(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 561 609 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.10.2019 Bulletin 2019/44

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

(21) Numéro de dépôt: **18168765.8**

(22) Date de dépôt: **23.04.2018**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**
2540 Grenchen (CH)

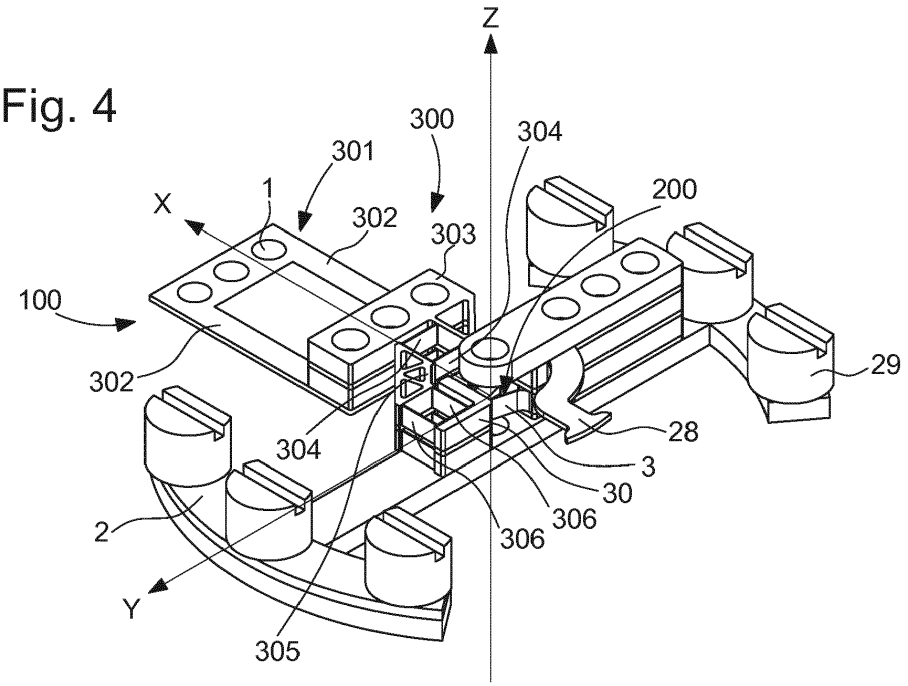
(72) Inventeurs:
- **Winkler, Pascal**
  2072 St-Blaise (CH)
- **Helfer, Jean-Luc**
  2525 Le Landeron (CH)

(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **PROTECTION ANTICHOC D'UN MECANISME RÉSONATEUR A GUIDAGE FLEXIBLE ROTATIF**

(57) Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie, comportant une structure (1) portant, par une suspension flexible (300), un bloc d'ancrage (30) auquel est suspendu un élément inertiel (2) oscillant selon un premier degré de liberté en rotation RZ, sous l'action d'efforts de rappel exercés par un pivot flexible (200) comportant des premières lames élastiques (3) chacune fixée audit élément inertiel (2) et audit bloc d'ancrage (30), la suspension flexible (300) étant agencé pour autoriser une certaine mobilité du bloc d'ancrage (30) selon tous les degrés de liberté autres que le premier degré de liberté en rotation RZ selon lequel seul est mobile l'élément inertiel (2) pour éviter toute perturbation de son oscillation, et la rigidité de la suspension (300) selon le premier degré de liberté en rotation RZ est très fortement supérieure à la rigidité du pivot flexible (200) selon ce même premier degré de liberté en rotation RZ.

Fig. 4



EP 3 561 609 A1

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme résonateur d'horlogerie, comportant une structure et un bloc d'ancrage auquel est suspendu au moins un élément inertiel agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ autour d'un axe de pivotement s'étendant selon une première direction Z, ledit élément inertiel étant soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot flexible comportant une pluralité de premières lames élastiques chacune fixée, à une première extrémité audit bloc d'ancrage, et à une deuxième extrémité audit élément inertiel, chaque dite lame élastique étant déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z, ledit mécanisme résonateur comportant des moyens de butée axiale comportant au moins une butée axiale première et/ou une deuxième butée axiale pour limiter la course en translation dudit élément inertiel au moins selon ladite première direction Z, lesdits moyens de butée axiale étant agencés pour coopérer en appui de butée avec ledit élément inertiel pour la protection desdites premières lames au moins contre les chocs axiaux selon ladite première direction Z.

[0002] L'invention concerne encore un oscillateur d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0003] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel oscillateur et/ou un tel mécanisme résonateur.

[0004] L'invention concerne encore une montre comportant un tel mouvement d'horlogerie, et/ou un tel oscillateur, et/ou un tel mécanisme résonateur.

[0005] L'invention concerne le domaine des résonateurs d'horlogerie, et tout particulièrement ceux qui comportent des lames élastiques faisant fonction de moyens de rappel pour la marche de l'oscillateur.

Arrière-plan de l'invention

[0006] La tenue aux chocs est un point délicat pour la plupart des oscillateurs d'horlogerie, et notamment pour les résonateurs à lames croisées. En effet, lors de chocs hors plan, la contrainte subie par les lames atteint rapidement des valeurs très importantes, ce qui réduit d'autant la course que peut parcourir la pièce avant de céder.

[0007] Les amortisseurs de chocs pour les pièces d'horlogerie se déclinent dans de nombreuses variantes. Cependant, ils ont essentiellement pour but de protéger les pivots fragiles de l'axe, et non pas les éléments élastiques, tel que classiquement le ressort spiral.

[0008] Le document EP3054357A1 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse SA décrit un oscillateur horloger comportant une structure et des résonateurs primaires distincts, déphasés temporellement et géométriquement, comportant chacun une masse rappelée vers la structure par un moyen de rappel élastique. Cet oscillateur comporte des moyens de couplage pour l'interaction des résonateurs primaires, comportant des moyens moteurs pour entraîner en mouvement un mobile lequel comporte des moyens d'entraînement et de guidage agencés pour entraîner et guider un moyen de commande articulé avec des moyens de transmission, chacun articulé, à distance du moyen de commande, avec une masse d'un résonateur primaire. Les résonateurs primaires et le mobile sont agencés de telle façon que les axes des articulations de deux quelconques des résonateurs primaires et l'axe d'articulation du moyen de commande ne sont jamais coplanaires.

[0009] Le document EP3035127A1 au nom de SWATCH GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT Ltd 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, les 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 des plans parallèles se croisent au niveau de l'axe de pivotement virtuel de la partie mobile.

[0010] De nouvelles architectures de mécanismes permettent de maximiser le facteur de qualité d'un résonateur, par l'utilisation d'un guidage flexible avec l'utilisation d'un échappement à ancre avec un très petit angle de levée, selon la demande CH01544/16 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse et ses dérivées, dont les enseignements sont directement utilisables dans la présente invention, et dont le résonateur peut encore être amélioré en ce qui concerne sa sensibilité aux chocs, selon certaines directions particulières. Il s'agit donc de protéger les lames de la rupture en cas de chocs. On se rend compte que les systèmes antichocs proposés à ce jour pour les résonateurs à guidages flexibles, protègent les lames de chocs dans certaines directions seulement, mais pas dans toutes les directions, ou alors qu'ils présentent le défaut de laisser bouger légèrement l'encastrement du pivot flexible selon sa rotation d'oscillation, ce qui est à éviter autant que possible.

Résumé de l'invention

[0011] Il s'agit donc de protéger les lames de la rupture en cas de chocs. Autrement dit, pour faire un bon résonateur rotatif à guidage flexible, ce dernier, qui constitue un pivot flexible et définit un axe de pivotement virtuel, doit être à la fois très flexible pour la rotation d'oscillation selon un premier degré de liberté en rotation RZ, mais il doit être très rigide selon les autres degrés de liberté (X, Y, Z, RX, RY) de façon à éviter des mouvements parasites du centre de masse du résonateur. En effet, de tels mouvements parasites peuvent provoquer des erreurs de marche, si l'orientation du résonateur change dans le champ de gravité (on parle d'erreur aux positions). La suspension de l'encastrement du pivot doit être très rigide selon le degré de liberté de l'oscillation, pour ne pas perturber l'isochronisme du résonateur, et pour ne pas dissiper de l'énergie via des mouvements dûs aux forces de réaction.

[0012] L'invention se propose de limiter la course de déplacement hors plan des lames d'un résonateur à lames, et donc d'assurer une meilleure tenue du système.

[0013] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme résonateur à lames selon la revendication 1.

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

[0015] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0016] L'invention concerne encore une montre comportant un tel mouvement d'horlogerie, et/ou un tel mécanisme résonateur.

Description sommaire des dessins

[0017] 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 figure 1 représente, de façon schématisée, et en vue en plan, un mécanisme résonateur à lames élastiques, comportant une masse inertielle suspendue à un bloc d'ancrage par un pivot flexible comportant deux niveaux parallèles de lames élastiques, les directions selon lesquelles s'étendent ces lames se croisant, en projection, au niveau d'un axe de pivotement virtuel de cet élément inertiel, selon la demande selon la demande CH01544/16 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse, et dont les enseignements sont utilisables dans le cas de la présente invention;
- la figure 2 représente, de façon schématisée, et en perspective, les différents degrés de liberté de la masse inertielle que comporte le mécanisme résonateur de la figure 1 ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée, et en coupe passant par l'axe de pivotement de la masse inertielle, le système de butées antichocs que comporte l'invention, de part et d'autre de la masse inertielle, et portées par une structure fixe ;
- la figure 4 représente, de façon schématisée, et en perspective, un mécanisme résonateur selon l'invention, comportant un système de suspension flexible selon 5 degrés de liberté mais rigide selon le degré de liberté unique dans lequel ledit pivot travaille, où ses liaisons en flexion en X et en Y sont assurées chacune par deux lames flexibles parallèles, le système de butée de la figure 3 n'étant pas représenté ;
- la figure 5 est un schéma-blocs représentant une montre comportant un mouvement avec un oscillateur qui comporte lui-même un mécanisme résonateur selon l'invention ;
- la figure 6 représente, de façon schématisée, et en perspective, la masse inertielle entre les butées, et des exemples de limitation dans des positions angulaires extrêmes selon les degrés de liberté en rotation RX et RY ;
- la figure 7 est un détail de la figure 4 comportant uniquement le pivot flexible et la suspension flexible, dans une version particulière monobloc ;
- la figure 8 est une vue partielle de dessus du résonateur de la figure 4 ;
- la figure 9 illustre une variante de la figure 7, où les liaisons en flexion en X et en Y sont assurées par plus de deux lames flexibles parallèles.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0018] L'idée, ici, est de suspendre un pivot flexible 200 d'un résonateur d'horlogerie 100 à un système de suspension flexible selon 5 degrés de liberté mais rigide selon le degré de liberté unique dans lequel ledit pivot travaille et qui est celui de l'oscillation d'au moins un élément inertiel 2, que comporte ce résonateur 100. Les 5 degrés de liberté flexibles, qui correspondent aux directions selon lesquelles des chocs pourraient endommager les lames du pivot, ont une course limitée par des butées, contre lesquelles l'élément inertiel du résonateur vient s'appuyer en cas de choc.

[0019] La présente description illustre plus particulièrement le cas d'un mouvement de montre mécanique, muni d'un résonateur 100 à guidage flexible rotatif, qui constitue un pivot flexible 200 définissant un axe de pivotement virtuel D selon une première direction Z. Ce pivot flexible 200 est réalisé dans ce cas particulier sur la base de lames flexibles

3, qui sont, selon l'invention, protégées de la rupture en cas de choc par un système antichoc comportant une suspension flexible, qui relie l'ancrage du pivot flexible 200 à une structure 1, notamment la platine du mouvement, en combinaison avec un ensemble de butées qui sont agencées pour limiter la course de l'élément inertiel du résonateur via des surfaces d'appui.

[0020] Selon l'invention, ce système antichoc est flexible selon 5 degrés de liberté, et rigide selon le degré de liberté correspondant à l'oscillation du résonateur, ici la première direction Z. Et les butées permettent à l'élément inertiel 2 de bouger librement selon le degré de liberté d'oscillation du résonateur, mais limitent sa course pour les 5 autres degrés de liberté.

[0021] L'invention concerne ainsi un mécanisme résonateur 100 d'horlogerie, comportant une structure 1 et un bloc d'ancrage 30, auquel est suspendu au moins un élément inertiel 2. Chaque élément inertiel 2 est agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ autour d'un axe de pivotement D s'étendant selon une première direction Z. Le centre d'inertie résultant de l'ensemble des éléments inertiels 2 est aligné sur l'axe de pivotement D.

[0022] L'invention est illustrée, de façon non limitative, sur les figures, avec un élément inertiel 2 unique, l'homme du métier saura transposer les enseignements de la présente demande au cas d'une pluralité d'éléments inertiels, notamment superposés.

[0023] L'élément inertiel 2 est soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot flexible 200 comportant une pluralité de premières lames élastiques 3, chacune fixée, à une première extrémité au bloc d'ancrage 30, et à une deuxième extrémité à l'élément inertiel 2. Chaque lame élastique 3 est déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à la première direction Z.

[0024] Le mécanisme résonateur 100 comporte des moyens de butée axiale, qui comportent au moins une première butée axiale 7 et/ou une deuxième butée axiale 8 pour limiter la course en translation de l'élément inertiel 2, au moins selon la première direction Z. Ces moyens de butée axiale sont agencés pour coopérer en appui de butée avec l'élément inertiel 2 pour la protection des premières lames 3, au moins contre les chocs axiaux selon la première direction Z.

[0025] Selon l'invention, le bloc d'ancrage 30 est suspendu à la structure 1 par une suspension flexible 300, qui est agencée pour autoriser la mobilité du bloc d'ancrage 30 selon cinq degrés de liberté flexibles de la suspension.

[0026] Ces cinq degrés de liberté flexibles de la suspension sont :

- un premier degré de liberté en translation selon la première direction Z ;
- un deuxième degré de liberté en translation selon une deuxième direction X orthogonale à la première direction Z ;
- un troisième degré de liberté en translation selon une troisième direction Y orthogonale à la deuxième direction X et à la première direction Z ;
- un deuxième degré de liberté en rotation RX autour d'un axe s'étendant selon la deuxième direction X ;
- et un troisième degré de liberté en rotation RY autour d'un axe s'étendant selon la troisième direction Y.

[0027] En somme, le bloc d'ancrage 30 est suspendu à la structure 1 par la suspension flexible 300, d'une façon propre à lui autoriser une certaine mobilité selon tous les degrés de liberté autres que le premier degré de liberté en rotation RZ selon lequel seul doit être mobile l'élément inertiel 2, pour éviter toute perturbation de son oscillation, ce qui est essentiel pour l'invention. Le bloc d'ancrage 30 porte le pivot flexible 200 auquel est suspendu l'élément inertiel 2, et la rigidité de la suspension 300 selon le premier degré de liberté en rotation RZ doit être très fortement supérieure à la rigidité du pivot flexible 200 selon ce même premier degré de liberté en rotation RZ.

[0028] Sur chacun des autres cinq degrés de liberté flexibles de la suspension listés ci-dessus, la condition est inverse : la rigidité de la suspension selon chacun de ces cinq degrés de liberté flexibles de la suspension doit être très inférieure à celle du pivot flexible 200 selon le même degré de liberté considéré.

[0029] On définit ici la rigidité, pour un degré de liberté « i », comme :

- en rotation Ci = dMoment/dAngle ;
- en translation K_i = dForce/dDéplacement.

[0030] La matrice ci-après exprime les conditions relatives entre la rigidité de la suspension et celle du pivot, pour chaque degré de liberté :

Degré de liberté i	Suspension	Condition	Pivot

Le degré de liberté essentiel du pivot :

RZ C_{RZ}^{susp} > N. C_{RZ}^{pivot}

Et les cinq degrés de liberté flexibles de la suspension :

X	K_X^{susp}	<	$1/M \cdot K_X^{pivot}$
Y	K_Y^{susp}	<	$1/M. K_Y^{pivot}$
Z	K_Z^{susp}	<	$1/M. K_Z^{pivot}$
RX	C_{RX}^{susp}	<	$1/M. C_{RX}^{pivot}$
RY	C_{RY}^{susp}	<	$1/M. C_{RY}^{pivot}$

[0031] La valeur N est choisie de préférence supérieure ou égale à 10, et notamment supérieure ou égale à 100 ou encore à 1000.

[0032] La valeur M est choisie de préférence supérieure ou égale à 10, et notamment supérieure ou égale à 50.

[0033] Ainsi, la suspension flexible 300 est, selon le premier degré de liberté en rotation RZ, au moins N fois, notamment 10 fois, plus rigide que ne l'est le pivot flexible 200 selon le premier degré de liberté en rotation RZ.

[0034] Et la suspension flexible 300 est, selon le premier degré de liberté en translation, le deuxième degré de liberté en translation, le troisième degré de liberté en translation, le deuxième degré de liberté en rotation RX, le troisième degré de liberté en rotation RY, au moins M fois, notamment 10 fois, moins rigide que ne l'est le pivot flexible 200 selon ledit premier degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en translation, ledit troisième degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, ledit troisième degré de liberté en rotation RY.

[0035] De ce fait, la suspension flexible 300 est, selon le premier degré de liberté en translation, le deuxième degré de liberté en translation, le troisième degré de liberté en translation, le deuxième degré de liberté en rotation RX, le troisième degré de liberté en rotation RY, au moins N.M fois, notamment 100 fois, moins rigide qu'elle ne l'est selon le premier degré de liberté en rotation RZ.

[0036] Plus particulièrement, la suspension flexible 300 est, selon le premier degré de liberté en rotation RZ, au moins 100 fois plus rigide que ne l'est le pivot flexible 200 selon le premier degré de liberté en rotation RZ. Autrement exprimé, la rigidité selon le degré de liberté le plus rigide de la suspension est au moins 100 fois supérieure à la rigidité du pivot flexible du résonateur.

[0037] Plus particulièrement encore, la suspension flexible 300 est, selon le premier degré de liberté en rotation RZ, au moins 1000 fois plus rigide que ne l'est le pivot flexible 200 selon le premier degré de liberté en rotation RZ.

[0038] Plus particulièrement, la suspension flexible 300 est, selon le premier degré de liberté en translation, le deuxième degré de liberté en translation, le troisième degré de liberté en translation, le deuxième degré de liberté en rotation RX, le troisième degré de liberté en rotation RY, au moins 50 fois moins rigide que ne l'est le pivot flexible 200 selon ledit premier degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en translation, ledit troisième degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, ledit troisième degré de liberté en rotation RY.

[0039] La rigidité de chacun des 5 degrés de liberté flexibles peut être calculée selon la relation :

$$Ki=fs*mi*ari/xi$$

où:

- fs est un facteur de sécurité inférieur à 1 ;
- mi est la masse ou l'inertie pour le degré de liberté i ;
- ari est l'accélération selon le degré de liberté i, qui provoquerait une rupture du pivot flexible, selon la « direction » i ;
- xi est la distance entre la butée et ladite surface d'appui du résonateur, autrement dit, la course du résonateur selon le degré de liberté i jusqu'à la butée.

[0040] Dans une variante, la suspension flexible 300 comporte une première liaison élastique, qui est agencée pour autoriser sa mobilité selon le premier degré de liberté en translation selon la première direction Z, et/ou une deuxième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité selon le deuxième degré de liberté en translation selon la deuxième direction X, et/ou une troisième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité selon le troisième degré de liberté en translation selon la troisième direction Y, et/ou une quatrième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité en rotation selon le deuxième degré de liberté en rotation RX, et/ou une cinquième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité en rotation selon le troisième degré de liberté en rotation RY.

[0041] De façon avantageuse, les moyens de butée axiale sont encore agencés pour coopérer en appui de butée avec l'élément inertiel 2 pour la protection des premières lames 3 selon la deuxième direction X, selon la troisième direction Y, selon le deuxième degré de liberté en rotation RX, et selon le troisième degré de liberté en rotation RY. Ces moyens de butée axiale comportent des premières surfaces d'appui 79, 89, radiales, qui sont agencées pour coopérer

avec des premières surfaces d'appui complémentaire 279, 289, que comporte l'élément inertiel 2, et des deuxièmes surfaces d'appui 78, 88, qui sont agencées pour coopérer avec des deuxièmes surfaces d'appui complémentaire 278, 288, que comporte l'élément inertiel 2. Plus particulièrement, ces moyens de butée sont portés par la structure 1.Les enseignements de la demande CH01511/16 au nom de Swatch Group Research & Development Ltd sont utilisables dans le cas de la présente invention.

[0042] Tel que visible sur les figures 3 et 6, dans une variante, les moyens de butée comportent une première butée axiale 7 et une deuxième butée axiale 8 qui sont des cylindres à portée, disposés de part et d'autre de l'élément inertiel 2 selon l'axe d'oscillation du résonateur parallèle à la première direction Z. Et les premières surfaces d'appui complémentaire 279, 289, sont ici des alésages de l'élément inertiel 2, qui s'étendent selon la première direction Z, de part et d'autre de l'élément inertiel 2. Et les deuxièmes surfaces d'appui 78, 88, sont sensiblement planes, et agencées pour coopérer avec une arête d'un des cylindres à portée lors d'un mouvement selon le degré de liberté RX ou RY. La figure 6 illustre en trait interrompu deux configurations de butée angulaire en RX et en RY, respectivement par contacts aux points 7RX et 7RY entre la première butée 7 et la masse inertielle 2.

[0043] De façon avantageuse, la flexibilité des moyens élastiques, que comporte la suspension flexible, est, selon les cinq degrés de liberté flexibles de la suspension, telle que les fréquences des modes propres de vibration de la suspension flexible sont, selon ces cinq degrés de liberté, au moins 10 fois supérieures à la fréquence d'oscillation principale du résonateur lors de l'oscillation de la masse inertielle 2. Plus particulièrement elles sont au moins 50 fois supérieures à la fréquence d'oscillation principale du résonateur lors de l'oscillation de la masse inertielle 2. Avantageusement cette fréquence d'oscillation principale du résonateur est élevée, supérieure à 10 Hz, notamment voisine de 20 Hz.

[0044] On comprend que de nombreuses alternatives d'agencement sont possibles pour autoriser la flexion et/ou le vrillage de certaines de ces liaisons élastiques, notamment en découplant ou non les degrés de liberté, ce qui peut conduire à avoir cinq liaisons élastiques différentes, et quatre masses intermédiaires entre la structure 1 et le bloc d'ancrage 30. Toutefois, pour économiser du volume toujours rare dans une montre, il est intéressant de coupler plusieurs degrés de liberté sur certaines liaisons.

[0045] Dans une variante, une plaque, qui comporte au moins deux lames flexibles parallèles et coplanaires, assure la première liaison élastique de mobilité selon le premier degré de liberté en translation selon la première direction Z, la quatrième liaison élastique de mobilité en rotation selon le deuxième degré de liberté en rotation RX, et la cinquième liaison élastique de mobilité en rotation selon le troisième degré de liberté en rotation RY : elle contrôle la flexibilité selon les degrés de liberté Z, RX et RY. Les figures 4, 7, et 9 illustrent une telle plaque 301 avec ses deux lames flexibles 302.

[0046] Dans autre variante, la mobilité selon le deuxième degré de liberté en translation selon la deuxième direction X est assurée par un jeu de lames flexibles comportant au moins deux lames flexibles parallèles et non coplanaires, et/ou la mobilité selon le troisième degré de liberté en translation selon la troisième direction Y est assurée par un jeu de lames flexibles comportant au moins deux lames flexibles parallèles et non coplanaires.

[0047] Dans une autre variante encore, la mobilité selon le deuxième degré de liberté en translation selon la deuxième direction X, et selon le deuxième degré de liberté en rotation RX, est assurée par une lame flexible unique déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à la première direction Z et agencée pour tolérer un vrillage de +/-10°par rapport à sa direction longitudinale.

[0048] De façon similaire dans une autre variante, la mobilité selon le troisième degré de liberté en translation selon la troisième direction Y, et selon le troisième degré de liberté en rotation RY, est assurée par une lame flexible unique déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à la première direction Z et agencée pour tolérer un vrillage de +/-10°par rapport à sa direction longitudinale.

[0049] Naturellement, un nombre inférieur de liaisons élastiques peut être employé, si les conditions relatives aux inégalités à respecter entre les rigidités sont remplies.

[0050] Les figures 4, 7, et 8 illustrent une réalisation particulière non limitative, où une plaque 301, comportant deux lames parallèles coplanaires 302, est fixée à la structure 1, et autorise une mobilité selon Z d'une première masse intermédiaire 303. Ce dernier porte deux lames flexibles parallèles non coplanaires 304, procurant une mobilité en X à une deuxième masse intermédiaire 305, qui porte, au travers de deux lames flexibles parallèles non coplanaires 306, le bloc d'ancrage 30, lui autorisant une mobilité en Y. les mobilités selon RX et RY sont limitées, et sont autorisées uniquement par le faible vrillage possible des lames 302, 304 et 306.

[0051] Plus particulièrement, les lames élastiques 3 du pivot élastique 200 sont droites, et les directions selon lesquelles s'étendent les lames élastiques 3 sont, en projection sur un plan perpendiculaire à cet axe de pivotement D, croisées au niveau de l'axe de pivotement D. Plus particulièrement, ces lames élastiques sont agencées selon les enseignements des demandes CH00111/16 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse et CH01979/14 au nom de Swatch Group Research & Development Ltd.

[0052] Plus particulièrement, le pivot est du type à grande course angulaire, selon la demande CH00980/17 au nom de Swatch Group Research & Development Ltd.

[0053] Dans une variante non illustrée, l'interaction mécanique entre les moyens de butée axiale et des surfaces de l'élément inertiel 2 est complétée par une interaction magnétique entre ces moyens de butée axiale et ces surfaces.

[0054] Plus particulièrement, l'élément inertiel 2 comporte au moins une masselotte 29, réglable en position et/ou orientation pour le réglage d'ajustement du positionnement de son centre de masse et de son inertie.

[0055] Avantageusement, la masse MA du bloc d'ancrage 30, comme la masse de tout bloc intermédiaire, tel que la première masse intermédiaire 303 ou la deuxième masse intermédiaire 305, qui est interposé dans la suspension flexible entre le bloc d'ancrage 30 et la structure 1, est inférieure au dixième de la masse M0 de l'élément inertiel 2.

[0056] L'invention concerne encore un mécanisme oscillateur 500 d'horlogerie comportant un tel mécanisme résonateur 100 d'horlogerie, et un mécanisme d'échappement 400, agencés pour coopérer l'un avec l'autre. L'élément inertiel 2 comporte ici une cheville 28 à cet effet.

[0057] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 1000 comportant au moins un tel mécanisme oscillateur 500, et/ou au moins un tel mécanisme résonateur 100. Ce mouvement 1000 porte, sur la structure 1, une source d'énergie 1100 telle qu'un barillet, alimentant un rouage 1200 réalisant l'affichage et couplé avec le mécanisme d'échappement 400.

[0058] Dans une variante, ce mouvement est muni d'un échappement à ancre suisse.

[0059] Dans une autre variante, ce mouvement est muni d'un échappement à repos frottant.

[0060] Dans une autre variante encore, ce mouvement est muni d'un échappement à repos magnétique.

[0061] La figure 9 illustre une variante dans laquelle le guidage en translation en X, comme en Y, possède plus de deux lames parallèles, afin d'augmenter sa rigidité sans augmenter la contrainte maximale qu'on aurait en épaississant les deux lames des figures 4, 7, et 8.

[0062] Avantageusement, le pivot flexible est en silicium compensé thermiquement par une couche de dioxyde de silicium.

[0063] Dans une réalisation particulière, la suspension flexible 300 et le bloc d'ancrage 30 constituent un ensemble monobloc.

[0064] Dans une autre réalisation particulière, la suspension flexible 300 et le pivot flexible 200 constituent un ensemble monobloc.

[0065] Avantageusement, le mécanisme d'échappement 400 comporte au moins l'un de ses composants en silicium, ou similaire, pour minimiser son inertie, et notamment un composant ajouré, telle la roue d'échappement de la figure 1

[0066] Avantageusement, l'élément inertiel est une structure au moins localement ajourée en treillage afin de minimiser son rapport masse/inertie.

[0067] L'invention concerne encore une montre 2000 comportant au moins un tel mouvement 1000, et/ou au moins un tel mécanisme oscillateur 500, et/ou au moins un tel mécanisme résonateur 100.

[0068] L'invention permet de découpler le degré de liberté utile du pivot flexible des degrés de libertés de la suspension. De cette manière, la suspension protège le pivot de la rupture lors de chocs pour cinq degrés de liberté, sans interférer dans la rigidité du pivot utile selon le degré de liberté qu'il définit. Sans ce découplage des degrés de liberté, la suspension laisserait bouger l'encastrement des lames, et il en résulterait une diminution importante du facteur de qualité du résonateur. Si la suspension était infiniment rigide, il en résulterait une rupture des lames du pivot lors de chocs accidentels. Ainsi, l'invention permet de protéger le pivot flexible de la rupture sans altérer les qualités du résonateur.

Revendications

1. Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie, comportant une structure (1) et un bloc d'ancrage (30) auquel est suspendu au moins un élément inertiel (2) agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ autour d'un axe de pivotement (D) s'étendant selon une première direction Z, ledit élément inertiel (2) étant soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot flexible (200) comportant une pluralité de premières lames élastiques (3) chacune fixée, à une première extrémité audit bloc d'ancrage (30), et à une deuxième extrémité audit élément inertiel (2), chaque dite lame élastique (3) étant déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z, ledit mécanisme résonateur (100) comportant des moyens de butée axiale comportant au moins une première butée axiale (7) et/ou une deuxième butée axiale (8) pour limiter la course en translation dudit élément inertiel (2) au moins selon ladite première direction Z, lesdits moyens de butée axiale étant agencés pour coopérer en appui de butée avec ledit élément inertiel (2) pour la protection desdites premières lames (3) au moins contre les chocs axiaux selon ladite première direction Z, **caractérisé en ce que** ledit bloc d'ancrage (30) est suspendu à ladite structure (1) par une suspension flexible (300) agencée pour autoriser la mobilité dudit bloc d'ancrage (30) selon cinq degrés de liberté flexibles de la suspension qui sont un premier degré de liberté en translation selon ladite première direction Z, un deuxième degré de liberté en translation selon une deuxième direction X orthogonale à ladite première direction Z, un troisième degré de liberté en translation selon une troisième direction Y orthogonale à ladite deuxième direction X et à ladite première direction Z, un deuxième degré de liberté en rotation RX autour d'un axe s'étendant selon ladite deuxième direction X, et un troisième degré de liberté en rotation RY autour d'un axe s'étendant selon ladite troisième direction Y, **caractérisé en ce que** ladite suspension

flexible (300) est, selon ledit premier degré de liberté en rotation RZ, au moins 10 fois plus rigide que ne l'est ledit pivot flexible (200) selon ledit premier degré de liberté en rotation RZ, et encore **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) est, selon ledit premier degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en translation, ledit troisième degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, ledit troisième degré de liberté en rotation RY, au moins 10 fois moins rigide que ne l'est ledit pivot flexible (200) selon respectivement ledit premier degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en translation, ledit troisième degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, et ledit troisième degré de liberté en rotation RY.

2. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) est, selon ledit premier degré de liberté en rotation RZ, au moins 100 fois plus rigide que ne l'est ledit pivot flexible (200) selon ledit premier degré de liberté en rotation RZ.

3. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) est, selon ledit premier degré de liberté en rotation RZ, au moins 1000 fois plus rigide que ne l'est ledit pivot flexible (200) selon ledit premier degré de liberté en rotation RZ.

4. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) est, selon ledit premier degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en translation, ledit troisième degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, ledit troisième degré de liberté en rotation RY, au moins 50 fois moins rigide que ne l'est ledit pivot flexible (200) selon respectivement ledit premier degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en translation, ledit troisième degré de liberté en translation, ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, et ledit troisième degré de liberté en rotation RY.

5. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) comporte une première liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité selon ledit premier degré de liberté en translation selon ladite première direction Z, et/ou une deuxième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité selon ledit deuxième degré de liberté en translation selon ladite deuxième direction X, et/ou une troisième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité selon ledit troisième degré de liberté en translation selon ladite troisième direction Y, et/ou une quatrième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité en rotation selon ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, et/ou une cinquième liaison élastique agencée pour autoriser sa mobilité en rotation selon ledit troisième degré de liberté en rotation RY.

6. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de butée axiale sont encore agencés pour coopérer en appui de butée avec ledit élément inertiel (2) pour la protection desdites premières lames (3) selon ladite deuxième direction X, selon ladite troisième direction Y, selon ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, et selon ledit troisième degré de liberté en rotation RY, et comportent des premières surfaces d'appui (79 ; 89) radiales agencées pour coopérer avec des premières surfaces d'appui complémentaire (279 ; 289) que comporte ledit élément inertiel (2), et des deuxièmes surfaces d'appui (78 ; 88) agencées pour coopérer avec des deuxièmes surfaces d'appui complémentaire (278 ; 288) que comporte ledit élément inertiel (2).

7. Mécanisme résonateur (100) l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de butée sont portés par ladite structure (1).

8. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de butée comportent une première dite butée axiale (7) et une deuxième dite butée axiale (8) qui sont des cylindres à portée disposés de part et d'autre dudit élément inertiel (2) selon l'axe d'oscillation du résonateur parallèle à ladite première direction Z, et **en ce que** lesdites premières surfaces d'appui complémentaire (279 ; 289) sont des alésages dudit élément inertiel (2) qui s'étendent selon ladite première direction Z, et **en ce que** lesdites deuxièmes surfaces d'appui (78 ; 88) sont sensiblement planes et agencées pour coopérer avec une arête d'un desdits cylindres à portée.

9. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la flexibilité de moyens élastiques que comporte ladite suspension flexible est, selon lesdits cinq degrés de liberté flexibles de la suspension, telle que les fréquences des modes propres de vibration de ladite suspension flexible sont, selon ces cinq degrés de liberté, au moins 10 fois supérieures à la fréquence d'oscillation principale du résonateur lors de l'oscillation de ladite masse inertielle (2).

10. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 5 ou l'une des revendications 6 à 9quand elles dépendent de la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**une plaque comportant au moins deux lames flexibles parallèles et coplanaires assure ladite première liaison élastique de mobilité selon ledit premier degré de liberté en translation selon ladite première direction Z, ladite quatrième liaison élastique de mobilité en rotation selon ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, et ladite cinquième liaison élastique de mobilité en rotation selon ledit troisième degré de liberté en rotation RY.

11. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 5 ou l'une des revendications 6 à 10 quand elles dépendent de la revendication 5, **caractérisé en ce que** la mobilité selon ledit deuxième degré de liberté en translation selon ladite deuxième direction X est assurée par un jeu de lames flexibles comportant au moins deux lames flexibles parallèles et non coplanaires, et/ou **en ce que** la mobilité selon ledit troisième degré de liberté en translation selon ladite troisième direction Y est assurée par un jeu de lames flexibles comportant au moins deux lames flexibles parallèles et non coplanaires.

12. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 5 ou l'une des revendications 6 à 10 quand elles dépendent de la revendication 5, **caractérisé en ce que** la mobilité selon ledit deuxième degré de liberté en translation selon ladite deuxième direction X, et selon ledit deuxième degré de liberté en rotation RX, est assurée par une lame flexible unique déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z et agencée pour tolérer un vrillage de +/-10°par rapport à sa direction longitudinale.

13. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 5 ou l'une des revendications 6 à 10 quand elles dépendent de la revendication 5, caractérisé en ce la mobilité selon ledit troisième degré de liberté en translation selon ladite troisième direction Y, et selon ledit troisième degré de liberté en rotation RY, est assurée par une lame flexible unique déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z et agencée pour tolérer un vrillage de +/-10°par rapport à sa direction longitudinale.

14. Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** lesdites lames élastiques (3) sont droites, et **en ce que** les directions selon lesquelles s'étendent lesdites lames élastiques (3) sont, en projection sur un plan perpendiculaire audit axe de pivotement (D), croisées au niveau dudit axe de pivotement (D).

15. Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** l'interaction mécanique entre lesdits moyens de butée axiale et des surfaces dudit au moins un élément inertiel (2) est complétée par une interaction magnétique entre lesdits moyens de butée axiale et lesdites surfaces dudit au moins un élément inertiel (2).

16. Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** ledit élément inertiel (2) comporte au moins une masselotte réglable en position et/ou orientation pour l'ajustement du positionnement de son centre d'inertie.

17. Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la masse MA dudit bloc d'ancrage (30), comme la masse de tout bloc intermédiaire interposé dans ladite suspension flexible entre ledit bloc d'ancrage (30) et ladite structure (1), est inférieure au dixième de la masse M0 dudit élément inertiel (2).

18. Mécanisme oscillateur (500) d'horlogerie comportant un mécanisme résonateur (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 17, et un mécanisme d'échappement (400), agencés pour coopérer l'un avec l'autre,

19. Mouvement d'horlogerie (1000) comportant au moins un mécanisme oscillateur (500) selon la revendication 18 et/ou au moins un mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 17.

20. Montre (2000) comportant au moins un mouvement (1000) selon la revendication 19 et/ou au moins un mécanisme oscillateur (500) selon la revendication 18 et/ou au moins un mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 17.

Fig. 1

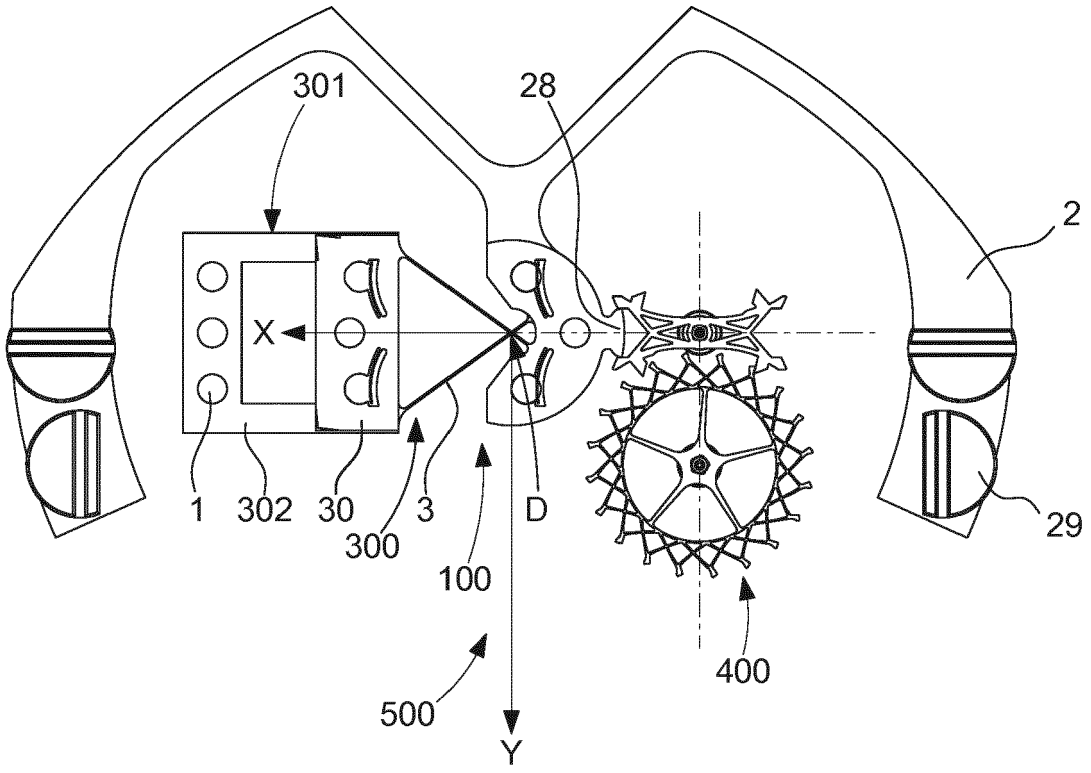


Fig. 2

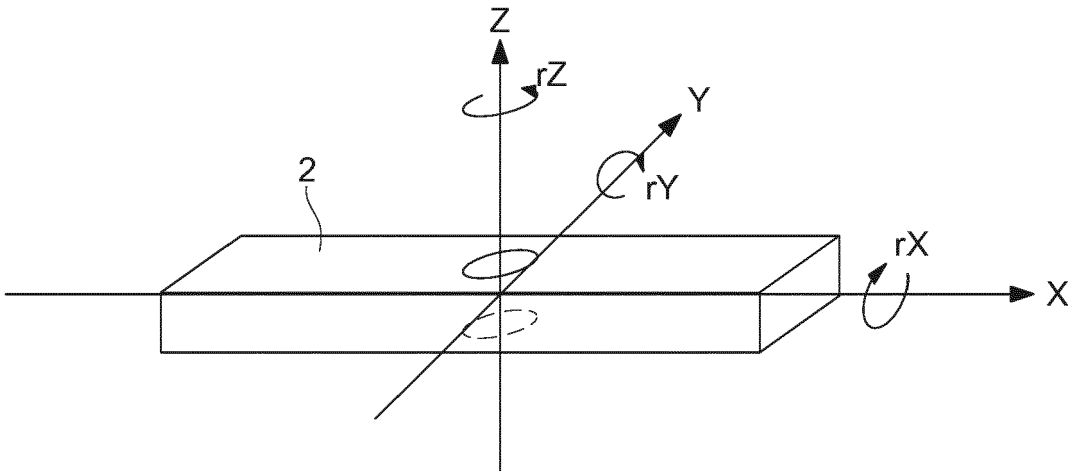


Fig. 3

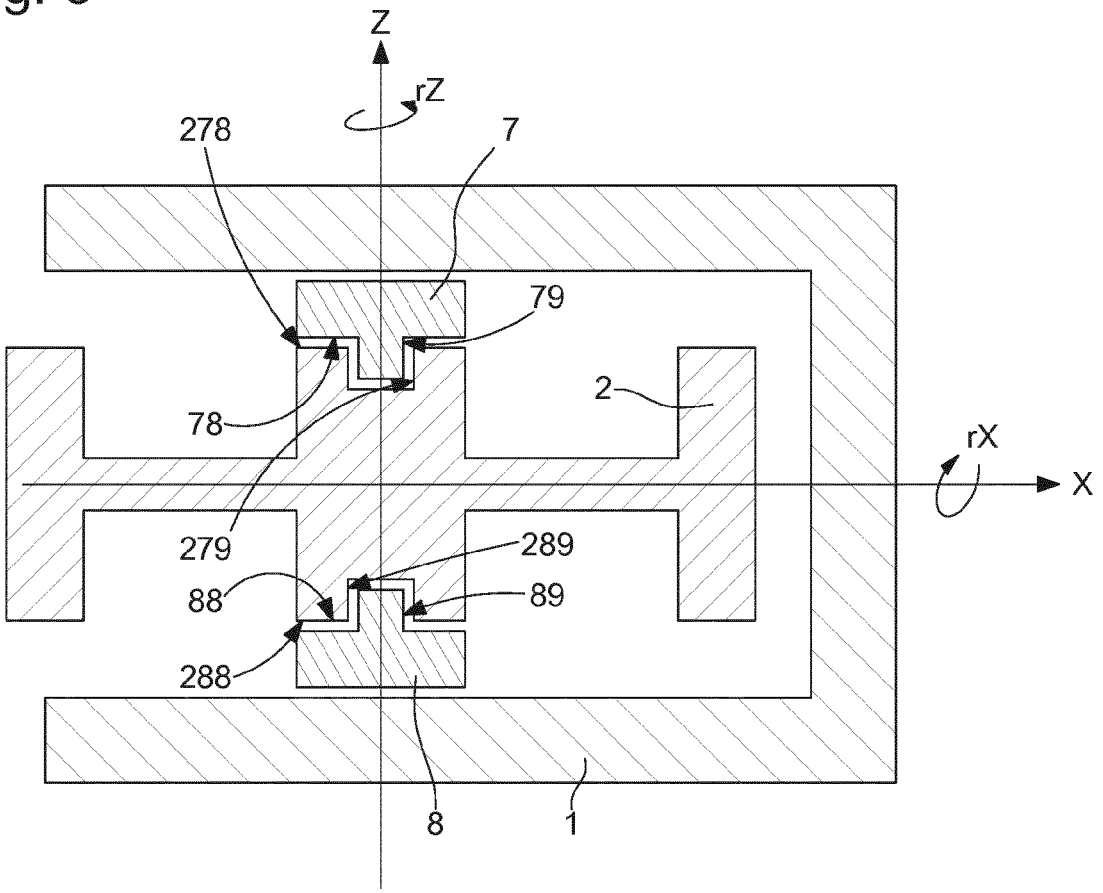

Z
rZ
278
7
79
2
78
rX
X
279
289
88
89
288
8
1

Fig. 4

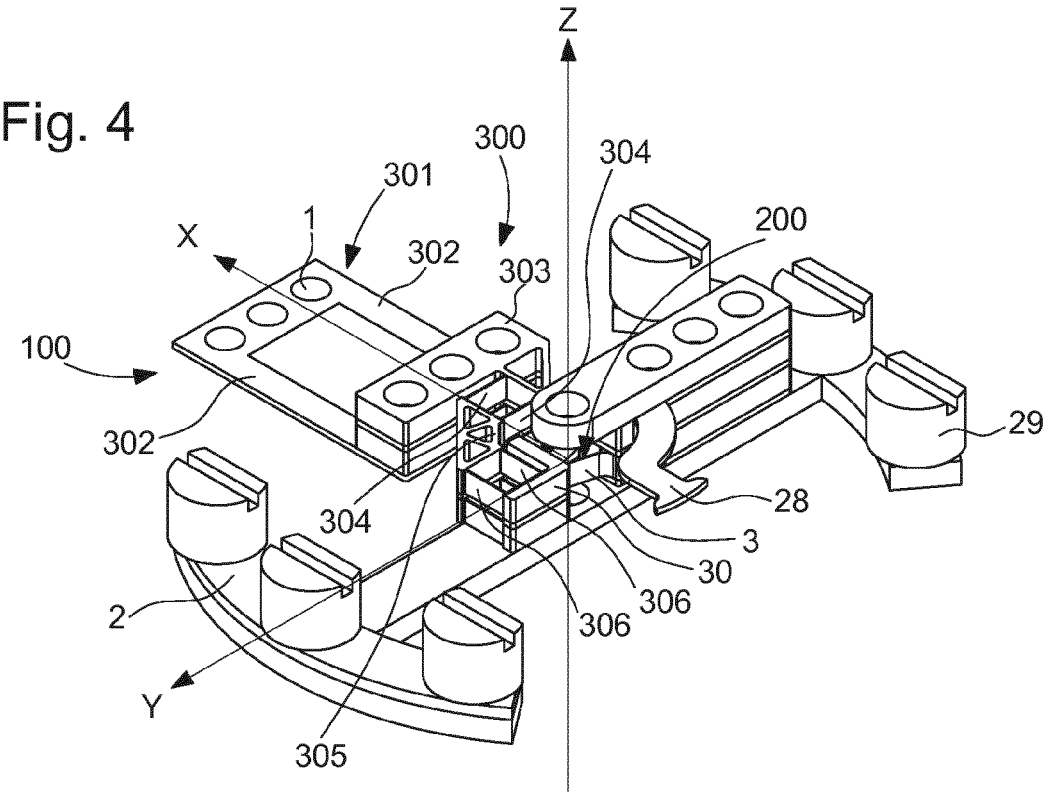

Z
300
304
301
1
200
X
302
303
100
29
302
28
304
3
30
306
306
2
Y
305

Fig. 5

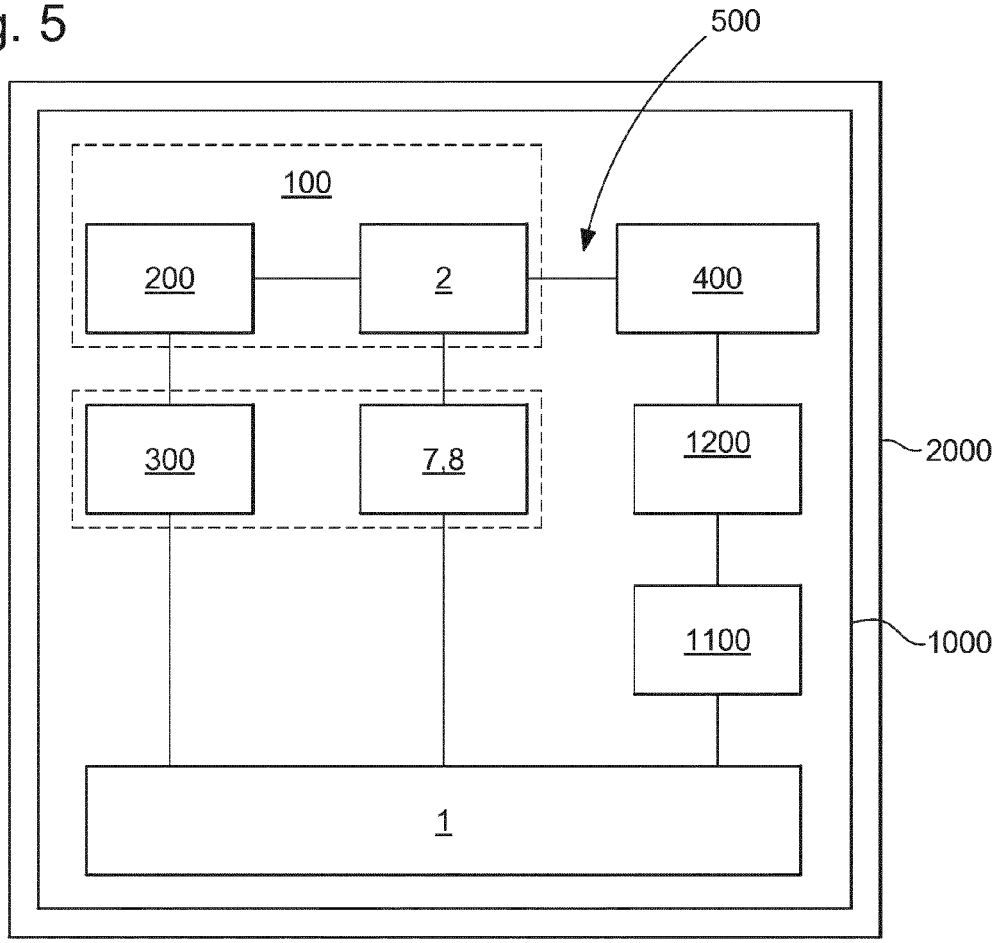

500
100
200
2
400
300
7,8
1200
2000
1100
1000
1

Fig. 6

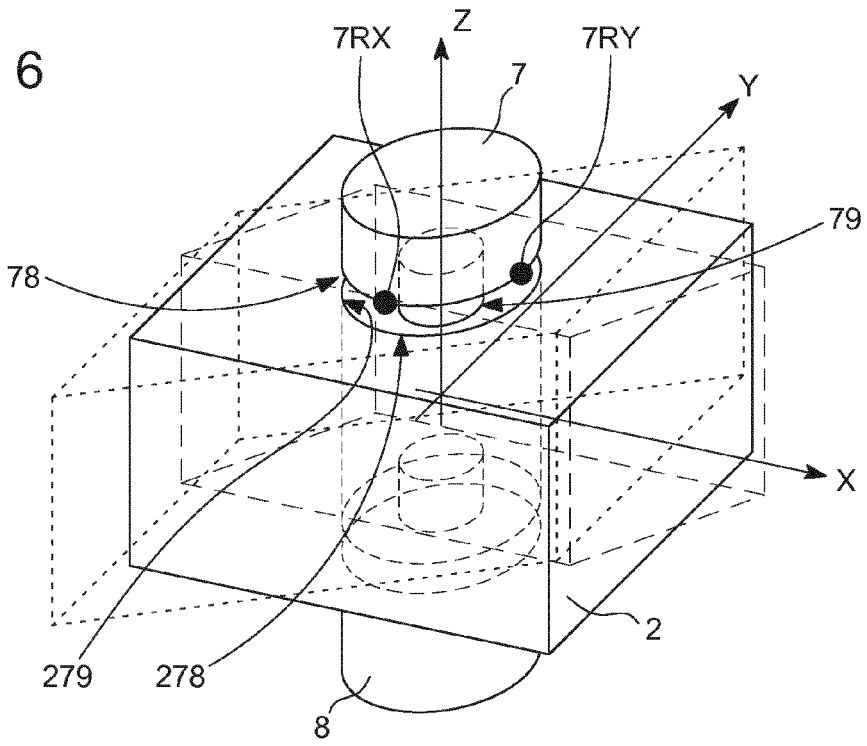

7RX
Z
7RY
7
Y
79
78
X
2
279
278
8

Fig. 7

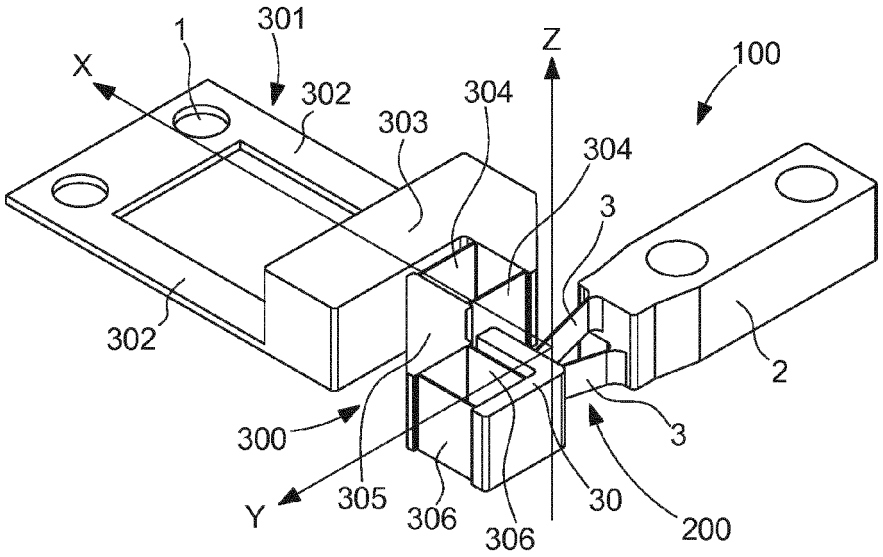


Fig. 8

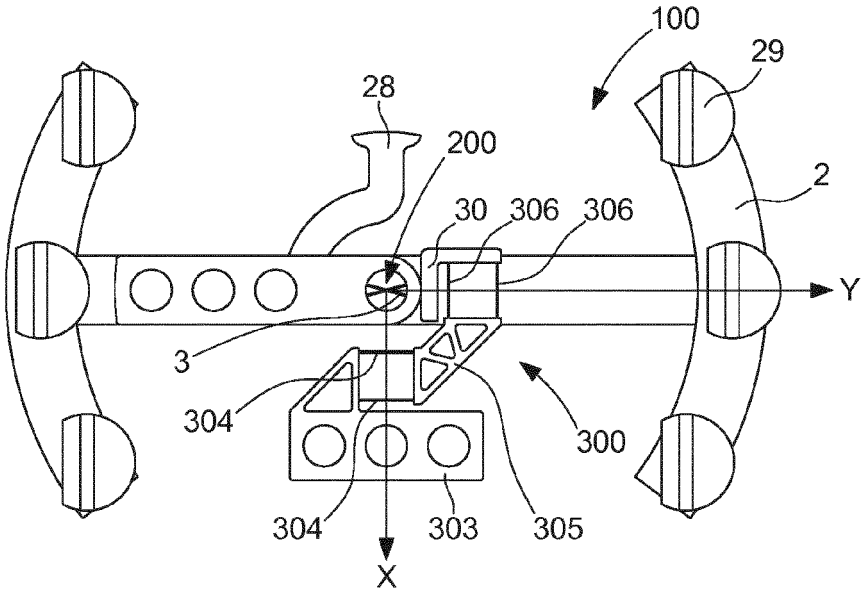
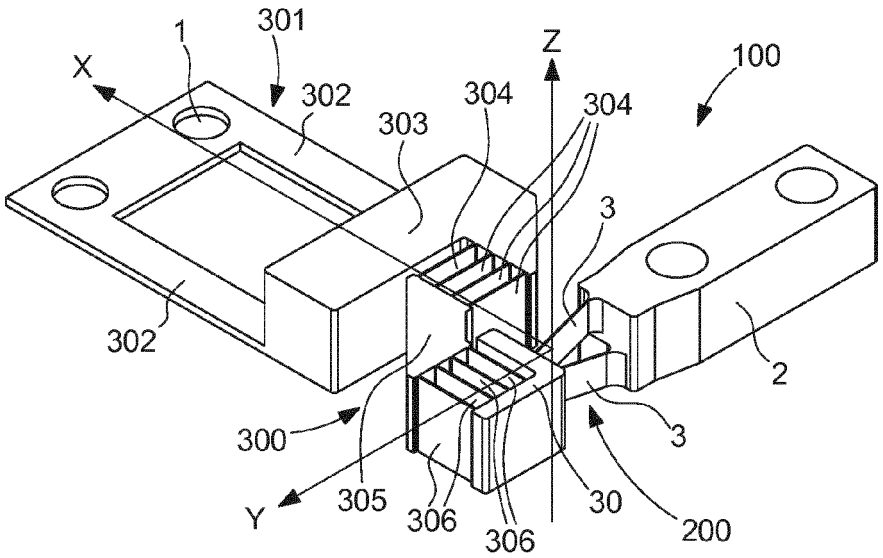


Fig. 9



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 18 16 8765

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	EP 3 035 127 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 22 juin 2016 (2016-06-22) * alinéas [0039], [0064], [0070]; figures 5,13,14 * -----	1-20	INV. G04B43/00 G04B17/04
A,D	EP 3 054 357 A1 (ETA SA MANUFACTURE HORLOGÈRE SUISSE [CH]) 10 août 2016 (2016-08-10) * "... liaison élastique principale de suspension ..." (élément 3 en figure 12); alinéas [0013], [0034], [0038], [0052]; figure 12 * -----	1-20	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

G04B

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	14 novembre 2018	Cavallin, Alberto

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 18 16 8765

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

14-11-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3035127 A1	22-06-2016	CH 710537 A2	30-06-2016
		CN 105717777 A	29-06-2016
		EP 3035127 A1	22-06-2016
		JP 6225156 B2	01-11-2017
		JP 2016118548 A	30-06-2016
		RU 2015154391 A	22-06-2017
		US 2016179058 A1	23-06-2016
EP 3054357 A1	10-08-2016	CH 710692 A2	15-08-2016
		CN 105843026 A	10-08-2016
		CN 205539955 U	31-08-2016
		EP 3054357 A1	10-08-2016
		EP 3054358 A1	10-08-2016
		EP 3293584 A1	14-03-2018
		JP 6114845 B2	12-04-2017
		JP 2016142736 A	08-08-2016
		RU 2016103417 A	07-08-2017
		US 2016223989 A1	04-08-2016

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 3054357 A1 **[0008]**
- EP 3035127 A1 **[0009]**
- CH 0154416 **[0010] [0017]**
- CH 0151116 **[0041]**
- CH 0011116 **[0051]**
- CH 0197914 **[0051]**
- CH 0098017 **[0052]**