



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
17.03.2021 Bulletin 2021/11

(51) Int Cl.:
G04B 17/04 (2006.01) G04B 31/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19197512.7**

(22) Date de dépôt: **16.09.2019**

(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: **Patek Philippe SA Genève**
1204 Genève (CH)

(72) Inventeur: **CHABLOZ, David**
74380 Cranves-Sales (FR)

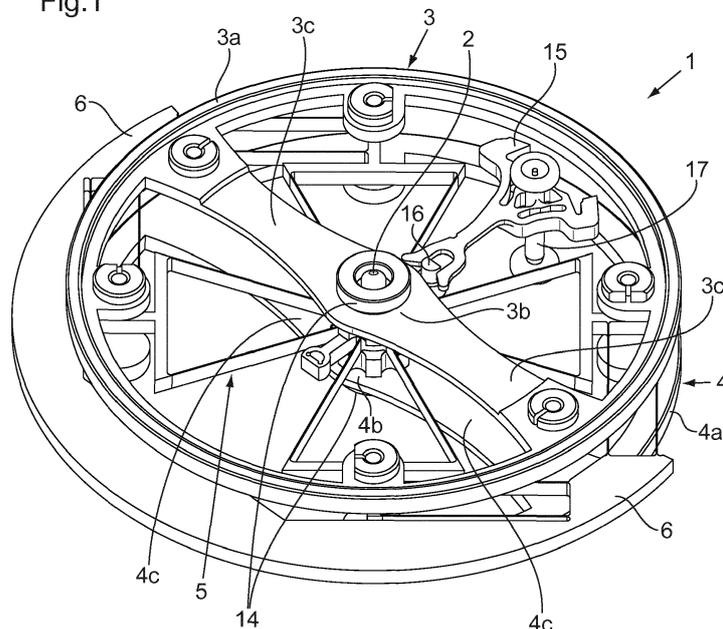
(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)

(54) **OSCILLATEUR HORLOGER A PIVOT FLEXIBLE**

(57) L'invention concerne un oscillateur horloger (1) comprenant un balancier (3), un arbre (2) dont le balancier (3) est solidaire, l'arbre (2) définissant un axe (A), un support (6) et un pivot flexible (5) agencé pour guider l'arbre (2) en rotation par rapport au support (6) autour de l'axe (A) et exercer sur l'arbre (2) un couple de rappel. Le pivot flexible (5) comprend un moyeu (7) solidaire de l'arbre (2) et, en parallèle entre le moyeu (7) et le support (6), au moins trois organes élastiques (8). Chaque organe élastique (8) comprend, en série, une paire de lames élastiques (9), un corps rigide intermédiaire (10) et un

guidage flexible (11). Les lames des paires de lames élastiques (9) ont la même raideur et s'étendent le long de demi-axes (12) qui partent de l'axe (A). Les paires de demi-axes (12) correspondant respectivement aux paires de lames élastiques (9) sont agencées autour de l'axe (A) selon une symétrie d'ordre N, où N est le nombre d'organes élastiques (8). Dans chaque organe élastique (8), le guidage flexible (11) est agencé pour permettre un déplacement guidé du corps rigide intermédiaire (10) par rapport au support (6) sensiblement en translation le long de la bissectrice (B) de la paire de demi-axes (12).

Fig.1



Description

[0001] La présente invention concerne un oscillateur horloger à pivot flexible, c'est-à-dire un oscillateur horloger dont le balancier est guidé en rotation par un agencement de parties élastiques et non pas par un axe de rotation physique tournant dans des paliers. En plus de sa fonction de guidage en rotation, le pivot flexible exerce un couple de rappel sur le balancier à l'instar du spiral d'un oscillateur balancier-spiral.

[0002] Contrairement aux oscillateurs balancier-spiral, un oscillateur à pivot flexible ne produit pas de frottements secs pendant son fonctionnement. Il présente donc un meilleur facteur de qualité.

[0003] Des oscillateurs horlogers à pivot flexible sont décrits par exemple dans les documents EP 2911012 et WO 2016/096677.

[0004] Comme pour tout oscillateur horloger, les performances d'un oscillateur à pivot flexible s'expriment notamment en termes de facteur de qualité, d'insensibilité à la gravité et d'isochronisme.

[0005] La présente invention vise à proposer un oscillateur horloger à pivot flexible pouvant avoir des performances excellentes en ce qui concerne l'un au moins des trois critères précités que sont le facteur de qualité, l'insensibilité à la gravité et l'isochronisme.

[0006] A cette fin, il est prévu un oscillateur horloger comprenant

- un balancier,
- un arbre dont le balancier est solidaire, l'arbre définissant un axe,
- un support, et
- un pivot flexible agencé pour guider l'arbre en rotation par rapport au support autour de l'axe et exercer sur l'arbre un couple de rappel, et dans lequel
- le pivot flexible comprend un moyeu solidaire de l'arbre et, en parallèle entre le moyeu et le support, au moins trois organes élastiques,
- chaque organe élastique comprend, en série, une paire de lames élastiques, un corps rigide intermédiaire et un guidage flexible,
- les lames des paires de lames élastiques ont la même raideur et s'étendent le long de demi-axes qui partent de l'axe,
- les paires de demi-axes correspondant respectivement aux paires de lames élastiques sont agencées autour de l'axe selon une symétrie d'ordre N, où N est le nombre d'organes élastiques, en projection orthogonale dans un plan perpendiculaire à l'axe, et
- dans chaque organe élastique, le guidage flexible est agencé pour permettre un déplacement guidé du corps rigide intermédiaire par rapport au support sensiblement en translation le long de la bissectrice de la paire de demi-axes, en projection orthogonale dans ledit plan perpendiculaire à l'axe, pendant le fonctionnement régulier de l'oscillateur.

[0007] Des modes de réalisation particuliers de l'invention sont définis dans les revendications dépendantes annexées.

[0008] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- les figures 1 à 3 sont respectivement des vues en perspective, en coupe et de dessus d'un oscillateur horloger selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue de dessus d'un pivot flexible et d'un support faisant partie de l'oscillateur illustré aux figures 1 à 3 ;
- la figure 5 est une vue de dessus d'une variante du pivot flexible et du support faisant partie de l'oscillateur illustré aux figures 1 à 3 ;
- la figure 6 est un diagramme montrant la raideur d'un pivot à centre de rotation déporté et la raideur d'un organe élastique faisant partie du pivot flexible illustré à la figure 4 ou 5 ;
- la figure 7 est une vue en perspective d'un oscillateur horloger selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 8 est une vue en perspective d'un oscillateur horloger selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0009] Dans tout ce qui suit, les caractéristiques géométriques et dimensionnelles de l'oscillateur horloger sont définies en référence à sa position de repos.

[0010] En référence aux figures 1 à 5, un oscillateur horloger 1 selon un premier mode de réalisation de l'invention, pour une pièce d'horlogerie telle qu'une montre-bracelet ou une montre de poche, comprend un arbre 2, deux balanciers 3, 4 solidaires de l'arbre 2, un pivot flexible 5 et un support 6. Deux exemples de pivot flexible 5 et de support 6 sont représentés dans les dessins, respectivement aux figures 1 à 4 et à la figure 5. Aux figures 1 à 4, le support 6 est en une seule partie. A la figure 5, il est en deux parties séparées. Le support 6 est destiné à être fixé sur un bâti fixe ou mobile du mouvement de la pièce d'horlogerie, typiquement sur la platine du mouvement.

[0011] Le pivot flexible 5 est de préférence constitué d'éléments coplanaires. Les balanciers 3, 4 sont situés axialement de part et d'autre du pivot flexible 5, de préférence dans des plans moyens P1, P2 qui sont symétriques l'un de l'autre par rapport au plan moyen P du pivot flexible 5. Les balanciers 3, 4 constituent la partie inertielle de l'oscillateur 1 et le pivot flexible 5 sa partie élastique. A la différence d'un oscillateur à pivot flexible classique et à l'instar d'un oscillateur balancier-spiral, ces parties inertielle et élastique sont séparées dans la présente invention.

[0012] Le pivot flexible 5 relie l'arbre 2 au support 6, guide l'arbre 2 en rotation par rapport au support 6 autour

de l'axe A de l'arbre 2 et exerce un couple de rappel élastique sur l'arbre 2 pour le rappeler dans une position de repos, à savoir la position de repos illustrée aux figures 1 et 3. L'ensemble arbre 2 et balanciers 3, 4 n'est tenu au support 6 que par le pivot flexible 5. La rotation de l'ensemble 2, 3, 4 ne génère donc pas de frottements secs.

[0013] Le pivot flexible 5 comprend (cf. figures 4 et 5) un moyeu 7 rigide entourant l'arbre 2 et solidaire de celui-ci, et un nombre N d'organes élastiques 8 reliant chacun le moyeu 7 au support 6. Le nombre N est au moins égal à trois. Il est égal à quatre dans l'exemple représenté aux figures 1 à 4 et à trois dans l'exemple de la figure 5. Chaque organe élastique 8 comprend, en série, une paire de lames élastiques 9, un corps rigide intermédiaire 10 et un guidage flexible 11. La paire de lames élastiques 9 relie le corps rigide intermédiaire 10 au moyeu 7 et le guidage flexible 11 relie le support 6 au corps rigide intermédiaire 10.

[0014] Les lames de chaque paire de lames élastiques 9 s'étendent dans des directions qui se croisent pour former un pivot à centre de rotation déporté dit également pivot RCC (Remote Center Compliance). Chaque paire de lames élastiques 9 définit dans le plan P une paire de demi-axes 12 ayant pour origine un même point situé sur l'axe A. Ces paires de demi-axes 12 sont agencées autour de l'axe A selon une symétrie d'ordre N. Les lames des N paires de lames élastiques 9 ont toutes la même raideur. Dans les exemples illustrés aux figures 1 à 5, en plus d'avoir la même raideur, les lames des N paires de lames élastiques 9 sont identiques et ont en particulier des dimensions identiques. Comme il sera expliqué plus loin, la présente invention tient compte du caractère isotrope ou anisotrope du matériau dans lequel est fabriqué le pivot flexible 5.

[0015] Dans chaque organe élastique 8, le guidage flexible 11 est agencé pour permettre un déplacement guidé du corps rigide intermédiaire 10 par rapport au support 6 sensiblement en translation le long de la bissectrice B des demi-axes 12. Ce déplacement guidé se produit pendant le fonctionnement régulier de l'oscillateur 1 (et donc même en l'absence de chocs ou d'accélération reçus par la montre) où l'ensemble moyeu 7 - arbre 2 - balanciers 3, 4 tourne autour de l'axe A. Le guidage flexible 11 comprend typiquement au moins une lame élastique s'étendant dans une direction perpendiculaire à la bissectrice B, et de préférence deux lames élastiques parallèles s'étendant dans une direction perpendiculaire à la bissectrice B, comme représenté. De préférence, les guidages flexibles 11 ont la même raideur.

[0016] Ainsi, les paires de lames élastiques 9 guident le moyeu 7 et donc l'ensemble moyeu 7 - arbre 2 - balanciers 3, 4 en rotation autour de l'axe A et les guidages flexibles 11 apportent des degrés de liberté à l'intérieur du pivot flexible 5 qui évitent à ce dernier d'être hypers-tatique. La symétrie d'ordre N des paires de demi-axes 12 permet au moyeu 7 de tourner proprement autour d'un axe A qui est fixe ou quasiment fixe, ceci d'autant plus

si N est pair, par exemple égal à quatre comme dans les figures 1 à 4, puisqu'alors les forces appliquées au moyeu 7 s'annulent. En faisant en sorte que le ou les points 13 de jonction du guidage flexible 11 au corps rigide intermédiaire 10 soient sur la bissectrice B ou soient proches de celle-ci, on améliore encore la qualité de la rotation.

[0017] Cette rotation propre autour de l'axe A favorise le facteur de qualité et l'indépendance de la fréquence de l'oscillateur 1 vis-à-vis de la direction de la gravité. De plus, les paires de lames élastiques 9 ont une raideur qui est très peu sensible à la direction de la gravité. En effet, dans une position verticale donnée de l'oscillateur 1, la force de gravité présente, pour chaque paire de lames élastiques 9, une première composante parallèle à la bissectrice B et une seconde composante perpendiculaire à la bissectrice B. Grâce au guidage flexible 11, la première composante n'est pas transmise à la paire de lames élastiques 9. Quant à la deuxième composante, elle produit des effets opposés sur les lames élastiques 9, puisqu'elle sollicite l'une des lames en compression et l'autre lame en traction. Les changements de raideur des deux lames se compensent donc.

[0018] La présence des deux balanciers 3, 4 de part et d'autre du pivot flexible 5 dans la direction de l'axe A permet à la partie inertielle que constituent ces balanciers 3, 4 d'avoir son centre de masse dans le plan moyen P du pivot flexible 5, c'est-à-dire à mi-hauteur des lames élastiques 9, 11. Cette caractéristique améliore encore l'insensibilité de l'oscillateur 1 à la gravité. De préférence, le centre de masse de la partie inertielle 3, 4 est aussi sur l'axe A, pour favoriser également l'insensibilité à la gravité.

[0019] En outre, chaque organe élastique 8 peut être dimensionné pour que le guidage flexible 11 compense la non linéarité du couple produit par la paire de lames élastiques 9 en fonction de l'angle de rotation et rende ainsi l'oscillateur 1 isochrone, c'est-à-dire rende sa fréquence indépendante de l'amplitude d'oscillation. Le diagramme de la figure 6 montre par le graphe G1 la raideur d'une paire de lames RCC seule et par le graphe G2 la raideur d'un organe élastique 8 avec sa paire de lames RCC 9, son corps rigide intermédiaire 10 et son guidage flexible 11, la raideur étant définie comme le rapport de l'effort (ici : couple) sur le déplacement (ici : angle de rotation). Les graphes G1 et G2 ont été obtenus avec les paramètres suivants : angle entre les lames RCC 9 : 30° ; diamètre externe du moyeu 7 : 1 mm ; longueur des lames RCC 9 : 3 mm ; longueur des lames du guidage flexible 11 : 3 mm ; écartement des lames du guidage flexible 11 : 0,8 mm ; distance entre la droite joignant les points de jonction des lames RCC 9 au corps rigide intermédiaire 10 et la lame élastique du guidage flexible 11 la plus proche : 1,58 mm. On constate à la figure 6 que la raideur d'un pivot RCC seul varie grandement, ce qui se traduit par une forte non linéarité du couple, et qu'en revanche la raideur d'un organe élastique 8 peut, elle, être rendue sensiblement constante.

[0020] Les balanciers 3, 4 peuvent être du même type que ceux des oscillateurs balancier-spiral traditionnels, et peuvent comprendre ainsi une serge 3a, 4a, un moyeu 3b, 4b entourant l'arbre 2 et des bras rigides 3c, 4c reliant la serge 3a, 4a au moyeu 3b, 4b. La serge 3a, 4a peut avoir la forme d'un anneau continu, comme représenté, ou interrompu. Les balanciers 3, 4 peuvent être fixés sur l'arbre 2 de manière classique par rivetage. Ils sont typiquement réalisés dans un matériau dense tel que le cuivre au béryllium, l'or, le platine ou du silicium portant des masses de métal dense. Les balanciers 3, 4 peuvent donc présenter un petit diamètre pour un moment d'inertie donné. De la sorte, les frottements avec l'air seront réduits, augmentant ainsi le facteur de qualité.

[0021] Le pivot flexible 5 est de préférence monolithique, et de préférence monolithique avec le support 6 comme dans les exemples illustrés. Son matériau est choisi pour la précision de fabrication qu'il autorise et pour ses propriétés élastiques. Il peut être par exemple du silicium, du silicium recouvert de dioxyde de silicium, du verre, du saphir, du quartz, un verre métallique, un métal ou alliage. Selon le matériau choisi, le pivot flexible 5 peut être obtenu par gravure (notamment gravure ionique réactive profonde dite DRIE), LIGA, fraisage, électroérosion, moulage ou autre. Selon le matériau, également, le moyeu 7 peut être fixé à l'arbre 2 par collage, soudage, brasage, chassage ou serrage au moyen de bras élastiques, par exemple.

[0022] En plus d'augmenter le facteur de qualité, la séparation de la partie inertielle 3, 4 et du pivot flexible 5 mise en œuvre par l'invention facilite le réglage de la fréquence de l'oscillateur 1. Le moment d'inertie et le balourd des balanciers 3, 4 peuvent en effet être mesurés et corrigés facilement tandis que le couple du pivot flexible 5 peut être mesuré sans assemblage préalable avec les balanciers 3, 4 et modifié indépendamment des balanciers 3, 4. De surcroît, il est possible d'appairer les balanciers 3, 4 et le pivot flexible 5, en d'autres termes d'associer des balanciers 3, 4 ayant un moment d'inertie choisi avec un pivot flexible 5 produisant un couple choisi afin d'obtenir une fréquence souhaitée.

[0023] On notera que l'oscillateur 1 est relativement facile à fabriquer puisque le pivot flexible 5 est une structure à un seul niveau et que les balanciers 3, 4 peuvent être classiques et assemblés de manière classique à l'arbre 2. La facilité de fabrication est d'autant plus flagrante si l'on compare l'oscillateur 1 aux oscillateurs à lames croisées séparées décrits dans les documents EP 2911012 et WO 2016/096677, par exemple, qui nécessitent l'emploi de techniques particulières pour réaliser les lames et les séparer. La présente invention n'exclut toutefois pas que les lames de chaque paire de lames élastiques 9 soient non coplanaires ni que les paires de lames élastiques 9 soient non coplanaires.

[0024] Lorsque le nombre N d'organes élastiques 8 est égal à quatre (figures 1 à 4), le pivot flexible 5 peut être réalisé indifféremment dans un matériau isotrope ou dans un matériau anisotrope présentant, en ce qui con-

cerne le module d'élasticité, une symétrie quaternaire, sans qu'il soit nécessaire de donner aux lames élastiques 9, de même qu'aux lames élastiques 11, des dimensions différentes. Le matériau isotrope peut être par exemple du silicium monocristallin découpé selon un plan de la famille {111} ou du silicium polycristallin. Le matériau anisotrope peut être par exemple du silicium monocristallin découpé selon un plan de la famille {100}. Si le pivot flexible 5 est réalisé dans un matériau anisotrope à symétrie quaternaire, on l'orientera par rapport à la structure cristalline du matériau de façon que la symétrie quaternaire du matériau et celle du pivot flexible 5 correspondent. Dans le cas par exemple d'un matériau tel que le silicium découpé dans le plan (100), le pivot flexible 5 peut être orienté par rapport à la structure cristalline du matériau de telle sorte que deux paires de lames élastiques 9 opposées soient disposées le long de l'axe cristallographique [-110] et que les deux autres paires de lames élastiques 9 opposées soient disposées le long de l'axe cristallographique [110], ou de telle sorte que deux paires de lames élastiques 9 opposées soient disposées le long de l'axe cristallographique [010] et que les deux autres paires de lames élastiques 9 opposées soient disposées le long de l'axe cristallographique [100].

[0025] Avec un nombre N d'organes élastiques 8 égal à trois (figure 5), le pivot flexible 5 sera réalisé dans un matériau isotrope tel que le silicium {111} ou le silicium polycristallin si l'on souhaite que toutes les lames élastiques 9 soient identiques et que toutes les lames élastiques 11 soient identiques. En revanche, dans le cas où un matériau anisotrope tel que le silicium {100}, qui est davantage disponible sur le marché, est choisi, on donnera aux lames élastiques 9 des dimensions différentes pour qu'elles aient la même raideur. De même, on donnera aux lames élastiques 11 des dimensions différentes pour qu'elles aient la même raideur. Par exemple, en référence à la figure 5, le pivot flexible 5 pourra être orienté par rapport à la structure cristalline du silicium {100} de telle sorte que les lames désignées par 9a aient des dimensions identiques, que les lames désignées par 9b aient des dimensions identiques, que les lames 9a et 9b aient des dimensions différentes, par exemple des longueurs et/ou épaisseurs différentes, que les lames désignées par 11a aient des dimensions identiques, que les lames désignées par 11b aient des dimensions identiques et que les lames 11a et 11b aient des dimensions différentes, par exemple des longueurs et/ou épaisseurs différentes.

[0026] Il est toutefois avantageux que les lames des paires de lames élastiques 9 et des guidages flexibles 11 aient toutes la même section (même moment quadratique) afin de limiter l'effet des tolérances de fabrication sur l'isochronisme et sur l'insensibilité à la gravité. En effet, si par exemple le pivot flexible 5 est réalisé en silicium par un procédé de gravure DRIE, les défauts de gravure tels que l'angle de dépouille modifieront la raideur de toutes les lames de la même manière. De façon analogue, toute couche de dioxyde de silicium formée

sur le pivot flexible 5 en silicium, par exemple pour rendre la fréquence de l'oscillateur 1 indépendante de la température et/ou augmenter la résistance mécanique, modifiera la raideur de toutes les lames de la même manière.

[0027] La figure 7 montre un oscillateur 1' selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Dans cette figure, les mêmes repères qu'aux figures 1 à 5 sont utilisés pour désigner les mêmes éléments ou des éléments similaires. L'oscillateur 1' selon ce deuxième mode de réalisation comprend un seul balancier 3 solidaire d'un arbre 2 et deux pivots flexibles 5 situés de part et d'autre du balancier 3, de préférence dans des plans moyens qui sont symétriques l'un de l'autre par rapport au plan moyen du balancier. Les pivots flexibles 5 tiennent l'ensemble arbre 2 - balancier 3 par rapport au support 6 qui est ici en deux parties séparées.

[0028] Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, représenté à la figure 8, l'oscillateur 1" comprend un seul balancier 3 et un seul pivot flexible 5, en d'autres termes le balancier 4 de la figure 1 ou l'un des deux pivots flexibles 5 de la figure 7 est supprimé.

[0029] Avantageusement, dans les différents modes de réalisation de l'invention, des butées 14 sont prévues pour protéger le ou les pivots flexibles 5 en cas d'accélération ou de choc important. Les butées 14 sont fixes par rapport au support 6 et présentent chacune un alésage qui reçoit une extrémité de l'arbre 2, mais elles restent hors de contact avec les éléments mobiles (arbre 2, balancier(s) 3, 4, pivot(s) flexible(s) 5) de l'oscillateur 1, 1', 1" pendant le fonctionnement régulier de celui-ci afin d'éviter tout frottement. Lors d'une accélération ou choc déplaçant l'arbre 2 radialement, les extrémités de l'arbre 2 peuvent venir en contact avec la paroi de l'alésage des butées 14 pour limiter la déformation des lames élastiques 9, 11 du ou des pivots flexibles 5 dans le plan de ce ou ces derniers. Lors d'une accélération ou choc déplaçant l'arbre 2 axialement, l'ensemble moyeu(x) 7 - arbre 2 - balancier(s) 3, 4 ou une pièce solidaire de cet ensemble peut venir en contact avec l'une des butées 14, limitant ainsi la déformation des lames élastiques 9, 11 du ou des pivots flexibles 5 hors du plan de ce ou ces derniers.

[0030] L'oscillateur 1, 1', 1" selon l'invention peut être entretenu par un échappement classique, en particulier un échappement à ancre suisse. Comme l'illustrent les figures 1 à 3 et 8, l'ancre 15 d'un tel échappement peut coopérer avec une cheville 16 solidaire du moyeu 7 du pivot flexible 5 ou de l'un des pivots flexibles 5. De préférence, afin d'obtenir un angle de levée adéquat, l'arbre ou tige 17 de l'ancre 15 traverse l'ouverture centrale que définit la serge 3a, 4a du ou des balanciers 3, 4, en d'autres termes est entouré par la ou les serges 3a, 4a. La disposition des guidages flexibles 11 telle que représentée aux figures 3 à 5 laisse de la place pour l'ancre 15 dont la hauteur peut ainsi se chevaucher avec la hauteur du ou d'un des pivots flexibles 5.

Revendications

1. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") comprenant

- 5 - un balancier (3),
- un arbre (2) dont le balancier (3) est solidaire, l'arbre (2) définissant un axe (A),
- un support (6), et
- un pivot flexible (5) agencé pour guider l'arbre (2) en rotation par rapport au support (6) autour de l'axe (A) et exercer sur l'arbre (2) un couple de rappel,
- 10 et dans lequel
- le pivot flexible (5) comprend un moyeu (7) solidaire de l'arbre (2) et, en parallèle entre le moyeu (7) et le support (6), au moins trois organes élastiques (8),
- chaque organe élastique (8) comprend, en série, une paire de lames élastiques (9), un corps rigide intermédiaire (10) et un guidage flexible (11),
- les lames des paires de lames élastiques (9) ont la même raideur et s'étendent le long de demi-axes (12) qui partent de l'axe (A),
- 15 - les paires de demi-axes (12) correspondant respectivement aux paires de lames élastiques (9) sont agencées autour de l'axe (A) selon une symétrie d'ordre N, où N est le nombre d'organes élastiques (8), en projection orthogonale dans un plan perpendiculaire à l'axe (A), et
- dans chaque organe élastique (8), le guidage flexible (11) est agencé pour permettre un déplacement guidé du corps rigide intermédiaire (10) par rapport au support (6) sensiblement en translation le long de la bissectrice (B) de la paire de demi-axes (12), en projection orthogonale dans ledit plan perpendiculaire à l'axe (A), pendant le fonctionnement régulier de l'oscillateur (1).

2. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans chaque organe élastique (8) les lames de la paire de lames élastiques (9) sont coplanaires.

3. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) est constitué d'éléments coplanaires.

4. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) est monolithique.

5. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) est réalisé dans un matériau isotrope et **en ce que** les lames des paires de lames élastiques (9) sont identiques.

6. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) est réalisé dans un matériau anisotrope présentant, en ce qui concerne le module d'élasticité, une symétrie d'ordre N, où N est le nombre d'organes élastiques (8), et **en ce que** les lames des paires de lames élastiques (9) sont identiques. 5
7. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) est réalisé dans un matériau anisotrope et **en ce que** les lames des paires de lames élastiques (9) ne sont pas toutes identiques. 10
8. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) comprend au moins quatre dits organes élastiques (8). 15
9. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (5) comprenant un nombre pair de dits organes élastiques (8). 20
10. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les guidages flexibles (11) ont la même raideur. 25
11. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le guidage flexible (11) de chaque organe élastique (8) comprend au moins une lame élastique s'étendant dans une direction perpendiculaire à la bissectrice (B). 30
12. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le guidage flexible (11) de chaque organe élastique (8) comprend des lames élastiques parallèles s'étendant dans une direction perpendiculaire à la bissectrice (B). 35
13. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** les lames des paires de lames élastiques (9) et des guidages flexibles (11) ont la même section. 40
14. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** dans chaque organe élastique (8) le ou les points (13) de jonction du guidage flexible (11) au corps rigide intermédiaire (10) sont sur la bissectrice (B) ou proches de la bissectrice (B) en projection orthogonale dans ledit plan perpendiculaire à l'axe (A). 45
15. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** les guidages flexibles (11) compensent la non linéarité du couple exercé par les paires de lames élastiques (9) sur l'arbre (2) en fonction de l'angle de rotation. 50
16. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** le balancier (3) et le pivot flexible (5) sont réalisés dans des matériaux différents. 55
17. Oscillateur horloger (1 ; 1' ; 1") selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre au moins une butée (14) fixe par rapport au support (6) et recevant une extrémité de l'arbre (2), cette butée (14) ne touchant aucun élément mobile de l'oscillateur (1) pendant le fonctionnement régulier de ce dernier mais pouvant servir d'appui à un tel élément mobile (2, 3, 4, 7) en cas de choc ou accélération reçu par l'oscillateur (1 ; 1' ; 1") afin de limiter la déformation du pivot flexible (5).
18. Oscillateur horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce qu'il** comprend un deuxième balancier (4) situé de l'autre côté du pivot flexible (5) par rapport audit balancier (3).
19. Oscillateur horloger (1') selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce qu'il** comprend un deuxième pivot flexible (5) situé de l'autre côté du balancier (3) par rapport audit pivot flexible (5).

Fig.1

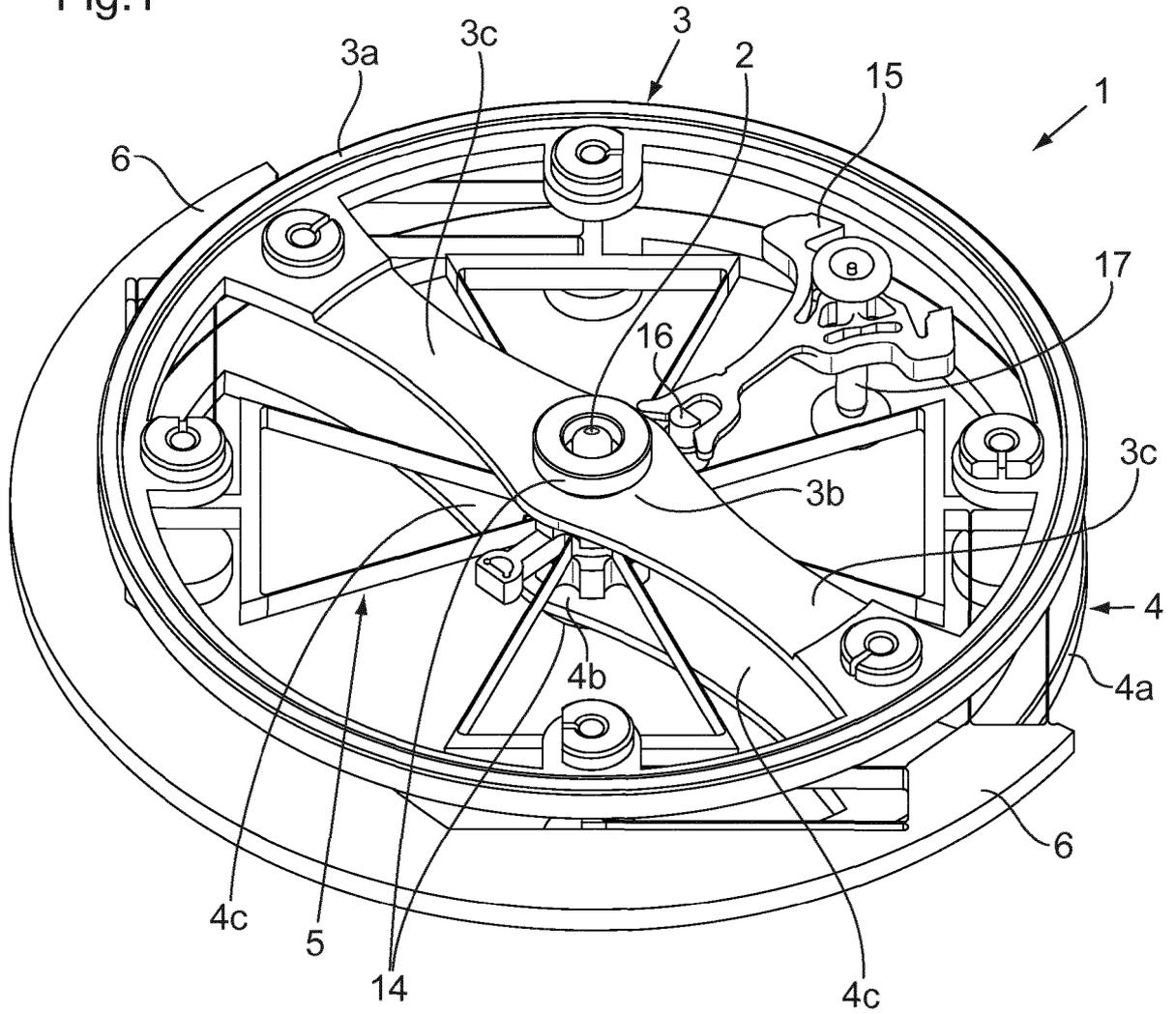


Fig.2

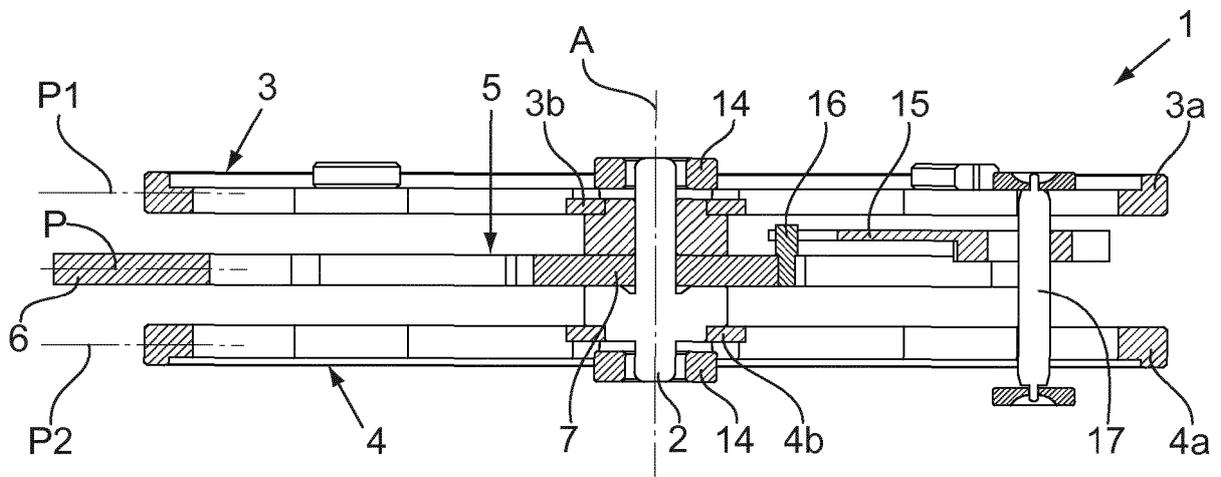


Fig.5

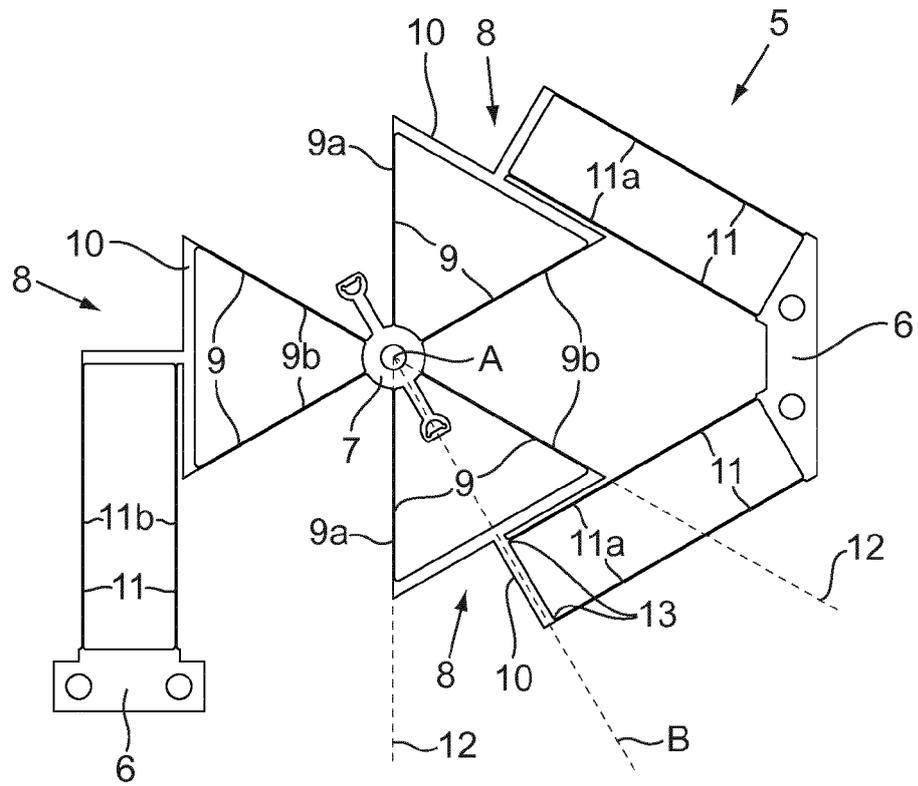


Fig.6

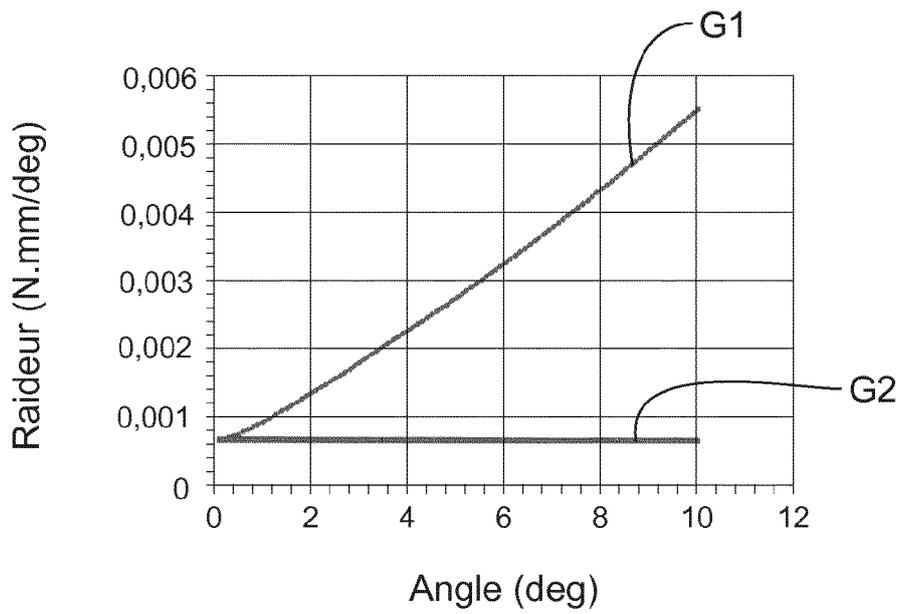


Fig.7

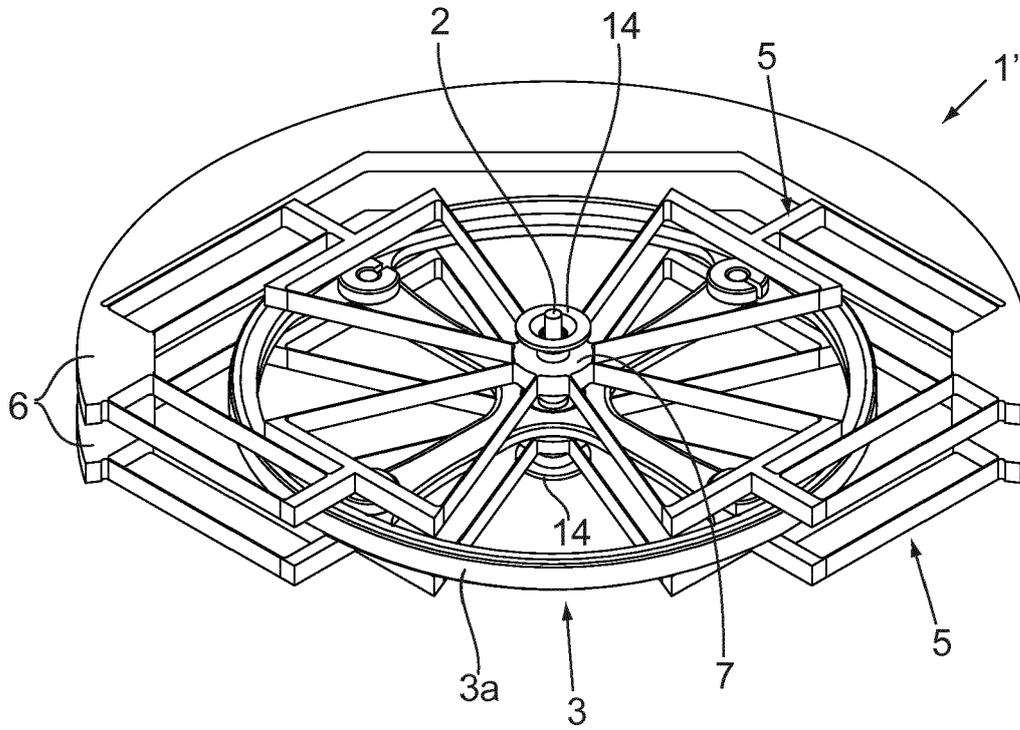
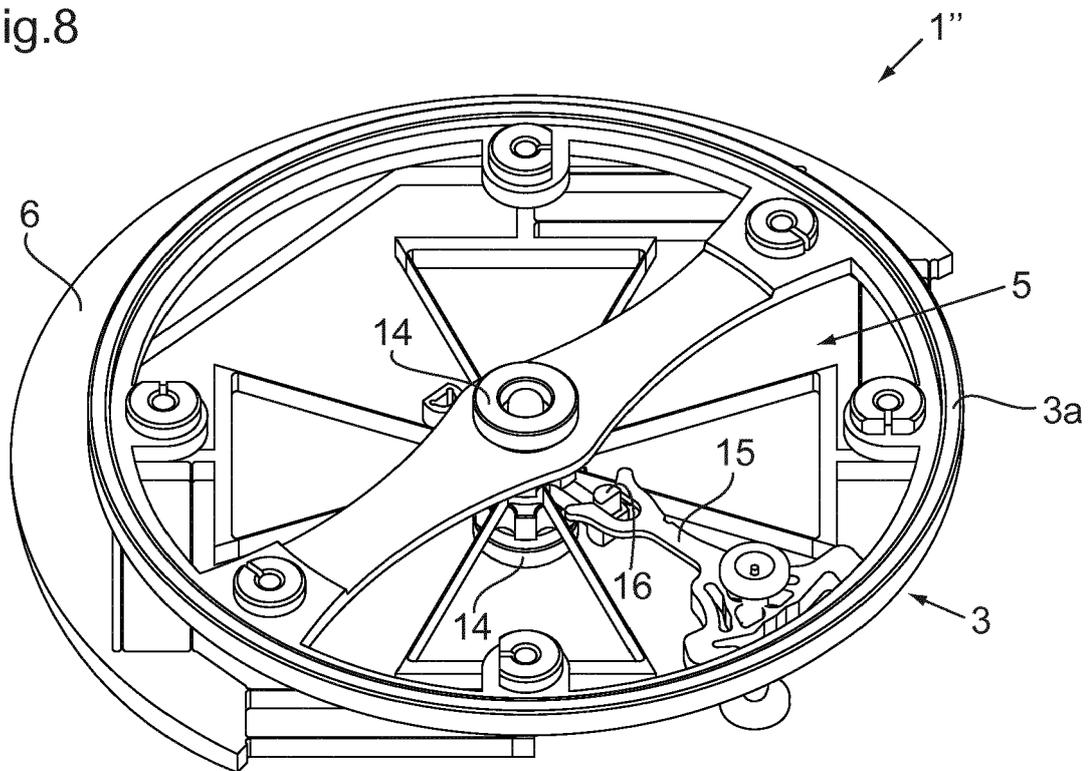


Fig.8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 19 19 7512

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)
A	EP 2 975 469 A1 (NIVAROX SA [CH]) 20 janvier 2016 (2016-01-20) * alinéas [0030] - [0045]; figures 1-4 *	1-19	INV. G04B17/04 G04B31/06
A	WO 2018/100122 A1 (LVMH SWISS MFT SA [CH]) 7 juin 2018 (2018-06-07) * page 6, ligne 17 - page 23, ligne 12; figures 1-10 *	1-19	
A	EP 3 476 748 A1 (CSEM CT SUISSE DELECTRONIQUE MICROTECHNIQUE SA RECH DEVELOPPEMENT [CH]) 1 mai 2019 (2019-05-01) * alinéas [0011] - [0057]; figures 1-14 *	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 5 mars 2020	Examineur 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 19 19 7512

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.

05-03-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2975469 A1	20-01-2016	CH 709881 A2	15-01-2016
		CN 105319940 A	10-02-2016
		EP 2975469 A1	20-01-2016
		JP 5982541 B2	31-08-2016
		JP 2016020906 A	04-02-2016
		US 2016011566 A1	14-01-2016
WO 2018100122 A1	07-06-2018	CN 110692022 A	14-01-2020
		EP 3548973 A1	09-10-2019
		FR 3059792 A1	08-06-2018
		JP 2019536053 A	12-12-2019
		TW 201830175 A	16-08-2018
		US 2020073329 A1	05-03-2020
		WO 2018100122 A1	07-06-2018
EP 3476748 A1	01-05-2019	EP 3476748 A1	01-05-2019
		US 2019120287 A1	25-04-2019

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 2911012 A [0003] [0023]
- WO 2016096677 A [0003] [0023]