



CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 713 164 A2

(51) Int. Cl.: G04B 17/04 (2006.01)  
G04B 43/00 (2006.01)

**Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01246/17

(22) Date de dépôt: 13.10.2017

(43) Demande publiée: 31.05.2018

(30) Priorité: 16.11.2016 CH 1512/16

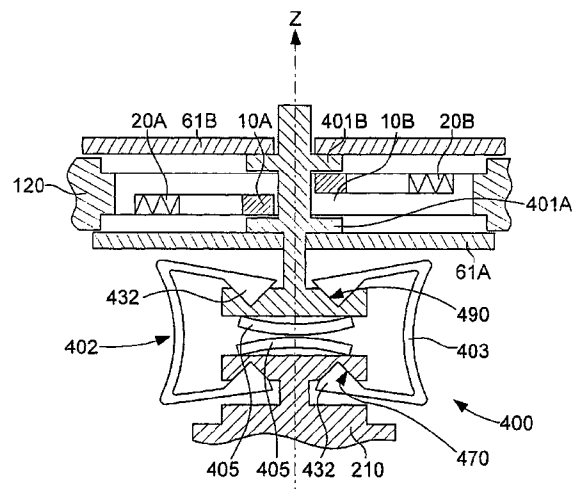
(71) Requérant:  
The Swatch Group Research and Development Ltd,  
Rue des Sors 3  
2074 Marin (CH)

(72) Inventeur(s):  
Pascal Winkler, 2072 St-Blaise (CH)  
Jean-Luc Helfer, 2525 Le Landeron (CH)  
Dominique Léchet, 2722 Les Reussilles (CH)  
Jean-Jaques Born, 1110 Morges (CH)

(74) Mandataire:  
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,  
Faubourg de l'Hôpital 3  
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Protection des lames d'un résonateur de montre mécanique en cas de choc.**

(57) L'invention concerne un résonateur à lame pour mouvement de montre mécanique, comportant une structure, et des lames (10) élastiques constituant un guidage plan d'un élément inertiel (120) oscillant, et un dispositif antichoc plan (20) agencé pour protéger chaque lame (10) de la rupture en cas de choc, et comportant un premier élément flexible précontraint agencé pour autoriser une variation de longueur lors d'une extension ou d'une contraction de lame (10) dans une plage de longueurs correspondant au fonctionnement normal de cette lame (10) sous l'action d'un effort d'intensité inférieure à un premier seuil, et pour interdire une extension ou contraction de cette lame (10) quand elle est soumise à un effort de traction ou respectivement de compression d'intensité supérieure au premier seuil. Pour la protection antichoc tridimensionnelle desdites lames (10) qu'il comporte, ledit résonateur comporte, selon une direction axiale (Z) perpendiculaire au plan principal, des moyens de protection axiale (400) qui comportent, d'une part des butées axiales (401; 401A; 401B) de limitation de course axiale d'au moins un élément inertiel (120), et d'autre part un dispositif antichoc axial (402) comportant un deuxième élément flexible précontraint axialement (403).



## Description

### Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un résonateur à lame pour mouvement mécanique de montre, agencé pour être fixé sur une platine d'un mouvement ou pour constituer une platine, le résonateur comportant une structure fixe, agencée pour être fixée sur la platine ou pour constituer la platine, et par rapport à laquelle structure fixe au moins un élément inertiel est agencé pour vibrer ou/et osciller, et le résonateur comportant au moins une lame élastique s'étendant entre, à une première extrémité un premier ancrage agencé au niveau de la structure fixe et à une deuxième extrémité un deuxième ancrage agencé au niveau d'un au moins un élément inertiel, et la lame étant agencée pour vibrer essentiellement dans un plan principal.

[0002] L'invention concerne le domaine des résonateurs mécaniques d'horlogerie.

### Arrière-plan de l'invention

[0003] La plupart des montres mécaniques actuelles utilisent un résonateur à balancier-spiral comme base de temps. Ce dispositif éprouvé depuis des siècles possède toutefois des pivots qui frottent dans leur palier. De nos jours, les techniques de micro-fabrication permettent d'envisager de remplacer le balancier-spiral par un résonateur à lames. Cela permet de supprimer les frottements des pivots. Un tel résonateur à lames est caractérisé par le fait que les lames remplissent, à la fois, la fonction de guidage et la fonction de force de rappel élastique. Le brevet US 9 207 641 du CSEM présente un tel résonateur.

[0004] Malheureusement, en cas de choc sur la montre, les lames du résonateur à lames, qui sont fines et élancées, risquent de se rompre.

[0005] La demande EP 3 035 127 A1 du même déposant décrit un oscillateur d'horlogerie comportant un résonateur constitué par un diapason lequel comporte au moins deux parties mobiles oscillantes, fixées à un élément de liaison par des éléments flexibles dont la géométrie détermine un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à une plaque, et autour duquel oscille la partie mobile respective, dont le centre de masse est confondu en position de repos avec l'axe de pivotement virtuel respectif. Pour au moins une partie mobile, ces éléments flexibles sont constitués de lames élastiques croisées à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles, dont les projections des directions sur un desdits plans parallèles se croisent au niveau de l'axe de pivotement virtuel de la partie mobile.

[0006] La demande EP 3 054 356 A1 du même déposant décrit un résonateur d'horlogerie comportant au moins une masse oscillant par rapport à un élément de liaison fixé à une structure d'un mouvement. Cette masse est suspendue à l'élément de liaison par des lames croisées élastiques qui s'étendent à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles, et dont les projections sur un des plans se croisent au niveau d'un axe de pivotement virtuel de la masse, et définissent un premier angle qui est l'angle au sommet face auquel s'étend la partie de l'élément de liaison située entre les attaches des lames croisées sur l'élément de liaison. Cet angle au sommet est compris entre 68° et 76° pour un isochronisme optimal.

### Résumé de l'invention

[0007] La présente invention a pour objectif de proposer un dispositif de protection des lames en cas de choc. On dénommera ci-après «antichoc» un tel dispositif.

[0008] A cet effet, l'invention concerne un résonateur selon la revendication 1.

[0009] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel résonateur.

[0010] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

### Description sommaire des dessins

[0011] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où:

- la fig. 1 est un schéma-blocs représentant une montre qui comporte un mouvement d'horlogerie, qui comporte une platine avec un résonateur, lequel comporte lui-même une structure et un élément inertiel fixé à cette structure par au moins une lame flexible élastique protégée par un dispositif antichoc selon l'invention;
- la fig. 2 est un schéma-blocs représentant ce dispositif antichoc, qui comporte une base pour sa fixation sur la structure ou sur l'élément inertiel ou sur la platine, laquelle base porte, au travers d'un élément élastique de suspension une navette à laquelle est fixée une première extrémité d'une lame, et un élément flexible précontraint constitué par un ressort précontraint en forme d'agrafe comportant deux têtes d'agrafe coopérant de façon complémentaire, l'une avec un logement de navette, l'autre avec un logement de structure, et des moyens d'arrêt et des moyens de butée,

## CH 713 164 A2

- la fig. 3 représente, de façon schématisée, un symbole créé pour l'invention et utilisé sur les autres figures pour leur simplification, représentant ce dispositif antichoc avec son élément flexible précontraint, et la lame qu'il porte;
- la fig. 4 représente, de façon schématisée et en plan, un résonateur mécanique avec deux lames croisées disposées dans des plans parallèles et distants, chaque lame étant reliée à la structure par un dispositif antichoc selon l'invention;
- la fig. 5 représente, de façon analogue à la fig. 4, une variante de ce résonateur mécanique, où chaque lame est reliée, à une de ses extrémités à la structure par un dispositif antichoc selon l'invention, et à l'autre extrémité à l'élément inertiel par un dispositif antichoc selon l'invention;
- la fig. 6 représente, de façon analogue à la fig. 5, une autre variante de ce résonateur mécanique, où chaque lame est reliée, à une extrémité à l'élément inertiel par un dispositif antichoc selon l'invention, et où la structure du résonateur est fixée à la platine par deux dispositifs antichoc selon l'invention, selon deux directions perpendiculaires;
- la fig. 7 est un diagramme d'effort en fonction de la course, montrant la protection d'une lame contre la rupture en compression grâce à une partie élastique précontrainte de l'antichoc;
- la fig. 8 est un diagramme d'effort en fonction de la course, montrant la protection d'une lame contre la rupture en traction grâce à une partie élastique précontrainte de l'antichoc;
- la fig. 9 est un schéma de principe montrant une navette porteuse de lame, mobile par rapport à la platine et soumise à l'action d'une partie élastique précontrainte de l'antichoc;
- la fig. 10 représente, de façon schématisée et en plan, le détail d'un antichoc selon l'invention, en position de fonctionnement, avec une navette porteuse de lame suspendue par des éléments élastiques parallèles à une base, la navette étant plaquée sur la base par une partie élastique précontrainte, pour la protection de la lame en compression, constituée par une agrafe en forme de U à deux têtes, l'une logée en appui sur la base, l'autre sur la navette;
- la fig. 11 représente le même dispositif avant assemblage, avec la navette suspendue à l'état libre, et l'agrafe dans sa position libre déployée;
- la fig. 12 représente, de façon analogue à la fig. 11, le détail d'un antichoc selon l'invention, avant assemblage, la partie élastique précontrainte étant cette fois conçue pour la protection de la lame en traction;
- la fig. 13 montre cet antichoc en position de fonctionnement, avec l'agrafe enserrant à la fois la base et la navette;
- la fig. 14 représente, de façon schématisée et en vue de côté, un détail d'un antichoc comportant une cage dont une paroi intérieure forme arrêt pour une coquille enserrant l'extrémité d'une lame, cette coquille, tirée par un ressort, étant elle-même agencée pour constituer un arrêt d'une extrémité conique ou à faces obliques de la lame;
- la fig. 15 est une vue similaire, où un ressort contenu dans la cage repousse l'extrémité d'une lame, qui est arrêtée par une paroi intérieure de la cage;
- la fig. 16 est une vue similaire à la fig. 4, où les lames flexibles croisées du résonateur portent chacune un dispositif antichoc à leur extrémité de jonction avec l'élément inertiel, lequel est encadré extérieurement par des butées supplémentaires;
- la fig. 17 représente, de façon schématisée et en plan, à l'état libre avant armement, un détail d'un résonateur selon l'invention, avec une lame représentée en oblique et protégée par deux antichocs, l'un comportant une partie élastique précontrainte pour la protection de la lame en compression, et l'autre comportant une partie élastique précontrainte pour la protection de la lame en traction, chacune de ces parties élastiques étant en deux parties et comportant des crochets prévus pour solidariser ces deux parties et pour l'armement de sa précontrainte;
- la fig. 18 représente un dispositif similaire à celui de la fig. 17, et dont les antichocs sont similaires à ceux des figures 10–11 et 12–13;

## CH 713 164 A2

- la fig. 19 est un diagramme d'effort en fonction de la course, montrant la protection d'une lame contre la rupture à la fois en compression et en traction, à chaque fois grâce à une partie élastique précontrainte d'un antichoc ad hoc, tel que représenté sur la fig. 17 ou 18;
- la fig. 20 représente, de façon schématisée et en plan, à l'état libre avant armement, un détail d'un résonateur selon l'invention, de type circulaire, avec une lame en partie médiane, et, attachées aux extrémités de cette lame, deux parties élastiques précontraintes en forme d'agrafe, similaires à celles des figures 10 à 13, représentées en superposition à l'état libre avant leur mise en précontrainte dans leurs logements respectifs;
- la fig. 21 représente, de façon schématisée et en plan, un détail d'un résonateur selon l'invention, où le dispositif antichoc et les lames de guidage sont réalisés par la combinaison de deux pivots en vé montés tête-bêche et d'une butée;
- les fig. 22 et 23 représentent, de façon schématisée, respectivement en vue en plan et de côté, un détail d'un autre résonateur selon l'invention, qui comporte deux lames croisées dans des plans parallèles et distants, chacune protégée par un dispositif antichoc selon l'invention, et où chaque niveau comprend, d'une seule pièce, une lame, un élément élastique de précontrainte, des appuis de positionnement des lames;
- les fig. 24 à 26 représentent, de façon schématisée et en coupe selon un plan passant par l'axe de pivotement de l'élément inertiel, des moyens de protection antichocs selon la composante axiale parallèle à cet axe de pivotement:
- la fig. 24 illustre une variante où la course axiale de l'élément inertiel est limitée par des disques de limitation formant des butées axiales au-dessus et en-dessous du résonateur, et un agencement théorique convenant seulement à certains types de lames, avec des butées mécaniques au voisinage des lames, au-dessus et en-dessous du résonateur, formant des moyens de protection axiale des lames;
- la fig. 25 illustre le cas où chaque lame comporte un œil ou un dégagement au niveau de l'axe de pivotement, permettant le passage d'un arbre, fixé à la platine, et comportant des disques de limitation similaires aux butées mécaniques de la fig. 24; l'arbre participe alors aussi à la fonction de limitation de course dans le plan principal;
- la fig. 26 est une vue partielle d'une variante de la fig. 25, où l'arbre n'est pas fixé rigidement à la platine, mais est suspendu à un antichoc axial à précontrainte comportant des couples de résistance à la compression, et des agrafes, similaires à celles des figures 10 à 13, de résistance à la traction.

### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0012]** L'invention se propose de mettre au point une pièce d'horlogerie, en particulier une montre mécanique 300, comportant au moins un résonateur 100 à lames, comportant des lames flexibles élastiques 10 efficacement protégés contre les chocs.

**[0013]** Plus particulièrement et tel qu'illustré par les figures, mais non limitativement, ce résonateur 100 à lames est un résonateur rotatif.

**[0014]** Les lames 10 remplissent la fonction de guidage pour l'élément inertiel du résonateur, et, selon l'invention, elles sont protégées de la rupture en cas de choc par au moins un dispositif antichoc plan 20.

**[0015]** Les chocs peuvent exercer des efforts dans toute direction de l'espace, et, le résonateur à lames selon l'invention comporte des moyens protégeant les lames des efforts qui leur sont imprimés dans le plan dans lequel elles se déforment en marche normale, qu'on appelle ci-après le plan principal PP. Dans une variante avantageuse de l'invention, le résonateur 100 à lames comporte de surcroît des moyens protégeant les lames des efforts qui leur sont imprimés selon une direction dite axiale Z, perpendiculaire à ce plan principal PP. Avantageusement, le résonateur 100 comporte à la fois des moyens de protection dans ce plan PP, et selon la direction axiale. Ainsi les lames peuvent être protégées en traction, en compression, et en cisaillement.

**[0016]** De façon particulière et avantageuse, les lames 10 remplissent à la fois la fonction de guidage et la fonction d'effort de rappel, c'est-à-dire force de rappel ou/et couple de rappel, selon la configuration du résonateur 100, pour l'élément inertiel 120 du résonateur, ou les éléments inertiels quand le résonateur en comporte plusieurs.

**[0017]** Plus particulièrement, l'invention concerne un résonateur 100 à lame pour mouvement mécanique 200 de montre 300.

**[0018]** Ce résonateur 100 est agencé pour être fixé sur une platine 210 d'un tel mouvement 200, ou pour constituer une telle platine 210.

**[0019]** Ce résonateur 100 comporte une structure 110, notamment mais non limitativement une structure fixe, qui est agencée pour être fixée sur la platine 210, ou pour constituer la platine 210.

**[0020]** Au moins un élément inertiel 120 est agencé pour vibrer ou/et osciller par rapport à cette structure 110.

**[0021]** Le résonateur 100 comporte au moins une lame 10 élastique, qui s'étend entre, à une première extrémité 11 un premier ancrage 1 agencé au niveau de la structure 110, et à une deuxième extrémité 12 un deuxième ancrage 2 agencé au niveau d'un au moins un élément inertiel 120. Naturellement, la liaison entre la structure 110 et un élément inertiel 120 peut aussi être assurée par une pluralité de lames, ou encore par une pluralité de lames entre lesquelles sont agencées des masses intermédiaires, comme par exemple dans des pivots flexibles à quatre lames en vé tête-bêche, ou autres. Dans un pareil cas, la notion de «lame» recouvre alors l'équipage interposé entre la structure 110 et l'élément inertiel 120 concerné, et dont au moins un élément est une telle lames flexible.

**[0022]** Une telle lame élastique 10 est agencée pour vibrer essentiellement dans un plan principal PP.

**[0023]** Cette au moins une lame 10 constitue un guidage de l'élément inertiel 120, avec lequel elle coopère, dans le plan principal PP.

**[0024]** Plus particulièrement, le résonateur 1000 comporte une pluralité de telles lames 10.

**[0025]** Selon l'invention, pour la protection antichoc des lames 10 qu'il comporte, le résonateur 100 comporte au moins, au niveau du premier ancrage 1 ou/et au niveau du deuxième ancrage 2, au moins un dispositif antichoc plan 20, lequel est agencé pour protéger chaque au moins une lame 10 de la rupture en cas de choc. A cet effet, ce dispositif antichoc plan 20 comporte au moins un premier élément flexible précontraint 30, avec un effort de précontrainte dans le plan principal PP qui est ajusté à une valeur d'effort de sécurité prédéterminée. Plus particulièrement, le dispositif antichoc plan 20 comporte au moins une partie élastique précontrainte. De façon avantageuse, il est complété par au moins une butée, susceptible de limiter la course de la lame ou de l'élément inertiel.

**[0026]** Le dispositif antichoc plan 20 comporte avantageusement au moins un premier élément flexible précontraint 30, qui est agencé pour autoriser une variation de longueur lors d'une dilatation ou d'une contraction d'au moins une lame 10 dans une plage de longueurs  $L_{min}$ – $L_{max}$  correspondant au fonctionnement normal de cette lame 10 sous l'action d'un effort d'intensité inférieure à un seuil S, et pour interdire une dilatation ou contraction de la au moins une lame 10 en-dehors de la première plage de longueurs  $L_{min}$ – $L_{max}$  quand la lame 10 est soumise à un effort de traction ou respectivement de compression d'intensité supérieure au seuil S.

**[0027]** Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 4 ou 5, la partie élastique précontrainte est placée entre le support du résonateur et l'élément inertiel du résonateur, et des butées sont solidaires du support et agissent sur l'élément inertiel du résonateur.

**[0028]** Dans une autre réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 6, la partie élastique précontrainte est placée entre le support du résonateur et la platine, et des butées sont solidaires de la platine et agissent sur l'élément inertiel du résonateur.

**[0029]** De façon avantageuse, au moins l'une des parties élastiques précontraintes est agencée pour protéger au moins l'une des lames de la rupture en compression.

**[0030]** De façon avantageuse, au moins l'une des parties élastiques précontraintes est agencée pour protéger au moins l'une des lames de la rupture en traction.

**[0031]** Plus particulièrement, et tel que visible sur les figures 17, 18, et 20, au moins une lame 10, et plus particulièrement encore chaque lame 10, est protégée à la fois par un premier dispositif antichoc plan 20T agencé pour la protéger en traction, et par un deuxième dispositif antichoc plan 20C agencé pour la protéger en compression.

**[0032]** Dans une réalisation particulière, outre sa fonction de guidage, au moins une lame 10, et plus particulièrement chaque lame 10, est agencée pour exercer un effort de rappel d'un élément inertiel 120 vers une position neutre de celui-ci.

**[0033]** Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 5, le dispositif antichoc plan 20 comporte au moins un premier élément flexible précontraint 30 au niveau du premier ancrage 1 et au moins un premier élément flexible précontraint 30 au niveau du deuxième ancrage 2.

**[0034]** Dans une réalisation particulière, le dispositif antichoc plan 20 comporte au moins un arrêt 50, qui est agencé pour limiter la course de la première extrémité 11 ou de la deuxième extrémité 12 de la lame 10 concernée, ou/et comporte au moins une butée 60 agencée pour limiter la course du au moins un élément inertiel 120.

**[0035]** Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 14 ou 15, au moins un premier élément flexible précontraint 30 est enfermé dans une cage 40 comportant ou constituant un arrêt 50.

**[0036]** Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 4, 5, ou 16, le au moins un premier élément flexible précontraint 30 est placé entre la structure 110 et un élément inertiel 120, et le dispositif antichoc plan 20 comporte au moins une butée 60 solidaire de la structure 110 et agencé pour limiter la course d'au moins un élément inertiel 120.

**[0037]** Dans une autre réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 6, la structure 110 est distincte de la platine 210, et le premier élément flexible précontraint 30 est placé entre la structure 110 et la platine 210, et le dispositif antichoc plan 20 comporte au moins une butée 60 solidaire de la platine 210 et agencée pour limiter la course du au moins un élément inertiel 120.

**[0038]** Des réalisations particulières de premiers éléments flexibles précontraints 30 sont visibles sur les fig. 10 à 13: la partie élastique précontrainte comporte une base, une navette d'attache de la lame et un ressort précontraint. Ce dispositif antichoc plan 20 particulier comporte une base 70, qui est agencée pour être fixée sur la structure 110, ou sur un élément inertiel 120, ou sur la platine 210. Cette base 70 porte, au travers d'au moins un élément élastique de suspension 80, une navette 90 à laquelle est fixée la première extrémité 11 ou la deuxième extrémité 12 d'une lame 10, et comporte au moins un premier élément flexible précontraint 30 constitué par un ressort précontraint en forme d'agrafe 31 comportant deux têtes d'agrafe 32. Celles-ci sont agencées pour coopérer de façon complémentaire, l'une avec un logement de navette 92, et l'autre avec un logement de structure 112 que comporte la structure 110 ou un élément inertiel 120 ou la platine 210, dans un état contraint, en traction ou en compression, de l'agrafe 31.

**[0039]** Dans une première variante, au moins l'une des parties élastiques précontraintes est agencée pour protéger au moins l'une des lames de la rupture en compression.

**[0040]** Dans une deuxième variante, au moins l'une des parties élastiques précontraintes est agencée pour protéger au moins l'une des lames de la rupture en traction.

**[0041]** De façon avantageuse, le résonateur comporte des moyens pour protéger ses lames à la fois en compression et en traction, et au moins l'une des lames est protégée de la rupture en traction et en compression par une des parties élastiques précontraintes d'un dispositif antichoc, respectivement, une autre des parties élastiques précontraintes d'un dispositif antichoc, notamment mais non nécessairement d'un autre dispositif antichoc. Plus particulièrement, les bases, les ressorts précontraints, les navettes d'attache et les lames sont d'une seule pièce.

**[0042]** Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 18, la base 70 et la navette 90 d'attache de la lame 10 sont d'une seule pièce.

**[0043]** Dans une réalisation particulière, tel que visible sur la fig. 17, la base 70, la navette 90 d'attache de la lame 10, et l'agrafe 31 sont d'une seule pièce.

**[0044]** Plus particulièrement, cette seule pièce est en silicium, ou en silicium et dioxyde de silicium.

**[0045]** Plus particulièrement, au moins certaines lames 10, ou plus particulièrement toutes les lames, sont en silicium compensé thermiquement par une couche superficielle de dioxyde de silicium. Plus particulièrement, cette couche superficielle a une épaisseur comprise entre 2.5 et 3.0 micromètres.

**[0046]** Dans une autre variante, les lames sont en métal amorphe ou verre métallique.

**[0047]** Dans une réalisation particulière, le résonateur 100 comporte un composant monobloc 25 qui regroupe toutes les bases 70, toutes les navettes 90, et toutes les agrafes 31 que comportent les dispositifs antichoc plans 20 que comporte ce résonateur 100.

**[0048]** Dans une réalisation particulière, ce composant monobloc 25 est en silicium.

**[0049]** De façon avantageuse, quand le résonateur 100 comporte des butées 60, au moins une de celles-ci est placée au centre de rotation de l'élément inertiel 120 pour que, en cas de choc, le couple perturbateur soit minimal.

**[0050]** Dans une variante particulière de résonateur, tel que visible sur la fig. 21, le résonateur 100 comporte un dispositif antichoc plan 20 et des lames 10, qui sont agencés de façon à constituer deux pivots en vé tête-bêche, et en combinaison avec une butée fixe 60 que comporte la structure 110 ou un élément inertiel 120 ou la platine 210, placée au centre de rotation de l'élément inertiel 120. Dans ce cas, il n'y a pas besoin de précontrainte pour créer un effet de seuil. L'effet de seuil est créé par le fait que, quelle que soit la direction du choc, l'une des lames du pivot peut flamber pour limiter la traction dans la lame située vis-à-vis.

**[0051]** Dans une variante particulière de résonateur dit à lames croisées, et tel que visible sur les fig. 4, 5, 6, 16, 22, 23, le résonateur comporte une pluralité de lames 10, qui forment les unes avec les autres un pivot à lames croisées.

**[0052]** Dans la variante particulière des fig. 22 et 23, ce pivot à lames croisées est constitué de deux niveaux 150, correspondant à des plaques découpées, et chaque niveau 150 comprend, d'une seule pièce, une lame 10, un élément élastique de précontrainte avec un premier élément flexible précontraint 30, et des appuis 160 de positionnement des lames.

**[0053]** Selon l'invention, de façon complémentaire à cette protection plane, le résonateur 100 comporte encore, avantageusement, pour la protection antichoc tridimensionnelle des lames 10 qu'il comporte, selon une direction axiale Z perpendiculaire au plan principal PP, des moyens de protection axiale 400.

**[0054]** Ces moyens de protection axiale 400 comportent, ou bien des butées axiales 401, 401 A, 401B, ou bien au moins un dispositif antichoc axial 402.

**[0055]** Plus particulièrement, les butées axiales 401, 401 A, 401 B, sont des butées de limitation de course axiale d'au moins un élément inertiel 120, ou/et d'au moins une lame 10.

**[0056]** De préférence, ces butées axiales 401, 401 A, 401 B, sont des butées de limitation de course axiale qui sont agencées pour coopérer en appui de butée avec une surface d'un élément inertiel 120, ou d'un élément rapporté sur un élément inertiel, tel qu'un disque ou similaire, notamment un disque transparent permettant de visualiser l'état des lames 10.

**[0057]** En effet, la coopération directe de butées axiales avec des lames 10 est théoriquement possible, mais dans la pratique est difficile à mettre en application quand les lames 10 sont en silicium ou dans un matériau similaire, et, quoique protégées du choc, peuvent être endommagées par d'autres contraintes de contact, ce qui explique la préférence pour des butées axiales agencées pour coopérer avec l'élément inertiel. Une telle disposition est toutefois utilisable en cas d'utilisation de lames-ressort classiques en acier, ou similaire.

**[0058]** La fig. 24 illustre une variante où la course axiale de l'élément inertiel 120 est limitée par des disques de limitation 61A et 61B formant des butées axiales au-dessus et en-dessous du résonateur, et un agencement théorique convenant seulement à certains types de lames, avec des butées mécaniques 401A et 401B au voisinage des lames 10, au-dessus et en-dessous du résonateur, formant des moyens de protection axiale des lames.

**[0059]** La fig. 25 illustre une variante mieux adaptée à des lames 10 en silicium ou en matériau micro-usinable, verre métallique, ou similaire, où chaque lame 10A, 10B, comporte un œil ou un dégagement au niveau de l'axe de pivotement, permettant le passage d'un arbre, fixé à la platine 210, et qui comportant des disques de limitation statiques 401 et 401 B, qui sont agencés pour coopérer en appui de butée avec des disques de limitation mobiles 161A et 161B solidaires de l'élément inertiel 120, tandis que les lames 10A et 10B sont agencées pour rester à distance des disques de limitation statiques 401 et 401B quand ces derniers sont en contact avec ces disques de limitation mobiles 161A et 161 B. L'arbre participe alors aussi à la fonction de limitation de course dans le plan principal.

**[0060]** Plus particulièrement, le dispositif antichoc axial 402 comporte un deuxième élément flexible précontraint axialement 403.

**[0061]** Ainsi, la fig. 26 est une variante de la fig. 25, où l'arbre qui porte les disques de limitation statiques 401 et 401B n'est pas fixé rigidement à la platine 210, mais est suspendu à un antichoc axial 402 à précontrainte comportant des couples de résistance à la compression, et des agrafes, similaires à celles des fig. 10 à 13, de résistance à la traction. Le ressort précontraint en forme d'agrafe comporte des têtes d'agrafe 432, agencées pour coopérer de façon complémentaire, l'une avec un logement de navette d'arbre 490, et l'autre avec un logement de structure fixe 470 que comporte la platine 120, des ressorts 405 étant interposés entre une face inférieure de l'arbre, et une face supérieure d'un champignon que comporte la platine 210, ces ressorts 405 exerçant un effort de répulsion tendant à s'opposer à l'effort de rappel des agrafes 403. Comme sur la fig. 25, l'arbre comporte des disques de limitation statiques 401 et 401 B, agencés pour coopérer en appui de butée avec des disques de limitation mobiles 161A et 161B agencés pour être fixés à l'élément inertiel 120, tandis que les lames 10A et 10B sont agencées pour rester à distance des disques de limitation statiques 401 et 401B quand ces derniers sont en contact avec ces disques de limitation mobiles 161A et 161B.

**[0062]** Dans une variante avantageuse, le résonateur 100 comporte à la fois, selon la direction axiale Z, de tels moyens de protection axiale 400 qui comportent, d'une part des butées axiales 401, 401 A, 401 B, de limitation de course axiale d'au moins un élément inertiel 120, ou/et d'au moins une lame 10, et d'autre part au moins un tel dispositif antichoc axial 402 comportant un deuxième élément flexible précontraint axialement 403. Plus particulièrement, le résonateur 100 comporte à la fois, selon la direction axiale Z, des moyens de protection axiale 400 qui comportent, d'une part des butées axiales 401, 401 A, 401 B, de limitation de course axiale d'au moins un élément inertiel 120, et d'autre part au moins un tel dispositif antichoc axial 402 comportant un deuxième élément flexible précontraint axialement 403.

**[0063]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 200 comportant au moins un tel résonateur 100.

**[0064]** Dans une réalisation particulière, ce mouvement 200 comporte deux résonateurs 100 rotatifs, qui sont montés en diapason pour annuler les réactions au niveau de la platine 210.

**[0065]** Dans une autre réalisation particulière, le mouvement 200 comporte trois résonateurs 100 rotatifs montés à 120° et déphasés d'un tiers de leur période.

**[0066]** L'invention concerne encore une montre 300 comportant au moins un tel mouvement 200.

**[0067]** L'invention apporte de nombreux avantages, et en particulier une excellente protection contre les chocs.

**[0068]** Lors de l'utilisation d'un premier élément flexible précontraint coopérant avec une navette, la mobilité de cette navette permet d'éviter la rupture des lames (par compliance).

**[0069]** La précontrainte est nécessaire pour que la rigidité des lames en mode «sans choc» ne soit pas affectée.

**[0070]** La réalisation d'une seule pièce en silicium usiné par DRIE, ou similaire, évite des assemblages fastidieux.

## Revendications

1. Résonateur (100) à lame pour mouvement mécanique (200) de montre (300), agencé pour être fixé sur une platine (210) d'un dit mouvement (200) ou pour constituer une dite platine (210), ledit résonateur (100) comportant une struc-

ture (110), agencée pour être fixée sur ladite platine (210) ou pour constituer ladite platine (210), et par rapport à laquelle structure (110) au moins un élément inertiel (120) est agencé pour vibrer ou/et osciller, et ledit résonateur (100) comportant au moins une lame (10) élastique s'étendant entre, à une première extrémité (11) un premier ancrage (1) agencé au niveau de ladite structure (110) et à une deuxième extrémité (12) un deuxième ancrage (2) agencé au niveau d'un dit au moins un élément inertiel (120), et ladite lame (10) étant agencée pour vibrer essentiellement dans un plan principal (PP), où ladite au moins une lame (10) constitue un guidage dudit élément inertiel (120) dans ledit plan principal (PP), et où, pour la protection antichoc desdites lames (10) qu'il comporte, ledit résonateur (100) comporte au moins, au niveau dudit premier ancrage (1) ou/et au niveau dudit deuxième ancrage (2), au moins un dispositif antichoc plan (20) agencé pour protéger chaque dite au moins une lame (10) de la rupture en cas de choc, ledit dispositif antichoc plan (20) comportant au moins un premier élément flexible précontraint (30) avec un effort de précontrainte dans ledit plan principal (PP) ajusté à une valeur d'effort de sécurité prédéterminée, caractérisé en ce que, pour la protection antichoc tridimensionnelle desdites lames (10) qu'il comporte, ledit résonateur (100) comporte, selon une direction axiale (Z) perpendiculaire audit plan principal (PP), des moyens de protection axiale (400) qui comportent, d'une part des butées axiales (401; 401A; 401B) de limitation de course axiale d'au moins un élément inertiel (120), et d'autre part un dispositif antichoc axial (402) comportant un deuxième élément flexible précontraint axialement (403).

2. Résonateur (100) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif antichoc plan (20) comporte au moins un premier élément flexible précontraint (30) agencé pour autoriser une variation de longueur lors d'une dilatation ou d'une contraction de ladite au moins une lame (10) dans une plage de longueurs (Lmin; Lmax) correspondant au fonctionnement normal de ladite au moins une lame (10) sous l'action d'un effort d'intensité inférieure à un seuil (S), et pour interdire une dilatation ou contraction de ladite au moins une lame (10) en-dehors de ladite première plage de longueurs (Lmin; Lmax) quand ladite lame (10) est soumise à un effort de traction ou respectivement de compression d'intensité supérieure audit seuil (S).
3. Résonateur (100) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque dite lame (10) est protégée à la fois par un premier dit dispositif antichoc plan (20) agencé pour la protéger en traction, et par un deuxième dit dispositif antichoc plan (20) agencé pour la protéger en compression.
4. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque dite lame (10) est agencée pour exercer un effort de rappel dudit au moins un élément inertiel (120) vers une position neutre de celui-ci.
5. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit résonateur (100) à lame est un résonateur rotatif.
6. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit dispositif antichoc plan (20) comporte au moins un premier élément flexible précontraint (30) au niveau dudit premier ancrage (1), et un autre premier élément flexible précontraint (30) au niveau dudit deuxième ancrage (2).
7. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit dispositif antichoc plan (20) comporte au moins un arrêt (50) agencé pour limiter la course de ladite première extrémité (11) ou de ladite deuxième extrémité (12), ou/et au moins une butée (60) agencée pour limiter la course dudit au moins un élément inertiel (120).
8. Résonateur (100) selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'au moins un dit premier élément flexible précontraint (30) est enfermé dans une cage (40) comportant ou constituant un dit arrêt (50).
9. Résonateur (100) selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que ledit au moins un premier élément flexible précontraint (30) est placé entre ladite structure (110) et un dit au moins un élément inertiel (120), et en ce que ledit dispositif antichoc plan (20) comporte au moins une butée (60) solidaire de ladite structure (110) et agencé pour limiter la course dudit au moins un élément inertiel (120).
10. Résonateur (100) selon la revendication 4 ou 6, caractérisé en ce que ladite structure (110) est distincte de ladite platine (210), et en ce que ledit au moins un premier élément flexible précontraint (30) est placé entre ladite structure (110) et ladite platine (210), et en ce que ledit dispositif antichoc plan (20) comporte au moins une butée (60) solidaire de ladite platine (210) et agencée pour limiter la course dudit au moins un élément inertiel (120).
11. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ledit au moins un dispositif antichoc plan (20) comporte une base (70), qui est agencée pour être fixée sur ladite structure (110) ou sur un dit au moins un élément inertiel (120) ou sur ladite platine (210), ladite base (70) portant, au travers d'au moins un élément élastique de suspension (80), une navette (90) à laquelle est fixée ladite première extrémité (11) ou ladite deuxième extrémité (12) de ladite au moins une lame (10), et comporte au moins un dit premier élément flexible précontraint (30) constitué par un ressort précontraint en forme d'agrafe (31) comportant deux têtes d'agrafe (32) agencées pour coopérer de façon complémentaire, l'une avec un logement de navette (92), et l'autre avec un logement de structure (112) que comporte ladite structure (110) ou ledit au moins un élément inertiel (120) ou ladite platine (210), dans un état contraint, en traction ou en compression, de ladite agrafe (31).
12. Résonateur (100) selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite base (70) et ladite navette (90) d'attache de ladite lame (10) sont d'une seule pièce.

## CH 713 164 A2

13. Résonateur (100) selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite base (70), ladite navette (90) d'attache de ladite lame (10), et ladite agrafe (31) sont d'une seule pièce.
14. Résonateur (100) selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que ledit résonateur (100) comporte un composant monobloc (25) qui regroupe toutes les dites bases (70), toutes les dites navettes (90), et toutes les dites agrafes (31) que comportent les dispositifs antichoc plan (20) que comporte ledit résonateur (100).
15. Résonateur (100) selon la revendication 14, caractérisé en ce que ledit composant monobloc (25) est en silicium.
16. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que chaque lame (10) que comporte ledit résonateur (100) est en silicium compensé thermiquement.
17. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que chaque lame (10) que comporte ledit résonateur (100) est en métal amorphe.
18. Résonateur (100) selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que au moins une dite butée (60) est placée au centre de rotation dudit élément inertiel (120) de façon à minimiser le couple perturbateur en cas de choc.
19. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que ledit résonateur (100) comporte un dit dispositif antichoc plan (20) et des dites lames (10) agencés de façon à constituer deux pivots en vé tête-bêche, et en combinaison avec une butée fixe (60) que comporte ladite structure (110) ou ledit au moins un élément inertiel (120) ou ladite platine (210), placée au centre de rotation dudit élément inertiel (120).
20. Résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce que ledit résonateur comporte une pluralité de dites lames (10) formant les unes avec les autres un pivot à lames croisées.
21. Résonateur (100) selon la revendication 20, caractérisé en ce que ledit pivot à lames croisées comporte au moins deux niveaux (150), chacun comportant, d'une seule pièce, une dite lame (10), un premier élément flexible précontraint (30), et des appuis de positionnement des lames (160).
22. Mouvement d'horlogerie (200) comportant au moins un résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 21.
23. Mouvement d'horlogerie (200) selon la revendication 22, caractérisé en ce que ledit mouvement (200) comporte deux dits résonateurs (100) rotatifs montés en diapason pour annuler les réactions au niveau de ladite platine (210).
24. Mouvement d'horlogerie (200) selon la revendication 22, caractérisé en ce que ledit mouvement (200) comporte trois dits résonateurs (100) rotatifs montés à 120° et déphasés d'un tiers de leur période.
25. Montre (300) comportant au moins un mouvement (200) selon l'une des revendications 22 à 24.

Fig. 1

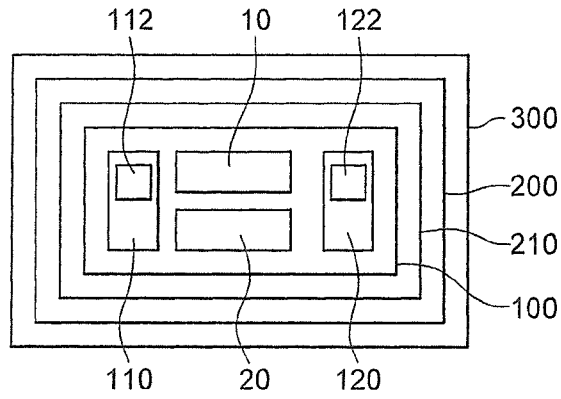


Fig. 2

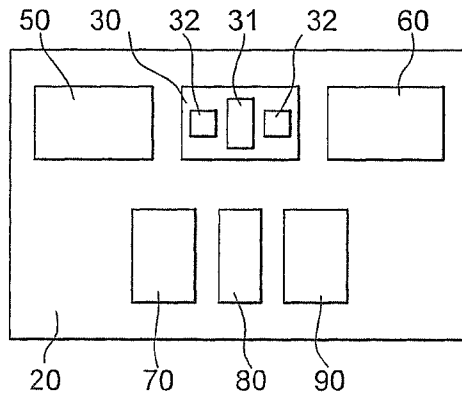


Fig. 3

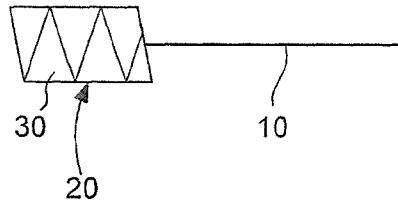


Fig. 4

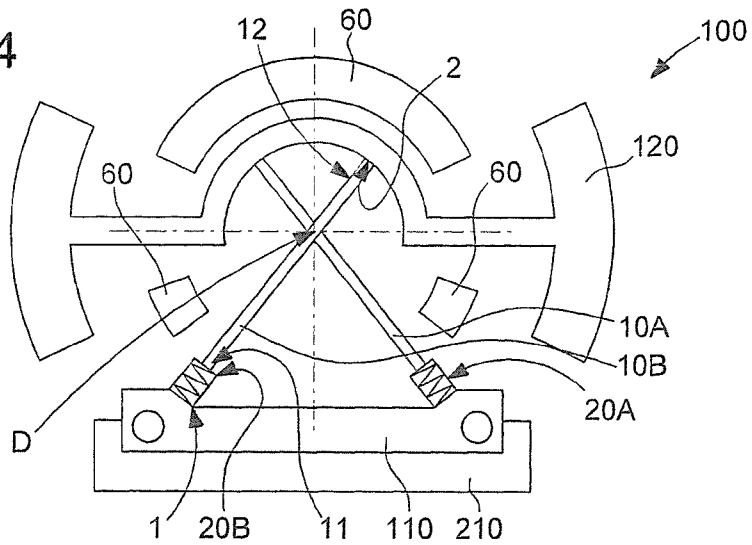


Fig. 5

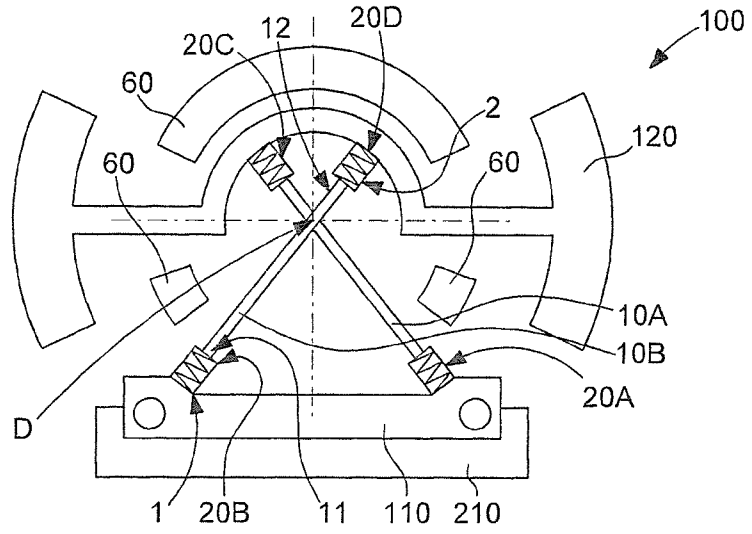


Fig. 6

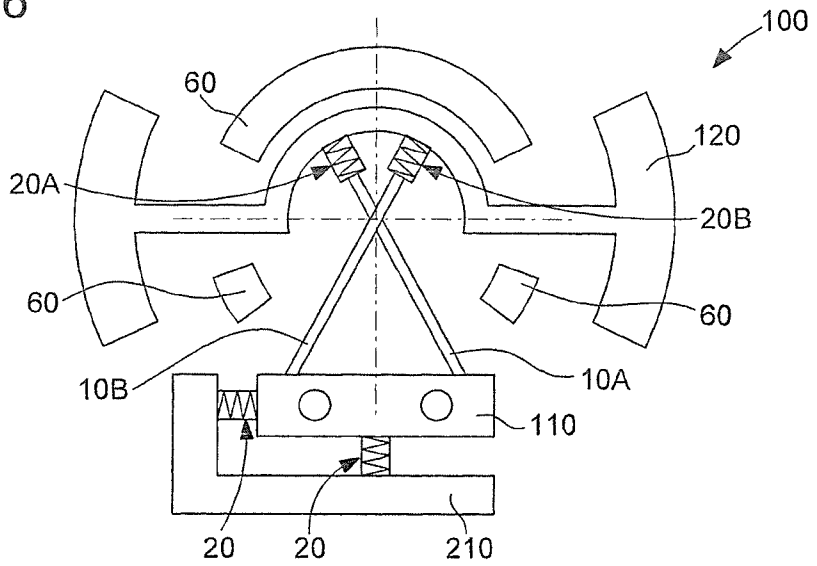


Fig. 7

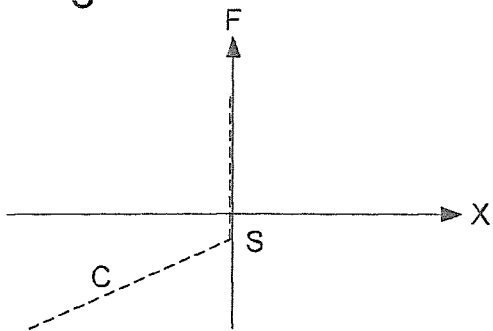


Fig. 8

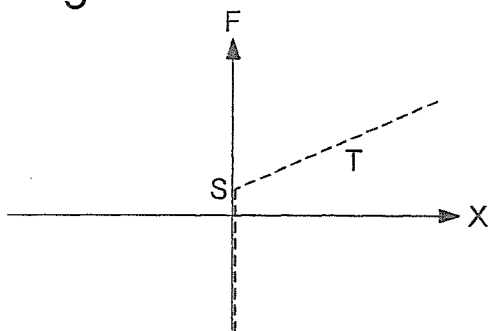


Fig. 9

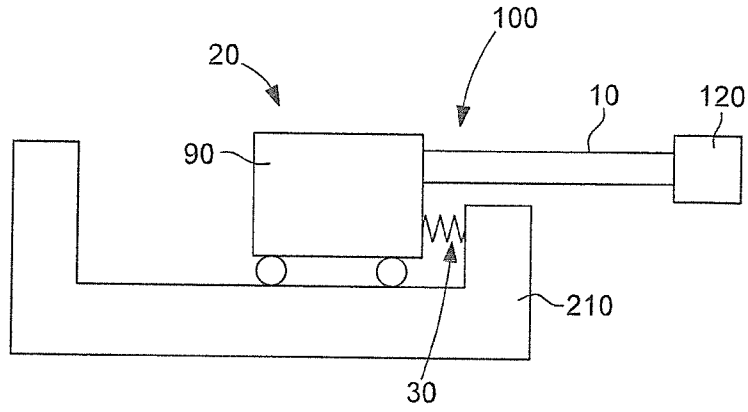


Fig. 10

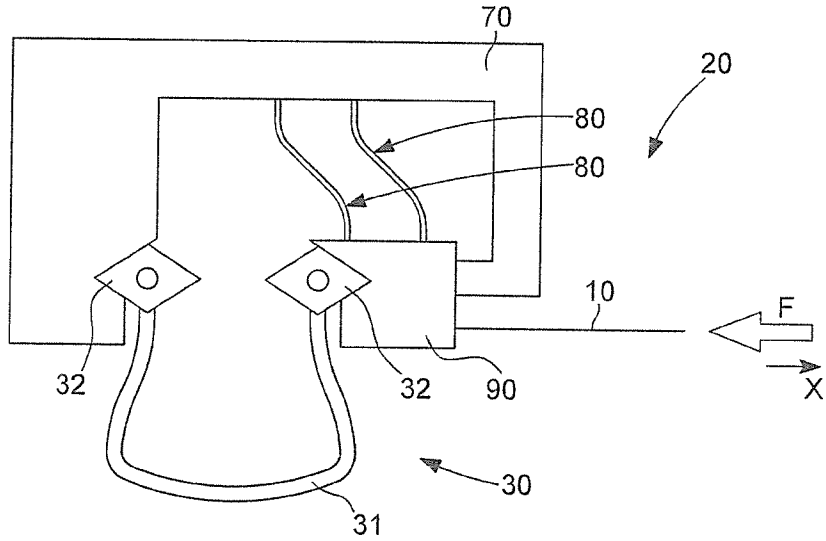


Fig. 11

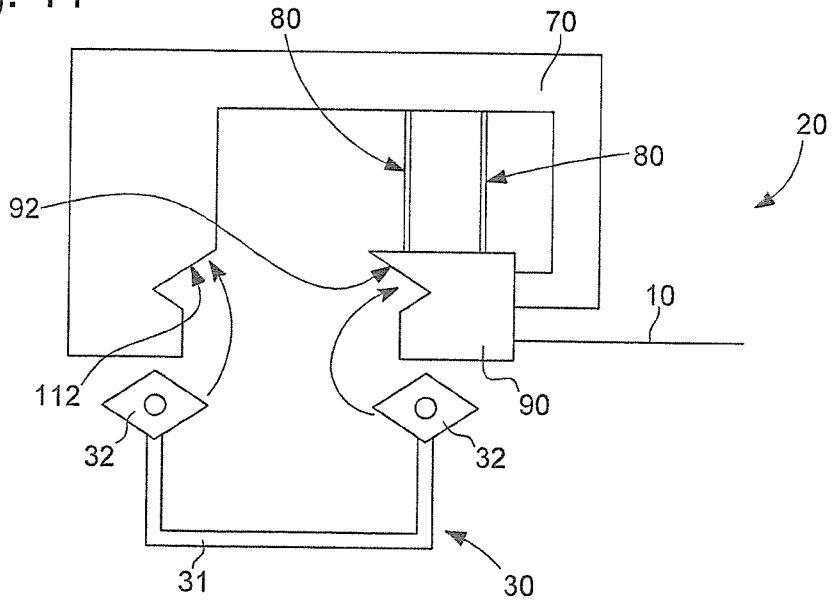


Fig. 12

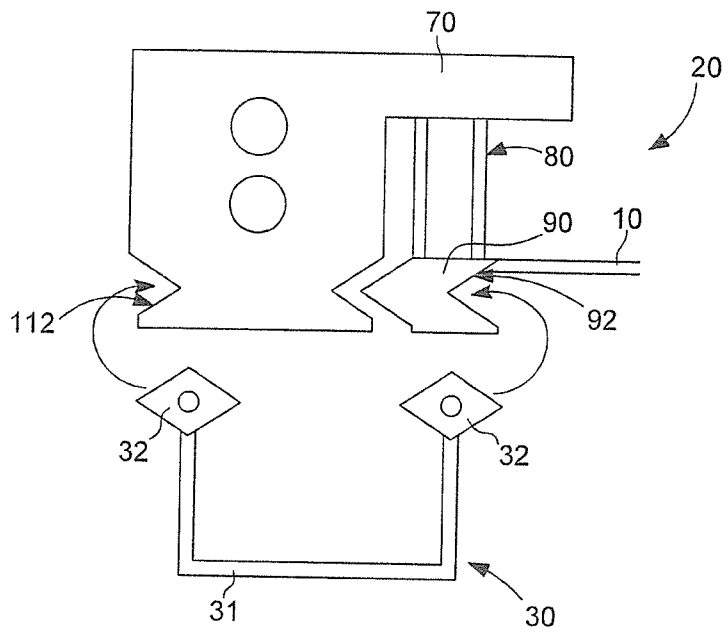


Fig. 13

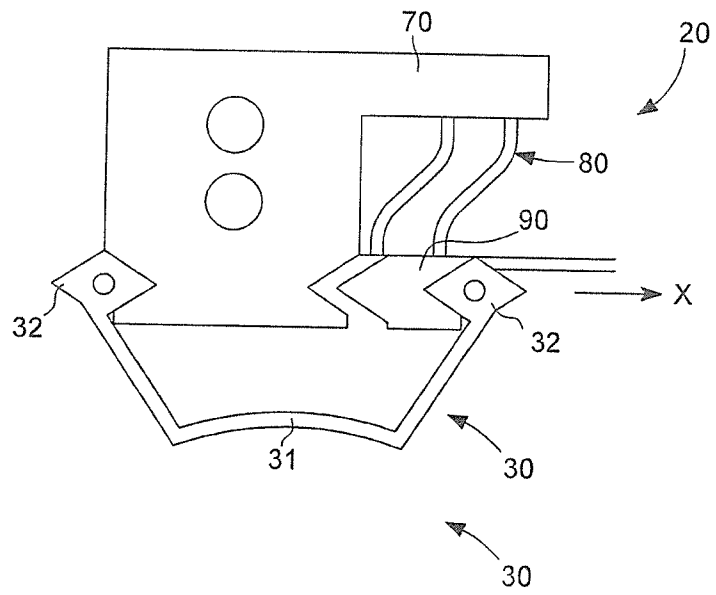


Fig. 14

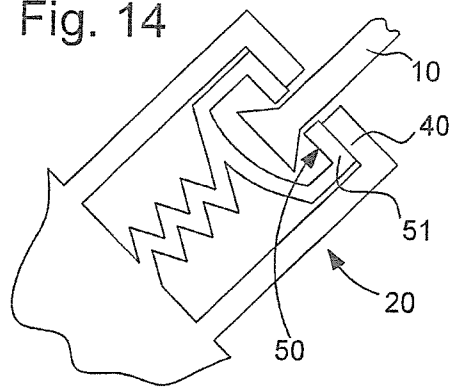


Fig. 15

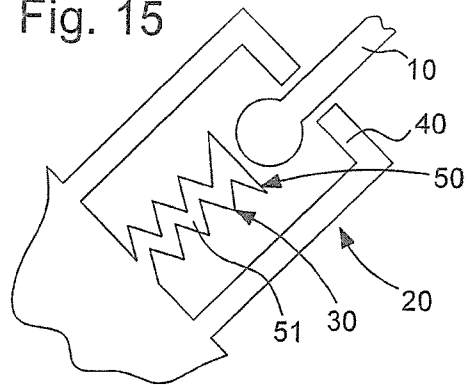


Fig. 16

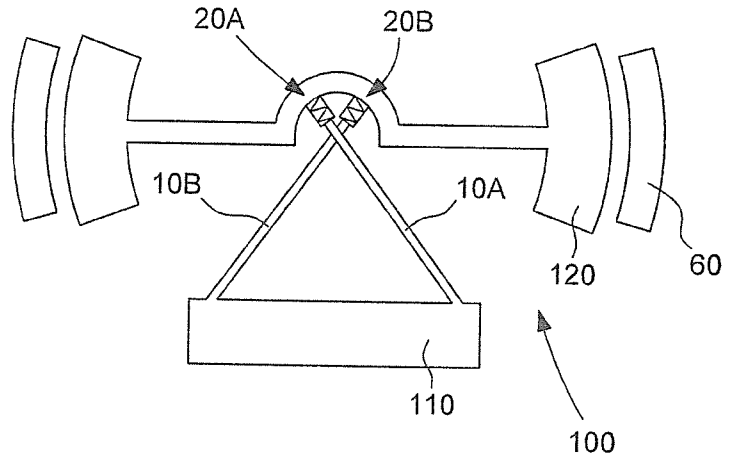


Fig. 17

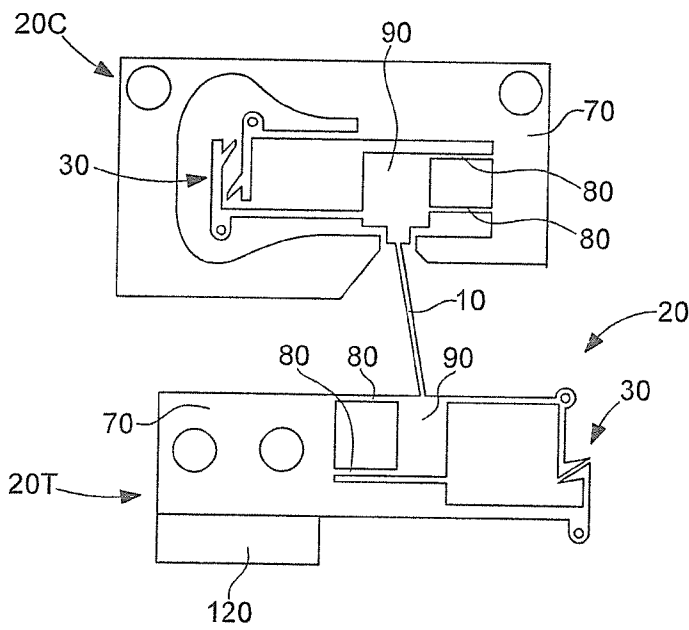


Fig. 18

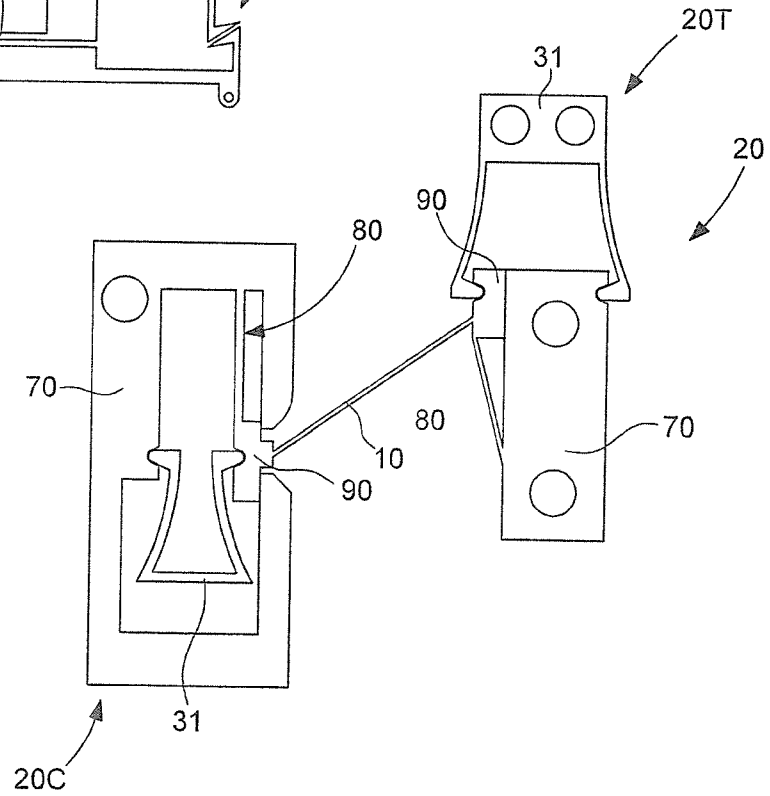


Fig. 19

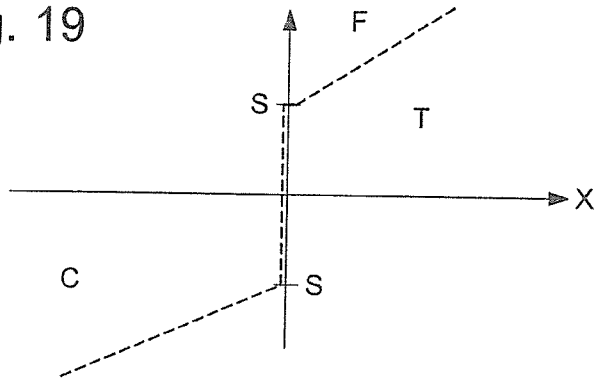


Fig. 20

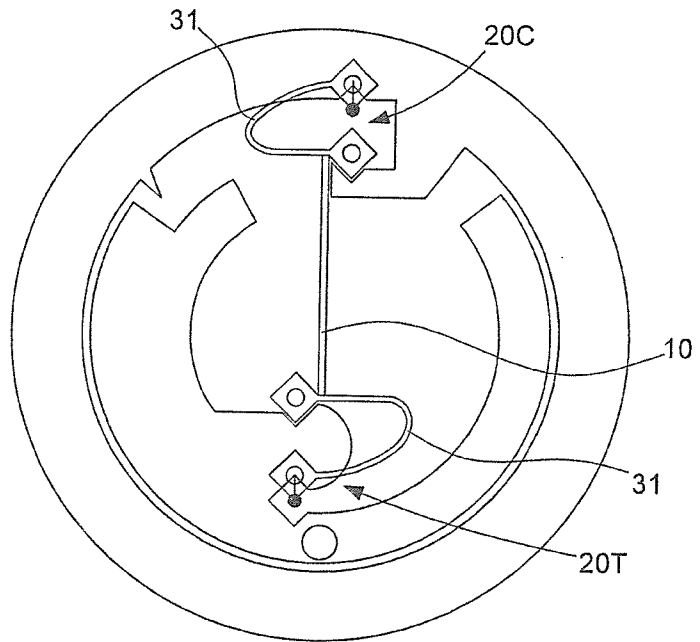


Fig. 21

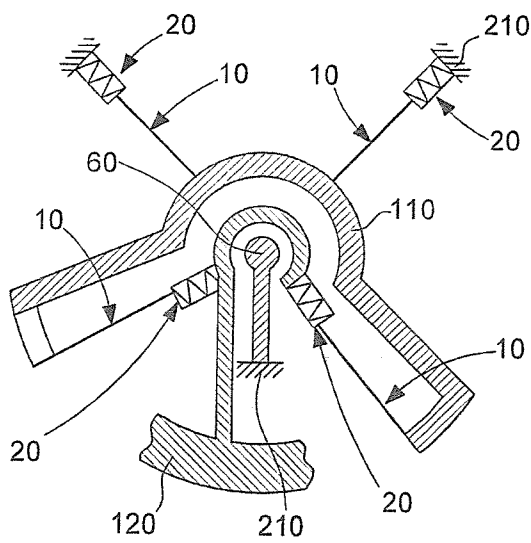


Fig. 22

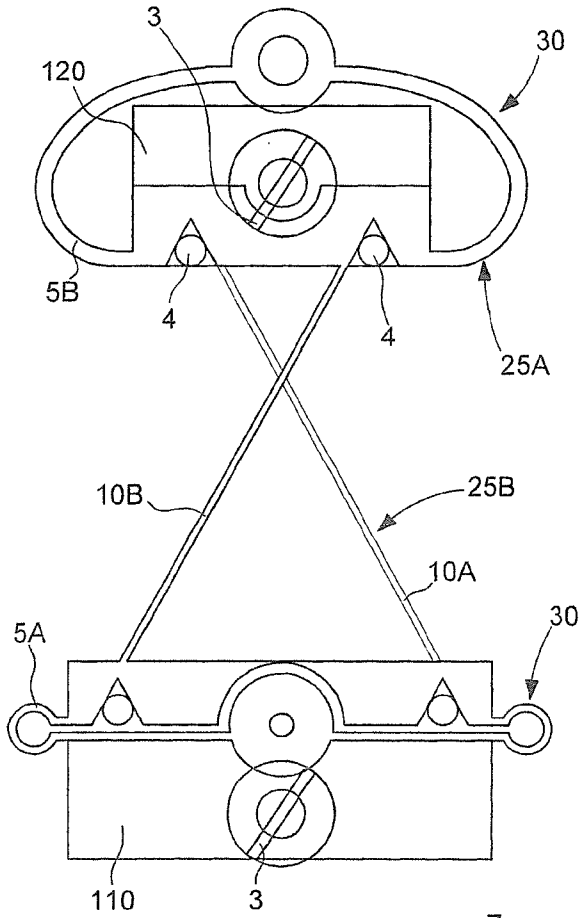


Fig. 23

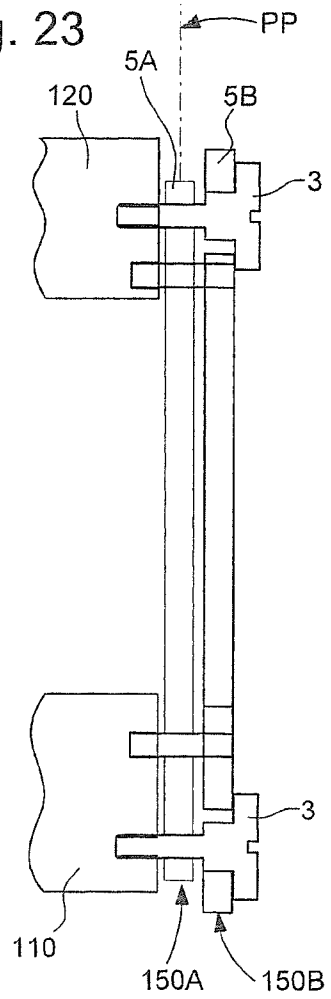


Fig. 26

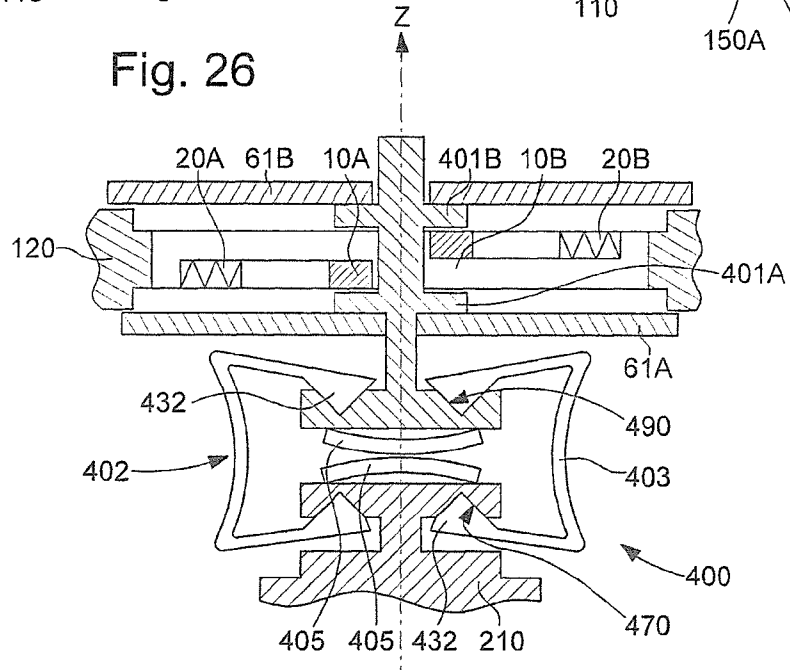


Fig. 24

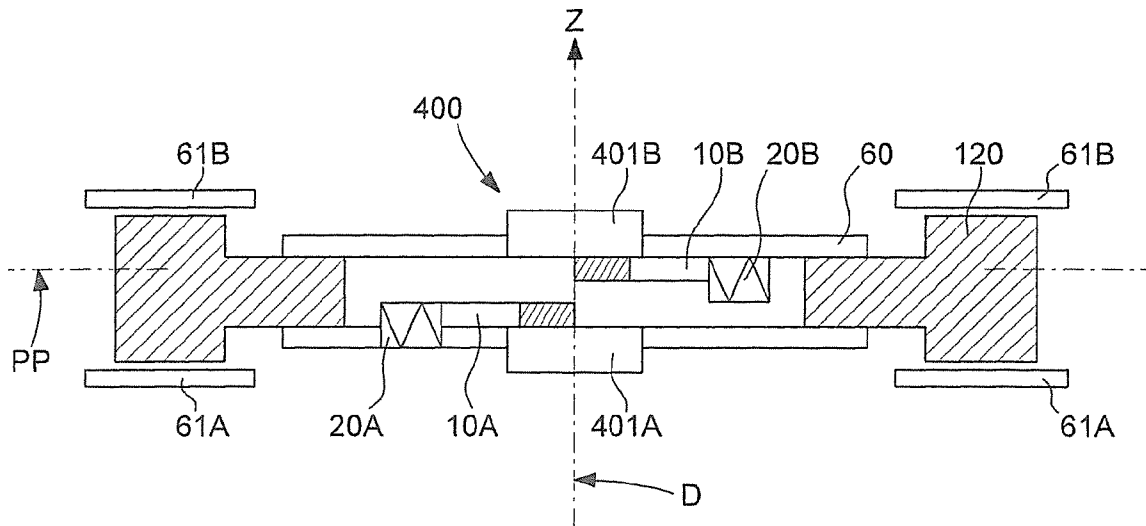


Fig. 25

