobiles du frein.

Lorsque le courant passe dans la bobine 9 du circuit magnétique et donc lorsque l'armature est attirée sous l'effet du champ magnétique crée, la fonction actionneur magnétique est assurée. L'ensemble mobile constitué par les pièces 11b et 12 permet d'appliquer la force sur une face du disque et, de part le mouvement de translation du frein, sur l'autre face également.

Pour assurer des performances répétitives, il est nécessaire que l'entrefer entre le circuit magnétique bobiné 8,9 et l'armature 11 soit sensiblement le même lorsqu'il n'y a pas de courant dans la bobine du tore. Il faut donc que le circuit magnétique bobiné 8,9 soit maintenu à une distance constante de la couronne de friction 5 qui est la plus éloignée de la roue et ceci quelle que soit l'usure du frein.

La Figure 6 donne un mode de réalisation du montage mécanique qui permet de conserver un entrefer constant en fonction de l'usure du frein.

D'après les Figures 5 et 6 un anneau 12 est interposé entre la couronne de friction 5 et le pont de transfert 11b. Les éléments du pont de transfert 11b sont en biseau, tel qu'illustré au numéro 13, et coopèrent avec des surfaces de biseau sur l'anneau 12. Un système de ressorts non illustré pourrait effectuer un mouvement rotationnel des éléments du pont de transfert 11b en relation avec l'anneau 12 afin de compenser l'usure.

La géométrie du frein est de nature à réaliser des associations de circuits et de fonctions qui permettent de monter dans l'espace

disponible des combinaisons de montage de circuits magnétiques de tailles plus ou moins importantes. La Figure 6A donne une idée de ces réalisations. Les circuits magnétiques qui sont des matériaux magnétiques et des bobines sont polarisés sur chaque face nord sud ou sud nord en fonction du sens du courant qui traverse les bobines. Le sens du champ magnétique d'attraction créé par le circuit magnétique sera donc en relation avec la manière dont sera commandé le courant dans la bobine. On comprend aisément que la combinaison des stratégies de commande des courants dans les bobines, ainsi que la position des armatures par rapport
10 aux stratégies de commande, entraînera des mises en action des armatures dans un sens ou dans l'autre et que la rapidité de la mise en œuvre des forces de freinage sera plus ou moins rapide.

Dans le but d'assurer la commande des courants dans la ou les bobines, il est utilisé un circuit qui détermine le courant dans le circuit magnétique en fonction de la force de freinage demandée.

La Figure 6A donne un exemple de réalisation d'une telle commande. On peut utiliser un circuit de type VN 20N de la société SGS Thomson par exemple qui est un commutateur de puissance auto protégé. La bobine du circuit magnétique est connectée au point B entre
20 la sortie C du circuit et la tension d'alimentation continue du point A, dite source, qui peut être une tension continue de 12 volts ou de 24 volts.

Le signal de commande destiné à créer des ampères/tours dans le circuit magnétique est appliqué sur le point D. La mise en forme de ce signal est assurée avant son introduction dans un circuit logique qui compare le signal de commande et quatre autres entrées qui sont: une entrée statut qui est une autorisation de mise en fonctionnement du circuit logique; une entrée qui est celle de la température du circuit utilisé et qui, au-delà d'une certaine valeur d'échauffement de l'ordre de 150°C, met le circuit logique en mode interruption de commande (cette température
30 provoquera l'arrêt de la commande du commutateur de puissance); une autre entrée de contre-réaction, dite boucle de contrôle du courant, qui

circule dans la charge et qui a pour fonction de couper le courant dans le transistor de puissance si ce courant devient excessif. Dans le cas considéré, s'il est supérieur à 30 ampères environ. La mise en court-circuit de la charge, du tore par exemple, provoque un courant excessif.

Lorsque le court-circuit disparaît, la circulation du courant est de nouveau autorisée dans la charge. Une entrée correspondante contrôle la tension d'alimentation du circuit VN20N et de la charge et, dans le cas où la tension d'alimentation est insuffisante, permet au circuit logique de ne pas commander le commutateur de puissance.

10 Une diode H est connectée au borne du commutateur de puissance dans le but de le protéger des effets selfiques d'une charge, tel qu'un circuit électromagnétique bobine, lorsque le courant de circulation dans la charge est interrompu. D'autres montages de protection qui sont capables de réduire les effets selfiques sont également utilisés. Ces montages sont des combinaisons de plusieurs éléments, diodes, résistances, condensateurs et même certaines valeurs de selfs bobinées.

Les Figures 6 à 9 montrent des variantes ou différentes réalisations des éléments tel que l'anneau magnétique 8, l'armature 11b et l'anneau 12. Dans la Figure 7, ces éléments sont des éléments annulaires
20 continus. Dans la Figure 8 l'anneau magnétique et l'armature sont des segments en quatre pièces. Dans la Figure 9 nous trouvons huit segments de ces éléments.

La réalisation à partir de la Figure 10 a quelque peu évolué et est améliorée en comparaison avec la réalisation que nous percevons dans les Figures 2 à 9, mais l'invention reste la même.

Si nous faisons référence à la Figure 12 nous pouvons voir les différents éléments qui forment la force motrice du frein à disque intégral. Par exemple, l'élément annulaire 101 qui représente la couronne de friction et qui est montré de façon transparente est poussé par les éléments qui sont décrits et qui représentent le système électromagnétique.
30 En fait, l'anneau magnétique comprend le stator 102 qui renferme le

boîtier 105 dans lequel on peut trouver la bobine magnétique 104 couverte par une feuille d'étanchéité 103. L'armature 107 qui est adjacente au stator 102 n'est espacée de plus de 1mm et de préférence de 0.5mm. L'armature 107 ainsi que le stator 102 sont fabriqués de fer pur et peuvent être magnétisés. Les ponts de transfert 106 sont, dans cette réalisation, indépendants de l'armature 107 et faits avec des matériaux non magnétisables tel que la laiton, l'aluminium ou l'acier inoxydable.

En opération, lorsqu'une charge électrique est fournie dans le circuit magnétique, dont la bobine 104, le stator 102 est magnétisé. 10 Puisque le stator 102 est fixe dans le support 108 il attire l'armature 107 en mouvement de glisse pour fermer l'entrefer entre ces deux éléments. Le mouvement de glisse axial de l'armature 107 pousse les ponts de transfert 106 qui de ce fait appuient une force motrice contre la couronne de friction 101 pour appliquer les freins.

Les ponts de transfert 106 sont montés sur l'armature 107, tel qu'illustré dans la Figure 13, c'est-à-dire qu'ils sont retenus par des encoches 107a prévus dans l'armature 107.

Nous allons maintenant décrire le système de compensation d'usure. Il y a deux exemples de compensateur d'usure. Le système de 20 compensation d'usure que nous pouvons voir aux Figures 12 à 15 est un système d'assistance hélicoïdal. Dans cette réalisation, des butoirs 120 sont prévus sur le pourtour du diamètre extérieur et inférieur du stator 102. Le stator 102 ainsi que les butoirs 120 peuvent se déplacer dans une direction circonférentielle à l'aide des ressorts de tension 109 que l'on peut voir aux Figures 14 et 15. En fait, c'est l'ensemble de l'armature 107 avec son appui 107b qui, par l'entremise du pont de transfert 106 pris dans les encoches 107a de l'armature 107, transfert ce mouvement de glisse circonférentielle au stator 102.

Un anneau 110 fait de matière plastique peut rendre ce 30 mouvement circonférentiel plus facile. Les butoirs 120 s'engagent dans les cavités à surface inclinée 122 prévues dans l'élément de support 108.

Des lèvres d'étanchéité annulaires anti-poussière 113 et 114 sont prévues sur l'élément de support 108 et agissent sur les surfaces intérieures de la couronne de friction 101.

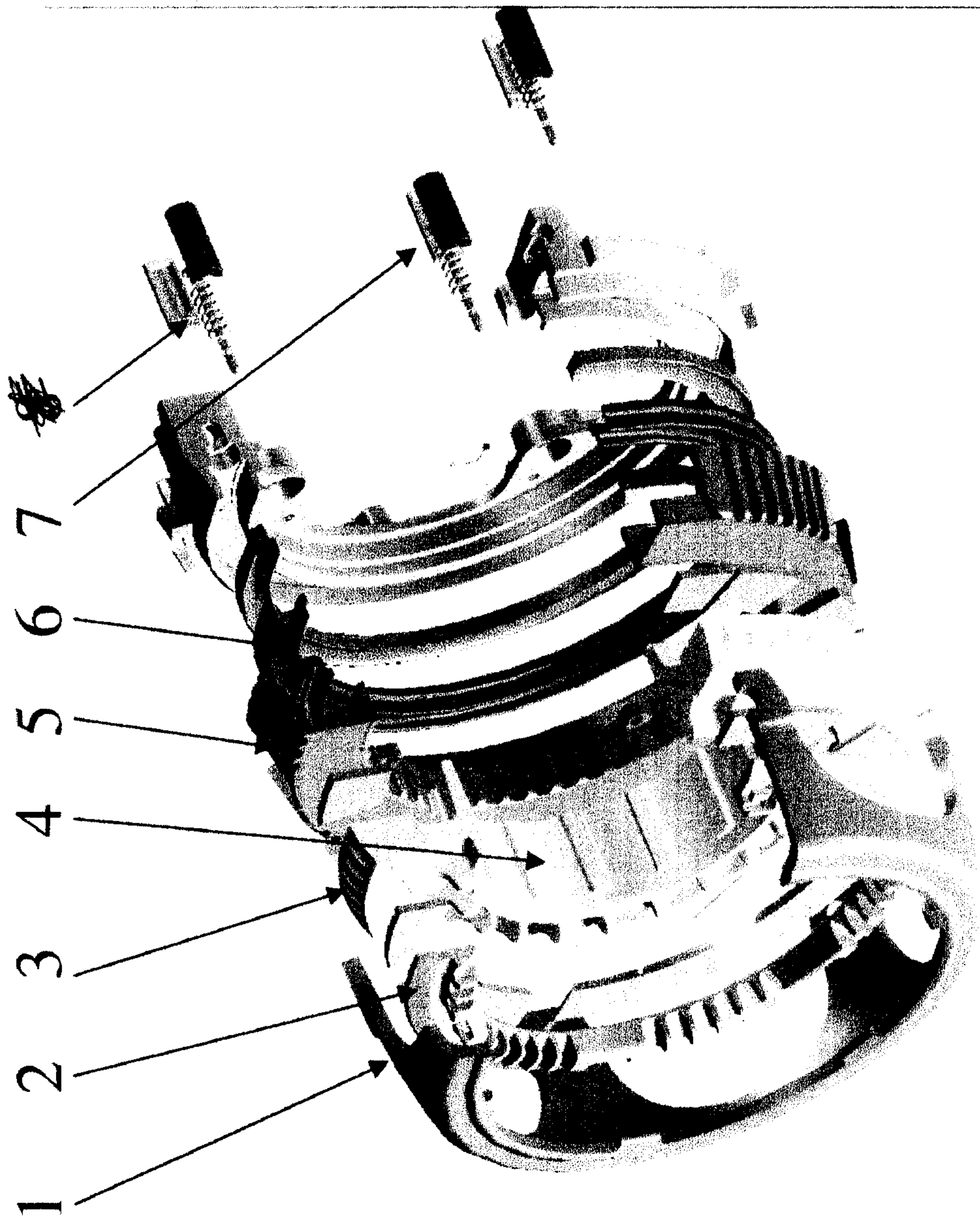
L'autre système de compensation à usure, par glissement axial, est montré aux Figures 16 à 23. Dans cette réalisation, les ressorts de compression 118 (Figure 18) s'étendent entre le stator 102 et le support 108 afin de faire glisser l'ensemble de l'anneau magnétique axialement, lorsqu'un jeu se crée par l'usure des plaquettes de friction. Des coins 130 sont prévus sur les diamètres intérieur et extérieur du stator 102, tel qu'on peut le voir aux Figures 16, 17 et 21. Les coins sont formés en T tel qu'on peut le voir aux Figures 19, 20 et 21 et ils ont une tige 134 et une lèvre affilée 132. Des encoches 136 sont prévues à l'autre extrémité de la tige 134. Un élément de blocage 135 peut s'engager dans les encoches 136 tel qu'illustré aux Figures 16 et 17.

L'élément de blocage 135 est montré en détail à la Figure 23 et on peut voir une pastille en caoutchouc 138 qui agit pour sceller l'ouverture dans le support 108. Les coins 130 qui sont eux-mêmes localisés dans des cavités 131 prévues dans le support 108 permettent au stator 102 d'avancer axialement dans un sens seulement et annulent tout retour initial vers l'intérieur du support 108.

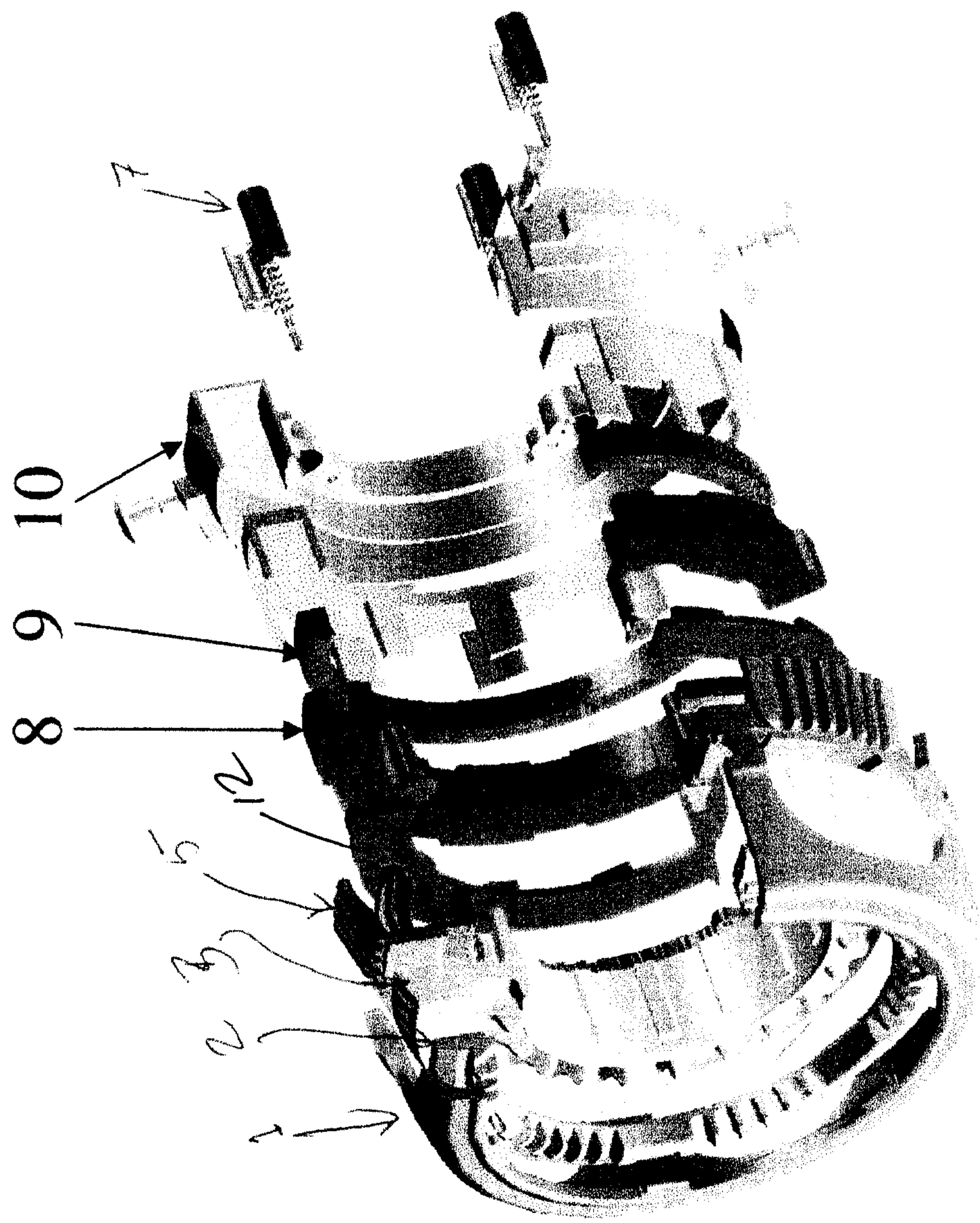
Il est prévu qu'un capteur de coupe pourrait être intégré au support 108. Un tel capteur est décrit dans la demande internationale publiée le 19 août 1999 sous le No. WO 99/41565 intitulée "capteur d'extensiométrie destiné à mesurer les déformations à calage mécanique de première pose et calibrage automatique" au nom de NewTech Mechatronic Inc. (cette demande de brevet est incluse par référence). Ce capteur de coupe pourrait fournir au circuit électronique de commande, tel qu'illustré à la Figure 6A, des données pour ajuster la compensation.

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme suit:

1. Un frein à disque intégré dont la force motrice comprend un ensemble d'anneaux magnétiques incluant une armature mobile liée à une couronne de friction mobile, l'armature ayant une forme annulaire et disposée sur le côté opposé à un stator annulaire de l'ensemble de l'anneau magnétique et des ponts de transfert liant l'armature à la couronne de friction.



• FIG 1
Art Antérieur



• FIG 2

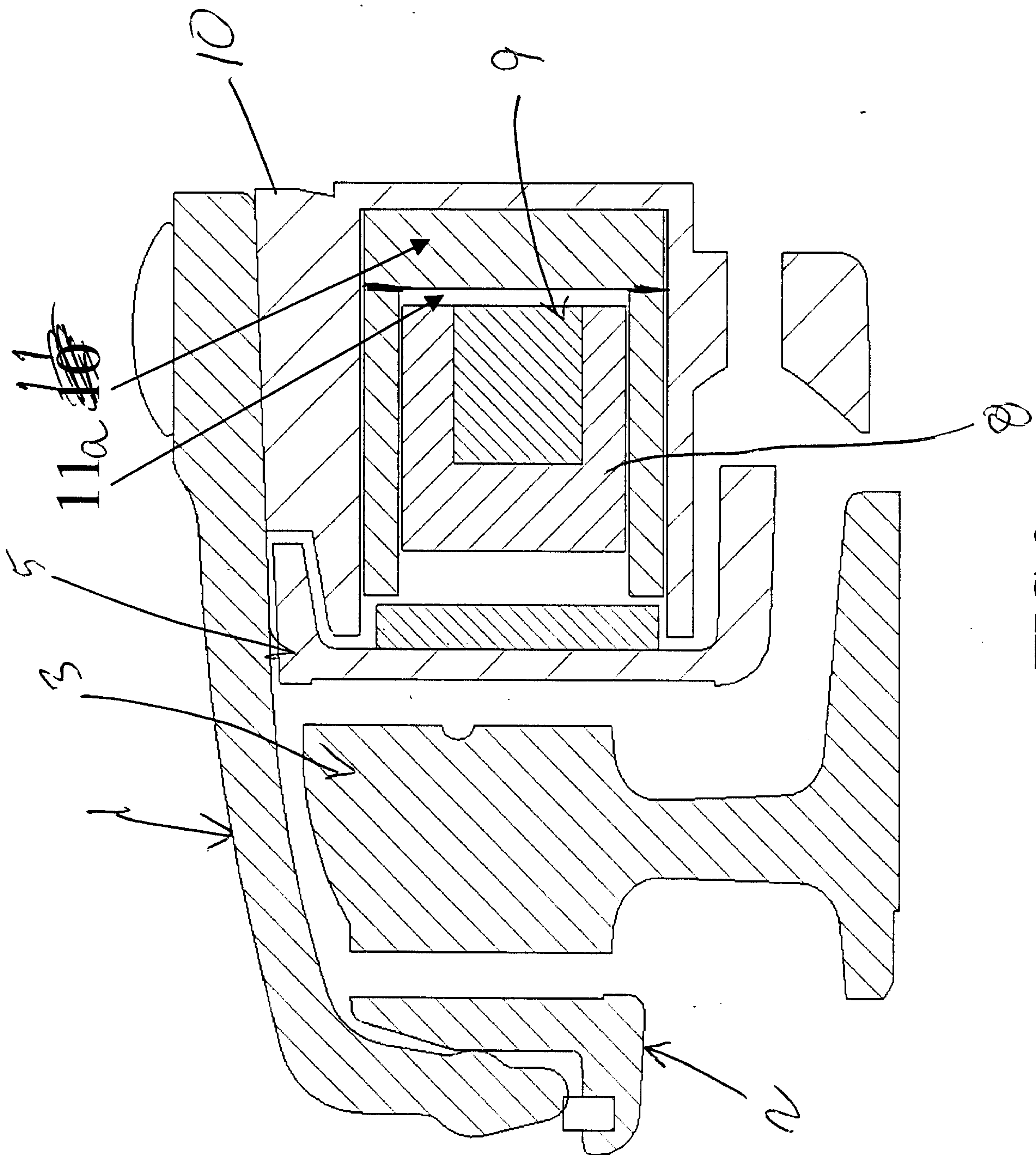
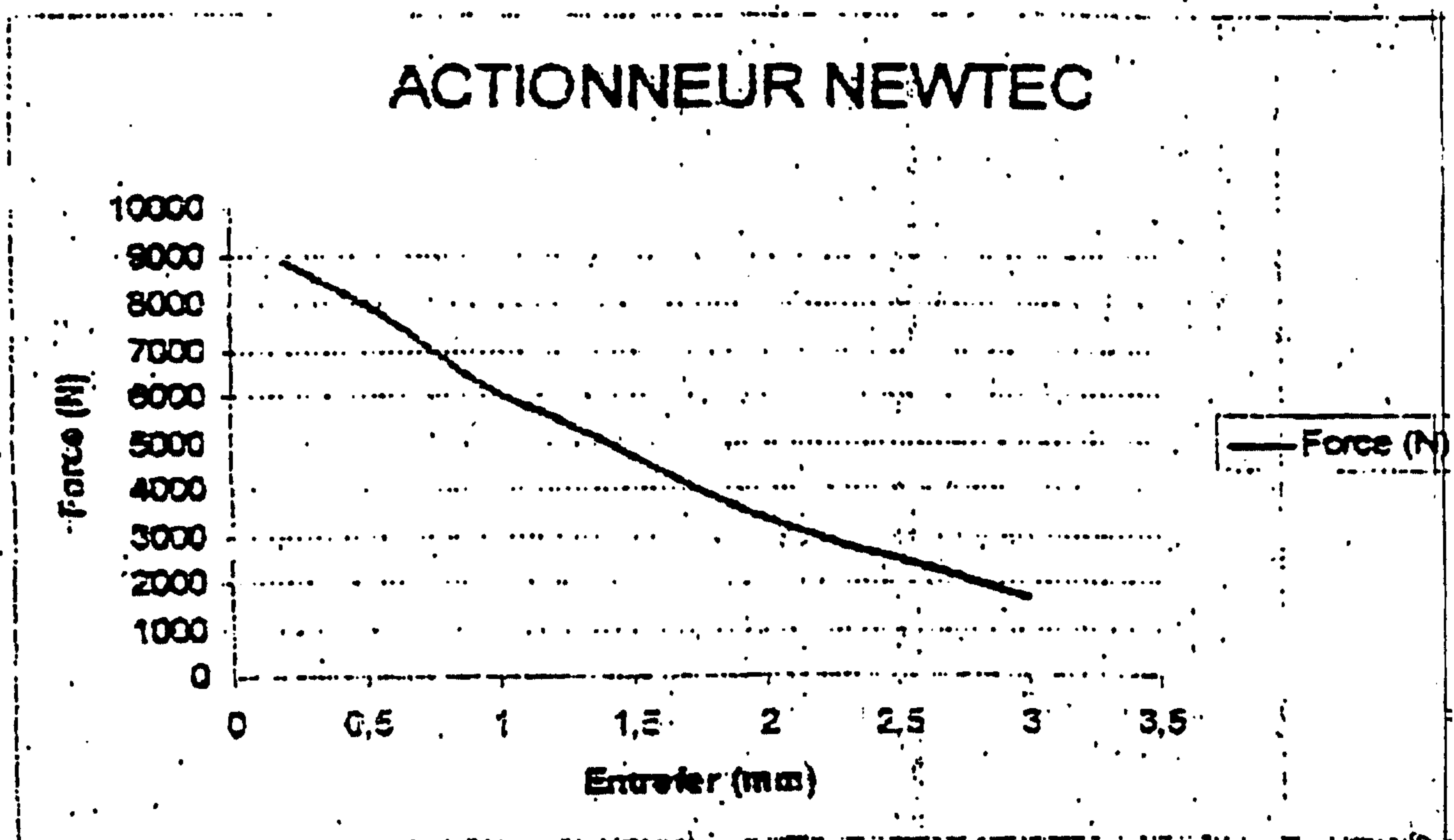


FIG 3

Evolution de la force en fonction de l'entrefer

Pour une puissance de 150W nous fournissant 1841 ampères-tour et pour le mécanisme décrit sur le dessin référencé NewTech-100-02, on obtient les valeurs de force suivantes :

Entrefer (mm)	Force (N)
0,2	8881
0,5	7999
0,8	6618
1	6045
1,4	5025
2	3328
3	1658



La loi de force peut être représentée par le graphique ci-dessous :

FIG. 4

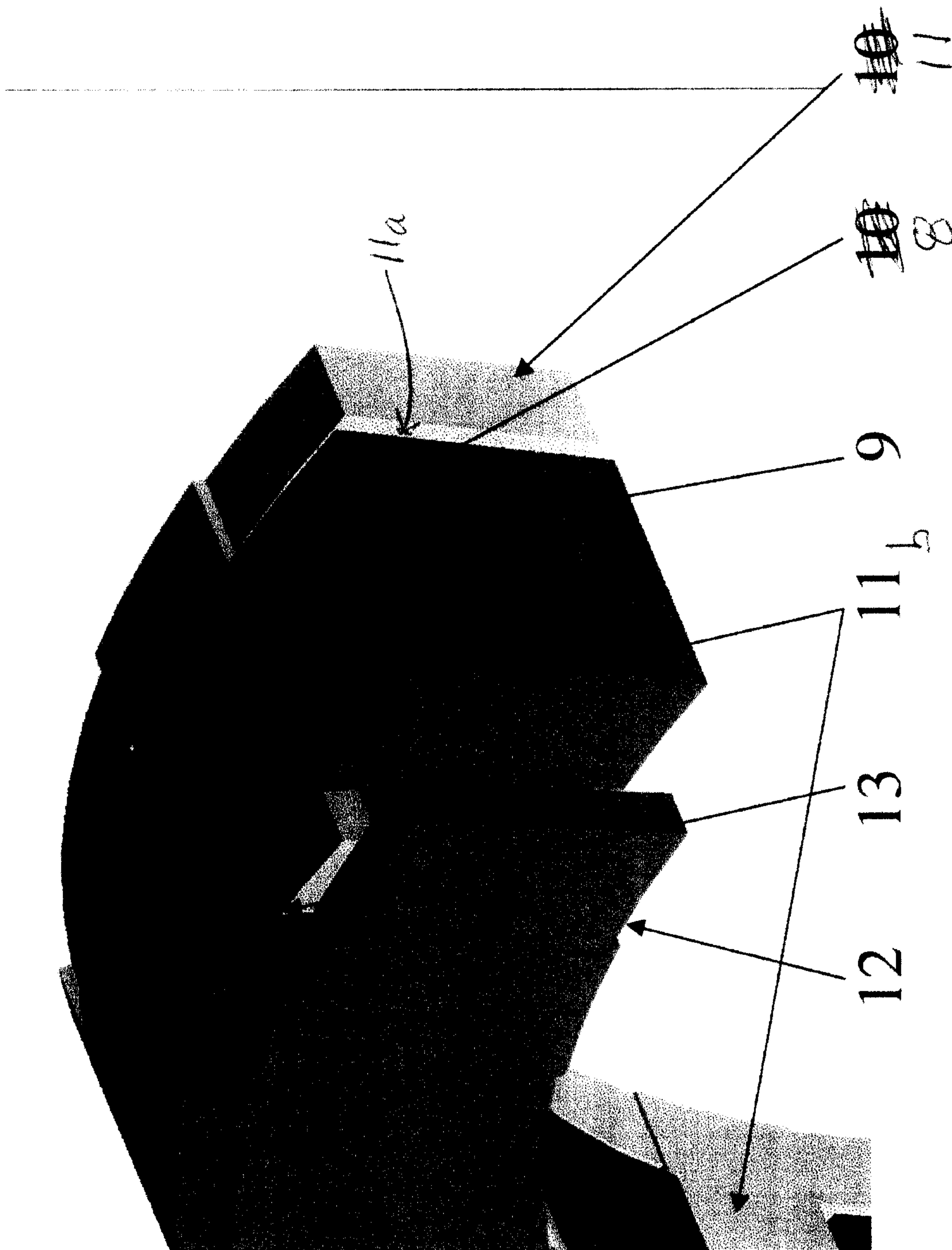


FIG 5

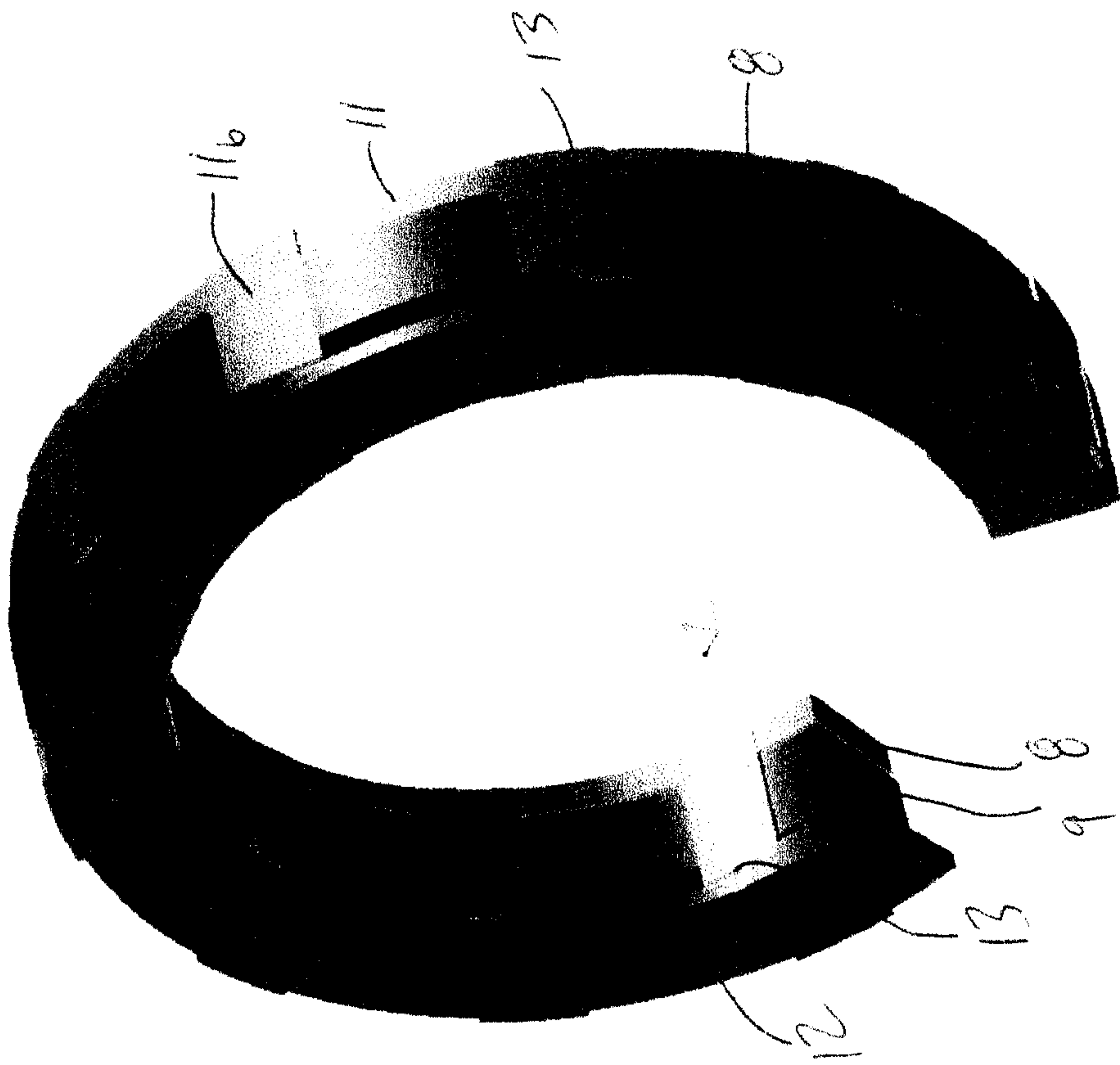
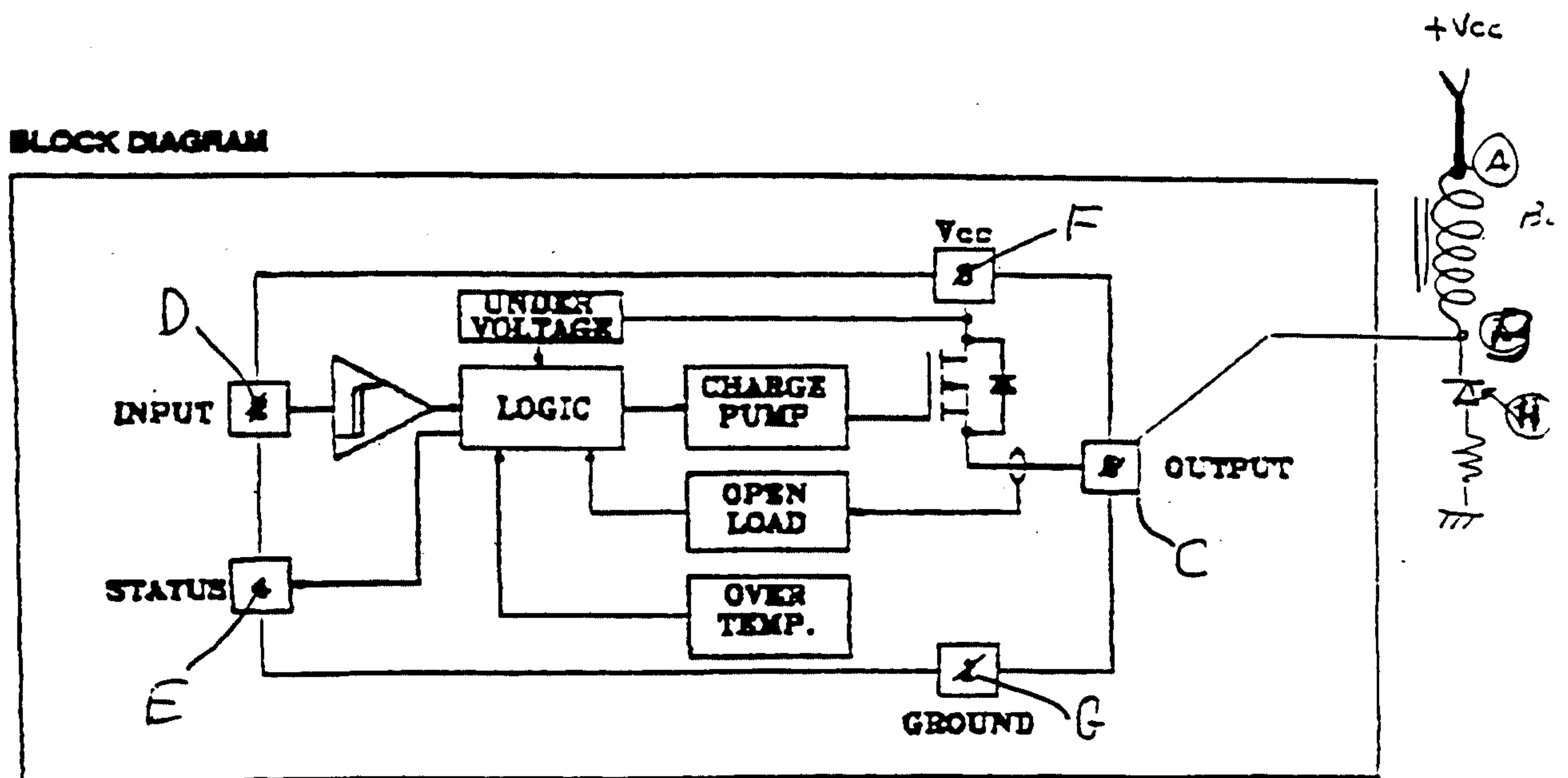


FIG 6

CIRCUIT ELECTRONIQUE DE COMMANDE

FIG. 6A



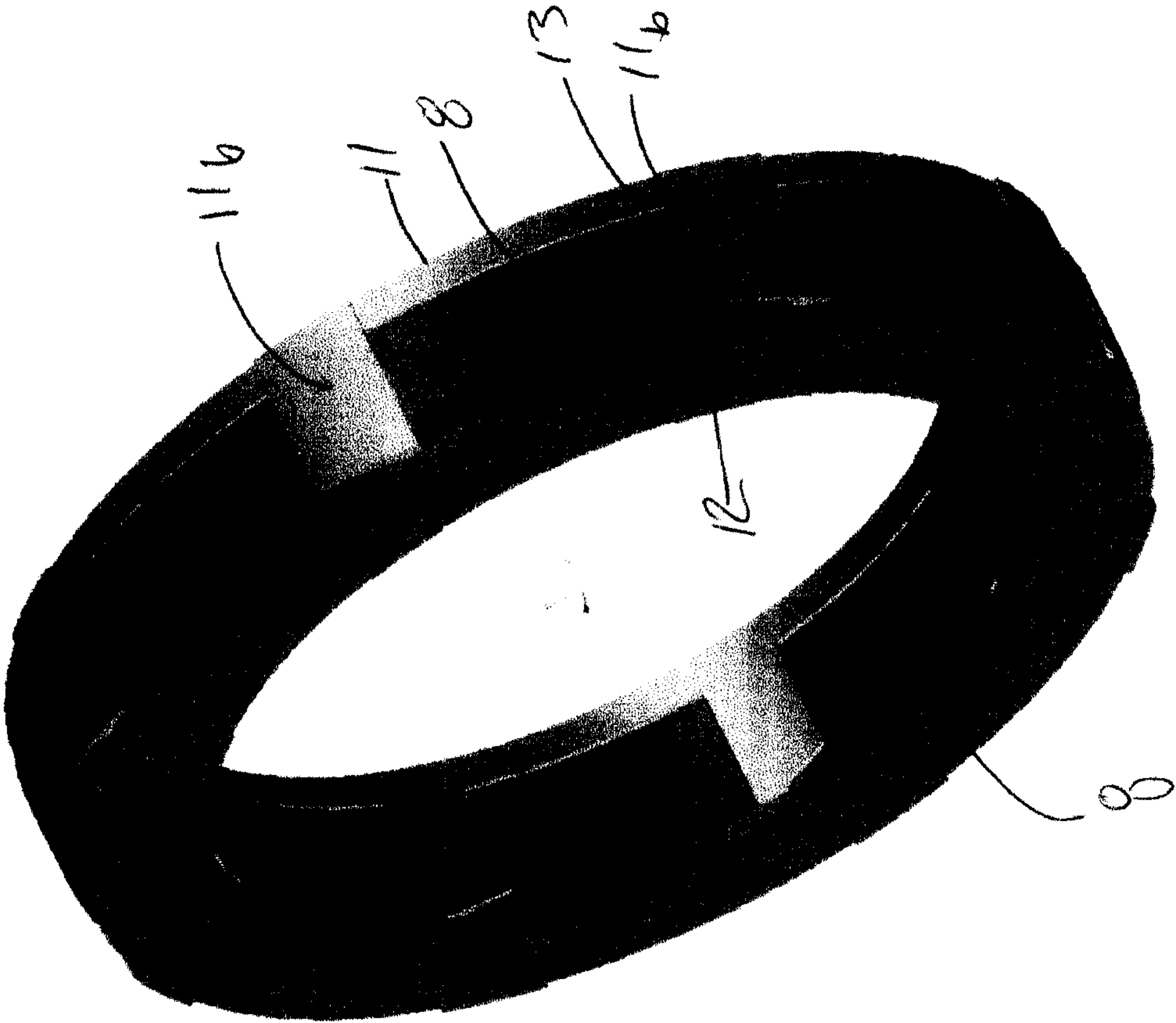


FIG 7

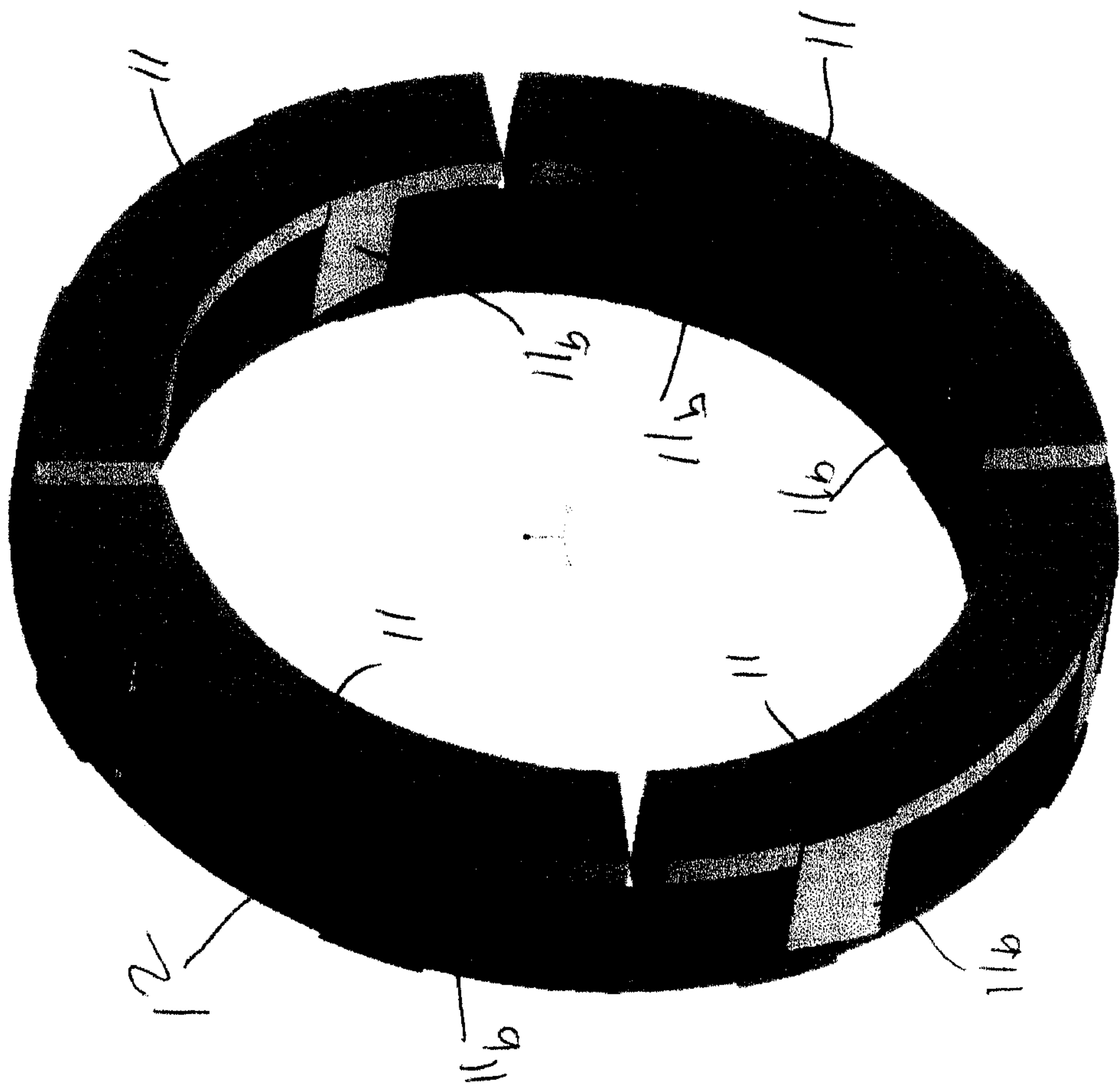


FIG 8

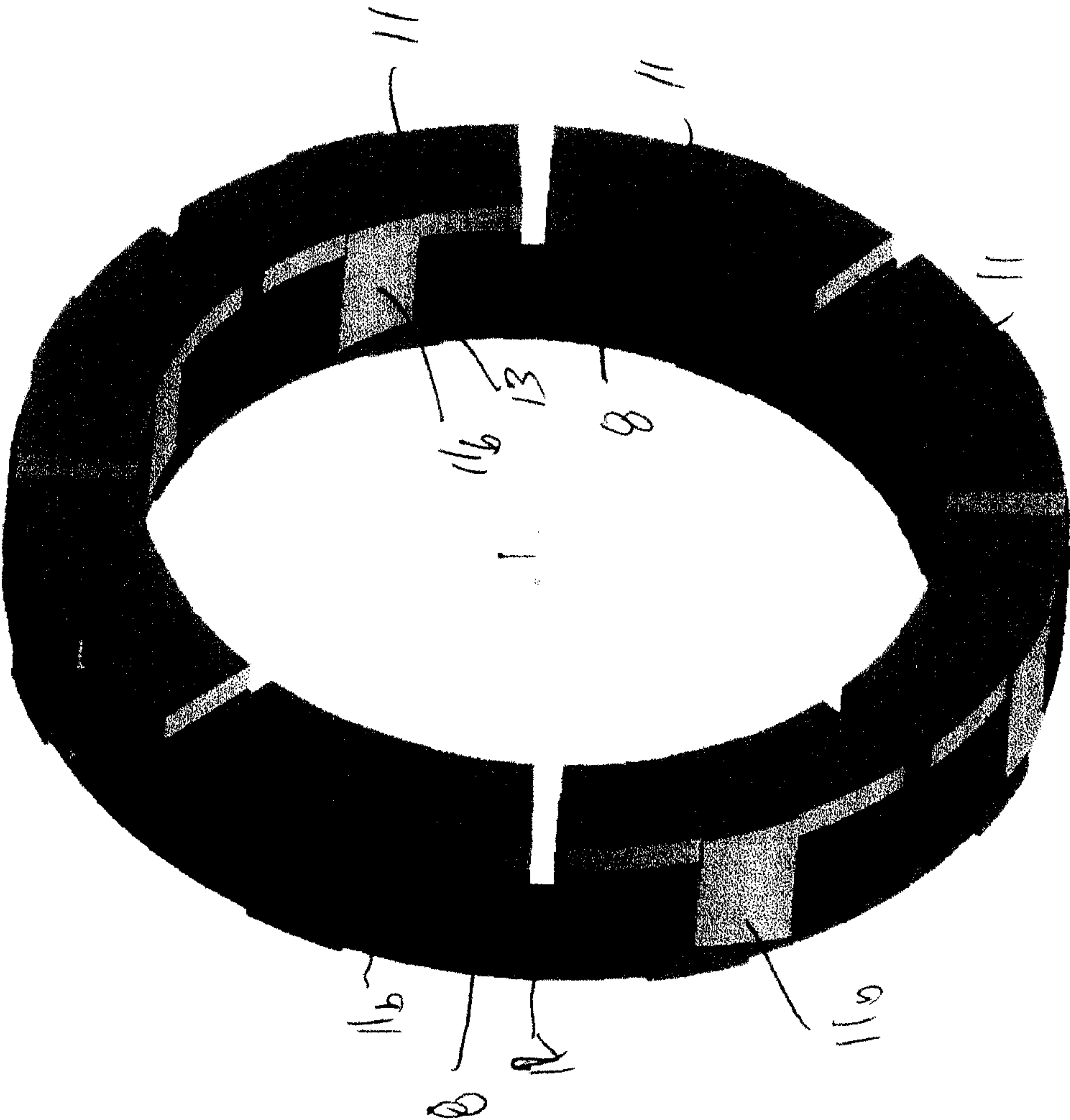


FIG 9

15

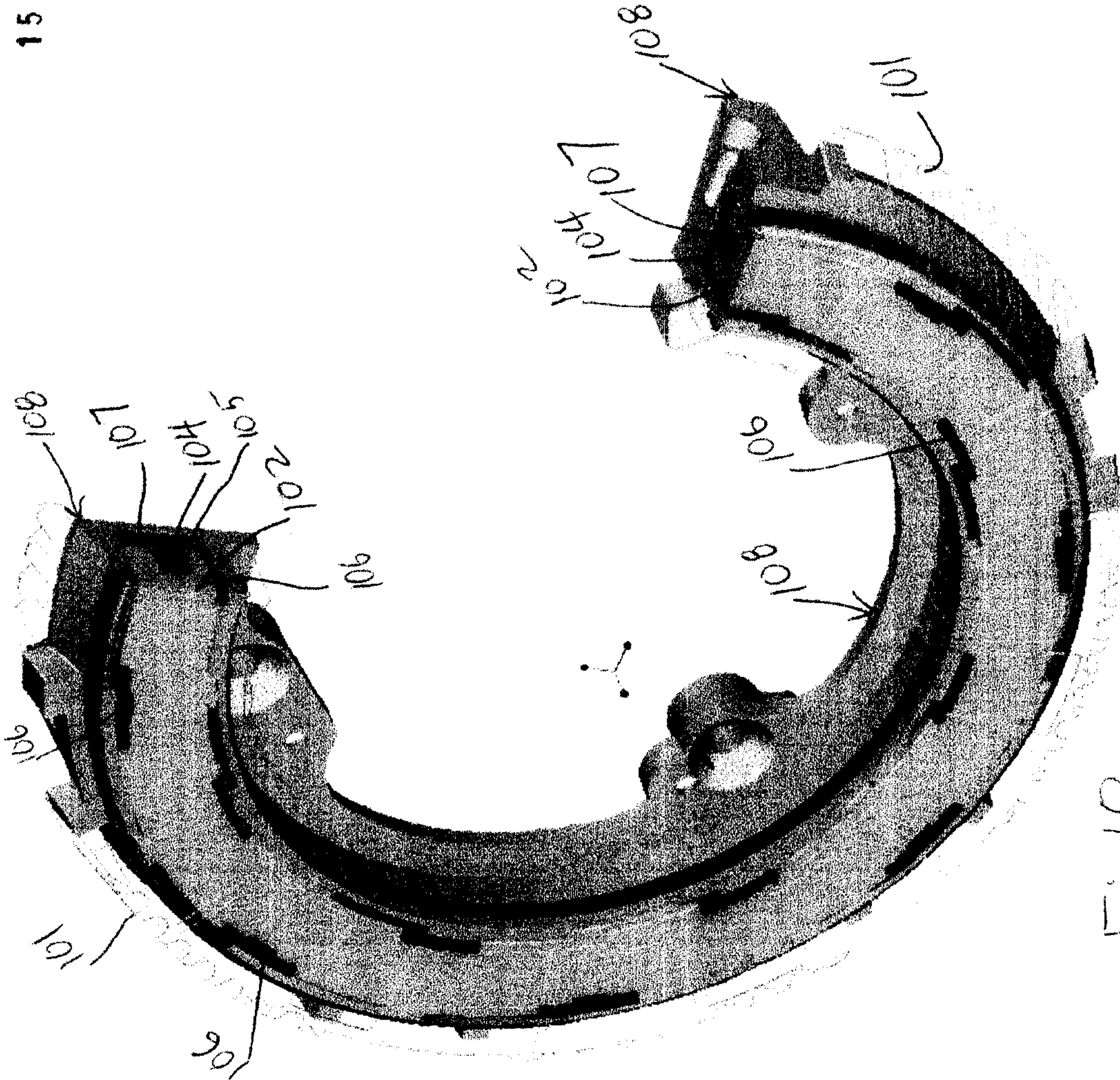
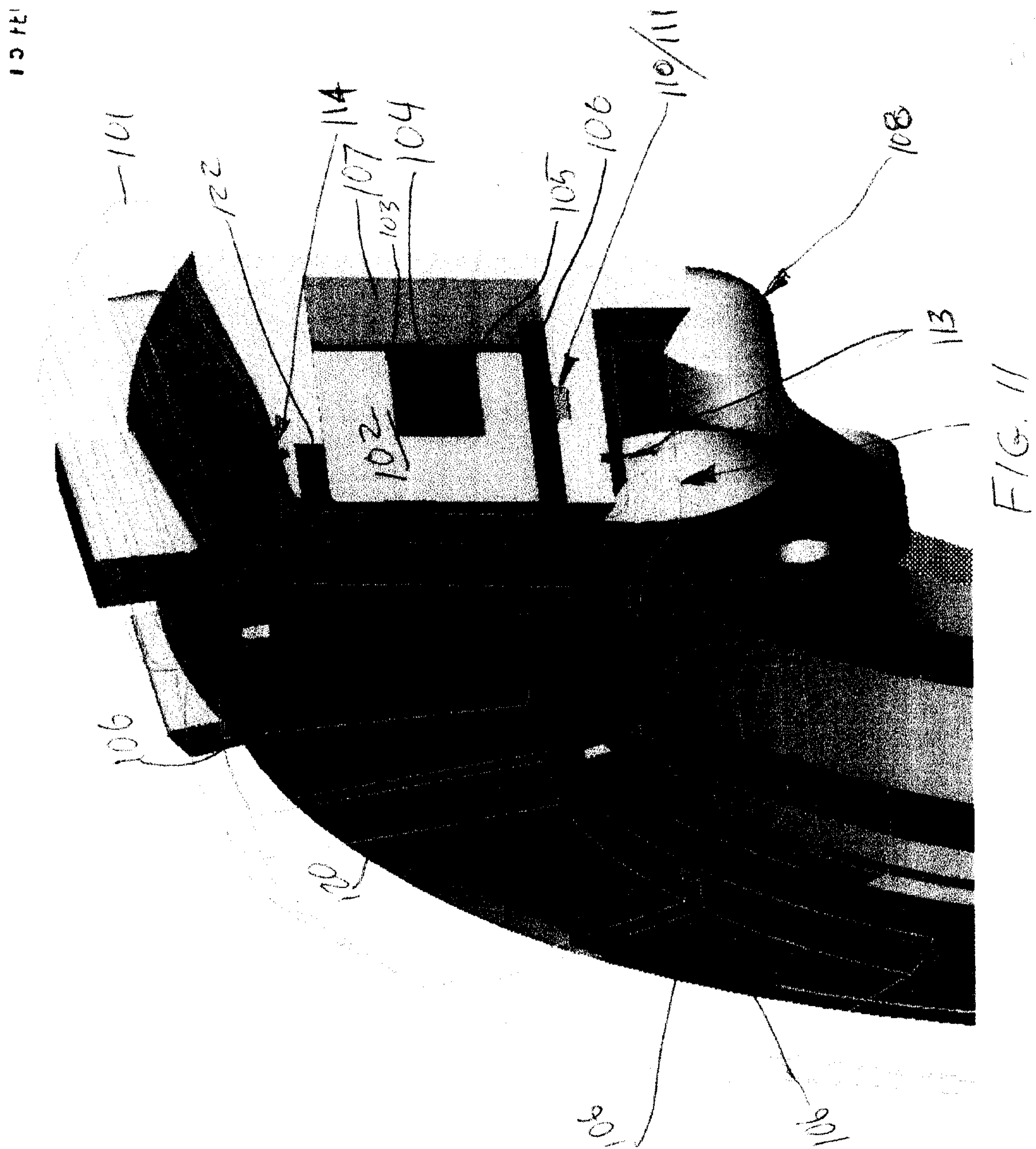
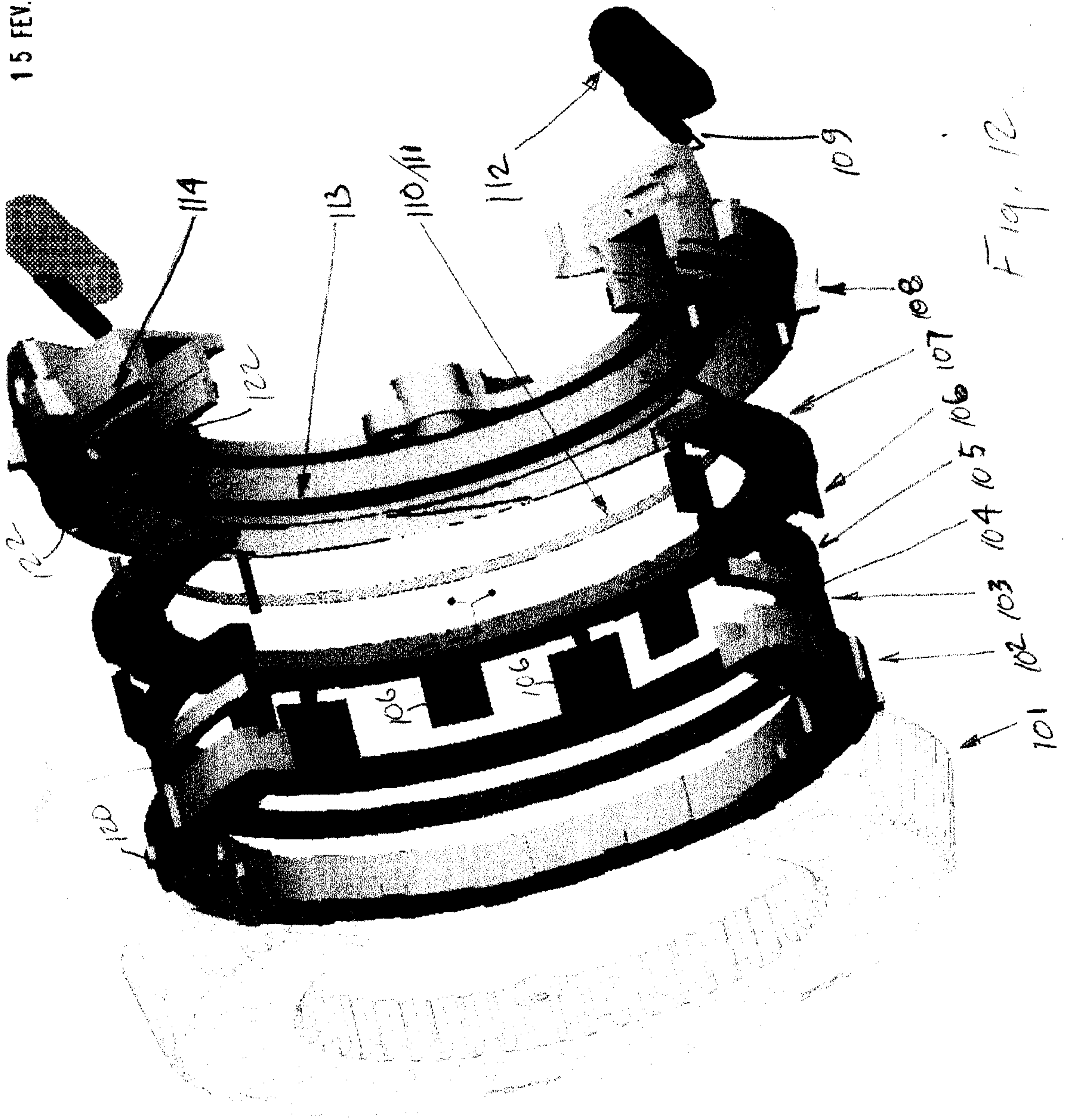


Fig 10



15 FEB. 2001





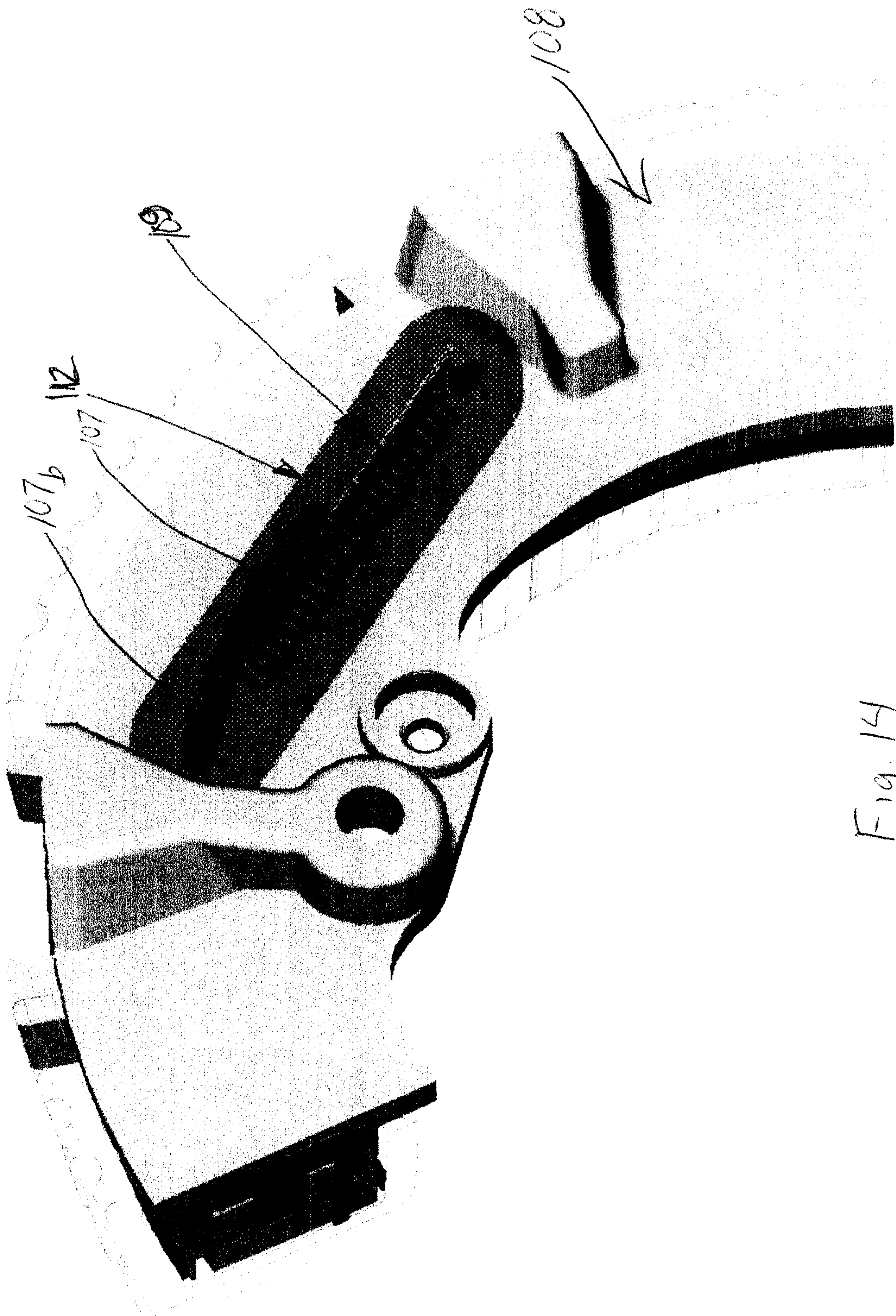


Fig. 14

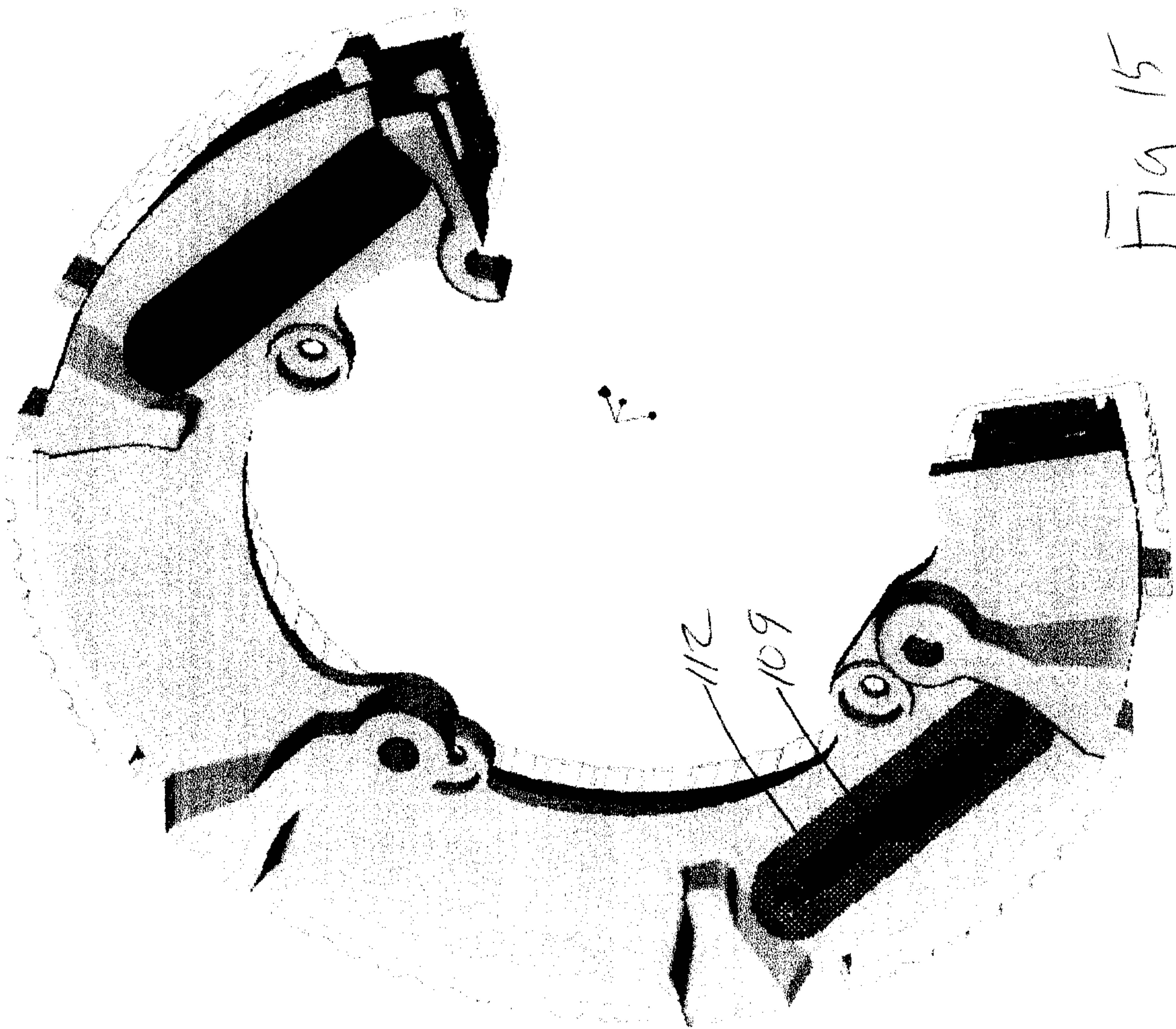


Fig 15

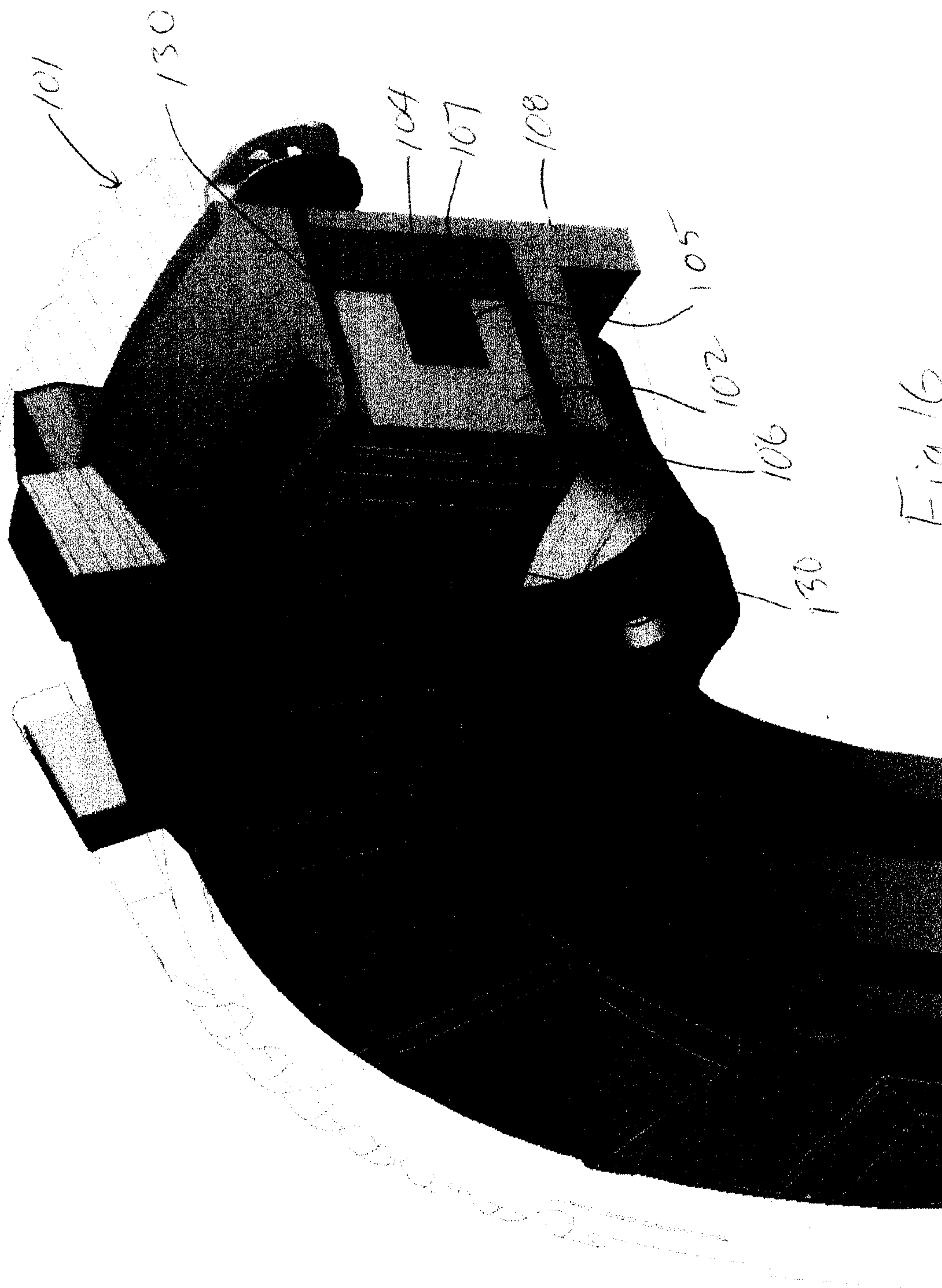
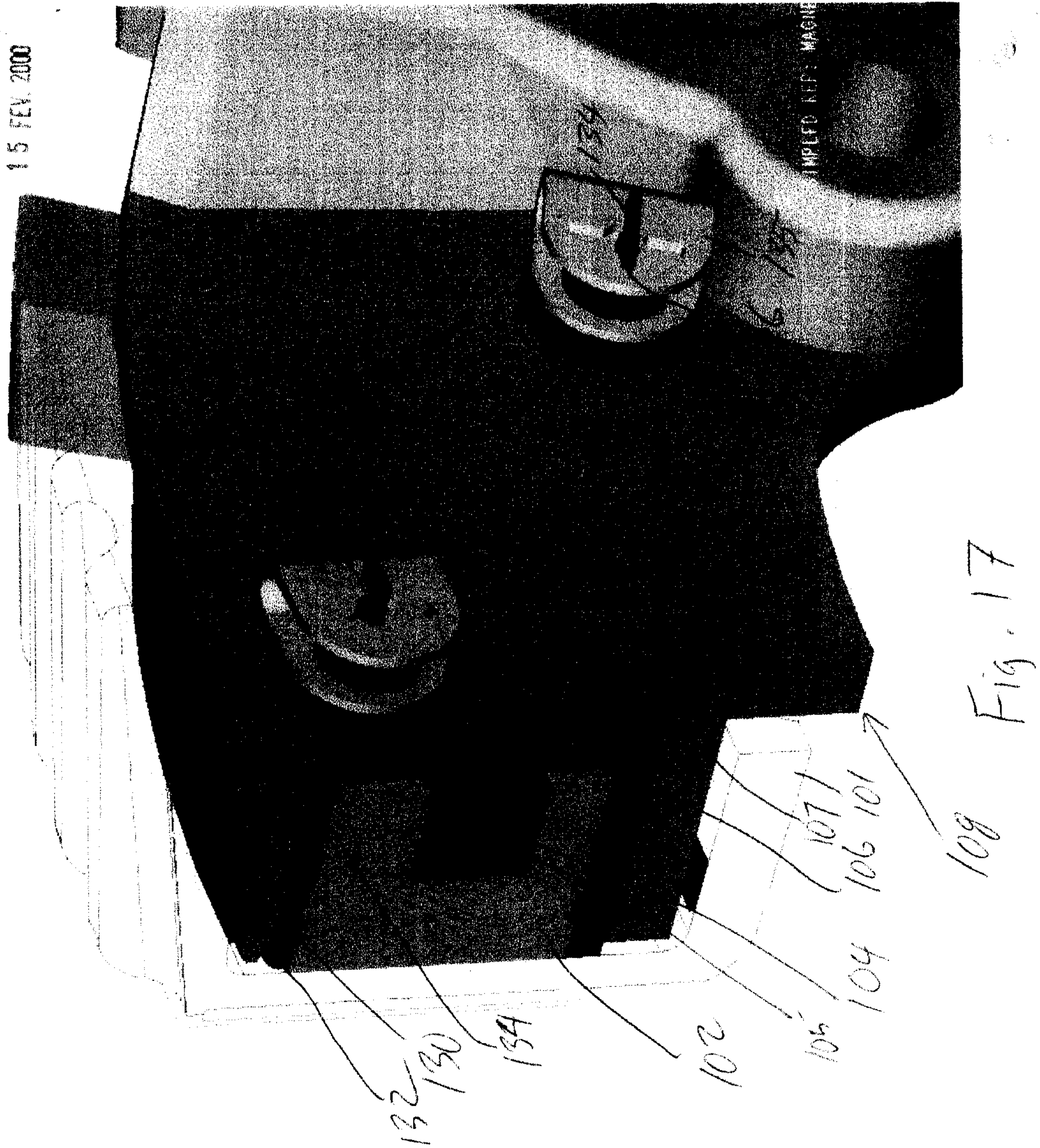
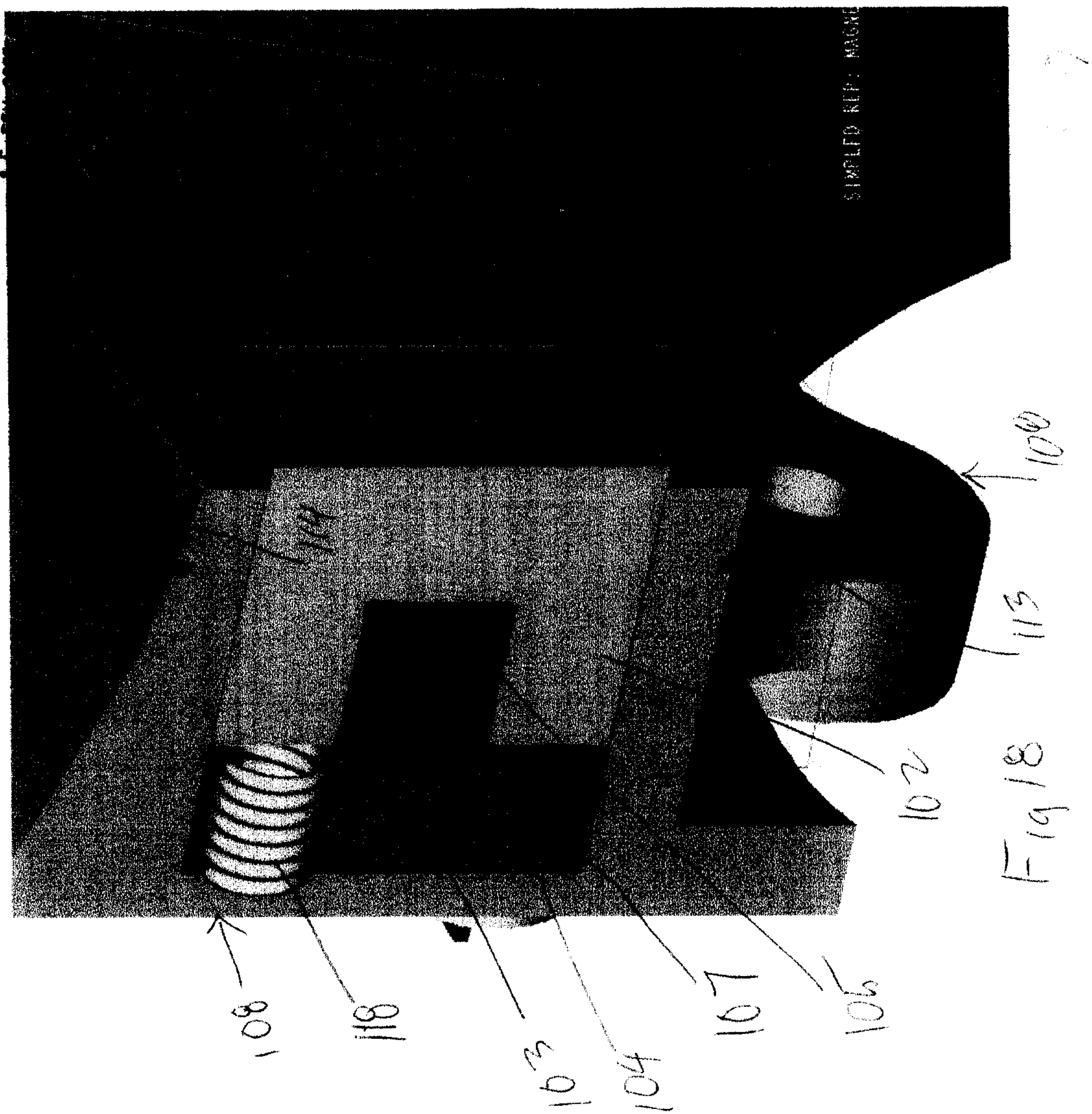


Fig 16





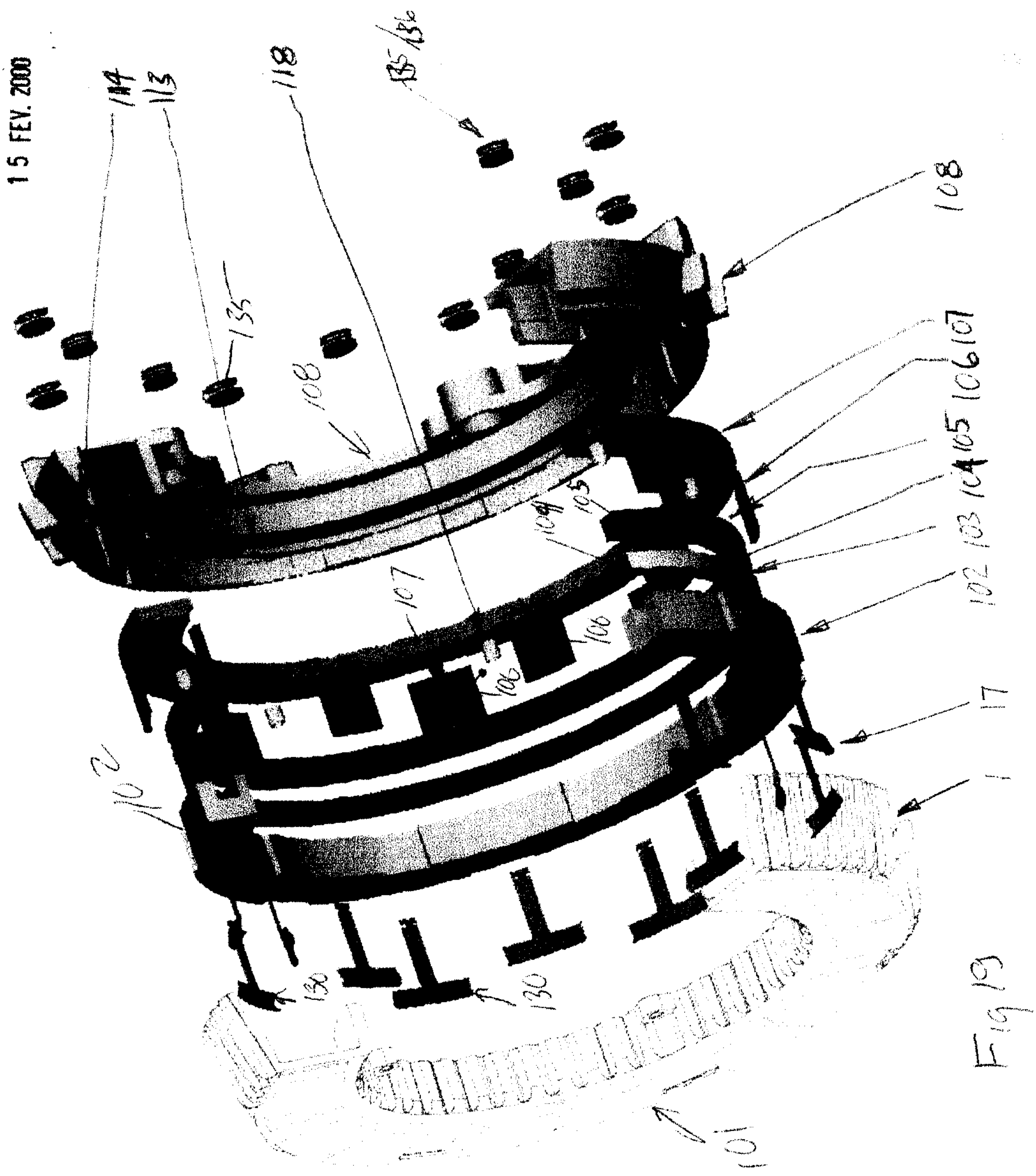
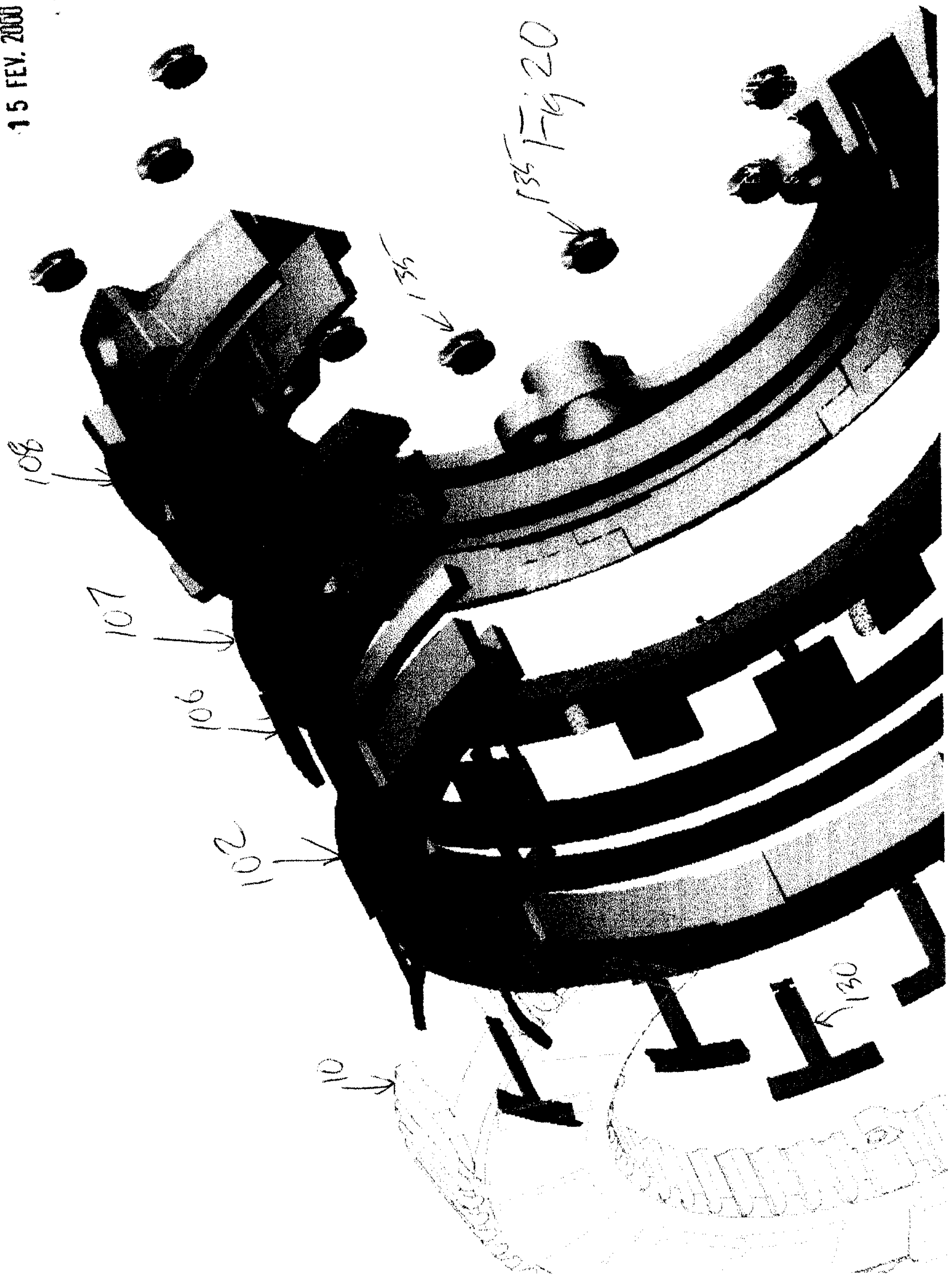


Fig 19

15 FEB. 2000



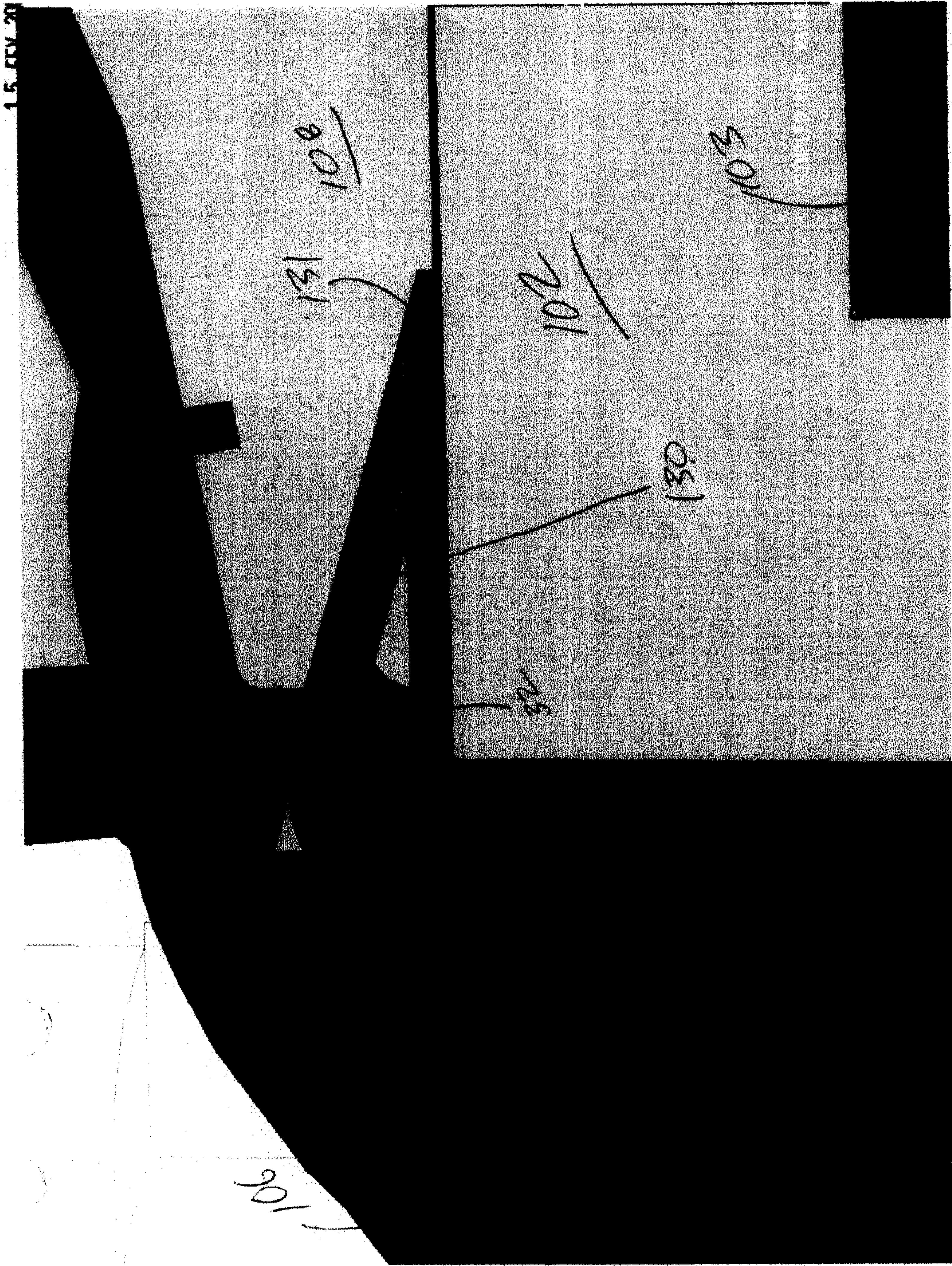


Fig 21



Fig 22

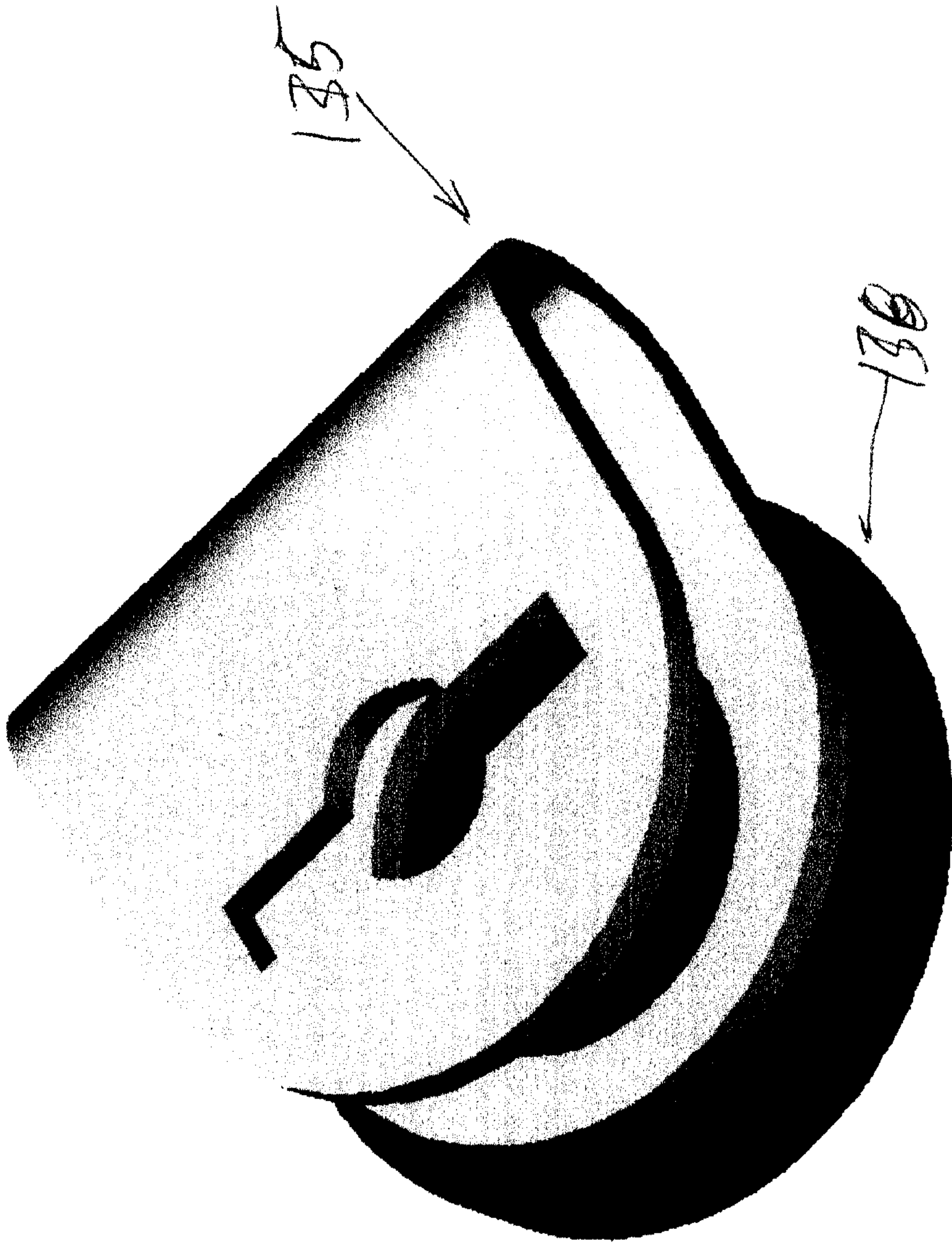


Fig 23

