(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 809 304**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **00 06640**

(51) Int Cl[7] : **A 61 F 2/44,** A 61 B 17/70

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 24.05.00.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 30.11.01 Bulletin 01/48.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

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

(71) **Demandeur(s) :** *GRAF HENRY* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** GRAF HENRY.

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

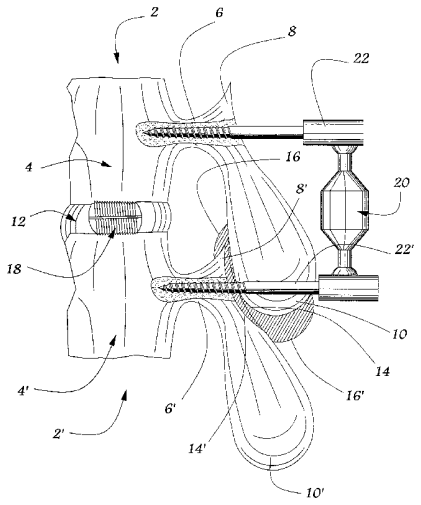
(74) **Mandataire(s) :** CABINET LAVOIX LYON.

(54) DISPOSITIF DE STABILISATION INTERVERTEBRAL.

(57) Ce dispositif comprend une cage (18) destinée à être insérée entre deux vertèbres voisines (2, 2'), ladite cage comprenant une âme élastique recouverte par un enrobage réalisé en un matériau rigide et destiné à être en contact avec lesdites deux vertèbres voisines.

La dimension verticale de ladite cage posée augmente vers sa partie antérieure, ladite cage (18) possède des moyens de flexion préférentielle vers l'avant et ledit dispositif comprend en outre des moyens (20) extra-discaux, disposés à l'arrière de l'espace intervertébral, propres à amortir un écartement entre lesdites vertèbres.

Ce dispositif permet de reproduire des mouvements anatomiques de flexion et d'extension.



FR 2 809 304 - A1

La présente invention concerne un dispositif de stabilistion intervertébral.

De manière habituelle, de tels dispositifs sont destinées à remplacer tout ou partie d'un disque intervertébral, lorsque ce dernier a été détruit par la chirurgie ou la maladie.

Un premier type de dispositif de stabilisation intervertébral consiste en une cage rigide, qui peut être par exemple de section transversale rectangulaire, dans laquelle sont ménagées des perforations propres à recevoir des greffons destinés à assurer une solidarisation satisfaisante de cette cage avec les deux vertèbres entre lesquelles elles doit être insérée. Ces cages rigides, qui sont implantées notamment par impactage ou vissage, présentent un inconvénient en ce sens qu'elles conduisent à un blocage complet des deux vertèbres adjacentes, ce qui limite la liberté de mouvement du patient.

On connaît également, par EP-A-0 346 269, un dispositif de stabilisation intervertébral formé par une cage semi-rigide, à savoir qu'elle comprend une âme en matériau viscoélastique et deux plaques de recouvrement rigides, réalisées en métal. Cette âme est intercalée entre ces deux plaques, formant des enrobages destinés à être en contact avec la surface des vertèbres, une fois la cage implantée. Une telle cage semi-rigide présente cependant certains inconvénients, en ce sens qu'elle induit une sollicitation mécanique excessive des vertèbres voisines de celles entre lesquelles cette cage est disposée. Ceci conduit à une fragilisation et à une dégradation prématurées de ces vertèbres.

Afin de pallier ces différents inconvénients, l'invention se propose de réaliser un dispositif de stabilisation qui, tout en assurant une liberté de mouvement satisfaisante entre les vertèbres qui lui sont adjacentes, induise seulement de faibles sollicitations mécaniques au niveau de l'ensemble de la chaîne vertébrale.

A cet effet, elle a pour objet un dispositif de stabilisation intervertébral, comprenant une cage destinée à être insérée entre deux vertèbres voisines, ladite cage comprenant une âme élastique, notamment réalisée en un polymère de silicone ou un élastomère, l'âme étant recouverte, sur une

partie de sa périphérie, par un enrobage réalisé en un matériau rigide et destiné à être en contact avec lesdites deux vertèbres voisines, caractérisé en ce que la dimension verticale de ladite cage posée augmente vers sa partie antérieure dans la position anatomique verticale de repos, en ce que ladite cage possède des moyens de flexion préférentielle vers l'avant et en ce que ledit dispositif comprend en outre des moyens extra-discaux, disposés à l'arrière de l'espace intervertébral, propres à amortir un déplacement entre lesdites vertèbres au moins en extension.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- les moyens de flexion préférentielle vers l'avant comprennent une partie antérieure de ladite âme s'étendant à distance de parois en regard dudit enrobage, de manière à former au moins un volume différentiel antérieur ;
- les moyens de flexion préférentielle vers l'avant comprennent un élément antérieur de ladite âme, réalisé en un premier matériau plus compressible qu'un second matériau constitutif d'un élément arrière de ladite âme ;
- ladite cage comprend des moyens formant pivot en vue de ladite flexion vers l'avant ;
- les moyens de pivot comprennent une partie intermédiaire de l'âme prolongeant ladite partie antérieure, ladite partie intermédiaire étant disposée au contact des parois dudit enrobage ;
- lesdites parois entourent ladite partie intermédiaire sur une portion substantielle de son périmètre ;
- ladite cage possède également des moyens de flexion de ladite cage vers l'arrière ;
- les moyens d'amortissement extra-discaux sont aptes à amortir également un déplacement en compression desdites vertèbres ;
- la longueur des moyens d'amortissement varie en extension et, éventuellement, en compression, de façon asymptotique en fonction de la force qui leur est appliquée ;
- les moyens d'amortissement, du déplacement des vertèbres comprennent au moins deux dispositifs d'amortissement distincts et il est prévu en outre des moyens de solidarisation

desdits dispositifs d'amortissement entre eux, au moins selon une direction verticale ;

- ladite cage est pourvue de moyens de réduction du cisaillement antéro-postérieur ;

- ladite cage est pourvue de moyens de réduction du cisaillement latéral.

L'invention va être décrite ci-dessous, en référence aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique de côté, illustrant deux vertèbres voisines entre lesquelles est placé un dispositif de stabilisation conforme à l'invention ;

- la figure 2 est une vue en perspective éclatée illustrant une cage intervertébrale appartenant au dispositif de stabilisation de la figure 1 ;

- les figures 3 et 4 sont des vues en coupe verticale selon les ligne III-III et IV-IV à la figure 2 ;

- la figure 5 est une vue en coupe horizontale selon la ligne V-V de la figure 3 ;

- la figure 6 est une vue schématique en perspective, avec arrachements, d'un outil de pose pour la cage représentée aux figures 2 à 5 ;

- la figure 7 est une vue en perspective d'un dispositif d'amortissement appartenant au dispositif de stabilisation de la figure 1 ;

- la figure 8 est une courbe illustrant, en fonction de la force qui lui est exercée, les variations de la longueur du dispositif d'amortissement de la figure 6 ;

- les figures 9 à 11 sont des schémas de principe illustrant le fonctionnement du dispositif de liaison de la figure 1, dans des positions successives de repos, de flexion vers l'avant et d'extension vers l'arrière d'un patient ;

- la figure 12 est une vue en coupe analogue à la figure 3, d'une cage conforme à un second mode de réalisation de l'invention ; et

- la figure 13 est une vue schématique de derrière, illustrant une variante supplémentaire de l'invention.

La figure 1 représente deux vertèbres respectivement

supérieure 2 et inférieure 2' qui sont reliées par l'intermédiaire d'un dispositif de stabilisation conforme à l'invention. Chaque vertèbre comprend un corps vertébral 4, 4' prolongé par un pédicule 6, 6', une articulaire supérieure 8, 8' et une articulaire inférieure 10, 10'. On désigne par 12 l'espace intervertébral, par 14 et 14' les facettes articulaires en regard et par 16 et 16' les capsules articulaires.

Les deux vertèbres 2, 2' sont reliées mutuellement par l'intermédiaire d'un dispositif de stabilisation, comprenant une cage 18, constituant un implant intersomatique, logée dans l'espace intervertébral 12, ainsi qu'un dispositif d'amortissement, désigné dans son ensemble par la référence 20, dont les deux extrémités sont fixés sur les vertèbres correspondantes par l'intermédiaire de vis pédiculaires 22, 22'. On peut prévoir d'utiliser, entre ces deux vertèbres 2, 2', deux cages 18 et deux dispositifs d'amortissement 20.

La cage intervertébrale 18 est représentée de façon plus précise sur les figures 2 à 5. Cette cage comprend une âme 24 réalisée en un matériau élastique biocompatible et dont la surface extérieure est partiellement recouverte au moyen d'un enrobage formé de deux coquilles 26A, 26B. Ces dernières, exécutées en un matériau rigide biocompatible, sont assujetties à l'âme 24, par exemple au moyen d'une colle de silicone.

La section transversale de l'âme 24 se compose de deux portions d'extrémité 28 dont la périphérie extérieure décrit un arc de cercle et qui sont reliées par deux méplats 30 formant une partie médiane 32.

Chaque coquille 26 comprend une calotte intérieure 34, intérieurement cylindrique, destinée à entrer en contact avec l'âme 24. Cette calotte 34 est reliée à une coiffe périphérique 36 réalisée sous forme d'un profilé présentant, en coupe transversale, une forme d'arc de cercle. La surface extérieure de ces coiffes est munie d'un filetage 38 destiné à faciliter l'implantation de la cage 18.

La calotte 34 et la coiffe 36 sont reliées par deux pattes longitudinales 42. Ces dernières définissent, au voisinage de chaque bord de la coquille, deux glissières ou rainures longitudinales 44, en section en T. Ces pattes 42 délimitent

latéralement une ouverture traversante 48 à section en forme d'arc de cercle, séparant la calotte de la coiffe.

Il est prévu quatre volets, à savoir des volets avant 46A et arrière 46B pour la coquille 26A et des volets avant 47A et arrière 47B pour la coquille 26B. Chaque volet 46, 47 s'étend, à partir d'une des coquilles 26, en direction de celle qui lui est opposée, de manière sensiblement perpendiculaire à l'axe principal de la prothèse.

Ces volets sont disposés de manière asymétrique. Ainsi, le volet avant 46A de la première coquille 26A et le volet opposé, à savoir le volet arrière 47B de l'autre coquille 26B s'étendent, selon leur dimension principale, de façon à former une zone de recouvrement ZR (figure 3). Les projections, sur un même plan, selon l'axe principal A de la prothèse, de ces volets opposés 46A et 47B possèdent une région commune, et forment la zone de recouvrement ZR. La présence de cette dernière est de nature à réduire le cisaillement antéro-postérieur auquel est soumise la cage 18 une fois implantée.

Chaque coquille 26 est également pourvue de jupes latérales 50 s'étendant à partir de chaque bord longitidinal de la calotte. Chaque jupe 50 présente, vue de côté, une hauteur variable, à savoir qu'elle s'étend selon un profil ondulé globalement sinusoïdal. Cependant, chaque jupe peut également comporter au moins un décrochement. Les jupes adjacentes, à savoir 50A et 50C d'une part, et 50B et 50D d'autre part, dont sont pourvues deux coquilles différentes, présentent des profils sensiblement conjugués, de sorte qu'elles sont propres à venir en imbrication mutuelle.

En revanche, deux jupes en regard, à savoir soit 50A et 50B, soit 50C et 50D, sont disposées de façon asymétrique. Il existe donc des zones de recouvrement ZR' (figure 4), d'une part entre les jupes opposées 50A et 50D, d'autre part entre les jupes opposées 50B et 50C. Les projections sur un même plan, selon un axe perpendiculaire à l'axe principal de la prothèse, de chaque couple de jupes opposées possèdent des régions communes qui forment ces zones de recouvrement. Ces dernières contribuent à réduire les effets de cisaillement latéral auquel est soumise la prothèse.

En faisant en particulier référence aux figures 2 et 5, la hauteur des méplats 30 augmente vers la partie antérieure de la cage, une fois cette dernière implantée. La hauteur, ou dimension verticale, de cette cage augmente donc vers l'avant. La dimension transversale, ou largeur, des portions d'extrémités 28 n'est pas constante tout le long de l'âme 24. En effet, cette âme 24 possède une portion intermédiaire 24A, disposée au voisinage du tiers arrière de l'âme, dont les dimensions transversales sont maximales. Cette portion intermédiaire 24A est prolongée par une portion amincie arrière 24B, ainsi qu'une portion amincie avant 24C.

Une fois la cage implantée et dans le cas d'un patient en position debout, ne se trouvant ni en flexion, ni en extension (figure 5), seule la partie intermédiaire 24A s'étend au contact de la paroi intérieure des jupes 50, qui entourent cette partie 24A sensiblement sur l'ensemble de sa péripherie.

En revanche, les parties arrière 24B et avant 24C de l'âme 24 s'étendent à distance de ces jupes 50, ce qui contribue à créer des volumes différentiels avant V et arrière V'. Il est à noter que le volume différentiel avant V est sensiblement plus important que le volume différentiel arrière V', de façon à initier une amorce de flexion préférentielle de la cage 18, vers la partie avant de cette dernière.

Les flexions de la cage 18 vers l'avant ou l'arrière, interviennent autour d'un point de pivot appartenant à la partie intermédiaire 24A, sensiblement incompressible. Cette dernière garantit le maintien de l'écartement intervertébral. Ce point de pivot est mobile d'arrière en avant, en fonction des mouvements du patient.

La pose de la cage illustrée aux figures 2 à 5 s'effectue au moyen d'un outil décrit à la figure 6. Ce dernier, désigné dans son ensemble par la référence 52, comprend un manche cylindrique 54 allongé, percé d'un orifice central co-axial 56 propre au passage d'une tige 57. Le manche 54 est terminé par deux languettes 58, symétriques l'une de l'autre, propres à pénétrer dans les glissières adjacentes de la cage, à savoir d'une part 44A et 44C et d'autre part 44B, 44D. L'outil 52 est également pourvu de languettes supplémentaires non représen-

tées, aptes à pénétrer dans les ouvertures 48 dont sont pourvues les coquilles 26.

La pose de la cage consiste tout d'abord à engager l'extrémité des languettes 58 dans l'extrémité arrière des rainures 44. Puis, on comprime, par exemple manuellement, l'avant de la cage, ce qui est possible à la fois du fait de la nature élastique de l'âme 4 et de la présence des volumes différentiels V, V'. On fait ensuite coulisser chaque languette au sein d'une glissière 44 correspondante, jusqu'à ce que l'extrémité arrière de la cage vienne en butée contre l'extrémité du manche 54 adjacente aux languettes 58.

L'ensemble composé de la cage 18 comprimée et des languettes 58 de l'outil de pose présente une forme globalement cylindrique. On visse alors la cage, en vue de son montage, en tirant parti des filetages 38 dont elle est pourvue. Puis, une fois la cage implantée en un emplacement approprié, on la maintient axialement au moyen de la tige 57 pénétrant dans l'orifice central 56 du manche 54. Puis, on fait coulisser vers l'arrière les languettes 58, de manière à les retirer des glissières 44. La cage recouvre alors sa forme originelle, telle que représentée à la figure 5, du fait de la nature de son matériau constitutif pré-contraint.

La figure 7 représente, de façon plus précise, le dispositif d'amortissement 20. Ce dernier est conforme à l'enseignement de FR-A-2 676 911. Il est réalisé sous la forme d'un corps allongé pourvu d'une partie centrale renflée 60 reliée, par deux cols 62, à deux extrémités sphériques 64.

En vue du montage de ce dispositif d'amortissement 20, chaque vis pédiculaire 22 se prolonge par un corps cylindrique 66 terminé par une cuvette 68 pourvue d'une paroi intérieure taraudée et d'un fond concave, de forme complémentaire à l'extrémité sphérique 64 du dispositif d'amortissement 20. Le verrouillage des extrémités de l'amortisseur s'effectue par vissage d'un embout fileté 70 à l'intérieur de la cuvette 68.

Toute matière appropriée peut être adoptée pour la réalisation du dispositif d'amortissement 20, en particulier un élastomère biocompatible.

La figure 8 représente une courbe illustrant les varia-

tions de la dimension principale, ou longueur, du dispositif d'amortissement 20 en fonction de l'intensité de la force qui lui est appliquée, selon cette dimension principale. Dans sa position de repos, c'est-à-dire lorsqu'aucune force ne lui est appliquée, le dispositif 20 possède une longueur L_R. En phase d'extension, les variations de longueur en fonction de la valeur absolue de la force appliquée présentent une allure à peu près exponentielle, d'asymptote L_M. L'application d'une force de compression sur ce dispositif 20 conduit à une variation de longueur à peu près exponentielle, d'asymptote L_m.

On peut adopter, pour réaliser ce dispositif d'amortissement 20, une matière composite répondant de façons différentes à l'extension et à la compression, comme l'enseigne également FR-A-2 676 911.

On peut également utiliser des dispositifs d'amortissement différents, comme par exemple celui décrit dans FR-A-2 751 864.

Les figures 9 à 11 représentent des schémas illustrant le principe mécanique du dispositif de stabilisation intervertébral conforme à l'invention.

La présence du volume différentiel avant V contribue à créer une zone de flexion préférentielle de la cage 18 vers l'avant, schématisée par un ressort R. La présence du dispositif d'amortissement 20, travaillant en extension, contribue à créer une résistance à l'écartement entre les vertèbres, schématisée par un deuxième ressort R'. Ces ressorts R et R' sont disposés de part et d'autre d'un point de pivot P, autour duquel se produisent les mouvements physiologiques de flexion et d'extension. Ce pivot P est située dans la partie intermédiaire 24A de l'âme 24.

L'existence d'un volume différentiel arrière V' constitue une zone d'amorce de flexion de la cage 18 vers l'arrière, qui est schématisée par un ressort r. De plus, l'amortissement conféré, en compression, par le dispositif 20 contribue à créer une résistance supplémentaire schématisée par la référence r'. Cette figure 8 correspond à un patient debout, dans la position anatomique verticale de repos à savoir que la force induite par le poids du corps s'exerce selon une composante G passant sensiblement par le pivot P.

Lorsque le patient se penche vers l'avant, comme cela est représenté à la figure 9, la force s'exerçant sur les vertèbres est matérialisée par la flèche G'. La cage 18 fléchit alors vers l'avant, ce qui est facilité par la présence du volume différentiel avant V. Cette flexion est limitée par la venue en butée de la partie avant 24C de l'âme 24 contre la paroi intérieure des jupes 50. Elle est en outre contrôlée par le dispositif d'amortissement 20, travaillant en extension, du fait de sa composante résistante R'. Une telle flexion induit un déplacement du pivot P vers l'arrière de la partie intermédiaire 24A.

Lorsque le patient se penche vers l'arrière, comme cela est représenté à la figure 10, la cage 18 tend à fléchir vers l'arrière, sous l'effet d'une force G'', ce qui est permis grâce à la présence du volume différentiel V'. Cette flexion vers l'arrière est contrôlée par la présence de la composante résistante r' du dispositif d'amortissement 20. Lors d'un tel mouvement, le pivot P tend à se déplacer vers l'avant de la partie intermédiaire 24A.

La figure 12 représente une cage 118 conforme à un second mode de réalisation de l'invention. Son âme 124 comprend plusieurs éléments distincts, à savoir un élément avant 124' de plus grande dimension transversale verticale et un élément arrière 124'' de dimension transversale verticale restreinte, l'élément avant étant réalisé en un matériau plus facilement compressible que l'élément arrière. Ces éléments sont recouverts par un enrobage formé de deux coquilles filetées 126, dont les parois intérieures sont conformées de manière à maintenir en place ces éléments avant et arrière. On peut également munir cette cage d'un enrobage analogue à celui recouvrant la cage 18. La présence de l'élément avant 124' plus facilement compressible confère à la cage 18 une composante de flexion préférentielle vers l'avant.

La figure 13 représente une variante supplémentaire de l'invention. Sur cette figure, les deux vertèbres voisines 2 et 2' sont reliées mutuellement par deux dispositifs d'amortissement 120, prévus de part et d'autre des articulaires 8, 10. Ces dispositifs d'amortissement 120 présentent une partie métalli-

que et sont par exemple conforme à l'enseignement de FR-A-2 751 864. Ils sont reliés l'un à l'autre au moyen d'une tige transversale 128, s'étendant sensiblement horizontalement. La liaison entre les dispositifs 120 et la tige 128 est rigide, et fait par exemple intervenir une soudure. Elle est avantageusement réalisée au niveau de la partie médiane de ces dispositifs d'amortissement. La présence de cette tige, qui assure une immobilisation relative selon une direction verticale des dispositifs d'amortissement 120, permet de réduire sensiblement le cisaillement horizontal intervertébral.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés. Ainsi, la cage intervertébrale peut présenter des portions d'extrémité non cylindriques. On peut également la réaliser de sorte qu'elle présente, en coupe transversale, une section globalement rectangulaire, sa hauteur augmentant vers sa partie antérieure. Une telle cage, de forme à peu près pyramidale, pourra être introduite par impaction.

L'invention permet de réaliser les objectifs précédemment mentionnés. En effet, l'utilisation d'une cage dont la dimension verticale augmente vers sa partie antérieure permet de respecter la configuration anatomique naturelle. Munir cette cage d'une âme élastique possédant des moyens de flexion préférentielle vers l'avant confère aux vertèbres entre lesquelles est disposée cette cage un mouvement relatif satisfaisant d'un point de vue physiologique. De plus, prévoir un moyen d'amortissement extra-discal, disposé à l'arrière de cette cage, permet de réguler le mouvement de flexion permis par cette dernière. Ceci permet au dispositif de stabilisation conforme à l'invention d'assurer un mouvement relatif entre les deux vertèbres qu'il relie, qui soit suffisamment proche du mouvement autorisé par un disque vertébral naturel, pour qu'un tel mouvement n'induise pas de dysfonctionnement majeur au niveau de l'ensemble de la chaîne vertébrale.

Prévoir des volumes différentiels induisant une flexion préférentielle vers l'avant est avantageux. En effet, la présence de ces volumes différentiels garantit un mouvement particulièrement progressif, qui n'est pas stoppé de façon brusque. Ceci est favorable en termes d'intégrité physiologique

du patient.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de stabilisation intervertébral, comprenant une cage (18 ; 118) destinée à être insérée entre deux vertèbres voisines (2, 2'), ladite cage comprenant une âme (24 ; 124) élastique, notamment réalisée en un polymère de silicone ou un élastomère, l'âme étant recouverte, sur une partie de sa périphérie, par un enrobage (26 ; 126) réalisé en un matériau rigide et destiné à être en contact avec lesdites deux vertèbres voisines, caractérisé en ce que la dimension verticale de ladite cage posée augmente vers sa partie antérieure dans la position anatomique verticale de repos, en ce que ladite cage (18) possède des moyens (24C, 50 ; 124') de flexion préférentielle vers l'avant et en ce que ledit dispositif comprend en outre des moyens (20) extra-discaux, disposés à l'arrière de l'espace intervertébral, propres à amortir un déplacement entre lesdites vertèbres au moins en extension.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de flexion préférentielle vers l'avant comprennent une partie antérieure (24C) de ladite âme (24) s'étendant à distance de parois (50) en regard dudit enrobage (26), de manière à former au moins un volume différentiel (V) antérieur.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de flexion préférentielle vers l'avant comprennent un élément antérieur (124') de ladite âme (124), réalisé en un premier matériau plus compressible qu'un second matériau constitutif d'un élément arrière (124'') de ladite âme.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite cage (18) comprend des moyens (24A) formant pivot en vue de ladite flexion vers l'avant.

5. Dispositif selon les revendications 2 et 4 prises ensemble, caractérisé en ce que les moyens de pivot comprennent une partie intermédiaire (24A) de l'âme (24) prolongeant ladite partie antérieure (24C), ladite partie intermédiaire (24A) étant disposée au contact des parois (50) dudit enrobage (26).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdites parois (50) entourent ladite partie intermédiaire

(24A) sur une portion substantielle de son périmètre.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite cage possède également des moyens (24B, 50) de flexion de ladite cage vers l'arrière.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens (20) d'amortissement extra-discaux sont aptes à amortir également un déplacement en compression desdites vertèbres (2, 2').

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la longueur des moyens d'amortissement (20) varie en extension et, éventuellement, en compression, de façon asymptotique en fonction de la force qui leur est appliquée.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les moyens d'amortissement, du déplacement des vertèbres comprennent au moins deux dispositifs d'amortissement distincts (120, 120') et en ce qu'il est prévu en outre des moyens de solidarisation (128) desdits dispositifs d'amortissement entre eux, au moins selon une direction verticale.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite cage est pourvue de moyens (46, 47) de réduction du cisaillement antéro-postérieur.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite cage (18) est pourvue de moyens (50) de réduction du cisaillement latéral.

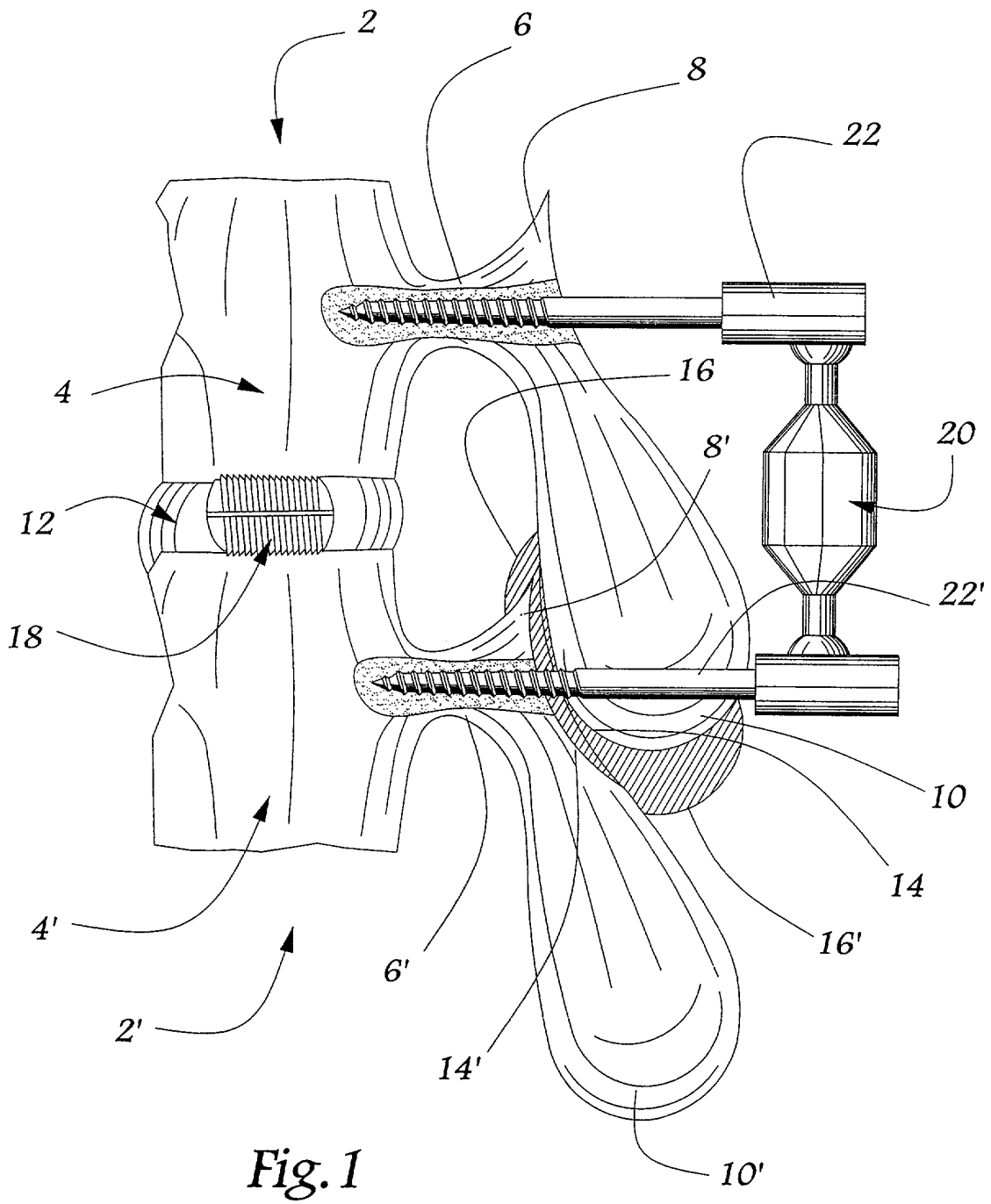


Fig. 1

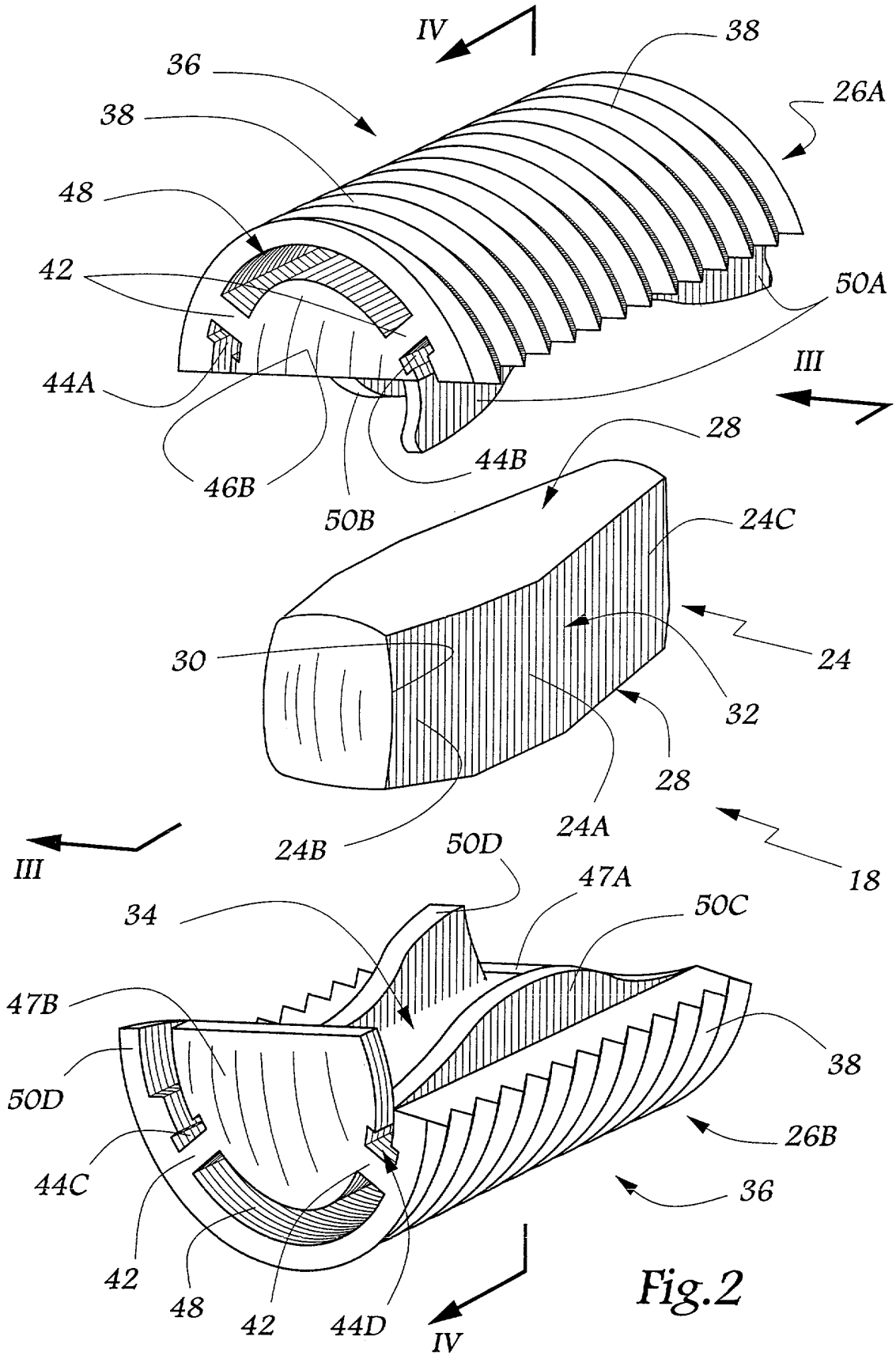

IV
36
38
38
26A
48
42
50A
III
44A
28
44B
46B
50B
24C
30
24
32
28
24B
24A
18
III
50D
47A
34
50C
47B
38
50D
26B
44C
36
42
48
42
44D
IV

Fig.2

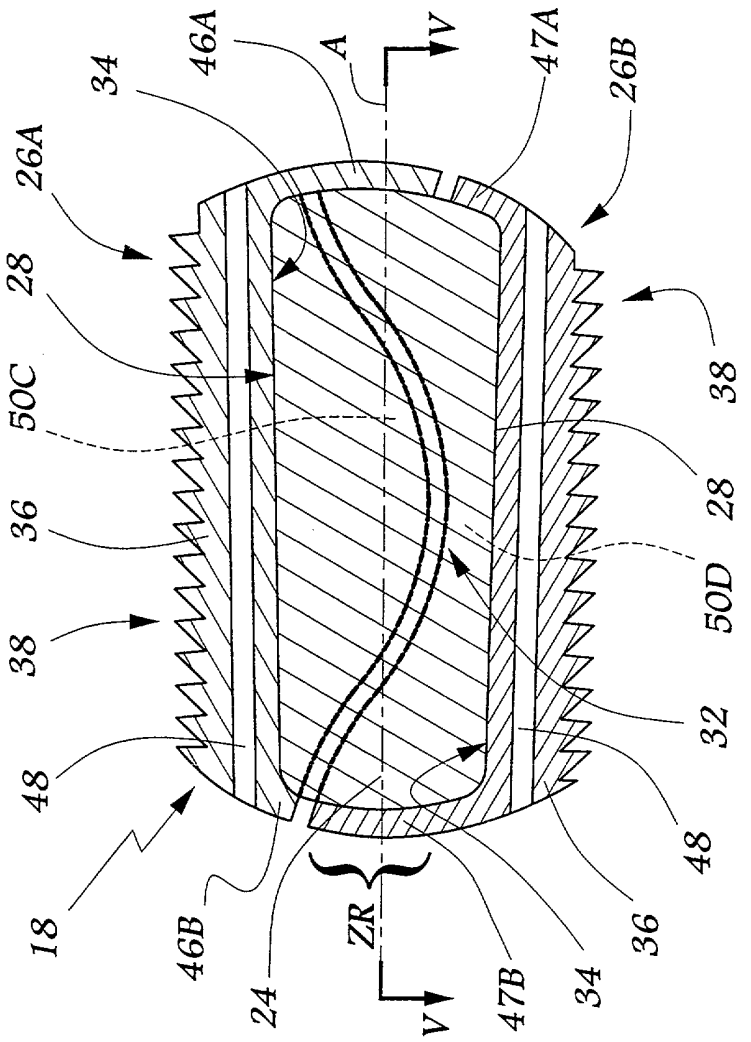

34
46A
A
V
47A
26B
26A
28
50C
36
38
48
18
46B
24
ZR
V
47B
34
36
48
38
28
50D
32

Fig.3

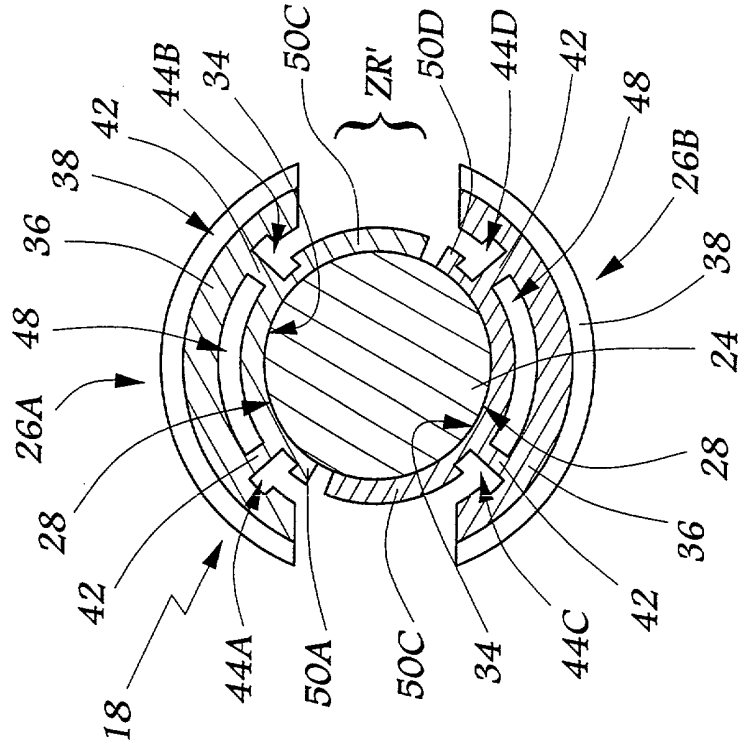

44B
34
50C
ZR'
50D
44D
42
48
26B
38
42
38
36
48
26A
28
42
18
44A
50A
50C
34
44C
42
36
28
24

Fig.4

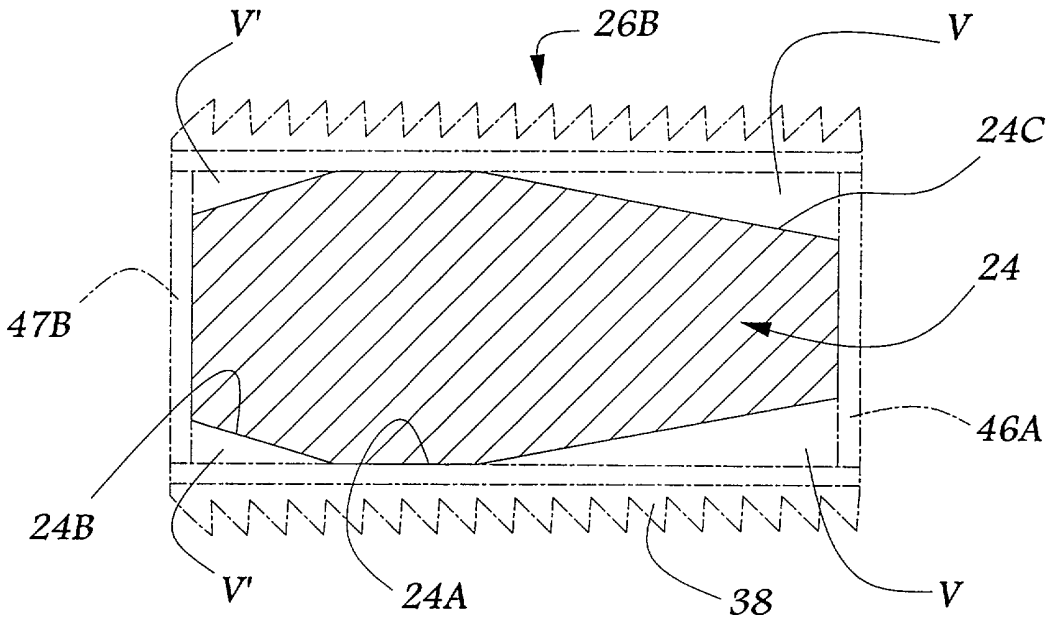


Fig.5

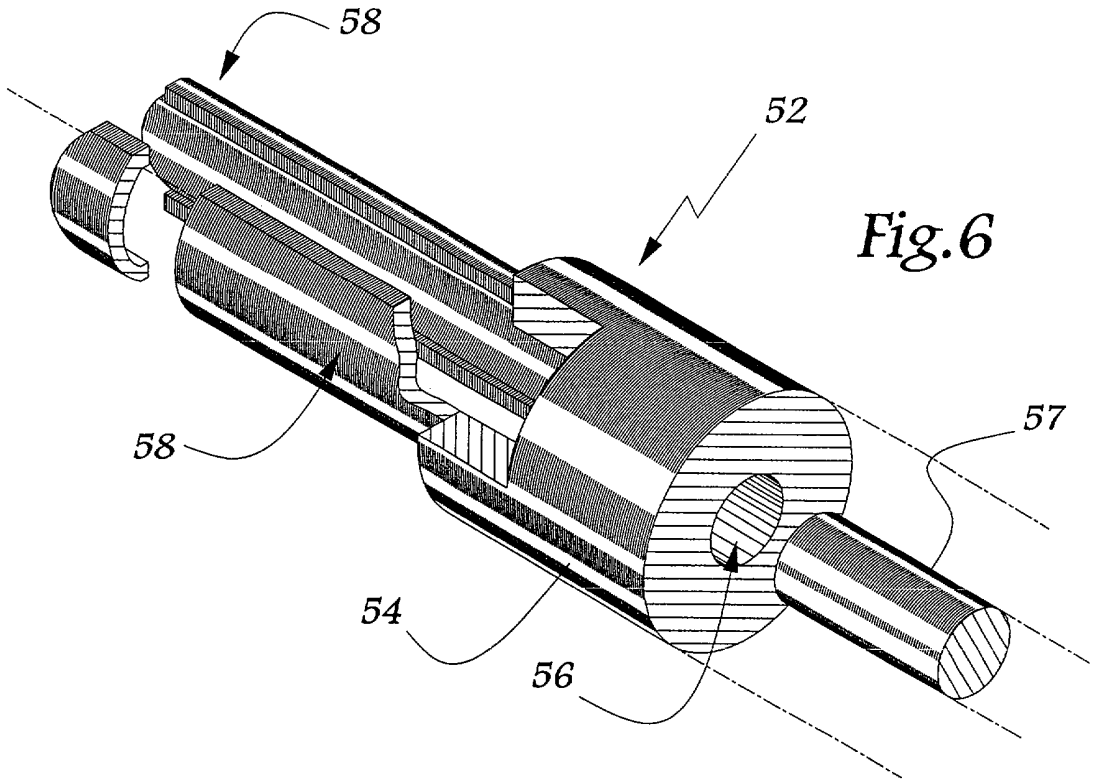


Fig.6

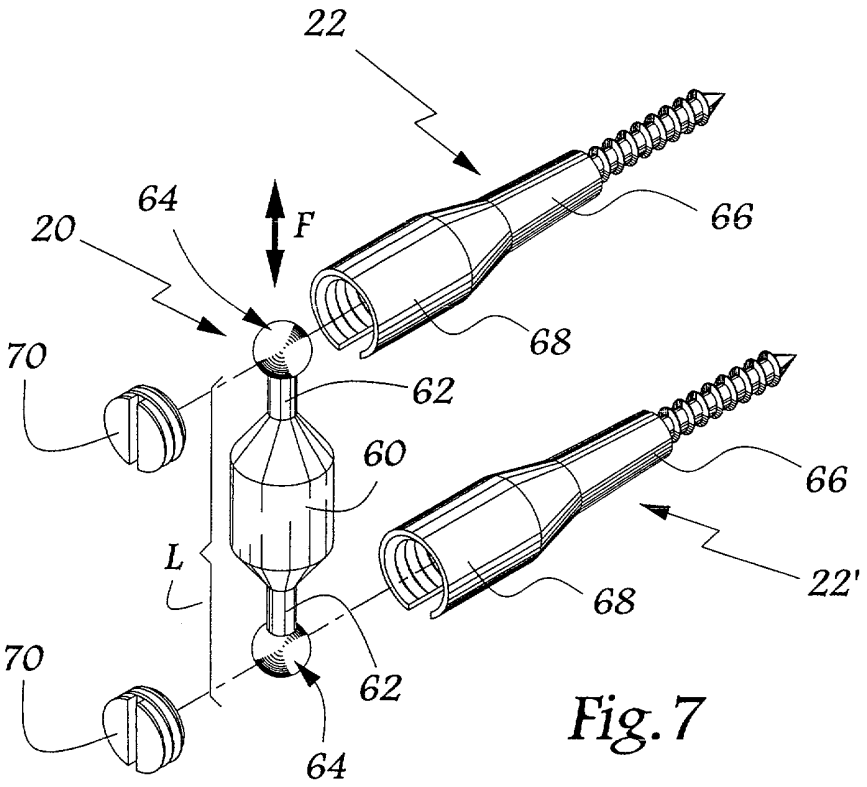


Fig. 7

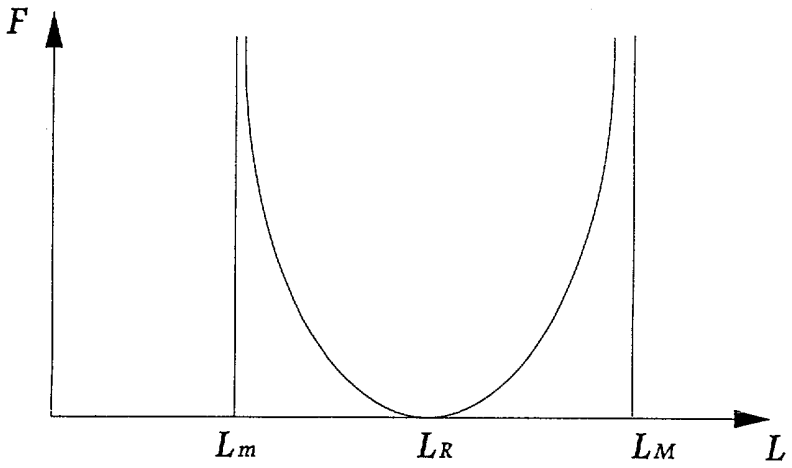


Fig. 8

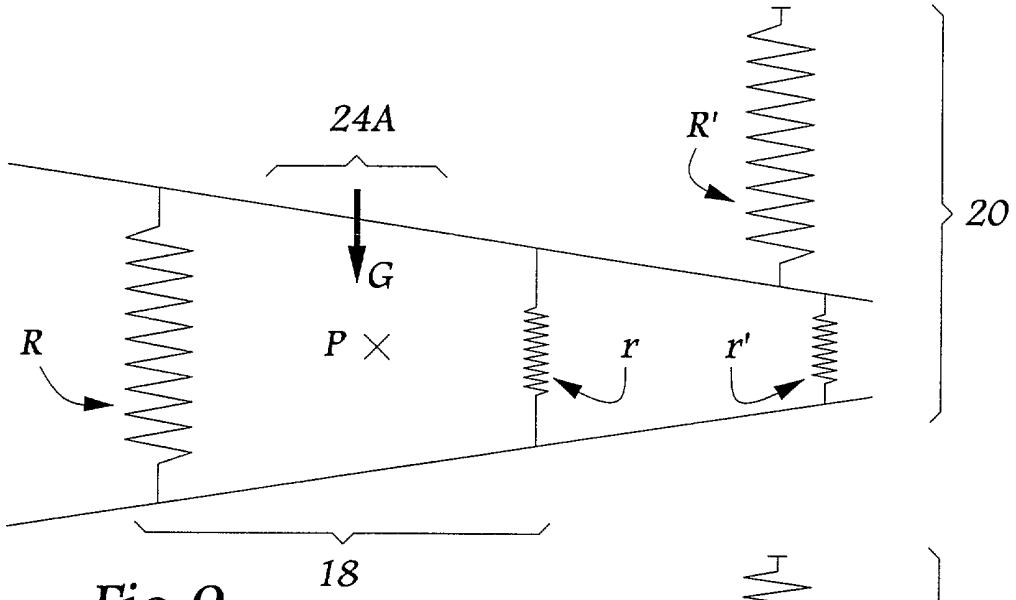


Fig.9

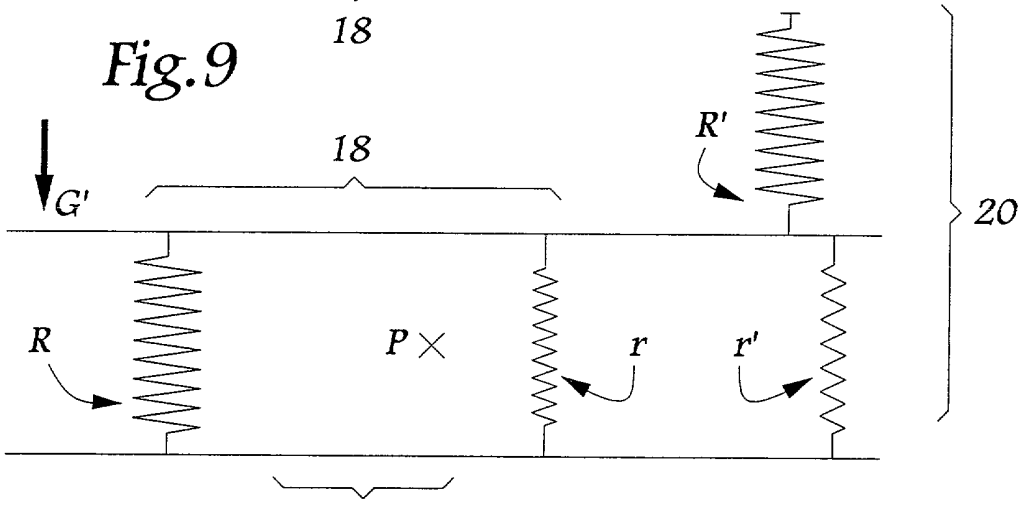


Fig.10

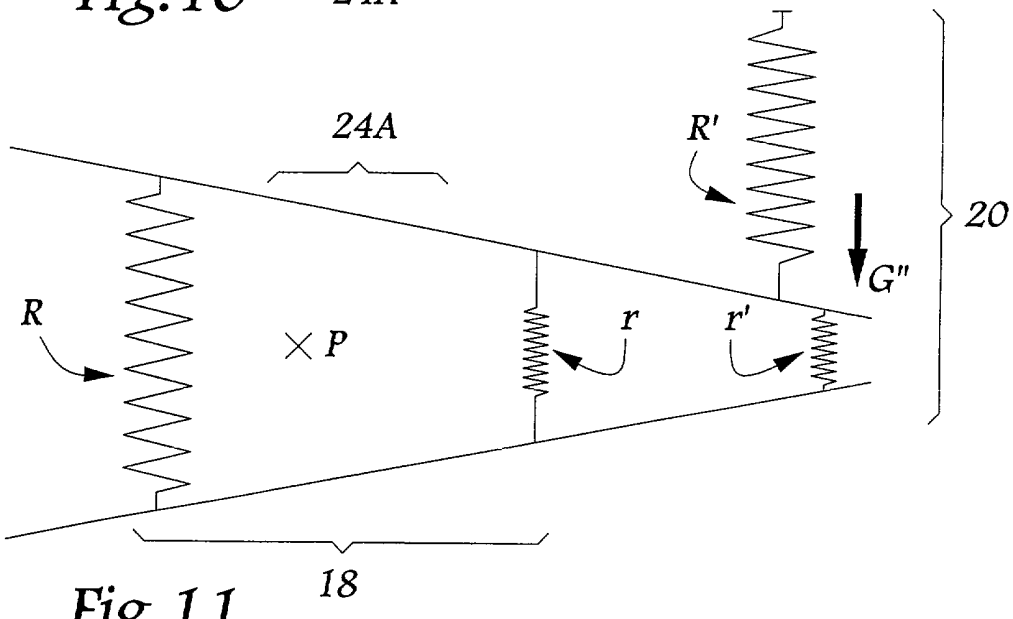


Fig.11

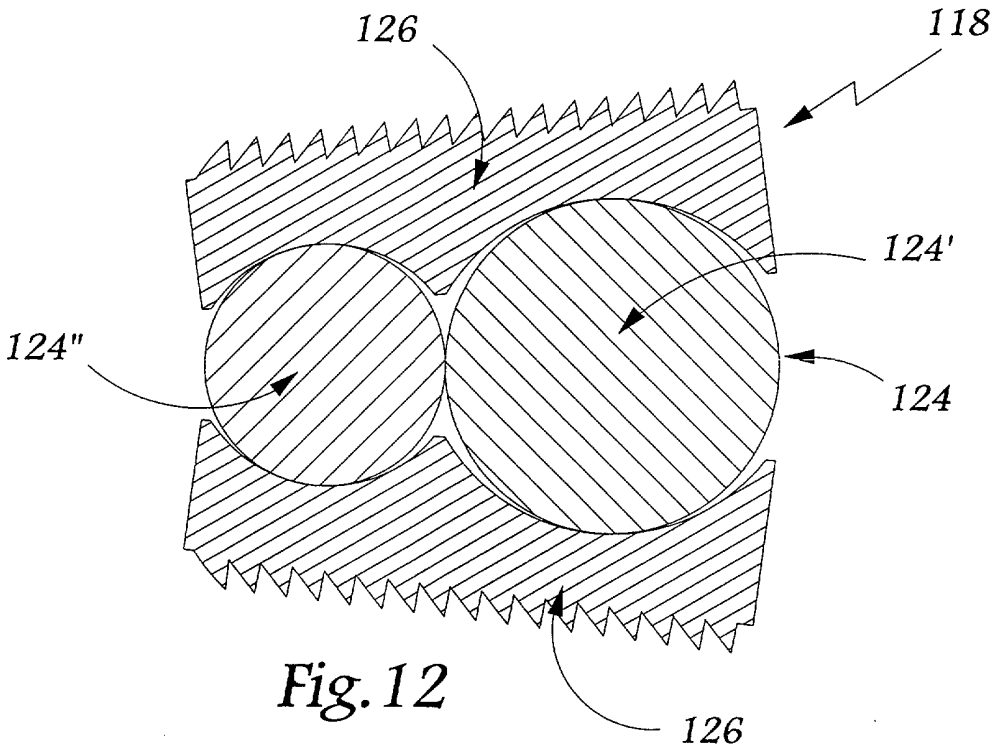


Fig. 12

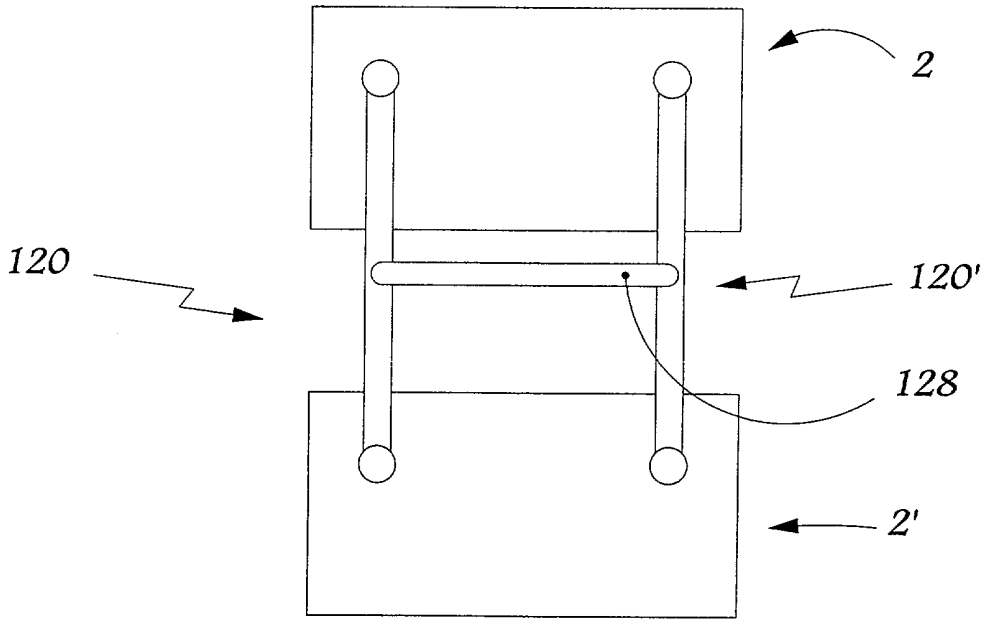


Fig. 13