



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
20.06.2018 Bulletin 2018/25

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

(21) Numéro de dépôt: **16204580.1**

(22) Date de dépôt: **16.12.2016**

(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

(71) Demandeur: **Association Suisse pour la Recherche Horlogère**
2002 Neuchâtel (CH)

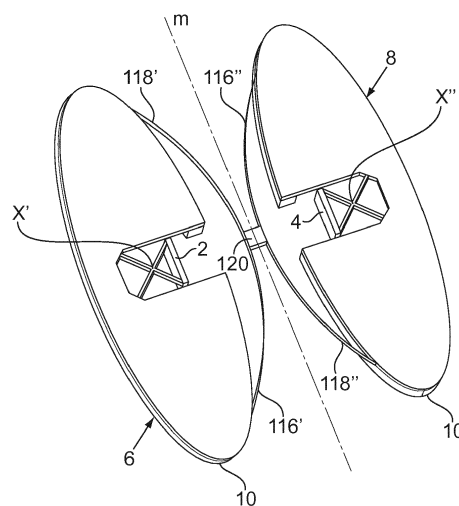
(72) Inventeurs:
• **Bayat, Dara**
2000 Neuchâtel (CH)
• **Pétremand, Yves**
1400 Yverdon-les-Bains (CH)
• **Kjelberg, Ivar**
1400 Yverdon-les-Bains (CH)

(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)

(54) **RESONATEUR POUR PIECE D'HORLOGERIE COMPORTANT DEUX BALANCIERS AGENCES POUR OSCILLER DANS UN MEME PLAN**

(57) Le résonateur pour pièce d'horlogerie comporte une structure de support (2, 4) destinée à permettre le montage du résonateur dans une pièce d'horlogerie, un premier et un second balancier (6, 8) agencés pour osciller dans un même plan, au moins un premier élément élastique agencé pour relier le premier balancier (6) à la structure de support, au moins un second élément élastique agencé pour relier le second balancier (8) à la structure de support, la configuration des éléments élastiques déterminant deux axes parallèles (X', X'') de pivotement élastique pour les deux balanciers, et les éléments élastiques formant des moyens de rappel élastiques agencés pour rappeler angulairement chacun des balanciers vers une position de repos. Le résonateur comporte en outre une bretelle (116, 118) agencée pour coupler le premier et le second balancier (6, 8), la bretelle étant attachée au premier et au second balancier. Les points de jonction de la bretelle respectivement avec le premier et le second balancier sont situés dans un même plan parallèle au plan d'oscillation des balanciers. Lorsque les balanciers sont dans leur position de repos, ces points de jonction sont symétriques par rapport à un centre de symétrie (O) situé à mi-chemin entre les deux axes géométriques de pivotement (X', X'').

Fig.3



Description

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne un résonateur pour pièce d'horlogerie comportant une structure de support destinée à permettre le montage du résonateur dans une pièce d'horlogerie, deux balanciers agencés pour osciller dans un même plan, et une pluralité d'éléments élastiques agencés pour relier les deux balanciers à la structure de support, la configuration de la pluralité d'éléments élastiques déterminant deux axes parallèles de pivotement élastique pour les deux balanciers, et la pluralité d'éléments élastiques formant également des moyens de rappel élastiques agencés pour rappeler angulairement chacun des deux balanciers vers une position de repos.

ART ANTERIEUR

[0002] Les montres mécaniques connues utilisent habituellement comme organe de régulation un balancier-spiral. Ce dernier est composé de trois parties principales : un balancier en forme de volant d'inertie, un axe qui porte le balancier et qui est terminé par deux pivots permettant de monter le balancier dans un bâti de pièce d'horlogerie, et enfin, un ressort spiral qui produit un couple de rappel proportionnel à la grandeur de l'angle séparant le balancier de sa position d'équilibre. Comme on le sait bien, le balancier-spiral constitue la base de temps quasi exclusive des montres mécaniques depuis plus de 300 ans.

[0003] L'utilisation d'un balancier-spiral comme base de temps donne la possibilité d'avoir des montres robustes et faisant preuve d'une précision chronométrique de l'ordre de 15 secondes par jour. On peut donc dire que balancier-spiral est un résonateur fiable et précis. Il n'en demeure pas moins que la précision des montres à quartz est encore bien supérieure à celle des montres mécaniques équipées d'un balancier-spiral. Cette différence de précision est attribuable en partie au fait qu'un diapason en quartz possède un facteur de qualité considérablement plus élevé que celui d'un balancier-spiral.

[0004] L'amplitude des oscillations d'un balancier-spiral est considérable. Elle varie habituellement entre 180° et 315° suivant le degré d'armage du ressort-moteur et selon la position plutôt horizontale ou plutôt verticale de la montre. Dans ces conditions, les deux paliers dans lesquels tourne l'axe du balancier sont très sollicités, ce qui entraîne la dissipation d'une fraction de l'énergie du balancier par frottement. On comprendra que ces frottements contribuent à abaisser le facteur de qualité du balancier-spiral. De grands efforts ont été accomplis pour fournir des paliers de balancier présentant des propriétés tribologiques optimisées. Il n'en demeure pas moins que l'effet négatif des frottements sur le facteur de qualité n'a pas encore été éliminé.

[0005] Dans le but de remédier aux problèmes qui

viennent d'être décrits, on a proposé de remplacer les pivotements traditionnels des balanciers par un pivotement flexible. Le document de brevet CH 709 291 A2, en particulier, décrit un résonateur pour pièce d'horlogerie comprenant un élément de support, destiné à permettre le montage du résonateur dans une pièce d'horlogerie, un balancier en forme de volant d'inertie, et enfin deux lames élastiques qui relient l'élément de support au balancier en se croisant. La configuration des deux lames élastiques est choisie de manière à définir un axe géométrique de pivotement concentrique au balancier. De plus, les deux lames sont agencées de manière à exercer un couple de rappel sur le balancier. Avec cette construction, lorsque le résonateur oscille, les deux lames se déforment jouant tout à la fois le rôle de ressort-spiral et de pivotement flexible. On comprendra de ce qui précède que la solution proposée dans ce document antérieur permet d'éliminer une des principales causes de frottement, puisqu'elle supprime les paliers du balancier pour les remplacer par un pivotement flexible. Selon le document CH 709 291 A2, l'oscillateur proposé possède un facteur de qualité environ 10 fois supérieur à celui d'un balancier-spiral.

[0006] Le résonateur susmentionné présente toutefois certains inconvénients. En effet, selon ce document l'amplitude des oscillations du balancier est typiquement de 20°. Dans ces conditions, l'effet d'un éventuel défaut de colinéarité entre, d'une part, le moment cinétique du balancier, et d'autre part, son axe géométrique de pivotement, ne peut pas être simplement neutralisé par la rotation. Par ailleurs, on peut craindre qu'un balancier à pivot flexible comme celui qui vient d'être décrit soit plus sensible aux chocs qu'un balancier-spiral. Afin de remédier à ces deux derniers problèmes, le document de brevet EP 3 035 127 A1 propose de coupler deux résonateurs à pivot flexible, de manière à réaliser une forme de diapason. Selon cette proposition, le couplage entre les deux résonateurs est assuré par un élément de liaison mobile auquel les lames élastiques des deux résonateurs sont fixées par une extrémité. L'autre extrémité de chaque paire de lames est reliée à un des deux balanciers comme précédemment. On comprendra que selon ce deuxième document antérieur, l'élément de liaison porte les deux balanciers, tout en étant lui-même fixé élastiquement sur un élément de support monté rigidement dans la pièce d'horlogerie. Avec un tel agencement, les axes géométriques de pivotement des deux balanciers occupent chacun une position fixe par rapport à l'élément de liaison, tout en étant mobile collectivement relativement au bâti de la pièce d'horlogerie.

[0007] Comme l'indique le titre du document EP 3 035 127 A1, l'oscillateur qu'il décrit constitue une forme de diapason. A cet égard, on sait qu'un avantage lié à la symétrie des diapasons est qu'elle privilégie quelques modes d'oscillations bien définis ayant un facteur de qualité élevé. Parmi ces modes d'oscillations, les deux modes les plus fondamentaux sont le mode symétrique et le mode antisymétrique. En ce qui concerne les applica-

tions horlogères, le mode antisymétrique (les branches du diapason se déplacent en même temps dans des sens opposés) est le plus avantageux en raison de sa moindre sensibilité aux phénomènes externes ; aux chocs notamment. Avec un diapason destiné à une application horlogère, il est donc important que le mode d'oscillations symétrique (les branches du diapason se déplacent en même temps dans le même sens) soit toujours amorti efficacement. Dans ce contexte, le document EP 3 035 127 A1 enseigne de coupler les oscillations des deux balanciers en utilisant un élément de liaison suspendu élastiquement sur un élément fixe. Une particularité du mode de résonance antisymétrique est que le centre de masse du système reste au repos, les forces agissant sur l'élément liaison du diapason se neutralisant mutuellement. Dans ces conditions, pour favoriser le mode de résonance antisymétrique, il faut ajuster la suspension de l'élément de liaison de telle sorte que les vibrations de cet élément soient fortement amorties, tout en veillant à ce que l'élément de liaison reste libre de transmettre au deuxième balancier les impulsions d'excitation reçues sur le premier balancier. Au vu de ce qui précède, on peut redouter qu'il soit très délicat d'ajuster la suspension de l'élément de liaison de manière satisfaisante.

BREF EXPOSE DE L'INVENTION

[0008] Un but de la présente invention est de fournir un résonateur avec un facteur de qualité élevé, et qui comporte deux balanciers couplés mécaniquement, le couplage entre les balanciers étant conçu pour favoriser le mode d'oscillation antisymétrique. L'invention atteint ce but en fournissant un résonateur conforme à la revendication 1 annexée.

[0009] Dans la présente demande de brevet, l'expression « structure de support » ne désigne pas nécessairement une pièce de support unique. En effet, conformément à l'invention, la structure de support peut par exemple comporter deux éléments de support distincts, un des éléments de support servant au montage du premier balancier et l'autre élément de support servant au montage du second balancier.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0010] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en plan de dessus d'un résonateur pour pièce d'horlogerie conforme à un premier mode de réalisation particulier de l'invention ;
- les figures 2A et 2B sont des vues partielles de dessus montrant en détail la paire de lames élastiques qui relie un des balanciers à la structure de support du résonateur, conformément respectivement à une

deuxième et à une troisième variante du premier mode de réalisation illustré dans la figure 1 ;

- les figures 3 et 4 sont des vues en perspectives d'un résonateur pour pièce d'horlogerie conforme à un deuxième mode de réalisation particulier de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION

[0011] La figure 1 est une vue en plan de dessus d'un résonateur pour pièce d'horlogerie, qui est conforme à un mode de réalisation particulier de l'invention. Conformément à l'invention, le résonateur illustré comporte une structure de support destinée à permettre son montage sur un bâti (non représenté) de montre mécanique. Dans le présent exemple, la structure de support est constituée de deux brides respectivement référencées 2 et 4. Le résonateur comporte encore deux balanciers généralement référencés 6 et 8 qui, dans l'exemple illustré, ont généralement chacun la forme d'une ellipse avec une grande encoche centrale. Lorsque les balanciers sont dans leur position de repos comme représenté, les deux encoches s'ouvrent en regard l'une de l'autre. On peut voir en outre que les deux brides 2, 4 de la structure de support sont agencées chacune à l'intérieur d'une des encoches. Chaque balancier comporte en outre une serge 10 prévue pour lui donner une plus grande inertie. La serge s'étend le long de la périphérie du balancier. Le premier et le second balancier ont de préférence la même masse et les mêmes dimensions de manière à ce qu'il soit facile de les faire osciller à la même fréquence.

[0012] Conformément à l'invention, les balanciers sont reliés à la structure de support par une pluralité d'éléments élastiques. Plus spécifiquement, dans le mode de réalisation illustré, chaque balancier 6, 8 est relié à une des deux brides 2, 4 par une paire de lames élastiques (référencées respectivement 12a, 12b et 14a, 14b). Comme le montre la figure, une des extrémités de chaque lame est rattachée au balancier par le fond de l'encoche, alors que l'autre extrémité est solidaire de la bride située dans la même encoche, de sorte que chaque paire de lames élastiques est arrangée à l'intérieur de l'encoche du balancier auquel elle est rattachée. On peut voir également que les deux lames élastiques d'une même paire se croisent de manière à former un X qui s'étend dans le plan du balancier à l'intérieur de l'encoche. L'homme du métier comprendra de ce qui précède que la configuration de la paire de lames reliant un des balanciers à la structure de support détermine un axe géométrique de pivotement élastique X', X" pour ce balancier. L'axe géométrique de pivotement est perpendiculaire au plan du balancier et il passe par le point d'intersection des deux lames du X. Ce point d'intersection se déplace très légèrement au cours du mouvement des balanciers. Pour des raisons qui apparaîtront plus clairement par la suite, le X formé par les lames élastiques est de préférence positionné dans l'encoche de manière

à ce que l'intersection de l'axe géométrique de pivotement avec le plan du balancier coïncide avec le centre de masse du balancier.

[0013] La figure 1 montre encore que les deux lames élastiques 12a, 12b ou 14a, 14b qui forment le X ont leur point de jonction à mi-distance entre leurs deux extrémités. Des simulations montrent en effet que la configuration conformément à laquelle les deux lames de la structure en X se coupent au milieu, permet d'obtenir une rotation propre et sans frottement autour de l'axe géométrique de pivotement. De plus, un tel pivot flexible en X possède la caractéristique avantageuse de produire un couple de rappel proportionnel à la grandeur de l'angle séparant le balancier de sa position d'équilibre, et cela dans un sens comme dans l'autre. On notera en outre que l'expression « rotation propre » utilisée ci-dessus désigne une rotation qui minimise le déplacement de l'axe de pivotement.

[0014] On admettra pour la suite de cette description que la hauteur des lames correspond à leur extension perpendiculairement au plan du balancier, alors que leur épaisseur correspond à leur extension dans le plan du balancier, perpendiculairement à leur longueur. L'épaisseur des lames est de préférence réduite de manière à donner aux lames élastiques une flexibilité suffisante dans le plan du balancier. La hauteur des lames est déterminée de manière à leur donner une rigidité suffisante pour contenir les oscillations du balancier dans un même plan déterminé. Les deux paires de lames sont de préférence réalisées dans un même matériau. De plus, comme le montrent les figures, les deux pivots flexibles en X ont de préférence des dimensions identiques de manière à ce que le premier et le second balancier aient la même fréquence fondamentale de résonance lorsqu'ils ont la même masse et le même moment d'inertie.

[0015] Les figures 2A et 2B sont des vues partielles agrandies montrant une deuxième et une troisième variante de configuration de la paire de lames élastiques reliant un des balanciers à la structure de support du résonateur de l'invention. En comparant les figures 1, 2A et 2B, on peut observer notamment que ces figures se distinguent par la valeur de l'angle que font entre elles les deux lames élastiques issues d'une des brides 4, 4' ou 4". Dans la figure 1, cet angle est sensiblement égal à 90°, dans la figure 2A, il est sensiblement inférieur à 90°, et enfin dans la figure 2B, il est sensiblement plus grand que 90°. L'angle selon lequel les lames se croisent a une incidence sur l'excitabilité de certains modes d'oscillation hors plan des balanciers. Ces modes supérieurs sont indésirables pour la plupart des applications horlogères du résonateur de l'invention. En pratique on choisira l'angle entre les lames élastiques en fonction de la forme des balanciers et des rigidités souhaitées selon les différents plans.

[0016] Conformément à l'invention, le résonateur comporte en outre une lame flexible 16 qui constitue une bretelle agencée de manière à coupler le premier et le second balancier 6 et 8. La lame flexible est attachée au

premier et au second balancier, les jonctions, respectivement 16a et 16b, de la lame flexible avec le premier et le second balancier sont localisées dans un même plan parallèle au plan d'oscillation des deux balanciers et sont symétriques l'une de l'autre par rapport au point central de la figure (référéncé O). En se référant toujours à la figure 1, on peut voir qu'entre les deux points de jonction 16a et 16b, la forme de la lame 16 présente une symétrie centrale autour du point central O. On comprendra toutefois que cette caractéristique est uniquement présente lorsque les balanciers 6, 8 sont dans leur position de repos. Comme on peut le vérifier sur la figure, le centre de symétrie O est situé à mi-chemin entre les axes géométriques de pivotement des deux balanciers.

[0017] La figure 1 montre encore une droite d qui passe par le centre O et par les jonctions 16a, 16b de la lame flexible 16 avec les deux balanciers 6, 8. Dans des exemples de réalisation, la droite d fait un angle α d'au moins 30°, voire d'au moins 45°, avec le plan contenant le premier et le second axe géométrique de pivotement.

[0018] Conformément à l'invention, le premier et le deuxième balancier ont la même fréquence de résonance fondamentale. En raison de la présence de la bretelle 16, lorsqu'un des balanciers s'écarte de sa position d'équilibre en tirant la bretelle après lui, l'autre balancier est forcé de suivre le mouvement en s'écartant de sa position d'équilibre dans l'autre sens. En particulier, en se référant à la figure 1, on peut comprendre que si le premier balancier 6 pivote dans le sens horaire, il exerce une traction sur la bretelle 16. L'inertie de la bretelle étant très faible par rapport à celle des balanciers, la tension à laquelle la bretelle est soumise se répercute sur le second balancier 8 au niveau de la jonction 16b. Le second balancier subit ainsi un couple qui tend à le faire pivoter dans le sens antihoraire. En s'écartant ainsi de leur position de repos, les deux balanciers font se déformer les lames élastiques en X 12a, 12b, 14a, 14b qui les relient à la structure de support (les brides 2 et 4). La déformation des deux paires de lames élastiques engendre deux couples de rappel qui s'exercent respectivement sur le premier et le second balancier. On peut comprendre de ce qui précède que la présence de la bretelle 16 a pour effet de synchroniser les oscillations des deux balanciers. On peut encore noter en passant que les oscillations des deux balanciers couplés à la fréquence de résonance sont dites antisynchrones, et non pas simplement synchrones, lorsque les oscillations se produisent selon un mode antisymétrique conformément à ce qui vient d'être décrit.

[0019] Les figures 3 et 4 sont des vues en perspectives d'un résonateur pour pièce d'horlogerie conforme à un deuxième mode de réalisation particulier de l'invention. Comme on peut le voir, le résonateur illustré dans les figures 3 et 4 est très semblable au résonateur de la figure 1. Toutefois, conformément au deuxième mode de réalisation particulier de l'invention qui fait l'objet du présent exemple, le résonateur comporte une paire de bretelles 116, 118 attachées l'une à l'autre à mi-longueur

par un élément de couplage rigide 120. Les bretelles 116, 118 sont également attachées chacune au premier et au second balancier 6 et 8. Sur la figure 3, on a désigné une moitié de la bretelle 116, qui s'étend entre le premier balancier 6 et l'élément de couplage 120, par la référence 116', et on a désigné l'autre moitié de la bretelle 116, qui s'étend entre l'élément de couplage et le second balancier 8, par la référence 116". De même, on a désigné une moitié de la bretelle 118, située entre le premier balancier et l'élément de couplage, par la référence 118', et l'autre moitié par la référence 118".

[0020] On peut observer sur la figure 3 en particulier que, lorsque les balanciers sont dans leur position de repos comme illustré, les bretelles 116, 118 sont symétriques l'une de l'autre relativement, d'une part, au plan contenant les premier et second axes géométriques de pivotement X' et X", et d'autre part, relativement à un plan médiateur parallèle et équidistant des deux axes géométriques de pivotement (la trace du plan médiateur dans le plan des balanciers est représentée dans la figure 3 par un trait interrompu désigné par la référence m).

[0021] En se référant encore aux figures 3 et 4, on peut observer que la paire de bretelles 116, 118 est principalement constituée par une première lame flexible attachée au premier balancier 6 par ses deux extrémités, et par une seconde lame flexible attachée au second balancier 8 par ses deux extrémités. On peut voir que les deux lames flexibles sont en outre reliées l'une à l'autre par l'intermédiaire de l'élément de couplage 120. Les deux lames flexibles sont reliées à l'élément de couplage en leur milieu, et on comprendra que dans la construction représentée, les deux moitiés de la première lame flexible constituent respectivement la moitié 116' de la bretelle 116 et la moitié 118' de la bretelle 118. De même, les deux moitiés de la seconde lame flexible constituent respectivement l'autre moitié 116" de la bretelle 116 et l'autre moitié 118" de la bretelle 118.

[0022] Selon le mode de réalisation illustré, l'élément de couplage 120 est rigide et il est agencé pour relier rigidement une portion centrale de la première lame flexible et une portion centrale de la seconde lame flexible, de manière à ce que ces deux portions centrales soient maintenues espacées et parallèles l'une à l'autre. Un avantage du deuxième mode de réalisation qui vient d'être décrit est son caractère hautement symétrique qui donne encore plus de stabilité au mode d'oscillation antisymétrique du résonateur. Un autre avantage est que les oscillations du balancier à la résonance se traduisent par un mouvement de va-et-vient de l'élément de couplage rigide 120 selon une trajectoire rectiligne dans le plan de symétrie du résonateur (le plan médiateur m déjà mentionné). Le fait de disposer d'une pièce effectuant un va-et-vient selon une trajectoire rectiligne pourrait notamment être mis à profit pour associer un échappement au résonateur.

[0023] Dans l'exemple illustré aux figures 3 et 4, la serge 10 de chaque balancier 6, 8 est située du côté inférieur du balancier. Elle peut néanmoins, en variante, être si-

tuée du côté supérieur ou des deux côtés du balancier.

[0024] Le résonateur selon l'invention peut être réalisé de manière monobloc en silicium et/ou oxyde de silicium, en diamant, en quartz ou en métal, par exemple. A cet effet, des techniques de type DRIE ou LIGA peuvent être employées. Le résonateur selon l'invention peut aussi être obtenu par un assemblage de pièces.

[0025] On comprendra en outre que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour un homme du métier peuvent être apportées aux modes de réalisation qui font l'objet de la présente description sans sortir du cadre de la présente invention définie par les revendications annexées. En particulier :

- les balanciers 6, 8 pourraient avoir une autre forme allongée que la forme d'une ellipse et pourraient aussi avoir une forme ronde, carrée, en aile de papillon ou autre. Les formes allongées sont toutefois préférées car elles permettent d'éloigner les points d'attache des bretelles 16, 116, 118 sur les balanciers 6, 8, ce qui facilite l'ajustement du couplage élastique entre lesdits balanciers ;
- au lieu de s'ouvrir en regard l'une de l'autre, les encoches des balanciers 6, 8 dans lesquelles se trouvent les brides 2, 4 et les lames élastiques 12a, 12b, 14a, 14b pourraient s'ouvrir vers l'extérieur des balanciers 6, 8 ou pourraient même être fermées ;
- l'orientation des brides 2, 4 et des lames élastiques 12a, 12b, 14a, 14b dans les encoches pourrait être différente de celle représentée. Par exemple l'une des brides 2, 4 ou les deux pourraient être tournées de plus ou moins 90° par rapport à leur position illustrée à la figure 1. Les orientations respectives des brides 2, 4 peuvent être identiques ou opposées ;
- au lieu d'être coplanaires et de se croiser physiquement comme dans les modes de réalisation illustrés, les lames élastiques 12a, 12b, 14a, 14b de chaque paire pourraient s'étendre dans deux plans parallèles différents pour former un pivot flexible de type « Wittrick ». Par rapport à un pivot flexible de type « Wittrick » le pivot flexible en X utilisé dans les modes de réalisation illustrés présente le désavantage d'un mouvement parasite plus important de l'axe géométrique de pivotement X', X" lors de la flexion, et de lames plus courtes dans lesquelles les concentrations de contraintes sont plus élevées. Par contre, la rigidité transversale des lames est bien plus élevée ce qui améliore la stabilité des balanciers 6, 8 dans leur plan de rotation et leur résistance aux chocs hors de leur plan de rotation ;
- d'autres types de pivot flexible qu'un pivot en X ou qu'un pivot « Wittrick » pourraient être utilisés pour relier chaque balancier 6, 8 à la structure de support 2, 4. De plus, le nombre de lames ou d'éléments

élastiques formant chaque pivot flexible peut être supérieur à deux ou même égal à un.

Revendications

1. Résonateur pour pièce d'horlogerie comportant une structure de support (2, 4) destinée à permettre le montage du résonateur dans une pièce d'horlogerie, un premier et un second balancier (6, 8) agencés pour osciller dans un même plan, au moins un premier élément élastique (12a, 12b) agencé pour relier le premier balancier (6) à la structure de support, au moins un second élément élastique (14a, 14b; 14a', 14b'; 14a'', 14b'') agencé pour relier le second balancier (8) à la structure de support, la configuration des éléments élastiques déterminant deux axes géométriques parallèles (X', X'') de pivotement élastique pour les deux balanciers, et les éléments élastiques formant des moyens de rappel élastiques agencés pour rappeler angulairement chacun des balanciers vers une position de repos, **caractérisé**

- **en ce qu'il** comporte en outre une bretelle (16; 116, 118) agencée pour coupler le premier et le second balancier (6, 8), la bretelle étant attachée au premier et au second balancier, en ce que les points de jonction (16a, 16b) de la bretelle respectivement avec le premier et le second balancier sont situés dans un même plan parallèle au plan d'oscillation des balanciers, et en ce que, lorsque les balanciers sont dans leur position de repos, lesdits points de jonction sont symétriques par rapport à un centre de symétrie (O) situé à mi-chemin entre les deux axes géométriques de pivotement.

2. Résonateur conforme à la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque les balanciers sont dans leur position de repos, la forme de la bretelle est symétrique par rapport audit centre de symétrie (O).
3. Résonateur conforme à la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, lorsque les balanciers sont dans leur position de repos, un rayon reliant le centre de symétrie (O) au point de jonction (16a, 16b) avec le premier ou le second balancier, parallèlement au plan d'oscillation, fait un angle (α) d'au moins 30°, de préférence d'au moins 45°, avec le plan contenant le premier et le second axe géométrique de pivotement (X', X'').
4. Résonateur conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte une paire de bretelles (116, 118) attachées l'une à l'autre à mi-longueur et attachées chacune au premier et au second balancier (6, 8), la paire de bretelles comprenant ladite bretelle, et

- **en ce que**, lorsque les balanciers (6, 8) sont dans leur position de repos, les deux bretelles (116, 118) de la paire de bretelles sont symétriques l'une de l'autre relativement, d'une part, au plan contenant le premier et le second axe géométrique de pivotement (X', X''), et d'autre part, relativement à un plan médiateur (m) parallèle et équidistant des deux axes géométriques de pivotement.

5. Résonateur conforme à la revendication 4, **caractérisé en ce que** la paire de bretelles (116, 118) comporte une première lame flexible attachée au premier balancier (6) par ses deux extrémités, une seconde lame flexible attachée au second balancier (8) par ses deux extrémités, et un élément de couplage (120) agencé pour relier rigidement une portion centrale de la première lame flexible et une portion centrale de la seconde lame flexible, de manière à ce que les portions centrales des deux lames flexibles soient maintenues espacées et parallèles l'une à l'autre.
6. Résonateur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le premier et le second balancier (6, 8) ont une forme allongée.
7. Résonateur conforme à la revendication 6, **caractérisé en ce que** la distance entre l'axe géométrique de pivotement (X', X'') d'un balancier et le bord du même balancier est au moins 1,5 fois, de préférence au moins deux fois, plus grande dans une direction perpendiculaire au plan contenant les deux axes géométriques de pivotement (X', X'') que dans une direction parallèle à ce plan.
8. Résonateur conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'au moins un premier élément élastique (12a, 12b) comporte une première paire de lames élastiques qui sont parallèles au plan de pivotement des balanciers (6, 8), les lames de la première paire (12a, 12b) étant fixées à la structure de support (2, 4) par une extrémité et au premier balancier (6) par l'autre extrémité, et **en ce que** l'au moins un second élément élastique (14a, 14b; 14a', 14b' ; 14a'', 14b'') comporte une seconde paire de lames élastiques qui sont parallèles au plan de pivotement des balanciers (6, 8), les lames de la seconde paire (14a, 14b ; 14a', 14b' ; 14a'', 14b'') étant fixées à la structure de support (2, 4) par une extrémité et au second balancier (8) par l'autre extrémité, les deux axes géométriques de pivotement (X', X'') des deux balanciers croisant chacun perpendiculairement les deux lames élastiques d'une des paires.
9. Résonateur conforme à la revendication 8, **caractérisé en ce que** la paire de lames élastiques (12a,

12b, 14a, 14b) croisant perpendiculairement un même axe géométrique de pivotement (X' , X'') sont contenues dans un même plan parallèle au plan de pivotement des balanciers, de sorte que les deux lames élastiques d'une même paire présentent une intersection à l'endroit de leur croisement avec l'axe géométrique de pivotement. 5

10. Résonateur conforme à la revendication 9, **caractérisé en ce que** les deux lames élastiques (12a, 12b, 14a, 14b) d'une même paire se coupent en leur milieu. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

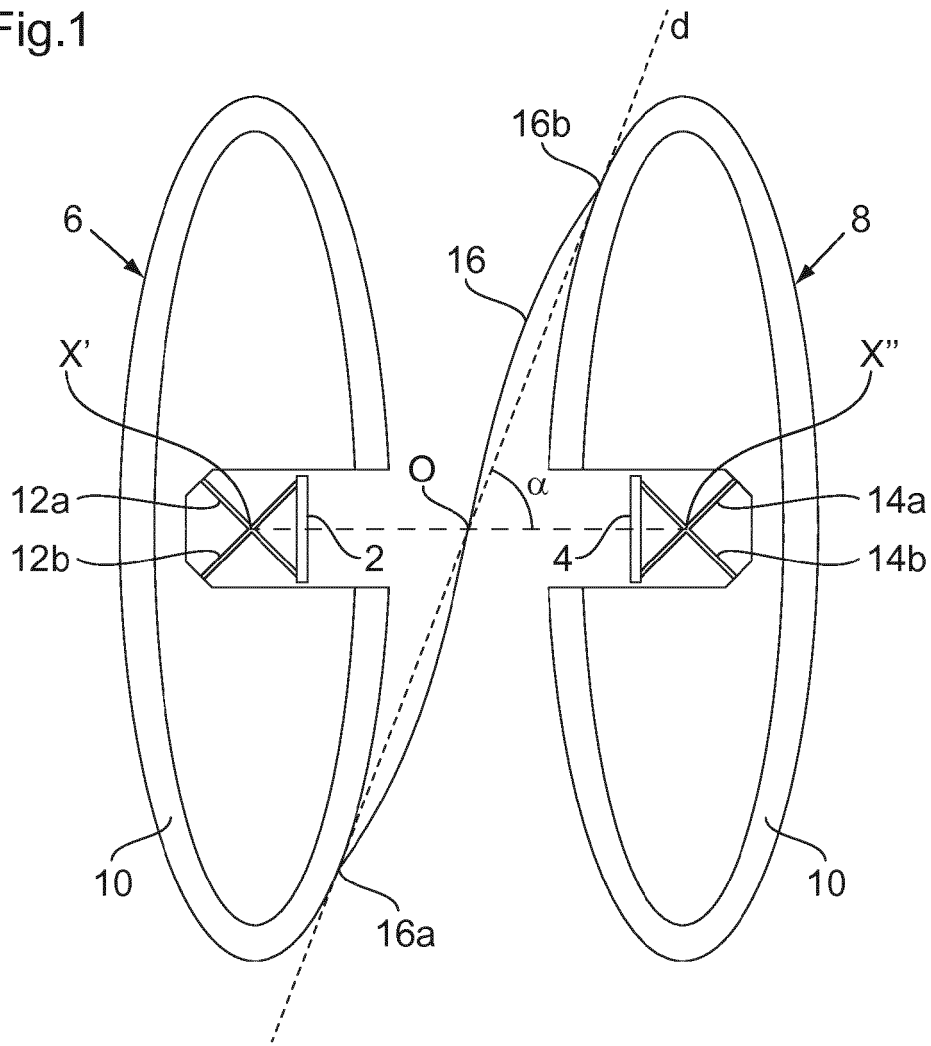


Fig.2A

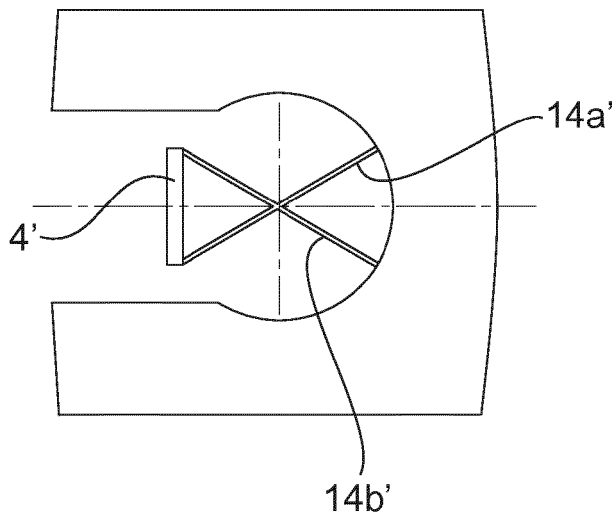


Fig.2B

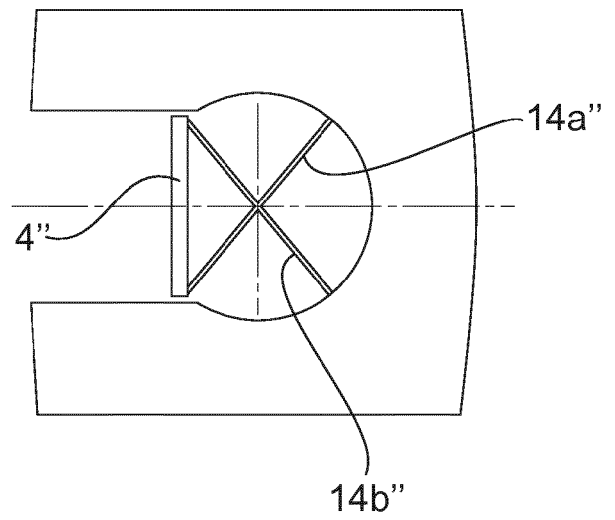


Fig.3

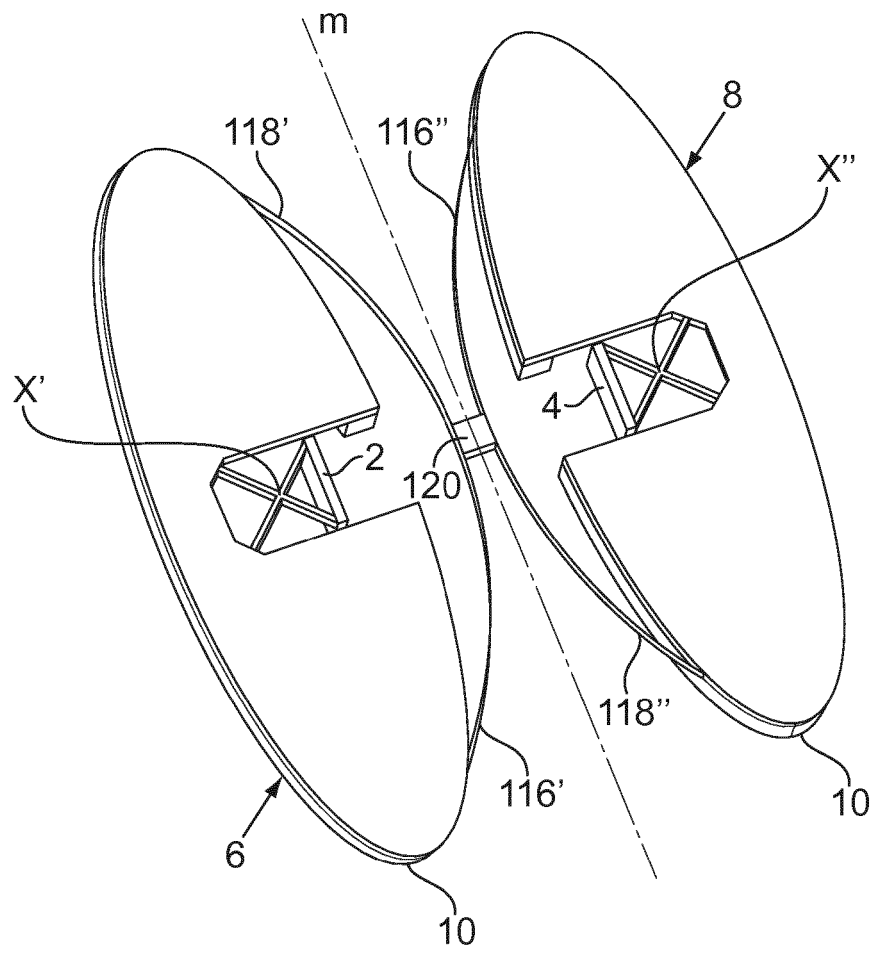
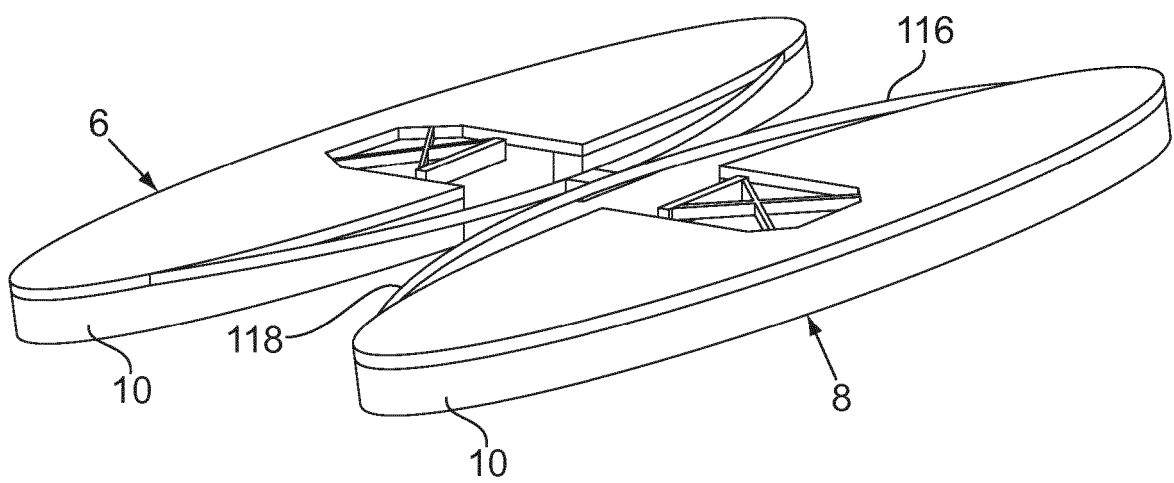


Fig.4





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 20 4580

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)
X	FR 1 539 670 A (CT TECH DE L IND HORLOGERE) 20 septembre 1968 (1968-09-20) * page 1, alinéa 1 * * page 1, colonne droite, ligne 17 - ligne 21 * * page 1, colonne droite, ligne 2 - ligne 4 * * page 1, colonne droite, ligne 21 - ligne 22 * * figures 1, 2, 3 * -----	1,2,4-10	INV. G04B17/04
X	CH 710 115 A2 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 15 mars 2016 (2016-03-15) * figures 1, 2 * -----	1,3,6-10	
A	US 3 520 127 A (MEYER HANS) 14 juillet 1970 (1970-07-14) * figure 4 * * colonne 3, ligne 27 - ligne 35 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
2 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 3 juillet 2017	Examineur Ordavo, Ivan
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 20 4580

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.

03-07-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 1539670 A	20-09-1968	AUCUN	
CH 710115 A2	15-03-2016	AUCUN	
US 3520127 A	14-07-1970	CH 490701 A	30-01-1970
		CH 1089267 A4	30-01-1970
		DE 1773819 A1	18-11-1971
		FR 1574359 A	11-07-1969
		GB 1182379 A	25-02-1970
		NL 6810171 A	04-02-1969
		SE 350859 B	06-11-1972
		US 3520127 A	14-07-1970

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 709291 A2 [0005]
- EP 3035127 A1 [0006] [0007]