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

(11) **EP 3 907 563 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
10.11.2021 Bulletin 2021/45

(21) Numéro de dépôt: **20173411.8**

(22) Date de dépôt: **07.05.2020**

(51) Int Cl.:
G04B 11/02 *(2006.01)* ***G04B 15/08*** *(2006.01)*
G04B 19/02 *(2006.01)* ***G04F 7/08*** *(2006.01)*

(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)

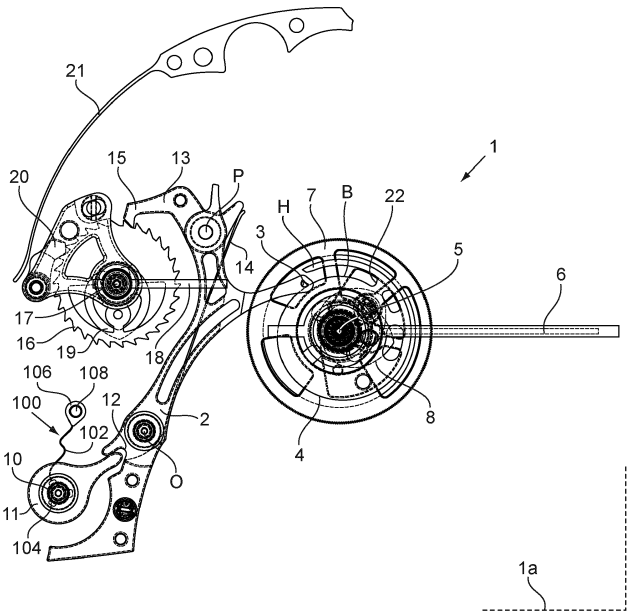
(72) Inventeurs:
- **MAIER, Frédéric**
  2000 Neuchâtel (CH)
- **LE BRIS, Jean-Baptiste**
  74970 Marignier (FR)

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

(54) MÉCANISME HORLOGER COMPRENANT UN ORGANE PIVOT

(57) La présente invention propose un mécanisme horloger (1) comprenant un organe pivotant monté sur un axe de pivotement et soumis à l'action d'au moins un ressort (100) agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage, ledit ressort (100) comprenant au moins un bras élastique (102) présentant à l'une de ses extrémités un premier élément rotatif (104) solidaire au moins en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant, ledit ressort (100) présentant une raideur nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée. Le bras élastique (102) présente à l'autre de ses extrémités un second élément rotatif (106) monté pivotant, notamment sur un bâti (1a) du mécanisme horloger (1).

Fig.8



EP 3 907 563 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant monté sur un axe de pivotement et soumis à l'action d'au moins un ressort agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage, ledit ressort comprenant au moins un bras élastique présentant à l'une de ses extrémités un premier élément rotatif solidaire au moins en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant, ledit ressort présentant une raideur nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée.

[0002] Un tel organe pivotant est par exemple un doigt agissant sur une bascule présentant un palpeur coopérant avec une came escargot d'un mécanisme de compteur de minutes instantané d'un chronographe, tel que décrit dans la publication WO 2020/016818. Le premier élément rotatif du ressort est monté sur l'axe de pivotement du doigt de sorte que la première extrémité du ressort est pivotée. La bascule est maintenue en appui contre la périphérie de la came escargot par ledit ressort agissant sur l'axe de pivotement du doigt, ce doigt agissant lui-même sur la bascule. A chaque tour de came, la bascule monte le long de la came, ce qui arme progressivement le ressort. L'organe pivotant peut être également la bascule en elle-même, le premier élément rotatif du ressort étant alors monté sur l'axe de la bascule. A sa deuxième extrémité, le ressort présente une base fixée au bâti du mécanisme horloger par deux goupilles, de sorte que cette deuxième extrémité du ressort est encastrée.

[0003] Ce montage permet d'obtenir un ressort présentant une raideur sensiblement nulle ou faiblement négative dans la plage prédéterminée des positions angulaires que peut prendre le premier élément rotatif pendant le fonctionnement du mécanisme. Cela permet de diminuer l'intensité de la force appliquée à la came escargot par le ressort par rapport à un ressort traditionnel, réduisant ainsi l'énergie requise pour faire tourner la came escargot.

[0004] La raideur faiblement négative du ressort permet en outre que le doigt appuie sur la bascule avec un effort légèrement décroissant permettant de compenser en partie la variation du bras de levier de la force appliquée à la came par la bascule sur un tour de rotation de cette came. Cela permet d'avoir une plus faible variation du couple requis pour faire tourner ladite came.

[0005] Toutefois, afin de pouvoir compenser complètement la variation du bras de levier, il est nécessaire d'utiliser un ressort présentant un bras élastique de section variable. La section du bras élastique du ressort, dont une extrémité est pivotée et l'autre extrémité est encastrée, doit donc varier entre ces deux extrémités pour obtenir un couple constant appliqué sur la came, permettant de réduire la consommation d'énergie et de limiter les à-coups.

[0006] Un inconvénient de ce ressort à une extrémité pivotée et l'autre extrémité encastrée est donc qu'il peut être complexe à fabriquer en raison de la section ou de l'épaisseur variable de son bras élastique.

[0007] Un autre inconvénient de ce ressort à une extrémité pivotée et l'autre extrémité encastrée est la difficulté rencontrée par l'horloger pour encastrer la base du ressort prévue à cet effet sur le bâti, ladite base devant se loger entre deux goupilles.

[0008] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients en proposant un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant soumis à l'action d'un ressort présentant une raideur nulle ou négative, ledit ressort étant simple à monter.

[0009] La présente invention propose également un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant soumis à l'action d'un ressort présentant une raideur négative, ledit ressort étant en outre simple à fabriquer.

[0010] A cet effet, la présente invention concerne un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant monté sur un axe de pivotement et soumis à l'action d'au moins un ressort agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage, ledit ressort comprenant au moins un bras élastique présentant à l'une de ses extrémités un premier élément rotatif solidaire au moins en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant, ledit ressort présentant une raideur nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée.

[0011] Selon l'invention, le bras élastique présente à l'autre de ses extrémités un second élément rotatif également monté pivotant.

[0012] Ainsi, le ressort peut être facilement mis en place par l'horloger. De plus, les deux extrémités pivotées du ressort permettent de diminuer le couple appliqué par le ressort ainsi que la contrainte dans le bras élastique par rapport à un ressort à une extrémité pivotée et à l'autre extrémité encastrée.

[0013] De préférence, le ou chaque bras élastique est de forme sinueuse.

[0014] Selon un mode de réalisation préféré, la forme géométrique du ou de chaque bras élastique est une courbe de Bézier ou une succession de courbes de Bézier.

[0015] D'une manière avantageuse, l'entraxe entre les premier et second éléments rotatifs peut être choisi pour que le ressort présente une raideur négative ou nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0016] Selon un mode de réalisation, le ou chaque bras élastique du ressort présente une section constante, la raideur du ressort étant négative ou nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0017] Ainsi, l'invention permet d'obtenir notamment un ressort à raideur négative sans avoir à changer la section du bras élastique, de sorte que ledit ressort est simple à fabriquer.

[0018] Selon un autre mode de réalisation, le ou cha-

que bras élastique du ressort présente une section variable dont la variation est choisie pour rendre moins négative, voire nulle, la raideur du ressort dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, par rapport à un bras élastique de même forme mais de section constante.

[0019] Ainsi, l'invention permet d'obtenir un ressort dont la raideur est choisie nulle ou négative en fonction de l'application prévue pour l'organe pivotant.

[0020] L'invention propose en outre une pièce d'horlogerie, telle qu'une montre-bracelet ou une montre de poche, comprenant ce mécanisme horloger.

[0021] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante de différents modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue plane de dessus d'un ressort utilisé dans le mécanisme horloger selon l'invention;
- la figure 2 est une vue plane de dessus d'une variante de ressort utilisé dans le mécanisme horloger selon l'invention, le ressort apparaissant en clair étant en position de repos et le ressort apparaissant en sombre ayant ses éléments rotatifs pivotés pour occuper une position angulaire θ par rapport à la position de repos;
- la figure 3 est une représentation graphique du moment normalisé exercé dans un ressort à extrémités pivotée et encastrée (courbe C1) et dans le ressort de la figure 1 (courbe C2), par un bras élastique de section constante, pour un entraxe de 3 mm;
- la figure 4 est une représentation graphique de la contrainte normalisée sur un ressort à extrémités pivotée et encastrée (courbe Ct1) et sur le ressort de la figure 1 (courbe Ct2), le bras élastique étant de section constante, pour un entraxe de 3 mm ;
- la figure 5 est une représentation graphique du moment normalisé exercé dans un ressort à extrémités pivotée et encastrée par un bras élastique de section constante (courbe C1) et dans le ressort de la figure 1, par un bras élastique de section constante (courbe C2) et par des bras de différentes sections variables (autres courbes) pour un entraxe de 3 mm ;
- la figure 6 est une représentation graphique du moment normalisé exercé dans un ressort à extrémités pivotée et encastrée (courbe C1) et dans le ressort de la figure 1 (courbe C2'), par un bras élastique de section constante, pour un entraxe de 5 mm ;
- la figure 7 est une représentation graphique de la contrainte normalisée sur un ressort à extrémités pivotée et encastrée (courbe Ct1) et sur le ressort de la figure 1 (courbe Ct2'), le bras élastique étant de section constante, pour un entraxe de 5 mm ;
- la figure 8 est une vue plane de dessous d'un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant selon un exemple de réalisation de l'invention ; et
- la figure 9 est une vue isométrique d'un organe pivotant selon un autre exemple de réalisation de l'invention.

[0022] Dans le contexte de la présente invention, on entend par le terme « raideur » la raideur tangentielle.

[0023] En référence aux figures 1 et 2, la présente invention concerne un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant monté sur un axe de pivotement et soumis à l'action d'au moins un ressort 100 agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage. Ledit ressort 100 est conformé spécialement pour présenter une raideur nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée. Un tel ressort 100 permet au moins d'améliorer, voire garantir, la constance du couple ou moment de force qu'il exerce sur l'organe pivotant et ainsi, au moins diminuer la consommation d'énergie.

[0024] Le ressort 100 comprend au moins un bras élastique 102 sous la forme d'une lame présentant à l'une de ses extrémités un premier élément rotatif 104 solidaire au moins en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant. Ledit axe de pivotement de l'organe pivotant est monté pivoté sur un élément du bâti du mécanisme horloger. Le premier élément rotatif 104 présente par exemple la forme d'un anneau triangulaire comme sur les figures 1 et 2 ou circulaire. Il est rendu solidaire en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant par exemple par chassage sur ledit axe ou tout autre moyen de fixation approprié.

[0025] Conformément à l'invention, le bras élastique 102 présente à l'autre de ses extrémités un second élément rotatif 106 également monté pivotant. Ainsi, les deux extrémités du ressort 100 sont avantageusement pivotées.

[0026] Selon un mode de réalisation de l'invention, le second élément rotatif 106 du ressort 100 est monté pivotant sur un élément du bâti du mécanisme horloger. Il peut être monté pivotant par exemple sur une goupille solidaire dudit bâti ou par tout autre moyen de montage approprié.

[0027] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le second élément rotatif 106 du ressort 100 est monté pivotant sur un élément mobile de l'organe pivotant agencé pour être mobile relativement par rapport à l'axe de pivotement dudit organe pivotant. Il peut être monté pivotant par exemple sur une goupille ou un tenon solidaire dudit élément mobile de l'organe pivotant ou par tout autre moyen de montage approprié.

[0028] Le second élément rotatif 106 présente par exemple la forme d'un anneau circulaire comme représenté sur la figure 1 ou triangulaire comme représenté sur la figure 2.

[0029] Il apparaîtra clairement à l'homme du métier qu'au lieu d'être constitué d'un seul bras élastique, le ressort 100 pourrait comprendre plusieurs bras élastiques reliant les deux éléments rotatifs 104, 106, en fonc-

tion de l'intensité de la force produite recherchée. Un ressort comprenant un seul bras élastique présente toutefois l'avantage d'une plus grande compacité, ce qui peut être intéressant selon les applications.

[0030] Le ressort 100 est ici considéré dans sa globalité comme une pièce comprenant les deux éléments rotatifs 104 et 106 reliés par le bras élastique 102. Les deux éléments rotatifs 104 et 106 sont destinés à tourner sur eux-mêmes, seul le bras élastique 102 se déformant pendant le fonctionnement du mécanisme.

[0031] Dans une variante non représentée, le premier élément rotatif 104 peut former une seule pièce avec son organe pivotant.

[0032] Le ressort 100 est de préférence monobloc. Il est par exemple en métal, alliage, silicium, plastique, verre minéral ou verre métallique. Il peut être réalisé par usinage ou par la technique LIGA, notamment dans le cas où il est fait d'un métal ou alliage, par gravure ionique réactive profonde dite DRIE, notamment dans le cas où il est fait en silicium, par moulage, notamment dans le cas où il est fait en plastique ou verre métallique, ou par découpe laser, notamment dans le cas où il est en verre minéral.

[0033] Pour la compréhension de l'invention, le comportement du ressort 100 considéré globalement et isolément, c'est-à-dire avec ses deux extrémités pivotées, mais libre de toute interaction avec le reste du mécanisme horloger auquel il est associé, est décrit ci-dessous. Les figures 1 et 2 représentent ce ressort isolé.

[0034] En raison de la forme spécifique de son bras élastique 102, le ressort 100 possède un sens de rotation privilégié de ses éléments rotatifs 104, 106 par rapport à leur position de repos, ce sens étant défini comme celui qui permet, à partir d'un état de repos du ressort 100 isolé dans lequel son bras élastique 102 est au repos, le plus grand déplacement angulaire relatif des éléments rotatifs 104 et 106 par rapport à leur position de repos. Ce sens de rotation privilégié est le sens horaire pour le premier élément rotatif 104 de la figure 2 et le sens antihoraire pour le second élément rotatif 106 de la figure 2, selon laquelle le premier élément rotatif 104 en blanc est dans sa position de repos, et le premier élément rotatif en noir est dans un état contraint après une rotation horaire. Les deux éléments rotatifs 104 et 106 pivotent dans le sens contraire mais avec des angles différents, qui varient notamment selon l'entraxe E entre le premier élément rotatif 104 et le second élément rotatif 106, c'est-à-dire la distance entre les centres de rotation desdits éléments rotatifs 104, 106.

[0035] On appelle θ la position angulaire du premier élément rotatif 104 du ressort 100 isolé dans un état contraint par rapport à sa position de repos, θ étant égal à zéro lorsque le ressort 100 isolé est au repos, c'est-à-dire lorsque son bras élastique 102 est au repos, et augmentant avec le déplacement angulaire du premier élément rotatif 104, lorsque le ressort 100 est contraint, par rapport à sa position de repos dans le sens de rotation privilégié dudit premier élément rotatif 104.

[0036] De manière générale, lorsque le premier élément rotatif 104 est dans la position angulaire dans laquelle $\theta = x°$, on dit que le ressort 100 est armé de x.

[0037] Le ressort 100 diffère des structures élastiques classiques. Ses propriétés reposent sur une forme sinueuse de son bras élastique 102 qui se déforme de manière à générer, notamment lorsque sa section est constante, un moment qui décroit sur une plage prédéterminée de positions angulaires de son premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, le ressort 100 présentant alors une raideur négative sur ladite plage, ou un moment sensiblement constant sur une plage prédéterminée de positions angulaires de son premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, le ressort 100 présentant alors une raideur sensiblement nulle sur ladite plage, lorsque les deux extrémités du ressort sont pivotées.

[0038] L'obtention d'un tel bras élastique 102 requiert une conception spécifique et paramétrée. La forme géométrique du bras élastique 102 peut par exemple être obtenue par optimisation topologique utilisant des courbes polynomiales paramétriques telles que les courbes de Bézier. Une description détaillée de cette méthode d'optimisation est décrite dans la publication WO 2020/016818 de la demanderesse pour obtenir un bras élastique 102 dont la forme géométrique est une courbe de Bézier ou une succession de courbes de Bézier dont les points de contrôle ont été optimisés pour prendre en compte, notamment, les dimensions du ressort 100 à concevoir ainsi que l'obtention d'une constance du moment de 5% sur une plage angulaire prédéterminée.

[0039] La forme géométrique du bras 102 utilisé dans la présente invention peut être obtenue selon la méthode décrite dans ladite publication WO 2020/016818 pour réaliser des lames conçues, notamment de par leur forme, pour exercer un moment sensiblement constant (constance de 5%) dans un ressort comportant une extrémité pivotée et une extrémité encastrée comme détaillé dans ladite publication, mais la lame obtenue étant ensuite utilisée dans un ressort 100 dont les deux extrémités sont pivotées conformément à la présente invention.

[0040] En effet, de telles lames élastiques peuvent travailler en flexion (raideur positive) et en flambage (raideur négative). Le montage du ressort 100 comprenant une telle lame avec ses deux extrémités pivotées conformément à la présente invention permet de modifier avantageusement le comportement de la lame en augmentant le flambage. Notamment, cela peut permettre d'obtenir de manière très avantageuse une raideur négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée sur une lame d'épaisseur constante qui avait, à la base, une raideur sensiblement nulle avec une seule extrémité pivotée, comme dans la publication WO 2020/016818.

[0041] Toute autre forme de courbe permettant d'obtenir une lame élastique pouvant travailler en flexion (raideur positive) et en flambage (raideur négative) de manière à présenter globalement une raideur négative ou

nulle, notamment pour une lame de section constante, et plus particulièrement une raideur négative pour une lame de section constante, dans au moins une partie de la plage prédéterminée, lorsque les deux extrémités du ressort 100 sont pivotées, peut être utilisée comme bras élastique dans l'invention.

[0042] D'une manière particulièrement avantageuse, le ressort 100 peut être configuré pour présenter une raideur négative ou nulle dans au moins une partie de la plage prédéterminée d'angles d'armage, en fonction de l'application prévue pour l'organe pivotant.

[0043] La plage prédéterminée d'angles d'armage est la plage prédéterminée des positions angulaires du premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, cette plage étant de préférence d'au moins 10°, de préférence d'au moins 15°, la position angulaire d'armage minimum choisie étant de préférence supérieure à 5°.

[0044] De préférence, le ressort 100 peut être configuré pour présenter une raideur négative ou nulle dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0045] De préférence, pour certaines applications prévues pour l'organe pivotant, le ressort 100 peut être configuré pour présenter une raideur négative dans sensiblement toute la plage prédéterminée. Pour d'autres applications de l'organe pivotant, le ressort 100 peut être configuré pour présenter une raideur nulle dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0046] Selon un mode de réalisation, l'entraxe E entre le premier élément rotatif 104 et le second élément rotatif 106, c'est-à-dire la distance entre les centres de rotation desdits éléments rotatifs 104, 106, peut être avantageusement choisi pour que le ressort 100 présente une raideur négative dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0047] Selon un mode de réalisation, l'entraxe E varie entre 96% et 200% de la longueur développée du bras élastique 102.

[0048] Selon un mode de réalisation, le ou chaque bras élastique 102 présente une section constante, et le ressort 100 avec ses deux extrémités pivotées, est configuré pour présenter une raideur négative dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, contrairement à un ressort de même forme avec une extrémité pivotée et l'autre extrémité encastrée, qui présente une raideur nulle.

[0049] Plus particulièrement, selon un mode de réalisation préféré, l'entraxe E varie entre 96% et 200% de la longueur développée du bras élastique 102 et le bras élastique 102 est de section constante, le ressort 100 avec ses deux extrémités pivotées présentant une raideur négative dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0050] En utilisant ce principe, la demanderesse a conçu un ressort 100 tel que représenté sur la figure 1, ayant les dimensions suivantes:

Distance entre le centre de rotation du premier élément rotatif 104 et le point de jonction du bras élastique 102 audit premier élément rotatif 104: 0,5 mm ;
Distance entre les deux extrémités du bras élastique 102: 2 mm
Distance entre le point de jonction du bras élastique 102 et le centre de rotation du second élément rotatif 106: 0,5 mm;
Longueur développée du bras élastique 102: 2,4 mm ;
Soit un entraxe E de 3 mm, égal à 125% de la longueur développée du bras élastique 102 ;
Epaisseur (largeur) constante du bras élastique 102: 30 μm ;
Hauteur du ressort 100: 0,3 mm.

[0051] La courbe C2 de la figure 3 représente les résultats d'une simulation de l'évolution du moment normalisé du ressort 100 ainsi réalisé en fonction de la position angulaire θ de son premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, les deux extrémités du ressort 100 étant pivotées conformément à l'invention. A titre comparatif, la courbe C1 de la figure 3 représente l'évolution du moment normalisé d'un ressort similaire mais dont une seule extrémité est pivotée, l'autre extrémité étant encastrée, comme décrit dans la publication WO 2020/016818.

[0052] La simulation effectuée considère un ressort 100 réalisé dans un alliage amorphe à base de zirconium, titane, nickel, cuivre et béryllium, plus précisément dans un verre métallique de type Vitreloy 1b, mais tout matériau approprié peut être utilisé. Par exemple des matériaux tels que d'autres verres métalliques, d'autres alliages tels que le Nivaflex® 45/18 (alliage à base de cobalt, nickel et chrome), le nickel-phosphore ou le CK101 (acier de construction non-allié), le silicium, typiquement revêtu d'oxyde de silicium, ou le plastique conviennent également. Il est important de tenir compte du rapport entre la limite élastique et le module de Young du matériau pour choisir le matériau constituant le bras élastique 102.

[0053] La raideur d'un ressort, plus précisément de son bras élastique, est la dérivée de la fonction $M(\theta)$ définie respectivement par les courbes représentées sur la figure 3.

[0054] Comme cela est visible sur les courbes $M(\theta)$ de la figure 3, le moment suit une évolution en trois phases :

- pour un angle θ compris entre 0 et une première valeur θ_a, soit $\theta 1_a$ pour la courbe C1 et $\theta 2_a$ pour la courbe C2, le moment augmente avec la position angulaire θ ;
- pour un angle θ compris entre la première valeur θa et une deuxième valeur θ_b, le moment décroît pour la courbe C2, le ressort présentant alors une raideur négative entre $\theta 2_a$ et $\theta 2_b$, alors que le moment est sensiblement constant pour la courbe C1, le ressort présentant alors une raideur sensiblement nulle entre $\theta 1_a$ et $\theta 1_b$. On entend par moment

« sensiblement constant » un moment ne variant pas de plus de 10%, de préférence 5%, plus préférentiellement 3%, étant entendu que ce pourcentage peut être diminué davantage ;

- pour un angle θ au-delà de la valeur θ_b, le moment augmente à nouveau jusqu'à atteindre une valeur limite qui dépend des propriétés du matériau dans lequel le ressort est réalisé et correspond à la contrainte maximale que peut subir ce ressort.

[0055] Sur la plage de positions angulaires [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] la raideur du ressort 100 utilisé conformément à l'invention est négative. Dans la présente invention, on se place dans cette plage [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] ou au moins en partie dans cette plage.

[0056] Il ressort de l'analyse des résultats présentés sur la figure 3 qu'un moment décroissant est obtenu lors d'un déplacement du premier élément rotatif 104 du ressort 100 étudié, ses deux extrémités étant pivotées, par rapport à sa position de repos d'une position angulaire $\theta 2_a$ = 5° à une position angulaire $\theta 2_b$ = 20°, c'est à dire sur une plage de 15° sur laquelle la raideur du ressort 100 est négative.

[0057] A titre comparatif, on obtient, avec un ressort de même forme mais présentant une extrémité pivotée et une extrémité encastrée, un moment sensiblement constant lors d'un déplacement de son élément rotatif pivoté par rapport à son extrémité encastrée, d'une position angulaire $\theta 1_a$ = 18° à une position angulaire $\theta 1_b$ = 30°, c'est à dire sur une plage de 12° sur laquelle la raideur du ressort est nulle.

[0058] La courbe Ct2 de la figure 4 représente les résultats d'une simulation de l'évolution de la contrainte normalisée sur le ressort 100 en fonction de la position angulaire θ de son premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, les deux extrémités du ressort 100 étant pivotées conformément à l'invention. A titre comparatif, la courbe Ct1 de la figure 4 représente l'évolution de la contrainte normalisée sur un ressort similaire mais dont une seule extrémité est pivotée, l'autre extrémité étant encastrée, comme décrit dans la publication WO 2020/016818.

[0059] Les courbes des figures 3 et 4 montrent qu'avec le ressort 100 aux deux extrémités pivotées conformément à l'invention, avec un entraxe E variant de 96% à 200% de la longueur développée dudit bras élastique 102, on obtient une raideur négative sur la plage [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] avec un ressort, avec un bras élastique 102 de section constante, qui, à la base, avait une raideur nulle et une seule extrémité pivotée, l'autre étant encastrée. Avec un tel ressort 100 comprenant un bras élastique 102 de section constante et monté conformément à l'invention, il n'est plus nécessaire, pour obtenir une raideur négative, d'avoir un bras élastique de section variable comme décrit dans la publication WO 2020/016818.

[0060] De plus, le ressort 100 monté avec ses deux extrémités pivotées conformément à l'invention, permet de simplifier le montage, l'horloger n'ayant qu'à insérer le second élément rotatif 106 le long d'une goupille fixée sur le bâti, au lieu de devoir loger l'extrémité du ressort entre deux goupilles pour réaliser un encastrement, comme décrit dans la publication WO 2020/016818.

[0061] Par ailleurs, le ressort 100 monté selon l'invention nécessite un armage minimal de 5° environ pour avoir une raideur négative, avec une large plage d'angles sur laquelle la raideur est négative, alors qu'un ressort avec une extrémité encastrée nécessite un armage minimal de 18° pour présenter une raideur nulle, et sur une plage plus étroite.

[0062] De plus, un tel ressort 100 monté conformément à l'invention permet de diviser le couple quasiment d'un rapport 3 et de diviser la contrainte quasiment par 2 par rapport à un même ressort dont une extrémité est encastrée, au moins sur une partie de la plage prédéterminée. Le montage du ressort 100 selon l'invention permet donc de réduire le couple et la contrainte de manière importante par rapport à un ressort à une extrémité encastrée, ce qui permet de pouvoir augmenter l'épaisseur du bras élastique 102, sans dépasser la contrainte admissible du matériau. Par exemple, pour un entraxe E de 3 mm, l'épaisseur peut être multipliée par environ 1,4. Une augmentation de l'épaisseur du bras élastique 102 renforce la robustesse du mécanisme. Le couple sera moins sensible aux variations dimensionnelles liées à la fabrication du bras élastique. En outre, la diminution de la contrainte est appréciable pour un matériau tel que le silicium.

[0063] Il est possible d'ajuster la valeur de raideur négative d'un ressort 100 ayant un bras élastique de section constante configuré pour présenter une certaine raideur négative, en concevant le ressort 100 avec un bras élastique 102 de section variable.

[0064] A cet effet, le ou chaque bras élastique 102 présente une section variable dont la variation est choisie pour rendre moins négative, voire nulle selon la variation de l'épaisseur, la raideur du ressort 100 dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, par rapport à un bras élastique de même forme mais de section constante et configuré pour présenter une raideur négative.

[0065] La figure 5 montre différentes courbes représentative du moment $M(\theta)$ normalisé exercé dans un ressort à extrémités pivotée et encastrée par un bras élastique de section constante de 30 μm (courbe C1) et dans le ressort 100 aux deux extrémités pivotées conformément à l'invention, par un bras élastique 102 de section constante de 30 μm (courbe C2) et par des bras de différentes sections variables (autres courbes) pour un entraxe de 3 mm correspondant à 125% de la longueur développée du bras élastique 102, le ressort étant par ailleurs identique au ressort 100 décrit ci-dessus.

[0066] Les courbes situées au-dessous de la courbe C2 correspondent à un bras élastique 102 dont l'épaisseur augmente linéairement du premier élément rotatif 104 au milieu du bras élastique 102 et diminue linéaire-

ment du milieu du bras élastique 9 au second élément rotatif 106, l'épaisseur au milieu du bras élastique 102 étant de 30 μm pour chaque courbe, l'épaisseur au point de jonction avec les premier ou second éléments rotatifs 104, 106 étant de 29 μm pour la courbe C3 sous la courbe C2, de 28 μm pour la courbe C4 sous la courbe C2, de 27 μm pour la courbe C5 sous la courbe C2, et ainsi de suite par décrémentation de 1 μm.

[0067] On constate qu'avec le ressort 100 monté conformément à l'invention, la raideur devient moins négative (le moment décroît moins), voire nulle (le moment est sensiblement constant), dans la plage d'angles d'armage d'intérêt où la raideur est négative pour un bras de section constante, lorsque l'on augmente la variation de section du bras élastique 102. Au contraire, la publication WO 2020/016818 a montré qu'une augmentation de la variation de section du bras élastique d'un ressort avec une extrémité pivotée et une extrémité encastrée entrainait une diminution de la raideur négative du ressort.

[0068] Plus particulièrement, la raideur du ressort 100 monté conformément à l'invention augmente mais reste négative lorsque la variation de section du bras élastique 102 augmente mais est inférieure à 60%, de préférence inférieure à 50%.

[0069] Lorsque la variation de section du bras élastique est supérieure à 60%, la raideur du ressort 100 monté conformément à l'invention est nulle.

[0070] Il est bien évident que d'autres modes de variation de la section du bras élastique peuvent être choisies.

[0071] De manière générale, dans les cas où le bras élastique 102 a une section variable, celle-ci varie typiquement de manière strictement monotone (elle augmente ou diminue sans interruption mais pas nécessairement linéairement) sur au moins une portion continue du bras élastique représentant 10%, de préférence 20%, de préférence 30%, de préférence 40%, de la longueur (développée) du bras élastique. La variation de la section est en outre choisie pour rendre moins négative, voire nulle la raideur du bras élastique 102 sur la plage [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] ou au moins sur la partie de la plage prédéterminée qui se recoupe avec la plage [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$], par rapport à un bras élastique de même forme mais de section constante.

[0072] On peut dès lors choisir la section du bras élastique constante ou variable selon la raideur négative ou nulle recherchée dans la plage d'intérêt. De plus, une augmentation de la variation de la section du bras élastique permet de réduire le moment ainsi que la contrainte, de sorte que la section du bras peut également être adaptée en fonction de l'application prévue pour l'organe pivotant.

[0073] Ainsi, un ressort 100 ayant un bras élastique 102 de section constante ou variant de moins de 60% avec un entraxe E variant de 96% à 200% de la longueur développée dudit bras élastique 102 et ses deux extrémités pivotées, on obtient une raideur négative sur la plage [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] avec un ressort qui, à la base, avait une raideur nulle et une seule extrémité pivotée, l'autre étant encastrée.

[0074] Selon un autre mode de réalisation, l'entraxe entre le premier élément rotatif 104 et le second élément rotatif 106 peut être choisi pour que le ressort 100' présente une raideur nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0075] Selon un mode de réalisation, l'entraxe E est supérieur à 200% et inférieur à 300% de la longueur développée du bras élastique 102.

[0076] Selon un mode de réalisation, le ou chaque bras élastique 102 présente une section constante, et le ressort 100' avec ses deux extrémités pivotées, est configuré pour présenter une raideur nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0077] Plus particulièrement, selon un mode de réalisation préféré, l'entraxe E est supérieur à 200% et inférieur à 300% de la longueur développée du bras élastique 102 et le bras élastique 102 est de section constante, le ressort 100' avec ses deux extrémités pivotées présentant une raideur nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0078] En utilisant ce principe, la demanderesse a conçu un autre ressort 100' tel que représenté sur la figure 1, ayant une distance entre les deux extrémités du bras élastique 102 de 4 mm, soit un entraxe E de 5 mm, égal à 208% de la longueur développée du bras élastique 102; les autres dimensions du ressort 100' sont identiques à celles du ressort 100 décrit ci-dessus.

[0079] La courbe C2' de la figure 6 représente les résultats d'une simulation de l'évolution du moment normalisé du ressort 100' ainsi réalisé en fonction de la position angulaire θ de son premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, les deux extrémités du ressort 100' étant pivotées conformément à l'invention. A titre comparatif figure également la courbe C1 de la figure 3 qui représente l'évolution du moment normalisé d'un ressort similaire mais dont une seule extrémité est pivotée, l'autre extrémité étant encastrée, avec un entraxe E de 5 mm, le moment ne variant pas en fonction de l'entraxe lorsque la seconde extrémité est encastrée.

[0080] Comme cela est visible sur les courbes M(θ) de la figure 6, le moment suit une évolution en trois phases :

- pour un angle θ compris entre 0 et une première valeur θa, soit θ1a pour la courbe C1 et $\theta 2'_a$ pour la courbe C2', le moment augmente avec la position angulaire θ ;
- pour un angle θ compris entre la première valeur θ_a et une deuxième valeur θ_b, le moment est sensiblement constant (moment ne variant pas de plus de 10%, de préférence 5%, plus préférentiellement 3%), pour la courbe C2', le ressort 100' présentant alors une raideur sensiblement nulle entre $\theta 2'_a$ et $\theta 2'_b$, et le moment est sensiblement constant pour

la courbe C1, le ressort présentant une raideur sensiblement nulle entre $\theta 1_a$ et $\theta 1_b$;

- pour un angle au-delà de la valeur θ_b, le moment augmente à nouveau jusqu'à atteindre une valeur limite qui dépend des propriétés du matériau dans lequel le ressort est réalisé et correspond à la contrainte maximale que peut subir ce ressort.

[0081] Sur la plage de positions angulaires [$\theta 2'_a$, $\theta 2'_b$] la raideur du ressort 100' utilisé conformément à l'invention est sensiblement nulle. Dans ce mode de réalisation de l'invention, on se place dans cette plage [$\theta 2'_a$, $\theta 2'_b$] ou au moins en partie dans cette plage.

[0082] Il ressort de l'analyse des résultats présentés sur la figure 6 qu'un moment sensiblement constant est obtenu lors d'un déplacement du premier élément rotatif 104 du ressort 100' étudié, ses deux extrémités étant pivotées, par rapport à sa position de repos d'une position angulaire $\theta 2'_a$ = 5° à une position angulaire $\theta 2'_b$ = 15°, c'est à dire sur une plage de 10° sur laquelle la raideur du ressort 100' est nulle. On rappelle que pour le ressort présentant une extrémité pivotée et une extrémité encastrée, le moment est sensiblement constant lors d'un déplacement de son élément rotatif pivoté par rapport à son extrémité encastrée, d'une position angulaire $\theta 1_a$ = 18° à une position angulaire $\theta 1_b$ = 30°.

[0083] La courbe Ct2' de la figure 7 représente les résultats d'une simulation de l'évolution de la contrainte normalisée sur le ressort 100' en fonction de la position angulaire θ de son premier élément rotatif 104 par rapport à sa position de repos, les deux extrémités du ressort 100' étant pivotées conformément à l'invention. A titre comparatif, figure également la courbe Ct1 de la figure 4 qui représente l'évolution de la contrainte normalisée sur un ressort similaire mais dont une seule extrémité est pivotée, l'autre extrémité étant encastrée, avec un entraxe E de 5 mm, la contrainte ne variant pas en fonction de l'entraxe lorsque la seconde extrémité est encastrée.

[0084] Les courbes des figures 6 et 7 montrent qu'avec le ressort 100' aux deux extrémités pivotées conformément à l'invention, ayant un bras élastique 102 de section constante avec un entraxe E supérieur à 200% et inférieur à 300% de la longueur développée dudit bras élastique 102, on obtient une raideur nulle sur la plage [$\theta 2'_a$, $\theta 2'_b$] avec un ressort qui, à la base, avait une raideur nulle et une seule extrémité pivotée, l'autre étant encastrée, mais avec un moment et une contrainte très réduits. En effet, un tel ressort 100' monté conformément à l'invention permet de diviser le couple quasiment d'un rapport 10 et de diviser la contrainte quasiment par 4 par rapport à un même ressort dont une extrémité est encastrée, au moins sur une partie de la plage prédéterminée. Comme vu ci-dessus pour le ressort 100, cela permet de pouvoir augmenter l'épaisseur du bras élastique 102, sans dépasser la contrainte admissible du matériau.

[0085] En outre, le ressort 100' monté selon l'invention nécessite un armage minimal de 5° environ pour avoir une raideur nulle, alors que le même ressort avec une extrémité encastrée nécessite d'être armé au minimum d'un angle de 18° pour présenter une raideur nulle.

[0086] De plus, comme pour le ressort 100 précédemment décrit, le ressort 100' permet de simplifier le montage.

[0087] Selon un autre mode de réalisation dans lequel l'entraxe E est supérieur à 200% et inférieur à 300% de la longueur développée du bras élastique 102, le bras élastique 102 est de section variable, la raideur du ressort 100' avec ses deux extrémités pivotées restant nulle au moins dans une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

[0088] Lorsque l'entraxe E est supérieur à 200% et inférieur à 300% de la longueur développée du bras élastique 102, la variation de la section du bras ne modifie pas la raideur du ressort 100' qui reste nulle au moins dans une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée. Toutefois, une augmentation de la variation de la section du bras élastique permet de réduire le moment ainsi que la contrainte, de sorte que la section du bras peut être adaptée en fonction de l'application prévue pour l'organe pivotant et des valeurs souhaitées pour le moment et la contrainte.

[0089] D'autre part, selon un autre mode de réalisation, comme vu ci-dessus, il est possible d'obtenir une raideur nulle avec un ressort 100 ayant un bras élastique 102 de section variant de plus de 60% avec un entraxe E variant de 96% à 200% de la longueur développée dudit bras élastique 102 et ses deux extrémités pivotées, avec un moment et une contrainte très réduits, voisins du moment et de la contrainte obtenus avec un ressort 100' similaire mais d'entraxe supérieur à 200% de la longueur développée du bras élastique.

[0090] Pour plus de compacité, on peut donc choisir de remplacer un ressort 100' par un ressort 100 de configuration appropriée, présentant un entraxe plus petit en réduisant la longueur du bras élastique 102.

[0091] D'une manière très avantageuse, le ressort 100, 100' monté selon l'invention permet d'être configuré de manière à adapter sa raideur à la fonction de l'organe pivotant auquel il est associé.

[0092] Selon certains modes de réalisation, l'organe pivotant peut être soumis à l'action d'un seul ressort 100, 100'.

[0093] Selon d'autres modes de réalisation, l'organe pivotant peut être soumis à l'action d'au moins deux ressorts 100, 100' présentant respectivement une raideur nulle ou négative au moins sur une même plage prédéterminée et agencés pour générer un couple de pivotement sur l'organe pivotant.

[0094] Avantageusement, ledit organe pivotant est et/ou coopère avec, par exemple, une bascule, un marteau, un levier, un râteau, un doigt, un baladeur, un crochet, une roue telle qu'une roue d'échappement, un organe réglant ou une source d'énergie.

[0095] Selon un mode de réalisation, le second élément rotatif 106 du ressort 100, 100' est monté pivotant sur un bâti du mécanisme horloger.

[0096] D'une manière avantageuse, un ressort monté ainsi conformément à l'invention, configuré pour présenter une raideur négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée, et de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, comme décrit ci-dessus, peut être associé à un organe pivotant qui est et/ou coopère avec une bascule, un râteau ou tout autre suiveur de came, en appui sur une came de rayon variable. Une telle came escargot arme et désarme (partiellement) successivement, une ou plusieurs fois par tour de rotation ledit suiveur de came. Dans le contexte de la présente invention, on entend par « suiveur de came » un organe qui coopère avec la périphérie d'une came, typiquement pour lire une information, sans avoir aucune fonction de maintien de la came dans des positions déterminées en fonctionnement normal du mécanisme, à la différence par exemple d'un sautoir ou d'un cliquet coopérant avec une roue dentée pour la positionner.

[0097] Le ressort monté et configuré conformément à l'invention pour présenter une raideur négative permet avantageusement d'exercer sur la came de rayon variable un couple constant, la raideur négative compensant la variation de rayon. Cela permet d'avoir une plus faible consommation d'énergie et de limiter les à-coups.

[0098] D'une manière avantageuse, un ressort monté ainsi conformément à l'invention, configuré pour présenter une raideur nulle dans au moins une partie de la plage prédéterminée, et de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, comme décrit ci-dessus, peut être associé à un organe pivotant qui est, par exemple, une bascule sans appui, un baladeur, un crochet, ou une roue telle qu'une roue d'échappement. Un tel ressort est moins sensible à son positionnement qu'un ressort de raideur négative, ce qui nécessite moins d'effort sur la précision d'assemblage.

[0099] Notamment lorsque l'organe pivotant coopère avec une roue d'échappement, il peut être agencé pour être soumis à l'action de deux ressorts montés conformément à l'invention, configurés pour présenter respectivement une raideur nulle au moins sur une même plage prédéterminée comme décrit ci-dessus, d'épaisseurs légèrement différentes et présentant des bras élastiques de sens opposés, la soustraction des deux couples à raideur nulle générant sur l'organe pivotant un couple de pivotement constant très faible. Une raideur nulle est obtenue selon les différentes configurations décrites ci-dessus. Un tel organe pivotant vient se greffer sur la roue d'échappement pour délivrer un couple constant à chaque alternance.

[0100] Lorsque l'organe pivotant est un baladeur, le ressort de raideur nulle peut être monté directement sur ledit baladeur, de sorte que l'axe de la bascule du baladeur a un ressort de rappel de couple constant. L'engrenage en vis-à-vis du baladeur verra toujours le même effort. Cela permet de rendre moins perceptibles les imperfections d'usinage du baladeur et dudit engrenage.

[0101] Un ressort à raideur nulle peut être monté directement sur un axe sans appui, comme source d'énergie ou comme couple de rappel d'une fonction. Par exemple, lorsque l'organe pivotant est un crochet, le ressort de raideur nulle peut être monté directement sur l'axe dudit crochet. Un tel ressort de raideur nulle conforme à l'invention présente un couple très faible parfaitement adapté au couple de pivotement correspondant à cette application.

[0102] La figure 8 représente un exemple de réalisation d'un mécanisme horloger comprenant un organe pivotant selon de l'invention dans lequel le second élément rotatif 106 du ressort 100 est monté pivotant sur un bâti 1a dudit mécanisme horloger.

[0103] Dans cet exemple, l'organe pivotant coopère avec une bascule en appui sur une came de rayon variable et le ressort 100, avec un bras élastique 102 de section constante, est configuré pour présenter une raideur négative sur toute la plage prédéterminée, et le mécanisme 1 est un mécanisme de compteur de minutes instantané d'un chronographe. Ledit mécanisme 1 est monté sur le bâti 1a, et comprend une bascule 2 pivotée en O et présentant un palpeur 3 coopérant avec une came escargot 4 montée sur, et entraînée par, l'axe de chronographe 5. Cet axe de chronographe 5 porte à son extrémité supérieure l'aiguille indicatrice des secondes de chronographe 6 et est solidaire en rotation de la roue de chronographe 7 et du cœur de remise à zéro des secondes de chronographe 8. La bascule 2 est maintenue en appui contre la périphérie de la came escargot 4 par un ressort de rappel de bascule 100 agissant sur l'axe 10 d'un doigt 11, ce doigt 11 agissant lui-même sur la bascule 2. La coopération entre le doigt 11 et la bascule 2 est du type à roulement. Le doigt 11 interagit en effet avec la paroi d'un évidement 12 de la bascule 2 à la manière d'un engrènement, quasiment sans frottements. La bascule 2 et le doigt 11 tournent ainsi dans des sens opposés.

[0104] Dans cet exemple, le doigt 11 constitue l'organe pivotant monté sur son axe de pivotement 10 et soumis à l'action de son ressort 100. Le premier élément rotatif 104 du ressort 100 est chassé sur l'axe 10 du doigt 11 et le second élément rotatif 106 est monté pivotant sur une goupille 108 solidaire du bâti 1a.

[0105] Un crochet 13 est pivoté en P sur l'extrémité libre de la bascule 2 et est soumis à l'action d'un ressort de rappel de crochet 14, monté sur la bascule 2, tendant à appliquer le bec 15 du crochet 13 contre la denture en dents de loup d'une roue de compteur de minutes 16.

[0106] Le ressort de rappel de crochet 14 pourrait être remplacé par un ressort configuré conformément à l'invention pour avoir une raideur nulle sur une plage prédéterminée et dont le premier élément rotatif est monté directement sur l'axe du crochet, le second élément rotatif étant monté sur une goupille solidaire du bâti 1a.

[0107] L'axe 17 de la roue de compteur de minutes 16 porte un indicateur des minutes de chronographe 18, tel

qu'une aiguille (comme représenté) ou un disque, affichant les minutes de chronographe en coopération avec le cadran du chronographe. Un cœur de remise à zéro des minutes de chronographe 19 est solidaire en rotation de la roue de compteur de minutes 16. La roue de compteur de minutes 16 est maintenue dans des positions angulaires déterminées entre ses actionnements successifs par un sautoir 20 sur lequel agit un ressort de rappel de sautoir 21.

[0108] Dans l'exemple illustré, la came escargot 4 présente une fente 22 dans sa partie terminale, conformément à l'enseignement de la demande de brevet EP 2241944, mais elle pourrait avoir une forme plus classique, sans cette fente 22.

[0109] La came escargot 4 est de rayon variable entre sa partie basse B est sa partie haute H, de sorte qu'à chaque tour de rotation de la came escargot 4, le palpeur 3 de la bascule 2 glisse de la partie basse B vers la partie haute H de la came 4. La bascule 2 se soulève progressivement en faisant tourner le doigt 11 dans le sens inverse, le ressort 100 s'armant au fur et à mesure.

[0110] Chaque minute, le palpeur 3 et avec lui toute la bascule 2 chute de la partie haute H à la partie basse B de la came escargot 4 sous l'action du ressort 100. Pendant cette chute, le crochet 13 fait avancer d'un pas la roue de compteur de minutes 16 pour changer de manière instantanée la valeur indiquée par l'indicateur des minutes de chronographe 18. Puis, pendant le réarmage progressif du ressort 100 par l'intermédiaire de la bascule 2 de nouveau soulevée progressivement par la came escargot 4, le crochet 13 passe de l'entre-dent de la roue de compteur de minutes 16 dans lequel il se trouvait pendant la chute à l'entre-dent précédent contre l'action de son ressort de rappel 14, pour à nouveau faire avancer d'un pas la roue de compteur de minutes 16 pendant la chute suivante de la bascule 2.

[0111] Le ressort 100 est agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage, ledit ressort étant conformé selon l'invention pour présenter ici une raideur négative dans toute la plage prédéterminée afin de compenser l'effet de bras de levier de la came escargot. Plus spécifiquement en relation avec le ressort 100 correspondant à la figure 3, ledit ressort 100 est à section constante, configuré pour que, à chaque tour de rotation de la came escargot 4 contre l'action de rappel du bras élastique 102, le premier élément rotatif 104 se déplace dans une plage prédéterminée de positions angulaires par rapport à sa position de repos, cette plage étant incluse dans la plage de positions angulaires [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] associée au ressort 100 dans laquelle la raideur du bras élastique 102 est négative. De préférence, ladite plage prédéterminée est constituée par cette plage de positions angulaires [$\theta 2_a$, $\theta 2_b$] où la raideur est négative en chaque point. La longueur de la plage prédéterminée est définie par la différence de rayon entre la partie haute H et la partie basse B de la came 4, la position de la bascule 2 et celle du doigt 11. Dans l'exemple illustré, elle est de 3°, ce qui laisse un large choix de l'angle d'armage au moment du montage.

[0112] Le premier élément rotatif 104 est positionné angulairement lors de son montage sur l'axe 10 du doigt 11 de manière à ce que le ressort 100 soit armé de θ_{arm} degrés lorsque le palpeur 3 de la bascule 2 se trouve sur la partie basse B de la came escargot 4, cette valeur θ_{arm} étant choisie dans la plage prédéterminée, et peut être par exemple la borne inférieure de la plage prédéterminée susmentionnée, soit ici 5°. On peut aussi choisir une valeur θ_{arm} de 9° par exemple afin de se situer dans une partie de la plage prédéterminée, pour laquelle la raideur est encore plus négative.

[0113] Un tel ressort 100, avec ses deux extrémités pivotées, permet de compenser entièrement l'augmentation du bras de levier de la force appliquée à la came 4 par la bascule 2 sur un tour de rotation de cette came pendant le déplacement de la bascule 2 de la partie basse B à la partie haute H, avec un bras élastique 102 de section constante, sans avoir à utiliser un bras de section variable comme dans la publication WO 2020/016818. Cela permet de rendre constant le couple qu'il exerce indirectement sur la came 4 et ainsi, d'une part, améliorer la régularité des oscillations de l'organe régulateur du chronographe et donc la précision de la mesure et, d'autre part, diminuer la consommation d'énergie.

[0114] De plus, le couple obtenu par le ressort 100, avec son bras élastique de section constante et ses deux extrémités pivotées, étant plus faible que celui obtenu avec le ressort à une extrémité pivotée et l'autre extrémité encastrée décrit dans la publication WO 2020/016818 dans le même mécanisme de compteur de minutes instantané d'un chronographe, l'épaisseur du bras élastique 102 a pu être augmentée pour passer d'une lame en verre métallique de 28 μm à une lame de 40 μm pour obtenir le même couple sans dépasser la contrainte admissible du matériau. Le montage du ressort 100 conformément à l'invention est simplifié, en n'ayant besoin que d'une seule goupille 108 et l'armage est de 9° contre 18° pour le ressort à une extrémité pivotée et l'autre extrémité encastrée.

[0115] L'utilisation du doigt intermédiaire 11 entre le ressort 100 et la bascule 2 permet, en jouant sur les bras de levier, de diminuer l'encombrement du mécanisme 1 pour un couple de rappel donné appliqué à la bascule 2. Cependant, ce doigt 11 pourrait être supprimé et le ressort 100 pourrait agir de manière plus directe sur la bascule 2, l'organe pivotant étant alors la bascule elle-même. Par exemple, le premier élément rotatif 104 pourrait être monté directement sur l'axe de la bascule 2. Le ressort 100 pourrait aussi former une seule pièce avec la bascule 2.

[0116] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le second élément rotatif 106 du ressort 100, 100' est monté pivotant sur un élément mobile de l'organe pivotant, ledit élément mobile étant agencé pour être mobile relativement par rapport à l'axe de pivotement dudit organe pivotant.

[0117] En référence à la figure 9, il est représenté un

tel organe pivotant 110, qui dans cet exemple, est plus spécifiquement soumis à l'action d'une pluralité de ressorts 100, 100' présentant respectivement une raideur nulle ou négative au moins sur une même plage prédéterminée et agencés pour générer un couple de pivotement sur ledit organe pivotant 110.

[0118] Notamment, l'organe pivotant 110 comprend un moyeu 112 solidaire de l'axe de pivotement (non représenté) dudit organe pivotant 110, et une serge annulaire 114 constituant l'élément mobile de l'organe pivotant 114.

[0119] Chacun des seconds éléments rotatifs 106 des ressorts 100, 100' est monté pivotant sur la serge 114, au moyen par exemple de goupilles ou de tenons 116 repartis sur le pourtour de la serge 114. Les tenons 116 présentent l'avantage d'éviter le déplacement hors plan des bras 102 des ressorts 100, 100'. Les goupilles ou les tenons 116 peuvent être rapportés ou former une seule pièce monobloc avec la serge 114.

[0120] Les premiers éléments rotatifs 104 des ressorts 100, 100' sont tous solidaires au moins en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant 110.

[0121] Dans la variante représentée, les premiers éléments rotatifs 104 des ressorts 100, 100' sont avantageusement agencés pour former une seule pièce qui constitue le moyeu 112 de l'organe pivotant 110. Ainsi, le moyeu 112, constitué par la réunion des premiers éléments rotatifs 104, et l'ensemble des bras 102 terminés par les seconds éléments rotatifs 106 forment une seule pièce monobloc. Il est bien évident que chaque bras 102 peut être réalisé de manière indépendante du moyeu, et assemblé ensuite au moyeu 112. Le moyeu 112 peut être monté solidaire sur l'axe de pivotement, par exemple par chassage ou autre moyen équivalent, ou être réalisé d'une seule pièce avec l'axe de pivotement de l'organe pivotant 110.

[0122] L'organe pivotant 110 est obtenu en assemblant sur la serge 114 chacun des seconds éléments rotatifs 106 des bras 102 portés par le moyeu 112 au moyen de son tenon 116.

[0123] La raideur négative ou nulle des ressorts 100, 100' ainsi que par exemple l'épaisseur des lames des bras 102 de l'organe pivotant 110 sont choisies en fonction de l'application souhaitée dudit organe pivotant 110. Par exemple, les ressorts 100, 100' peuvent présenter une raideur nulle ou négative, et de préférence une raideur nulle, obtenue selon les différentes possibilités décrites ci-dessus, avec des lames plus épaisses que pour un organe pivotant similaire mais avec des seconds éléments rotatifs encastrés, de manière à obtenir un couple constant important, permettant une application comme source d'énergie. Des lames plus fines permettent d'obtenir un couple très faible pour des applications de type organe réglant ou source d'énergie très réduite.

Revendications

1. Mécanisme horloger (1) comprenant un organe pivotant monté sur un axe de pivotement et soumis à l'action d'au moins un ressort (100, 100') agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage, ledit ressort (100, 100') comprenant au moins un bras élastique (102) présentant à l'une de ses extrémités un premier élément rotatif (104) solidaire au moins en rotation de l'axe de pivotement de l'organe pivotant, ledit ressort (100, 100') présentant une raideur nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée, **caractérisé en ce que** le bras élastique (102) présente à l'autre de ses extrémités un second élément rotatif (106) monté pivotant.

2. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la raideur du ressort (100, 100') est nulle ou négative dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

3. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (102) est de forme sinueuse.

4. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la forme géométrique du ou de chaque bras élastique (102) est une courbe de Bézier ou une succession de courbes de Bézier.

5. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'entraxe (E) entre le premier élément rotatif (104) et le second élément rotatif (106) est choisi pour que le ressort (100) présente une raideur négative dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

6. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'entraxe varie entre 96% et 200% de la longueur développée du bras élastique (102).

7. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (102) présente une section constante, la raideur du ressort (100) étant négative dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

8. Mécanisme horloger selon l'une des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (102) présente une section variable dont la variation est choisie pour rendre moins négative,

voire nulle, la raideur du ressort (100) dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, par rapport à un bras élastique de même forme mais de section constante.

9. Mécanisme horloger selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'entraxe (E) entre le premier élément rotatif (104) et le second élément rotatif (106) est choisi pour que le ressort (100, 100') présente une raideur nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

10. Mécanisme horloger selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'entraxe (E) est supérieur à 200% et inférieur à 300% de la longueur développée du bras élastique (102).

11. Mécanisme horloger selon l'une des revendications 9 et 10, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (102) présente une section constante, la raideur du ressort (100') étant nulle dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée.

12. Mécanisme horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'organe pivotant est soumis à l'action d'au moins deux ressorts (100, 100') présentant respectivement une raideur nulle ou négative au moins sur une même plage prédéterminée et agencés pour générer un couple de pivotement sur l'organe pivotant.

13. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'organe pivotant est et/ou coopère avec une bascule (2), un marteau, un levier, un râteau, un doigt (11), un baladeur, un crochet, une roue, un organe réglant, une source d'énergie.

14. Mécanisme horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le second élément rotatif (106) du ressort (100, 100') est monté pivotant sur un bâti (1a) du mécanisme horloger (1).

15. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications 13 à 14, **caractérisé en ce que** l'organe pivotant est et/ou coopère avec une bascule (2) en appui sur une came (4) de rayon variable, le ressort (100) présentant une raideur négative.

16. Mécanisme horloger (1) selon l'une des revendications 13 à 14, **caractérisé en ce que** l'organe pivotant est une bascule sans appui, un baladeur, un crochet, une roue, le ressort (100, 100') présentant une raideur nulle.

17. Mécanisme horloger selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le second élément rotatif (106) du ressort (100, 100') est monté pivotant sur un élément mobile de l'organe pivotant (110) agencé pour être mobile relativement par rapport à l'axe de pivotement dudit organe pivotant (110).

18. Mécanisme horloger selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** l'organe pivotant (110) est soumis à l'action d'une pluralité de ressorts (100, 100') présentant respectivement une raideur nulle ou négative au moins sur une même plage prédéterminée et agencés pour générer un couple de pivotement sur l'organe pivotant (110), **en ce que** l'organe pivotant (110) comprend un moyeu (112) solidaire de l'axe de pivotement et une serge (114) constituant l'élément mobile de l'organe pivotant (110), et **en ce que** chacun des seconds éléments rotatifs (106) des ressorts (100, 100') est monté pivotant sur ladite serge (114), les premiers éléments rotatifs (104) des ressorts (100, 100') étant agencés pour former une seule pièce constituant le moyeu (112) de l'organe pivotant (110).

19. Pièce d'horlogerie comprenant un mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 18.

Fig.1

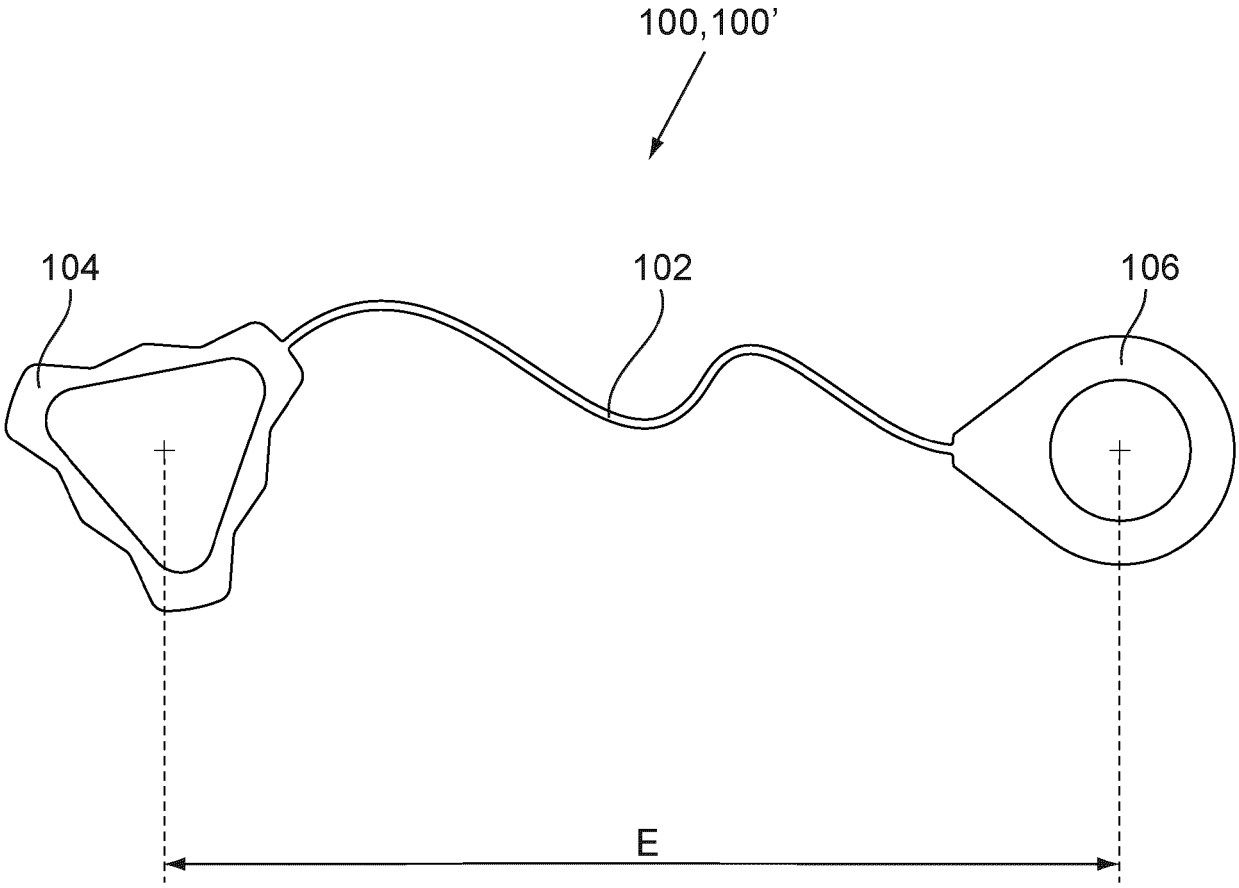


Fig.2

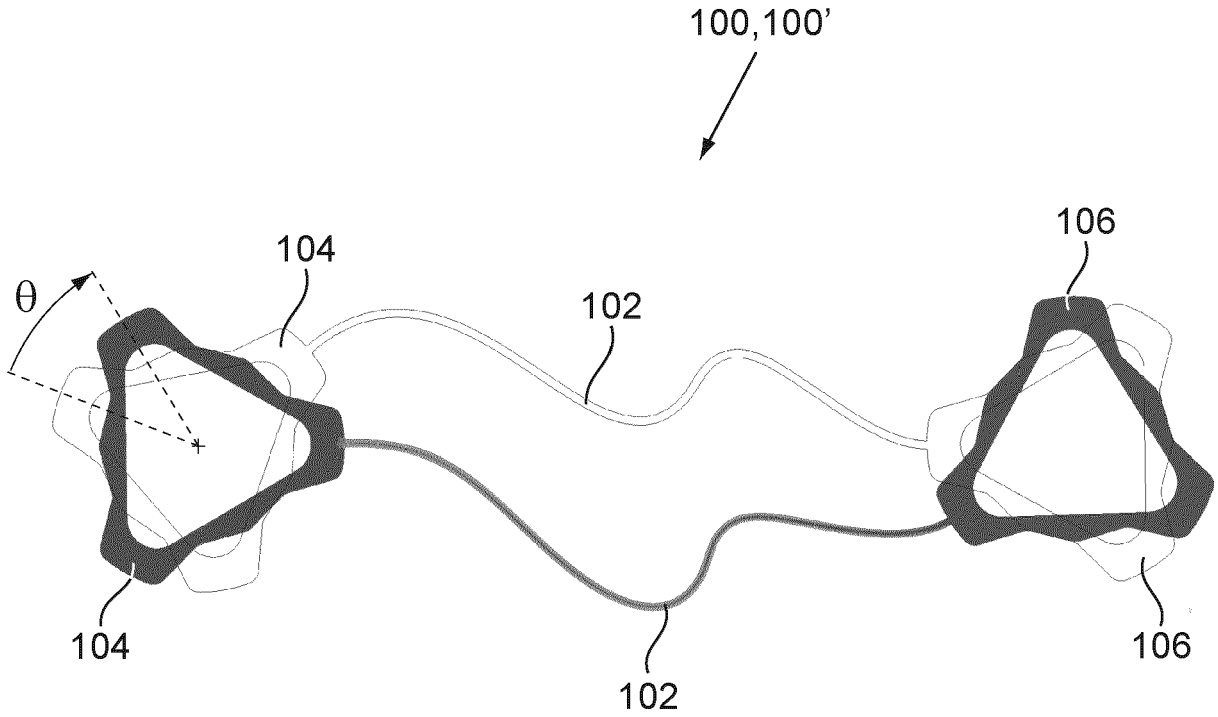


Fig.3

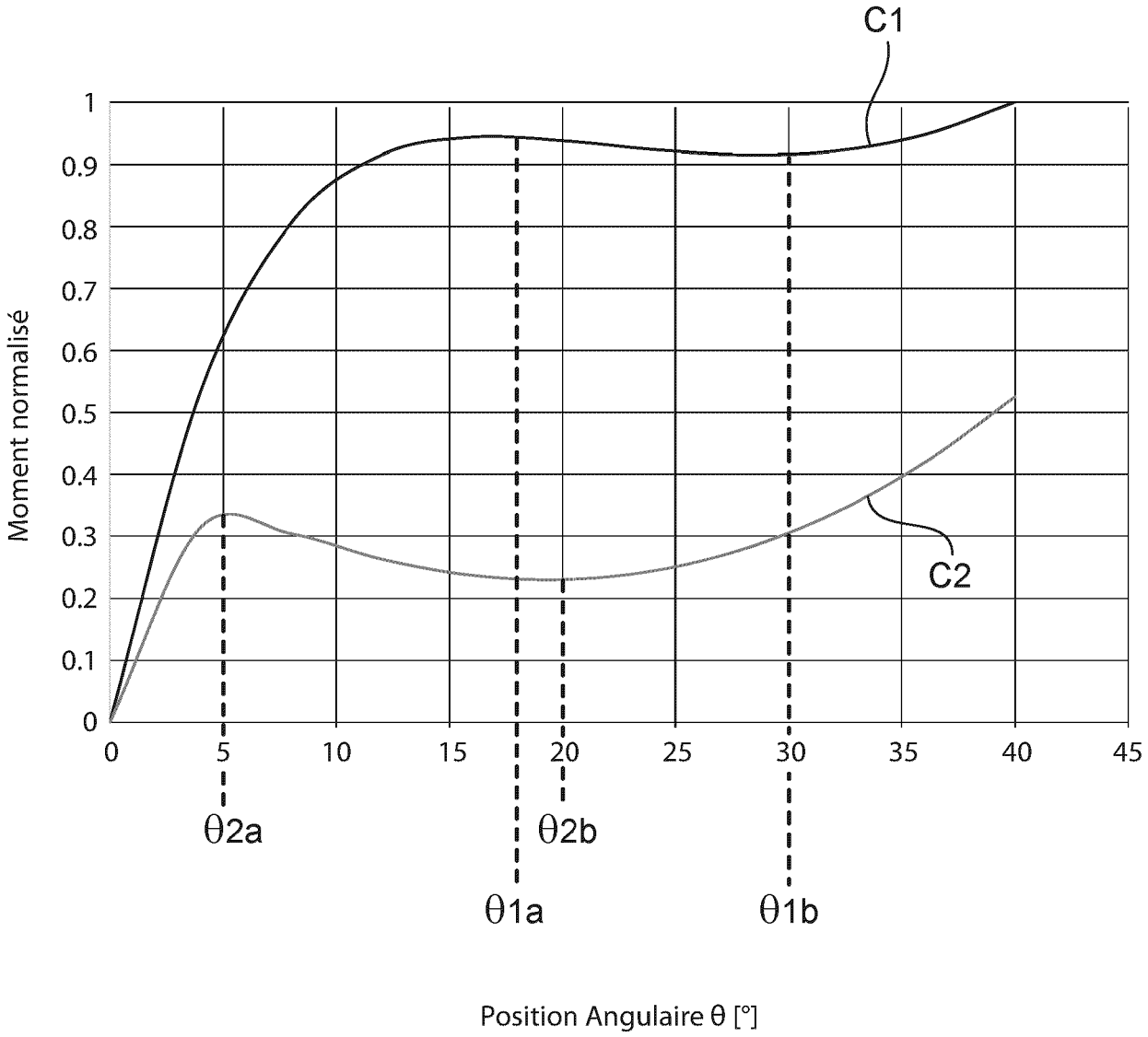

C1
C2
Moment normalisé
Position Angulaire θ [°]
θ2a
θ2b
θ1a
θ1b
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

Fig.4

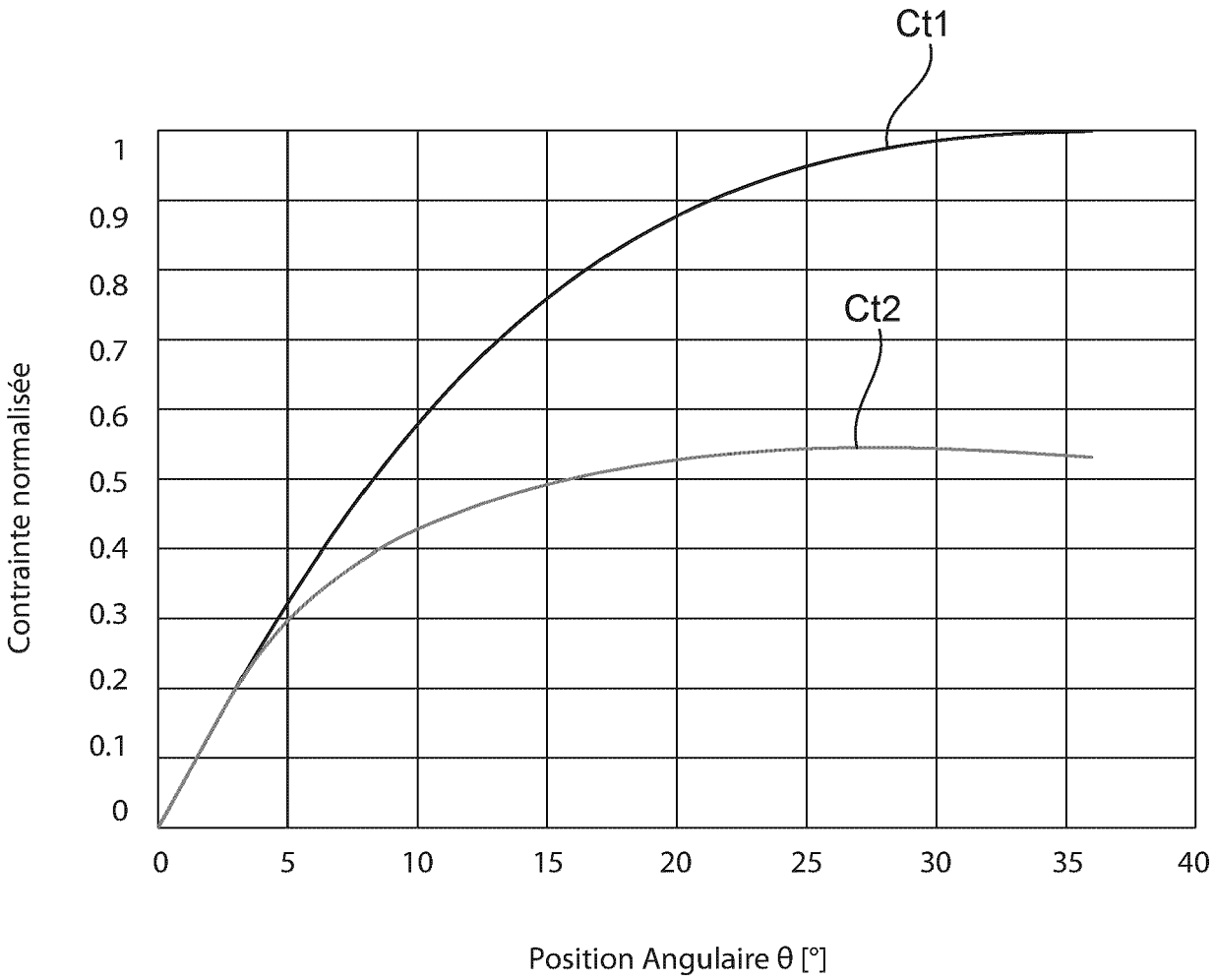

Ct1
Ct2
Contrainte normalisée
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Position Angulaire θ [°]

Fig.5

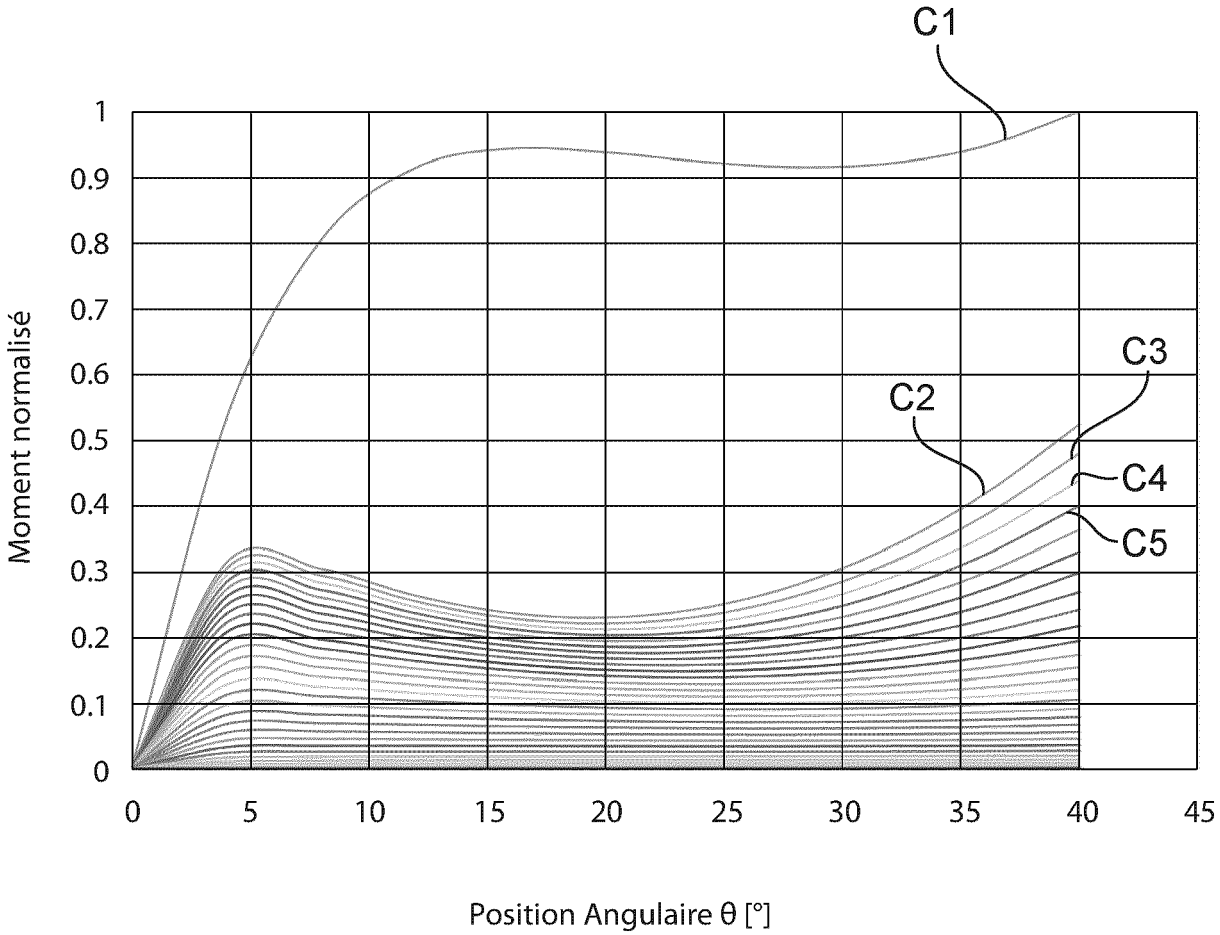

C1
C2
C3
C4
C5
Moment normalisé
Position Angulaire θ [°]
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

Fig.6

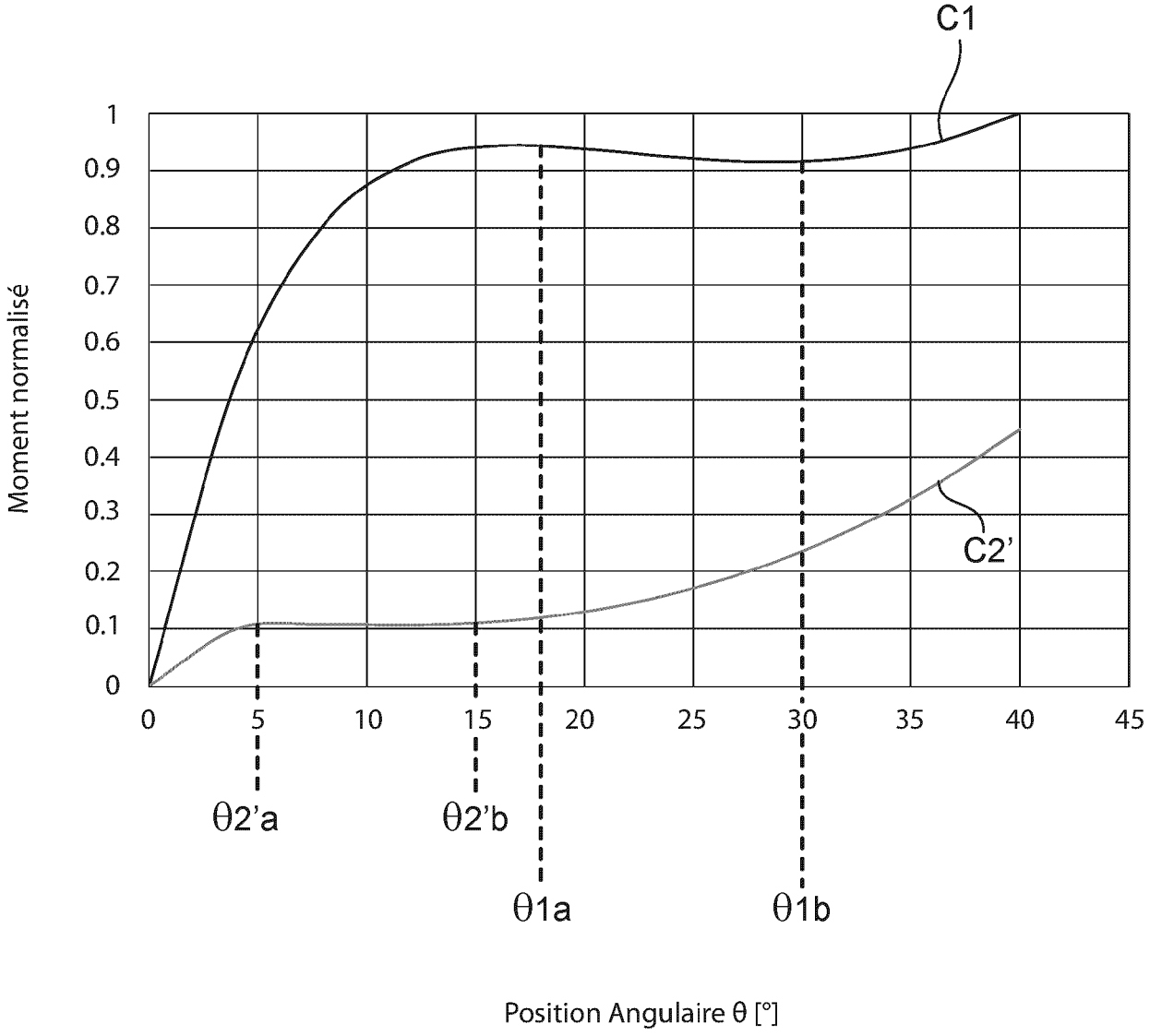

C1
C2'
Moment normalisé
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
θ2'a
θ2'b
θ1a
θ1b
Position Angulaire θ [°]

Fig.7

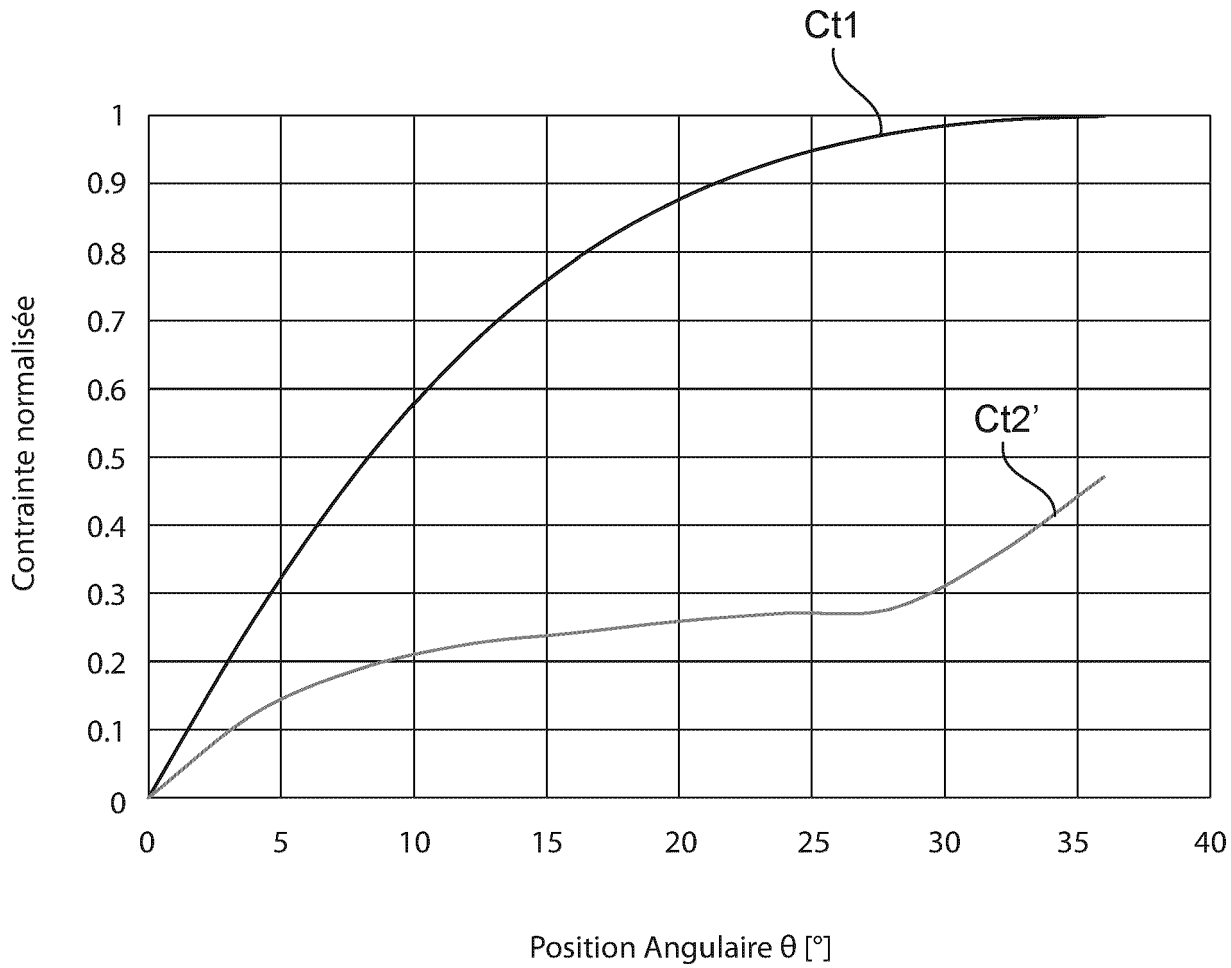

Ct1
Ct2'
Contrainte normalisée
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Position Angulaire θ [°]

Fig.8

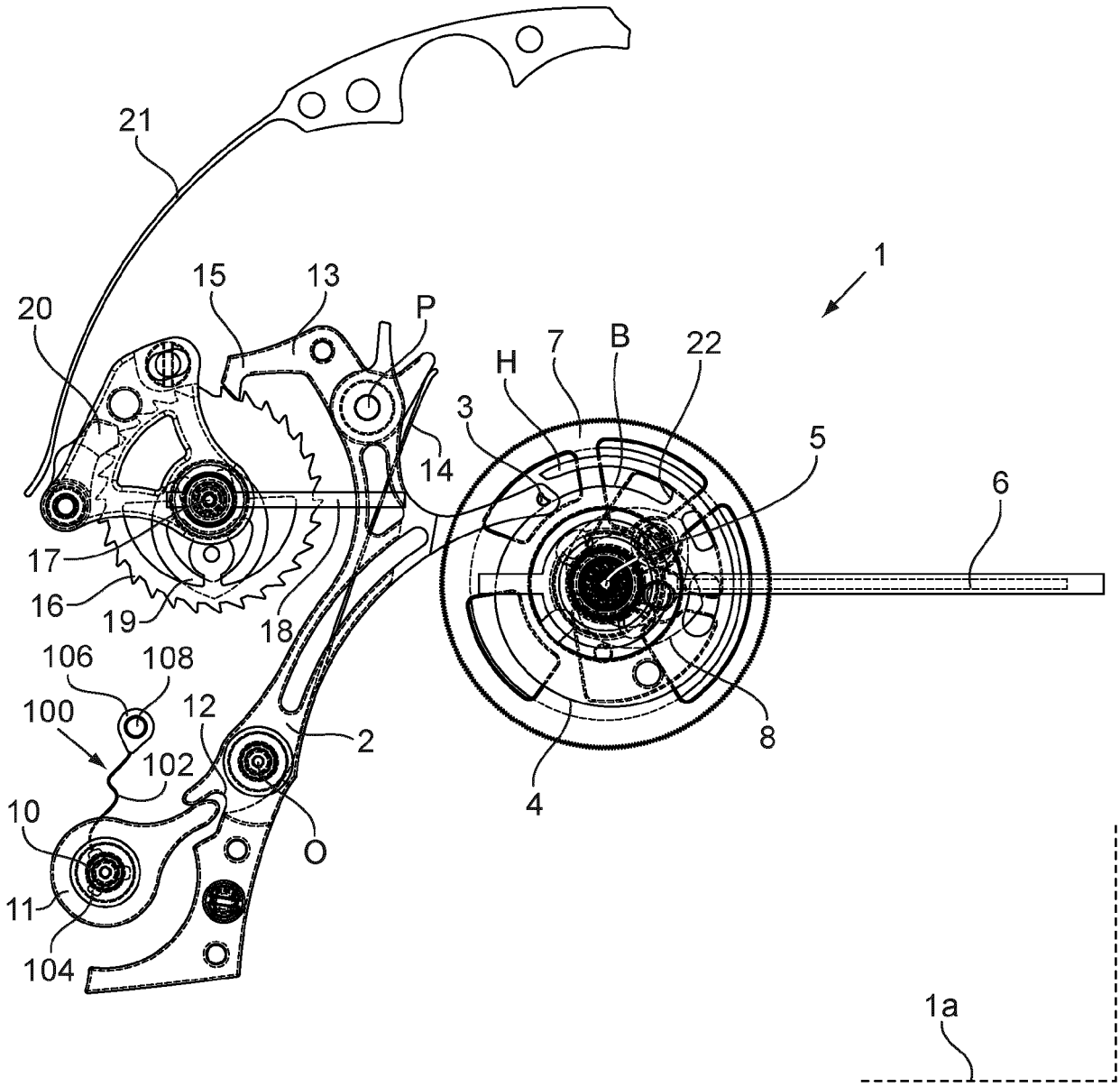
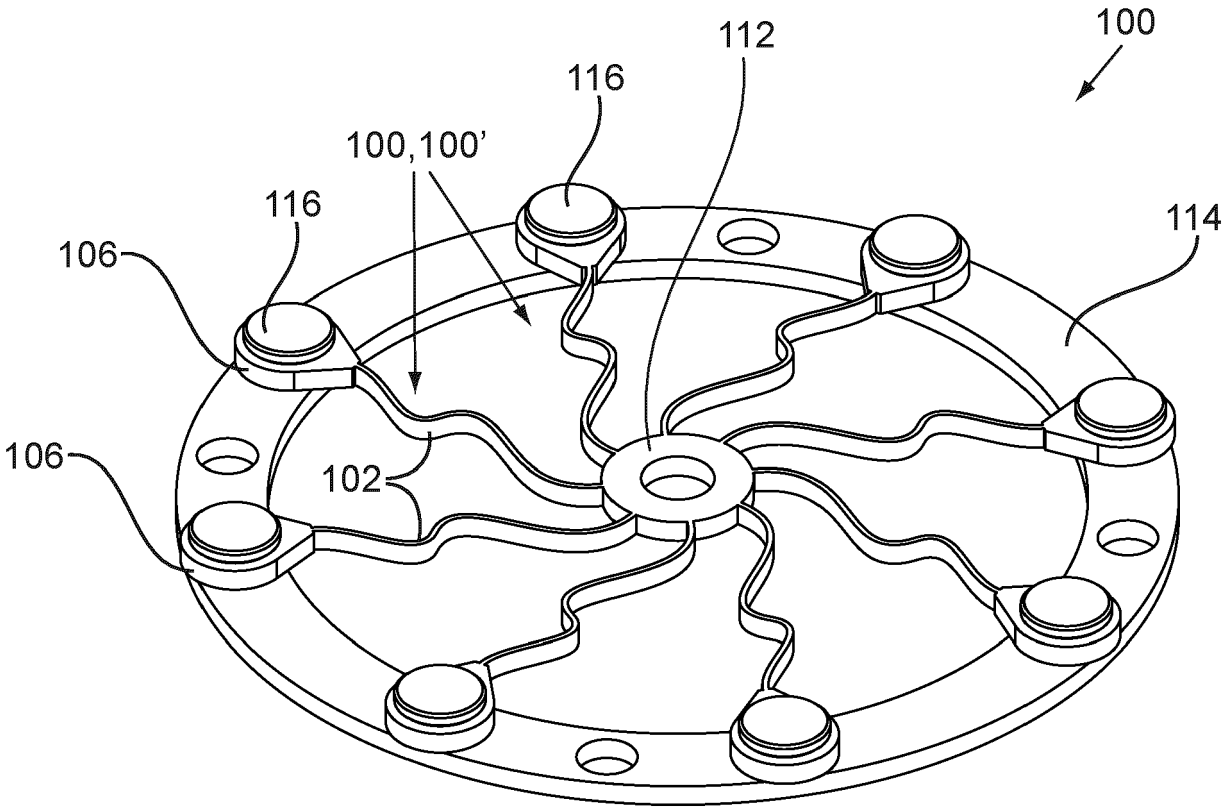

21
1
15
13
20
P
7
B
22
H
3
5
14
6
17
16
19
18
106
108
12
100
2
102
10
O
11
104
8
4
1a

Fig.9



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 20 17 3411

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	WO 2020/016818 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 23 janvier 2020 (2020-01-23) * page 2, l.5-12; page 7, l.9-13; page 11, l. 26-29; revendication 1 *	1-19	INV. G04B11/02 G04B15/08 G04B19/02 G04F7/08
A	EP 3 483 666 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 15 mai 2019 (2019-05-15) * alinéas [0008], [0010], [0062]; figures 1,2,11 *	1-19	
A	WO 2014/037319 A1 (NIVAROX SA [CH]) 13 mars 2014 (2014-03-13) * page 3, l.19-30; figure 1 *	1	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

G04B
G04F

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	3 novembre 2020	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 20 17 3411

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

03-11-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2020016818 A1	23-01-2020	EP 3598242 A1	22-01-2020
		WO 2020016818 A1	23-01-2020
EP 3483666 A1	15-05-2019	CH 714317 A2	15-05-2019
		EP 3483666 A1	15-05-2019
		EP 3707565 A1	16-09-2020
		WO 2019092666 A1	16-05-2019
WO 2014037319 A1	13-03-2014	CN 104769508 A	08-07-2015
		CN 107390494 A	24-11-2017
		EP 2706416 A1	12-03-2014
		EP 2893403 A1	15-07-2015
		HK 1212047 A1	03-06-2016
		JP 5959750 B2	02-08-2016
		JP 2015531476 A	02-11-2015
		KR 20150053791 A	18-05-2015
		US 2015248112 A1	03-09-2015
		US 2017131683 A1	11-05-2017
		WO 2014037319 A1	13-03-2014

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

- WO 2020016818 A **[0002] [0038] [0039] [0040] [0051] [0058] [0059] [0060] [0067] [0113] [0114]**
- EP 2241944 A **[0108]**