

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 714 093 A2

(51) Int. Cl.: G04B 31/00 (2006.01)
G04B 17/04 (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: 01063/17

(22) Date de dépôt: 29.08.2017

(43) Demande publiée: 15.03.2019

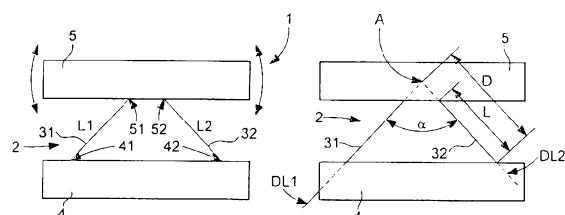
(71) Requérant:
The Swatch Group Research and Development Ltd,
Rue des Sors 3
2074 Marin (CH)

(72) Inventeur(s):
Gianni Di Domenico, 2000 Neuchâtel (CH)
Dominique Léchot, 2722 Les Reuilles (CH)
Jérôme Favre, 2000 Neuchâtel (CH)
Baptiste Hinaux, 1005 Lausanne (CH)
Jean-Jaques Born, 1110 Morges (CH)
Jean-Luc Helfer, 2525 Le Landeron (CH)
Pascal Winkler, 2072 St Blaise (CH)

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

(54) Pivot isochrone pour résonateur d'horlogerie.

(57) Pivot (1) isochrone pour résonateur comportant deux lames flexibles (31; 32) joignant des encastrements (41, 42; 51, 52) d'un premier (4) et d'un deuxième (5) élément, définissant deux directions de lames et un axe de pivotement (A), au croisement de leurs projections ou à leur croisement, chaque lame (31; 32) ayant une longueur libre (L1; L2) entre ses encastrements (41, 51; 42, 52), et une distance axiale entre l'axe de pivotement (A) et son encastrement (41, 51; 42, 52) le plus éloigné de cet axe (A), le rapport d'encastrement X = D/L étant supérieur à un pour chaque lame (31; 32), les directions de lames (DL1; DL2) définissant avec l'axe (A) un angle au sommet (α) dont la valeur en degrés est comprise entre $f1(X) = 108 + 67/(10X-6)$, et $f2(X) = 113 + 67/(10X-6)$.



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un pivot isochrone pour résonateur d'horlogerie, à guidage flexible, comportant au moins un couple comportant deux lames flexibles joignant chacune un premier encastrement d'un premier élément à un deuxième encastrement d'un deuxième élément, lesdits premiers encastrements définissant avec lesdits deuxièmes encastrements respectifs deux directions principales de lames, ledit premier élément et ledit deuxième élément étant chacun plus rigide que chacune desdites lames flexibles, et chacun apte à constituer un élément inertiel mobile au sein d'un dit résonateur, et lesdites deux directions principales de lames définissant un axe de pivotement théorique, à leur croisement quand lesdites deux lames flexibles sont coplanaires, ou au croisement de leurs projections sur un plan de référence parallèle auxdites deux lames flexibles quand lesdites deux lames flexibles se développent sur deux niveaux parallèles audit plan de référence mais ne sont pas coplanaires, chaque dite lame flexible ayant une longueur libre entre ses deux encastrements, et ayant une distance axiale entre ledit axe de pivotement théorique et celui de ses dits deux encastrements qui en est le plus éloigné.

[0002] L'invention concerne encore un résonateur comportant un premier élément et un deuxième élément joints par au moins un couple comportant deux lames flexibles que comporte un tel pivot.

[0003] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel résonateur.

[0004] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

Arrière-plan de l'invention

[0005] L'utilisation de guidages flexibles, notamment à lames souples, dans des oscillateurs mécaniques d'horlogerie, est rendue possible par des procédés d'élaboration, tels que «MEMS», «LIGA» ou similaires, de matériaux micro-usinables, tels que le silicium et ses oxydes, qui permettent une fabrication très reproductible de composants qui présentent des caractéristiques élastiques constantes dans le temps et une grande insensibilité aux agents extérieurs tels que température et humidité. Des pivots à guidage flexible, tels que décrits dans les demandes EP 1 419 039 ou EP 16 155 039 du même déposant, permettent notamment de remplacer le pivot d'un balancier classique, ainsi que le ressort-spiral qui lui est usuellement associé. La suppression des frottements de pivots permet d'augmenter substantiellement le facteur de qualité d'un oscillateur.

[0006] Toutefois, les pivots à guidage flexibles sont connus pour avoir une force de rappel élastique non linéaire, et un mouvement parasite de l'axe instantané de rotation.

[0007] Les travaux de Wittrick en 1951 ont permis la réduction du déplacement parasite par positionnement du point de croisement des lames aux sept huitièmes de leur longueur. La demande EP 1 419 039 du même déposant propose, en combinaison avec cette disposition, le choix d'un angle au sommet particulier entre les lames, pour optimiser la linéarité de la force de rappel élastique, pour rendre le résonateur isochrone.

[0008] Un tel pivot comportant deux lames croisées en projection ne peut toutefois pas être gravé en une seule fois en deux dimensions, ce qui complique sa fabrication.

[0009] La demande EP 16 155 039 du même déposant propose une géométrie 2D réalisable sur un seul niveau de gravure, et qui possède les avantages recherchés de linéarité et de faible déplacement parasite.

Résumé de l'invention

[0010] L'invention se propose de définir un résonateur à guidage flexible en rotation, qui soit isochrone, simple à fabriquer, et qui supporte des chocs sans pour autant dégrader un facteur de qualité élevé.

[0011] Plus particulièrement il s'agit d'optimiser l'exploitation d'un pivot de type RCC (Remote Compliance Center), avec lames formant un V, et centre de rotation déporté, facile à fabriquer et robuste, pour remplir ce cahier des charges.

[0012] A cet effet, l'invention concerne un pivot isochrone pour résonateur d'horlogerie, à guidage flexible, selon la revendication 1.

[0013] L'invention concerne encore un résonateur comportant un premier élément et un deuxième élément joints par au moins un couple comportant deux lames flexibles que comporte un tel pivot, selon la revendication 16.

[0014] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel résonateur.

[0015] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

[0016] 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. 1A représente, de façon schématisée, et en vue en plan, les encastrements d'un pivot RCC à deux lames formant un vé, entre une base fixe, et un élément inertiel solide;

la fig. 1B représente, de façon similaire, les longueurs libres L et distances axiales D de ces lames, leur angle au sommet α , et leur point de croisement;

la fig. 2 est un graphe qui représente l'évolution de l'angle au sommet α optimum en ordonnée, en fonction du rapport $X=D/L$ en abscisse, avec une zone d'isochronisme amélioré entre deux courbes, inférieure f_1 et supérieure f_2 , de part et d'autre d'une courbe moyenne f_m ;

la fig. 3 représente, de façon similaire à la fig. 1, un pivot RCC similaire et comportant un œil autour du point de croisement des lames;

la fig. 4 représente, en coupe, la zone d'un œil comme celui de la fig. 3, qui entoure un noyau pourvu de deux masses d'arrêt faisant antichoc axial de part et d'autre de cet œil;

la fig. 5 représente, de façon similaire à la fig. 4, la configuration inverse avec l'œil muni d'un arbre mobile entre deux lames inférieur et supérieur d'un élément fixe;

la fig. 6 représente, de façon similaire à la fig. 1, la mise en série de deux pivots RCC avec chacun un angle optimum, avec l'élément inertiel comportant un œil comme sur la fig. 3, et comportant un contour de révolution borné par une chambre d'un élément intermédiaire suspendu à la base fixe par deux lames en sens contraire de celles liant l'élément inertiel à l'élément intermédiaire;

la fig. 7 représente, de façon similaire à la fig. 6, la mise en série de deux pivots RCC avec chacun un angle optimum, avec l'élément inertiel comportant un œil comme sur la fig. 3, et comportant un contour de révolution borné par une chambre de la base fixe, à laquelle est suspendu par deux lames en sens contraire un élément intermédiaire faisant cadre et auquel est suspendu l'élément inertiel;

la fig. 8 représente, de façon similaire à la fig. 6, la mise en série de deux pivots RCC avec chacun un angle optimum, avec les lames disposées dans le même sens, mais avec deux angles au sommet différents, choisis au-dessus et en-dessous du milieu de la zone d'isochronisme amélioré;

la fig. 9 analogue à la fig. 2, montre le positionnement des deux angles de la fig. 8;

la fig. 10 est un schéma-blocs qui représente une montre comportant un mouvement incorporant un résonateur muni d'un tel pivot.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0017] L'invention concerne un pivot 1 isochrone pour résonateur 100 d'horlogerie, à guidage flexible, comportant au moins un couple 2. Ce couple 2 comporte deux lames flexibles 3: 31, 32, joignant chacune un premier encastrement 41, 42, d'un premier élément 4 à un deuxième encastrement 51, 52, d'un deuxième élément 5. Ces premiers encastrements 41, 42, définissent avec les deuxièmes encastrements 51, 52, respectifs deux directions principales de lames DL1 et DL2. Le premier élément 4 et le deuxième élément 5 sont chacun plus rigide que chacune des lames flexibles 3, et chacun est apte à constituer un élément inertiel mobile au sein d'un résonateur 100.

[0018] Les deux directions principales de lames DL1, DL2, définissant un axe de pivotement théorique A, à leur croisement quand les deux lames flexibles 31, 32, sont coplanaires, ou au croisement de leurs projections sur un plan de référence parallèle aux deux lames flexibles 31, 32, quand les deux lames flexibles 31, 32 se développent sur deux niveaux parallèles au plan de référence mais ne sont pas coplanaires.

[0019] Chaque lame flexible 31, 32, a une longueur dite libre L_1 , L_2 , entre ses deux encastrements 41, 51, 42, 52, et ayant une distance axiale D_1 , D_2 , entre l'axe de pivotement théorique A et celui de ses deux encastrements 41, 51, 42, 52, qui en est le plus éloigné.

[0020] Pour chaque lame flexible 31, 32, le rapport d'encastrement principal D_1/L_1 , D_2/L_2 entre la distance axiale et la longueur libre est supérieur à un.

[0021] L'invention concerne encore un résonateur 100 comportant un premier élément 4 et un deuxième élément 5 joints par au moins un tel couple 2 comportant deux lames flexibles 31, 32, que comporte un tel pivot 1.

[0022] Selon l'invention, et tel que visible sur la fig. 2, les deux directions principales de lames DL1, DL2 définissent avec l'axe de pivotement théorique A le premier angle au sommet α , dont la valeur dépend du rapport d'encastrement principal D_1/L_1 , D_2/L_2 , entre une première fonction inférieure f_1 telle que $\alpha = f_1(D/L)$, et une première fonction supérieure f_2 , telle que $\alpha = f_2(D/L)$.

[0023] Plus particulièrement, $f_1(X) = 108 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$.

[0024] Plus particulièrement, $f_2(X) = 113 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$.

[0025] De façon particulière, $D_1/L_1 = D_2/L_2 = D/L = X$, et est plus grand que 1. La valeur en degrés du premier angle au sommet α satisfait alors la relation $f_1(D/L) < \alpha < f_2(D/L)$, avec $f_1(D/L) = 108 + 67/(10X-6)$, et $f_2(D/L) = 113 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$.

[0026] Plus particulièrement, les deux directions principales de lames DL_1 et DL_2 définissent avec l'axe de pivotement théorique A un premier angle au sommet α , qui est compris entre 115° et 130° , bornes comprises. Ceci revient à borner la valeur $X = D/L$ entre les valeurs $X=1$ et $X=1.55$.

[0027] Plus particulièrement, l'axe de pivotement théorique A est situé géométriquement dans le premier élément 4 ou dans le deuxième élément 5.

[0028] La fig. 3 illustre le cas avantageux où l'axe de pivotement théorique A est situé géométriquement dans le deuxième élément 5.

[0029] Plus particulièrement cet axe de pivotement théorique A est situé géométriquement dans un œil 40, 50, que comporte le premier élément 4 ou le deuxième élément 5.

[0030] La fig. 4 représente, en coupe, la zone d'un œil 50 dans le deuxième élément inertiel 5, qui entoure un noyau 40, ici non limitativement solidaire du premier élément 4 qui constitue une masse fixe, et lequel noyau 40 est pourvu de deux masses d'arrêt 6 et 7 faisant antichoc axial de part et d'autre de cet œil 50 et de l'élément inertiel 5, dont les surfaces inférieure 56 et supérieure 57 sont agencées pour coopérer en limitation de butée avec ces masses d'arrêt 6 et 7. La fig. 5 illustre la configuration inverse avec l'œil 50 muni d'un arbre 59 mobile entre deux lames inférieur 46 et supérieur 47 d'un élément fixe 4, les extrémités 56 et 57 de cet arbre 59 étant agencées pour coopérer en limitation de butée avec ces lames 46 et 47.

[0031] Plus particulièrement, le pivot 1 comporte au moins un couple 2 comportant deux lames flexibles 31, 32, qui sont, ou bien identiques en symétrie par rapport à un plan de symétrie passant par l'axe de pivotement théorique A quand les deux lames flexibles 31, 32, sont coplanaires, ou bien identiques en symétrie en projection sur un plan de référence parallèle aux deux lames flexibles 31, 32, quand les deux lames flexibles 31, 32, se développent sur deux niveaux parallèles au plan de référence mais ne sont pas coplanaires, par rapport à un plan de symétrie passant par l'axe de pivotement théorique A.

[0032] Plus particulièrement chaque couple 2, que comporte le pivot 1, comporte deux lames flexibles 31, 32, qui sont, ou bien identiques en symétrie par rapport à un plan passant par l'axe de pivotement théorique A quand les deux lames flexibles 31, 32, sont coplanaires, ou bien identiques en symétrie en projection sur un plan de référence parallèle aux deux lames flexibles 31, 32, quand les deux lames flexibles 31, 32 se développent sur deux niveaux parallèles au plan de référence mais ne sont pas coplanaires.

[0033] Plus particulièrement le pivot 1 comporte au moins un couple 2 comportant deux lames flexibles 31, 32, qui sont coplanaires.

[0034] Plus particulièrement le pivot 1 comporte au moins un couple 2 comportant deux lames flexibles 31, 32, qui se développent sur deux niveaux parallèles au plan de référence mais ne sont pas coplanaires.

[0035] Plus particulièrement, le pivot 1 est symétrique, au moins en projection sur le plan de référence, par rapport à un plan de symétrie passant par l'axe de pivotement théorique A, et le centre de masse du résonateur 100 dans sa position de repos est situé géométriquement sur le plan de symétrie.

[0036] Avantageusement, on positionne le centre de masse du résonateur, dans sa position de repos, sur l'axe de symétrie du pivot, et à une faible distance de l'axe de rotation A défini par le point de croisement des prolongements des lames, ce qui a pour effet de compenser le déplacement parasite du pivot. Pour un pivot simple, la distance optimale dépend du rapport $X=D/L$. Ainsi le centre de masse du résonateur 100 dans sa position de repos est distant de l'axe de pivotement théorique A d'un écart ε qui dépend des longueurs libres L_1, L_2 , et des rapports d'encastrements $D_1/L_1, D_2/L_2$. Plus particulièrement $D_1/L_1 = D_2/L_2 = D/L = X$. Plus particulièrement encore $D_1 = D_2 = D$ et $L_1 = L_2 = L$, et cet écart ε est sensiblement égal à la valeur $(2D^2/L - 1.6 \cdot D - 0.1 L)$. Plus particulièrement cet écart ε est compris entre 0.8 fois et 1.2 fois la valeur $(2D^2/L - 1.6 \cdot D - 0.1 L)$.

[0037] Les pivots RCC tels que décrits ci-dessus peuvent être combinés de plusieurs façons. En particulier, les fig. 6 à 8 illustrent des variantes non limitatives, résultant de différentes combinaisons de couples de lames.

[0038] Plus particulièrement le pivot 1 comporte ainsi, en plus d'un premier couple 21 comportant les deux lames flexibles 31, 32, joignant chacune un premier encastrement 41, 42, d'un premier élément 4 à un deuxième encastrement 51, 52, d'un deuxième élément 5, au moins un deuxième couple 22 comportant deux autres lames flexibles 33, 34, joignant chacune, d'une part un encastrement primaire 43, 44, du premier élément 4 ou un encastrement secondaire 53, 54, du deuxième élément 5, à l'autre part un encastrement tertiaire 63, 64, que comporte un troisième élément 6 agencé pour être fixé solidairement à une structure fixe du résonateur 100.

[0039] Plus particulièrement le premier élément 4 ou le deuxième élément 5 est un élément inertiel, et l'axe de pivotement théorique A est situé géométriquement dans un œil 40, 50, que comporte cet élément inertiel. Les fig. 6 à 8 comportent un tel œil 50 dans l'élément inertiel 5.

[0040] Plus particulièrement, tel que visible sur les fig. 6 et 8, le premier élément 4 ou le deuxième élément 5 comporte une surface concave 74 agencée pour entourer à distance, sur au moins 180°, une surface convexe 75 que comporte le deuxième élément 5 ou respectivement le premier élément 4, avec, dans une position de repos du pivot 1, un jeu en tout point supérieur ou égal à un jeu de sécurité J entre la surface convexe 75 et la surface concave 74.

[0041] La fig. 6 illustre la mise en série de deux pivots RCC avec chacun un angle optimum, avec l'élément inertiel 5 comportant un tenon muni d'un œil 50, et comportant un contour partiellement de révolution 75 borné par une chambre 74 d'un élément intermédiaire 4 suspendu à la base fixe 6 par deux lames 33, 34, en sens contraire de celles 31, 32 liant l'élément inertiel 5 à l'élément intermédiaire 4.

[0042] Plus particulièrement, tel que visible sur la fig. 7, le premier élément 4 ou le deuxième élément 5 est un élément inertiel, et le troisième élément 6, notamment la base fixe, comporte une surface interne 76 agencée pour entourer à distance, sur au moins 180°, une surface convexe 75 que comporte l'élément inertiel, avec, dans une position de repos du pivot 1, un jeu en tout point supérieur ou égal à un jeu de sécurité J entre la surface convexe 75 et la surface interne 76.

[0043] Cette fig. 7 concerne la mise en série de deux pivots RCC avec chacun un angle optimum, avec l'élément inertiel 5 comportant un œil 50, et comportant un contour partiellement de révolution 75 borné par une chambre 76 de la base fixe 6, à laquelle est suspendu par deux lames 33, 34, en sens contraire un élément intermédiaire 4 faisant cadre et auquel est suspendu l'élément inertiel 5.

[0044] Plus particulièrement, tel que visible sur la fig. 8, qui concerne la mise en série de deux pivots RCC avec chacun un angle optimum α , β , différent, avec les lames disposées dans le même sens, mais avec deux angles au sommet différents, choisis au-dessus et en-dessous du milieu de la zone d'isochronisme amélioré: d'une part les encastrements primaires 43, 44, du premier élément 4 ou encastrements secondaires 53, 54, du deuxième élément 5, et d'autre part les encastrements tertiaires 63, 64, définissent deux directions secondaires de lames DL3, DL4, qui forment ensemble un deuxième angle au sommet β au niveau d'un axe secondaire B défini par le croisement, en plan ou en projection, des directions secondaires de lames DL3, DL4. Ce deuxième angle au sommet β est, comme le premier angle au sommet α , compris entre 115° et 130°, bornes comprises, ou bien sa valeur dépend d'un rapport d'encastrement secondaire D3/L3, D4/L4, entre une première fonction inférieure f_1 telle que $\alpha = f_1(D/L)$, et une première fonction supérieure f_2 , telle que $\alpha = f_2(D/L)$, et, plus particulièrement et tel que visible sur la fig. 9, une fonction médiane $fm(X) = 110.5 + 67/(10X-6)$ définit un rapport intermédiaire entre la première fonction inférieure $f_1(X) = 108 + 67/(10X-6)$, et la première fonction supérieure $f_2(X) = 113 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$, et le premier angle au sommet α et le deuxième angle au sommet β sont positionnés entre la première fonction inférieure f_1 et la première fonction supérieure f_2 , de part et d'autre de la fonction médiane fm .

[0045] Plus particulièrement l'axe de pivotement théorique A, est confondu avec l'axe secondaire B.

[0046] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 1000 comportant au moins un tel résonateur 100.

[0047] L'invention concerne encore une montre 2000 comportant un tel mouvement d'horlogerie 1000.

Revendications

- Pivot (1) isochrone pour résonateur (100) d'horlogerie, à guidage flexible, comportant au moins un couple (2) comportant deux lames flexibles (31; 32) joignant chacune un premier encastrement (41; 42) d'un premier élément (4) à un deuxième encastrement (51; 52) d'un deuxième élément (5), lesdits premiers encastrements (41; 42) définissant avec lesdits deuxièmes encastrements (51; 52) respectifs deux directions principales de lames (DL1; DL2), ledit premier élément (4) et ledit deuxième élément (5) étant chacun plus rigide que chacune desdites lames flexibles (3), et chacun apte à constituer un élément inertiel mobile au sein d'un dit résonateur (100), et lesdites deux directions principales de lames (DL1; DL2) définissant un axe de pivotement théorique (A), à leur croisement quand lesdites deux lames flexibles (31; 32) sont coplanaires, ou au croisement de leurs projections sur un plan de référence parallèle auxdites deux lames flexibles (31; 32) quand lesdites deux lames flexibles (31; 32) se développent sur deux niveaux parallèles audit plan de référence mais ne sont pas coplanaires, chaque dite lame flexible (31; 32) ayant une longueur libre (L1; L2) entre ses deux encastrements (41, 51; 42, 52), et ayant une distance axiale (D1; D2) entre ledit axe de pivotement théorique (A) et celui de ses dits deux encastrements (41, 51; 42, 52) qui en est le plus éloigné, et où, pour chaque dite lame flexible (31; 32), le rapport d'encastrement principal (D1/L1; D2/L2) entre ladite distance axiale et ladite longueur libre est supérieur à un, caractérisé en ce que lesdites deux directions principales de lames (DL1; DL2) définissent avec ledit axe de pivotement théorique (A) ledit premier angle au sommet (α) dont la valeur en degrés satisfait la relation $f_1(D/L) < \alpha < f_2(D/L)$, avec $f_1(X) = 108 + 67/(10X-6)$, et $f_2(X) = 113 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$.
- Pivot (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites deux directions principales de lames (DL1; DL2) définissent avec ledit axe de pivotement théorique (A) un premier angle au sommet (α) compris entre 115° et 130°, bornes comprises.
- Pivot (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit axe de pivotement théorique (A) est géométriquement situé dans ledit premier élément (4) ou dans ledit deuxième élément (5).
- Pivot (1) selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit axe de pivotement théorique (A) est situé géométriquement dans un œil (40; 50) que comporte ledit premier élément (4) ou ledit deuxième élément (5).

5. Pivot (1) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit pivot (1) comporte, en plus d'un premier couple (21) comportant lesdites deux lames flexibles (31; 32) joignant chacune un premier encastrement (41; 42) d'un premier élément (4) à un deuxième encastrement (51; 52) d'un deuxième élément (5), au moins un deuxième couple (22) comportant deux autres lames flexibles (33; 34) joignant chacune, d'une part un encastrement primaire (43; 44) dudit premier élément (4) ou un encastrement secondaire (53; 54) dudit deuxième élément (5), à d'autre part un encastrement tertiaire (63; 64) que comporte un troisième élément (6) agencé pour être fixé solidairement à une structure fixe dudit résonateur (100).
6. Pivot (1) selon les revendications 3 et 5, caractérisé en ce que ledit premier élément (4) ou ledit deuxième élément (5) est un élément inertiel, et en ce que ledit axe de pivotement théorique (A) est situé géométriquement dans ledit œil (40; 50) que comporte ledit élément inertiel.
7. Pivot (1) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit premier élément (4) ou ledit deuxième élément (5) comporte une surface concave (74) agencée pour entourer à distance, sur au moins 180°, une surface convexe (75) que comporte ledit deuxième élément (5) ou respectivement ledit premier élément (4), avec, dans une position de repos dudit pivot (1), un jeu en tout point supérieur ou égal à un jeu de sécurité (J) entre ladite surface convexe (75) et ladite surface concave (74).
8. Pivot (1) selon la revendication 5 et l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit premier élément (4) ou ledit deuxième élément (5) est un élément inertiel, et en ce que ledit troisième élément (6) comporte une surface interne (76) agencée pour entourer à distance, sur au moins 180°, une surface convexe (75) que comporte ledit élément inertiel, avec, dans une position de repos dudit pivot (1), un jeu en tout point supérieur ou égal à un jeu de sécurité (J) entre ladite surface convexe (75) et ladite surface interne (76).
9. Pivot (1) selon la revendication 5 ou l'une des revendications qui en dépendent, caractérisé en ce que lesdits, d'une part encastrements primaires (43, 44) dudit premier élément (4) ou encastrements secondaires (53; 54) dudit deuxième élément (5), et d'autre part lesdits encastrements tertiaires (63, 64) définissent deux directions secondaires de lames (DL3; DL4) formant ensemble un deuxième angle au sommet (β) au niveau d'un axe secondaire (B) défini par le croisement, en plan ou en projection, desdites directions secondaires de lames (DL3; DL4), ledit deuxième angle au sommet (β) étant compris entre 115° et 130°, bornes comprises, et dont la valeur en degrés satisfait la relation $f_1(D/L) < \alpha < f_2(D/L)$, avec $f_1(X) = 108 + 67/(10X-6)$, et $f_2(X) = 113 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$.
10. Pivot (1) selon les revendications 2 et 9, caractérisé en ce que une fonction médiane $fm(X) = 110.5 + 67/(10X-6)$ définit un rapport intermédiaire entre ladite première fonction inférieure $f_1(X) = 108 + 67/(10X-6)$, et ladite première fonction supérieure $f_2(X) = 113 + 67/(10X-6)$, avec $X = D/L$, et en ce que ledit premier angle au sommet (α) et ledit deuxième angle au sommet (β) sont positionnés entre ladite première fonction inférieure f_1 et ladite première fonction supérieure f_2 , de part et d'autre de ladite fonction médiane fm .
11. Pivot (1) selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que lesdits axe de pivotement théorique (A) et axe secondaire (B) sont confondus.
12. Pivot (1) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ledit pivot (1) comporte au moins un couple (2) comportant deux lames flexibles (31; 32) qui sont, ou bien identiques en symétrie par rapport à un plan de symétrie passant par ledit axe de pivotement théorique (A) quand lesdites deux lames flexibles (31; 32) sont coplanaires, ou bien identiques en symétrie en projection sur un plan de référence parallèle auxdites deux lames flexibles (31; 32) quand lesdites deux lames flexibles (31; 32) se développent sur deux niveaux parallèles audit plan de référence mais ne sont pas coplanaires, par rapport à un plan de symétrie passant par ledit axe de pivotement théorique (A).
13. Pivot (1) selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit pivot chaque dit couple (2), que comporte ledit pivot (1), comporte deux lames flexibles (31; 32) qui sont, ou bien identiques en symétrie par rapport à un plan passant par ledit axe de pivotement théorique (A) quand lesdites deux lames flexibles (31; 32) sont coplanaires, ou bien identiques en symétrie en projection sur un plan de référence parallèle auxdites deux lames flexibles (31; 32) quand lesdites deux lames flexibles (31; 32) se développent sur deux niveaux parallèles audit plan de référence mais ne sont pas coplanaires.
14. Pivot (1) selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que ledit pivot (1) comporte au moins un couple (2) comportant deux lames flexibles (31; 32) qui sont coplanaires.
15. Pivot (1) selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que ledit pivot (1) comporte au moins un couple (2) comportant deux lames flexibles (31; 32) qui se développent sur deux niveaux parallèles audit plan de référence mais ne sont pas coplanaires.
16. Résonateur (100) comportant un premier élément (4) et un deuxième élément (5) joints par au moins un couple (2) comportant deux lames flexibles (31; 32) que comporte un pivot (1) selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que le centre de masse dudit résonateur (100) dans sa position de repos est distant dudit axe de pivotement théorique (A) d'un écart (ε) qui est sensiblement égal à la valeur $(2D^2/L-1.6 \cdot D-0.1 \cdot L)$, et en ce que le rapport de déport ($e/L_1; e/L_2$) dépend dudit rapport d'encastrement ($D_1/L_1; D_2/L_2$), entre une deuxième fonction inférieure g_1 telle que $e/L = g_1(D/L)$ et une deuxième fonction supérieure g_2 telle que $\varepsilon/L = g_2(D/L)$.

17. Résonateur (100) selon la revendication 16, caractérisé en ce que ledit pivot (1) est symétrique, au moins en projection sur ledit plan de référence, par rapport à un plan de symétrie passant par ledit axe de pivotement théorique (A), et en ce que ledit centre de masse dudit résonateur (100) dans sa position de repos est situé géométriquement sur ledit plan de symétrie.
18. Mouvement d'horlogerie (1000) comportant au moins un résonateur (100) selon les revendications 16 ou 17.
19. Montre (2000) comportant un mouvement d'horlogerie (1000) selon la revendication 18.

Fig. 1A

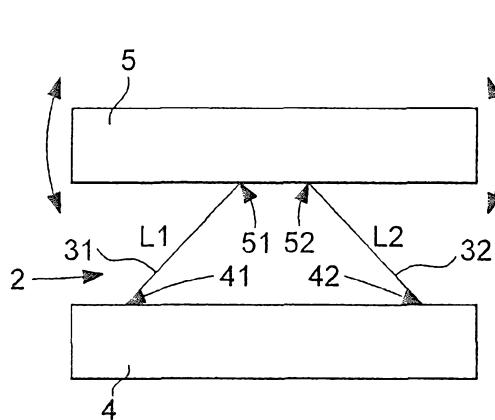


Fig. 1B

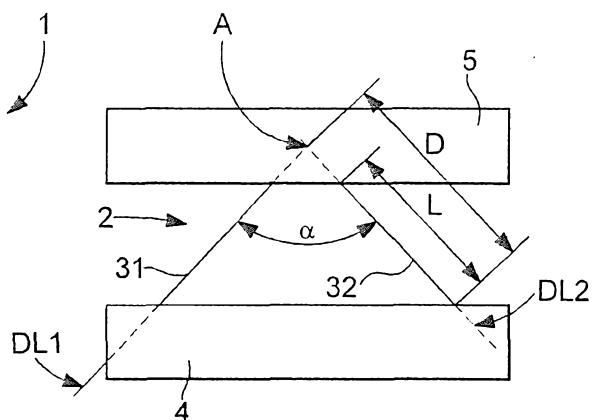


Fig. 2

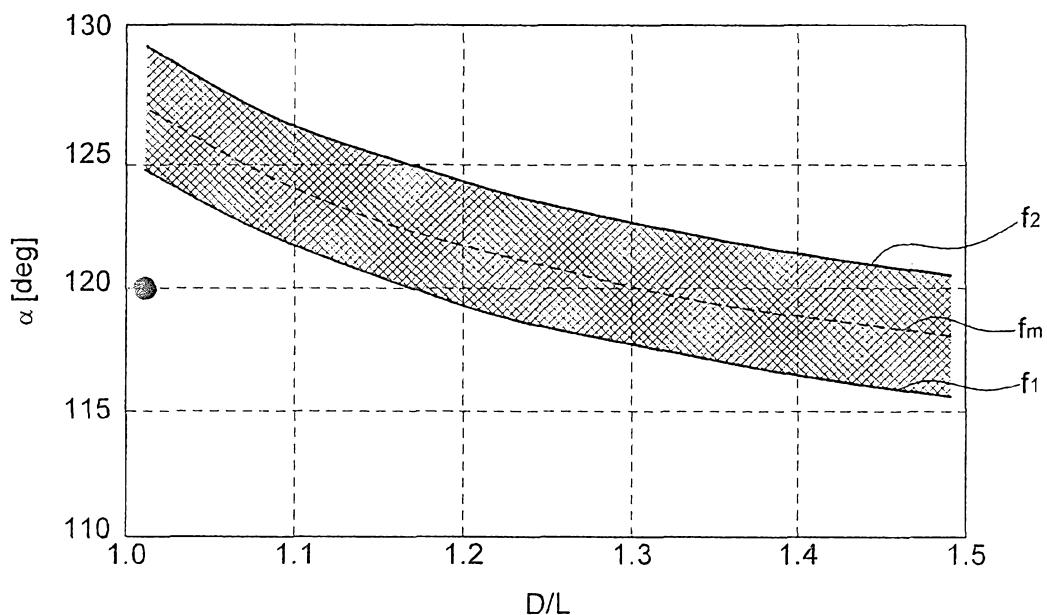


Fig. 3

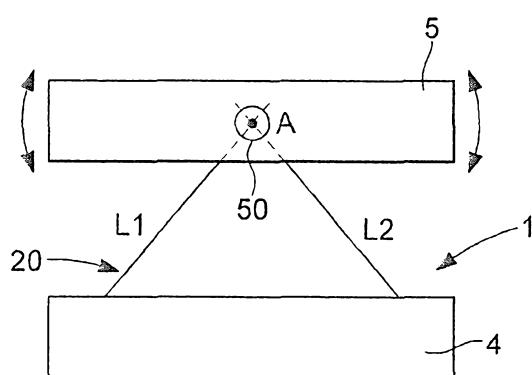


Fig. 4

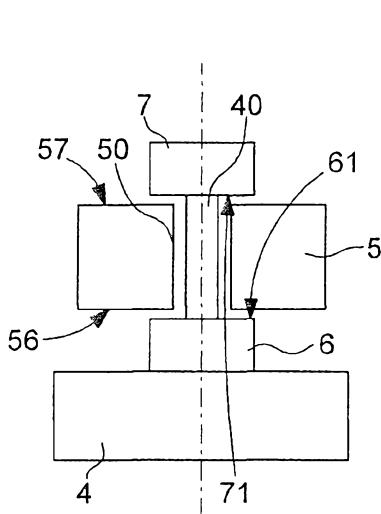


Fig. 5

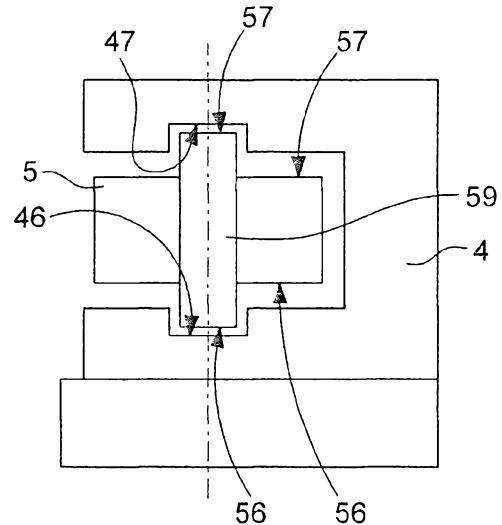


Fig. 6

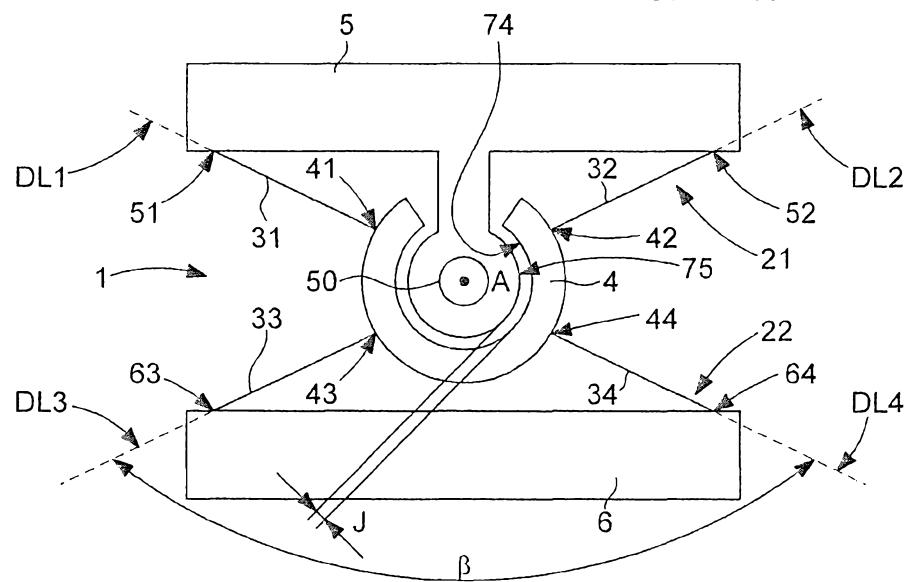


Fig. 7

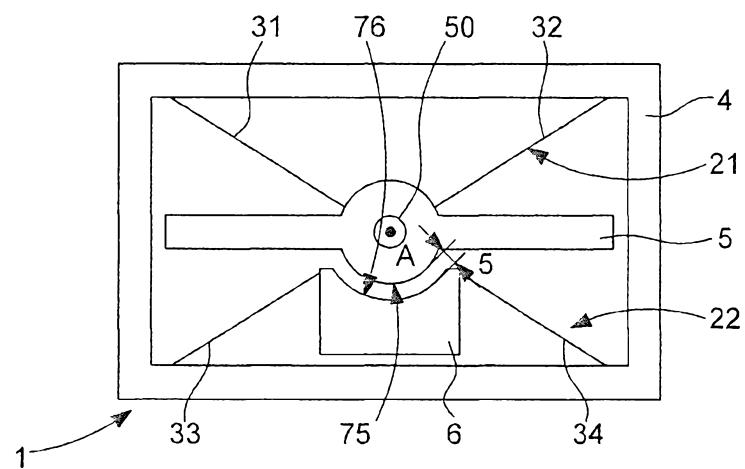


Fig. 8

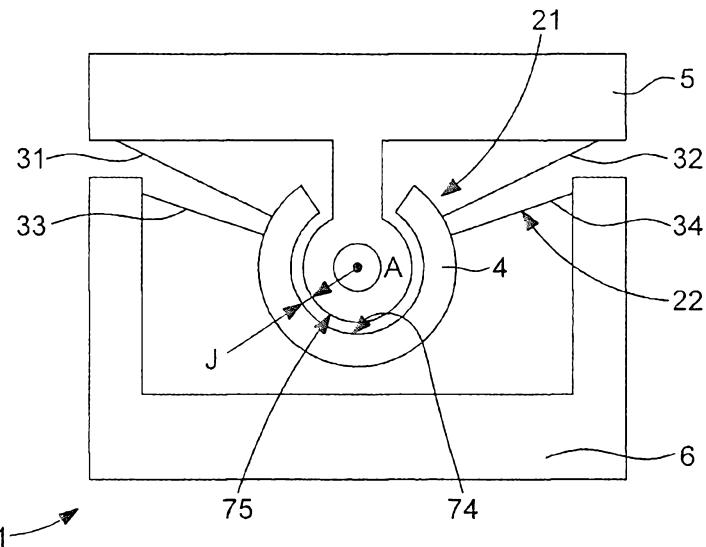


Fig. 9

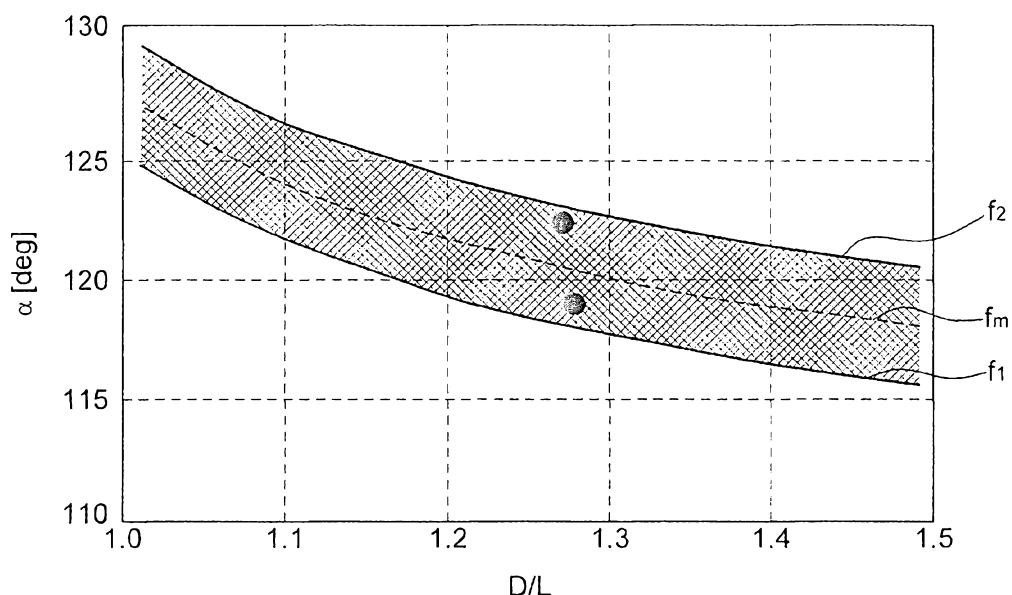


Fig. 10

