



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**02.08.2017 Bulletin 2017/31**

(51) Int Cl.:  
**G04B 15/14 (2006.01)** **G04B 17/04 (2006.01)**  
**G04B 17/10 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **16153274.2**

(22) Date de dépôt: **29.01.2016**

(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:  
**MA MD**

(72) Inventeurs:  
 • **Helfer, Jean-Luc**  
**2525 Le Landeron (CH)**  
 • **Di Domenico, Gianni**  
**2000 Neuchâtel (CH)**  
 • **Winkler, Pascal**  
**2072 St-Blaise (CH)**

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

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

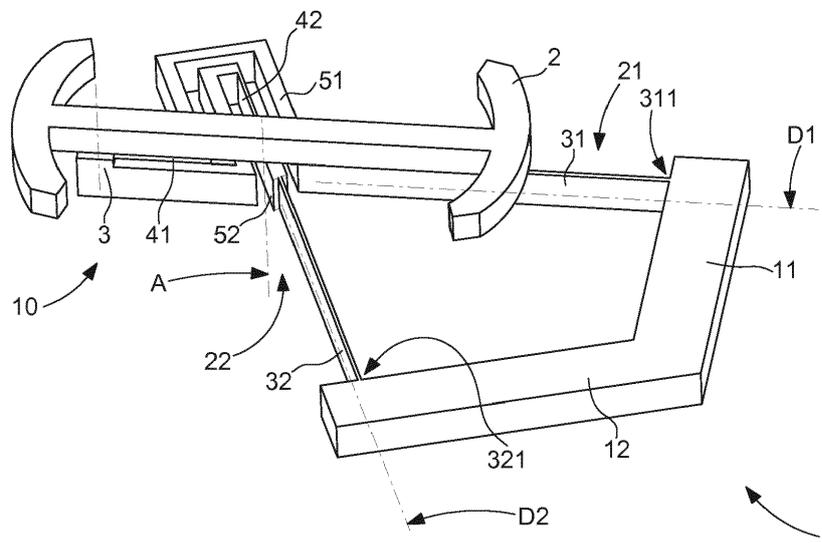
(54) **MECANISME RESONATEUR D'HORLOGERIE**

(57) Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) avec une masse pivotante (2) pivotant autour d'un axe virtuel (A), et comportant un mécanisme flexible de guidage en pivotement (10) et un premier (11) et une deuxième (12) supports fixes auxquels est fixé, par un premier ensemble élastique (21) et respectivement un deuxième ensemble élastique (22) qui définissent ensemble cet axe virtuel (A), un support rotatif (3) portant cette masse pivotante (2).

(10) est plan, le premier ensemble élastique (21) comporte, de part et d'autre de l'axe virtuel (A), et jointes par une première lame intermédiaire (51) plus rigide que chacune d'elles, une première lame flexible externe (31) et une première lame flexible interne (41) définissant ensemble une première direction (D1) passant par l'axe virtuel (A), et le deuxième ensemble élastique (22) comporte une deuxième lame flexible (62) définissant une deuxième direction (D2) passant par l'axe virtuel (A).

Ce mécanisme flexible de guidage en pivotement

Fig. 6



**Description**Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention concerne un mécanisme résonateur d'horlogerie comportant une masse pivotante agencée pour pivoter de façon rotative autour d'un axe de pivotement virtuel, ledit mécanisme résonateur comportant un premier support fixe et un deuxième support fixe auxquels est fixé un mécanisme flexible de guidage en pivotement lequel comporte un support rotatif relié audit premier support fixe par un premier ensemble élastique et relié audit deuxième support fixe par un deuxième ensemble élastique qui définit ledit axe de pivotement virtuel avec ledit premier ensemble élastique, ladite masse pivotante étant rapportée sur ledit support rotatif ou constituée par ledit support rotatif

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

**[0003]** L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

**[0004]** L'invention concerne le domaine des mécanismes résonateurs d'horlogerie.

Arrière-plan de l'invention

**[0005]** Les guidages flexibles à pivot virtuel permettent d'améliorer sensiblement les résonateurs horlogers. Les plus simples sont des pivots à lames croisées, composé de deux lames droites qui se croisent, en général perpendiculaires. Ces deux lames peuvent être soit tridimensionnelles dans deux plans différents, soit bidimensionnelles dans un même plan et sont alors comme soudées à leur point de croisement.

**[0006]** Il est possible d'optimiser un pivot à lames croisées tridimensionnel pour un oscillateur, pour le rendre isochrone et avec une marche indépendante de son orientation dans le champ de gravité, en particulier de deux manières (indépendamment, ou les deux ensemble):

- choisir la position du croisement des lames par rapport à leur encastrement pour avoir une marche indépendante des positions ;
- choisir l'angle entre les lames pour être isochrone, et avoir une marche indépendante de l'amplitude.

**[0007]** Ces solutions connues ont néanmoins des défauts:

- un pivot à lames croisées tridimensionnel ne peut être gravé d'une seule fois en bidimensionnel, ce qui complique sa fabrication ;
- un pivot à lames croisées bidimensionnel, avec lames soudées au croisement, est quatre fois plus rigide que le pivot tridimensionnel équivalent, sa course admissible est quatre fois moins grande que le

pivot tridimensionnel, et il ne peut avoir une marche à la fois indépendante des positions et de l'amplitude.

5 Résumé de l'invention

**[0008]** L'invention cherche les avantages des deux géométries connues bidimensionnelle et tridimensionnelle, dans une exécution simple et économique, donc bidimensionnelle.

**[0009]** L'invention concerne ainsi un mécanisme résonateur d'horlogerie selon la revendication 1.

**[0010]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

**[0011]** L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

**[0012]** Ainsi, l'invention est un pivot lames croisées bidimensionnel avec deux lames qui ne se croisent pas. Il comporte des parties fines qui fléchissent, et des parties larges qui sont assez rigides pour ne pas ou très peu se déformer. Comme ces parties larges ne participent pas à la flexion des lames, elles peuvent être choisies de forme quelconque.

25

Description sommaire des dessins

**[0013]** 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, sous forme d'un schéma-blocs, le principe général d'un résonateur mécanique dans lequel un mobile est suspendu à deux ensembles élastiques agencés selon des directions différentes, de façon à ne permettre à ce mobile qu'un degré de liberté en rotation dans le plan de la feuille;
- la figure 2 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un résonateur mécanique selon l'invention, avec un support rotatif suspendu, et où un premier ensemble élastique comporte, de part et d'autre de l'axe de pivotement virtuel, et jointes par une première lame intermédiaire plus rigide que chacune d'elles, une première lame flexible externe et une première lame flexible interne, qui définissent ensemble une première direction passant par l'axe de pivotement virtuel, représentée sur l'axe vertical de la figure, tandis qu'un deuxième ensemble élastique est constitué par une lame selon la direction horizontale de la figure, et qui passe par l'axe de pivotement virtuel ;
- la figure 3 représente, de façon similaire à la figure 2, un agencement de lames similaires, mais une première lame intermédiaire qui entoure complètement le support rotatif mobile ;
- la figure 4 représente, de façon similaire à la figure

2, un agencement de lames où le support rotatif mobile est extérieur à la première lame intermédiaire, mais où le deuxième ensemble élastique selon la direction horizontale comporte une deuxième lame flexible externe et une deuxième lame flexible interne de part et d'autre d'une deuxième lame intermédiaire plus rigide que chacune d'elles, cette deuxième lame intermédiaire passant par l'axe de pivotement virtuel;

- les figures 5 et 7 représentent chacune un résonateur mécanique similaire à celui de la figure 4, mais dont les directions du premier ensemble élastique et du deuxième ensemble élastique forment entre elles un angle particulier favorable à l'isochronisme de ce résonateur ;
- la figure 6 est une vue en perspective du résonateur de la figure 5, avec un balancier rapporté fixé de façon excentrée sur le support rotatif mobile ;
- la figure 8 représente une variante du résonateur de la figure 5, où la première et la deuxième lame intermédiaire sont squelettées afin de réduire leur inertie et pour éviter des modes propres indésirables ;
- la figure 9 est un schéma-blocs représentant une montre avec un mouvement incorporant un résonateur selon l'invention, lequel comporte plusieurs mécanisme flexible de guidage en pivotement disposés en série.

#### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0014]** L'invention concerne un mécanisme résonateur d'horlogerie 1 comportant une masse pivotante 2, qui est agencée pour pivoter de façon rotative autour d'un axe de pivotement virtuel A.

**[0015]** Ce mécanisme résonateur 1 comporte un premier support fixe 11 et un deuxième support fixe 12, auxquels est fixé un mécanisme flexible de guidage en pivotement 10. Ce mécanisme flexible de guidage en pivotement 10 comporte un support rotatif 3 mobile, qui est relié au premier support fixe 11 par un premier ensemble élastique 21 que comporte le mécanisme flexible de guidage en pivotement 10, et est relié au deuxième support fixe 12 par un deuxième ensemble élastique 22, que comporte aussi le mécanisme flexible de guidage en pivotement 10.

**[0016]** Le premier ensemble élastique 21 et le deuxième ensemble élastique 22 définissent ensemble l'axe de pivotement virtuel A.

**[0017]** La masse pivotante 2 peut être rapportée sur le support rotatif 3, tel que visible sur la figure 6, ou bien constituée par le support rotatif 3.

**[0018]** Selon l'invention, le mécanisme flexible de guidage en pivotement 10 est plan.

**[0019]** Et le premier ensemble élastique 21 comporte, de part et d'autre de l'axe de pivotement virtuel A, et jointes par une première lame intermédiaire 51 plus rigide que chacune d'elles, une première lame flexible externe 31 et une première lame flexible interne 41. Ces première

lame flexible externe 31 et première lame flexible interne 41 définissent ensemble une première direction D1 passant par l'axe de pivotement virtuel A.

**[0020]** Le deuxième ensemble élastique 22 comporte une deuxième lame flexible 62, de préférence passant par l'axe de pivotement virtuel A, et définissant une deuxième direction D2, différente de la première direction D1, passant par l'axe de pivotement virtuel A où elle croise la première direction D1, et faisant avec elle un angle  $\alpha$ . Dans un agencement préféré, cette deuxième lame flexible 62 est traversée, en pleine matière, par cet axe de pivotement virtuel A.

**[0021]** Plus particulièrement, la première lame flexible externe 31 et la première lame flexible interne 41 constituent les parties les plus flexibles du premier ensemble élastique 21. Dans une variante particulière, tel qu'illustré par les figures 1 à 8, le premier ensemble élastique 21 ne comporte que la première lame intermédiaire 51, la première lame flexible externe 31, et la première lame flexible interne 41. Dans une variante particulière, la première lame flexible externe 31, et la première lame flexible interne 41 ont une section identique.

**[0022]** Sur les figures 2 et 3, le premier ensemble élastique 21 et le deuxième ensemble élastique 22 ont des rigidités différentes. Pour symétriser leur rigidité, et même leur déformée, on peut artificiellement épaissir le deuxième ensemble élastique 22 au même endroit que le premier ensemble élastique, par exemple.

**[0023]** Ainsi, en ce qui concerne le deuxième ensemble élastique 22, la deuxième lame flexible 62 peut être une lame simple, tel que visible sur les figures 2 et 3, ou bien, comme le premier ensemble élastique 21, une alternance en série de lames de flexibilité différentes. Ainsi, dans une variante illustrée aux figures 1, et 4 à 8, le deuxième ensemble élastique 22 comporte une deuxième lame flexible externe 32 et une deuxième lame flexible interne 42 de part et d'autre d'une deuxième lame intermédiaire 52 plus rigide que chacune d'elles et constituant avec elles la deuxième lame flexible 62. Dans un agencement particulier, la deuxième lame intermédiaire 52 passe par l'axe de pivotement virtuel A, c'est-à-dire qu'elle est traversée, en pleine matière, par cet axe de pivotement virtuel A. Dans une variante particulière, la deuxième lame flexible externe 32 et la deuxième lame flexible interne 42 ont une section identique.

**[0024]** De préférence, le premier ensemble élastique 21 et le deuxième ensemble élastique 22 sont rigidement encastés dans le premier support fixe 11 et respectivement le deuxième support fixe 12.

**[0025]** Plus particulièrement, la deuxième lame flexible 62 est encastée dans le deuxième support fixe 12 au niveau d'un deuxième encastement externe 72, et dans le support rotatif 3 au niveau d'un deuxième encastement interne 82. Et le deuxième encastement externe 72 et le deuxième encastement interne 82 sont situés de part et d'autre d'une droite parallèle à la direction D1 définie par le premier ensemble élastique, et passant par l'axe de pivotement virtuel A. Plus particulièrement le

deuxième encastrement externe 72 et le deuxième encastrement interne 82 sont situés de part et d'autre de l'axe de pivotement virtuel A. Plus particulièrement encore, le deuxième encastrement externe 72 et le deuxième encastrement interne 82 sont alignés avec l'axe de pivotement virtuel A, tel que visible sur les figures.

**[0026]** S'il est envisageable que la première direction D1 et la deuxième direction D2 soient des directions curvilignes se croisant au niveau de l'axe de pivotement virtuel A, la modélisation est plus aisée avec des éléments droits. Ainsi, dans une variante particulière, la première direction D1 est droite. Dans une autre variante particulière, la deuxième direction D2 est droite. Dans une variante particulière encore, illustrée sur les figures 2 à 8, la première direction D1 est droite, et la deuxième direction D2 est droite.

**[0027]** De la même façon, l'invention est illustrée dans un cas particulier préféré où les lames les plus flexibles, définissant le pivot flexible du mécanisme flexible de guidage en pivotement 10, et l'axe de pivotement virtuel A, sont des lames flexibles droites. D'autres géométries sont néanmoins envisageables, par exemple en forme de serpent, ou autres.

**[0028]** De façon particulière, le premier ensemble élastique 21 entoure le deuxième ensemble élastique 22.

**[0029]** De façon particulière, la première lame intermédiaire 51 entoure complètement le support rotatif mobile 3, tel que visible sur la figure 3. Alors que, sur les variantes des figures 2, et 4 à 8, le support rotatif mobile 3 est externe à la première lame intermédiaire 51.

**[0030]** Le support rotatif 3 à l'extrémité des lames pivote ainsi autour d'un axe de pivotement virtuel A qui est à l'intersection des deux directions de lames. Pour avoir une marche indépendante de la position dans la gravité, il faut à la fois que le centre de rotation instantané du support rotatif 3 et de la masse pivotante 2 qu'il porte le cas échéant ne se déplace pas avec l'angle de rotation. Ainsi, pour un fonctionnement optimal du mécanisme résonateur 1, le centre d'inertie de l'ensemble constitué par la masse pivotante 2 et le support rotatif 3 est situé sur l'axe de pivotement virtuel A. La figure 6 montre un tel exemple, où la masse pivotante 2 est constituée par un balancier, lequel est fixé de façon excentrée sur le support rotatif 3.

**[0031]** Dans une variante avantageuse, pour minimiser l'effet des inerties des premier ensemble élastique 21 et deuxième ensemble élastique 22, les parties les moins flexibles du premier ensemble élastique 21 et/ou du deuxième ensemble élastique 22 sont squelettées pour minimiser leur masse et éviter des modes propres indésirables. En l'occurrence il s'agit essentiellement de la première lame intermédiaire 51, et de la deuxième lame intermédiaire 52, tel que visible sur la figure 8.

**[0032]** De façon avantageuse, les extrémités externes du premier ensemble élastique 21 et du deuxième ensemble élastique 22 sont reliées rigidement respectivement au premier support fixe 11 et au deuxième support fixe 12, et les extrémités internes du premier ensemble

élastique 21 et du deuxième ensemble élastique 22 sont reliées rigidement au support rotatif 3.

**[0033]** Dans une variante particulière avec un isochronisme optimisé, la première direction D1 et la deuxième direction D2 forment l'une avec l'autre un angle compris entre  $70^\circ$  et  $87^\circ$ , et plus particulièrement de  $83.65^\circ$ , tel que visible sur les figures 5 à 7. La demande de brevet CH01979/14, au nom de Swatch Group Research & Development Ltd, incorporée ici par référence, décrit un résonateur d'horlogerie à lames croisées et expose l'importance de la valeur de cet angle particulier.

**[0034]** De façon à ce que la marche du mécanisme résonateur 1 soit le moins dépendante possible de sa position dans le champ de gravité, la détermination de la position du croisement des directions des lames, par rapport à leur encastrement, est importante.

**[0035]** Dans une variante particulière, la première lame flexible externe 31 est reliée rigidement à la première lame intermédiaire 51 en un premier point d'encastrement externe 310, la première lame flexible interne 41 est reliée rigidement à la première lame intermédiaire 51 en un premier point d'encastrement interne 410. Et, dans un agencement avantageux, en projection sur la première direction D1, une première distance intermédiaire  $d1$  définie par l'écart entre le premier point d'encastrement externe 310 et le premier point d'encastrement interne 410, et une première distance totale  $L1$  définie par l'écart entre, d'une part un premier point d'encastrement externe 311 entre la première lame externe 31 et le premier support fixe 11, et d'autre part un premier point d'encastrement interne 411 entre la première lame interne 41 et le support rotatif 3, définissent un rapport  $d1/L1$  compris entre 0.05 et 0.25, et notamment égal à 0.20.

**[0036]** Plus particulièrement encore, en projection sur la première direction D1, un premier rayon  $r1$  défini par l'écart entre le premier point d'encastrement interne 411 et l'axe de pivotement virtuel A, et la première distance totale  $L1$ , définissent un rapport  $r1/L1$  compris entre 0.05 et 0.3. et notamment égal à 0.185.

**[0037]** De façon similaire, dans une variante particulière, la deuxième lame flexible externe 32 est reliée rigidement à la deuxième lame intermédiaire 52 en un deuxième point d'encastrement externe 320, la deuxième lame flexible interne 42 est reliée rigidement à la deuxième lame intermédiaire 52 en un deuxième point d'encastrement interne 420. Et, dans un agencement avantageux, en projection sur la deuxième direction D2, une deuxième distance intermédiaire  $d2$  définie par l'écart entre le deuxième point d'encastrement externe 320 et le deuxième point d'encastrement interne 420, et une deuxième distance totale  $L2$  définie par l'écart entre, d'une part un deuxième point d'encastrement externe 321 entre la deuxième lame externe 32 et le deuxième support fixe 12, et d'autre part un deuxième point d'encastrement interne 421 entre la deuxième lame interne 42 et le support rotatif 3, définissent un rapport  $d2/L2$  compris entre 0.05 et 0.25, et notamment égal à 0,20.

**[0038]** Plus particulièrement encore, en projection sur

la deuxième direction D2, un deuxième rayon r2 défini par l'écart entre le deuxième point d'encastrement interne 421 et l'axe de pivotement virtuel A, et la deuxième distance totale L2, définissent un rapport r2/L2 compris entre 0.05 et 0.3, et notamment égal à 0.185.

**[0039]** Dans une variante particulière, la première distance intermédiaire d1, la première distance totale L1, la deuxième distance intermédiaire d2, la deuxième distance totale L2, sont liées par les relations  $d1=d2$  et  $L1=L2$ .

**[0040]** Dans une autre variante particulière, le premier rayon r1, la première distance totale L1, le deuxième rayon r2, la deuxième distance totale L2, sont liées par les relations  $r1=r2$  et  $L1=L2$ .

**[0041]** Dans une autre variante particulière,  $d1=d2$ , et  $r1=r2$ , et  $L1=L2$ .

**[0042]** Pour chaque valeur de ratio  $d1/L1 = d2/L2$ , on peut trouver un angle  $\alpha$  optimal et un rapport  $r1/L1=r2/L2$  optimal pour que la marche soit indépendante à la fois de l'amplitude et de l'orientation dans le champ de gravité. Des modélisations sont nécessaires pour déterminer les valeurs optimales, aussi l'emploi de lames flexibles droites facilite-t-il ces calculs.

**[0043]** Avantagusement, tel que visible sur la figure 7, les proportions des parties les plus rigides 51 et 52, du premier ensemble élastique 21 et du deuxième ensemble élastique 22, entre les points d'encastrement respectifs : 310, 410 et 320, 420, par rapport à l'axe de pivotement virtuel A, où « de » est la distance du côté externe entre l'axe A et l'encastrement, et où « di » est la distance du côté interne entre l'axe A et l'encastrement, sont telles que :  $de/(de+di) = 1/3$  et  $di/(de+di) = 2/3$ .

**[0044]** L'invention se prête particulièrement bien à une exécution monolithique.

**[0045]** Dans une réalisation avantageuse, le premier support fixe 11, le deuxième support fixe 12, et le un mécanisme flexible de guidage en pivotement 10 forment un ensemble monobloc. Cet ensemble monobloc peut être réalisé par des technologies de type « MEMS » ou « LIGA » ou similaire, en silicium ou similaire, compensé thermiquement, notamment par une croissance locale particulière de dioxyde de silicium, dans certaines zones de la pièce agencées à cet effet, quand cet ensemble monobloc est réalisé en silicium.

**[0046]** Le mécanisme résonateur d'horlogerie 1 peut comporter une pluralité de tels mécanismes flexibles de guidage en pivotement 10 montés en série, pour augmenter la course angulaire totale, disposés dans des plans parallèles, et autour du même axe de pivotement virtuel A.

**[0047]** L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 100 comportant au moins un tel mécanisme résonateur 1.

**[0048]** L'invention concerne encore une montre 1000 comportant au moins un tel mouvement 100.

**[0049]** L'invention apporte plusieurs avantages:

- facilité de fabrication, grâce au regroupement des éléments fonctionnels dans un seul plan ;

- marche indépendante des positions dans le champ de gravité ;
- marche indépendante de l'amplitude.

5

## Revendications

1. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) comportant une masse pivotante (2) agencée pour pivoter de façon rotative autour d'un axe de pivotement virtuel (A), ledit mécanisme résonateur (1) comportant un premier support fixe (11) et un deuxième support fixe (12) auxquels est fixé un mécanisme flexible de guidage en pivotement (10) lequel comporte un support rotatif (3) relié audit premier support fixe (11) par un premier ensemble élastique (21) et relié audit deuxième support fixe (12) par un deuxième ensemble élastique (22) qui définit ledit axe de pivotement virtuel (A) avec ledit premier ensemble élastique (21), ladite masse pivotante (2) étant rapportée sur ledit support rotatif (3) ou constituée par ledit support rotatif (3), **caractérisé en ce que** ledit mécanisme flexible de guidage en pivotement (10) est plan, **en ce que** ledit premier ensemble élastique (21) comporte, de part et d'autre dudit axe de pivotement virtuel (A), et jointes par une première lame intermédiaire (51) plus rigide que chacune d'elles, une première lame flexible externe (31) et une première lame flexible interne (41) définissant ensemble une première direction (D1) qui passe par ledit axe de pivotement virtuel (A), et **en ce que** ledit deuxième ensemble élastique (22) comporte une deuxième lame flexible (62) définissant une deuxième direction (D2) qui passe par ledit axe de pivotement virtuel (A), et **caractérisé en ce que** ladite deuxième lame flexible (62) est encadrée dans ledit deuxième support fixe (12) au niveau d'un deuxième encastrement externe (72), et dans ledit support rotatif (3) au niveau d'un deuxième encastrement interne (82), et **en ce que** ledit deuxième encastrement externe (72) et ledit deuxième encastrement interne (82) sont situés de part et d'autre d'une droite parallèle à ladite première direction (D1) et passant par ledit axe de pivotement virtuel (A).
2. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit deuxième encastrement externe (72) et ledit deuxième encastrement interne (82) sont alignés avec ledit axe de pivotement virtuel (A).
3. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ledit axe de pivotement virtuel (A) traverse la matière de ladite deuxième lame flexible (62).
4. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**

- ladite première lame flexible externe (31) et ladite première lame flexible interne (41) constituent les parties les plus flexibles dudit premier ensemble élastique (21).
5. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ledit deuxième ensemble élastique (22) comporte une deuxième lame flexible externe (32) et une deuxième lame flexible interne (42) de part et d'autre d'une deuxième lame intermédiaire (52) plus rigide que chacune d'elles et constituant avec elles ladite deuxième lame flexible (62).
6. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ladite première direction (D1) est droite.
7. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ladite deuxième direction (D2) est droite.
8. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ledit premier ensemble élastique (21) entoure ledit deuxième ensemble élastique (22).
9. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le centre d'inertie de l'ensemble constitué par ladite masse pivotante (2) et ledit support rotatif (3) est situé sur ledit axe de pivotement virtuel (A).
10. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les parties les moins flexibles dudit premier ensemble élastique (21) et/ou dudit deuxième ensemble élastique (22) sont squelettées pour minimiser leur masse et éviter des modes propres indésirables.
11. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les extrémités externes dudit premier ensemble élastique (21) et dudit deuxième ensemble élastique (22) sont reliées rigidement respectivement audit premier support fixe (11) et audit deuxième support fixe (12), et **en ce que** les extrémités internes dudit premier ensemble élastique (21) et dudit deuxième ensemble élastique (22) sont reliées rigidement audit support rotatif (3).
12. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon les revendications 6 et 7 **caractérisé en ce que** lesdites première direction (D1) et deuxième direction (D2) forment l'une avec l'autre un angle compris entre 70° et 87°.
13. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ladite première lame flexible externe (31) est reliée rigidement à ladite première lame intermédiaire (51) en un premier point d'encastrement externe (310), **en ce que** ladite première lame flexible interne (41) est reliée rigidement à ladite première lame intermédiaire (51) en un premier point d'encastrement interne (410), et **en ce que**, en projection sur ladite première direction (D1), une première distance intermédiaire (d1) définie par l'écart entre ledit premier point d'encastrement externe (310) et ledit premier point d'encastrement interne (410), et une première distance totale (L1) définie par l'écart entre, d'une part un premier point d'encastrement externe (311) entre ladite première lame externe (31) et ledit premier support fixe (11), et d'autre part un premier point d'encastrement interne (411) entre ladite première lame interne (41) et ledit support rotatif (3), définissent un rapport  $d1/L1$  compris entre 0.05 et 0.25.
14. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon la revendication 13, **caractérisé en ce que**, en projection sur ladite première direction (D1), un premier rayon (r1) défini par l'écart entre ledit premier point d'encastrement interne (411) et ledit axe de pivotement virtuel (A), et ladite première distance totale (L1), définissent un rapport  $r1/L1$  compris entre 0.05 et 0.3.
15. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon les revendications 3 et 7, **caractérisé en ce que** ladite deuxième lame flexible externe (32) est reliée rigidement à ladite deuxième lame intermédiaire (52) en un deuxième point d'encastrement externe (320), **en ce que** ladite deuxième lame flexible interne (42) est reliée rigidement à ladite deuxième lame intermédiaire (52) en un deuxième point d'encastrement interne (420), et **en ce que**, en projection sur ladite deuxième direction (D2), une deuxième distance intermédiaire (d2) définie par l'écart entre ledit deuxième point d'encastrement externe (320) et ledit deuxième point d'encastrement interne (420), et une deuxième distance totale (L2) définie par l'écart entre, d'une part un deuxième point d'encastrement externe (321) entre ladite deuxième lame externe (32) et ledit deuxième support fixe (12), et d'autre part un deuxième point d'encastrement interne (421) entre ladite deuxième lame interne (42) et ledit support rotatif (3), définissent un rapport  $d2/L2$  compris entre 0.05 et 0.25.
16. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon la revendication 15, **caractérisé en ce que**, en projection sur ladite deuxième direction (D2), un deuxième rayon (r2) défini par l'écart entre ledit deuxième point d'encastrement interne (421) et ledit axe de pivotement virtuel (A), et ladite deuxième distance totale (L2), définissent un rapport  $r2/L2$  compris entre 0.05

et 0.3.

17. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon les revendications 13 et 15, **caractérisé en ce que** ladite première distance intermédiaire (d1), ladite première distance totale (L1), ladite deuxième distance intermédiaire (d2), ladite deuxième distance totale (L2), sont liées par les relations  $d1=d2$  et  $L1=L2$ . 5
18. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon les revendications 14 et 16, **caractérisé en ce que** ledit premier rayon (r1), ladite première distance totale (L1), ledit deuxième rayon (r2), ladite deuxième distance totale (L2), sont liées par les relations  $r1=r2$  et  $L1=L2$ . 10 15
19. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que** ledit premier support fixe (11), ledit deuxième support fixe (12), et ledit un mécanisme flexible de guidage en pivotement (10) forment un ensemble monobloc en silicium, compensé thermiquement. 20
20. Mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 19, **caractérisé en ce qu'il** comporte une pluralité de dits mécanismes flexibles de guidage en pivotement (10) montés en série, pour augmenter la course angulaire totale, disposés dans des plans parallèles, et autour du même dit axe de pivotement virtuel (A). 25 30
21. Mouvement d'horlogerie (100) comportant au moins un mécanisme résonateur d'horlogerie (1) selon l'une des revendications 1 à 20. 35
22. Montre (1000) comportant au moins un mouvement (100) selon la revendication 21. 40

40

45

50

55

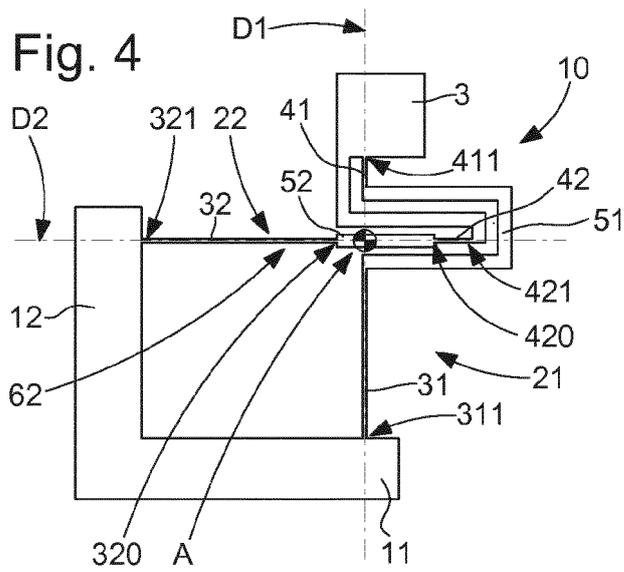
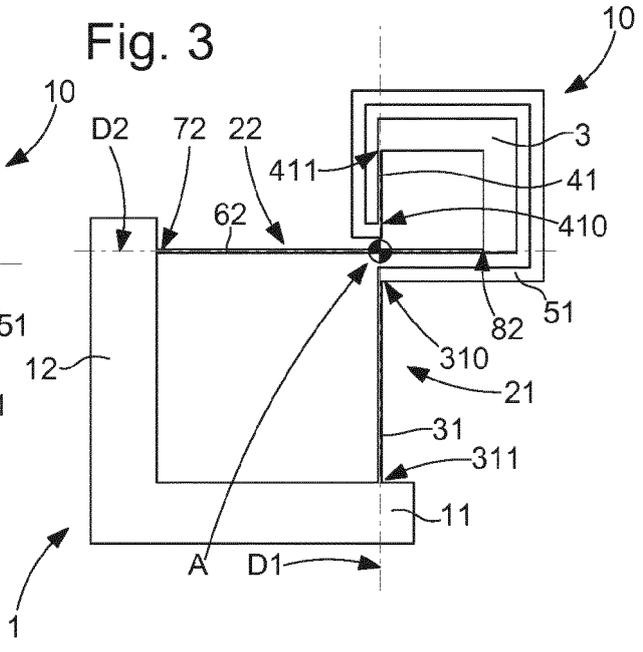
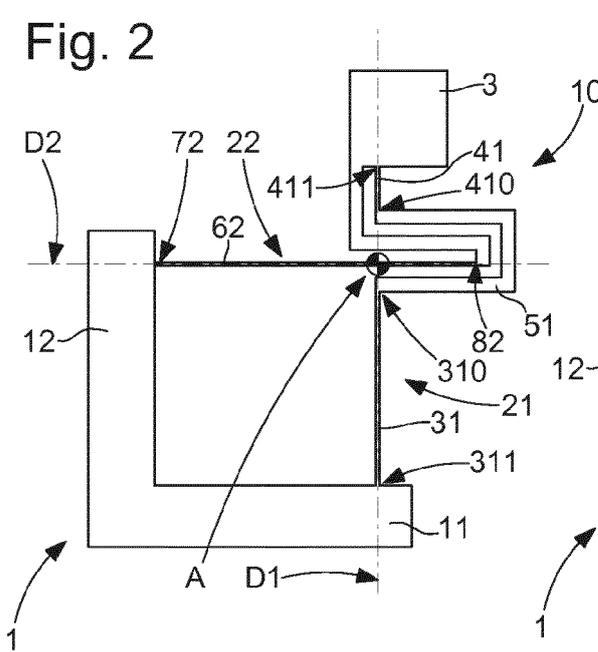
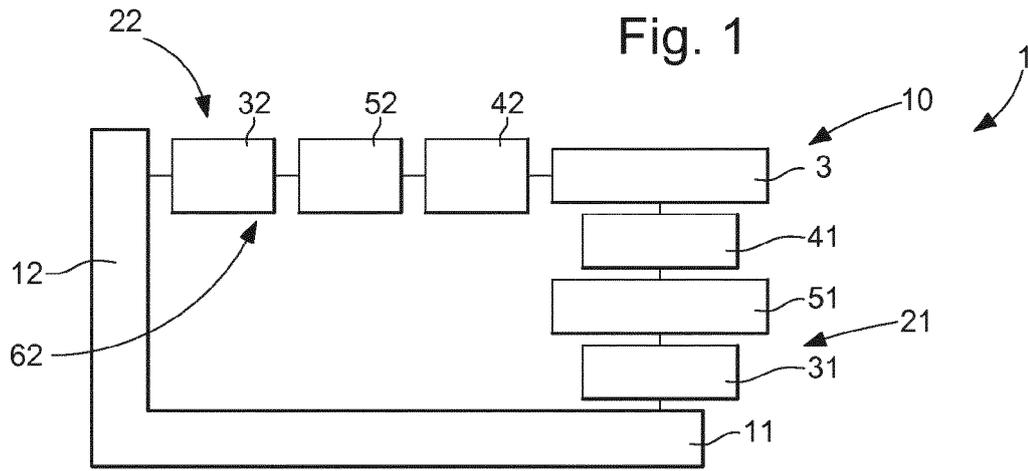


Fig. 5

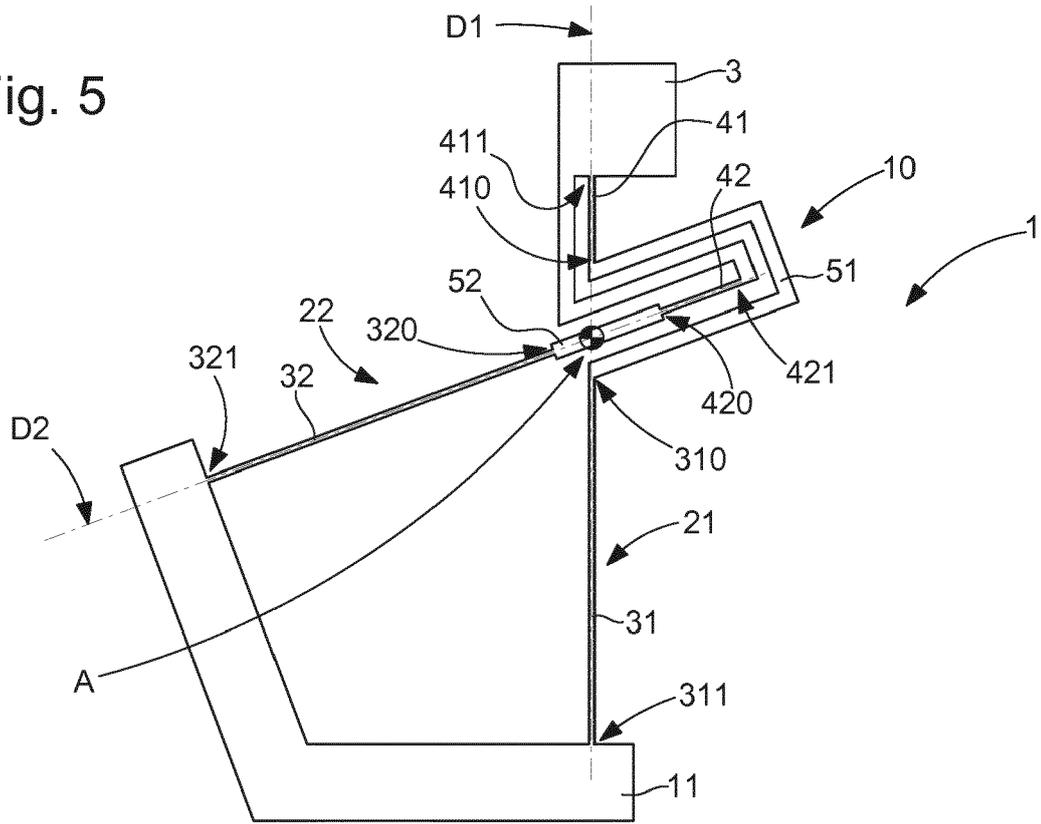
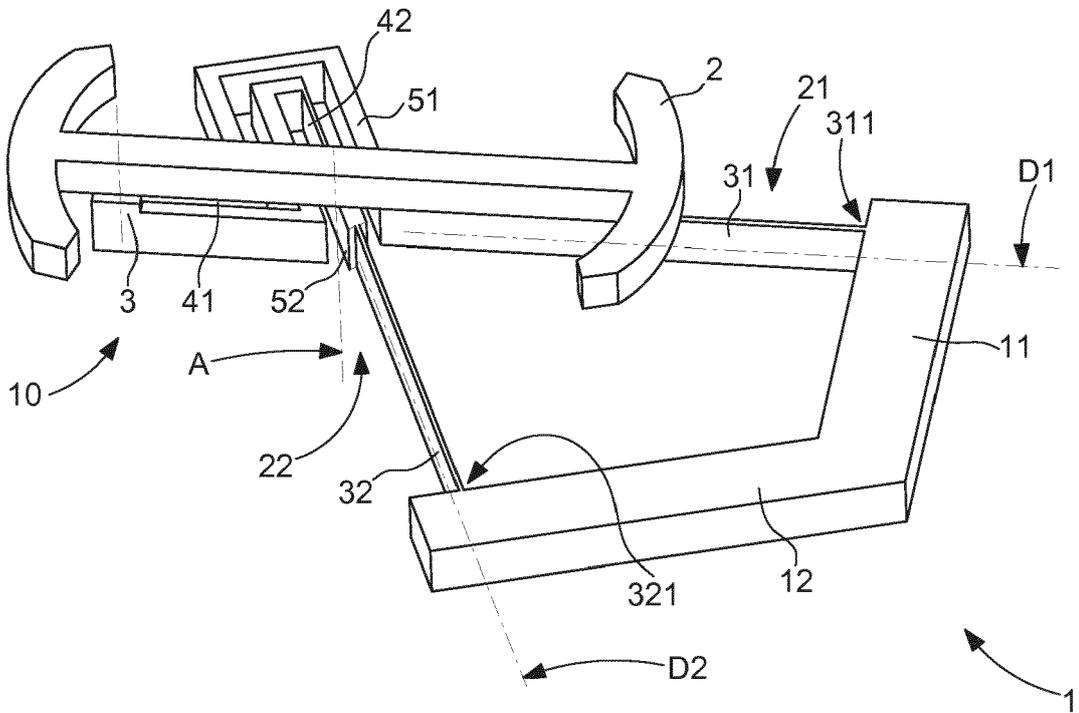


Fig. 6







RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 16 15 3274

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 2 911 012 A1 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 26 août 2015 (2015-08-26)	1-7, 9-11, 19-22	INV. G04B15/14 G04B17/04 G04B17/10
A	* alinéas [[0013]] - [[0018]], [[0020]], [[0028]] - [[0029]]; figures 1,3,4 *	8,12-18	
Y	EP 1 013 949 A1 (SYSMELEC SA [CH]) 28 juin 2000 (2000-06-28)	1-7, 9-11, 19-22	
A	* alinéas [0002], [0009], [0015], [0017] - [0021], [0031] - [0032]; figures 7,8 *	12-18	
A	EP 2 037 335 A2 (ENZLER AUGUST [CH]) 18 mars 2009 (2009-03-18) * alinéas [0019] - [0020]; figures 5,6 *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B F16C
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		25 août 2016	Camatchy Toppé, A
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 16 15 3274

5 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 membres 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.

25-08-2016

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2911012	A1	26-08-2015	AUCUN
EP 1013949	A1	28-06-2000	AUCUN
EP 2037335	A2	18-03-2009	CH 708113 B1 15-12-2014 EP 2037335 A2 18-03-2009 EP 2687916 A1 22-01-2014

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**

- CH 0197914 [0033]